

La arquitectura como interfaz. El paradigma informacional en la nueva arquitectura.

Autor: Ángel José Fernández Álvarez

TESIS DOCTORAL UDC / 2015

Director: Dr. José Antonio Franco Taboada

Programa de Doctorado:

Génesis, lenguaje y composición en la arquitectura

Departamento: Representación y Teoría Arquitectónica



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Tribunal nombrado por el Magnífico y Excmo. Sr. Rector de la Universidade da Coruña,
el día _____

Presidente D./Dña. _____

Vocal D./Dña. _____

Secretario D./Dña. _____

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día _____ de _____ de 201__
en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de A Coruña.

Calificación: _____

PRESIDENTE

VOCAL

SECRETARIO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

AUTORIZACIÓN PRESENTACIÓN TESIS PARA EL DEPÓSITO

Dr. D. José Antonio Franco Taboada, profesor del Departamento de Representación y Teoría Arquitectónica de la Universidade da Coruña

AUTORIZA

A la defensa de la Tesis Doctoral titulada "La arquitectura como interfaz. El paradigma informacional en la nueva arquitectura" realizada por D. Ángel José Fernández Álvarez, bajo mi dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidade da Coruña.

En A Coruña, a 23 de septiembre de 2015

Fdo. Dr. D. José Antonio Franco Taboada

DEDICATORIA

*A Glafira y Marina,
por todo lo que ellas ya saben.*

AGRADECIMIENTOS

A mi director de Tesis, profesor doctor José Antonio Franco Taboada por su inestimable ayuda y por los conocimientos y experiencia que generosamente ha compartido conmigo durante el periodo de realización de este trabajo.

A la profesora doctora Luisa Segade por sus consejos y sugerencias, por la ayuda prestada y por el ánimo y la confianza en mi trabajo que siempre me ha transmitido.

A todo el personal de la Biblioteca de la EUAT por la colaboración que me han dispensado en todo momento en relación con el material bibliográfico necesario para poder llevar a cabo esta investigación.

A mis padres, mis hermanos y mis amigos, por el cariño y el aliento que me han dado durante todos estos años.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se aborda la importancia de la información en la nueva arquitectura y el nuevo acercamiento a lo material propiciado por la digitalización del diseño. Se realiza una descripción del marco cultural de la sociedad de la información y una aproximación al papel de la tecnología y la cultura digitales en la arquitectura. Se analizan los nuevos paradigmas conceptuales que influyen en la arquitectura contemporánea, basados en la incorporación de modelos de pensamiento procedentes de las ciencias de la complejidad, la cibernética y la teoría de sistemas. Se constata que los conceptos de información, interactividad e interfaz se convierten en elementos clave para interpretar el papel de lo digital en los procesos y estrategias de diseño arquitectónico que se derivan de las hibridaciones con el arte, la ciencia y la tecnología. Se exponen algunas de las consecuencias del denominado "giro digital": el nuevo papel asignado a la autoría, las implicaciones del diseño paramétrico y la consideración del enfoque performativo como tendencia emergente del diseño arquitectónico. Finalmente, se concluye que las nuevas lógicas de diseño, producidas por los avances en las tecnologías de fabricación digital y la robótica, definen un concepto innovador de "materialidad digital" que transforma las relaciones existentes entre la ideación y la producción de la arquitectura.

RESUMO

No presente traballo de investigación abórdase a importancia da información na nova arquitectura e o novo achegamento ao material propiciado pola dixitalización do deseño. Realízase unha descrición do marco cultural da sociedade da información e unha aproximación ao papel da tecnoloxía e da cultura dixitais na arquitectura. Analízanse os novos paradigmas conceptuais que inflúen na arquitectura contemporánea, baseados na incorporación de modelos de pensamento procedentes das ciencias da complexidade, a cibernética e a teoría de sistemas. Constátase que os conceptos de información, interactividade e interface convértense en elementos chave para interpretar o papel do dixital nos procesos e estratexias de deseño arquitectónico que se derivan das hibridacións coa arte, a ciencia e a tecnoloxía. Expóñense algunhas das consecuencias do denominado "xiro dixital": o novo papel asignado á autoría, as implicacións do deseño paramétrico e a consideración do enfoque performativo como tendencia emerxente do deseño arquitectónico. Finalmente, conclúese que as novas lóxicas de deseño, producidas polos avances nas tecnoloxías de fabricación dixital e a robótica, definen un concepto innovador de "materialidade dixital" que transforma as relacións existentes entre a ideación e a produción da arquitectura.

ABSTRACT

This research deals with the importance of information on new architecture and the new approach to the material brought about by the digitization of design. A description of the cultural framework of the information society and an approach to the role of technology and digital culture in architecture is performed. The new conceptual paradigms influencing contemporary architecture, based on the incorporation of models of thought from complexity science, cybernetics and systems theory are analyzed. It is noted that the concepts of information, interactivity and interface become key elements for the role of digital processes and architectural design strategies derived from hybridizations with art, science and technology. Some of the consequences of so-called "digital turn" are presented: the new role assigned to the author, the implications of parametric design and consideration of performative approach as an emerging trend of architectural design. Finally, we conclude that the new logic design, produced by advances in digital technology and robotics manufacturing, define an innovative concept of "digital materiality" that transforms the relationship between the conception and production of architecture.

"Apenas expresamos algo lo empobrecemos singularmente. Creemos que nos hemos sumergido en las profundidades de los abismos y cuando volvemos a la superficie la gota de agua que pende de la pálida punta de nuestros dedos ya no se parece al mar de que procede. Creemos que hemos descubierto en una gruta maravillosos tesoros y cuando volvemos a la luz del día sólo traemos con nosotros piedras falsas y trozos de vidrio; y sin embargo en las tinieblas relumbra aún, inmutable, el tesoro."

Maurice Maeterlinck

Le Trésor des humbles. (1896)

"No quisiera con mi escrito ahorrarles a otros el pensar, sino, si fuera posible, estimular a alguien a tener pensamientos propios."

Ludwig Wittgenstein.

"Prólogo", Investigaciones filosóficas. (1945)



00_INDEX

ÍNDICE

Contenidos

INDEX_Índice_INDEX¹**INDEX_Capítulo 01_FRAME**

INTRODUCCIÓN	001
1.1 Presentación. Exposición de motivos. Antecedentes.	003
1.2 Objetivos de la investigación.	005
1.3 Contexto y metodología.	006
1.4 Interés del trabajo de investigación.	008
1.5 Estructura de la investigación.	010

INDEX_Capítulo 02_MATRIX

LA ERA DE LA INFORMACIÓN. Un nuevo marco cultural.	013
2.1 Una nueva cultura.	015
2.2 Arquitectura en la era de la información.	017
2.3 La sociedad red: la cultura en la era del capitalismo informacional.	022
2.4 La cultura de la virtualidad real.	033
2.5 Un espacio de flujos.	035
2.6 El tiempo atemporal.	042
2.7 Información, naturaleza y cultura.	045

INDEX_Capítulo 03_CYBER

EL PAPEL DE LA TECNOLOGÍA. De la sociedad de la información a la cultura digital.	047
3.1 Algunas cuestiones previas.	049
3.2 El impacto del proceso de digitalización.	052
3.3 Orígenes de la cultura digital: censos, salas de control y sociedad de masas.	061
3.4 Una genealogía de lo digital: de la mecanización del cálculo a los primeros ordenadores.	073
3.5 Geopolítica y computación: nuevos lenguajes, nuevas metáforas.	094
3.6 Cibernética y arquitectura: patrones, sistemas y redes.	110

¹ EN LA PORTADILLA DEL ÍNDICE: C.A.E. (Critical Art Ensemble), *Collage*, New York, 1997. Fuente: *El Paseante, La revolución digital y sus dilemas*, nº 27-28, 1998. Madrid: Ediciones Siruela, p.44. Actuación sobre una fotografía de J. R. Wharton Eyerman para la portada de la revista LIFE, Diciembre de 1952. (*Color 3D movie "Bwana Devil" at Hollywood's Paramount Theater*).

INDEX_ Capítulo 04_ COMPLEX

LOS NUEVOS PARADIGMAS. Supermodernidad, complejidad e información.	125
4.1 Un nuevo <i>zeitgeist</i> .	127
4.2 La condición supermoderna.	145
4.3 Los paradigmas de la complejidad.	150
4.4 La explicación informacional.	164

INDEX_ Capítulo 05_ HYPERARCH

HIPERARQUITECTURA: El espacio en la era digital.	177
5.1 El concepto de Revolución Digital.	180
5.2 Arquitectura en la era de la electrónica.	182
5.3 INFORMACIÓN: materia prima de la arquitectura.	192
5.4 INTERACTIVIDAD: el catalizador de la nueva arquitectura.	224
5.5 Información + Interacción: la arquitectura como INTERFAZ.	237
5.6 El desafío de una nueva estética.	264

INDEX_ Capítulo 06_ CODEX

MÁS ALLÁ DEL PIXEL. Hacia una nueva materialidad digital.	267
6.1 De lo informacional a la práctica material.	269
6.2 Diseño digital. Un nuevo paradigma de ideación.	277
6.3 Fabricación digital. Nuevas estrategias operativas.	297
6.4 Un Vitruvio digital. La autoría, lo paramétrico y lo performativo.	321
6.5 Materialización: el nuevo paradigma.	339

INDEX_ Capítulo 07_ TARGET

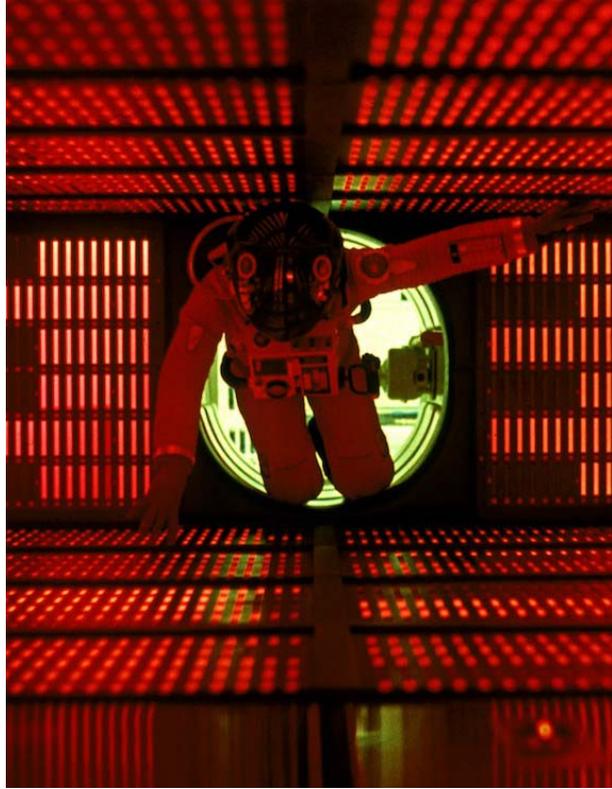
CONCLUSIONES. Líneas de investigación.	357
---	------------

INDEX_ Capítulo 08_ LINKS

BIBLIOGRAFÍA	369
---------------------	------------

INDEX_ Capítulo 09_ IMAGES

LISTADO DE IMÁGENES. Fuentes.	405
--------------------------------------	------------



01_FRAME

INTRODUCCIÓN

Contexto. Objetivos. Metodología.

INDEX_Capítulo 01_FRAME¹

INTRODUCCIÓN	003
1.1 Presentación. Exposición de motivos. Antecedentes.	003
1.2 Objetivos de la investigación.	005
1.3 Contexto y metodología.	006
1.4 Interés del trabajo de investigación.	008
1.5 Estructura de la investigación.	010

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: Stanley KUBRICK, *2001: A Space Odyssey*, 1968. La imagen del astronauta en el interior del mítico ordenador HAL 9000 nos muestra una metáfora de la humanización de lo digital y de la digitalización de lo humano.

Capítulo 01_ FRAME

INTRODUCCIÓN

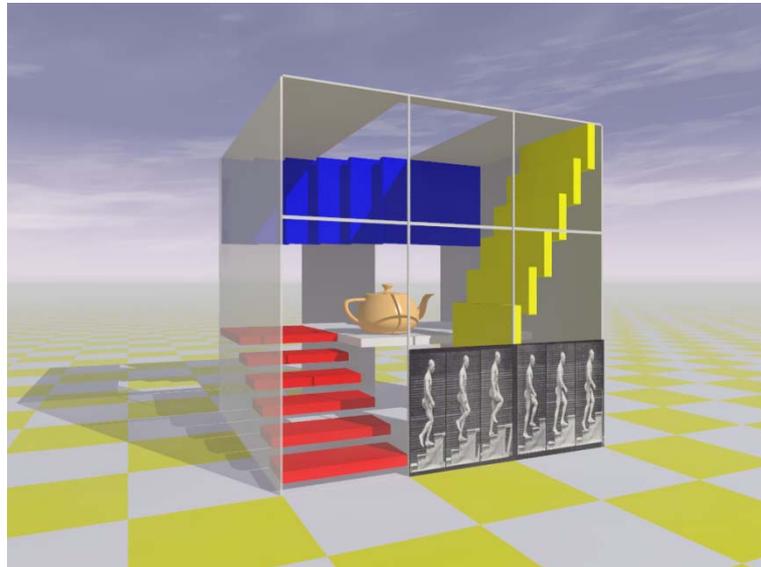


Ilustración 1. FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, *Arquitecturas Fantásticas*, 2005.

“Los marcos son estructuras mentales que conforman nuestro modo de ver el mundo. Como consecuencia de ello, conforman las metas que nos proponemos, los planes que hacemos, nuestra manera de actuar y aquello que cuenta como el resultado bueno o malo de nuestras acciones”.

George Lakoff²

1.1 PRESENTACIÓN. EXPOSICIÓN DE MOTIVOS. ANTECEDENTES.

El impacto de las tecnologías de la información en la denominada era digital está provocando cambios en la manera de concebir y entender la arquitectura que pueden compararse a los que produjeron la perspectiva geométrica en el Renacimiento, la Revolución Industrial en el siglo XIX y los avances tecnológicos y científicos a principios del siglo XX.

El término Revolución Digital sirve habitualmente para designar el cambio de paradigma que ha significado la introducción del ordenador en la práctica arquitectónica en los ámbitos de la representación/visualización, la gestión de la información y las posibilidades de

² LAKOFF, George (2007) *No pienses en un elefante. Lenguaje y debate político*. Madrid: Editorial Complutense, p. 17.

virtualización. El potencial de las nuevas tecnologías y la conectividad de las redes de información impulsan la experimentación con técnicas, procedimientos y conceptos que se alejan de los esquemas y métodos de pensamiento, diseño y producción tradicionales. De esta manera, se transforman las bases de lo que se ha entendido como "arquitectura" desde hace cinco siglos.

La posibilidad que ofrecen las nuevas herramientas para la ideación y construcción de formas complejas tiene como consecuencia el paso de la utilización del ordenador dentro del modelo del paradigma mecánico o perspectivista a una visión de esta tecnología como algo más que una simple herramienta de representación. Se establece así en la práctica de la arquitectura el "paradigma digital" que se caracteriza por la consideración de la no-linealidad, la velocidad y el aprovechamiento de las posibilidades de cambio y mutación favorecidos por la digitalización.

Estos cambios tienen lugar en el contexto de una sociedad de la información también en constante evolución y en la que los referentes de la sociedad industrial -la industria y la máquina- se ven sustituidos por las nuevas herramientas digitales que se basan en los sistemas de formalización, transmisión y gestión de la información. La aplicación de estas herramientas a la arquitectura genera la aparición de nuevas formas de pensar, crear y diseñar y permite el surgimiento de universos formales complejos a través de la experimentación.

Se pretende con esta investigación poner de manifiesto la transformación que se está produciendo y abordar la importancia del papel de la información en esa nueva arquitectura junto con el acercamiento novedoso a la cuestión de lo material. Se trata de un fenómeno que no es homogéneo lo que plantea la posibilidad de aproximaciones diversas y transversales y con un claro componente multidisciplinar. La arquitectura de las dos últimas décadas ha experimentado con nuevas técnicas, tecnologías y procesos de diseño produciéndose además fenómenos de hibridación y de conexión con conceptos procedentes del arte, la ciencia, la filosofía y el pensamiento contemporáneo lo que añade una dimensión de complejidad al fenómeno.

Al mismo tiempo, el concepto de interactividad asociado con lo digital transforma las relaciones entre la arquitectura y los usuarios. Los planteamientos del diseño paramétrico y algorítmico generan nuevas lógicas de actuación que entienden la arquitectura como "proceso" y se pone en cuestión el papel tradicional de la autoría. El nuevo objeto arquitectónico se caracteriza por una forma dinámica con capacidad de respuesta a procesos de información sometidos a un cambio permanente. Esto da lugar a una nueva valoración de la relación espacio-tiempo en la que cobra importancia el concepto de *performance* con el fin de producir espacios dinámicos y capaces de evolucionar en el tiempo en función de las demandas de los usuarios. Se satisfacen de esta manera las exigencias de la sociedad de la información y la arquitectura se transforma en una interfaz que permite la relación del sujeto con la realidad espacial de una manera significativa.

No podemos olvidar tampoco la sensibilidad creciente hacia los problemas ecológicos y del entorno en una nueva relación con la naturaleza en la que ésta sirve de modelo para los

procesos de diseño al tiempo que se definen nuevas aproximaciones al paisaje bajo criterios de sostenibilidad.

Los paradigmas de la Arquitectura Moderna y el funcionalismo de las vanguardias están siendo sustituidos por otros nuevos basados en la lógica informacional y comunicacional. La lógica de lo digital coloca la información en el centro del debate y la reflexión académica y profesional sobre la disciplina al tiempo que se redefinen totalmente las relaciones entre ideación y producción. La información y las interconexiones dinámicas favorecidas por la digitalización son el alimento de una nueva arquitectura dinámica, interactiva y sensible, una arquitectura in-formada o informacional.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

“A partir de ahora, la gente tendrá que entrar y salir de tres espacios: el mental, el físico y el digital-virtual. Los nuevos medios crean nuevos espacios y los nuevos espacios dan lugar a una nueva arquitectura”

Yu-Tung Liu³

En este trabajo de investigación se realiza una reflexión teórica sobre la denominada arquitectura digital, nueva arquitectura o arquitectura de nueva generación y sobre el impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito arquitectónico tratando de incentivar y reconducir la reflexión sobre el papel de la tecnología en los procesos de ideación, representación y fabricación de la arquitectura. Se pretenden desarrollar estrategias de análisis del fenómeno, definir los sistemas de referencia más adecuados para poder establecer una serie de coordenadas conceptuales que nos permitan cartografiar de forma crítica el paisaje de la nueva arquitectura digital.

La tesis se plantea como una reflexión crítica y un análisis de las relaciones entre la arquitectura y la tecno-cultura digital contemporánea desde una visión transversal e interdisciplinar que abarque el ámbito de la ciencia, la filosofía, el arte, los *media* y la propia representación y teoría arquitectónica centrándose en los siguientes objetivos:

- Estudiar las implicaciones de la “digitalización” de la información en el ámbito de la generación del proyecto arquitectónico, de su representación gráfica y de su comunicación así como las consecuencias de la aparición de nuevos paradigmas teóricos en la concepción y visualización del espacio.

- Analizar las relaciones entre la arquitectura y la cultura digital contemporánea a través de conceptos básicos de esta nueva realidad como: información, interactividad, interfaz, hipertextualidad, conectividad, desmaterialización, ligereza, creatividad digital, deformación, *performance*, arquitecturas genéticas y paramétricas, autoría, participación, hibridaciones, etc.

³ Arquitecto, profesor en la Asia University de Taiwan y Chairman del *Far East International Digital Architectural Design Award* (FEIDAD Award).

- Estudiar las implicaciones y las posibilidades del ordenador como herramienta en el proceso de diseño analizando los elementos que brinda la tecnología para repensar la forma de producir arquitectura, así como la necesidad de reflexionar acerca de los conceptos arquitectónicos surgidos de la interacción del arquitecto-diseñador con las técnicas y la cultura digital teniendo en cuenta el papel central que cumple la consideración de lo informacional en todo este proceso.

- Explorar el concepto de lo "digital/informacional" y la "cultura digital" a través de diferentes enfoques, analizando las posibilidades ofrecidas por las nuevas tecnologías, buscando una visión interdisciplinar que abarque la mirada desde la representación y la teoría de la arquitectura, el diseño, los nuevos medios y las artes visuales, así como desde otros ámbitos como la filosofía, la sociología, la antropología, la economía, etc.

- Analizar las características específicas del medio digital como ámbito arquitectónico que requiere de nuevos métodos de diseño con valores propios lo que plantea un cambio profundo en las formas de pensar, diseñar y hacer la arquitectura.

- Adquirir una comprensión activa del fenómeno estudiado para desarrollar una capacidad de juicio y análisis crítico sobre el mismo.

1.3 CONTEXTO Y METODOLOGÍA.

“Cuando me examino a mí mismo y mis métodos de pensamiento, llego a la conclusión de que el don de la fantasía ha significado más para mí que cualquier talento para el pensamiento abstracto y positivo.”

Albert Einstein

Esta investigación se inició dentro del marco del programa de doctorado organizado por el Departamento de Representación y Teoría Arquitectónica de la ETSA de A Coruña denominado "*Génesis, lenguaje y composición en la arquitectura*", en concreto dentro de las líneas de investigación planteadas por el profesor José Antonio Franco Taboada: "*La arquitectura y su representación a lo largo de la historia*" y "*La representación de la arquitectura en las artes visuales*".

Se trata de un proyecto de investigación de tipo actual, de naturaleza teórico-crítica y de carácter analítico-descriptivo.⁴ Las características propias del objeto de estudio hacen que sea preciso la utilización de un método de investigación de carácter mixto o híbrido que combine distintas metodologías⁵ y estrategias en función de las necesidades específicas de la propia investigación en las aproximaciones a los distintos aspectos de la realidad del problema.

⁴ ÚRIZ, María Jesús; BALLESTERO, Alberto; BISCARRET, Juan Jesús; URSUA, Nicanor (2006) *Metodología para la investigación*. Pamplona: Ediciones Eunete, pp. 29-31.

⁵ GRAY, Carole; MALINS, Julian (2004) *Visualizing Research. A Guide to the Research Process in Art and Design*. Surrey: Ashgate, p. 31.

Los modelos utilizados van desde el método histórico-descriptivo-interpretativo⁶ hasta el método del estudio de casos⁷ pasando por una metodología basada en la argumentación lógica.⁸

Desde el punto de vista del marco temporal, el estudio se centra en la arquitectura contemporánea entendida como laboratorio de las nuevas tecnologías, considerando como objeto de análisis las manifestaciones más significativas o de carácter más experimental a partir de conceptos, procesos e ideas tomadas directamente del ámbito de la tecno-cultura digital. No obstante, para poder analizar convenientemente el fenómeno resulta necesario en ocasiones retroceder en el tiempo hasta los orígenes de la actual sociedad de la información en el siglo XIX y hasta el nacimiento de las bases de la cultura digital a mediados del siglo XX.

La investigación se estructura a partir de la revisión y el análisis de la producción teórica más reciente publicada en manuales, textos, monografías, compilaciones, revistas y publicaciones periódicas, actas de congresos y tesis doctorales así como de la gran variedad de documentos digitales que podemos encontrar en la Red en diferentes direcciones electrónicas y páginas Web. Toda esta información integrada por datos y referencias gráficas y discursivas procede de distintos ámbitos culturales, desde la crítica arquitectónica hasta la filosofía o la teoría del diseño, pasando por la sociología, la antropología, la historia y la crítica de arte en un proceso híbrido y multidisciplinar⁹ que considera las interrelaciones constantes entre arte, humanidades, ciencia y tecnología adquiriendo en ocasiones un esquema hipertextual próximo a la realidad específica que se pretende explorar para conocer, describir y comprender.¹⁰ Este planteamiento permitirá la creación de conexiones y relaciones así como la descripción y señalización de cruces, encuentros, hibridaciones, mezclas e intercambios poniendo en relación los diversos modelos de pensamiento que influyen en la cultura contemporánea. Precisamente la emergencia de los nuevos marcos teóricos y filosóficos que definen las bases del diseño digital en paralelo con la emergencia de las nuevas tecnologías representa una de las condiciones más interesantes del fenómeno.¹¹

Finalmente, una vez concluido el proceso de investigación y alcanzados los objetivos, se formulan unas conclusiones finales y se plantean unas posibles líneas de investigación futuras como resultado del análisis realizado. Paralelamente, durante el proceso de la investigación y como fruto de la misma, se han realizado varias publicaciones relacionadas con el tema objeto de estudio tanto en revistas especializadas como en distintos congresos

⁶ GROAT, Linda N.; WANG, David (2013) *Architectural Research Methods*. Nueva York: John Wiley & Sons, p. 173. Groat y Wang describen siete estrategias de investigación en arquitectura: histórica, cualitativa, correlacional, experimental y cuasi-experimental, de simulación, argumentación lógica y, finalmente, estudio de casos y estrategias combinadas.

⁷ GROAT, Linda N.; WANG, David (2013) *Ibidem*, p. 173.

⁸ GROAT, Linda N.; WANG, David (2013) *Ibidem*, p. 415.

⁹ FORQUÉ, Richard (2010) *Building Knowledge in Architecture*. Amberes: University Press Antwerp, UPA, pp. 177-180.

¹⁰ FRASER, Murray (2013) "Introduction", en FRASER, Murray [ed.] (2013) *Design Research in Architecture. An Overview*. Surrey: Ashgate, p. 1.

¹¹ OXMAN, Rivka (2006) "Theory and Design in the First Digital Age", en *Design Studies*, Vol. 27, Nº 3, May 2006, p. 262.

relacionados con la materia y que se detallan al final del apartado correspondiente a la bibliografía.

1.4 INTERÉS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

"Se puede imaginar un futuro en el que nuestro principal interés, tanto en la ciencia como en el diseño, consista en lo que nos puedan enseñar acerca del mundo y no lo que nos permitan hacer al mundo. El diseño, como la ciencia, es una herramienta para la comprensión además de para la acción."

Herbert A. Simon¹²

La relación de la arquitectura con las tecnologías digitales de la información y la comunicación era un aspecto poco estudiado o explorado de forma superficial hasta ahora en el ámbito académico de la arquitectura española.¹³ A menudo los análisis y reflexiones se dirigían a mediar en el debate acerca de las ventajas o desventajas de las distintas aplicaciones informáticas dentro del proceso analógico tradicional de concepción del espacio arquitectónico. En ocasiones se producían polémicas sobre la vertiente representacional y la presentación-comunicación de proyectos elaborados a la manera tradicional frente a aquellos otros realizados con las nuevas herramientas casi siempre con una aproximación de carácter tecnológico-instrumental. Incluso se podría hablar de una cierta desconfianza hacia la arquitectura digital tanto por parte de la crítica arquitectónica como por sectores del mundo académico debido a una visión determinista de la tecnología.

Con la entrada en el siglo XXI se despertó en nuestro país el interés por la investigación acerca de las posibles transformaciones de la arquitectura como disciplina debidas a la incorporación de la tecnología digital tanto desde el punto de vista de la concepción del espacio, como desde los instrumentos que intervienen en el proceso de diseño de esos espacios. Encontramos así experiencias pioneras como el concepto de "Arquitectura Avanzada"¹⁴ desarrollado por Manuel Gausa y Vicente Guallart en el IaaC (Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña) o los primeros trabajos de investigación vinculados directamente al concepto de la digitalización como la tesis doctoral "*De lo digital en arquitectura*" de Underléa Bruscato Portella (2006) dirigida por el profesor Juan Puebla Pons de la ETSAB de la UPC. También surgen diferentes grupos de investigación como el

¹² "One can envisage a future, however, in which our main interest in both science and design will lie in what they teach us about the world and not in what they allow us to do to the world. Design like science is a tool for understanding as well as for acting." SIMON, Herbert (1996) *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: The MIT Press, p. 164.

¹³ Además del muy limitado número de publicaciones sobre el tema, más allá de honrosas excepciones y de la producción científica destinada a las revistas y congresos académicos, resulta ilustrativo el hecho de que son muy escasas las traducciones al español de las obras realizadas por los grandes especialistas en la materia procedentes en su mayoría del ámbito académico italiano, británico o norteamericano.

¹⁴ GAUSA, Manuel; GUALLART, Vicente (2001) *Diccionario Metápolis de Arquitectura Avanzada*. Barcelona: ACTAR.

desarrollado en la ETSA de Madrid: “*Hypermedia: taller de configuración arquitectónica*” dirigido por los profesores Pilar Chías Navarro y Javier Seguí de la Riva o experiencias académicas como el Máster en Arquitectura Biodigital (antes Máster en Arquitecturas Genéticas) ofertado por la EsArq de la UIC y dirigido por Alberto T. Estevez y Karl S. Chu, que sirven para ejemplificar el interés que comenzaban a suscitar las líneas de investigación que analizasen en profundidad las implicaciones del fenómeno de la Revolución Informática en Arquitectura.

Más recientemente, la popularización de las tecnologías de fabricación digital y las herramientas de modelado tridimensional han dado lugar a un renovado interés por los aspectos tecnológicos e instrumentales de lo digital creándose numerosos FABLabs y seminarios de geometría avanzada en numerosas escuelas de arquitectura españolas. Al mismo tiempo, comienzan a proliferar las investigaciones académicas sobre el tema que se materializan en la publicación de artículos en las revistas especializadas como, por ejemplo, la revista EGA, publicación periódica de la Asociación Española de Departamentos de Expresión Gráfica Arquitectónica; en propuestas docentes como el Máster en Arquitectura Avanzada del IaaC de Barcelona; o en la realización de un número creciente de tesis doctorales sobre la cuestión de lo digital/informacional en arquitectura. Podemos citar en este sentido las tesis leídas recientemente en la UPC por Lluís Ortega¹⁵ (2014) y Camilo Andrés Cifuentes Quin¹⁶ (2014) y también la tesis leída en la UPM por Eduardo Roig Segovia¹⁷ (2014).

Desde el punto de vista de mi experiencia personal y profesional como docente en asignaturas relacionadas con la expresión gráfica, la comunicación visual y las nuevas tecnologías en la titulación del Grado en Arquitectura Técnica, en el título de Graduado en Arquitectura de Interiores y en el Máster Universitario de Tecnologías de Edificación Sostenible, resulta indudable la relevante implicación pedagógica del tema de investigación elegido por su importancia en la formación académica de los futuros profesionales de la arquitectura y la edificación. No debemos olvidar que el conocimiento facilitado por la tarea investigadora resulta fundamental para el refuerzo de la labor docente,¹⁸ tarea que, en un proceso continuo de retroalimentación, también condiciona, modula y orienta la exploración personal que supone todo trabajo de investigación.

Dado que la Expresión Gráfica Arquitectónica es uno de los campos donde la incorporación de lo digital ha producido una mayor transformación, resulta evidente el interés que despierta esta línea de investigación dentro del área de conocimiento. Este interés se

¹⁵ ORTEGA, Lluís (2014) *Digitalization takes command : el impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Tesis doctoral. Director: Iñaki Ábalos. Codirector: Jaime Coll. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes Arquitectònics.

¹⁶ CIFUENTES QUIN, Camilo Andrés (2014) *Narrativas cibernéticas y arquitectura computacional*. Tesis doctoral. Director: Joaquín M. Regot Marimón. Codirector: Pau de Solà-Morales Serra. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I.

¹⁷ ROIG SEGOVIA, Eduardo (2014) *El Entorno Aumentado: Imperativo informacional para una ecología digital de lo arquitectónico*. Tesis doctoral. Directora: Atxu Amann y Alcocer. Madrid: Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica, EDTSA, UPM.

¹⁸ GASTÓN, Cristina; ROVIRA, Teresa (2007) *El proyecto moderno. Pautas de investigación*. Barcelona: Edicions UPC.

inscribe dentro de un marco global de experiencias relacionadas con los usos y aplicaciones de la tecnología digital en el ámbito del diseño arquitectónico asistido digitalmente. Así distintas sociedades en Europa y Estados Unidos como eCAADe (*Education in Computer Aided Design in Europe*) y ACADIA (*Association for Computer Aided Design in Architecture*) organizan conferencias anuales con publicaciones altamente especializadas sobre los temas citados. Tenemos que citar también la asociación SIGraDi (Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital) que agrupa a arquitectos, diseñadores y artistas vinculados a los nuevos medios, creada en 1997 y convertida en una plataforma de lanzamiento de ideas en la que participan también veinte universidades de los Estados Unidos y Europa. Un año después, en 1998, se crea CAADRIA (*Computer Aided Architecture Design Research In Asia*) con objetivos similares y que comprende numerosos países de Asia y Oceanía. Dentro de esta labor de difusión se encuentra también el FEIDAD (*Far Eastern International Design Award*), organizado por primera vez en 2000 por el arquitecto Yu-Tung Liu del estudio *AleppoZONE*, que pretende estimular y fomentar el diseño innovador realizado con la ayuda de los medios digitales.

Nos encontramos, por tanto, ante un tema plenamente maduro para la propuesta académica de líneas de investigación después de cincuenta años de desarrollo de las tecnologías digitales al servicio del diseño. Durante este tiempo se ha pasado por distintas fases desde un periodo "analítico" inicial, tendente a la optimización racional de las soluciones operativas, pasando por el interés por la virtualización y el ciberespacio con unos planteamientos a menudo utópicos o visionarios, hasta llegar al momento actual en el que la potencialidad de estas tecnologías se ha visto aumentada por la interconectividad de las redes de comunicación y las nuevas posibilidades ofertadas por las tecnologías de fabricación digital que permiten vincular directamente la información del diseño con la materialización del mismo.

1.5 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN.

"La función del conocimiento consiste en hacer una experiencia "libremente" utilizable en otras experiencias. (...) Un conocimiento idealmente perfecto representaría una red tal de interconexiones que toda experiencia pasada ofrecería un punto ventajoso desde el cual abordar el problema presentado en una nueva experiencia."

John Dewey¹⁹

La tesis se presenta en un único volumen y se organiza en forma de una introducción (01_FRAME), cinco capítulos, unas conclusiones finales (07_TARGET) y las referencias documentales (LINKS e IMAGES).²⁰

¹⁹ DEWEY, John (1982) *Democracia y Educación*. Buenos Aires: Editorial Losada pp. 356-358.

²⁰ Dentro del contexto de la investigación se ha empleado un sistema de identificación de las distintas partes del documento que pretende ser una analogía con los procedimientos de identificación de los

El capítulo 02_ **MATRIX** tiene un carácter introductorio y representa una definición del marco cultural de referencia en el que se inscribe el objeto de nuestro estudio. Se describe, en primer lugar, el concepto de paradigma del filósofo Thomas Kuhn y se utiliza como referencia fundamental para explicar el contexto sociocultural en el que se inscribe la introducción de las nuevas tecnologías en arquitectura y que no es otro que el concepto de "sociedad-red" definido por el sociólogo Manuel Castells. Se describe la nueva cultura informacional que surge, caracterizada por la virtualidad real, el espacio de los flujos y el tiempo atemporal, aspectos desarrollados por el autor citado, a los que se suman aportaciones de otros autores como la "teoría del acceso" de Jeremy Rifkin o la antropología de los "no-lugares" de Marc Augé.

En el capítulo 03_ **CYBER** se realiza una aproximación a la importancia del papel de la tecnología en el paso de la sociedad de la información, cuyos inicios se rastrean en las postrimerías del siglo XIX, hasta el desarrollo de la cultura digital contemporánea como resultado de los avances tecnológicos y científicos surgidos en el periodo anterior y posterior a la Segunda Guerra Mundial. Se describe una genealogía de lo digital desde los primeros intentos de mecanización del cálculo hasta la aparición de los primeros ordenadores y se explora la aparición del modelo de pensamiento cibernético que pretende explicar todos los fenómenos como procesos de intercambio y circulación de información. Se plantean los orígenes de las relaciones entre cibernética y arquitectura y la introducción de los conceptos de patrones, redes y sistemas procedentes del modelo de pensamiento cibernético. Se analizan las nuevas metáforas operativas, la importancia de la modularidad y el diseño en los nuevos espacios corporativos y la aparición de las primeras experimentaciones en el campo de la digitalización. Finalmente, se realiza una reflexión sobre la influencia de las teorías posmodernas en la implantación de la cultura digital en la arquitectura.

En el capítulo 04_ **COMPLEX** se aborda el estudio de una serie de nuevos "paradigmas" que han incidido en el proceso del diseño arquitectónico durante el periodo de tiempo en el que se ha producido la irrupción de lo digital en arquitectura. Se comienza describiendo el nuevo *zeitgeist* (espíritu del tiempo) caracterizado por una nueva sensibilidad formal, la crisis del concepto de estabilidad y la importancia de los factores de velocidad, cambio y aceleración que afectan a todas las manifestaciones culturales contemporáneas y, en particular, a la arquitectura. A continuación, se analiza el concepto de "supermodernidad", en paralelo con el concepto de "no lugar", se describe el impacto producido por la incorporación de conceptos de las denominadas ciencias de la complejidad y su influencia en la arquitectura contemporánea a través de la cultura del fragmento; los intentos de explicar la realidad por medio de las teorías del caos; y las consideraciones energéticas acerca de la luz y la desmaterialización. Este apartado finaliza con una introducción al paradigma informacional dedicando una especial atención a la nueva perspectiva sobre el paisaje urbano, la nueva visión de la naturaleza y el

archivos digitales en las aplicaciones informáticas. Así, los diferentes capítulos se han dotado de etiquetas identificativas o "*tags*" que guardan relación con el contenido de cada uno de ellos (**FRAME**, **MATRIX**, **CYBER**, **COMPLEX**, **HYPERARCH**, **CODEX**, **TARGET**, **LINKS**, **IMAGES**) con lo que se pretende incidir en el carácter hipertextual y abierto de este trabajo de investigación. A fin de facilitar y orientar la lectura se ha situado un índice ampliado al comienzo de cada uno de los capítulos.

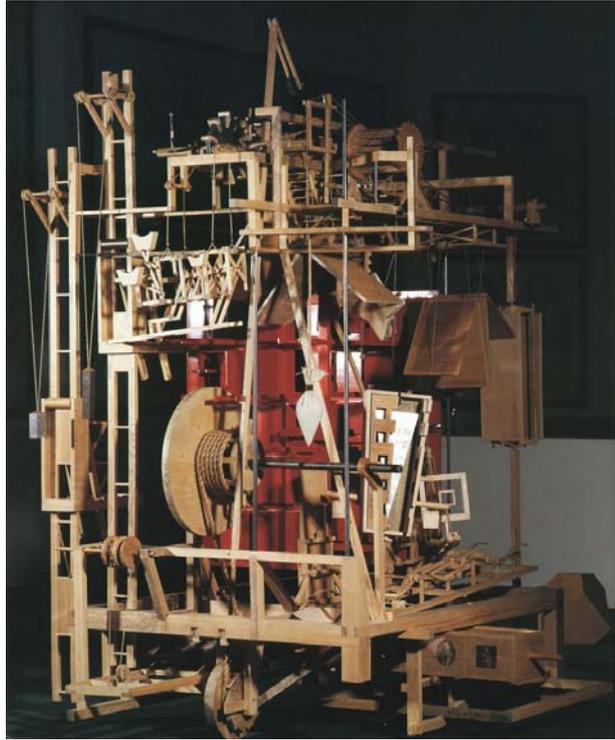
concepto del espacio como sistema.

En el capítulo 05_**HYPERARCH** el paradigma informacional nos lleva al concepto de *hiperarquitectura* en el que información, interactividad e interfaz se convierten en la triada conceptual clave desde la que abordar la utilización de las nuevas herramientas digitales y los nuevos procesos de diseño que se derivan de las interrelaciones entre ciencia, tecnología y arquitectura. Los nuevos medios tecnológicos ofrecen la oportunidad de experimentar el espacio de forma diferente a partir de una relación entre cuerpo y arquitectura mediada por la interactividad como catalizador. Se produce en consecuencia una expansión de los límites de la arquitectura convencional basada en el espacio euclidiano. Se señalan precedentes de proyectos cuyo diseño se basa en consideraciones informacionales y en cada uno de los apartados principales se recurre a la revisión y el análisis de una serie de proyectos representativos. Como conclusión de este capítulo se propone la definición de una nueva estética arquitectónica basada en el entendimiento de las lógicas comunicacionales y los procesos de metaforización y narratividad posibilitados por la digitalización de la tecnología.

En el capítulo 06_**CODEX** finaliza el proceso de análisis que va desde lo informacional/digital a la práctica material describiendo la implicación del paradigma digital en la filosofía y los métodos de diseño contemporáneos. Tomando como nuevo paradigma de ideación el diseño digital, se describen distintas estrategias de ideación, fabricación y producción digital. A continuación se exponen las consecuencias del denominado "giro digital" entre las que podemos destacar el nuevo papel de la autoría, las implicaciones del diseño paramétrico y la consideración del enfoque performativo como tendencia emergente del diseño arquitectónico. Los avances en las tecnologías de fabricación digital y la robótica producen nuevas lógicas de diseño que definen el concepto de "materialidad digital" debido a la posibilidad de generar información para la construcción directamente desde la información del diseño. Todo ello unido a la proliferación de los sistemas de impresión 3D y la difusión de la "cultura *maker*" nos obliga a una reflexión crítica sobre las consecuencias de todos estos fenómenos en el futuro del diseño arquitectónico. Se cierra de este modo un proceso de investigación que ha ido de lo general a lo específico y de los aspectos más teóricos hasta los planteamientos más prácticos de la nueva materialidad mediada por la información codificada digitalmente.

En el apartado 07_**TARGET** se recogen a modo de reflexión final las conclusiones obtenidas y se adelantan posibles líneas de investigación futuras. No olvidemos que uno de los aspectos más característicos de la investigación científica contemporánea es aquel que se orienta preferentemente hacia una estructura que permanece voluntariamente abierta y que busca proponer nuevas hipótesis de trabajo más que a la fijación de unas certezas absolutas. Este aspecto se ve reforzado por la propia naturaleza del tema de investigación elegido que se sitúa en una dimensión marcada por las interconexiones, el dinamismo y la fluidez y, por tanto, intrínsecamente problemática y compleja.

Los dos últimos apartados de la tesis recogen las referencias bibliográficas (08_**LINKS**) y el listado de imágenes y las fuentes de las mismas (09_**IMAGES**).



02_MATRIX

LA ERA DE LA INFORMACIÓN

Un nuevo marco cultural

INDEX_Capítulo 02_MATRIX ¹

LA ERA DE LA INFORMACIÓN. Un nuevo marco cultural.

2.1 Una nueva cultura.	015
2.2 Arquitectura en la era de la información.	017
2.3 La sociedad red: la cultura en la era del capitalismo informacional.	022
2.4 La cultura de la virtualidad real.	033
2.5 Un espacio de flujos.	035
2.6 El tiempo atemporal.	042
2.7 Información, naturaleza y cultura.	045

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: Daniel LIBESKIND, *Macchina della memoria (The Memory Machine)*, Biennale, Venezia, 1985.

Capítulo 02_MATRIX

LA ERA DE LA INFORMACIÓN. Un nuevo marco cultural.

2.1 Una nueva cultura.

*"¿Dónde está la sabiduría que hemos perdido en el conocimiento?
¿Dónde está el conocimiento que hemos perdido con la información?"*

T. S. Eliot²

Desde hace unas dos décadas la denominada por algunos “Revolución Digital”³ está produciendo una serie de cambios determinantes en los planteamientos de la arquitectura de nuestro tiempo. Estamos asistiendo al final de la “*arquitectura de la máquina*” (paradigma mecánico), producto inequívoco de la Revolución Industrial así como al final de determinadas concepciones clásicas (Euclides/Vitruvio) de la teoría arquitectónica.⁴

Este fenómeno se caracterizó en un primer momento por la desaparición de las líneas rectas, (la redondez⁵, la *blobitecture*⁶, el edificio del Kunsthau de Graz obra de *Spacelab* -Peter Cook y Colin Fournier- sería una de las referencias más conocidas) con lo que se ponía en crisis el paradigma cartesiano que había determinado la arquitectura durante siglos.⁷ En nuestro ámbito cultural y debido al contacto constante con las denominadas tecnologías de la información y la comunicación (*ITC, Information and Communication Technologies*), supuso la

² ELIOT, Thomas S. (1934) *Choruses from The Rock*. Fragmento.

"Where is the wisdom we have lost in knowledge?"

"Where is the knowledge we have lost in information?"

³ Se hace necesario mencionar la diversidad de opiniones en torno a la utilización del término "revolución" al hablar de las transformaciones producidas en la arquitectura debido a la introducción de la tecnología digital. Lo mismo podríamos decir del término "impacto" utilizado ampliamente y que ha sido puesto en cuestión por algunos críticos culturales como, por ejemplo, Pierre Lévy. Considera que la metáfora balística del impacto de las nuevas tecnologías de la información en la sociedad o en la cultura es inadecuada porque esta visión contempla la tecnología como un actor autónomo separado de la sociedad y de la cultura mientras que para él es imposible separar lo humano de su entorno material por lo que no tendría sentido la imagen dinámica del choque. Véase: LÉVY, Pierre (2007) *Cibercultura. La cultura de la sociedad digital*. Barcelona: Anthropos Editorial.

⁴ MASSAD, Fredy; GUERRERO YESTE, Alicia (2003) “Arquitectura en la época de la Revolución Digital”, en *Experimenta. Revista para la cultura del proyecto*, nº 45, julio 2003, Madrid, pp. 52-53.

⁵ CARPO, Mario (2009) “La desaparición de los idénticos. La estandarización arquitectónica en la era de la reproductibilidad digital”, en ORTEGA, Lluís (2009) *La digitalización toma el mando*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 59.

⁶ WATERS, John K. (2003) *Blobitecture: Waveform architecture and digital design*. Londres: Rockport Publishers.

⁷ No obstante podemos encontrar precedentes de este tipo de formas arquitectónicas de inspiración orgánica y biomórfica en las estaciones de metro de Hector Guimard en París (1889-1904) o en las formas curvas de edificios como la Torre Einstein en Postdam de Erich Mendelsohn (1921), la capilla de Notre-Dame-du-Haut en Romchamp de Le Corbusier (1955), el Museo Guggenheim de Nueva York de Frank Lloyd Wright (1959), la terminal de TWA en el John F. Kennedy Airport de Nueva York de Eero Saarinen (1962) o desde un punto de vista más innovador y experimental en el espacio interminable y fluido del proyecto de la *Endless House* de Frederick Kiesler (1953-1958).

introducción de nuevos conceptos y la fluidez en el manejo de nociones mentales que afectan a nuestro sentido de presencia en el mundo. Influidos por este potencial de la tecnología informática y las redes de información, una serie de jóvenes arquitectos, los denominados *Blobmeisters*⁸ o *Natural Born CAADesigners*⁹, comenzaron a experimentar en la década de los años noventa del pasado siglo con procedimientos, técnicas y conceptos que violentaban los esquemas y métodos de pensamiento, de diseño y de realización tradicionales. De este modo se comenzó a modificar la esencia de lo que se denomina y reconoce como "arquitectura".



Ilustración 1. Peter COOK & Colin FOURNIER, *Kunsthaus, Graz, Austria, 2003*.

Con esta investigación se pretende poner de manifiesto la transformación que se está produciendo (o que ya se ha producido, en todo caso estamos hablando de un "*work in progress*" debido a las características peculiares del fenómeno) en el ámbito de la arquitectura y sus posibilidades de actuación sobre las diferentes dimensiones tanto del entorno físico como de nuestro territorio mental. Se trata de un análisis y de una reflexión de carácter creativo y es importante señalar que al tratarse de un fenómeno que en ningún caso se presenta como homogéneo permite una interesante diversidad de aproximaciones, así como la posibilidad de que existan incluso contradicciones entre ellas, como resultado del propio carácter dinámico del problema. Como ya apuntaba el epistemólogo, historiador y filósofo de la ciencia Thomas S. Kuhn en 1969, las revoluciones implican, entre otras cosas, el abandono

⁸ El término tiene su origen en el acrónimo BLOB (*Binary Large Object*) y fue utilizado por el crítico Charles Jencks en un artículo de febrero de 2003 en la revista *Architectural Review* identificando el uso de este tipo de formas como un nuevo paradigma y en donde utilizó el término "*Blobmeisters*" para referirse a arquitectos como Greg Lynn, Eric van Egert y Kas Osterhuis (véase: PORTER, Tom (2004) *Archispeak: An Illustrated Guide to Architectural Terms*, Londres: Routledge, p. 12). En un artículo más reciente publicado en la misma revista *Architectural Review* y titulado "Architecture Becomes Music" (06/May/2013) utiliza el término "*Parameisters*" para referirse a arquitectos de la primera década del nuevo siglo como Patrik Schumacher, director del estudio de Zaha Hadid.

⁹ PONGRATZ, Christian; PERBELLINI, Maria Rita (2000) *Natural Born CAADesigners, Young American Architects*. Basilea: Birkhäuser. Versión italiana: (2000) *Nati con il computer, Giovani architetti americani*. Turín: Testo&Immagine. Se trata de una generación de arquitectos americanos que rondaban los 30 ó 40 años de edad a comienzos de la década de los 90 del siglo pasado y que abarca un amplio espectro de géneros arquitectónicos, pero con un factor común que los diferencia de la generación anterior: literalmente han nacido con el ordenador. El libro describe cómo esta nueva herramienta ha influido y afectado a la calidad del diseño de los miembros de esta generación "electrónica" que desarrolla su trabajo en la última década del siglo XX.

de generalizaciones cuya fuerza había sido, hasta entonces, la de las tautologías.¹⁰ Al mismo tiempo conviene resaltar la importancia de realizar una aproximación multidisciplinar al problema favorecida por el carácter híbrido de la gran mayoría de las propuestas de investigación desarrolladas en este campo. En este capítulo abordaremos una definición del marco sociocultural en el que se desarrolla este nuevo planteamiento derivado de la introducción de las herramientas digitales en arquitectura.

2.2 Arquitectura en la era de la información.

Como ya señalaba Mies van der Rohe en el año 1924 en su escrito "Construcción y voluntad de época": "(...) cualquier arquitectura está vinculada a su tiempo y (...) sólo se puede manifestar a través de tareas vivas y mediante medios de su tiempo".¹¹ Estas palabras de Mies Van der Rohe definen de alguna manera el objetivo de esta investigación: reflexionar y analizar de forma crítica y creativa el impacto de la utilización de los "medios de nuestro tiempo" (los nuevos medios) en la arquitectura. Inmersos en los primeros años del siglo XXI asistimos al comienzo de una nueva era en la que el procesamiento de información se convierte en el elemento clave de cualquier actividad, incluida la arquitectónica.

Ante la evidente reorganización productiva y socio-cultural motivada por la introducción de los (nuevos) medios digitales en la actividad humana podemos plantearnos si, como consecuencia de esta denominada revolución, surgirá, está surgiendo o ha surgido ya una nueva arquitectura. Para ser más exactos desde un punto de vista terminológico se podría denominar esta arquitectura como una arquitectura de "nueva generación" tratando de abarcar dos aspectos conceptuales perfectamente diferenciados. Por una parte, la vertiente cronológica e historiográfica del significado del término "generación"¹² dado que, desde los comienzos de la utilización de la informática en arquitectura, se han ido sucediendo varias generaciones de arquitectos que han investigado y experimentado con las nuevas herramientas y, por otra parte, atenderemos al aspecto metodológico de la producción de la arquitectura mediante la utilización de diferentes estrategias y procesos vinculados con lo

¹⁰ GIANNETTI, Claudia (2002) *Estética Digital. Sintopía del arte, la ciencia y la tecnología*. Barcelona: ACC L'Angelot, p. 76.

¹¹ Mies van der Rohe, "Baukunst und Zeitville", 1924. Véase: NEUMEYER, Fritz (1995) *La Palabra sin Artificio: Reflexiones sobre Arquitectura*. Madrid: El Croquis editorial, 1995, pág. 371. Extracto del artículo "Baukunst y voluntad de época" escrito por Mies van der Rohe en 1924, para la revista *Der Querschnitt*, 4, nº 1, págs. 31-32. Recurrentemente traducido como "Arquitectura y voluntad de época".

¹² La denominación "nueva generación" quiere hacer referencia a dos aspectos conceptuales relacionados con la "nueva arquitectura". Por una parte, tenemos un componente descriptivo "generacional" (DRAE: perteneciente o relativo a una generación de coetáneos) correspondiente a una serie de arquitectos, jóvenes y no tan jóvenes, que pertenecen a una "generación" que ha entrado en contacto con las nuevas tecnologías y las asumen con naturalidad como parte de su trabajo de investigación, experimentación e innovación; y, por otra parte, tiene también un componente pragmático "generador" (DRAE: "que engendra") o "generativo" (DRAE: "dícese de lo que tiene virtud de engendrar") vinculado al nacimiento de una nueva forma de hacer la arquitectura, basada en los modelos de pensamiento tomados de las nuevas tecnologías y las ciencias de la complejidad, y al mismo tiempo hace referencia a los modos y herramientas de generación de esa nueva arquitectura.

digital.

En primer lugar trataremos de describir el marco cultural en el que se produce esta revolución y se hace necesaria una reflexión teórica desde el ámbito de la arquitectura más allá de la estéril polémica que se ha suscitado en numerosas ocasiones acerca de la utilización de las herramientas digitales. Nos encontramos ante lo que se ha dado en llamar en ocasiones un cambio de paradigma (o de paradigmas) con profundas consecuencias en la manera de abordar la realidad y la visión que tenemos de ella. Se toma este concepto de la obra de Thomas Kuhn quien, a principios de los años sesenta, pone en crisis el asentado modelo de progreso lineal de las ciencias al indicar que su desarrollo no sigue una estructura acumulativa sino que se da a través de revoluciones que implican lo que Kuhn denomina un cambio de paradigma, definición que ha gozado de un tremendo éxito lo que ha motivado su desmedida utilización en todos los ámbitos de la crítica cultural.¹³

Coincidimos con Lluís Ortega¹⁴ al afirmar que es un lugar común en muchos de los textos que abordan el fenómeno de la digitalización de la arquitectura el uso de la palabra "revolución"¹⁵ (véase por ejemplo el texto de James Steele del año 2001¹⁶ o la serie "*The IT Revolution in Architecture*" dirigida por Antonino Saggio¹⁷). Se asimila de este modo el fenómeno citado al modelo establecido por Kuhn para describir las revoluciones científicas y en el que se refiere con el término "paradigma" a aquellos logros científicos que comparten dos características esenciales: carecen hasta tal punto de precedentes que son capaces de atraer a un grupo duradero de partidarios alejándolos de los modos rivales de actividad científica y, a la vez, son lo bastante abiertos para dejar al grupo de profesionales de la ciencia que los adoptan todo tipo de problemas por resolver.

Aplicando este concepto, Kuhn identifica una revolución científica con aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en los que un paradigma antiguo se ve sustituido en todo o en parte por otro nuevo incompatible con él.¹⁸ La acumulación de anomalías y de propuestas no satisfechas según el modelo imperante de la denominada "Ciencia Normal" (que Kuhn identifica con la investigación basada en uno o más logros científicos que una comunidad científica reconoce durante un tiempo como el fundamento de su práctica) se

¹³ KUHN, Thomas S. (2006) *La estructura de las revoluciones científicas*, 3ª edición. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 70-71.

¹⁴ Lluís Ortega (Barcelona, 1972) es arquitecto por la ETSAB y miembro del estudio F451 Arquitectos. Ha sido director de la revista *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme* (2004-2005) y profesor en la Harvard University (2006-2009).

¹⁵ ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) *Op. cit.*, p. 7.

¹⁶ STEELE, James (2001) *Arquitectura y revolución digital*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

¹⁷ *The Information Technology Revolution in Architecture* es el título de una serie de libros editados por el profesor italiano Antonino Saggio desde el año 1998 y publicados en inglés por la editorial Birkhäuser (Basel) y en italiano por EdilStampa (Roma) que analiza los efectos de la dimensión digital y virtual en los arquitectos y la arquitectura en general. Cada volumen, de diferentes autores, examina un tema determinado subrayando sus aspectos esenciales y explorando su relevancia para la arquitectura actual. Se ha convertido en una de las referencias teóricas fundamentales para el estudio crítico de la arquitectura digital.

¹⁸ KUHN, Thomas S. (2006) *Ibidem*, p. 176.

resuelve satisfactoriamente por medio del nuevo modelo que además plantea, y esto es algo que debemos resaltar, una nueva visión del mundo al que se aplica la investigación.¹⁹

¿Es posible detectar algo similar en los cambios que el fenómeno digital ha introducido y sigue introduciendo en la práctica de la arquitectura? Algunos autores como el propio Lluís Ortega opinan que sí a pesar de que algunos de los temas que hoy se consideran como característicos de la arquitectura digital (denominación ésta también conflictiva y sujeta a debate como ya hemos mencionado anteriormente) como son las relaciones dinámicas, los flujos, las geometrías no euclidianas, la integración de modelos naturales y biológicos, etc., ya habían sido abordados por arquitectos que podríamos catalogar como predigitales aunque de una forma más metafórica que instrumental.²⁰ La posibilidad de aplicar el modelo de Kuhn a la arquitectura es cuestionable al no ser posible una extrapolación literal de la estructura basada en paradigmas debido a la imposibilidad de definir una "arquitectura normal" en los mismos términos en los que Kuhn acotó el concepto de "ciencia normal".²¹ No obstante, salvado este escollo epistemológico por medio de una interpretación metafórica y no analítica, el concepto de cambio de paradigma en la arquitectura sirve para reflejar la realidad evidente de que las TIC han posibilitado un cambio de jerarquía en las prioridades de los arquitectos y una reconceptualización del marco de la discusión disciplinar.²² A esta cuestión nos referiremos de forma más amplia en capítulos posteriores.

Desde el plano teórico son muchas las preguntas que suscitan los nuevos fenómenos vinculados a la expansión de lo digital y es elevado el número de investigadores del marco social y cultural dedicados a tratar de resolverlas. El nuevo modelo de sociedad global e interconectada plantea de forma inmediata una oposición entre la lógica de la red y la de las identidades, aspecto estudiado ampliamente por sociólogos como Manuel Castells (quien en su trilogía *La era de la información* estudia la transformación de la sociedad en todo el mundo a partir de tres aspectos: la revolución tecnológica informacional, la globalización de la economía y la emergencia de una nueva cultura) o Alain Touraine²³ para quien el proceso de

¹⁹ KUHN, Thomas S. (2006) *Op. cit.*, p. 212.

²⁰ ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) *Op. cit.*, pp. 7-8.

²¹ El término "ciencia normal" indica una de las fases por las que un paradigma se establece como principal forma de trabajo de una comunidad científica. Durante el período de ciencia normal o estándar, los científicos se dedican al fortalecimiento de éste por medio de experimentaciones y verificaciones de los postulados principales del mismo. Como se puede apreciar este concepto sería difícilmente trasladable a la práctica arquitectónica, al menos en los términos estrictos planteados por Kuhn.

²² Hay que señalar que el debate acerca de esta posible "reconceptualización" no ha sido muy importante en nuestro país en los últimos años siendo muy escasas las publicaciones de la crítica arquitectónica dedicadas a estudiar, analizar y reflexionar sobre el fenómeno a diferencia de los dos grandes núcleos de debate centrados en los Estados Unidos y Gran Bretaña. Habría que citar además el gran desarrollo de la reflexión e investigación sobre lo digital realizado en el ámbito académico de las escuelas de arquitectura italianas o la existencia de un importante núcleo de investigación brasileño surgido por la vinculación de alguno de estos investigadores con el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*).

²³ Touraine desarrolló el término "sociedad post-industrial". Su trabajo se basa en la sociología de la "acción" con una clara preocupación metodológica centrada en las categorías de modernidad, democracia, acción social y emancipación.

globalización, la carencia de mecanismos institucionales de regulación social y el progresivo aislamiento y la exclusión de los individuos son factores que suelen presentarse como desencadenantes de una nueva manera de pensar la realidad, en una sociedad consolidada en la denominada "segunda modernidad" surgida con la industrialización, la urbanización y la escolarización.²⁴ Otro aspecto importante desde el punto de vista de los posibles fenómenos de virtualización a los que nos conduce la introducción de lo digital en la vida cotidiana es el de la problemática dualidad entre el mundo físico y la denominada realidad virtual, aspecto desarrollado por autores como Tomás Maldonado²⁵, Pierre Lévy²⁶ o William J. Mitchell.²⁷



Ilustración 2. Aparición de Marshall McLuhan en una escena de la película "Annie Hall", dirigida por Woody Allen, 1977. De izquierda a derecha: el actor Russel Horton, Woody Allen en el papel de Alvy Singer y Marshall McLuhan interpretándose a sí mismo.

Desde los mismos inicios de la aplicación de la informática a la arquitectura y dentro

²⁴ TOURAINE, Alain (2005), *Un nuevo paradigma para comprender el mundo de hoy*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.

²⁵ Tomás Maldonado (Buenos Aires, 1922) es un pintor, diseñador industrial y teórico del diseño argentino. Conocido por su considerable influencia en el pensamiento y la práctica del diseño en la segunda mitad del siglo XX, es considerado como uno de los principales teóricos del llamado enfoque científico del diseño. Director desde 1954 en la *Hochschule für Gestaltung* (HfG) en Ulm, Alemania. Consideró al proceso de diseño como una metodología sistemática, científica y de base teórica.

²⁶ Pierre Lévy (Túnez, 1956) es un escritor, filósofo y profesor. Investigador acerca del concepto de inteligencia colectiva y de sociedades basadas en el conocimiento. Es un pensador mundialmente reconocido en el campo de la "cibercultura".

²⁷ William J. Mitchell (1944-2010), arquitecto, teórico del urbanismo y profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Su labor profesional estuvo desde el inicio vinculada con el mundo académico, impartiendo clases en la Universidad de California y Harvard. En 1992 entró a formar parte de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del MIT, de la que llegaría a ser decano, y desde 2003 era responsable del programa de Arte y Ciencias Multimedia en el Media Lab de esta institución, en la que dirigió, entre otros, el grupo de investigación *Smart Cities*. Autor de numerosas publicaciones a lo largo de su carrera, destacan sus influyentes libros en torno al uso de nuevas tecnologías en el diseño arquitectónico, como *Computer-Aided Architectural Design* y *The Logic of Architecture: Design, Computation and Cognition*. Otro de sus campos de investigación fue la influencia de las nuevas tecnologías de la información en el modo de entender las ciudades. La trilogía formada por los textos '*City of Bits: Space, Place and the Infobahn*', '*e-topia*' (publicado en castellano por Gustavo Gili) y '*Me ++: The Cyborg Self and the Networked City*' ilustran con especial fuerza sus investigaciones en este campo. Fuente: <<http://www.arquitecturaviva.com/es/Info/News/Details/2093>>

de la lógica de los dualismos aparece ya la existencia de dos bandos (tecnófobos y tecnófilos) aparentemente irreconciliables a la hora de explicar las posibilidades y peligros de los nuevos avances tecnológicos explicitando el conflicto latente entre los límites de lo humano y el poder de la tecnociencia. Destaca entre los primeros la obra de Paul Virilio²⁸ y podemos citar como ejemplo de los segundos a Derrick de Kerckhove²⁹ (heredero intelectual del pensamiento de Marshall McLuhan). Tampoco podemos olvidar la percepción evidente, ya desde la segunda mitad del siglo XX, de la existencia de una preponderancia de la cultura de la imagen y de su inmediatez por encima del texto escrito y la reflexión, aspectos ya avanzados por McLuhan y su visión profética del papel de los medios en la sociedad contemporánea.



Ilustración 3. William Cameron MENZIES, *Things to Come*, 1936.

Finalmente habría que citar la reflexión acerca de las relaciones entre poderes públicos y espacios privados como consecuencia de la invasión imparable de los *media* en la vida cotidiana del ser humano contemporáneo, aspecto determinado por la ubicuidad de las pantallas y el desarrollo de las tecnologías de la vigilancia y el control.

Nos encontramos, por tanto, ante la existencia de una serie de numerosos factores de transformación. Podemos señalar la aparición de un nuevo paradigma tecnológico y social que propone desde el punto de vista arquitectónico tres aspectos relevantes dentro del nuevo marco social y cultural: la transformación de la vivienda, la transformación de la ciudad y la afirmación de una nueva estética como consecuencia del uso creativo de los medios informáticos.³⁰ También hay que señalar el renovado interés de la arquitectura hacia las

²⁸ Paul Virilio (París, 1932), teórico cultural y urbanista. Es conocido por sus escritos acerca de la tecnología y cómo ha sido desarrollada en relación con la velocidad y el poder, con diversas referencias a la arquitectura, las artes, la ciudad y los conflictos bélicos.

²⁹ Derrick de Kerckhove (Wanze, 30 mayo 1944) es un sociólogo belga nacionalizado canadiense. Es el Director del Programa McLuhan en Cultura y Tecnología, autor de *Inteligencias en conexión* y *La piel de la Cultura* (*Connected Intelligence*, 1997; *The Skin of Culture*, 1998), y profesor universitario del Departamento de lengua francesa de la Universidad de Toronto. Actualmente es profesor de la Facultad de Sociología de la Universidad de Estudios de Nápoles Federico II.

³⁰ SUSTERSIC, Paolo (2001) "Siglo XXI. Arquitectura en la Era de la Información", en *DC Revista de crítica y teoría de la arquitectura*, nº 5-6, "El presente en construcción". Barcelona: ETSAB, Departament de Composició Arquitectònica, p. 36.

formas de la técnica en su paso de lo mecánico a lo electrónico.

Otro aspecto a considerar sería el de la integración de los diferentes medios (los denominados *new media*) en la construcción de lo que se ha dado en llamar “virtualidad real” siendo el denominado “espacio de los flujos” y el “tiempo atemporal” las dos categorías fundamentales de esta nueva cultura.³¹

2.3 La sociedad red: la cultura en la era del capitalismo informacional.

Desde la segunda mitad del siglo XIX se afianzó en Europa y los Estados Unidos una interpretación tecnológica del progreso y de la historia ejemplificada por las imágenes que transmitían las distintas Exposiciones Universales desde la de París de 1889 a la de Nueva York en 1964. Se construyó una visión optimista del futuro basada en la absoluta tecnologización de la vida, que se enmarcaba en una lógica centrífuga relacionada con la exploración, el viaje y la expansión de las fronteras más allá de los límites terrestres.³²



Ilustración 4. Vista de la Feria Mundial, con el *Unisphere* en el centro y el *Shea Stadium* a la izquierda de la imagen, Nueva York, 1964.

Esta nueva imaginación expansiva³³ poblada de seres del espacio exterior en las narrativas de la ciencia ficción cinematográfica y televisiva dio paso en los primeros años del siglo XXI a la impresión generalizada de la instalación de ese futuro prometido en el presente y a la sensación de una implosión temporal y una dislocación espacial motivada por un conjunto de transformaciones radicales en los parámetros de la experiencia individual y colectiva. Estos

³¹ CASTELLS, Manuel (1996) *The Information Age: Economy, Society and Culture. Volume I: The Rise of the Network Society*. Cambridge, Massachusetts: Blackwell Publishers Inc. Versión en español: (2008) *La era de la información, vol. I: La Sociedad Red*. Madrid: Alianza Editorial.

³² CARRILLO, Jesús (2004) *Arte en la Red*. Madrid: Ediciones Cátedra, p. 15.

³³ Dentro de los paralelismos y senderos de reflexión que se pueden encontrar en esta cuestión se podría relacionar esta idea de un mundo "ampliado" con la expansión de los límites territoriales que acompañó a los descubrimientos de la época renacentista. Del mismo modo la representación en perspectiva se podría considerar como una nueva tecnología que causó también un gran impacto en la manera de idear y construir la arquitectura.

procesos de cambio que modifican los ritmos de la existencia del individuo se ven dominados por impulsos económicos y tecnológicos de escala global que transforman la vieja épica de la navegación espacial en una práctica cotidiana asumida por la metáfora de la red y el ciberespacio.³⁴

Marshall McLuhan, filósofo y teórico de la comunicación que acuñó el término "aldea global" para describir la interconexión humana a escala global generada por los medios electrónicos de comunicación, fue un pionero en la detección de las tendencias de orientación de los procesos tecnológicos centradas en el ámbito de las telecomunicaciones. El impacto de las innovaciones afectaría a todos los ámbitos de la vida del individuo desde su definición psíquica a las esferas de la cultura, la economía y la política. La disolución de la distancia entre lo doméstico y lo global derivada de la expansión de los medios de comunicación será precisamente uno de los rasgos predominantes de la nueva cultura. En las últimas décadas del siglo XX se asistió a la configuración de una nueva teoría de la cultura que, aceptando la "galaxia McLuhan" (frente a la denominada "galaxia Gutenberg") como objeto central de su estudio, aporta a su análisis el radicalismo de la filosofía post-heideggeriana francesa – Deleuze³⁵ y Guattari- y la visión crítica de la sociología marxista francesa derivada de Henri Lefebvre³⁶ y los estudios culturales –*media studies*³⁷ - anglosajones.

Se pretende responder a la necesidad de producir herramientas de interpretación con objeto de delimitar el nuevo campo de la cultura y describir los comportamientos que tienen lugar dentro de ella. Ya se ha citado anteriormente a autores como Paul Virilio, Alain Touraine o Pierre Lévy y destaca entre todos ellos la figura de Manuel Castells y su noción de «sociedad red». Para Castells nos encontramos ante un cambio de paradigma cultural en términos «kuhnianos», caracterizado por el papel central que tienen la información y la comunicación en todos los procesos sociales (economía, política, cultura) y en la articulación de todo discurso

³⁴ CARRILLO, Jesús (2004) *Ibidem*, p. 16.

³⁵ Gilles Deleuze (1925-1995) filósofo francés, considerado entre los más importantes e influyentes del siglo XX. Desde 1960 hasta su muerte, escribió numerosas obras filosóficas sobre la historia de la filosofía, la política, la literatura, el cine y la pintura. Entre sus libros más famosos están los dos volúmenes de *Capitalismo y esquizofrenia: El Anti-Edipo* (1972) y *Mil mesetas* (1980), ambos escritos en conjunto con el psicoanalista y filósofo Félix Guattari; los dos libros que siguieron a mayo del 68 en París, *Diferencia y repetición* (1968) y *Lógica del sentido* (1969); sus dos libros sobre cine, *Imagen movimiento* (1983) e *Imagen tiempo* (1985); y por último, *¿Qué es la filosofía?* (1991), en conjunto con Guattari. En el ámbito de la arquitectura ha tenido una gran influencia su obra *El Pliegue* (1988).

³⁶ Henri Lefebvre (1901-1991), filósofo marxista francés, además de intelectual, geógrafo, sociólogo y crítico literario. En su obra *La producción del espacio* valora la importancia del espacio que es siempre político, pues la construcción del espacio es siempre una lucha de poderes, incluso desde lo cotidiano. El espacio es el producto de la sociedad y se concibe como una producción social en donde se oponen los valores a través de pruebas, conflictos o consensos.

³⁷ Se trata de una disciplina y campo de estudio que se ocupa del contenido, la historia y los efectos de diversos medios de comunicación; en particular, los denominados "*mass media*". Pueden recurrir a las tradiciones de las ciencias sociales y las humanidades, pero sobre todo de las disciplinas básicas de la comunicación de masas. Los investigadores también pueden desarrollar y emplear las teorías y métodos de disciplinas que incluyen los estudios culturales, la retórica (incluyendo la retórica digital), la filosofía, la teoría literaria, la psicología, la ciencia política, la economía, la sociología, la antropología, la teoría social, la historia y la crítica del arte, la teoría cinematográfica, la teoría feminista y la teoría de la información.

y de toda acción individual o colectiva.

Este cambio de paradigma tiene una interpretación directa desde el punto de vista económico de la evolución del sistema capitalista: al modelo del capitalismo industrial le ha sucedido el modelo de capitalismo informacional. La mediación, la comunicación,³⁸ se ha convertido en un valor que acumula el potencial de trabajo y a cuyo alrededor se articulan identidades y se proyectan deseos. Al mismo tiempo, el principio motor de la comunicación -la conectividad- determina la naturaleza expansiva y rizomática del modelo basado en la multiplicación pluridireccional de las conexiones y la intensificación de los flujos informacionales.

Tras la Segunda Guerra Mundial el excedente de avances científicos y de infraestructuras concebidas para la guerra no dejó de crecer estimulado por el potencial del riesgo nuclear de la Guerra Fría. La dualidad conflictiva entre progreso tecnológico y posibilidades de aniquilación total no dejaban de aparecer en la literatura, los medios de masas y el arte de vanguardia mostrando un estado de "fetichización" de la ciencia,³⁹ que se trasladaba incluso al ámbito doméstico con el imparable crecimiento de nuevos utensilios eléctricos destinados a las labores del hogar. A esto se unía una necesidad de extroversión y energía tras el conflicto bélico que se canalizaba hacia el consumo, el entretenimiento y la intensificación de la movilidad geográfica -materializada en el turismo- y de las comunicaciones. Una demanda social que iba a venir estimulada y satisfecha por la explosión de los medios de masas -cine, radio, televisión, revistas ilustradas- que dotan a lo "popular" de un papel hegemónico en la cultura y por otra parte permeabilizan y disgregan la barrera que tradicionalmente había separado el espacio privado del espacio público.⁴⁰



Ilustración 5. Fred M. WILCOX, *Forbidden Planet*, 1956.

³⁸ El conocido aforismo de McLuhan "*el medio es el mensaje*" no se limitaba exclusivamente a los medios de comunicación dado que para él todos los artefactos y tecnologías humanas serían medios de comunicación. Un medio es algo que "media" en nuestra interacción con el mundo u otros seres humanos. Dado este punto de vista, la teoría de los medios de McLuhan no se limita sólo a los medios de comunicación sino que se amplía a todas las formas de la tecnología.

³⁹ CARRILLO, Jesús (2004) *Ibidem*, p. 19.

⁴⁰ CARRILLO, Jesús (2004) *Ibidem*, pp. 20-21.

Los medios de comunicación van a tener un papel fundamental en el proceso de sistematización de la tecnología y en la transformación de los modos de vida, planteando un precedente de la estructura reticular de la sociedad de la información que se conformará en las últimas décadas del siglo XX. Pero la llamada sociedad de la información no surge directamente del desarrollo de este modelo expansivo sino, más bien, de la crisis de sus fundamentos económicos lo que desembocó a comienzos de los años 70 en una crisis de carácter estructural debido al encarecimiento del precio del petróleo y que se tradujo en la puesta en cuestión del estado del bienestar, el desarrollo de una inflación galopante y la destrucción masiva del tejido industrial y del empleo que sustentaba. La respuesta a esta situación fue la reestructuración del sistema económico y su transformación en el denominado «capitalismo informacional» que se basa en una reducción al mínimo de los costos de producción mediante la dispersión y la desterritorialización, una reconversión de la producción desmantelando la industria pesada y desviando los esfuerzos hacia la tecnología de las comunicaciones y el sector terciario, la intensificación de la movilidad del capital y finalmente el ajuste de la producción y del flujo monetario de forma flexible a un mercado fluctuante y todo ello a través de la aplicación de las más avanzadas tecnologías de la información y la comunicación.⁴¹

En la década de los 80 se produjo el desmantelamiento del viejo sistema de producción y se desviaron las energías científicas, económicas y humanas hacia la creación y puesta a punto de una red de telecomunicaciones que permitiese la optimización de los flujos informacionales. La implantación global del nuevo modelo impulsó una de las transformaciones más rápidas y más amplias, desde el punto de vista geográfico, que ha vivido la humanidad convirtiéndose la rapidez, la movilidad, la flexibilidad y la capacidad comunicacional en los principios rectores del nuevo sistema. La producción, diseminación y consumo de bienes “inmateriales”,⁴² vinculados a la cultura, el ocio, la comunicación y los modos de vida se convertirán en el sector hegemónico por ser este tipo de producción el que mejor se ajustaba a los parámetros de intensidad, velocidad y volubilidad que exigía el nuevo modelo y en el que el valor del trabajo y de los nuevos objetos de intercambio y de consumo se medirán prioritariamente en términos informacionales.

Uno de los rasgos característicos del nuevo modelo informacional será el crecimiento exponencial y la intensificación de los flujos definidos como "*secuencias de intercambio e interacción determinadas, repetitivas y programables entre las posiciones físicamente inconexas que mantienen los actores sociales en las estructuras económicas, políticas y*

⁴¹ CARRILLO, Jesús (2004) *Op. cit.*, p. 22.

⁴² En este sentido conviene citar el paralelismo con algunos conceptos asumidos por el arte contemporáneo y en este caso citaremos la exposición "*Les Immatériaux*" realizada en el año 1985 en el Museo Beaubourg de París bajo la dirección de Jean-François Lyotard y que en palabras de John Rajchman en "*The Postmodern Museum*": "*transformaron el quinto piso del museo en un gigantesco meandro metálico, dividido por pantallas de color gris niebla en 61 "espacios" que conformaban un laberinto que culminaba en un espacio repleto de instrumentos destinados al procesamiento de palabras y al almacenamiento de datos*". Véase: JAY, Martin (2008) *Ojos abatidos. La denigración de la visión en el pensamiento francés del siglo XX*. Madrid: Akal, p. 438.

simbólicas de la sociedad"⁴³ o como "corrientes de información entre nodos circulando a través de canales de conexión entre nodos".⁴⁴ Esto se lograría mediante la expansión horizontal de la masa poblacional con acceso al sistema, mediante la pluridireccionalidad del acto comunicativo y mediante la eliminación de las barreras económicas, legales, de código y de tecnología que pudiesen poner trabas a su diseminación universal lo que supone, en principio, una quiebra en la estructura tradicional de las telecomunicaciones.⁴⁵ Frente al esquema de comunicación "uno a uno" (*one-to-one*) del teléfono y el esquema "uno hacia muchos" de la radio, el cine o la televisión, los denominados nuevos medios –de los que Internet sería el mejor ejemplo– potencian el intercambio "muchos con/hacia muchos" consiguiendo además que el receptor, cualquier receptor, se convierta en hipotético transmisor/productor (*prosumer*).⁴⁶ Esta transformación tiene como consecuencia una recualificación radical del papel del sujeto en el acto comunicativo, dado que además de recibir un mensaje, el individuo se siente estimulado a producir, reproducir y diseminar nuevos mensajes dentro de una red potencialmente infinita, generando modelos de acción y proyección totalmente novedosos en todos los campos de la actividad humana y de manera especial en la cultura.



Ilustración 6. J. R. WHARTON EYERMAN, fotografía para la portada de la revista LIFE, diciembre de 1952. (Proyección de la película 3D en color "Bwana Devil" en el Hollywood's Paramount Theater).

⁴³ CASTELLS, Manuel (1996) *Op. cit.*, p. 489.

⁴⁴ CASTELLS, Manuel (2004) "Informationalism, Networks, and the network society: a theoretical blueprint", en CASTELLS, Manuel [ed.] *The network society: a cross-cultural perspective*. Northampton: Edward Elgar, p. 2. Para una perspectiva más amplia del concepto de flujos en Castells véase: TORRES, Esteban (2013) "El concepto de flujos en Manuel Castells", en *Revista Estudios Sociales Contemporáneos* N°9 / IMESC-IDEHESI-CONICET Octubre 2013/ pp. 55-64.

⁴⁵ CARRILLO, Jesús (2004) *Ibidem*, p. 23.

⁴⁶ El término "prosumidor", o también *prosumer*, es un acrónimo formado por la fusión original de las palabras en inglés *producer* (productor) y *consumer* (consumidor). Ya en el año 1972, Marshall McLuhan y Barrington Nevitt habían sugerido en su libro *Take Today* que la tecnología electrónica permitiría al consumidor llegar a ser productor al mismo tiempo. En el libro de 1980 *The Third Wave* (La tercera ola), el futurólogo Alvin Toffler acuñó el término "prosumidor" al realizar predicciones sobre los roles de los productores y los consumidores, aunque ya se había referido al tema desde 1970 en su libro *Future Shock*.

Pero las redes no son en absoluto estructuras neutras o autogeneradas sino vehículos de poder en los que los verdaderos nodos serían los centros financieros y su objeto los flujos transnacionales de capital, característica que vendría avalada por la naturaleza expansiva y rizomática del capitalismo postindustrial. De todos modos, junto a esta interpretación crítica también podemos encontrar otras basadas en una visión más utópica, dado que el primer ámbito en el que se implantó el sistema de información reticular fue el del mundo académico que utilizó estas tecnologías para optimizar e intensificar el intercambio de información propio de su actividad, unido a un solapamiento tradicional con los movimientos de crítica al sistema y su aprovechamiento del potencial de comunicación y diseminación de información a bajo costo que ofrecen los nuevos medios.

El nuevo poder de la sociedad-red repercute en las relaciones interpersonales, en los modos de producción y consumo, en las formas de explotación, dominación y control y en los mecanismos de resistencia, y sus manifestaciones afectan a las relaciones del individuo y de la colectividad con su medio de un modo global. La lógica de la intensificación informacional impone en todos estos procesos una morfología reticular similar, en la que todos los agentes realizan el papel de "nodos" cuyo valor dentro del sistema depende de su capacidad de atracción de vínculos comunicacionales y de diseminación de información. Otras características de la estructura reticular generada son la multiplicación y dispersión de los centros de decisión, la heterogeneidad de los elementos que participan, la polivalencia de los mismos y la discontinuidad temporal y geográfica de las operaciones realizadas. La continua aceleración de la expansión horizontal de las redes ejerce una enorme presión sobre los diferentes agentes hasta el punto de que *"quien no está no existe"* o, como diría William Mitchell, *"me conecto, luego existo"*.⁴⁷

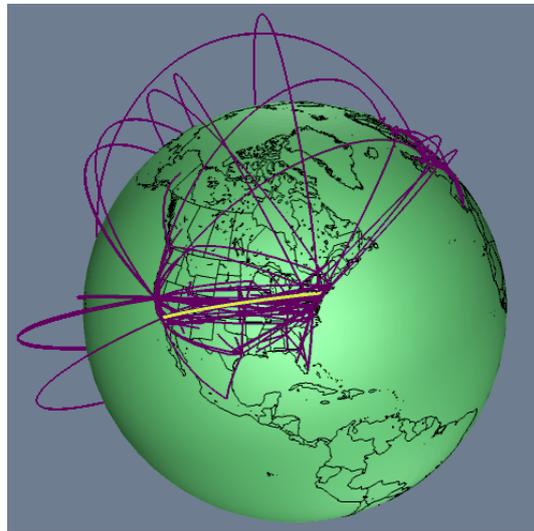


Ilustración 7. Tamara MUNZNER, *Internet Mbone topology*, Stanford University, 1996.

⁴⁷ Presentación de Imma Tubella, rectora de la UOC, de la Lección Inaugural del Curso 2007-2008 de la UOC impartida por William J. Mitchell en Octubre de 2007 titulada "Ciudades inteligentes". MITCHELL, William, J. (2007) "Ciudades inteligentes". [Artículo en línea]. *UOC Papers*. N.º 5. UOC. Disponible en: <<http://www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/esp/mitchell.pdf>> [Fecha de consulta: 09/09/2015].

Desde el punto de vista de la filosofía post-foucaultiana, representada principalmente por Deleuze y Guattari,⁴⁸ a la superficie "estriada" del sistema disciplinar moderno con sus compartimentaciones y sus estructuras de mediación le habría sucedido la lógica "lisa" de la era del tardo-capitalismo, una lógica que aparece definida por la dinámica incontenible de los flujos.⁴⁹ Supone una modificación radical en las relaciones y diferencias existentes entre los modos tradicionales de estructuración social –individuo, familia, trabajo, estado, orden mundial– sin que ello suponga su desaparición, pero lo que se observa en la actualidad es un fenómeno de creciente permeabilidad entre los distintos estratos. Las relaciones y diferencias entre ellos se redefinen continuamente según combinatorias complejas y los distintos niveles están comunicados entre sí simultáneamente y en un mismo plano mediante códigos intercambiables y homogéneos.

La esfera pública queda de esta manera atomizada, diluida y subsumida en las infinitas conexiones potenciales que ofrece el modelo reticular y permanece de forma residual a modo de simulacro vehiculado a través de interfaces hipercodificadas: televisión a la carta e interactiva, foros, chats, redes sociales, etc., a través de los cuales el usuario individual se comunica con los nodos principales de la red. La conexión informacional se convierte en un asunto vital para la subsistencia de aquellos sectores más frágiles, aspecto que ha sido entendido muy bien por las organizaciones no gubernamentales (ONGs). Todo ello unido al hecho de que la expansión del nuevo modelo informacional no ha supuesto una desterritorialización y una diseminación general de la riqueza, sino más bien al contrario, puesto que la dinámica de redes impone un coste creciente a los núcleos no-participantes o situados en la periferia del sistema.

Aparecen de este modo los "desiertos" de la sociedad informacional que generan un éxodo poblacional que transita por los márgenes externos de los grandes ejes de comunicación –aeropuertos, ciudades portuarias, fronteras– y que crea redes alternativas en los intersticios del sistema y aprovecha fracturas para penetrar en los nodos o formar parte de las megalópolis contemporáneas engrosando un nuevo tipo de pobreza frente a la que el sistema responde blindando sus núcleos de intercambio. Se generan, por tanto, mecanismos contrarios a la lógica de expansión horizontal del sistema y la red se hace selectiva, se compartimenta, haciéndose más tupida para poder filtrar de forma efectiva la entrada de elementos externos en una búsqueda de la conservación del control y el equilibrio. Se impone, pues, una lógica

⁴⁸ En su obra *Mil Mesetas (Mille Plateaux)*, Deleuze y Guattari presentan los conceptos de "espacio liso" y "espacio estriado" como una extensión de las ideas nietzscheanas en torno al ser y el devenir. El espacio estriado es el lugar de la inmovilidad, de la permanencia, constituido por sujetos y objetos, donde todas las cosas tienen su sitio, donde todo está ordenado y organizado, medido y previsto. Sus estrías son formas que estructuran la materia de manera global y centralizada, desde una perspectiva exclusivamente óptica. El espacio liso, sin embargo, se desarrolla por conexión local, proximidad y yuxtaposición de elementos, en un movimiento permanente, donde la orientación y los puntos de referencia no cesan de cambiar. Más que un espacio homogéneo, el espacio liso es amorfo e informe; «está ocupado por las intensidades, los vientos y los ruidos, las fuerzas y las cualidades táctiles y sonoras, como en el desierto, la estepa o los hielos». Es un espacio sensual en lugar de mental. DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix (2000) *Mil Mesetas. Capitalismo y esquizofrenia*. Valencia: Pre-Textos, p. 487.

⁴⁹ CARRILLO, Jesús (2004) *Ibidem*, p. 26-27.

instrumental que busca la conservación del control y del equilibrio frente a la lógica visionaria y utópica de la infinita diseminación de la red.

Para el sociólogo y economista estadounidense Jeremy Rifkin el acceso primaría cada vez más sobre la propiedad. La nueva constelación de realidades económicas ha producido un cambio radical en el papel de la propiedad. Los mercados van dejando sitio a las redes y el acceso sustituye cada vez más a la propiedad por lo que empresas y consumidores estarían abandonando la realidad básica de la vida económica moderna: el intercambio mercantil de la propiedad.⁵⁰ Si el intercambio de propiedad entre comprador y vendedor era el rasgo más importante del sistema moderno del mercado, es el acceso inmediato entre servidores y clientes que operan en una relación de tipo reticular quien ocupa ahora su lugar. Esta economía-red supone la existencia de una posibilidad de acceso a la propiedad física e intelectual más que un intercambio de la misma. En este contexto el capital intelectual se convierte en la fuerza motriz de la nueva era, siendo el bien máspreciado. Conceptos, ideas, imágenes y no las cosas son los auténticos artículos de valor en esta nueva economía y la imaginación y la creatividad humana constituyen la base de la riqueza. Por otro lado el capital intelectual no se intercambia sino que los proveedores lo retienen para arrendarlo u ofrecer licencias de uso durante un tiempo limitado.

Gran parte de las empresas ya ha realizado la transición desde la propiedad al acceso, de un sistema de compradores y vendedores a otro de suministradores y usuarios. En este nuevo marco los suministradores ejercen (o al menos lo intentan) el control sobre las condiciones y los términos en que los usuarios se aseguran el acceso a las ideas, el conocimiento y las técnicas expertas. Los consumidores también se desplazan de la propiedad al acceso puesto que la propiedad resulta demasiado lenta como institución en un mundo en el que la velocidad de la innovación tecnológica y el ritmo vertiginoso de la actividad económica convierten en problemáticas las instituciones y conceptos que no se adaptan a este nuevo entorno. En un mundo de producción individualizada, de continuas mejoras e innovaciones, e incluso de reducción de los ciclos de vida de los productos, todo se queda anticuado cada vez más rápidamente y no tiene sentido tener, retener y acumular si el cambio permanente es la única constante.

La era del acceso se opone por tanto a la era del mercado, en la que los mercados dejan paso a las redes, los vendedores y compradores se sustituyen por proveedores y usuarios, y prácticamente todos los productos adquieren el rasgo del acceso.⁵¹ El régimen de acceso se sustenta en garantizar el uso limitado y a corto plazo de los bienes controlados por redes de proveedores. Este concepto de alguna manera ya se había puesto en práctica a través del mecanismo de la “obsolescencia programada” por lo menos en lo que respecta a la limitación de los periodos de utilización de los productos industriales. Esto tiene consecuencias también en un ámbito tan condicionado conceptualmente por la idea de estabilidad como es la arquitectura donde surgen experiencias como el *open building* que contemplan la evolución

⁵⁰ RIFKIN, Jeremy (2000) *La era del acceso. La revolución de la nueva economía*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, p. 14.

⁵¹ RIFKIN, Jeremy (2000) *Ibidem*, p. 16.

del espacio doméstico y la utilización del espacio de las viviendas de forma flexible.⁵²

Los cambios en la estructura de las relaciones económicas contribuyen a un movimiento más profundo que lleva desde la producción industrial a la producción cultural y la comercialización de experiencias mediadas electrónicamente: turismo, viajes, parques temáticos, moda, cocina, juegos, música, cine, televisión, mundos virtuales, etc. Para Rifkin nos encontramos en una fase de transición hacia una “economía de la experiencia” lo que se ve reflejado de una manera muy directa en los mensajes publicitarios.⁵³ La producción cultural se ve favorecida por la nueva revolución digital producida en las comunicaciones que aumenta exponencialmente las posibilidades de conexión convirtiéndose esa producción cultural en la forma dominante de la actividad económica. De la orientación centrada en los servicios se pasa a otra dirigida por la experiencia.

Otra cuestión importante es la de los cambios que se producirán en la naturaleza del empleo en la era del acceso, en la que máquinas inteligentes — en forma de *software* y *wetware*⁵⁴ — podrían llegar a reemplazar el trabajo humano. Las nuevas oportunidades de empleo se darán en el ámbito del trabajo cultural que atienda a los deseos y necesidades culturales de los individuos satisfechos a través de relaciones contractuales en forma de suscripción, participación, arrendamiento, cuotas y contratos. Esta explotación de la esfera cultural por parte de la comercial presenta el riesgo de la sobreexplotación y agotamiento de los recursos culturales que ya se ha dado en el ámbito material de la naturaleza.

Esta nueva situación necesariamente da lugar a un nuevo tipo de individuo de carácter más proteico (que cambia de forma o de ideas) que se percibe a sí mismo como un nodo

⁵² BLÁZQUEZ, Susana (2014) "Paredes de quitar y poner", en periódico *EL PAÍS* 2014/12/27 Madrid, en <http://economia.elpais.com/economia/2014/12/26/vivienda/1419614379_934565.html> [Fecha de consulta: 30/12/2014]

⁵³ Véase por ejemplo el conocido *spot* diseñado por la agencia de publicidad *S,C,P,F... para la marca de automóviles BMW cuyo eslogan "*¿Te gusta conducir?*" (presentado en octubre de 1999) rompía con la asertividad de los mensajes publicitarios convencionales y en el que en ningún momento se mostraba directamente el producto sino las expectativas de sensaciones que producirá en el usuario. La dimensión emocional se convierte en la clave de la estrategia comunicativa de la marca.

⁵⁴ El término *wetware* se atribuye al escritor y matemático Rudy Rucker quien escribió en 1988 una novela de ciencia ficción *cyberpunk* con ese mismo título obteniendo el prestigioso premio Philip K. Dick. La novela era la segunda de una tetralogía (*The Ware Tetralogy*) precedida por la novela *Software* en 1982 y a la que siguieron *Freeware* en 1997 y *Realware* en el año 2000. En estas obras explora temas como el cambio rápido de la tecnología, las diferencias generacionales y el uso de drogas recreativas. El término *wetware* ha sido retomado por William Mitchell y debe ser contemplado como un término estrictamente relacional. Tiene que ver con el factor humano (carne y sangre, la “materia húmeda”) pero sólo en la medida de su relación con la informática. Se trata de un concepto irónico que nos recuerda que los humanos se ven superados por la tecnología debido a que son demasiado lentos, demasiada carne y carbono, para desarrollarse en un mundo de *clicks* y *códigos*. Pero esta aparente inferioridad es lo que convierte en únicos a los seres humanos, lo que convierte al *wetware* en un concepto verdaderamente dialéctico dentro de un enfoque informacional de la relación puramente funcional entre cuerpo, mente, *hardware* y *software*. La figura problemática del *cyborg* surgida dentro de la tecno-cultura contemporánea estaría vinculada a este tipo de reflexiones. Véase: MITCHELL, William J.; HANSEN, Mark B. [eds.] (2010) *Critical Terms for Media Studies*. Chicago: The University of Chicago Press, p. 191.

dentro de la red de intereses compartidos y como agente autónomo dentro de una realidad de supervivencia competitiva. Rifkin señala el paralelismo existente entre la alteración de la mente humana producida por la expansión de la imprenta y el efecto similar que producirá el ordenador a través de cambios en el desarrollo cognitivo de los más jóvenes (la denominada generación digital, generación web, generación punto-com o "nativos digitales").⁵⁵

Frente a las visiones pesimistas y negativas que alertan del peligro que supone la carencia de experiencias socializadoras y la falta de atención necesaria para desarrollar una estructura de referencia coherente, otros ven en el cambio una liberación de la conciencia humana, con medios para percibir la realidad interdependientes, cooperativos y relacionados con las nociones de sistema y con la construcción del consenso.⁵⁶

Pero la brecha generacional viene también acompañada de una brecha social y económica materializada entre los "conectados" y los "desconectados" por lo que la cuestión del acceso adquiere además una importancia política de primer orden. La noción de propiedad, institución central de la era industrial y paradigma organizativo dominante, se ve sustituida por una nueva forma de pensar sobre las relaciones comerciales, las estructuras políticas y sobre nuestra propia percepción acerca de la realidad. El acceso se convierte en una metáfora potente y en una herramienta conceptual importante para abordar nuestra concepción del mundo y la economía.

Esta metáfora adquiere todo su potencial en un mundo en el que el agrupamiento de la microelectrónica, los ordenadores y las telecomunicaciones en una única red integrada de comunicaciones produce una "aproximación reticular" a la vida económica. El traslado del comercio del ámbito geográfico al entorno del ciberespacio produce cambios en la misma naturaleza de la percepción y de las relaciones entre los seres humanos produciéndose intercambios de información, conocimiento, experiencias, etc. Esta recolocación es posible debido a la proliferación de las redes electrónicas globales siendo Internet la más importante de todas ellas y constituida por una red de redes cuyos mensajes se pueden transmitir mediante líneas telefónicas convencionales, cable y satélites de comunicaciones.

En este contexto el rasgo esencial de la actividad comercial es la conectividad: todo está conectado con todo en una red de relaciones recíprocas que pueden resultar mutuamente beneficiosas. Castells identifica cinco tipos de redes en esta nueva economía-red

⁵⁵ El término "nativos digitales" ha sido acuñado por el escritor y experto en aprendizaje y educación Marc Prensky para designar a las actuales generaciones de niños y jóvenes que han nacido y crecido rodeados de medios electrónicos y se han formado utilizando las tecnologías digitales de juegos por ordenador, vídeo e Internet. A las generaciones anteriores se las denominaría, por el contrario, "inmigrantes digitales", individuos que, aunque realicen un esfuerzo de adaptación mantienen siempre una cierta conexión con el pasado (lo que Prensky denomina "acento"). Entre ambos grupos se plantea una ruptura o desfase denominada "brecha digital", que debe ser tenida en cuenta especialmente en el ámbito académico. PRENSKY, Marc (2001) "Digital natives, Digital immigrants", en revista *On the Horizon*, MCB University Press, vol. 9, nº 5, en <www.marcprensky.com>. "Nativos e inmigrantes digitales", adaptación al castellano del texto original "Digital Natives, Digital Immigrants", *Cuadernos SEK 2.0*, Madrid, 2010.

⁵⁶ RIFKIN, Jeremy (2000) *Op. cit.*, p. 24.

global: redes de suministradores, redes de productores, redes de clientes, coaliciones de empresas y, por último, redes de cooperación tecnológica en la que se comparten experiencias y conocimiento valiosos en la investigación y desarrollo.

Una de las consecuencias más importantes de una economía global sustentada en redes es que impulsa y al mismo tiempo se ve impulsada por una tremenda aceleración en la innovación tecnológica, lo que hace que los procesos de producción y los equipos se vuelvan obsoletos con una gran rapidez por lo que convierte en poco atractiva la propiedad a largo plazo. El incremento de la innovación y el acortamiento del ciclo de vida de los productos es resultado directo de la denominada "ley de Moore"⁵⁷ que en un principio se aplicaba a la capacidad de computación de los procesadores (*chips*) del ordenador, pero se ha ampliado posteriormente a las unidades de memoria, a la capacidad de almacenamiento de datos y a las mismas telecomunicaciones. La capacidad de procesamiento de los dispositivos digitales aumenta a un ritmo vertiginoso por lo que se utiliza la información de una forma mucho más intensa. Pero al mismo tiempo estos productos "inteligentes" (*smart*) son mucho más vulnerables a los efectos de la variable "tiempo" que los productos tradicionales puesto que evolucionan y se transforman constantemente en un ciclo permanente de retroalimentación con el fin de lograr innovaciones y mejoras que los hagan más competitivos. El concepto de información intensiva facilitado por las crecientes capacidades de computación permite que los propios procesos sugieran formas innovadoras de conseguir incrementos en la efectividad del producto. Frente a los elevados costes de investigación y desarrollo, por el contrario resultan relativamente bajos los costes de incorporar nueva "información" en la línea de producción. La consecuencia es una evolución mucho más rápida de la forma básica del producto y un desplazamiento del centro de gravedad del interés hacia las sucesivas "generaciones" perdiendo importancia el valor del ciclo de vida de cada una de las generaciones o "versiones".

La vertiginosa proliferación de nuevos productos con ciclos de vida cada vez más cortos hace que en un mercado hipercompetitivo "las economías de velocidad sustituyan a las economías de escala" convirtiéndose el tiempo en una variable crítica.⁵⁸ El paradigma de la velocidad se convierte en una de las bases del nuevo marco cultural. Esto tiene consecuencias en los modelos de organización. En periodos de flujos y movimientos las organizaciones jerarquizadas funcionan peor que en una situación de mercados estacionarios y estables debido a sus procedimientos administrativos excesivamente rígidos como para poder ajustarse

⁵⁷ La ley de Moore no es una ley en el sentido científico, sino más bien una observación y ha sentado las bases de grandes saltos de progreso. Expresa que aproximadamente cada dos años se duplica el número de transistores en un circuito integrado. Fue publicada el 19 de abril de 1965, en la revista *Electronics* por el ingeniero Gordon Moore que anticipaba que la complejidad de los circuitos integrados se duplicaría cada año con una reducción de costo. Su predicción ha hecho posible la proliferación de la tecnología en todo el mundo, y se ha convertido en un símbolo del rápido cambio tecnológico. Moore actualizó su predicción en 1975 para señalar que el número de transistores en un chip se duplica cada dos años. Además de proyectar cómo aumenta la complejidad de los chips (medida por transistores contenidos en un chip de computador), la ley de Moore sugiere también una disminución de los costos.

⁵⁸ TOFFLER, Alvin; TOFFLER, Heidi (1997) *La creación de una nueva civilización. La política de la tercera ola*. Barcelona: Plaza & Janes.

a la velocidad de los cambios. Las redes, en cambio, son más flexibles y están mejor preparadas para las condiciones dinámicas de la nueva economía. El trabajo cooperativo y en equipo permite dar una respuesta más rápida a los problemas sustituyendo con espontaneidad y creatividad la posible pérdida de autonomía, pero favoreciendo las nuevas conexiones, ideas, escenarios y acciones.

Rifkin propone como ejemplo el cambio que se ha producido en el modelo organizativo de la industria cinematográfica como consecuencia de la crisis debida a la aparición de la televisión y que provocó el paso de la producción masiva a una producción individualizada orientada a la creación de “experiencias”. Se produjo una desintegración del anterior esquema vertical de producción y un desplazamiento hacia formas reticulares de organización siendo la clave del proceso el control del acceso a los medios de distribución. Este modelo organizativo reticular, atomizado y reducido se podría extender a cualquier industria que se base en la utilización intensiva del conocimiento con lo que se transforma la idea clásica de “organización” de Max Weber como una estructura fija, con reglas y procedimientos establecidos. Por el contrario, las empresas deben tener una naturaleza proteica y dinámica que permita los cambios para adaptarse a las nuevas condiciones económicas.

Los procesos reemplazan a la estructura y la organización se convierte en algo tan efímero y volátil como el propio medio electrónico en el que se desarrolla la actividad económica. La importancia del proceso es un concepto que se extiende otra vez a todos los ámbitos de la cultura más allá del campo de la economía. El concepto de la experiencia como producto hace que las relaciones entre suministradores y usuarios tengan una gran similitud con las que mantenían las industrias culturales con sus “audiencias”, en este desplazamiento desde la venta de bienes y servicios a la mercantilización de zonas completas de la experiencia humana.

2.4 La cultura de la virtualidad real.

Junto a los cambios señalados en la organización de la actividad económica debemos considerar también otras transformaciones que tienen relación con los procesos de comunicación que son la base de todas las culturas y que tienen que ver con la producción y el consumo de símbolos. Se plantea como problemática la separación entre “realidad” y representación simbólica. Si bien la humanidad siempre ha desarrollado un entorno simbólico, lo que resulta específico del nuevo sistema de comunicación que se organiza en torno a la integración electrónica (digital) de todos los modos/medios de comunicación (*media*) sería la construcción de una “virtualidad real”.⁵⁹

⁵⁹ CASTELLS, Manuel (1996) *Op. cit.*, p. 449.

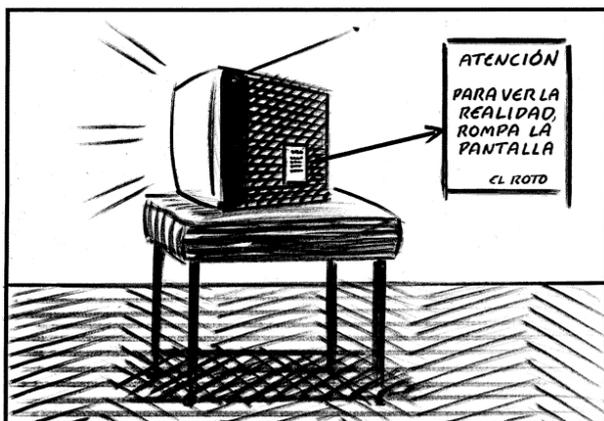


Ilustración 8. Viñeta de El Roto, periódico *El País*, (17/02/2007).

En el fondo podríamos pensar que la realidad en cierta medida se experimenta siempre de forma virtual porque se percibe a través de símbolos con significados que escapan a una estricta definición semántica. La capacidad que poseen las formas del lenguaje para codificar la ambigüedad y abrir una diversidad de significados dota de un carácter polisémico al discurso cultural y pone de manifiesto la complejidad de los mensajes de la mente humana. De este modo al ser comunicada por medio de símbolos podemos pensar que la realidad se percibe “virtualmente”.

A la manera del “*aleph*” borgiano⁶⁰ el medio absorbe el conjunto de la experiencia humana y lo que caracteriza al nuevo sistema de comunicación, basado en la integración digitalizada e interconectada de múltiples modos de comunicación, es su capacidad de incluir y abarcar todas las expresiones culturales. Debido a su diversificación, multi-modalidad y versatilidad el nuevo sistema de comunicación es capaz de abarcar e integrar todas las formas de expresión, así como la diversidad de intereses, valores e imaginaciones, incluida también la expresión de conflictos sociales. Pero para ello es necesario adaptarse a su lógica, a su lenguaje, a sus puntos de entrada, a su codificación y decodificación. El sistema de dominación y los procesos de liberación en la nueva sociedad informacional vienen definidos precisamente por quiénes son los “interactuantes” y quiénes los “interactuados” siendo el acceso un factor predominante como ya se ha visto en el apartado anterior.

⁶⁰ La metáfora del “*aleph*” borgiano empleada por Castells resulta muy adecuada al entorno digital-virtual de la sociedad-red y los planteamientos de instantaneidad y simultaneidad temporal que la definen. El Aleph es un cuento del escritor argentino Jorge Luis Borges publicado en la revista Sur en 1945 y en el libro homónimo por la editorial Emecé de Buenos Aires en 1949. “*Un Aleph es uno de los puntos del espacio que contienen todos los puntos. (...) el lugar donde están, sin confundirse, todos los lugares del orbe, vistos desde todos los ángulos.*” BORGES, Jorge Luis (1981, 10ª ed.) *El Aleph*. Madrid: Alianza/Emecé, pp. 165-166.



Ilustración 9. Anuncio publicitario de un nuevo dispositivo automático de control de la estabilidad de la imagen televisiva, 1953.

La inclusión de la mayoría de las expresiones culturales dentro del sistema de comunicación integrado, basado en la producción y distribución electrónica digitalizada y el intercambio de señales tiene importantes consecuencias para las formas y procesos sociales. Por una parte, debilita de manera considerable el poder simbólico de los emisores tradicionales externos al sistema, que transmiten a través de las costumbres sociales codificadas por la historia: la religión, la moralidad, la autoridad, los valores tradicionales y la ideología política.

Por otra parte, el nuevo sistema de comunicación transforma radicalmente el espacio y el tiempo, dimensiones fundamentales de la vida humana. Lo local se desprende de su significado cultural, histórico y geográfico y se reintegra en redes funcionales o en *collages* de imágenes, provocando un espacio de flujos que sustituye al espacio de lugares. Pasado, presente y futuro pueden reprogramarse para interactuar mutuamente en el mismo mensaje por lo que el tiempo se transforma completamente en el nuevo sistema de comunicación. Para Castells el espacio de los flujos y el tiempo atemporal serían los cimientos materiales de una nueva cultura, que trasciende e incluye la diversidad de los sistemas de representación transmitidos por la historia: la cultura de la virtualidad real, donde "el hacer creer acaba creando el hacer".⁶¹

2.5 Un espacio de flujos.

El espacio de los flujos sería la forma característica de la sociedad de la información (sociedad-red). Aparece como elemento novedoso una crisis de los conceptos espaciales y se produce una modificación del concepto de lugar y de la idea de proximidad y lejanía surgiendo un conflicto en las interpretaciones arquitectónicas que da lugar a nuevas formulaciones de la

⁶¹ CASTELLS, Manuel (1996) *Op. cit.*, p. 452.

teoría del habitar. La relación actual con los lugares es cada vez menos estable poniendo en crisis la idea misma de estabilidad que se convierte así en problemática y conflictiva dada su oposición a la retórica de transformación y cambio característica de la realidad mediática que nos envuelve.⁶²

Por otra parte también se producen cambios significativos en las categorías temporales con la desaparición del valor universal y compartido del tiempo y la aparición de un tiempo atemporal. La tecnología se usa para escapar de los contextos específicos y apropiarse selectivamente de cualquier valor aprovechable para la construcción de un presente eterno y aparece una nueva percepción de la espacialidad y la temporalidad que plantea una relación conflictiva entre globalización y localización. Espacio y tiempo son las dimensiones materiales fundamentales de la vida humana y Castells propone la hipótesis de que en la denominada sociedad-red el espacio organiza al tiempo. Una sociedad en la que tanto el espacio como el tiempo han sido transformados bajo el efecto combinado del nuevo paradigma de la tecnología de la información y de las formas y procesos sociales inducidos por el proceso de cambio histórico contemporáneo.

En un primer momento se vaticinó que las telecomunicaciones avanzadas permitirían una libertad total en el emplazamiento de las oficinas y se pronosticó el descenso de las formas de elevada densidad urbana unido a una disminución de la interacción social en el ámbito territorial. La realidad de los últimos años no se corresponde con estas previsiones. Nicholas Negroponte, del MIT Media Lab, ya afirmaba en su obra *Being Digital* que «la era de la postinformación eliminará las limitaciones impuestas por la geografía. La vida digital incluirá una dependencia cada vez menor del hecho de estar en un lugar específico en un momento específico, y la misma transmisión de lugar comenzará a ser posible».⁶³ Sin embargo, para Carlo Ratti,⁶⁴ del MIT SENSEable City Lab, "en los años que siguieron a la primera oleada de entusiasmo sobre lo digital, resultó evidente que ese no era el destino ni de nuestra raza mejorada digitalmente ni de los paisajes y los espacios construidos en los que se desarrollan nuestras actividades. Las ciudades y los espacios construidos contenidos en ellas se han multiplicado a una velocidad sin precedentes, y la producción y el consumo espaciales de la humanidad siguen estando fuertemente vinculados al ámbito físico. De hecho, las ciudades nunca habían prosperado tanto como lo han hecho en las dos últimas décadas".⁶⁵

Lo que sí resulta evidente es la complejidad que presenta el análisis de la interacción entre la tecnología, la sociedad y el espacio y que produce una transformación de los patrones

⁶² SUSTERSIC, Paolo (2001) *Ibidem*, p. 37.

⁶³ NEGROPONTE, Nicholas (1995) *Being Digital*. New York: Alfred A. Knopf, pp. 163-171 . Versión en español: (2000) *El Mundo Digital*. Barcelona: Ediciones B.

⁶⁴ Carlo F. Ratti (Turín, 1971) arquitecto, ingeniero, inventor, maestro y activista italiano, profesor en el Massachusetts Institute of Technology, USA, donde dirige el *MIT Senseable City Lab*, un grupo de investigación que explora la forma en que las nuevas tecnologías están cambiando la forma de entender, diseñar y vivir las ciudades. Es socio fundador de la oficina de diseño internacional Carlo Ratti Associati. Los diseños de Ratti vinculan lo físico y lo digital de una manera inventiva como en su proyecto *The Digital Water Pavilion* en la Exposición Universal de 2008 en Zaragoza

⁶⁵ RATTI, Carlo; NABIAN, Nashid (2010) "La ciudad venidera", en AAVV (2010) *INNOVACIÓN. Perspectivas para el siglo XXI*. Madrid: BBVA, p. 383.

de localización de las principales actividades económicas dentro del nuevo sistema tecnológico, aunque no siempre en las direcciones previstas, tanto para los servicios avanzados como para la fabricación de productos de consumo. Castells denomina "espacio de los flujos" a la nueva lógica espacial, en oposición a la lógica de organización espacial arraigada en la historia, el "espacio de los lugares", y cuya oposición dialéctica se ve reflejada en los debates recientes en el campo de la arquitectura y el diseño urbano.

En paralelo se plantea el concepto de "no lugar" como núcleo de la actividad del arte contemporáneo teorizado por el antropólogo francés Marc Augé a principios de la década de los noventa, un momento en el que el pensamiento francés disfrutaba de un enorme éxito internacional motivado por la definición y desarrollo de la posmodernidad como categoría de pensamiento que acompaña a la aparición de la sociedad-red. Dentro de este contexto Augé sitúa su reflexión en dos ámbitos superpuestos. Por una parte, una relectura crítica de la tradición antropológica francesa y por otra, una interpretación de la realidad actual a partir de esa misma tradición, pero una vez que ha sido adaptada a la lógica de la nueva coyuntura que Augé denomina "sobremodernidad". Se trata de una modernidad en exceso, desbordada y salida de su propio eje.⁶⁶ Se puede hablar de una modernidad expandida o aumentada empleando una terminología propia de la cultura digital. Una modernidad que lleva al extremo sus lógicas excesivas y en la que el "no lugar" se identifica con espacios de tránsito y de flujo desplazando la hegemonía del lugar antropológico fijo y estable que había sido hasta ahora la sede de la identidad y de la subjetividad. Este exceso y dislocación característica de la sobremodernidad provoca una "inquietud antropológica" del individuo y produce un extrañamiento del yo respecto de su entorno.

También ha sido importante la influencia de las ideas de Augé en el arte tanto en la identificación de espacios, agentes y objetos como en las relaciones que se establecen entre ellos y la consideración de las nuevas lógicas de lo real derivadas del objeto central de estudio de la obra de Augé: las dislocaciones espacio-temporales de la sociedad global. Se produce una reivindicación de lo real, entendido como red de relaciones, y de la ciudad como objeto fundamental de la investigación y la práctica artística. En la actualidad algunas de las propuestas de Augé son cuestionadas debido a la percepción de la evidencia del caos, la opacidad y la imprevisibilidad del comportamiento de las redes y los flujos que vertebran lo real. Esto se traduce en el auge de prácticas orientadas hacia el campo de la ficción (lo metafórico y lo narrativo) o que proyectan estrategias tácticas dirigidas a la acción.

Además Augé considera lo social como un territorio de relaciones espaciales en un análisis cercano a la teoría de la arquitectura y la ciudad debido a la importancia demográfica, económica y cultural de la ciudad-megalópolis y a su papel en la generación de relaciones de identidad de la nueva sociedad global. Puede encontrarse un paralelismo entre estas consideraciones y las reflexiones de arquitectos como Rem Koolhaas reflejadas en obras como *La ciudad genérica* (2006) y *Espacio basura* (2006).

⁶⁶ CARRILLO, Jesús (2010) "Los no lugares de Marc Augé", en *Revista El Cultural, ABC*, 30/04/2010. Disponible en: <http://www.elcultural.es//version_papel/ARTE/27111/Los_no_lugares_de_Marc_Auge> [Fecha de consulta: 24/03/2015]

La economía informacional/global se organiza en torno a determinados centros de mando y control capaces de coordinar, innovar y gestionar las actividades entrecruzadas de las redes empresariales. Servicios avanzados como finanzas, seguros, inmobiliaria, consultoría, servicios legales, publicidad, diseño, mercadotecnia, relaciones públicas, seguridad, producción de contenidos y gestión de los sistemas de información, pero también el I+D y la innovación científica, se encuentran en el centro de todos los procesos económicos, ya sea la fabricación, la agricultura, la energía o los servicios de diferentes clases. Todos ellos pueden reducirse a la generación de conocimiento y los flujos de información. Esta situación supone un modelo de emplazamiento basado en la dispersión y concentración simultáneas.

Apareció así a comienzos de la década de los 90 el concepto de ciudad global (también denominado ciudad mundial, ciudad alfa o centro), concepto de geografía urbana acuñado por la socióloga holandesa y especialista en asuntos urbanos Saskia Sassen (premio Príncipe de Asturias de Ciencias Sociales 2013). Se caracteriza por el dominio conjunto de tres ciudades que cubren el espectro de las zonas horarias mundiales: Nueva York, Tokyo y Londres, junto a las que se sitúan los centros regionales y los denominados mercados emergentes que hace necesaria la gestión de las nuevas unidades que se unen al sistema y de las condiciones de sus conexiones siempre cambiantes.⁶⁷ El fenómeno de la ciudad global no puede reducirse a unos cuantos núcleos urbanos del nivel superior de la jerarquía, sino que es un proceso que implica a los servicios avanzados, los centros de producción y los mercados de una red global, con diferente intensidad y a una escala distinta según la importancia relativa de las actividades ubicadas en cada zona frente a la red global.

Por otra parte, la globalización estimula la regionalización a través de redes de cooperación entre instituciones y empresas basadas en el ámbito de la región. Regiones y localidades no desaparecen sino que quedan integradas en redes internacionales que conectan sus sectores más dinámicos. Para Sassen la combinación de dispersión espacial e integración global ha creado un nuevo papel estratégico para las principales ciudades que funcionan ahora de cuatro formas nuevas: como puestos de mando altamente concentrados en la organización de la economía mundial; como emplazamientos clave para las finanzas y las empresas de servicios especializados; como centros de producción, incluida la de innovación en los sectores punta; y finalmente, como mercados para los productos y las innovaciones producidos. Estas ciudades o, mejor, sus centros de negocios, son complejos de producción de valor basados en la información, donde las sedes de las grandes compañías y firmas financieras pueden encontrar tanto proveedores, como la mano de obra altamente cualificada que precisan.

Por tanto, las características fundamentales de este fenómeno se relacionan con las características del nuevo paradigma: flexibilidad, adaptabilidad y versatilidad. Para Castells la "ciudad global" no es un lugar, sino un proceso.⁶⁸ Un proceso mediante el cual los centros de

⁶⁷ Este modelo descrito por Castells sigue siendo válido a pesar del tremendo impacto de la crisis económica y financiera mundial de 2008 y el nuevo papel de China como actor en la esfera internacional con un modelo tecnocrático de capitalismo autoritario y dirigista.

⁶⁸ CASTELLS, Manuel (1996) *Op. cit.*, p. 463.

producción y consumo de servicios avanzados y sus sociedades locales auxiliares se conectan en una red global en virtud de los flujos de información, al tiempo que restan importancia, aunque sin hacerlas desaparecer, a las conexiones con sus entornos territoriales.⁶⁹

Como resultado, la fabricación de alta tecnología fundada en los avances de la microelectrónica y en la fabricación asistida por ordenador define una nueva lógica de localización industrial basada en estrategias que dependen de los nuevos procesos de producción basados en la información. El perfil del nuevo espacio industrial se basa en aspectos relacionados directamente con la conectividad, la precisión y la flexibilidad y en una estructura bipolar de la mano de obra diferenciada en dos grupos: mano de obra altamente cualificada desde el punto de vista científico y tecnológico y una masa de obreros no cualificados dedicados al montaje y las operaciones secundarias siempre amenazados por la posibilidad de implementación de procesos de automatización o por estrategias de externalización (*outsourcing*) basadas en la competitividad del precio de la mano de obra.

Este modelo presenta cuatro tipos diferentes de localización: centros dedicados a la investigación y desarrollo en núcleos industriales innovadores, plantas dedicadas a la fabricación cualificada, montaje semi-cualificado a gran escala y, finalmente, centros de adaptación del producto al cliente, mantenimiento del servicio postventa y del respaldo tecnológico cercanos a los principales mercados. Un elemento clave de este modelo descentralizado de producción es la importancia de los denominados “medios de innovación”, conjunto específico de relaciones de producción y gestión encaminadas a generar nuevo conocimiento, nuevos procesos y nuevos productos y cuya especificidad se define por su capacidad para generar sinergias, como un valor añadido resultado de la interacción.

Aparecen así las denominadas “tecnópolis” de las cuales el ejemplo más representativo sería Silicon Valley en la zona sur del área de la bahía de San Francisco y en las que la materia prima fundamental es el nuevo conocimiento, en paralelo al desarrollo de las redes sociales que permiten la comunicación de ideas, la circulación del trabajo y la fertilización cruzada de la innovación tecnológica y la actitud emprendedora. Este nuevo espacio industrial se organiza según una jerarquía de innovación y fabricación articulada en redes globales y en torno a flujos de información. La nueva lógica espacial se expande creando una multiplicidad de redes industriales globales cuyas intersecciones y exclusiones transforman la propia noción de ubicación industrial.

Junto a la aparición del nuevo espacio industrial, el desarrollo de las comunicaciones electrónicas permite la disociación creciente entre las funciones de la vida cotidiana y la proximidad espacial. Los procesos de transformación del espacio se vuelven más complejos, provocando un aumento del trabajo a distancia con la consiguiente descentralización urbana y la diversificación de los lugares de trabajo. En el ámbito académico se produce una combinación del aprendizaje *on-line* a distancia y la educación presencial en un sistema que se

⁶⁹ Resulta interesante destacar esta diferenciación entre “lugares” y “procesos”. El concepto de “proceso” vinculado a la gestión de la información se convierte en una idea clave en este trabajo de investigación y la dialéctica “proceso” vs. “objeto” se retomará en el apartado dedicado a las metodologías y estrategias de diseño y fabricación.

constituye en redes entre nodos de información, aulas y el lugar de residencia de los estudiantes.

Otra consecuencia es la aparición de una nueva forma urbana, que más que una forma es un proceso: la ciudad informacional caracterizada por el dominio estructural del espacio de los flujos. Estos flujos de intercambio constituyen el núcleo de "ciudad borde" estadounidense (*edge city*).⁷⁰ Pero el perfil de la ciudad informacional estadounidense no lo representa la *edge city* sino la relación entre el rápido desarrollo exo-urbano, la decadencia del centro de las ciudades y la obsolescencia del entorno suburbano construido. Las ciudades europeas en cambio han entrado en la era de la información a través de un mundo suburbano constituido por un espacio socialmente diversificado, segmentado en periferias diferentes en torno a la ciudad central. El factor crítico en ambos casos es el hecho de que el espacio urbano cada vez se diferencia más en términos sociales y se produce una interrelación funcional más allá de la contigüidad física. La separación entre el significado simbólico, la localización de las funciones y la apropiación social del espacio en las áreas metropolitanas da lugar en las zonas de industrialización reciente al desarrollo de megaciudades que son centros de dinamismo económico, tecnológico y social, centros de innovación cultural y política y puntos de conexión con las redes globales.

Es indudable que la transformación estructural de las sociedades da lugar a nuevas formas y procesos espaciales que están formados por las dinámicas de la estructura social general, que incluye tendencias contradictorias derivadas de conflictos y estrategias de los actores sociales en función de sus intereses y valores. Los procesos sociales conforman el espacio al actuar sobre el entorno construido en una dinámica en la que el espacio es tiempo cristalizado. Tiempo y espacio no pueden comprenderse fuera de la acción social. El espacio es el soporte material de las prácticas sociales que comparten el tiempo y Castells añade que todo soporte material conlleva siempre un significado simbólico. Pero la novedad consiste en la posible existencia de soportes materiales de la simultaneidad que no se basan en la contigüidad física. Este es el caso de las prácticas sociales dominantes en la era de la información con una sociedad construida en torno a flujos: de capital, de información, de

⁷⁰ El término "*edge city*" fue acuñado por el periodista y escritor Joel Garreau para definir lo que, según él, es la principal transformación en la forma de hacer ciudades que se ha producido en Estados Unidos desde hace siglos. Para otros, las *Edge Cities* son la última generación de suburbios norteamericanos, si bien sus características formales y funcionales difieren tanto de las de los suburbios tradicionales que muchos autores tienden a contemplarlas como un fenómeno diferente. Entre estas diferencias destacan una ubicación excepcionalmente lejana de los centros urbanos, la mezcla de la función residencial con la del trabajo de oficinas, una extrema dispersión que hace que se confundan con el territorio natural, etc. Las *Edge Cities* nacieron en Estados Unidos en la década de los 80 y su éxito ha sido tan fulgurante que actualmente dos terceras partes del espacio de oficinas existente en el país se concentra en ellas. La razón que explica este fenómeno es que, en comparación con los centros urbanos, las *Edge Cities* ofrecen a las corporaciones globales muchas ventajas: suelo más barato, seguridad, eficientes comunicaciones terrestres, avanzado equipamiento tecnológico y una elevada calidad de vida para sus empleados y directivos. Las *Edge Cities* se emplazan muy lejos de los *downtowns*, en áreas fronterizas entre el campo y la ciudad, y siempre cerca de alguna gran arteria de comunicación (con preferencia por las intersecciones de las rondas de circunvalación con las autopistas radiales). Aún así, al mezclar residencias y centros de trabajo se convierten en unidades urbanas funcionalmente autónomas.

tecnología, de interacción organizativa, de imágenes, sonidos y símbolos. Estos flujos son la expresión de los procesos que dominan la vida económica, política y simbólica.

Castells propone la idea de que hay una nueva forma espacial característica de las prácticas sociales que dominan y conforman la sociedad red: el espacio de los flujos. El espacio de los flujos es la organización material de las prácticas sociales en tiempo compartido que funcionan a través de los flujos. Por flujo se entienden las secuencias de intercambio e interacción, determinadas, repetitivas y programables entre las posiciones físicamente inconexas que mantienen los actores sociales en las estructuras económicas, políticas y simbólicas de la sociedad. El espacio de los flujos como forma material de soporte de los procesos y funciones dominantes en la sociedad informacional puede describirse (más que definirse) mediante la combinación de al menos tres capas de soportes materiales.

La primera capa está formada por un circuito de impulsos electrónicos (microelectrónica, telecomunicaciones, procesamiento informático, sistemas de radiodifusión y transporte de alta velocidad, también basados en las tecnologías de la información) que forman la base material de los procesos estratégicamente cruciales en la sociedad-red. La segunda capa la constituyen sus nodos y ejes, organizados de forma jerárquica. Finalmente, la tercera capa hace referencia a la organización espacial de las élites gestoras dominantes (más que clases) que ejercen las funciones directrices en torno a las que ese espacio se articula.

La manifestación espacial de esa lógica de dominio adquiere dos formas principales en el espacio de los flujos. Por una parte, las élites forman su propia sociedad y constituyen comunidades simbólicamente aisladas, "protegidas" por filtros disuasorios como el precio de la propiedad inmobiliaria. Definen sus comunidades como una subcultura ligada al espacio y con conexiones interpersonales. Una segunda tendencia importante de la distinción cultural de las élites en la sociedad informacional es crear un estilo de vida e idear formas espaciales encaminadas a unificar su entorno simbólico en todo el mundo, sustituyendo así la especificidad histórica de cada localidad. La aspiración del espacio de los flujos de establecer una conexión cultural entre sus diferentes nodos se ve reflejada en la tendencia hacia la uniformidad arquitectónica que presentan los nuevos centros directrices en varias sociedades.

Por lo tanto, el espacio de los flujos incluye la conexión simbólica de una arquitectura homogénea en los lugares que constituyen los nodos de cada red a lo largo del mundo, de modo que la arquitectura se escapa de la historia y la cultura de cada sociedad y queda capturada en el nuevo mundo imaginario, maravilloso y con posibilidades ilimitadas que subyace en la lógica transmitida por el multimedia y la cultura de la navegación electrónica. Se genera la posibilidad de reinventar todas las formas en un lugar, con la única condición de aceptar la indefinición cultural de los flujos de poder y la abstracción ahistórica como frontera formal del espacio de los flujos.

La esquizofrenia estructural entre las lógicas espaciales de los flujos y de los lugares provoca la generalización de una arquitectura ahistórica y acultural caracterizada por una lógica basada en la ruptura de los códigos desde que el posmodernismo declarase el fin de todos los sistemas de significado y utilizase la provocación estilística y la ironía como modo de

expresión preferido en el marco del fin de la historia⁷¹ y de la superación de los lugares en el nuevo espacio de los flujos.

2.6 El tiempo atemporal.

El tiempo es otra de las categorías fundamentales que se ven alteradas dentro del marco de la sociedad-red. Bajo el nuevo paradigma se produce una transformación del tiempo (concepto que históricamente siempre ha sido abordado con una gran complejidad) lo que constituye una de las bases de la nueva situación cultural y social en conexión directa con la aparición del espacio de los flujos. Se adopta una noción contextual del tiempo humano en contraste con la visión lineal que se había mantenido hasta ese momento.

Se producen cambios significativos en las categorías temporales, desaparece el valor universal y compartido del tiempo y aparece un tiempo atemporal, mediante la utilización de la tecnología para escapar de los contextos específicos y apropiarse selectivamente de cualquier valor aprovechable para la construcción de un presente eterno. Aparece una nueva percepción de la espacialidad y la temporalidad lo que plantea una relación conflictiva entre globalización y localización (lo glocal)⁷² a la que no puede ser ajena la arquitectura.

A lo largo de la historia la concepción acerca del tiempo y su percepción en la cultura intelectual ha sufrido numerosas variaciones desde los horóscopos babilónicos hasta la revolución newtoniana del tiempo absoluto como principio organizador de la naturaleza, pasando por la noción amplia del tiempo propio de la época medieval en la que acontecimientos importantes (ritos, ferias, estaciones) funcionaban como marcadores temporales. La difusión de los relojes desde el siglo XIV en adelante dio paso al denominado "tiempo del comerciante" en contraste con el tiempo eclesiástico medieval y a lo largo del siglo XVII se extiende la imagen tecnológica del mecanismo de relojería que finalmente, con

⁷¹ La teoría del "fin de la historia" se debe a Francis Fukuyama que, tras la caída del muro de Berlín, considera la democracia liberal como el punto final de la evolución ideológica de la humanidad en virtud de sus criterios de racionalidad, universalidad y homogeneidad señalando como fuerzas motrices que propician el avance hacia el fin de la historia a la ciencia natural moderna y a la lucha del individuo por el reconocimiento personal. FUKUYAMA, Francis (1992) *The End of History and the Last Man*. Nueva York: Free Press. Versión en español: (1992) *El fin de la historia y el último hombre*. Barcelona: Editorial Planeta.

⁷² Glocalización es un término que nace de la composición entre globalización y localización y que se desarrolló inicialmente en la década de 1980 dentro de las prácticas comerciales de Japón. El concepto procede del término japonés "*dochakuka*" (derivada de *dochaku*, "el que vive en su propia tierra"). Aunque numerosas referencias consideran a Ulrich Beck como el creador del término y su difusor, el primer autor que saca a la luz explícitamente esta idea es el sociólogo británico Roland Robertson que popularizó el término con el que describe un nuevo resultado de las condiciones locales en función de las presiones globales. Como término económico se refiere a la persona, grupo, división, unidad, organización o comunidad que está dispuesta y es capaz de "pensar globalmente y actuar localmente". El concepto implica que la empresa se adapte a las peculiaridades de cada entorno, diferenciando sus producciones en función de las demandas locales. Desde un punto de vista cultural supone la mezcla que se da entre los elementos locales y particulares con los globales.

Newton, absorberá el universo completo.⁷³ Las sociedades contemporáneas están dominadas por la noción del “tiempo de reloj” (en contraste con el “tiempo de la naturaleza” de épocas anteriores), un descubrimiento mecánico/categorico que algunos autores como el historiador británico Edward P. Thompson consideran crucial para la construcción del capitalismo industrial hasta el punto de que la modernidad puede concebirse como el dominio del tiempo de reloj sobre el espacio y la sociedad. Se trata de un tiempo lineal, irreversible, medible y predecible, factores que se ven modificados a velocidad vertiginosa en la “sociedad-red”.

Se produce una transformación profunda consistente en la mezcla de tiempos y esto da lugar al concepto de "tiempo atemporal" en el que la tecnología se utiliza para escapar de los contextos y apropiarse selectivamente de sus valores en un proceso de aceleración generalizada con la que se persigue comprimir el tiempo, acelerarlo, en todos los ámbitos de la actividad humana. Por eso las nuevas tecnologías de la información resultan decisivas en este proceso contribuyendo a la liberación del capital-tiempo y a la huida de la cultura del reloj. Pero también aparecen nuevos peligros al generarse nuevos modos de sujeción y control del individuo aunque de una forma mucho menos evidente. Surge así el concepto de “tiempo atemporal” como la forma emergente dominante del tiempo social en la sociedad-red. Esta compresión del tiempo-espacio posibilita la aparición de un mercado de capital unificado y global que funciona en tiempo real y cuyas características más destacadas serían la desregulación, la ausencia de intermediarios y la apertura constante de los mercados financieros debido a la circularidad temporal del proceso en torno a las distintas zonas horarias de los centros nodales que fijan los cambios de capital.

Esto lleva consigo una nueva forma de organización de la actividad económica identificada con la "empresa-red" basada en formas flexibles de gestión, utilización incesante del capital fijo, empleo intensivo del trabajo, alianzas estratégicas y vínculos entre organizaciones. La reducción del tiempo por operación y la aceleración de la rotación de recursos mediante la adopción de procedimientos de gestión de stocks “*just in time*” (*on demand*) constituye su principal consecuencia. La competitividad de este nuevo tipo de organizaciones vendría derivada del marco temporal de su adaptabilidad a las demandas del mercado y los cambios tecnológicos. El tiempo se gestiona como un recurso, pero no de una forma lineal y cronológica, sino como un factor diferencial con relación a la temporalidad de la competencia. El sistema de gestión flexible se basa en una temporalidad adaptable que permite acelerar o retrasar los ciclos del producto y en el control de las posibilidades de anticiparse a la competencia en la disposición de las nuevas tecnologías innovadoras por lo que se puede afirmar que el tiempo no sólo se comprime sino que se procesa.⁷⁴

La sociedad-red se caracteriza por la ruptura del modelo tradicional basado en los ritmos (biológicos, sociales) asociados a la noción de ciclo vital y la aparición de una cronología variable del tiempo laboral que es el que, en las sociedades modernas, estructura el tiempo

⁷³ Véase el capítulo “Tiempo, disciplina de trabajo y capitalismo industrial”, en THOMPSON, Edward P. (1979) *Tradición, revuelta y conciencia de clase*. Estudios sobre la crisis de la sociedad preindustrial. Barcelona: Editorial Crítica, pp. 239-293.

⁷⁴ CASTELLS, Manuel (1996) *Op. cit.*, p. 517.

social. El tiempo se ve transformado de dos formas diferentes: simultaneidad y atemporalidad. La información instantánea permite asistir en “directo” a los acontecimientos históricos siempre que sean elegidos por los editores que controlan la información lo que proporciona una inmediatez temporal sin precedentes a los hechos sociales y culturales. La mezcla de tiempos en los medios genera un *collage* temporal y la atemporalidad del hipertexto se convierte en una característica decisiva del nuevo marco cultural en el que un tiempo asecuencial (no lineal) es uno de los elementos determinantes de los productos culturales. El acceso a la información se produce según los impulsos del consumidor o las decisiones del creador perdiendo el ordenamiento de los eventos su ritmo cronológico interno y organizándose en secuencias temporales dependientes del contexto de utilización.

Para Castells estamos ante una cultura de lo eterno (abarca toda la secuencia de expresiones culturales) y lo efímero (cada secuenciación específica depende del contexto de la construcción cultural) de forma simultánea dentro de una temporalidad indiferenciada. Precisamente la denominada “condición postmoderna” habría estado determinada por la compresión del espacio-tiempo, la negación del significado en las expresiones culturales y la afirmación de la ironía como valor. Este dualismo eterno/efímero se adecua a la lógica del capitalismo flexible y al dinamismo de la sociedad-red. La manipulación del tiempo se convierte en un *leit-motiv* de las expresiones culturales de vanguardia, obsesionadas por el par instantaneidad/eternidad lo que dará como consecuencia que la atemporalidad será el tema recurrente de los productos culturales de la nueva época.

Este tiempo atemporal se da cuando se perturba de forma sistémica el orden secuencial de los fenómenos realizados en un contexto caracterizado por el paradigma informacional y la sociedad-red. Puede consistir en la condensación de la secuencia para lograr la instantaneidad o en introducir una discontinuidad aleatoria en la misma. Al eliminar la secuenciación lineal se genera un tiempo indiferenciado equiparable a la eternidad.⁷⁵

Al desordenar la secuencia de los acontecimientos y hacerlos simultáneos, el espacio de los flujos disuelve el tiempo. Aparece un espacio múltiple de lugares, diseminado, fragmentado y desconectado que ofrece temporalidades diversas desde los ritmos naturales hasta el control del tiempo de reloj propio del capitalismo industrial. Se establece una diferenciación dialéctica del tiempo que establece un contraste entre la atemporalidad que estructura el espacio de los flujos y las temporalidades múltiples y subordinadas que se asocian con el espacio de los lugares en una dinámica contradictoria.

2.7 Información, naturaleza y cultura.

Las redes configuran la nueva morfología social de la sociedad contemporánea en la que la difusión de la lógica del enlace (*links*) modifica las operaciones y los resultados de los procesos de producción, la experiencia, el poder y la cultura. La forma reticular de la

⁷⁵ CASTELLS, Manuel (1996) *Op. cit.*, p. 542.

organización social no es algo realmente novedoso, pero el nuevo paradigma de las tecnologías de la información proporciona la base material para que se expanda abarcando a toda la estructura social.

En esta lógica de los enlaces se convierte en fundamental la cuestión del acceso y la posición de presencia/ausencia en la red de los distintos agentes. La inclusión/exclusión de las redes y la arquitectura de relaciones que se ve facilitada por las TIC configuran los procesos y funciones dominantes en la nueva sociedad. Hay que señalar además el hecho de que las redes son estructuras abiertas, capaces de expandirse sin límites por lo que un sistema social basado en redes es dinámico, abierto y con capacidad de innovación y esta estructura se convierte en la herramienta adecuada para una economía capitalista de carácter postindustrial basada en la innovación, la globalización y la concentración descentralizada (glocalización).

En esta convergencia de la evolución social y de las tecnologías de la información, el capital financiero para operar y competir precisa del conocimiento generado y procesado por dichas tecnologías lo que explica la articulación que existe entre el modo capitalista de producción y el modo informacional de desarrollo. El nuevo papel de la información lleva a la concentración y globalización del capital a través del poder descentralizador de las redes, estableciendo sistemas de producción de geografía variable, trabajo colaborativo en equipo, interconexión, procesos de *outsourcing* y de subcontratación. Como resultado de estas dinámicas el capital y el trabajo tienden a existir cada vez más en espacios y tiempos diferenciados: el espacio de los flujos y el espacio de los lugares por un lado, y el tiempo inmediato (real) de las redes digitales frente al tiempo de reloj, analógico de la vida cotidiana, por otro.

Una de las consecuencias más importantes es que las expresiones culturales se abstraen temporal y espacialmente, histórica y geográficamente y quedan bajo la mediación exclusiva y dominante de las redes electrónicas de comunicación. Se produce una interacción con la(s) audiencia(s) en una diversidad de códigos y valores configurando un marco que se podría definir como "hipertexto audiovisual digitalizado".⁷⁶

Por tanto, la sociedad-red representa un nuevo orden social y un cambio cualitativo en la experiencia humana en relación con el modelo cambiante de las relaciones entre naturaleza y cultura. Si el primer modelo de relación mantenido durante miles de años se caracterizó por el dominio de la naturaleza sobre la cultura y el segundo modelo, establecido en los comienzos de la Edad Moderna y asociado a la Revolución Industrial, significó el dominio de la naturaleza por la cultura, entramos en un nuevo modelo en el que la cultura hace referencia directa a la cultura (autorreferencialidad), una vez dominada la naturaleza, que se ve convertida en una nueva forma cultural.

La convergencia de la evolución histórica y del cambio tecnológico nos introduce en un modelo puramente cultural de interacción y organización social en el que la información es el ingrediente clave que marca el comienzo de una nueva era, la de la información, caracterizada

⁷⁶ CASTELLS, Manuel (1996) *Op. cit.*, p. 556.

precisamente por la autonomía de la cultura frente a las bases materiales de la existencia.⁷⁷ El desafío consiste en que, y volvemos al poema de Eliot con que se iniciaba el capítulo, "*el infinito ciclo de las ideas y de los actos, la infinita invención, el experimento infinito*",⁷⁸ no nos lleve a que el conocimiento se pierda en la información.

⁷⁷ CASTELLS, Manuel (1996) *Op. cit.*, p. 558.

⁷⁸ "*The endless cycle of idea and action, Endless invention, endless experiment, (...)*" en ELIOT, Thomas S. (1934) *Choruses from The Rock*. [Fragmento]



03_CYBER

EL PAPEL DE LA TECNOLOGÍA

De la sociedad de la información
a la cultura digital

INDEX_Capítulo 03_CYBER¹

EL PAPEL DE LA TECNOLOGÍA. De la sociedad de la información a la cultura digital.

3.1 Algunas cuestiones previas.	049
3.2 El impacto del proceso de digitalización.	052
3.2.1 La crisis de lo tectónico: minimalismo, ornamento y poética digital.	053
3.2.2 La cuestión urbana: ciudades inteligentes.	056
3.2.3 La experiencia del mundo físico: el concepto de materialidad.	056
3.2.4 El nuevo individualismo: <i>big data</i> , <i>performance</i> y utopías pragmáticas.	058
3.3 Orígenes de la cultura digital: censos, salas de control y sociedad de masas.	061
3.3.1 La aparición de las tecnologías del control.	063
3.3.2 Los nuevos espacios del control: la visión abstracta de la realidad.	067
3.3.3. Gestionar las multitudes: el individuo calculable.	070
3.4 Una genealogía de lo digital: de la mecanización del cálculo a los primeros ordenadores.	073
3.4.1 Del ábaco a las máquinas de calcular.	073
3.4.2 Telares y tarjetas: de Jacquard a Babbage.	077
3.4.3 Lógica matemática y computación: de Leibniz a Shannon.	081
3.4.4 Descifrando <i>Enigma</i> : sangre, sudor y códigos.	085
3.4.5 Hazañas bélicas: de las tablas de balística al ENIAC.	088
3.4.6 La arquitectura Von Neumann: el diseño definitivo del ordenador.	092
3.5 Geopolítica y computación: nuevos lenguajes y nuevas metáforas.	094
3.5.1 Juegos de guerra: el miedo a la destrucción nuclear.	095
3.5.2 Un nuevo lenguaje: la cibernética de Norbert Wiener.	099
3.5.3 Del autómatas al <i>cyborg</i> : el nuevo posthumano cibernético.	101
3.5.4 <i>Situation Rooms</i> : los nuevos espacios de la Guerra Fría.	107
3.6.- Cibernética y arquitectura: patrones, sistemas y redes.	110
3.6.1 Una Bauhaus ecológica: la escala londinense.	110
3.6.2 Un lenguaje de patrones: las nuevas metáforas operativas.	112
3.6.3 El nuevo espacio corporativo: modularidad y diseño.	116
3.6.4 <i>Performance</i> y megaestructuras: nuevos caminos.	119
3.6.5 El giro formalista en el postmodernismo.	122

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: "The ENIAC-Girls". De izquierda a derecha: Patsy Simmers con la placa madre (*mother-board*) del ENIAC; Gail Taylor con la del EDVAC; Milly Beck con la ORDVAC y Norma Stec con la BRLESC-I. "U.S. Army Photo", number 163-12-62. (1962). Esta fotografía constituye una sorprendente representación visual del vertiginoso ritmo del cambio tecnológico, incluso en un período de tiempo relativamente corto. Desde el desarrollo de la primera hasta la última habían transcurrido tan sólo dieciséis años (1946-1962), por lo que resulta evidente el dramático proceso de miniaturización que ha tenido lugar y que se refleja claramente en la imagen.

Capítulo 03_CYBER

EL PAPEL DE LA TECNOLOGÍA. De la sociedad de la información a la cultura digital.

"Imaginemos una máquina que puede seguir una determinada metodología de diseño y, al mismo tiempo, discernir y asimilar las diferencias conversacionales. La misma máquina, después de observar un determinado comportamiento, podrá construir un modelo predictivo de unas determinadas características conversacionales... El diálogo resultaría tan íntimo e incluso exclusivo que tan sólo la persuasión mutua y el compromiso generarían ideas; ideas irrealizables si sólo hubiesen sido generadas por un único participante en la conversación."

Nicholas Negroponte, *The Architecture Machine* (1970)

3.1 Algunas cuestiones previas.

Tras la descripción del marco sociológico en el que se inscribe nuestro objeto de estudio, se hace necesaria una reflexión sobre el impacto concreto de las tecnologías de la información y la comunicación, las denominadas tecnologías digitales, en el ámbito de la arquitectura. Nos encontramos ante más de tres décadas de desarrollo desde la fase inicial de los pioneros en las décadas de 1960 y 1970, caracterizada por la incorporación del denominado pensamiento complejo en la arquitectura y en la que no se disponía de la tecnología efectiva para llevar a cabo los planteamientos de cambio deseados, pasando por un segundo momento de experimentación y expansión que coincidiría con la década de 1990 y llegando al comienzo del nuevo siglo en donde se produce el diálogo efectivo con unas tecnologías digitales ya plenamente operativas y disponibles e incorporadas totalmente a la vida cotidiana. En este largo proceso hay que destacar además la importancia que supuso la posibilidad del trabajo en red a nivel global que se inaugura en 1994 con la introducción del acceso universal a Internet. En paralelo se produce también una aceleración en el desarrollo del mercado del *hardware* con una capacidad de almacenamiento y procesado de datos cada vez mayor y también de un *software* cada vez más evolucionado y con capacidad de dar soporte funcional a los procesos más variados.

A mediados de la década de los 90 los ordenadores eran todavía escasos en los estudios de arquitectura y generalmente se utilizaban en tareas rutinarias de procesamiento de textos y en funciones administrativas como la gestión de la contabilidad o la elaboración de presupuestos. El diseño se realizaba preferentemente a mano desde la fase de los bocetos iniciales a las presentaciones finales de los proyectos. En esta época se desarrollaron experiencias pioneras como la del *Paperless Studio* de la Universidad de Columbia (1992), uno de los primeros intentos de explorar la posibilidad de utilizar el ordenador para el diseño arquitectónico de forma exclusiva realizado por el arquitecto Greg Lynn, junto con Hani Rashid, Jesse Reiser y Stan Allen y llevado a cabo en el periodo en el que Bernard Tschumi ocupó el

cargo de Decano de la GSAPP (*Columbia Graduate School of Architecture, Planning and Preservation*) desde 1992 hasta el año 1999.

A lo largo de las dos últimas décadas se ha producido un desarrollo espectacular del equipamiento electrónico y de las aplicaciones de software por lo que ordenadores, escáneres, impresoras y dispositivos trazadores (*plotters*) han pasado a formar parte de la infraestructura habitual de los estudios de arquitectura. Aplicaciones como AutoCad, Maya, Rhino, Grasshopper o programas de BIM (*Building Information Modelling*) como Revit o ArchiCad se han convertido en herramientas estándar para el desarrollo de la arquitectura. En la actualidad no se podría llevar a cabo la actividad arquitectónica sin recurrir en alguna medida a la tecnología digital. La magnitud del cambio producido ha suscitado desde sus inicios reacciones diversas que van desde el apoyo entusiasta de los tecnófilos hasta la crítica exacerbada de los tecnófobos. La razón para esta diversidad de opiniones se basa en que se producen cambios sustanciales que alteran los cimientos fundamentales sobre los que se ha sustentado la disciplina desde su nacimiento y que afectan a conceptos tan importantes como la representación, la gestión de la información o la virtualidad².

En un primer momento, tras la introducción de la tecnología digital, se adoptaron posturas muy radicales sobre todo en el campo de la investigación académica debido a la confianza en que la tecnología se convertiría en una solución frente a los "excesos" del fenómeno de la arquitectura posmoderna buscando en las referencias al proceso de diseño una vía de escape proyectual para la carga iconográfica, histórica y semántica del posmodernismo. Una segunda reacción fue la indiferencia ante los nuevos instrumentos, que se contemplaban como una prótesis tecnológica inevitable y con una aplicación de carácter meramente utilitaria y funcional. Desde el punto de vista de la crítica y la profesión, figuras como Greg Lynn, William Mitchell, Peter Eisenman o Frank Gehry apoyaron desde un inicio de forma entusiasta las nuevas perspectivas abiertas por las herramientas digitales al tiempo que teóricos como Kenneth Frampton³ o Juhani Pallasmaa⁴ ofrecían opiniones mucho más reservadas y cautelosas en relación con esta cuestión y, en ocasiones, abiertamente críticas.

² ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) *Op. cit.*, p. 8.

³ Kenneth Frampton (Reino Unido, 1930). Arquitecto y escritor inglés. Estudió arquitectura en la *Guildford School of Art* y en la *Architectural Association School of Architecture* de Londres. Su actividad profesional se reparte entre la de arquitecto y la de historiador y crítico de la arquitectura. En la actualidad desempeña labores docentes en la Graduate School of Architecture and Planning, de la Universidad de Columbia de Nueva York, como profesor de la cátedra Ware. No obstante, también ha impartido clases en centros tan importantes como el Royal College of Art de Londres y la ETH de Zúrich y, últimamente, en la University of Virginia, donde ha ocupado la cátedra Thomas Jefferson. Autor de numerosos ensayos sobre arquitectura moderna y contemporánea, su obra más importante es *Historia Crítica de la Arquitectura Moderna*. Ha formado parte del Institute for Architecture and Urban Studies de Nueva York, cuyos miembros incluyen a Peter Eisenman, Manfredo Tafuri y Rem Koolhaas. También ha sido cofundador de la revista *Oppositions*.

⁴ Juhani Pallasmaa (Finlandia, 1936) es arquitecto y trabaja en Helsinki. Fue profesor de arquitectura en la Universidad de Tecnología de Helsinki, director del Museo de Arquitectura de Finlandia y profesor invitado en diversas escuelas de arquitectura de todo el mundo. Autor de numerosos artículos sobre filosofía, psicología y teoría de la arquitectura y del arte, su obra *Los ojos de la piel. La arquitectura y los sentidos* (Editorial Gustavo Gili, 2006) se ha convertido en un clásico de la teoría de la arquitectura y es

En nuestros días la realidad de los hechos debida a la imparable expansión de las tecnologías digitales ha hecho que se hayan superado esas reacciones iniciales de entusiasmo o preocupación y la cuestión que se plantea como objeto de reflexión e investigación ya no es si la tecnología digital es algo positivo o negativo para el diseño sino más bien cuál es la dirección que está tomando la arquitectura bajo la influencia de estas nuevas herramientas. Se suscita además la posibilidad de lo que podríamos denominar como una "tercera vía" de carácter generacional representada por un grupo numeroso de arquitectos que son ya "nativos digitales" (o al menos "inmigrantes digitales" convencidos, utilizando la terminología de Marc Prensky) y que no entran en la discusión estéril sobre la idoneidad del nuevo medio sino que simple y llanamente, operan en él con una actitud inclusiva y no dialéctica aunque con intereses diversos, plurales y múltiples.⁵ Los ordenadores se aceptan como una realidad que ya no se cuestiona porque forman parte del paisaje cultural e intelectual de una nueva cultura digital lo que hace pensar que nos encontramos ante un cambio de tendencia que configuraría una nueva generación de arquitectos y arquitecturas digitales.⁶

La tecnología ha producido un enorme impacto productivo y el cambio que provoca es tan profundo que podría resultar tan radical y duradero como la transformación que dio lugar al nacimiento mismo de la disciplina arquitectónica al comienzo del periodo renacentista. Este hecho, unido a las repercusiones derivadas de la crisis económica tan vinculada al sector de la edificación, constituye a la vez una oportunidad única para repensar y recuperar la arquitectura como actividad cultural y humanística analizando todos estos fenómenos desde una perspectiva crítica y reflexiva. En el Renacimiento, la adopción de nuevas herramientas de proyecto y de procedimientos de representación, como las proyecciones coordenadas en planta y alzado y la representación en perspectiva, resultó inseparable de fenómenos culturales más amplios como la emergencia de la figura del arquitecto moderno y la importancia dada a la actividad creativa de ideación (diseño). De forma parecida la difusión de las herramientas digitales y el *software* aplicado a la arquitectura parece vinculado hoy en día a una serie de cambios en la definición y contenido de la arquitectura más allá de las cuestiones técnicas relacionadas con el uso profesional del *hardware* y del *software*.

Sin embargo, a pesar del importante papel que juega la tecnología digital en los desarrollos de la arquitectura contemporánea, no se debe caer en un determinismo tecnológico simplista o simplificador dado que la tecnología en muy raras ocasiones es la única explicación de un fenómeno y mucho menos en la arquitectura, una disciplina en la que confluyen arte, ciencia y tecnología y que depende, por tanto, de numerosos factores y variables de carácter tanto económico y social como cultural y estético. Las transformaciones a las que asistimos son inseparables de fenómenos y condiciones mucho más amplios como la

de lectura obligatoria en diferentes escuelas de arquitectura de todo el mundo. Pallasmaa es también autor de *The Architecture of Image: Existential Space in Cinema* (2001), *La mano que piensa* (2012) y *La imagen corpórea* (Editorial Gustavo Gili, 2014).

⁵ ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) *Op. cit.*, p. 9.

⁶ Esta nueva generación podría considerarse "la tercera", tras la de los pioneros de los años 60 y 70, con una orientación cibernética, y la generación de los 80 y 90 (*blobitecture*, *blobmeisters*), con una orientación más formalista basada en las posibilidades de modelado que ofrecían las nuevas herramientas digitales.

globalización y el advenimiento de la sociedad de la información que ya se han tratado en el capítulo anterior.

Todas estas transformaciones son el fruto de un proceso histórico mucho más largo y complejo que la mera adopción de las herramientas digitales por parte de los diseñadores y arquitectos. Este proceso se extendería más allá de las dos o tres últimas décadas, sobrepasando en esa mirada retrospectiva la época de los primeros intentos pioneros de aplicar la cibernética a la arquitectura durante el periodo de la Guerra Fría e incluso más allá de los primeros desarrollos teóricos y tecnológicos de la informática en la época inmediatamente anterior y posterior a la Segunda Guerra Mundial. El proceso comenzaría realmente con la aparición de una sociedad basada en la información en el periodo de cambio del siglo XIX al siglo XX y que ha llevado a algunos historiadores a afirmar que realmente fue la sociedad de la información la que hizo posible la invención del ordenador, y no a la inversa.⁷

Necesitamos esta perspectiva histórica extendida para poder entender algunas de las características de la arquitectura digital dado que no se trata sólo de un fenómeno debido a la adopción de unas herramientas tecnológicas novedosas sino que se ve afectado por transformaciones culturales más profundas que producen cambios en la percepción e interpretación de la realidad por parte de los seres humanos. Se hace preciso, por tanto, comenzar nuestro análisis con la descripción del recorrido histórico que va desde la aparición de la sociedad de la información hasta la implantación de la denominada "cultura digital" y su presencia en la práctica de la arquitectura como resultado de un momento explosivo de evolución del pensamiento sobre la forma, el espacio y la arquitectura.

3.2 El impacto del proceso de digitalización.

El análisis del impacto del proceso de digitalización en arquitectura no se puede reducir a una simple relación de causa-efecto debido a la complejidad inherente a la historia cultural que dificulta una explicación lineal del vínculo existente entre el desarrollo de las invenciones tecnológicas y sus efectos arquitectónicos⁸. En ocasiones incluso se producen estos efectos sin que ni siquiera exista la tecnología efectiva para hacerlos posibles como sería el caso de la primera generación pionera de investigadores que llevaron a cabo una labor creativa e innovadora de "computación sin computadores". También se ha puesto a menudo el énfasis en la diferencia entre lo informacional y lo digital como ya señalaba Nicholas Negroponte en su ensayo *Being Digital* del año 1995 y en el que contraponía la era de la información a la era digital, señalando que la primera tenía que ver con el consumo de masas anónimo mientras que la segunda daría preferencia a la individualidad y la personalización masiva (*mass customization*) siendo precisamente este acento en lo individual una de las expresiones más originales de la arquitectura digital contemporánea. Las cuestiones que surgen al plantearnos el análisis de las relaciones entre información, tecnologías digitales y

⁷ PICON, Antoine (2010) *Digital Culture in Architecture. An Introduction for the Design Professions*. Basel: Birkhäuser, p. 9.

⁸ ORTEGA, Lluís (2014) *Op. cit.*, p. 19.

arquitectura son, por tanto, múltiples y complejas.

Otra de las cuestiones a tener en cuenta sería la consecuencia operativa más inmediata del uso "práctico" de la informática en arquitectura como, por ejemplo, la posibilidad que ofrece para la manipulación de geometrías complejas y que dio lugar en una primera etapa a la proliferación de "*blobs*", superficies plegadas y singularidades topológicas que generaron un lenguaje e incluso una estética que hacía pensar que la arquitectura estaba entrando en una condición que algunos llegan a calificar de neo-barroca.⁹

Pero tras la seducción inicial producida por la complejidad de las formas generadas por el ordenador y tras un periodo de maduración conceptual y tecnológico, la arquitectura contemporánea ha comenzado a interesarse de forma creciente por los principios básicos del diseño paramétrico dando lugar a una arquitectura algorítmica que se relaciona de forma directa con los planteamientos de la investigación de los pioneros de los años 60.¹⁰ Además de la cuestión del formalismo, trata de desarrollar los aspectos teóricos relacionados con la introducción del código en la tarea de proyectar vinculando la programación y los procesos algorítmicos de una forma proactiva y personal más allá de la mera utilización funcional de los paquetes de *software* comercial.¹¹

Una de las cuestiones más interesantes a considerar será la de ver cómo evoluciona esta dialéctica entre la forma concreta resultante de la aplicación de las herramientas digitales y las bases ontológicas y metodológicas que subyacen detrás de lo digital y que además se ve enriquecida en la actualidad por el papel que empiezan a jugar las nuevas técnicas de fabricación digital y que podrían desbancar incluso a la búsqueda de complejidad geométrica como característica clave de la arquitectura digital.

3.2.1 La crisis de lo tectónico: minimalismo, ornamento y poética digital.

Dentro de esta evolución conviene destacar que para algunos teóricos de lo digital en arquitectura el denominado minimalismo digital podría sustituir a la expresión neo-barroca dominante durante algunos años. Se trata de un contexto dominado por la incertidumbre en el que la búsqueda de una nueva poética digital se convierte en uno de los objetivos de las corrientes más experimentales. Junto a las búsquedas estéticas es necesario señalar también la crisis de los códigos tectónicos tradicionales que definían la jerarquía de las partes de un

⁹ PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, p. 10.

¹⁰ Algunos teóricos de la cultura digital como Lev Manovich opinan que las ideas sobre el uso cultural de las computadoras en la década de 1960 eran mucho más interesantes y progresistas que todas las innumerables visualizaciones de información y los diseños arquitectónicos *soft* realizados en la actualidad. Para ello parafrasea a Alan Kay quien en el año 1997 había afirmado en Atlanta, Georgia, (*The 12th annual ACM SIGPLAN Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications, OOPSLA' 1997*) que: "The Computer Revolution Hasn't Happened Yet", haciendo referencia a que no nos hemos dado cuenta todavía del potencial real que los ordenadores nos pueden proporcionar en los diferentes campos, incluyendo la arquitectura.

¹¹ MANOVICH, Lev (2013), *Software takes Command*. New York: Bloomsbury Academic. Versión en español: (2013) *El software toma el mando*. Barcelona: Editorial UOC.

edificio y su significado tal y como aparece representada en obras tan emblemáticas como la Mediateca de Sendai de Toyo Ito, la Terminal de Yokohama de FOA o más recientemente el estadio olímpico de Beijing de Herzog y de Meuron.



Ilustración 1. HERZOG & de MEURON, *National Stadium*, Beijing, 2008.

Otro de los aspectos a tener en cuenta es el del regreso triunfal del ornamento tras el ostracismo culpable al que había sido relegado por la modernidad. El ornamento digital se considera ahora más como una condición superficial que como un elemento individual localizado e incluso tiende a reemplazar a lo tectónico como principio organizador de la arquitectura.

Todas estas transformaciones tienen que ver con un cambio estructural más amplio que afecta de forma global a la tecnología y en donde lo que solía ser soportado, periférico o superestructural está reemplazando al soporte, al núcleo o a la infraestructura y un ejemplo de este fenómeno lo constituye la creciente importancia epistemológica del *software*.¹² Es un hecho conocido que, en los primeros tiempos del desarrollo de la informática, el *hardware* jugaba un papel mucho más estratégico, situación que ha marcado de forma determinante la historia del desarrollo de lo digital hasta nuestros días como veremos más adelante. En un mundo regido por la información se puede afirmar que hoy en día las aplicaciones de *software* representan la auténtica infraestructura frente a la disponibilidad extendida de un *hardware* cada vez más potente e incluso a veces inexistente físicamente (o al menos no presente) si pensamos, por ejemplo, en las posibilidades de almacenamiento virtual de lo que se conoce coloquialmente como la "nube" (*cloud computing*).

¹² PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, p. 11.

La crisis de lo tectónico es una de las cuestiones más interesantes relacionadas con la comprensión de lo digital en arquitectura y son muchos los que consideran que las nuevas pautas "tectónicas" reemplazarán a las tradicionales. La mejor comprensión de los sistemas dinámicos emergentes permite la aparición de conceptos tales como las denominadas "tectónicas de enjambre" (*swarm tectonics*).¹³ En otros casos se propugna el abandono liberador del marco cartesiano de pensamiento que ha supuesto un freno para el avance del ingenio estructural.¹⁴ Esta cuestión de lo tectónico se convierte así en estratégica para el diseño arquitectónico.



Ilustración 2. Toyo ITO + Cecil BALMOND, *Serpentine Gallery Pavilion*, Hyde Park Kensington, Londres, UK, pabellón temporal, julio-septiembre 2002.

Al mismo tiempo el contexto de la fabricación asistida y el prototipado favorecido por el desarrollo espectacular de las tecnologías de impresión 3D permite desplegar nuevas perspectivas en el campo de la producción material y abre la posibilidad de reconciliar definitivamente la prefabricación y la personalización (*customization*) junto con las promesas tecnoutópicas de la robotización y la automatización en un contexto de producción industrial, que como ya se ha visto en el capítulo anterior, se ha convertido de forma acelerada en algo cambiante y dinámico. Esto podría llegar a redefinir la misma identidad profesional del arquitecto fijada desde la época renacentista en relación con la autoría, concepto que se vuelve problemático y complejo en la nueva era del código.

¹³ LEACH, Neil, "Swarm tectonics", en LEACH, Neil; TURNBULL, David; WILLIAMS, Chris [eds.] (2004) *Digital Tectonics*. Londres: Wiley-Academy, pp. 70-77.

¹⁴ BALMOND, Cecil (2002) *Informal*. Munich: Prestel.

3.2.2 La cuestión urbana: ciudades inteligentes.

El impacto de la tecnología digital se manifiesta también en los nuevos modelos de asentamiento del siglo XXI. Debemos tener en cuenta el ámbito de lo urbano mediado digitalmente en un contexto marcado por la globalización. La red global digital, con sus posibilidades de acceso y conexión, se convierte en una forma novedosa de infraestructura urbana que podría llegar a cambiar el aspecto de las ciudades tan espectacularmente como lo hicieron en su día el ferrocarril, las autopistas, el suministro de energía eléctrica y las redes telefónicas.¹⁵ En este contexto la arquitectura digital no puede separarse de los cambios que afectan al modo en que se planean, se diseñan, se experimentan y se viven las ciudades a través de la utilización de toda una variedad de nuevos equipamientos electrónicos: ordenadores, teléfonos móviles "inteligentes", sistemas GPS, etc. La primitiva era industrial de mecanismos pasivos ha dado el relevo a una generación de objetos que ahora "piensan" y se conectan entre sí de manera permanente y sin descanso.

Es en este ámbito urbano donde adquieren su verdadero significado cuestiones como la relación entre la realidad física y la virtual. Por lo que, como afirma William Mitchell, debemos ampliar las definiciones de arquitectura y diseño urbano para incluir los lugares virtuales, además de los físicos, y la interconexión mediante enlaces de comunicaciones, además de la que se realiza mediante la circulación peatonal y los sistemas de transporte mecanizado. Mitchell describe la existencia de una "capa" formada por una estructura global de conexiones de telecomunicaciones de alta velocidad, lugares inteligentes y aplicaciones informáticas¹⁶ que cambiará las funciones y valores de los elementos urbanos existentes y reconstruirá radicalmente sus relaciones. En una era de redes sociales digitales como *Facebook*, servicios de *microblogging* como *Twitter* o aplicaciones de mensajería instantánea como *WhatsApp*, el futuro de los espacios públicos dependerá precisamente del éxito de esa interacción entre lo físico y lo virtual.¹⁷

3.2.3 La experiencia del mundo físico: el concepto de materialidad.

El desarrollo de las tecnologías digitales plantea también una reformulación de nuestra experiencia del mundo físico. La ubicuidad de las herramientas y equipos digitales implica un cambio significativo de nuestra interpretación de la realidad condicionada por aspectos como la redefinición de nuestros códigos de visión (pensemos en la influencia de propiedades de visualización como el *zoom* digital) y también de nuestra manera de utilizar otros sentidos como el oído o el tacto. Categorías como el peso o la inercia se ven también afectadas en el marco de la experiencia de la interfaz entre los mundos físico y digital. Esto podría modificar la propia noción de materialidad que, además de su componente técnico relacionado con la

¹⁵ MITCHELL, William J. (1999) *E-topia: "Urban life, Jim-but not as we know it"*. Cambridge: MIT Press. Versión en español: (2001) *e-topia: "Vida urbana, Jim, pero no la que nosotros conocemos"*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 19.

¹⁶ MITCHELL, William J. (1999) *Ibidem*, p. 12

¹⁷ PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, p. 12.

utilización de los materiales de la arquitectura, tiene que ver también con la forma de experimentar y comprender el mundo que nos rodea.

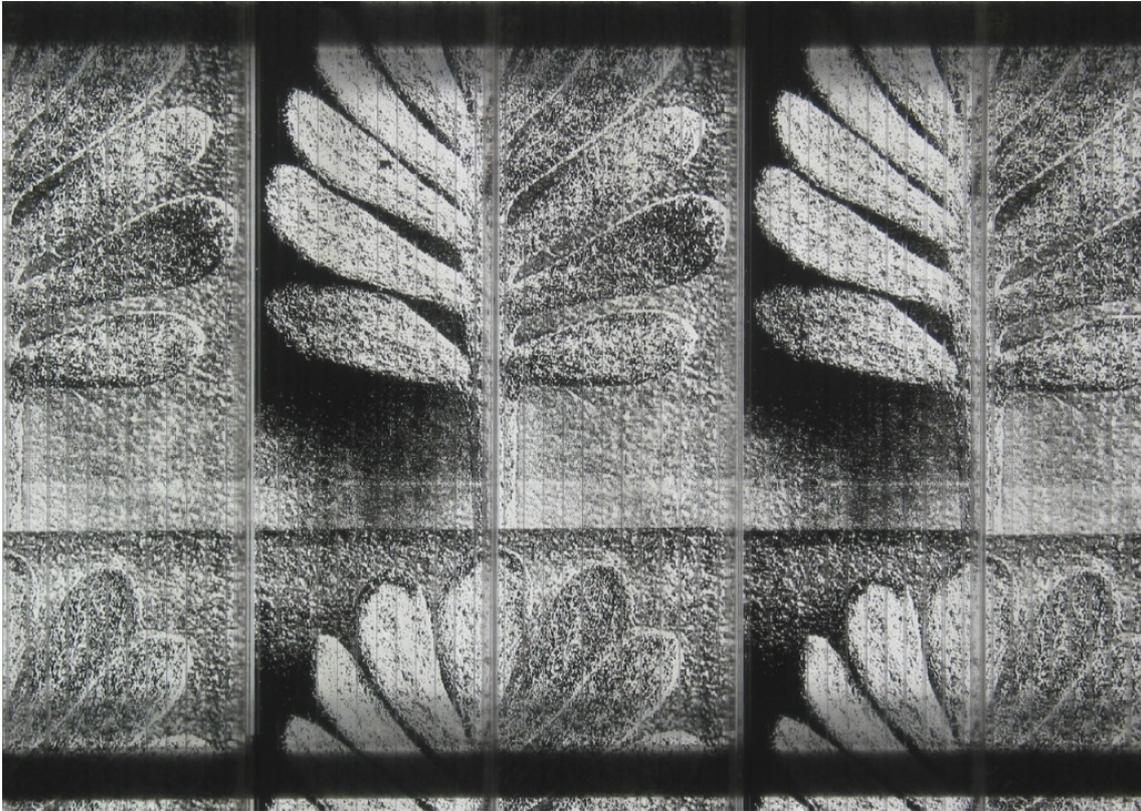


Ilustración 3. HERZOG & DE MEURON, Panel ornamental de la fábrica Ricola Europe, Mulhouse, Francia, 1993.

El desarrollo de la cultura digital resulta inseparable de una importante transformación del concepto de materialidad debido a la confluencia de las posibilidades que ofrece la nueva tecnología y las evidencias sensoriales proporcionadas por nuestros sentidos y percepciones. Esto se manifiesta, por ejemplo, en el renovado interés de la arquitectura por el ornamento con un fuerte componente sensorial, visual y táctil y con una influencia evidente de mecanismos visuales digitales como el *zoom* o las herramientas de pixelización propias de los programas de diseño vectorial, característica que se muestra de forma evidente en el componente epidérmico de proyectos como la fábrica Ricola Europa en Mulhouse-Brunstatt, de los arquitectos Herzog & de Meuron.¹⁸

¹⁸ Las dos paredes más largas del edificio se componen, en toda su altura, de paneles de tres capas de 8 metros de largo y 0,5 metros de ancho fabricados en policarbonato translúcido. Los paneles forman una piel lisa y en la parte interior, los paneles llevan impreso un motivo que verticalmente se repite seis veces. Se trata de una fotografía de los años 20 del fotógrafo alemán Karl Blossfeldt en la que aparece una hoja. Durante el día, esta impresión se aprecia débilmente desde el exterior y sólo si el brillo del plástico no la hace desaparecer por completo. Por el contrario, en el interior su presencia es indiscutible. Atenúa la luz dentro de la gran nave y transforma los paneles en bellas cortinas. Sin embargo, de noche, cuando el interior de la nave está iluminado, el efecto se invierte: el edificio se convierte en una caja

3.2.4 El nuevo individualismo: *big data*, *performance* y utopías pragmáticas.

La arquitectura, como actividad humanista, está vinculada a la visión que cada época tiene del hombre por lo que la cuestión de lo individual se convierte en otro de los temas que entran en juego en la cultura digital emergente. Ya se ha mencionado la importancia que Negroponte daba a las preferencias y elecciones individuales como rasgo de lo digital y resulta evidente que desde entonces se han multiplicado exponencialmente las aplicaciones que permiten a los usuarios generar contenidos de carácter personal (*webs*, *blogs*) a lo que habría que añadir el universo en constante expansión de las denominadas genéricamente redes sociales (*Facebook*, *YouTube*, *Twitter*, etc). Un ejemplo de la importancia del mapeado de las preferencias individuales queda reflejado en el cambio de paradigma que significa el concepto de "*big data*", término empleado para denominar a los grandes volúmenes de información que se registran y almacenan permanentemente en todo el mundo y a los sistemas y herramientas que permiten analizar y extraer valor de toda esa información. El objetivo de la gestión de estos datos masivos sería aumentar la eficiencia en el proceso de la toma de decisiones. Nos encontramos ante un cambio de escala en el volumen de información que se produce y se almacena y en un contexto en el que todo (incluso nuestros estados de ánimo) se puede llegar a convertir en formatos cuantificados para su tabulación y análisis.¹⁹

Se ha producido un cambio de enfoque en la forma de ver el mundo y el valor de la información reside ahora en las correlaciones y no en las causalidades. Se utilizan las relaciones estadísticas entre diversos valores de datos para descubrir patrones ocultos: la función de autocompletado de los servicios de mensajería instantánea como *WhatsApp* o el sistema de traducción automática de *Google* constituyen ejemplos significativos. Uno de los objetivos de los grandes portales de comercio electrónico en la red, como por ejemplo *Amazon*, consiste en poder obtener una imagen lo más definida posible de los perfiles individuales y la motivación de los potenciales clientes a través de la información proporcionada por las rutinas de navegación y compra de sus usuarios. Esto da lugar a un sofisticado sistema de recomendación y personalización (individualización) que configura en buena medida toda su estrategia empresarial.

La arquitectura participa también de este interés por las características del individuo contemporáneo con una renovada preocupación por la dimensión sensorial y por las mediaciones que se establecen entre el individuo y su entorno interpretándolos en continuidad en lugar de ser concebidos como entes diferenciados. Esto tiene unas profundas implicaciones ontológicas y epistemológicas para la práctica digital que han provocado incluso una cierta "crisis de identidad" de la propia disciplina motivada por las expectativas de asimilación y uso de los nuevos constructos tecnológicos y filosóficos. La era digital anuncia la disolución de la modernidad y de la separación nítida entre naturaleza y cultura que ésta planteaba. Dentro de un marco condicionado por el cambio en la percepción e interpretación

impresa en la que tanto la construcción como los elementos en el interior de la nave, máquinas y contenedores, se dibujan como manchas.

¹⁹ MAYER-SCHÖNBERGER, Viktor; CUKIER, Kenneth (2013) *Big data. La revolución de los datos masivos*. Madrid: Turner.

de la realidad se pasa de un punto de vista determinista a otro dominado por el caos y la impredecibilidad.

La arquitectura se ve obligada de este modo a adquirir una nueva identidad en la que su independencia y autonomía ya no estarán garantizadas por una clara definición de la dicotomía natural-artificial heredada de la modernidad sino que se tendrá que basar en las interacciones dinámicas entre ambos conceptos configurando así una nueva comprensión de la realidad de carácter posdeterminista. Esta disolución de los parámetros y modulaciones de la modernidad nos lleva a la consideración de la importancia que adquieren en este nuevo escenario los acontecimientos: ocurrencias, sucesos, eventos. La proliferación expansiva de las pantallas en la que se anuncian o "mapean" todos estos "acontecimientos" aparece como inseparable del papel clave asignado a este tipo de acciones tanto físicas como virtuales y que convierten lo performativo en un aspecto clave de la reflexión sobre lo digital en arquitectura. La comprensión y valoración del espacio urbano se realiza de una forma más eficaz prestando más atención a la frecuencia y localización de estos "sucesos" que mediante la utilización de las herramientas de análisis (geométricas y cuantitativas) tradicionales debido al papel que juegan en este nuevo escenario las interconexiones (*links*) como aspecto clave de la nueva sociedad de los flujos que ya se analizó en el capítulo anterior.

La introducción en el debate arquitectónico de temas como la redefinición de nuestra experiencia del mundo, la creciente importancia dada a lo individual y el acento puesto en los eventos,²⁰ supone también abrir una reflexión sobre alguna de las implicaciones éticas que plantea la digitalización en arquitectura.²¹ El enfoque exclusivo sobre la materialidad y lo sensorial junto con un individualismo exacerbado pueden dificultar la preservación de los sistemas de valor colectivos y, por otra parte, la saturación de eventos puede llevar a una pérdida del sentido de cambio histórico con la instalación del individuo en el "presente eterno" del que hablaba Castells en el que el pasado ha dejado de importar y el futuro se convierte simplemente en una intensificación de lo ya existente. La satisfacción de la búsqueda de la sensualidad y los programas de la arquitectura espectáculo dictados por el "*stablishment*" y llevados a cabo por un *star-system* arquitectónico con una actitud de realismo acrílico (caracterizada como "poscrítica") provoca una renuncia a la conciencia política y el compromiso. La superación de esta actitud constituye uno de los retos para la nueva arquitectura digital que encuentra en las implicaciones redentoras de la sostenibilidad una vía de salida para volver a pensar en términos políticos y sociales mediante la reinención de la memoria y la utopía.

En esta tarea de recuperar la idea de utopía a través de lo digital nos encontramos con posturas como la del pragmatismo utópico o la utopía pragmática como filosofía de diseño, desarrollado por el arquitecto Bjarke Ingels (BIG, *Bjarke Ingels Group*).

²⁰ PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, pp. 13-14.

²¹ FRANCO TABOADA, José Antonio (2010) "Docencia, nuevos retos, nuevas metodologías", en *Actas del XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica: Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica* (05. 2010. Valencia), p. 220.



Ilustración 4. JDS Architects + BIG - Bjarke Ingels Group, *People's Building Project*, Shanghai, 2010.

Para Ingels "el campo de la arquitectura ha sido dominado por dos extremos opuestos. Por un lado, lo vanguardista lleno de ideas locas que tienen su origen en la filosofía, el misticismo, la fascinación por el potencial de la forma o su visualización digital y que actúa tan independientemente de la realidad que no logra convertirse en algo más que una curiosidad excéntrica. Por otro lado, estaría lo tradicional, organizado en corporaciones muy bien organizadas, pero que construyen predecibles y aburridas cajas de edificios funcionales. En este campo, la arquitectura parece estar atrapada entre dos lados infértiles: ya sea ingenuamente utópica o increíblemente pragmática". Ingels afirma que "hay un tercer camino enterrado entre estos. O uno difícilmente visible sobre la delgada pero bastante fértil superposición de ambos: una arquitectura utópica y pragmática a la vez; una que se ocupe de la creación perfecta de lo social, económico y ambiental como un objetivo práctico".²²

²² En su libro *Yes Is More* y a través del formato *comic-book*, expresa su idea de lo que es la arquitectura contemporánea y documenta de modo *sui generis* la metodología de su trabajo que combina pragmatismo, ecología y racionalidad. BIG - Bjarke Ingels Group (2011). *Yes is more*. Taschen.



Ilustración 5. Bjarke INGELS, *Yes Is More*, 2011.

3.3 Orígenes de la cultura digital: censos, salas de control y sociedad de masas.

Antes de centrarnos en las transformaciones producidas en el campo de la arquitectura debido a la incorporación de lo digital, es preciso reflexionar acerca de algunas de las dramáticas e importantes transformaciones surgidas como resultado de la expansión creciente de las tecnologías digitales. En un contexto caracterizado por la rapidez y el vértigo de los cambios que se suceden a una velocidad creciente necesitamos "cartografiar" estos fenómenos para poder comprender la realidad cultural que nos rodea condicionada por la capacidad extendida y aumentada del ser humano para manipular su entorno por medio de las prótesis tecnológicas.

Durante los últimos cien años se ha producido un cambio y un desarrollo tecnológico mayor que el que se había realizado durante el resto de la historia de la humanidad y la velocidad del mismo se ha acrecentado en las últimas décadas debido en parte a las características intrínsecas de las nuevas tecnologías. La ubicuidad y presencia constante de la tecnología digital en nuestras vidas forma parte de un conjunto más amplio de fenómenos entre los que figuran la globalización, el triunfo de la economía de mercado, la eclosión y desarrollo de las TIC o el floreciente poder e influencia de la tecnociencia. La tecnología digital forma parte importante de todos estos desarrollos determinándolos en gran medida, debido a

las posibilidades de convergencia e integración que ofrece como herramienta. Los ordenadores se han convertido en el elemento esencial para la gestión y el manejo de las cantidades masivas de datos presentes en los proyectos científicos más avanzados al tiempo que, como ya se señaló en el apartado anterior, las aplicaciones informáticas generan incansablemente cantidades ingentes de datos fruto de su propia actividad.

Este efecto de aceleración debida al desarrollo concurrente de la ciencia, los medios y el capital está produciendo cambios dramáticos en muy poco tiempo hasta el punto que cuando aún no hemos terminado de registrar y analizar una serie de avances técnicos y sus posibles consecuencias operativas, nuevos desarrollos los transforman en irrelevantes. Esta velocidad de cambio debe tenerse en consideración a la hora de abordar la metodología de investigación de este tipo de fenómenos.

Desde el punto de vista técnico el propio término "digital" significa, de forma simplificada, datos en forma de elementos discretos lo que permite describir fenómenos de manera discreta. Durante el último medio siglo el concepto se ha convertido en sinónimo de la tecnología que sirve de soporte a todas las aplicaciones ya mencionadas: los ordenadores electrónicos basados en programación en lenguaje binario. Pero lo digital engloba tanto a los artefactos como a los sistemas de comunicación y significado que los acompañan configurando de alguna forma el modo de vida contemporáneo.

El discurso sobre lo digital suele aparecer animado por dos creencias interconectadas: la idea de que dicha cultura representa una ruptura definitiva con la que la precede y, en segundo lugar, la idea de que la cultura digital se deriva o viene determinada por la existencia de la tecnología digital.²³ En este sentido habría que decir que, contrariamente a esta última afirmación, la tecnología digital sería un producto de la cultura digital/informacional, más que a la inversa, en la línea de la afirmación de Gilles Deleuze de que "*las herramientas presuponen siempre una máquina y la máquina, antes de ser técnica, siempre es una máquina social. Siempre hay una máquina social que selecciona o asigna los elementos técnicos empleados*".²⁴

Desde este punto de vista cuando hablamos de lo digital no nos referimos exclusivamente a los efectos o las posibilidades de una tecnología en particular sino que también se definen y abarcan los distintos modos de pensar y de hacer que se materializan por medio de esa tecnología y que, al mismo tiempo, hacen posible su desarrollo. Esto incluiría en el caso de lo digital los conceptos de abstracción, codificación, auto-regulación, virtualización y programación.²⁵

La cultura digital contemporánea constituye un fenómeno complejo que emerge como respuesta a las exigencias del capitalismo moderno y también por las demandas del esfuerzo bélico desarrollado durante el convulso siglo XX. La Segunda Guerra Mundial fue el acontecimiento catalizador que permitió la aparición de la moderna computación electrónica

²³ GERE, Charlie (2008) *Digital Culture*, London: Reaktion Books, p. 17.

²⁴ DELEUZE, Gilles; PARNET, Claire (1977) *Dialogues*. París: Flammarion. Versión en español: (1980) *Diálogos*, Valencia: Pre-Textos, p. 80.

²⁵ GERE, Charlie (2008) *Ibidem*, p. 17.

digital y binaria y la posterior Guerra Fría constituyó el contexto en el que los desarrollos anteriores asumieron la forma que ha llegado hasta nuestros días sin grandes variaciones conceptuales.

Además es necesario tener en cuenta que la tecnología es sólo una más de las fuentes de las que se nutre la cultura digital contemporánea a la que habría que sumar los discursos tecno-científicos acerca de la información y la teoría de sistemas, la práctica artística de vanguardia, las utopías contraculturales, la crítica teórica y filosófica e incluso determinadas manifestaciones de la cultura popular como el *punk*. La cultura digital surge precisamente de las interacciones complejas y de los compromisos dialécticos entre todos estos elementos heterogéneos lo que hace preciso comprender el contexto en el que se desarrolla, por eso describiremos a continuación la evolución del fenómeno desde sus inicios en la segunda mitad del siglo XIX.

3.3.1 La aparición de las tecnologías del control.

El cambio tecnológico masivo que acompaña a la cultura digital se suele abordar desde dos posturas diferentes. Por una parte, estaría la de los tecnófilos entusiastas que, centrando el foco en el presente, lo consideran como un fenómeno radicalmente novedoso sin considerar la herencia del pasado; y, por otra parte, estaría la opinión de aquellos que contemplan el desarrollo histórico del fenómeno como una consecuencia de la existencia de estructuras conceptuales duraderas y que encuentran los antecedentes del mundo digital en acontecimientos tan alejados en el tiempo como la invención de la escritura o el nacimiento de la filosofía griega.

Existe una posición intermedia que considera que la cultura digital está inscrita en un largo proceso de décadas de evolución, pero sitúa un límite histórico más cercano que el del nacimiento de la cultura escrita y lo coloca en el momento de la aparición de una sociedad basada en la información, fenómeno que se produce en el tránsito entre los siglos XIX y XX, momento en el que tuvo lugar una gran transformación que los historiadores de la tecnología denominan Segunda Revolución Industrial. Se caracteriza por cambios industriales y tecnológicos marcados por la sustitución de la máquina de vapor por el motor de combustión interna y la electricidad y por el rápido desarrollo de sectores como la industria química en detrimento de la industria textil.

Este periodo estuvo marcado por un aumento espectacular del volumen de la producción industrial, de la velocidad del transporte y de la cantidad y variedad de mercancías y productos distribuidos y consumidos a nivel global. El fenómeno dio lugar a la aparición de grandes corporaciones de carácter industrial y comercial. Estas empresas, de manera similar a lo que ya había sucedido anteriormente en la industria del ferrocarril,²⁶ tuvieron que afrontar

²⁶ Para Jeremy Rifkin (1943, Denver, Colorado), sociólogo y economista que investiga el impacto de los cambios científicos y tecnológicos en la economía, la fuerza de trabajo, la sociedad y el medio ambiente, la moderna gestión empresarial tuvo su nacimiento en la industria del ferrocarril hacia 1850, una época

el problema de la organización y la gestión de una nueva realidad que venía marcada por la necesidad de un seguimiento adecuado de las cantidades masivas de mercancías y del creciente número de operaciones necesarias para su producción, almacenamiento y distribución.

Esta situación, que generaba una cantidad cada vez mayor de datos, gráficos, inventarios, archivos de clientes, etc., es lo que autores como el sociólogo e historiador James R. Beniger han denominado la "crisis del control"²⁷ y que dio lugar a la búsqueda de soluciones muy diversas como, por ejemplo, el desarrollo de los principios del *management* científico por parte del ingeniero Frederick Winslow Taylor (1856-1915) o las distintas técnicas utilizadas para racionalizar la producción en las factorías. En su obra *The Control Revolution: Technological and Economic Origins of the Information Society*, Beniger describe las causas que llevaron desde la mitad hasta el final del siglo XIX a una "crisis de control" generada por la Revolución Industrial en la fabricación y el transporte. La respuesta a esta crisis consistió en una revolución del control social plasmada inicialmente en forma de burocracia, pero que, tras la Segunda Guerra Mundial, se desplazó hacia la utilización de las herramientas proporcionadas por la tecnología informática. No obstante, estas tecnologías deben ser consideradas no como la causa sino como la consecuencia del cambio social, como una extensión natural de una "revolución del control" que estaría todavía en progreso en la actualidad y de la que son un claro ejemplo los intentos realizados por parte de los distintos gobiernos para conseguir el control de las redes de información.

Las actividades de procesado de la información y la comunicación son componentes inseparables de la función controladora por lo que la capacidad de una sociedad para mantener el control a todos los niveles será directamente proporcional al desarrollo de sus tecnologías informacionales. La burocracia que en sí misma es una tecnología del control fue la primera gran respuesta a esta crisis de control e información. Para Max Weber (1864-1920), fundador de la sociología moderna, la racionalización constituiría otra de las tecnologías del control²⁸ considerando que éste se puede incrementar no sólo por el aumento de la capacidad de procesar información sino también por la reducción de la cantidad de información que precisa ser procesada.

La utilización de las tecnologías del control ha permitido una creciente producción, distribución y consumo de mercancías y servicios y la mayor consecuencia de esta revolución

en la que los ferrocarriles funcionaban sobre una vía única por lo que la garantía de la seguridad se convirtió en un factor crítico. Tras una serie de accidentes se iniciaron importantes cambios en la gestión organizativa que incluyó un proceso sistemático de recopilación de datos y una rápida difusión de la información esencial. Esto convirtió a la compañía *Western Railroad* en la primera empresa con una estructura organizativa interna de corte moderno. La invención del telégrafo en 1844 facilitó las comunicaciones que permitieron la expansión del ferrocarril y poder cubrir de este modo un mercado nacional. RIFKIN, Jeremy (2004) *El fin del trabajo. Nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era*. Barcelona: Ediciones Paidós, p. 152.

²⁷ BENIGER, James R. (1986) *The Control Revolution: Technological and Economic Origins of the Information Society*. Cambridge (MA.): Harvard University Press.

²⁸ MOUZELIS, Nicos P. (1975) *Organización y burocracia*. Barcelona: Ediciones Península, pp. 21-31. Ver también: MAYNTZ, Renate (1982) *Sociología de la organización*. Madrid: Alianza Editorial, pp. 134-138.

ha sido sin duda el surgimiento de la denominada "sociedad de la información". De manera similar a lo que ocurría en las grandes estructuras industriales y comerciales, las sociedades de los países industrializados evolucionaron hacia una mayor complejidad que requería de enormes cantidades de información acerca de los ciudadanos con el fin de poder ejercer una acción eficaz de gobierno. Las administraciones públicas necesitaban conocer las características y las necesidades de los individuos con el fin de poder administrar, gestionar y planificar sus recursos.

De esta necesidad surge precisamente una de las invenciones tecnológicas más decisivas en la historia de la introducción de lo digital en nuestra cultura: la máquina de tabular eléctrica (*electric tabulating machine*). Fue diseñada por el ingeniero Hermann Hollerith (1860-1929) para la realización del censo norteamericano del año 1890. El *US Census Bureau* había convocado un concurso para hallar un nuevo sistema de contabilizar el censo nacional dado que los datos demográficos habían llegado a ser de tal magnitud que en 1886 todavía se estaban interpretando los datos del censo de 1880.²⁹ Hollerith, ingeniero de minas que trabajaba para el *Census Bureau*, fue el ganador del concurso con una máquina que realizaba la lectura de datos almacenados en tarjetas perforadas.



Ilustración 6. Máquina tabuladora de Hollerith, 1908.

Observó que la mayor parte de las preguntas contenidas en los censos se podían contestar con un SÍ o un NO por lo que ideó una tarjeta perforada de 80 columnas formada por una cartulina en la que, según estuviera perforada o no en determinadas posiciones, se contestaba a este tipo de cuestiones. También diseñó una máquina perforadora para la

²⁹ El censo siguiente al de 1890 (con una población prevista de aproximadamente más de 60 millones de personas) no podría ser procesado en menos de diez años por lo que, en el momento de obtener los datos finales de dicho censo estos ya se habrían vuelto obsoletos pues ya se habría realizado el censo correspondiente al año 1900. BARCELÓ, Miquel (2008) *Una historia de la informática*. Barcelona: Editorial UOC, pp. 30-31.

codificación de la información y un lector de tarjetas. La máquina electromecánica de procesado de información se llamó genéricamente "tabuladora", porque el procesamiento fundamental de los datos consistía en una clasificación de los mismos y para ello se realizaban resúmenes e inventarios por distrito, sexo, religión, etc., en forma de tablas. Hollerith diseñó un sistema formado por una lectora eléctrica de tarjetas perforadas, una clasificadora rudimentaria y una unidad tabuladora que hacía las sumas e imprimía los resultados. Con el nuevo dispositivo se consiguió una disminución espectacular de los errores del proceso y también un aumento de la velocidad de tratamiento de los datos que permitió completar el censo de 1890 en menos de dos años y medio (para lo que se tuvieron que perforar unos 56 millones de tarjetas), de este modo se acortó el tiempo anteriormente necesario para el procesado de la información en más de un 60%.³⁰



Ilustración 7. El sistema de Hollerith en la portada de "Scientific American", 1890.

³⁰ Hollerith está considerado como el primer informático, es decir, el primero que logró un tratamiento automático de la información. Patentó su máquina en 1889 y en el año 1896 creó su propia empresa, la *Tabulating Machine Company*, para la comercialización de la nueva máquina. En 1911 la compañía se fusionó con otras tres, *Computing Scale Company*, *International Time Recording Company* y *Bundy Manufacturing Company* para formar la *Computing Tabulating Recording Company* (CTR). El 14 de febrero de 1924, CTR cambió su nombre por el de *International Business Machines Corporation* (IBM), cuyo primer presidente fue Thomas John Watson. EAMES, Charles; EAMES, Ray (1973) *A computer Perspective: Background to the Computer Age*. Reedición: (1990) Cambridge (MA.): Harvard University Press. Citado por MANOVICH, Lev (2001) *The Language of New Media*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Versión en español: MANOVICH, Lev (2005) *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación*. Barcelona: Ediciones Paidós, p. 69.

Las máquinas de tabular formaban parte de un entorno más amplio de herramientas de oficina dedicadas al procesado de datos e incluían máquinas de escribir, grabadoras, calculadoras, etc., las cuales tuvieron una gran importancia en la emergencia de una sociedad basada en la información que constituyó el caldo de cultivo adecuado para el posterior desarrollo de la informática. La información es un fenómeno que carece de relevancia a menos que circule y se distribuya por lo que en este proceso resultaron cruciales los nuevos medios de comunicación como el teléfono o el avance espectacular de medios tradicionales como la prensa escrita cuya difusión se vio favorecida por los adelantos en la iluminación artificial mediante lámparas de gas o la invención de la bombilla incandescente.³¹ La sociedad industrial se reorganizó completamente en torno a la producción e intercambio de la información. En este sentido la radio jugó también un papel muy importante en la configuración de una sociedad de la comunicación (incluso de la telecomunicación) debido a la posibilidad de que las señales eléctricas y las ondas de radio pudiesen ser captadas por receptores situados a grandes distancias de un forma casi instantánea.

3.3.2 Los nuevos espacios del control: la visión abstracta de la realidad.

Las implicaciones arquitectónicas y urbanísticas de las revoluciones de la información y la comunicación en un principio fueron bastante limitadas. Los nuevos medios de transporte (ferrocarriles, tranvías y sobre todo, el automóvil) tuvieron una influencia instrumental de mayor calado en la reconfiguración de las ciudades y el impacto de la suburbanización, mientras que los nuevos medios como el teléfono o la radio no supusieron una gran transformación sobre los criterios de organización de la vivienda y el entorno doméstico. Pero a pesar de lo limitado de su impacto hay que señalar la aparición de un tipo de espacio totalmente novedoso vinculado a los avances tecnológicos en la gestión de la información y que tendrá una gran importancia en el campo de la cultura digital. Nos referimos a la "sala de control" (*control room*) desde la que el operario responsable podía "visualizar" el estado de un sistema u organización por medio de un dispositivo de cuadros eléctricos, gráficos y diagramas que permitirían su control y monitorización. Fue introducida por compañías eléctricas como la *Consolidated Edison* a finales del siglo XIX y constituyen un heredero directo del panóptico de Bentham analizado por Michel Foucault en su obra "*Vigilar y castigar*". La moderna sala de control se diferencia de la habitación de vigilancia panóptica en que ofrece una visión de naturaleza totalmente abstracta proporcionando una representación mediada y codificada de la realidad a través de medidores eléctricos (relés), figuras y gráficos.

A lo largo del siglo XX la sala de control se convirtió en un espacio con una elevada carga mítica en el imaginario colectivo debido sobre todo al impacto emocional de la metáfora

³¹ "La gente empezó a leer más y a permanecer despierta hasta más tarde. No es casualidad que la segunda mitad del siglo XIX fuera testigo de un repentino y duradero auge de periódicos, revistas, libros y partituras. El número de periódicos y revistas en Gran Bretaña pasó de 150 a principios de siglo a los casi 5.000 de finales del XIX." BRYSON, Bill (2011) *En casa. Una breve historia de la vida privada*. Barcelona: RBA Libros, p. 114.

periodística del "centro neurálgico" vinculada a la percepción de una sociedad del riesgo.³² Nos encontramos inmersos en una sociedad altamente tecnológica en la que nuestra supervivencia depende de una serie de sistemas de distribución de una gran complejidad: energía, agua, gas, transporte, logística alimentaria, redes de información, etc. El temor a las consecuencias catastróficas del fallo de alguno de estos sistemas hace necesaria la existencia de una sensación de tranquilidad psicológica que vendría dada por la idea de que existe en algún lugar un grupo de personas expertas que mantienen el control de la situación en lo que se podría denominar "mito de la competencia". Sería el equivalente a una "sala del trono" pero con profesionales anónimos altamente cualificados³³.

El contraste entre la realidad física del sistema y la representación abstracta del mismo genera un potencial dramático que ha sido difundido y aprovechado por diversas manifestaciones de la cultura popular que han explotado el fenómeno desde la aparición del cinematógrafo como por ejemplo en películas como *Metrópolis* (1927) de Fritz Lang en donde se juega con la distorsión existente entre la aparente serenidad de la sala de control y la dureza de las condiciones de la factoría como una metáfora de las deficiencias de la sociedad industrial.



Ilustración 8. Imagen del actor Alfred Abel (1880-1937) que interpreta el papel de John Fredersen en la distopía futurista '*Metropolis*' (1927) del director alemán Fritz Lang, ambientada en el año 2000. En el fotograma se muestra la sala de control en la Nueva Torre de Babel.

³² Este concepto fue analizado por el sociólogo alemán Ulrich Beck (1944-2015) en su obra *La sociedad del riesgo* y se define como una fase de desarrollo de la sociedad moderna donde los riesgos sociales, políticos, económicos e industriales tienden cada vez más a escapar al control de las instituciones de la sociedad industrial.

³³ WILES, Will (2014) "The Control Room is a Highly Charged Mythic Space", en *dezeen magazine*. Artículo en línea. Disponible en: <<http://www.dezeen.com/2014/11/20/will-wiles-opinion-control-room-interior-highly-charged-mythic-space/>> [Fecha de consulta: 07/02/2015]

A partir de los años cincuenta del siglo XX surge una nueva iconografía para identificar al poder. Se trata de salas oscuras y totalmente aisladas del exterior, llenas de pantallas que muestran toda clase de datos, y pobladas por analistas que filtran e interpretan la información que reciben en tiempo real. Casi siempre preside la escena un gran mapa del mundo lleno de luces parpadeantes. Son las “salas de control” o “salas de situación” (*situation rooms*). Surgidas tras la Segunda Guerra Mundial -el primer conflicto en que la interceptación de datos se convirtió en un frente de batalla crucial como veremos más adelante- las salas de situación son hoy los verdaderos puentes de mando de las estructuras militares, económicas y políticas.³⁴



Ilustración 9. Stanley KUBRICK, Imagen de la *situation room* (*war room*) de la película *Dr. Strangelove (Teléfono rojo, volamos hacia Moscú)*, 1964.

Durante los años 60 y 70 las imágenes de las salas de control de las misiones *Apollo* familiarizaron al público con este tipo de espacios que transmitían una elevada carga emocional debido a las situaciones de riesgo que reflejaban y que fueron recogidos también por el cine en películas como *The Taking of Pelham One Two Three (Pelham 1, 2, 3)* de Joseph

³⁴ "Con la aparición de Internet a principios de los 90 y el boom de los ordenadores personales, se produce cierta democratización del acceso a las tecnologías de captación y visualización de datos. Esto ha posibilitado la consecución de diversas experiencias de *situation rooms* desde la sociedad civil, con la forma de *media-labs* temporales influenciados principalmente por las ideas de la cibernética y del software libre." DE SOTO, Pablo & Hackitectura [eds.] (2010) *Situation Room*. Publicación con textos de *Bureau de Etudes*, Eden Medina, José Pérez de Lama, Sergio Moreno, José Luis de Vicente, Alejandro González, Ana Valdés y Pablo de Soto. Barcelona: dpr.

Sargent (1974) o *The China Syndrome* (*El síndrome de China*) de James Bridges (1979). En la misma línea se situarían las "salas de situación" de la Guerra Fría reflejadas por el modelo clásico planteado por el arquitecto Ken Adam en *Dr. Strangelove: How I learning to Stop Worrying and Love the Bomb* (*Teléfono rojo, volamos hacia Moscú*, 1964) de Stanley Kubrick y con los espacios de control contemporáneos repletos de pantallas digitales. Todos ellos tienen en común la existencia de una representación mediada, codificada y abstracta de lo que sucede. Podemos encontrar, por tanto, en el periodo de cambio del siglo XIX al XX una de las características de la cultura digital: la sustitución de la visión directa de la realidad por su representación abstracta a través de información codificada.

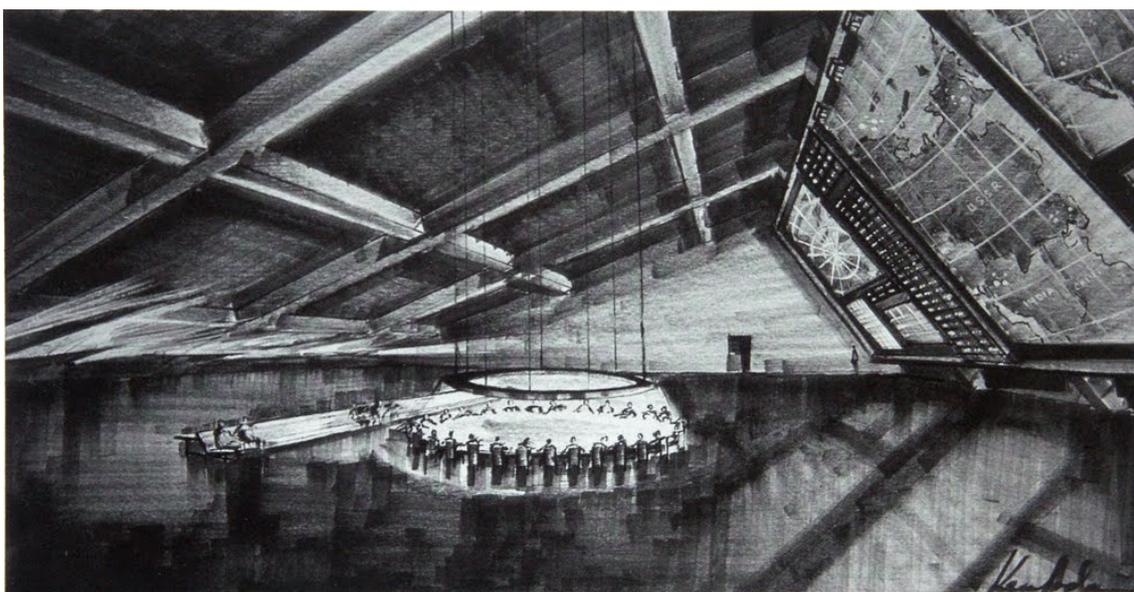


Ilustración 10. Ken ADAM, "War Room", Dibujo, 1962-63, del diseño de producción de la película *Dr. Strangelove: How I learning to Stop Worrying and Love the Bomb*, Stanley KUBRICK, 1964.

3.3.3. Gestionar las multitudes: el individuo calculable.

Otra de las cuestiones que emergen en el periodo de cambio del siglo XIX al XX y que llega hasta nuestros días entroncando con la cultura digital contemporánea es la de la nueva condición del individuo en la sociedad de la información. Se producen tensiones entre el estatus de anonimato que aparentemente proporcionaría la adscripción del mismo a patrones colectivos de comportamiento que diluirían sus características personales y por otra parte, el afán en la búsqueda de medios seguros de identificación individual a través de las investigaciones realizadas por antropólogos y médicos como Alphonse Bertillon (1853-1914) en Francia y Francis Galton (1822-1911) en Inglaterra.



Ilustración 11. Mediciones antropométricas a comienzos del siglo XX. Dispositivo medidor de cabezas del Mayor A. J. N. TREMEARNE, 1913.

En las dos últimas décadas del siglo XIX aparece como tema de reflexión y análisis la problemática de la "sociedad de masas" y el papel de los medios de difusión.³⁵ La amenaza real o potencial de la masa justificaría la introducción de dispositivos de control estadístico. En esta dirección el astrónomo y matemático belga Adolphe Quetelet³⁶ (1796-1874) funda, hacia 1835, la nueva ciencia de la medida cuantitativa de lo social basada en la unidad base del "hombre promedio" (*l'homme moyen*). Mediante la realización de cuadros de mortalidad, y también de criminalidad, a través del cálculo de patologías sociales, trataba de poner de manifiesto la existencia de leyes de orden moral en paralelo con el orden físico.³⁷

³⁵ MATTELART, Armand; MATTELART, Michèle (1997) *Historia de las teorías de la comunicación*. Barcelona: Ediciones Paidós, p. 18.

³⁶ En *Sur l'homme et le développement de ses facultés, essai d'une physique sociale* (1835), Quetelet presentó su concepción del "hombre medio" como valor central, alrededor del cual las medidas de una característica humana estaban agrupadas siguiendo una curva normal. El "índice de Quetelet" o índice de masa corporal (IMC) se utiliza hoy en día como medida internacional de la obesidad. Junto a Germinal Pierre Dandelin, fue autor de los llamados "teoremas belgas" –ambos matemáticos eran de origen belga– que relacionan las definiciones de cónicas por secciones planas de un cono con las esferas inscritas.

³⁷ El ensayo *Sur l'homme et le Développement de ses facultés. Essai d'une physique sociale* (El hombre y el desarrollo de sus medidas. Un ensayo sobre física social) se publicó en 1835. En 1869 revisó y reeditó el libro publicado en 1835, titulándolo *Física Social*. Podemos mencionar tres conclusiones fundamentales: el delito es un fenómeno social que puede conocerse y determinarse estadísticamente; los delitos se cometen año tras año con absoluta regularidad y precisión; los factores que influyen como causas de la actividad delictiva son: el clima, la pobreza, la miseria, el analfabetismo, etc.

Se institucionaliza el cálculo de probabilidades transfiriendo al campo político la tecnología del riesgo y la razón probabilista que se utilizaba ya en el ámbito de la gestión de los seguros privados para el análisis de riesgos como la mortalidad, los naufragios marítimos o los incendios. Medio siglo más tarde surgen las ciencias de la identificación en el campo de la criminología (policía científica): la antropometría de Bertillon, la biometría y eugenesia de Galton y la antropología criminal de Cesare Lombroso (1835-1909) permiten la identificación del individuo y el establecimiento de "perfiles" que tienen como objetivo cumplir con la misión de vigilancia y control higienista de las clases consideradas como "peligrosas". Las tensiones sociales emergentes dan lugar a la aparición de la "psicología de las masas" formulada por el sociólogo italiano Scipio Sighele (1868-1913) y el médico psicopatólogo francés Gustave Le Bon (1841-1931). Le Bon analiza el comportamiento de las multitudes en *Psychologie des Foules* (1885) obra en la que argumenta sobre el "alma de la muchedumbre". Sigmund Freud (1856-1939) en *Psicología de las masas y análisis del yo* (1921) cuestionará los dos axiomas de la psicología de las masas: la exaltación de los sentimientos y la inhibición del pensamiento en la masa criticando lo que denomina "tiranía de la sugestión".

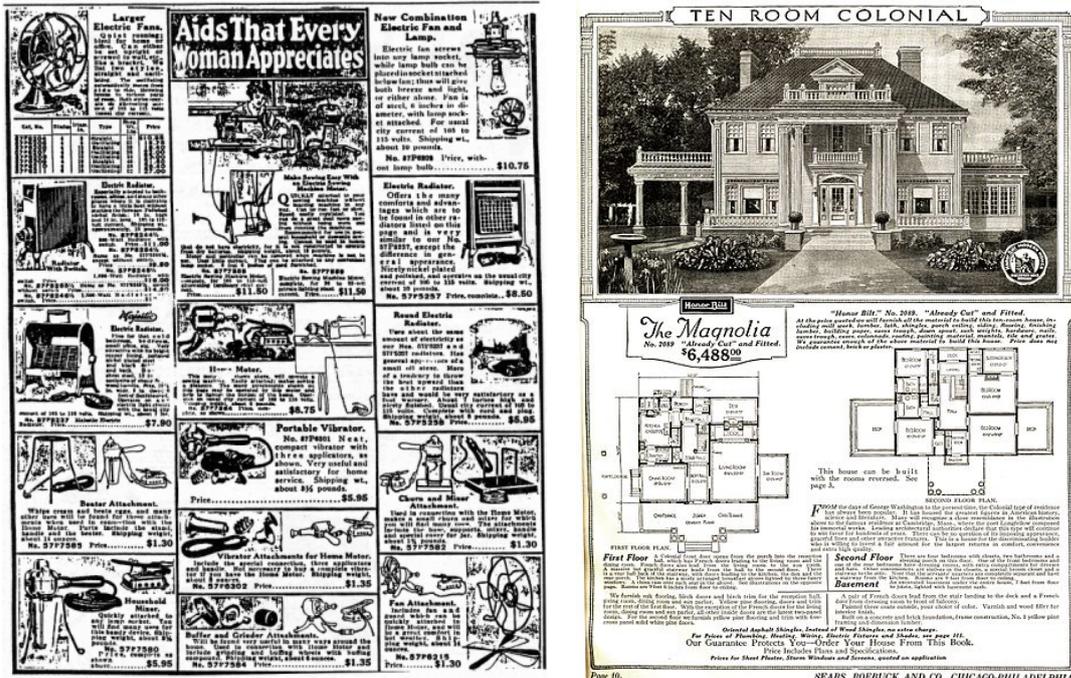


Ilustración 12. [Izquierda] Catálogo de Sears, Roebuck & Co., 1918. [Derecha] Sears Magnolia Model Kit House. Sears Modern Homes Catalog, 1921.

La investigación de regularidades estadísticas permitió también la aparición de nuevas prácticas comerciales como, por ejemplo, la venta por correspondencia³⁸. La gestión eficiente

³⁸ En 1872 Aaron Montgomery Ward produjo el primer catálogo para su tienda de venta por correspondencia. Su primer catálogo era una hoja de papel con una lista de precios, que mostraba las mercancías a la venta y las instrucciones de pedido. Veinte años más tarde su lista de productos creció hasta convertirse en un libro ilustrado de 540 páginas que ofrecía alrededor de 20.000 productos. El primer catálogo de Sears fue publicado en los Estados Unidos en 1888. En la década de 1890 se enviaban cientos de miles de catálogos a sus potenciales clientes. Hacia 1894 el catálogo de Sears

de los clientes y compradores requiere de una identificación lo más precisa posible de los mismos. Por otra parte, la medición de tiempos de los gestos y operaciones elementales del proceso de producción realizada siguiendo los principios del *management* científico de Taylor resulta inseparable de este clima de cuantificación y medida del individuo vinculado al nacimiento de la era de la información.

Sin embargo, a pesar de todos estos estudios, la condición del individuo no se volvió más transparente y nítida sino que al mismo tiempo que se intentaban cuantificar y medir las características de los seres humanos se pudieron detectar y observar nuevas complejidades en el comportamiento de los sujetos. Las nuevas incógnitas surgidas iban desde la dificultad de reducir la experiencia temporal individual a una magnitud cuantitativa, concepto que fue expresado literariamente por Marcel Proust (1871-1922) y filosóficamente por Henry Bergson (1859-1941), hasta las intrincadas profundidades de la mente humana reveladas por el naciente psicoanálisis freudiano y que dificultaban su racionalización debido a la presencia de capas ocultas y conflictos internos.

Las tensiones entre anonimato e identificación personal, así como entre la búsqueda de un mayor grado de determinación y la imposibilidad de predecir el comportamiento individual, configuran una nueva condición del sujeto humano remarcada por la necesidad de adaptarse a un entorno/ambiente en el que la información, a menudo en forma de código, se estaba convirtiendo en una dimensión esencial de la nueva sociedad.

3.4 Una genealogía de lo digital: de la mecanización del cálculo a los primeros ordenadores.

La intensa movilización de recursos científicos realizada durante la Segunda Guerra Mundial propició el inicio de la construcción de máquinas inteligentes y la invención del ordenador, lo que constituye una nueva etapa en la búsqueda de máquinas para el procesado masivo de datos que ya a finales del siglo XIX había dado lugar a la aparición de las tabuladoras. Como sucede a menudo en el campo de la ciencia y la tecnología los avances fueron el resultado de la fertilización cruzada entre conceptos procedentes de diferentes campos con agendas e intereses muy diversos y con cronologías muy distintas y alejadas en el tiempo.

3.4.1 Del ábaco a las máquinas de calcular.

El primer campo a considerar en esta evolución sería el relacionado con la preocupación existente desde muy antiguo por la búsqueda de la mecanización del cálculo.

constaba de 322 páginas en las que se ofrecía una gran diversidad de productos como máquinas de coser, bicicletas, artículos deportivos, etc. Entre 1908 y 1940 llegó a ofrecer casas prefabricadas por catálogo, llegando a vender unas 70.000 unidades de las que se conservan un gran número en la actualidad.

Deberíamos buscar la prehistoria de la informática en las herramientas y métodos empleados por las primeras civilizaciones con el fin de simplificar la tarea de realizar cálculos. Desde tiempos remotos el ábaco fue utilizado por los chinos y los tártaros, conservándose ábacos romanos de funcionamiento similar a los fabricados por chinos y japoneses. Dejando a un lado estos precedentes, los avances principales en el proceso de mecanización del cálculo se inician con la invención de las primeras máquinas de sumar por parte de los científicos del siglo XVII.³⁹

El cálculo manual ha estado siempre sujeto a errores por lo que el objetivo de reducir la intervención humana al mínimo con el fin de evitarlos provocó el interés por conseguir instrumentos mecánicos de cálculo y entre los siglos XVII y XIX se construyeron los primeros instrumentos mecánicos dedicados a estos fines.⁴⁰ En el año 1614 el escocés John Napier o Neper (1550-1617), barón de Merchiston, contribuyó a la simplificación de los cálculos con la invención de los logaritmos, una "tecnología" que permitía transformar operaciones complejas en operaciones más sencillas: la multiplicación se transformaba en una suma; la división se convertía en una resta; la exponenciación, en una multiplicación; y las raíces, en divisiones. La simplificación del cálculo era imprescindible para poder realizar operaciones complejas de forma manual. Pero Napier también desarrolló como alternativa a las tablas lo que se puede considerar una antecesora de las modernas máquinas de calcular, los denominados "huesos o bastones de Napier" (*Napier's Bones*).⁴¹



Ilustración 13. Huesos de Napier.

³⁹ Durante este siglo un prolongado proceso produjo cambios decisivos en la visión del universo, el método científico y la concepción misma de la ciencia occidental. Este momento se ha denominado a menudo como "revolución científica" y tuvo enormes consecuencias culturales dado que abrió la puerta a la Ilustración en el siglo XVIII y a la Revolución Industrial del siglo XIX.

⁴⁰ TORRA, Vicenç (2011) *Del ábaco a la revolución digital. Algoritmos y computación*. Barcelona: RBA Libros, p. 77.

⁴¹ La obra de Napier se titulaba *Rabdologiae seu Numerationis per virgulas libri duo* (1617). La invención de Napier llevó directamente a la aparición de la "regla de cálculo" construida por primera vez en Inglaterra en 1632 por William Oughtred (1574-1660), mejorada en 1859 por el francés Amédée Mannheim, y todavía en uso por los ingenieros de la NASA como herramientas de cálculo científico en los años 60 durante los programas Mercury, Gemini y Apollo hasta que el desarrollo de las calculadoras electrónicas de bolsillo las dejó obsoletas a partir de la década de 1970. Véase: TORRA, Vicenç (2011) *Del ábaco a la revolución digital. Algoritmos y computación*. Barcelona: RBA Libros, p. 82.

Pero la que se considera como "primera máquina de calcular conocida" se atribuye a Wilhelm Schickard (1592-1635), astrónomo y profesor de la universidad de Tubinga, que describió su funcionamiento en una serie de cartas dirigidas al astrónomo y matemático Johannes Kepler en los años 1623 y 1624.⁴² El artefacto se denominó "reloj calculador" y permitía realizar las cuatro operaciones aritméticas básicas. Operaba mediante elementos parecidos a los "huesos" de Napier realizando el "acarreo" (transferencia de un dígito de una columna a otra columna de mayor potencia en un algoritmo de cálculo) de forma mecánica mediante una serie de ruedas dentadas.⁴³ La invención de Schickard no tuvo un gran impacto en la historia de la computación debido a que su inventor murió víctima de una de las terribles plagas de peste bubónica que asolaron Europa en la época perdiéndose la máquina que no volvió a ser hallada hasta el siglo XX.⁴⁴

La primera máquina de calcular de la que sí se tuvo noticia y que gozó de publicidad fue la "*Pascalina*" diseñada por el matemático, físico y filósofo Blaise Pascal (1623-1662) en 1642 y que permitía la realización de sumas automáticas. Su mecanismo era muy similar al de la máquina de Schickard ya que operaba incrementando una unidad superior a partir de una vuelta completa de la unidad anterior.



Ilustración 14. Modelo de "Pascalina".

⁴² MONEDERO ISORNA, Javier (1999) *Aplicaciones informáticas en arquitectura*. Barcelona: Edicions UPC, p. 21.

⁴³ Este procedimiento de "acarreo" por ruedas se había utilizado en Europa desde el siglo XVI para la construcción de podómetros. El más antiguo conocido fue invención del francés Jean Fernel en el año 1525.

⁴⁴ Se conocía su existencia por la correspondencia mantenida con Johannes Kepler, con quien llegó a colaborar. Las cartas incluían bocetos del ingenio por lo que se ha podido reconstruir y comprobar su funcionamiento. En abril de 1957 se anunció el descubrimiento durante una conferencia sobre la historia de las matemáticas en Oberwolfach, Alemania. En 1960 Bruno von Freytag-Löringhoff, profesor de filosofía de la Universidad de Tubinga creó la primera réplica de la máquina de Schickard. IGARASHI, Yoshihide; ALTMAN, Tom; FUNADA, Mariko; KAMIYAMA, Barbara (2014) *Computing: A Historical and Technical Perspective*. Boca Raton (FL.): CRC Press, p. 87.

El sistema de funcionamiento mecánico causaba numerosos problemas debido a la calidad de los acabados de las ruedas dentadas que no encajaban adecuadamente. A pesar de los fallos y limitaciones de estas primeras máquinas de cálculo se desató un gran interés entre matemáticos e ingenieros para intentar diseñar y construir este tipo de artefactos. El inglés Samuel Morland (1625-1695) construyó en 1666 una máquina adaptada al sistema de moneda inglés. Se trataba de una máquina que no realizaba el acarreo de forma automática, pero era tan pequeña que podía llevarse en el bolsillo.

Unas décadas más tarde, en 1694, el científico y filósofo Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) desarrolló una máquina que supuso un gran avance con relación a la máquina de Pascal puesto que permitía calcular multiplicaciones de forma automática. Hasta ese momento la utilización de la calculadora resultaba tediosa debido a la necesaria intervención del operador humano para la realización de los pasos intermedios a lo que había que sumar las complicaciones técnicas derivadas de la falta de precisión de las piezas, fuera de las capacidades tecnológicas de la época, lo que ocasionaba una pérdida de fiabilidad.

Las mejoras introducidas por Leibniz (un cilindro, la denominada "rueda de Leibniz", que soportaba varios engranajes dentados a distancias crecientes y un carro móvil) tuvieron un gran impacto en el desarrollo posterior de este tipo de artefactos. Las mejoras técnicas para hacer viables estos mecanismos no se consolidaron hasta el año 1822 cuando el francés Charles-Xavier Thomas de Colmar (1785-1870) inventó, y después comercializó de forma masiva, el *Aritmómetro* (*Arithmomètre*).



Ilustración 15. Aritmómetro de Colmar construido por Louis Payen en 1887.

Esta máquina, a diferencia de las anteriores, era capaz de realizar las cuatro operaciones básicas (sumar, restar, multiplicar y dividir) de manera sencilla, con resultados de hasta 12 cifras. Sus defectos eran que no podía ser programada para efectuar cálculos en sucesión y que no era capaz de conservar en memoria un resultado parcial, cuestiones que fueron resueltas en sucesivas revisiones.

En pocos años se construyeron varios modelos alternativos como la calculadora *Arithmaurel* del francés Timoleón Maurel (1842), la calculadora de rueda dentada del estadounidense Frank Baldwin (1872) y la calculadora circular del inglés Joseph Edmonson (1885). Todas estas máquinas se utilizaron hasta bien entrado el siglo XX.⁴⁵ Otro investigador, el alemán Otto Steiger (1858-1923), patentó en 1893 un modelo de calculadora (*the Millionaire*) que realizaba multiplicaciones directas en vez de sumas repetidas y que estaba basada en un diseño anterior de 1887 del investigador francés León Bollée.⁴⁶

3.4.2 Telares y tarjetas: de Jacquard a Babbage.

Durante el siglo XIX se produjeron otros avances científicos que preparaban el advenimiento de la informática. Así en el año 1835 el físico estadounidense Joseph Henry (1797-1878) inventó el relé electromecánico, un paso decisivo hacia la materialización de los ordenadores modernos. Otro avance fundamental fue la aparición del teclado numérico (Christopher Latham Sholes diseñó la primera máquina de escribir comercial en 1872 y el teclado QWERTY en 1873), que prefiguraría la parte esencial de la interfaz de los ordenadores del futuro. Con la introducción del teclado se redujo el tiempo de operación y se facilitaba la tarea del usuario.

La implantación de soluciones industriales debidas a la Revolución Industrial tuvo como consecuencia que la evolución de la computación automática fuese en paralelo a los procesos de automatización de la industria textil lo que fue nutriendo de recursos e instrumentos cada vez más perfeccionados a las máquinas de calcular y los ordenadores. Ya en el año 1725 el francés Basile Bouchon había iniciado el desarrollo de técnicas para programar

⁴⁵ A partir de la máquina de Maurel, las calculadoras introdujeron las raíces cuadradas, además de las operaciones aritméticas básicas.

⁴⁶ Hay que señalar también las aportaciones del norteamericano Edmund D. Barbour que patentó su método en 1872 y del periodista, ingeniero y escritor gallego Ramón Silvestre Vereá Aguiar y García (1833-1899) oriundo de Curantes, una aldea de A Estrada (Pontevedra) y emigrado a Cuba en 1855. En 1878 desarrolló y patentó en Nueva York, donde residía desde 1865, la *Verea Calculating Machine*, la primera máquina de calcular que efectuaba multiplicaciones de forma directa en vez de aditivamente. Usaba tablas internas operando a una gran velocidad para la época (U.S. Patent Nº 207918). El invento ganó una medalla de oro en la Feria Mundial de los Inventos de Matanzas, Cuba (1878) y fue recogido en un artículo de la revista *Scientific American*. Su prototipo forma parte de la colección de máquinas de clasificación y cálculo iniciada en 1930 por el fundador de IBM, Thomas Watson. Véase KIDWELL, Peggy Aldrich (1995) "Ideology and invention: The calculating machine of Ramón Vereá", en Rittenhouse: Journal of the American Scientific Instrument Enterprise, 1995, 9(2), 33-41, y también ARCA CALDAS, Olimpio (2009) *Ramón Silvestre Vereá García: inventor, xornalista, estradense*. A Coruña: Pío García. Vereá nunca se interesó en comercializar su idea; lo que perseguía era demostrar que los españoles podían inventar igual que los estadounidenses, por lo que su creación solo dejó huella en la historia de la computación como base para futuras máquinas. Puede consultarse una amplia perspectiva del tema de los trabajos de Vereá y Torres Quevedo en CHASE, George C. (1980) "History of Mechanical Computing Machinery", en *Annals of the History of Computers*, 2 (3), 1980, pp. 198-226. Fuente: SILVA SUÁREZ, Manuel [ed.] (2013) *Técnica e Ingeniería en España. VII. El Ochocientos. De las profundidades a las alturas*. Zaragoza: Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas de la Universidad de Zaragoza, pp. 64-65.

telares mediante una cinta perforada que contenía la información de los patrones.

Años más tarde, en 1728 su ayudante Jean-Baptiste Falcon perfeccionó el sistema y reemplazó la cinta por un sistema de tarjetas perforadas. En 1803 Joseph Marie Jacquard (1752-1834) mejoró la técnica desarrollando un sistema basado en el diseño del ingeniero Jacques de Vaucanson (1709-1782) creador de autómatas y que había empleado tarjetas y un tambor rotatorio para producir tejidos de forma automática con un único operador en 1740 cuando fue nombrado inspector de las manufacturas de la seda en Francia por el Cardenal Fleury, primer ministro de Luis XV.

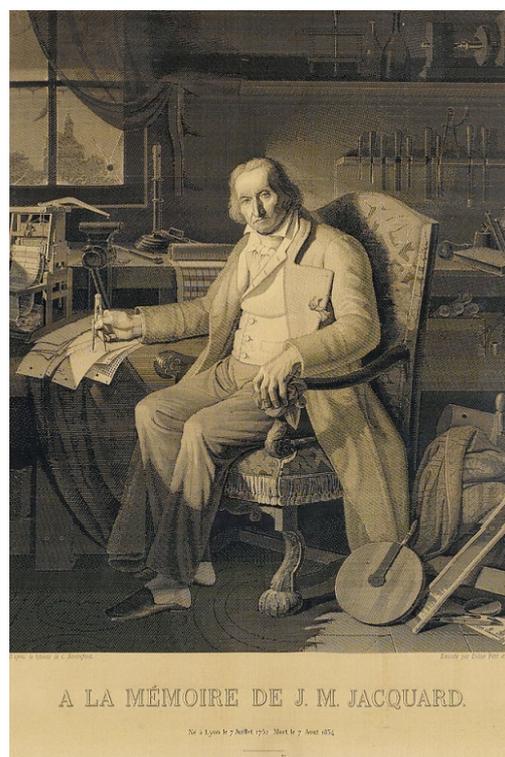
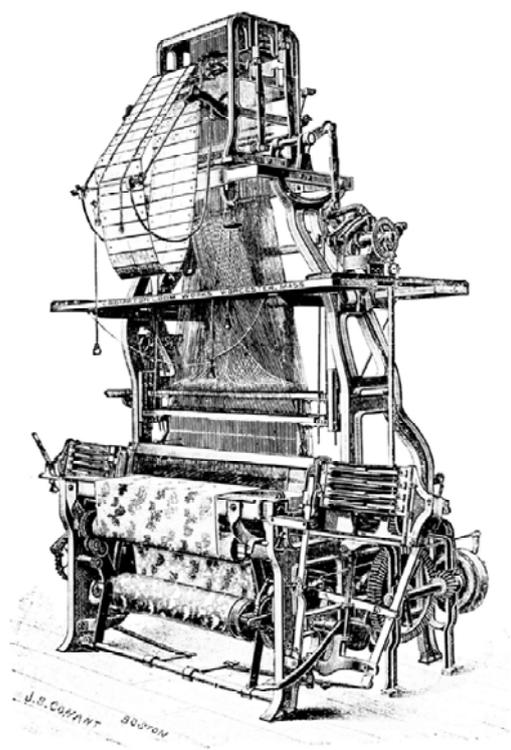


Ilustración. 16. [Izquierda] Telar de Jacquard. [Derecha] Retrato de Jacquard tejido en seda, 1839.

El telar de Jacquard revolucionó la industria textil aunque inicialmente sufrió el rechazo de los tejedores que incluso llegaron a quemar públicamente uno de sus telares. El artilugio utilizaba tarjetas perforadas para conseguir tejer patrones en la tela, permitiendo que hasta los usuarios más inexpertos pudieran elaborar complejos diseños. La máquina de Jacquard puede ser considerada como el primer dispositivo programable y su perfección llegó hasta tal punto que se pudo realizar con ella un retrato en seda del propio Jacquard lo que puede verse como un antecedente de los modernos dispositivos de trazado gráfico.⁴⁷

⁴⁷ El famoso retrato de Jacquard sentado ante una mesa en la que aparece un pequeño modelo de su telar fue realizado por el tejedor Michel-Marie Carquillat, de la firma *Didier, Petite et Cie.* de Lyon. La imagen tienen unas dimensiones de 55 x 34 cm. Sólo se conocen 10 ejemplares y era producido por encargo. Se sabe que Charles Babbage era propietario de uno de estos retratos. Para su confección se



Ilustración 17. Sistema de tarjetas en el telar de Jacquard, 1810.

El telar de Jacquard tuvo un gran impacto no sólo en el desarrollo de la industria textil sino también en el avance de la computación y los sistemas de información debido a la gran influencia que ejerció sobre el gran precursor de los ordenadores modernos, el tecnólogo y matemático inglés Charles Babbage (1792-1871) que ha pasado a la historia como diseñador de máquinas de cálculo. En 1822 presentó la "máquina diferencial" (*Difference Engine*) construida con el objetivo de calcular los valores de un polinomio. Incorporaba un programa de instrucciones fijas y se alimentaba de energía a vapor. El diseño está basado en las diferencias finitas para evitar la multiplicación y la división. Su desarrollo se abandonó en 1834 debido a problemas de financiación.⁴⁸

utilizaron 24.000 tarjetas perforadas. El sistema de tarjetas seguiría evolucionando hasta su utilización por Hollerith para la codificación de los datos del censo americano del año 1890.

⁴⁸ Aunque Babbage no pudo completar su máquina, se ha podido demostrar su funcionamiento. En 1991 el Museo de la Ciencia de Londres construyó el primer prototipo del inventor utilizando la tecnología de su época. La máquina de Babbage tiene una precisión de 31 dígitos, puede calcular polinomios de grado 7 y mide 2,4 X 2,1 X 0,9 metros. En el año 2000 el Museo de la Ciencia de Londres construyó también la impresora que Babbage diseñó para su máquina.

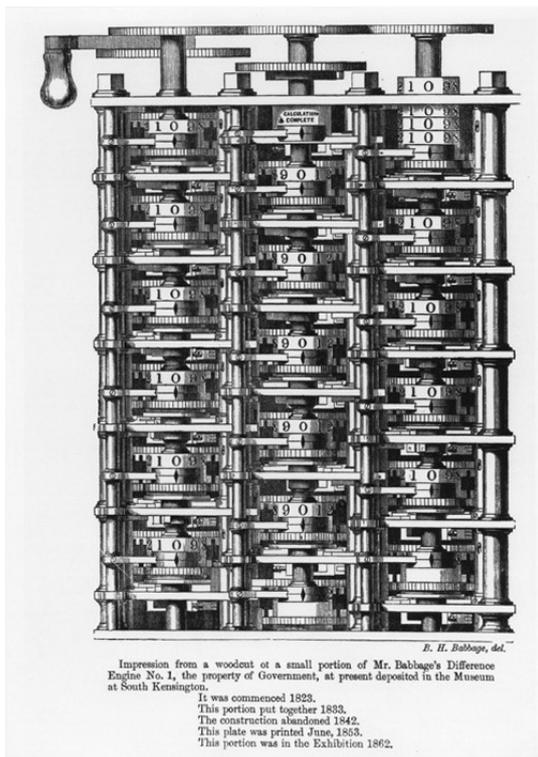


Ilustración 18. Imagen del *Difference Engine* de Charles BABBAGE.

Tras abandonar su máquina diferencial Babbage trabajó en el diseño de un nuevo aparato denominado "máquina analítica" (*Analytical Engine*) que se considera el antecesor más directo de los ordenadores modernos. A diferencia del anterior que sólo podía calcular polinomios, la máquina analítica estaba pensada con un propósito general, es decir, para poder calcular una función arbitraria, estando controlada por un programa que podía modificarse según los casos. Se alimentaba con energía generada por un motor a vapor y como entrada, utilizaba tarjetas perforadas inspiradas en los telares de Jacquard y como salida, disponía de un sistema de impresión y de otro para perforar nuevas tarjetas. Además incluía una memoria capaz de almacenar 1.000 números de 50 dígitos (decimales) y una unidad aritmética con las cuatro operaciones fundamentales, que Babbage denominaba "el molino" (*The Mill*). Se utilizaba un lenguaje de programación específico. Además de las instrucciones básicas, este lenguaje permitía bucles, condicionales y almacenaje. Para el desarrollo de esta máquina contó con la colaboración de Ada Lovelace (1815-1852), hija de Lord Byron, que creó un programa para la máquina por lo que está considerada hoy en día como la primera programadora informática de la historia desarrollando conceptos tan familiares en el mundo de los lenguajes de programación como las instrucciones y los bucles o subrutinas.⁴⁹

⁴⁹ En reconocimiento a su tarea pionera el Departamento de Defensa de los Estados Unidos dio su nombre al lenguaje de programación que definió en 1979: el lenguaje ADA.

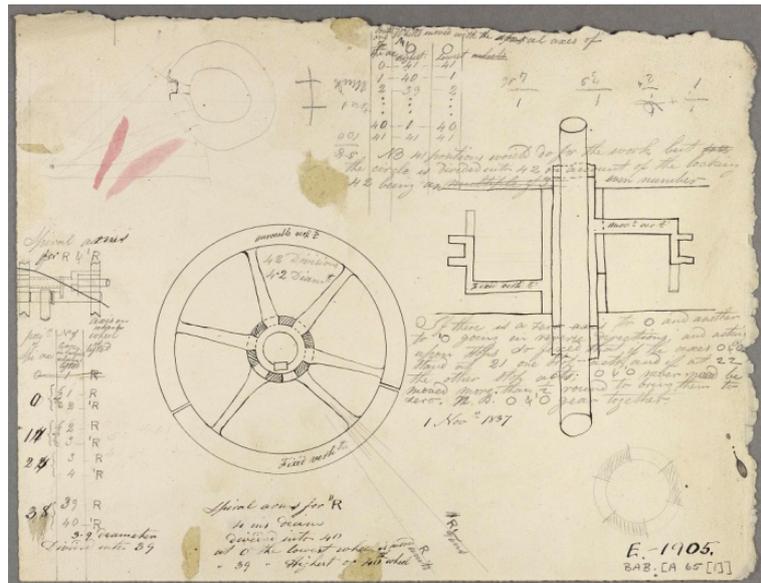


Ilustración 19. Charles BABBAGE. *Analytical Engine*, 1837.

La máquina analítica de Babbage no se llegó a construir y sólo llegaron a existir algunas secciones de la misma. El contable inglés Percy Ludgate (1883-1922) diseñó en 1903 una máquina con prestaciones similares pero alimentada por energía eléctrica. El ingeniero y matemático español Leonardo Torres Quevedo (1852-1936) se basó en las ideas de Babbage para la creación de su autómatas "El Ajedrecista" en 1911. En la década de 1930 Vannevar Bush (1890-1974) construyó varias máquinas para resolver ecuaciones diferenciales e integrales. A finales de esa década el alemán Konrad Zuse (1910-1995) desarrolló una serie de ordenadores electromecánicos que fueron destruidos durante los bombardeos de la Segunda Guerra Mundial. Entre 1939 y 1943 se desarrolló el Mark I, el primer ordenador electromecánico, desarrollado por el ingeniero norteamericano Howard Hathaway Aiken (1900-1973) de la universidad de Harvard con el apoyo de IBM. Pesaba cinco toneladas, tenía 750.000 piezas y 800 kilómetros de cable y se basaba en las tarjetas perforadas de Jacquard y las nociones de Babbage.

3.4.3 Lógica matemática y computación: de Leibniz a Shannon.

La lógica matemática y la computación simbólica definen otra de las líneas que nos llevan a la aparición de los ordenadores modernos. Aquí tenemos que regresar de nuevo a la figura y las contribuciones de Leibniz. Mucho más importante que la calculadora mecánica fue su trabajo sobre el sistema aritmético de numeración binario que está en la base de la informática moderna. Este sistema ya había sido estudiado por el inglés Thomas Harriot (1560-1621) pero sus ideas no habían sido publicadas. El sistema binario emplea sólo dos dígitos, el cero y el uno, a partir de los cuales se representan los números.

Toda esta serie de contribuciones que hemos reseñado promueven una reinterpretación de la computación como una cuestión lógica más que como una cuestión

aritmética. El objetivo de Leibniz en relación con la lógica era construir un cálculo universal, un proyecto de automatización del razonamiento. Pretendía encontrar un sistema para determinar qué tipo de inferencias eran válidas desde un punto de vista lógico con lo que se podría aplicar el cálculo lógico a proposiciones científicas arbitrarias. Sus conceptos y procedimientos, inspirados en la obra de Ramón Llull (1232-1315), están en la base de la lógica matemática moderna desarrollada más tarde por el matemático británico autodidacta George Boole (1815-1864) considerado uno de los fundadores de las "ciencias de la computación".

En 1847 Boole publicó el folleto *The Mathematical Analysis of Logic* (Análisis matemático de la lógica) en el que presentaba lo que se conoce como "álgebra de Boole"⁵⁰ un intento de utilizar las técnicas algebraicas para tratar expresiones de la lógica proposicional (o lógica de orden uno), y más tarde, de la lógica de predicados. Posteriormente en 1854 publicó *An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities* (también conocido como *An Investigation of the Laws of Thought* o simplemente *The Laws of Thought*), donde desarrolló un sistema de reglas que le permitían expresar, manipular y simplificar problemas lógicos y filosóficos cuyos argumentos admiten dos estados (verdadero o falso) por procedimientos matemáticos. Se podría decir que es el padre de las operaciones lógicas y en la actualidad el álgebra booleana se aplica de forma generalizada en el diseño electrónico a pesar de que en sus inicios sus descubrimientos tuvieron un reconocimiento limitado hasta que en el siglo XX se comprendió su importancia y utilidad en el campo de la informática.

El gran responsable de su recuperación fue el ingeniero electrónico y matemático estadounidense Claude Elwood Shannon (1916-2001) considerado como el padre de la "teoría de la información". Conoció el trabajo de Boole en las clases de filosofía de la Universidad de Michigan y en 1937 realizó su tesis de máster en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) demostrando que el álgebra booleana podía servir para optimizar el diseño de circuitos puesto que la aritmética utilizada para codificar operaciones lógicas en matemáticas también puede aplicarse a la descripción del comportamiento físico de los circuitos eléctricos. La tesis, que se publicó en 1938 con el título *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits*, despertó un gran interés y tuvo una gran repercusión en las publicaciones especializadas.

⁵⁰ También llamada "álgebra booleana" en informática y matemática, es una estructura algebraica que esquematiza las operaciones lógicas Y, O, NO y SI (AND, OR, NOT, IF), así como el conjunto de operaciones unión, intersección y complemento. El álgebra booleana resulta muy útil en informática porque proporciona el escenario ideal para el desarrollo de una lógica binaria al jugar con los valores cero y uno.



Ilustración 20. Claude E. SHANNON con el ratón que resuelve laberintos "Theseus", 1952.

Este hallazgo sugiere por primera vez la posibilidad de construir sistemas complejos de señales eléctricas -máquinas digitales- para replicar operaciones lógicas del pensamiento humano.⁵¹ Se partía de un problema puramente técnico como era el de la búsqueda de un método que simplificase el diseño de los circuitos necesarios en sistemas eléctricos complejos como los que se utilizaban en centralitas telefónicas o los sistemas de control de los motores empleados en los equipamientos de carácter industrial.⁵² La solución propuesta planteaba representar los circuitos por medio de ecuaciones que pudiesen ser analizadas y simplificadas como los sistemas corrientes de ecuaciones algebraicas adaptando las reglas de la lógica simbólica a los diferentes tipos de conexiones realizados en los circuitos. La noción "verdadero" se podía representar con el símbolo "1" asociándose al estado físico de un circuito "abierto" y la noción "falso" se asociaba al símbolo "0" y al estado "cerrado" del circuito. Del mismo modo la "suma" se representaba con el signo "+" y se asociaba a una conexión "en serie" y la multiplicación con el signo "x" y la conexión "en paralelo". Se podía por tanto representar los circuitos de una forma lógica y se podía operar de forma abstracta con estas representaciones.

En 1948 publicó *A Mathematical Theory of Communication* considerada como su principal contribución y una de las obras maestras del siglo XX y que supondría la fundación de lo que pasaría a denominarse "teoría de la información". Esta obra se publicó en un contexto de búsqueda de técnicas apropiadas para la mejora de la calidad de las comunicaciones en los sistemas utilizados en la época como el telégrafo y el teléfono. Shannon demostró, en contra de la opinión corrientemente aceptada, que para mejorar la calidad de las comunicaciones era más importante incidir en los métodos de codificación de los mensajes que en la calidad de los

⁵¹ KUBO, Michael; SALAZAR, Jaime (2004) "Una breve historia de la era de la información", en *Verb Architecture Boogazine nº 2 "Matters"*. Barcelona: Actar, pp. 2-19.

⁵² MONEDERO ISORNA, Javier (1999) *Op. cit.*, 46.

canales dado que por muy deficiente que fuese la calidad de la línea siempre resultaba posible encontrar un método de codificación que permitiese la recuperación del mensaje original de forma íntegra.⁵³

Las repercusiones de esta obra fueron importantísimas y posteriormente aparecieron aplicaciones de estos principios a una gran variedad de sectores muy diferentes (biología, economía, lingüística, estética, etc.). Las ideas presentes en la obra de Shannon manejan un concepto técnico y operativo de información, pero se abre de forma rápida a otros ámbitos de aplicación general. En este trabajo se demostró que todas las fuentes de información (el telégrafo eléctrico, el teléfono, la radio, la conversación hablada de los individuos, las cámaras de televisión, etc.) pueden medirse y que los canales de comunicación tienen una unidad de medida similar, determinando la velocidad máxima de transferencia o capacidad del canal. Demostró también que la información se puede transmitir sobre un canal si, y solamente si, la magnitud de la fuente no excede la capacidad de transmisión del canal que la conduce y sentó las bases para la corrección de errores, la supresión de ruidos y el concepto de redundancia.

La cuestión fundamental radica en el tratamiento de la información como una cantidad física similar a la masa o la energía en una analogía con los elementos de un sistema de transporte. Desarrolló un esquema lineal del proceso de comunicación consistente en los siguientes elementos: una fuente de información que origina el "mensaje"; un transmisor o dispositivo que transforma o codifica la información adaptándola al medio de transmisión y convirtiéndola en "señal"; un canal a través del cual circula la señal que puede ser alterada por diversas causas englobadas genéricamente bajo la denominación de "ruido" (serían los elementos de la señal extraños al mensaje que está siendo transmitido); un receptor que nuevamente transforma o descodifica la señal para poder recuperar el mensaje original; y finalmente el destinatario de la información. En el caso de una llamada telefónica convencional estos elementos estarían representados por la persona que efectúa la llamada, el teléfono mismo, el cable que transmite el mensaje, el teléfono que recibe la llamada y la persona que está escuchando al final de la línea.

Una de las claves del hallazgo de Shannon fue la separación entre el problema técnico de enviar un mensaje y cualquier consideración acerca de su contenido semántico, lo que permitía al investigador concentrarse exclusivamente en la transmisión del mensaje buscando la forma más eficiente de codificar lo que denominó "información" y que, en su acepción técnica, se diferenciaba del uso coloquial de la misma en el que se tiende a asociar la información con la noción de significado. Para Shannon los aspectos semánticos de la comunicación serían irrelevantes para la transmisión y el interés radicaría en medir la cantidad de información que transporta un mensaje. Otro concepto clave sería el de redundancia, una característica de todo lenguaje que cumple dos funciones fundamentales: sirve para prevenir errores dado que la reiteración de un mensaje es una garantía de fiabilidad por lo que todos los sistemas informáticos son redundantes de forma deliberada y, en segundo lugar, proporciona información adicional sobre el sentido de un mensaje.

⁵³ MONEDERO ISORNA, Javier (1999) *Op. cit.*, p. 47.

Adoptó el término "entropía", procedente de la aplicación de la mecánica estadística a la termodinámica para referirse a la medida de la eficiencia de un sistema de comunicación a la hora de transmitir una señal. La fórmula empleada era muy similar a las dadas por el físico austriaco y pionero de la mecánica estadística, Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906), en el siglo XIX. En ambas teorías se puede considerar como una medida del azar. En el ámbito termodinámico la incertidumbre se refiere a la posición de un punto en el espacio y en el caso de la teoría de la información, a las posibilidades de elección de un mensaje. La relación entre la teoría de la información y el concepto termodinámico de entropía dará lugar a un concepto emergente que tendrá resultados de gran interés a lo largo del siglo XX, y también en la actualidad, al considerar como idea la posibilidad de definir la información como una especie de entropía negativa que introduciría orden en un sistema dado.

Shannon desarrolló una teoría general para calcular matemáticamente la eficiencia de un sistema de comunicación aplicable tanto a sistemas analógicos como digitales presentando un modelo abstracto para la transmisión y recepción de información. Era contrario a la utilización del término "información" en sus escritos debido a la posible confusión que se podría causar acerca de su naturaleza técnica y la potencial aplicación de sus ideas. A pesar de esto la Teoría de la Información comenzó a ser aplicada en áreas ajenas a la ingeniería eléctrica tales como la biología, la lingüística, la psicología, la economía y la física que intentaron aplicar el modelo de comunicación de Shannon, con sus conceptos de entropía, redundancia y ruido a otros campos de carácter menos tecnológico.⁵⁴

3.4.4 Descifrando *Enigma*: sangre, sudor y códigos.

En la evolución del concepto de computabilidad que nos llevará a la algorítmica hay que destacar la figura de Alan Mathison Turing (1912-1954) considerado como uno de los padres de las ciencias de la computación y precursor de la informática moderna. En 1937 publicó uno de sus artículos más famosos "*On Computable Numbers with an application to the Entscheidungsproblem*" en los *Proceedings of the London Mathematical Society*, en el que resolvía el problema de la "decidibilidad" que había sido formulado por David Hilbert (1862-1943). El matemático alemán había propuesto en 1900 una lista de 23 problemas que estaban sin resolver. En 1928, Hilbert retomó el problema de la "decidibilidad" que se remontaba a Leibniz y propuso la hipótesis de que siempre es posible construir un programa (algoritmo) que, dada una descripción de una pregunta, conteste sí o no de acuerdo con la falsedad o certeza de la pregunta.

Para resolver el *Entscheidungsproblem* (problema de decisión), Turing diseñó un modelo de cálculo en el que formalizaba el concepto de algoritmo o programa y que ha pasado

⁵⁴ El propio Shannon no se preocupó demasiado ni mostró un gran interés en este tipo de posibles aplicaciones y siguió publicando artículos explicando la exclusiva naturaleza técnica de sus ideas. No obstante, se puede decir que la idea de Tecnología de la Información (*Information Technology*) y por extensión, Sociedad de la Información (*Information Society*) le deben mucho a sus descubrimientos. GERE, Charlie (2008) *Op. cit.*, p. 54.

a la posteridad con el nombre de Máquina de Turing. Turing y su colega norteamericano Alonzo Church (1903-1995) demostraron que Hilbert se equivocaba y que existen problemas irresolubles y, por lo tanto, que las matemáticas no son "decidibles", por lo que no existe un método definido que se pueda aplicar a una sentencia matemática cualquiera para establecer si es cierta o no. Se formalizó así el concepto de algoritmo siendo el estudio de Turing mucho más accesible e intuitivo que el de Church que había utilizado para la demostración la Lógica Clásica de Primer Orden o Cálculo Lambda. El resultado se conoce como "Tesis de Church-Turing" y afirma que si un problema que se puede representar en una Máquina de Turing no es resoluble para ésta, tampoco lo será para el pensamiento humano.

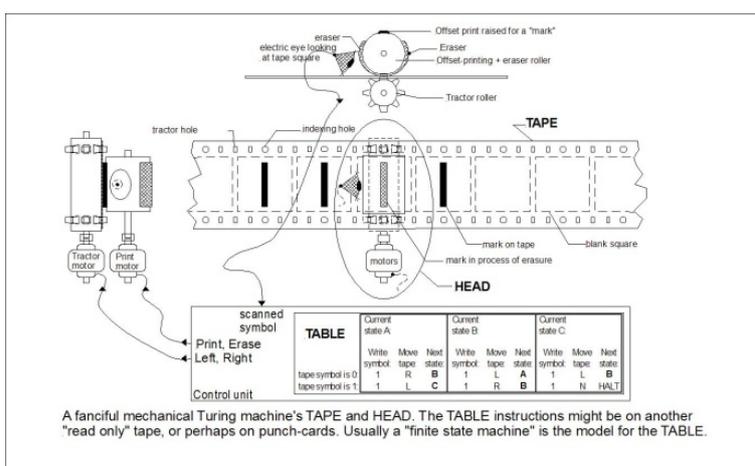


Ilustración 21. Esquema de funcionamiento de la "Máquina de Turing".

La Máquina de Turing es un dispositivo teórico basado en una cinta infinita de entrada/salida sobre la que se desplaza una cabeza lectora/escritora. Su funcionamiento se rige tanto por el valor leído en la cinta como por el estado del sistema en base a un conjunto simple de reglas. Este mecanismo teórico le permitió introducir el concepto de computabilidad y establecer los límites de lo que puede ser computable y, por tanto, programable.

Posteriormente, Turing participó en los proyectos de varias calculadoras electrónicas y en la construcción de los primeros ordenadores. Es mundialmente conocido por su trabajo como criptoanalista durante la II Guerra Mundial al ser uno de los matemáticos que consiguió elaborar la descodificación de los mensajes secretos que los alemanes enviaban utilizando una máquina con un mecanismo de cifrado rotatorio denominada *Enigma*, desarrollada durante el periodo de entreguerras y que codificaba el lenguaje ordinario para su transmisión secreta a través de la radio o el teléfono. Funcionaba de tal manera que disponer de una de ellas no garantizaba la descodificación de los mensajes ya que se precisaba sintonizar el arranque según ciertos parámetros de ajuste sin cuyos valores resultaba imposible convertir el mensaje codificado en texto legible.

Investigadores polacos dirigidos por el matemático Marian Rejewski (1905-1980) habían conseguido determinar las estrategias de selección de parámetros de ajuste utilizados por los alemanes y descodificar de esta forma unas tres cuartas partes de los mensajes emitidos. Para ello construyeron diferentes máquinas electromecánicas como soporte al

trabajo de descodificación que se denominaban "bombas", debido a la gran cantidad de ruido que generaban cuando estaban en funcionamiento.

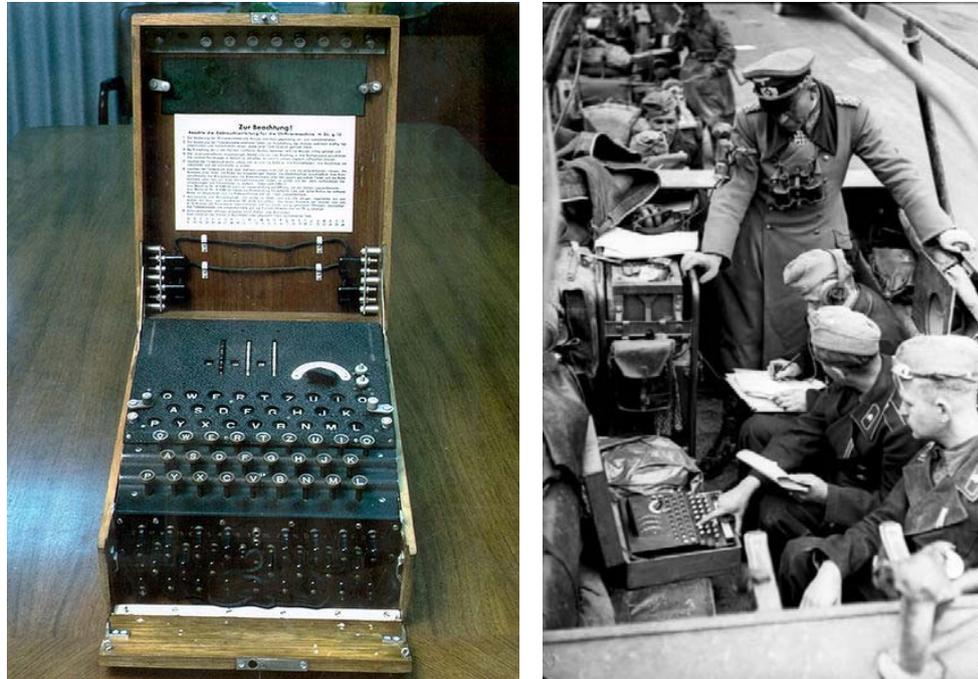


Ilustración 22. [Izquierda] Ejemplo de máquina "Enigma". [Derecha] Máquina "Enigma" sobre un vehículo militar alemán, 1940.

En julio de 1939 y ante la inminencia de la guerra, los polacos comunicaron sus avances a las agencias de inteligencia de sus aliados franceses e ingleses. Turing fue reclutado en 1939 por el gobierno británico para trabajar en Bletchley Park,⁵⁵ junto a otros investigadores con el encargo de construir nuevas máquinas que superasen el rendimiento de las "bombas" en la descodificación de los mensajes cifrados. El resultado fue una máquina denominada *Colossus* (1943), que se considera el primer ordenador electrónico programable digital del mundo y del que se llegaron a construir unos diez ejemplares.

Se trataba de una máquina de propósito específico, aunque el hecho de que las operaciones aritméticas que podía realizar estuviesen controladas por una secuencia de operadores booleanos implicaba que podría ser utilizada para la resolución de problemas aritméticos en general y también disponía de la capacidad de realizar saltos condicionales (bucles).

Todos estos avances contribuyeron a una reinterpretación de la computación desde un punto de vista lógico más que desde la posición aritmética clásica. Del mismo modo, todos los

⁵⁵ Bletchley Park es el nombre de una legendaria instalación militar situada en Buckinghamshire, a 80 kilómetros de Londres, entre Oxford y Cambridge, en la que se realizaron los trabajos de descifrado de códigos alemanes durante la II Guerra Mundial. Recibe su nombre de la mansión victoriana que preside el lugar y que en la actualidad alberga un museo sobre criptografía.

sistemas de cálculo desarrollados hasta el momento se programaban por medio de instrucciones leídas en un cartón perforado o a través de una interconexión compleja entre sus componentes, es decir, directamente a través del *hardware*. La idea de un programa almacenado en la misma memoria en la que se almacenan los datos ya había sido ideada teóricamente y publicada, pero las urgencias de la guerra habían aparcado la realización de estas cuestiones teóricas ante la necesidad de dar respuesta a problemas específicos como los derivados del cálculo de las trayectorias balísticas o el descifrado de mensajes encriptados.⁵⁶

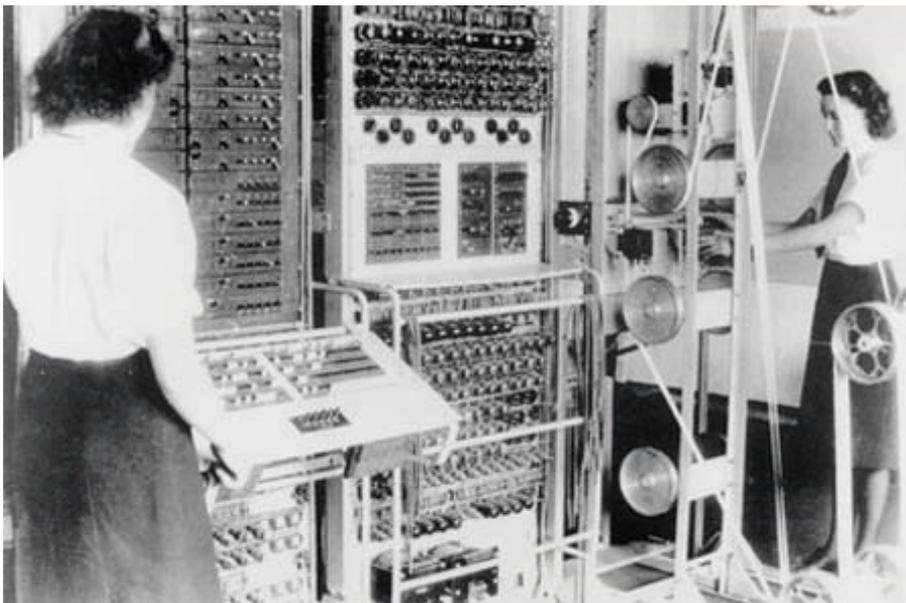


Ilustración 23. Dos operarias manipulan la versión Mark 2 de *Colossus*, la primera computadora programable, 1943.

3.4.5 Hazañas bélicas: de las tablas de balística al ENIAC.

La Segunda Guerra Mundial supuso un catalizador en la evolución de la informática debido a la necesidad imperiosa de cálculo masivo y a gran velocidad para dar respuesta a la urgencia de las operaciones militares. En algunos centros de investigación como la *Moore School of Electrical Engineering* de la Universidad de Pennsylvania, un grupo de científicos había desarrollado sistemas de computación para la armada estadounidense tanto en el campo de los radares como en el cálculo de las trayectorias balísticas.

⁵⁶ Otra de las cuestiones a considerar en esta genealogía de lo digital es la importancia del desarrollo de la computación analógica durante la primera mitad del siglo XX, esto es, máquinas que utilizan fenómenos físicos continuos en lugar de dígitos para el modelado de los problemas a resolver. Finalmente prevaleció la computación digital, pero la pugna con las máquinas analógicas como el *Differential Analyzer* de Vannevar Bush (ya se han citado las máquinas de Zuse y de Aiken) continuó durante algún tiempo.



Ilustración 24. Las operadoras Kay McNulty, Alyse Snyder y Sis Stump utilizando el analizador diferencial en la Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, hacia 1942-1945.

En aquella época los artilleros tenían que consultar tablas para determinar las características de los disparos (dirección, ángulo de inclinación, cantidad de explosivo, etc.) por lo que se necesitaba un esfuerzo computacional importante para resolver el elevado número de ecuaciones diferenciales presentes en el problema. El cálculo de tablas de tiro de la artillería se realizaba en el laboratorio de investigación de balística (BRL, *Ballistic Research Laboratory*) en las instalaciones militares del Aberdeen Proving Ground en Maryland, centro donde se realizaban toda clase de pruebas de armamento. Las tablas de tiro se utilizaban en el campo de batalla para dirigir la actuación de la artillería con un radio de acción de varios kilómetros. Los artilleros fijaban los parámetros de elevación adecuados para orientar sus armas según los valores calculados en las tablas.

Los cálculos de dichas tablas eran realizados por operadoras⁵⁷ que utilizaban

⁵⁷ Podemos encontrar aquí un nuevo ejemplo del escaso reconocimiento que se ha prestado a la mujer en el desarrollo de la ciencia y la tecnología. La programación de ordenadores se inició como una actividad eminentemente femenina. La mayoría de calculistas (*computers*) que trabajaban en balística para el ejército norteamericano eran mujeres. Se las consideraba capaces de realizar un trabajo más rápido y exacto que los hombres en una tarea que resultaba crítica para el esfuerzo bélico. Seis de ellas formaron el grupo inicial de programadoras del ENIAC: Kathleen (Kay) McNulty (1921-2006), Elizabeth (Betty) Jean Jennings (1924), Elizabeth (Betty) Snyder Holberton (1917-2001), Marlyn Wescoff Meltzer, Frances Bilas Spence (1922) y Ruth Lichterman Teitelbaum (1924-1986). Sus nombres fueron ocultados durante años y han sido recuperados recientemente para la historia de la computación. Fueron reclutadas por su género: el aviso publicado en los periódicos de la época pedía, específicamente,

calculadoras manuales de escritorio como las Monroe para la realización de esta tarea. En función del tipo de armamento y de la zona geográfica del campo de operaciones militares, se requería una tabla distinta por lo que se precisaban numerosos cálculos (alrededor de 750) para obtener tan solo el valor de una trayectoria concreta y cada tabla contenía unas 3.000 trayectorias. Estos cálculos resultaban impracticables para ser realizados por una persona, pues se tardaba cerca de 12 días en calcular una trayectoria, con lo que completar toda la tabla requeriría unos cuatro años de trabajo. Con el fin de aumentar la producción el BRL encargó a la Moore School la realización de los cálculos, para lo que se desarrolló un sistema denominado "analizador diferencial" que fue adaptado para realizar repetidamente los cálculos necesarios para determinar tablas más grandes y precisas.

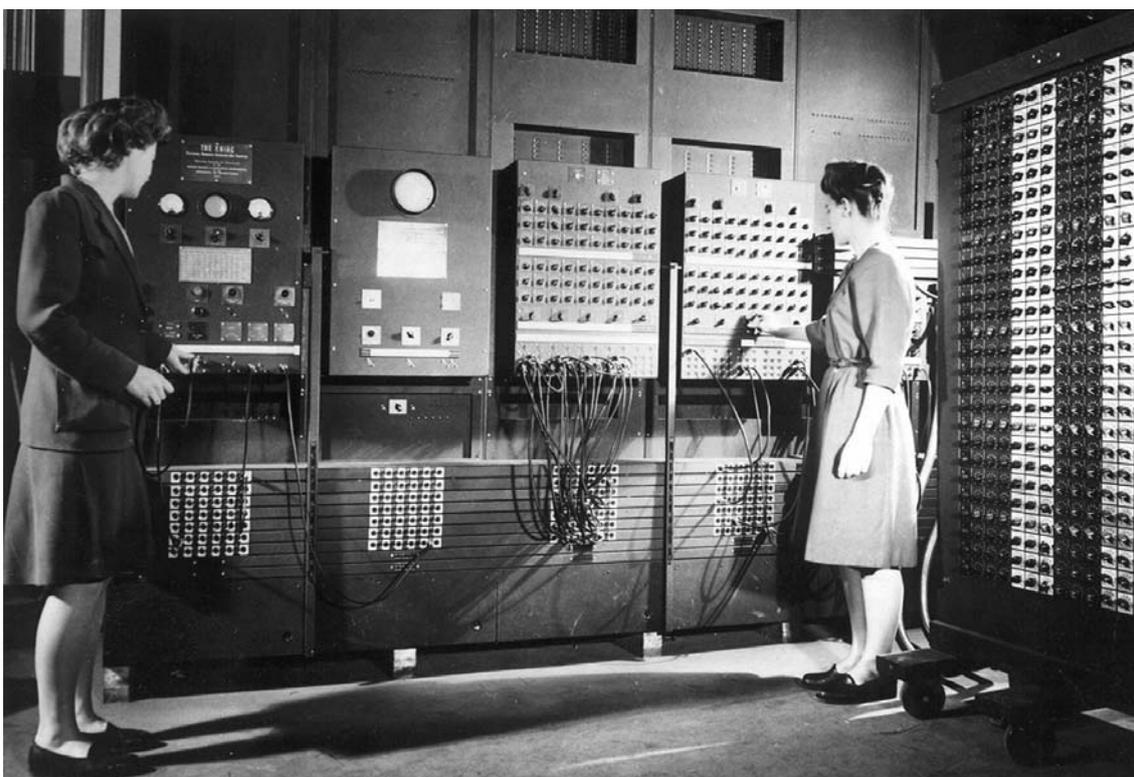


Ilustración 25. Jean Jennings (izquierda) y Frances Bilas programando el ENIAC en 1946.

mujeres profesionales en matemáticas. En la descripción del puesto de trabajo de estas mujeres se indicaba que para realizar esta labor era necesario esfuerzo, creatividad mental, espíritu innovador y un alto grado de paciencia ya que el ENIAC no tenía manual de programación. Ellas fueron quienes desarrollaron los primeros programas de *software* y abrieron el camino a una nueva especialidad: la programación. Son, en realidad, las maestras de la primera generación de programadores y programadoras digitales. Fueron las creadoras de los primeros conjuntos de rutinas, de las primeras aplicaciones de *software* y de las primeras clases programáticas. El ENIAC se programaba sobre el papel para, posteriormente, aplicar lo diseñado al aparato por medio de interruptores, cables y soldaduras. Llevaba días realizar un cambio, pero era capaz de reproducir complejas secuencias de operaciones, incluyendo, entre otras tecnologías, bucles y subrutinas. Véase BARCELÓ, Miquel (2008) *Op. cit.*, pp. 61-63. Véase también MOLERO, Xavier (2013) "ENIAC: una máquina y un tiempo por redescubrir", en Actas de las XIX Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (Jenui 2013). Castellón, 10-12 de julio 2013. Castellón: Publicaciones de la UJI, pp. 241-248.

En el año 1942 John William Mauchly (1907-1980) escribió un memorándum proponiendo la construcción de un ordenador electrónico de propósito general ("*The Use of High Speed Vacuum Tube Devices for Calculating*"). La propuesta destacó el enorme aumento de velocidad que se podía obtener usando la electrónica digital sin partes móviles. Herman Heine Goldstine (1913-2004), que era el enlace entre la Armada y la Moore School, se enteró de la idea y pidió a Mauchly que redactase una propuesta formal. La Armada acordó con la Moore School la construcción del *Electronic Numerical Integrator and Computer* (ENIAC),⁵⁸ la respuesta americana al Colossus británico. Mauchly encabezó el diseño conceptual mientras que John Presper Eckert (1919-1995) llevó a término la ingeniería del *hardware* del ENIAC.

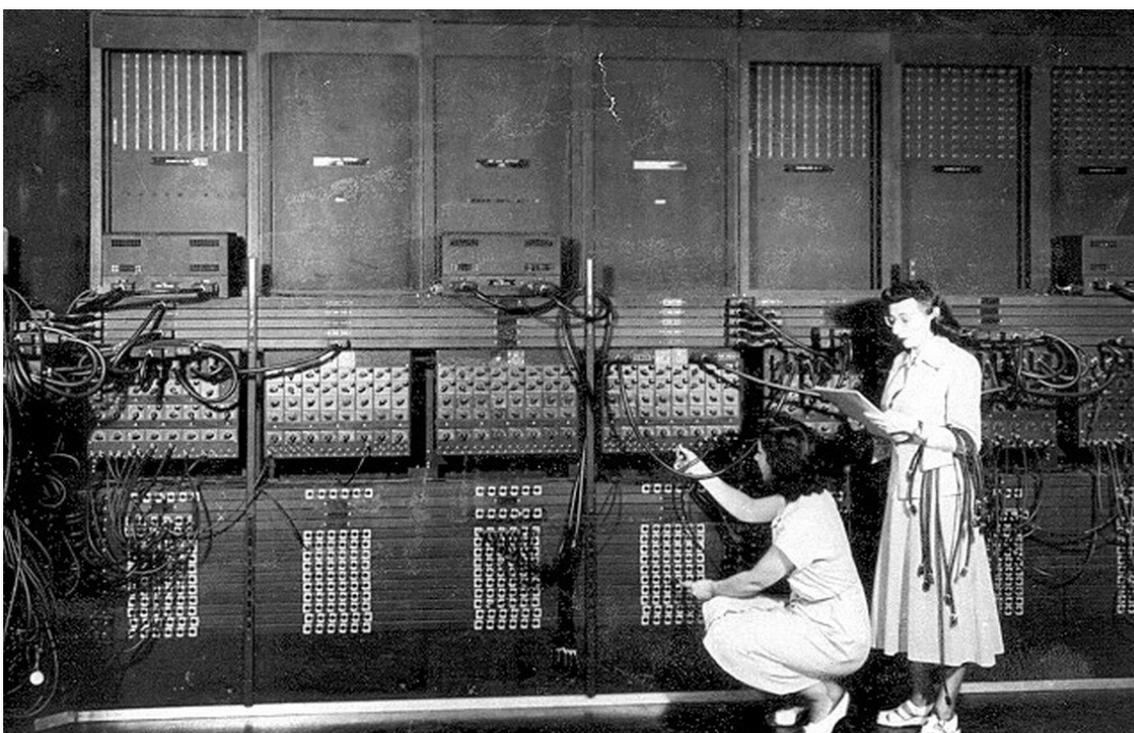


Ilustración 26. Las programadoras Ester Gerston y Gloria Gordon trabajando con el ENIAC en 1946.

Gracias a sus cálculos a gran velocidad, el ENIAC podía resolver problemas que hasta entonces eran inabordables. Era mil veces más rápido que la tecnología existente. Podía sumar cinco mil números o hacer catorce multiplicaciones de diez dígitos en un segundo. El ENIAC podía ser programado para ejecutar secuencias y enlaces de suma, resta, multiplicación, división, elevación al cuadrado, funciones de entrada y salida y saltos de secuencia condicionales. La programación se realizaba mediante *hardware* y reprogramarlo costaba días, pero se rediseñó en el año 1948 para permitir el uso de programas almacenados con una

⁵⁸ Originalmente se denominó *Electronic Numerical Integrator*, lo que dejaba claro que sería electrónico y se emplearía en integración numérica —el método de resolución de las ecuaciones diferenciales que describen las trayectorias balísticas—. Sin embargo, Mauchly ya previó que esta máquina podría resolver un conjunto mucho más amplio de problemas. Finalmente se añadieron las palabras *and Computer*. MOLERO, Xavier (2013) *Ibidem*.

pequeña pérdida de velocidad. Se apagó definitivamente el 2 de octubre de 1955.⁵⁹ El ENIAC había sido finalizado y presentado a la prensa en 1945 por lo que llegó demasiado tarde para cumplir con su propósito inicial, dado que la necesidad de las tablas había pasado a un segundo plano, pero justo a tiempo para contribuir a los primeros trabajos de diseño de la bomba de hidrógeno durante los años de la Guerra Fría.

Como ordenador de propósito general, el ENIAC había supuesto un enorme avance aunque las soluciones técnicas empleadas planteaban una serie de problemas. El principal obstáculo consistía en que no estaba controlado por un programa por lo que para reprogramarlo era necesario cambiar físicamente la conexión de los circuitos (tarea tediosa realizada nuevamente por un equipo de operadoras). Al no tener un programa en memoria era necesario conectar y desconectar ciertos interruptores. Esta operación consumía una cantidad de tiempo tan elevada que ponía en cuestión su velocidad de cálculo.

Para la solución de estos problemas, los investigadores llegaron a la conclusión de que sería necesario utilizar un programa no cableado, que se almacenase en una memoria de forma similar a como se almacenan los números; lo que planteaba la idea original de separar la programación (*software*) de la configuración del ordenador (*hardware*). Este hecho significó el nacimiento de los lenguajes de programación.

La guerra había supuesto un esfuerzo drástico en cuestiones técnicas y eminentemente prácticas, pero se habían paralizado proyectos más teóricos y de aplicación menos directa o inmediata. La situación al final de la guerra era que, por un lado, se disponía de una tecnología muy depurada en el campo de la computación específica capaz de producir sistemas eficientes y robustos y, por otro lado, se disponía de nuevas ideas como la del "programa almacenado" de Von Neumann que aún no habían sido implementadas.

3.4.6 La arquitectura Von Neumann: el diseño definitivo del ordenador.

John von Neumann (1903-1957) trabajaba en el proyecto Manhattan con el objetivo de desarrollar la bomba atómica, un proyecto que requería del empleo de potentes máquinas de cálculo. Los investigadores pretendían construir una nueva máquina que mejorase las prestaciones del ENIAC y que daría lugar al EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*). En junio de 1945 Von Neumann publicó un famoso informe titulado *First Draft of a Report on the EDVAC* ("Primer borrador de un informe sobre el EDVAC") en el que en menos de cien páginas se exponían de forma brillante las ideas principales de lo que se ha conocido posteriormente como "arquitectura Von Neumann", esto es, la estructura más eficiente para el diseño de un ordenador.⁶⁰ En esta estructura se considera el almacenamiento interno de los

⁵⁹ Su espectacular masa ocupaba 63 metros cuadrados, tenía 30 toneladas de peso y medía 2,6 m de altura por 0,90 m de ancho y 26 m de largo. Se componía de 18.000 válvulas de vacío, 72.000 diodos, 70.000 resistencias y 1.500 relés.

⁶⁰ Nótese la influencia recíproca que comienza a producirse entre los campos de la informática y de la arquitectura, influencia que se mantendrá hasta nuestros días en la utilización de un determinado lenguaje, empleo de metáforas, estrategias de proyecto y de diseño, etc.

programas, que deben residir en la memoria, así como la separación de las unidades de proceso y almacenamiento. También propone que se utilice el mismo dispositivo de memoria para los programas y la información con el objetivo de ahorrar memoria.

La formalización del modo de operación de un ordenador planteado por von Neumann se ha mantenido hasta la actualidad y se define en base a una serie de postulados: la presencia de cuatro módulos básicos (unidad de cálculo, unidad de control, unidad de memoria y unidades de entrada y salida), la secuencialidad de las operaciones, la unicidad del procesador, el procesamiento simultáneo de instrucciones y datos, el concepto de programa almacenado, y la presencia de un "bus" (o canal) para conectar los módulos que integran el sistema. El procedimiento general de la arquitectura de von Neumann sigue un esquema de tres pasos: recuperar la instrucción de la memoria, decodificar y ejecutar. El proceso se aplica de forma secuencial a las instrucciones que se encuentran en la memoria en posiciones sucesivas, excepto si hay una instrucción de salto condicional, por lo que su arquitectura no se diferencia demasiado de los diseños empleados anteriormente por Charles Babbage y Konrad Zuse y se mantiene sin variaciones importantes en la estructura de los ordenadores actuales.⁶¹

El EDVAC se finalizó en 1949 y empleaba 6.000 válvulas de vacío y 12.000 diodos, pesaba 7.850 kilos, ocupaba 45,5 metros cuadrados y necesitaba una potencia energética de 56 kW. A pesar de las cifras anteriores era mucho más ligero que el ENIAC y mejoraba su velocidad de cálculo.

Tras su marcha de la Universidad de Pennsylvania, Eckert y Mauchly fundaron la *Eckert-Mauchly Computer Corporation* con el objetivo de construir el UNIVAC (*Universal Automatic Computer*), una máquina de propósito general que podría resolver problemas relacionados con los ámbitos de la ciencia, la ingeniería y la economía. Curiosamente uno de los primeros clientes del UNIVAC fue la oficina del censo de los Estados Unidos. Cuando se finalizó su construcción en el año 1951 la empresa había sido absorbida por la *Remington*

⁶¹ En el artículo de Neumann no se mencionaba a Eckert y Mauchly por lo que surgieron tensiones debido a reivindicaciones de autoría y a la posición de éstos en relación a la comercialización de las ideas que dieron lugar al EDVAC, cuya patente se convirtió en tema de litigio que finalizó con la salida de Eckert y Mauchly para fundar su propia empresa. En marzo de 1946 la "*Moore School*" decidió cambiar su política de patentes, para poder obtener derechos comerciales por cualquier desarrollo futuro de ordenadores. Eckert y Mauchly consideraron que era inaceptable y dimitieron. A pesar del mal ambiente generado y tras levantarse tras la guerra el secreto asociado con los asuntos militares, se organizó un curso de verano consistente en una serie de charlas sobre diseño de ordenadores y en el que participarían como relatores los principales miembros del equipo. El curso se denominó "*Theory and Techniques for Design of Digital Computers*" (Teoría y técnicas para el diseño de ordenadores digitales) y se desarrolló desde el 8 de julio hasta el 31 de agosto de 1946. Eckert impartió 11 de las conferencias. Mauchly y Goldstine impartieron seis cada uno. A las "*Moore School Lectures*", tal y como fueron conocidas, asistieron representantes de la armada, el MIT, el National Bureau of Standards, la Universidad de Cambridge, Columbia, Harvard, IBM, Bell Labs, Eastman Kodak, General Electric y la National Cash Register. El curso perdió pronto su carácter académico convirtiéndose en fructíferas reuniones entre formadores y alumnos en las que se asentaron ideas fundamentales que fueron utilizadas en desarrollos posteriores. FERNÁNDEZ RIVERA, Francisco; BARRO AMENEIRO, Senén (2008) "Algunhas persoas, ideas e máquinas que determinaron a computación no século XX", en BERMEJO PATIÑO, Manuel R. [Dir. e Coord.] (2008) *Dos ábacos aos computadores*. Santiago de Compostela: Servicio de Publicacións da USC, pp. 87-110.

Rand. La segunda unidad fue adquirida por el Pentágono en el año 1952. Estos aparatos se consideran los primeros ordenadores comerciales que marcaron así el inicio de la informática de consumo.

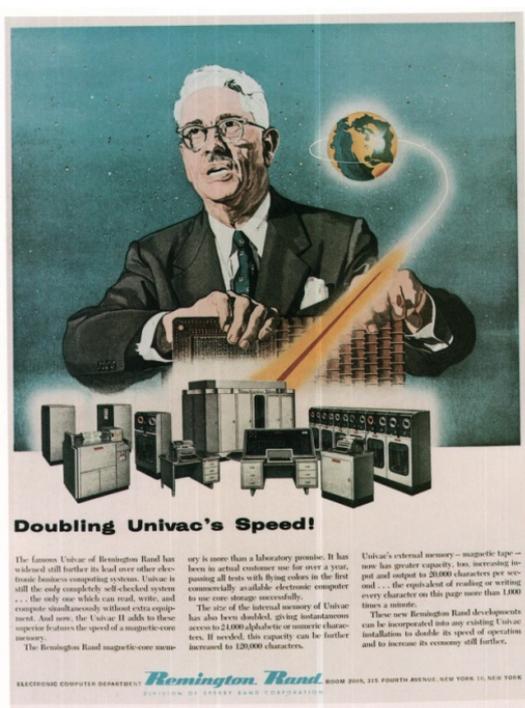


Ilustración 27. Imágenes publicitarias del sistema UNIVAC. [Izquierda] *Fortune Magazine*, 1954. [Derecha] *Time*, 1955.

Uno de los avances más importantes del UNIVAC además de su aumento de velocidad consistía en la utilización de cintas para leer y almacenar la información en lugar de tarjetas perforadas. Esto permitía mejorar la automatización de la máquina dado que las tarjetas precisaban de la gestión humana.⁶²

3.5 Geopolítica y computación: nuevos lenguajes y nuevas metáforas.

Tras la guerra se generó un periodo de gran optimismo al que contribuyeron los avances tecnológicos y los conceptos teóricos desarrollados, pero que no se habían implementado durante el conflicto debido a la urgencia de las necesidades militares. Las tensiones que surgieron entre los dos bloques resultantes de la contienda representados por los Estados Unidos y la Unión Soviética dieron lugar a la denominada Guerra Fría en la que los ordenadores y la informática jugarán un papel determinante como herramientas destinadas a controlar y operar con sistemas de armamento cada vez más complejos.

⁶² Hasta la llegada del UNIVAC al mercado, la compañía IBM se había dedicado al negocio de las máquinas de cálculo con tarjetas perforadas. El interés creado por la nueva máquina impulsó a IBM a iniciar una línea de desarrollo de proyectos en esa dirección apareciendo en 1952 el IBM 701 que fue enviado a comienzos de 1953 al laboratorio atómico de Los Álamos en Nuevo México.

Si el capitalismo de finales del siglo XIX y comienzos del XX había ofrecido el marco adecuado para la invención de los ordenadores modernos, podemos considerar que la Guerra Fría condicionó de forma decisiva su desarrollo y la manera de usarlos. La forma en que pensamos acerca de los ordenadores y cómo los utilizamos como dispositivos y medios de comunicación, más que como meras calculadoras complejas, es el resultado de los avances propiciados por el surgimiento de la Guerra Fría.⁶³ El papel de liderazgo asumido por los Estados Unidos iba acompañado de la percepción de que el bloque soviético representaba no sólo una oposición ideológica sino realmente una amenaza directa⁶⁴ agravada por el impacto psicológico provocado por las imágenes de la terrible destrucción producida por las dos bombas nucleares arrojadas sobre Hiroshima y Nagasaki que transmitieron gráficamente la idea de la posibilidad tecnológica real de una destrucción completa a nivel global.

Desde el ataque a Pearl Harbour, los Estados Unidos habían desarrollado una sensibilidad especial ante la amenaza de ataques imprevistos fortalecida ahora por la naturaleza devastadora de los nuevos armamentos nucleares, tanto por su alcance como por su poder destructivo. Esto motivó el desarrollo de una estrategia de contención por parte de cada uno de los dos bloques al tiempo que las tensiones globales se manifestaban por medio de su participación en conflictos locales como la guerra de Corea o la de Vietnam. Por otra parte, se perseguía un efecto positivo sobre la economía de escala debido al aumento de la inversión de capitales y la creación de puestos de trabajo en el denominado complejo "militar-industrial", una vez finalizada la tarea de reconstrucción europea tras la II Guerra Mundial.

Fruto de esta situación y de sus exigencias de defensa fue el soporte y el apoyo incondicional dado por los militares estadounidenses a la investigación en computación y tecnologías de la información así como a las investigaciones basadas en las nuevas ideas emergentes como la cibernética o la teoría de sistemas.

3.5.1 Juegos de guerra: el miedo a la destrucción nuclear.

Los ordenadores resultaron cruciales en la búsqueda de solución a una de las grandes paradojas teóricas de la Guerra Fría que consistía en la doctrina de la "destrucción mutua asegurada" (MAD, *Mutually Assured Destruction*), que significaba que si las dos partes estaban preparadas y dispuestas para responder adecuadamente ante un ataque nuclear, sería totalmente suicida realizar cualquier tipo de ataque preventivo. Se garantizaba de este modo una situación de paz *de facto* entre las dos grandes potencias al tiempo que se trasladaban los enfrentamientos bélicos a los escenarios locales de los países en conflicto adscritos a las órbitas de las dos potencias globales.

Para que esta estrategia resultase efectiva, las dos partes debían ser capaces de estar convencidas ellas mismas, y además convencer a la otra parte, de la eficacia de sus posibilidades de respuesta lo cual resultaba problemático dado que no era posible realizar un

⁶³ GERE, Charlie (2008) *Op. cit.*, p. 63.

⁶⁴ La URSS había conseguido hacer explotar su primer ingenio nuclear en el año 1949.

test o prueba en tiempo real de una situación de crisis semejante. Los ordenadores ofrecían un modo de resolver este problema proporcionando a los militares los medios necesarios para realizar simulaciones de los posibles escenarios de confrontación.



Ilustración 28. Operador (Capt. Charbonneau) en la consola de operaciones del sistema SAGE con su "pistola de luz" en el Lincoln Labs' Experimental Direction Center, 1959.

De este modo la naciente cibernética se convirtió en un área de investigación de gran interés para los militares no sólo desde el punto de vista del modelado de escenarios sino también en la búsqueda de soluciones para automatizar las operaciones bélicas. En particular estaban muy interesados en la integración efectiva de humanos y máquinas como una manera de aumentar la eficiencia en el combate. Este interés llevó a los militares a ser los principales clientes para los primeros ordenadores así como los principales "arquitectos" que orientaron su diseño y desarrollo posterior a través de proyectos específicamente militares como el *Whirlwind*, un ordenador desarrollado por el MIT para la Marina de los USA y la tecnología que sirvió de base al sistema SAGE (*Semi-Automated Ground Environment*) desarrollado bajo la dirección de Jay W. Forrester (n. 1918), uno de los principales exponentes del pensamiento cibernético, que ha sido considerado el padre de la dinámica de sistemas.

Se trataba de la primera red efectiva de ordenadores diseñada en los años 50 para coordinar los sistemas de radar de Norteamérica con el fin de prevenir una ataque de la Unión Soviética. Su arquitectura prefigura los sistemas de interconexión en tiempo real entre ordenadores y constituye el primer circuito completo de detección, decisión y respuesta. El sistema enlaza radares instalados en todo el perímetro nacional, interpreta sus señales y dirige los aviones interceptadores hacia el blanco enemigo.⁶⁵ El sistema estuvo completamente operativo en 1961 con un costo total estimado de entre 8 y 12 mil millones de dólares. En el proyecto colaboraron algunas de las principales empresas comerciales del sector como la IBM

⁶⁵ MATTELART, Armand (2002) *Historia de la sociedad de la información*. Barcelona: Paidós, p. 57.

o la Western Electric (que diseñó y construyó los 23 edificios que funcionaban como "centros de mando"). Su utilidad fue muy relativa y cuando finalizó el programa su tecnología era prácticamente obsoleta debido a la aparición de otras más novedosas como los transistores y los circuitos integrados. Se trataba más bien de una maniobra disuasoria de inteligencia para demostrar la disposición americana a responder de manera efectiva y contundente a un ataque nuclear soviético. Pero desde el punto de vista simbólico generó ante la opinión pública la imagen de un sistema de defensa aérea poderoso y seguro.⁶⁶

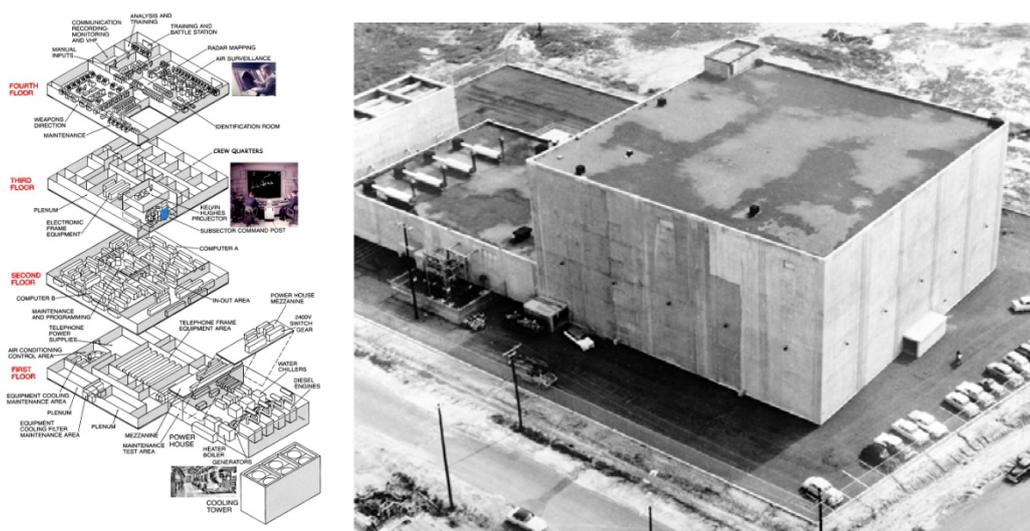


Ilustración 29. Esquema y vista de edificios de control del sistema SAGE.

Además de la generación de un incipiente concepto de red, sus investigaciones resultaron decisivas en la elaboración de tecnologías clave como las memorias de núcleo magnético, las pantallas (*video displays*), las técnicas de conversión analógico-digital y digital-analógico y los sistemas multiproceso contribuyendo también al desarrollo de sistemas comerciales como el System/360 de IBM (el primer intento de construir una suite completa de ordenadores compatibles), el sistema operativo de procesamiento de reservas en tiempo real para la compañía aérea *American Airlines* denominado SABRE y el intento de las fuerzas aéreas de automatizar los cada vez más complejos procedimientos operativos de la moderna defensa aérea.⁶⁷

Los proyectos como el *Whirlwind* y el SAGE también eran importantes por razones más abstractas. Además de demostrar la importancia militar del desarrollo de la informática representaban un cambio significativo en el pensamiento militar ya que su interés se desplazaba desde el campo de las máquinas analógicas (electromecánicas) a los sistemas digitales electrónicos, o sea, la comprensión del ordenador como algo más que una mera calculadora dedicada al control de sistemas. Empezó a entenderse el ordenador como una máquina simbólica de aplicación más general relacionada con la manipulación interactiva de información, lo que determinó la mayor parte de la estructura técnica y conceptual de la

⁶⁶ MATTELART, Armand (2002) *Ibidem*.

⁶⁷ GERE, Charlie (2008) *Op. cit.*, pp. 66-67.

tecnología digital contemporánea. El ordenador adquiere así el papel de "máquina universal", teóricamente capaz de "resolver cualquier problema formulado de forma suficientemente precisa, es decir, que puede ser sistematizado, matematizado, modelizado, reducido a un algoritmo".⁶⁸

En particular resultó crucial el desarrollo de la computación en "tiempo real" en la que los mensajes podían ser respondidos de forma casi inmediata. Esto supuso un extraordinario avance en relación con el modelo de procesado por lotes utilizado todavía en ese periodo y que usaba aún la tecnología de tarjetas perforadas desarrollada en el siglo XIX.

La computación en tiempo real era un requisito fundamental para cualquier uso del ordenador en el nuevo y peligroso escenario de la defensa nuclear, lo que dio lugar a la necesidad de repensar no sólo la tecnología sino también la forma de usar y comprender los ordenadores. En este contexto surgió la formación de la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación (ARPA, *Advanced Research Project Agency*) que más tarde pasaría a denominarse DARPA, una agencia del Departamento de Defensa de Estados Unidos responsable del desarrollo de nuevas tecnologías para uso militar. Fue creada en 1958 por la administración Eisenhower como respuesta al lanzamiento del Sputnik y el desafío del avance científico soviético que esto representaba.⁶⁹

De aquí surgirían más tarde los fundamentos de ARPANET, la red que dio origen a Internet además del desarrollo de tecnologías de gran impacto: satélites, robots, redes de ordenadores, así como el NLS (*oN-Line System*), diseñado por Douglas Engelbart (1925-2013), y que supuso tanto un sistema de hipertexto como un precursor de la interfaz gráfica de usuario contemporánea. La agencia se implicó en investigaciones militares sobre el procesamiento de información y en el año 1962 se creó la Oficina de Técnicas de Procesamiento de Información (IPTO, *Information Processing Techniques*), bajo la dirección de J. C. R. Licklider (1915-1990) considerado una de las figuras más importantes en ciencia computacional y de la historia de la informática. Fue uno de los primeros que previó la computación interactiva moderna y su aplicación a toda clase de actividades con una visión temprana de una red de ordenadores mundial mucho antes de que fuera construida.

⁶⁸ EDWARDS, Paul N. (1996) *The Closed World. Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Citado en MATTELART, Armando (2002) *Op. cit.*, p. 58.

⁶⁹ En respuesta al lanzamiento del Sputnik el 29 de julio de 1958, Dwight D. Eisenhower, entonces presidente de Estados Unidos, fundó la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). El 25 de mayo de 1961, el presidente John F. Kennedy comprometió a la NASA en la misión de llevar a un hombre a la Luna y devolverlo sano y salvo a la Tierra antes de finalizar la década de 1960. El Programa Gemini, que concluyó el 11 de noviembre de 1966, fue el antecedente directo del programa Apolo. En las operaciones del Gemini 12 participó Neil Armstrong, quien después pasó a la historia como el primer hombre en pisar la superficie lunar, el 21 de julio de 1969, en la misión del Apolo 11.

3.5.2 Un nuevo lenguaje: la cibernética de Norbert Wiener.

Resulta importante destacar la dimensión epistemológica que acompañó a los primeros desarrollos y usos del ordenador dado que algunas de las decisiones y elecciones realizadas en ese periodo ejercen influencia todavía en nuestros días. A través de aproximaciones como la cibernética, la inteligencia artificial, la teoría de sistemas o la investigación sobre operaciones (*Operation Research, OR*),⁷⁰ el ordenador constituye una herramienta fundamental en la conformación de una nueva visión del mundo en concordancia con la visión imperante durante el periodo de la Guerra Fría. Esta nueva visión suponía una aproximación reduccionista al fenómeno de la complejidad como resultado de interacciones entre elementos relativamente simples estableciéndose una analogía entre el cerebro y el ordenador (las neuronas y los bits de información), idea que estaba en el núcleo del concepto de cibernética planteado por el matemático Norbert Wiener (1894-1964).

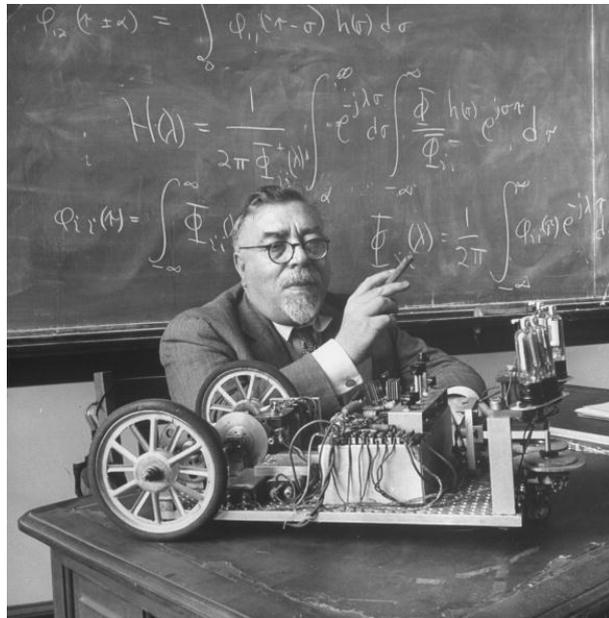


Ilustración 30. Norbert Wiener hacia 1949 en el MIT.

Desde sus inicios como profesor en el MIT en 1919, Wiener trabajó en cuestiones matemáticas relacionadas con la teoría de la información y en el año 1933 conoció a Claude Shannon. En los años inmediatamente anteriores a la guerra se dedicó a investigaciones relacionadas con la predicción balística desarrollando el aparato matemático necesario para calcular el punto de encuentro de dos proyectiles a partir de datos estadísticos que pueden autocorregirse basándose en la teoría de la retroalimentación (*feedback*). También llevó a cabo investigaciones sobre el sistema nervioso en colaboración con el fisiólogo mexicano y

⁷⁰ La Investigación de Operaciones o Investigación Operativa es un término que se utiliza por primera vez a comienzos de la II Guerra Mundial y consiste en el análisis de las operaciones a realizar para el logro óptimo de los objetivos de un sistema o la mejora del mismo. Utiliza la metodología científica en la búsqueda de soluciones óptimas como apoyo en los procesos de decisión. El MIT *Operations Research Center* la define como la disciplina de aplicación de métodos analíticos avanzados para ayudar a tomar mejores decisiones y se caracterizaría por su naturaleza interdisciplinar. <<http://www.mit.edu/~orc/>>

profesor de la *Harvard Medical School* Arturo Rosenblueth (1900-1970) y en 1948 publicó su famoso libro *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas*⁷¹ con el que contribuyó a la divulgación de los nuevos conocimientos y la noción de cibernética.

La noción tuvo su origen en una serie de reuniones mensuales organizadas por Rosenblueth a finales de los años 30⁷² y que permitieron la interacción entre científicos de diferentes disciplinas y especialidades: físicos, médicos y matemáticos entre otros. Surgió de este modo la idea de que eran precisamente las zonas limítrofes entre las distintas especialidades las que permitían el surgimiento de nuevas ideas científicas mediante el trabajo colaborativo en equipo y la utilización de herramientas procedentes de especialidades ajenas. La investigación en campos tan dispares como la balística o la neurología precisaba de una terminología que permitiese la definición de un núcleo común para la investigación y la posibilidad de desarrollar una metodología de investigación operativa. Por este motivo Wiener acuñó en 1947 el término "cibernética" a partir del vocablo griego "*kubernetes*" (*Κυβερνήτης*) que significa "timonel" o "gobernante".⁷³

La investigación de este periodo se centró en la elaboración de modelos que permitiesen simular el comportamiento del sistema nervioso de los animales y los seres humanos. Del mismo modo que la visión había sido el modelo funcional que había permitido avanzar desde la perspectiva renacentista hasta la invención de la cámara fotográfica, así se planteaba el modelo del cerebro, entendido en sentido amplio, como centro neurálgico de un organismo complejo con el que se comunica a través de las terminaciones nerviosas.

Resulta interesante desde el punto de vista epistemológico hacer constar que se produce un acercamiento a los fenómenos más próximos a la escala humana y no al ámbito de lo microscópico y lo macroscópico que había caracterizado a la investigación desde la revolución científica del siglo XVII y, por otra parte, se comienza a prestar atención a fenómenos basados en sistemas dinámicos no lineales (turbulencias, remolinos, etc.) que se popularizarán más tarde con el desarrollo de las teorías matemáticas del caos y los fractales.

Uno de los conceptos fundamentales de la noción de cibernética será el de retroalimentación (*feedback*) dado que cualquier organismo que pueda controlar sus movimientos funciona según mecanismos de este tipo más o menos complejos. En nuestras actividades cotidianas realizamos toda una serie de movimientos según una sucesión constante de mensajes visuales y motores que se van corrigiendo de forma automática con una sorprendente eficacia. Las infinitas pequeñas variaciones presentes en estas acciones

⁷¹ WIENER, Norbert (1948) *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. París: Hermann & Cie; Cambridge (MA.): The MIT Press.

⁷² MIZRAJI, Eduardo (1999) *El segundo secreto de la vida*. Montevideo: Ediciones Trilce, p. 44.

⁷³ Se buscó también un cierto homenaje al trabajo del físico británico James Clerk Maxwell (1831-1879) que en 1868 había publicado su artículo "*On Governors*" considerado uno de los primeros trabajos sobre servomecanismos. El "gobernador" o regulador de velocidad fue desarrollado por James Watt en 1788, consistía en un mecanismo materializado por un par de esferas que giraban al ritmo del motor y que, por efecto de la fuerza centrífuga, eran capaces de regular la válvula de admisión de vapor, lo que permitía que las máquinas de vapor pudiesen mantener una velocidad constante. En la práctica constituyó la primera tecnología de auto-regulación. GERE, Charlie (2008) *Op. cit.*, p. 30.

implican una serie ininterrumpida de mensajes de confirmación y una serie de ajustes traducidos en micro-movimientos que suponen cambios imperceptibles llevados a cabo por medio de tanteos realizados de forma inconsciente. Cada uno de estos procesos de prueba-error arroja un resultado que permite modificar la posición y volver a ensayar de nuevo.

El interés de la investigación radicaba precisamente en el carácter automático de estos procesos que se basaban en patrones de acción. Se buscaba la posibilidad de reproducir por medios artificiales ese automatismo presente en las acciones de los seres vivos intentando diseñar máquinas capaces de prever cursos de acción y anticiparse a ellos. Durante la Segunda Guerra Mundial Wiener trabajó en sistemas que pudiesen predecir la trayectoria de proyectiles tripulados por medio de consideraciones probabilísticas y a partir de lecturas de posición que permitiesen analizar las variaciones del objetivo. Para resolver este tipo de problema la retroalimentación ofrece un método para la regulación de sistemas variados por medio de la introducción como dato de los resultados de la acción.

Junto con el ingeniero Julian H. Bigelow (1913-2003)⁷⁴ descubrió que para controlar una acción con un propósito determinado se requiere una entrada de información que forma un bucle cerrado de realimentación en el que la información sobre el rendimiento del pasado se utiliza para determinar la acción del presente, que posteriormente se volverá a reintroducir como información para acciones futuras. Este tipo de bucle es también una característica del sistema nervioso cuando ordena a los músculos que realicen un movimiento cuyos efectos son detectados posteriormente por los sentidos y reintroducidos en el cerebro.

La conexión entre los procesos de control en seres humanos y máquinas permitió generalizar su descubrimiento en el organismo humano, organizando equipos interdisciplinarios para estudiar a los organismos vivos desde el punto de vista de los ingenieros de servomecanismos y, recíprocamente, considerar los procesos de las máquinas a partir de la experiencia de los psicólogos.⁷⁵ La idea emergente radica en la posibilidad de describir leyes generales relativas a la regulación y control de sistemas y que puedan ser aplicables a los seres vivos (por ejemplo, el control motor de un ave de rapiña) y a los artefactos construidos por el hombre (como, por ejemplo, un sistema de defensa antiaéreo).

3.5.3 Del autómatas al cyborg: el nuevo posthumano cibernético.

La visión cibernética planteaba desde el punto de vista epistemológico una interpretación del ser humano como una especie de máquina que podría obtener un mejor rendimiento por medio de una vinculación más íntima con un entorno tecnológicamente

⁷⁴ Bigelow fue coautor en 1943 junto con Wiener y Rosenblueth del artículo "Comportamiento, propósito y teleología" ("Behavior, Purpose, and Teleology") que se convirtió en uno de los documentos fundacionales de la cibernética y en el que se reflexionaba acerca de cómo podían comunicarse e interactuar sistemas mecánicos, biológicos y electrónicos. Este trabajo dio lugar a la formación del pequeño grupo de intelectuales y científicos denominado Sociedad Teleológica y posteriormente a la realización de los encuentros científicos conocidos como las Conferencias Macy.

⁷⁵ KUBO, Michael; SALAZAR, Jaime (2004) *Op. cit.*

digitalizado. Los militares estaban muy interesados en estas mejoras aplicadas a la formación y entrenamiento de las tropas debido a su preocupación por la complejidad creciente de los sistemas de armamento, lo que llevó a repensar la interfaz hombre-máquina de manera que se incluyese la posibilidad de utilización de prótesis e injertos. De esta forma, y a partir de la analogía entre cerebro y computador, se hizo teóricamente posible la perspectiva de un híbrido de carne y tecnología con lo que la idea del sujeto post-humano, el *cyborg*, pasó de los relatos y las películas de ciencia ficción a la agenda de investigación como concepto innovador.

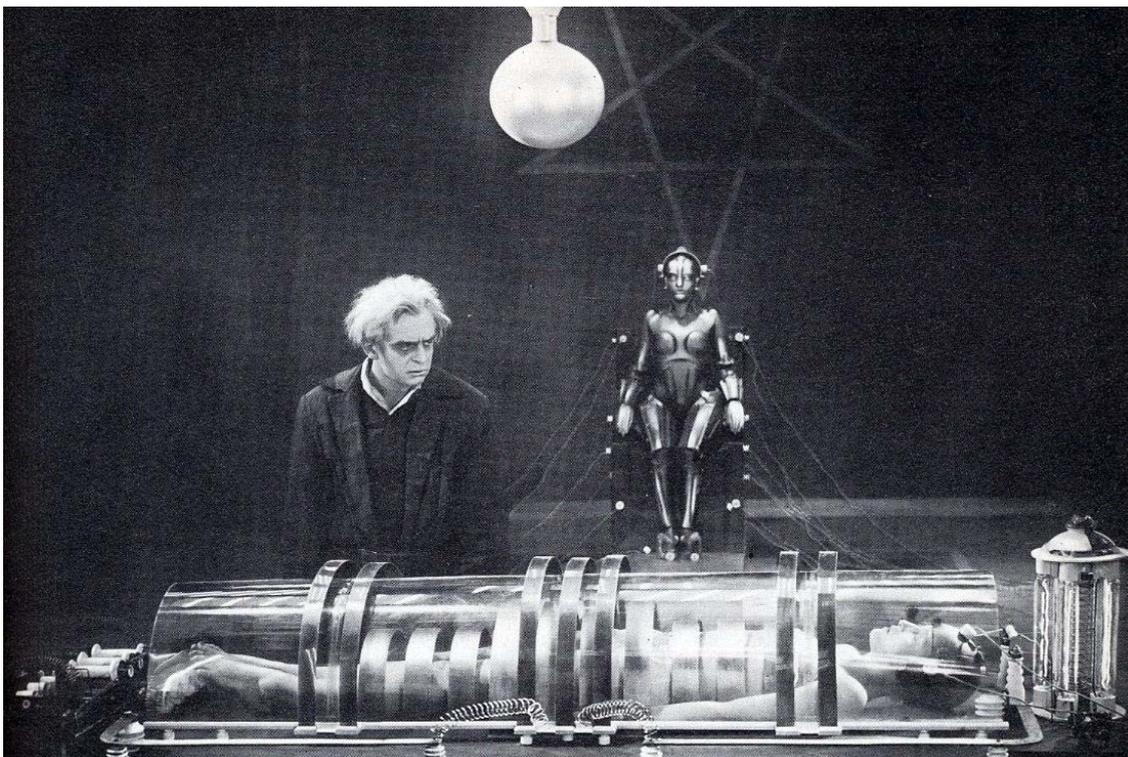


Ilustración 31. Fritz LANG, fotograma de la película "*Metrópolis*", 1926.

El *cyborg* ya habitaba en la imaginación popular desde el siglo XIX como metáfora de las relaciones entre lo real y lo imaginario. Podemos encontrar referencias literarias en las obras del escritor, compositor y dramaturgo alemán E. T. A. Hoffmann (1776-1822): *Los autómatas* (1814) y *El hombre de arena* (1815). También en "*La Eva futura*" (1886) del escritor francés Auguste Villiers de L'Isle-Adam (1838-1889). Uno de los precursores más famosos sería la novela gótica *Frankenstein o el moderno Prometeo* (1818) de Mary Shelley (1797-1851) y se pueden rastrear referencias más antiguas en ciertas corrientes alquímicas y talmúdicas como la tradición cabalística del Golem. Surge con fuerza en las revistas "*pulp*"⁷⁶ de la fantaciencia de

⁷⁶ El término *pulp* se refería en sus orígenes al tipo de papel barato, de pulpa de madera, en el que se imprimían publicaciones como *Amazing Stories*, *Dime Detective*, *Weird Tales*, *Horror Stories* y *Black Mask*, pionera del género negro. En su época de esplendor algunas de estas revistas llegaron a vender un millón de ejemplares en EE UU. Pero más tarde, la *pulp fiction* pasó a designar el tipo de historias que se encontraban en estas revistas. FANJUL, Sergio C. (2012) "Entre la basura y lo genial", en Sección Cultura, periódico *El País*, 07/08/2012.

Disponible en <http://cultura.elpais.com/cultura/2012/08/07/actualidad/1344354683_848088.html>

los años 20 y 30 del siglo XX y se convertirá en héroe de la epopeya "cyberpunk"⁷⁷ anticipando y manifestando la relación conflictiva entre el hombre y la máquina.⁷⁸ Sirve como una metáfora de la relación intensa y problemática entre sociedad y tecnología en la que el *cyborg* puede aparecer como un ser humano modificado tecnológicamente o como un robot cada vez más humanoide en un contexto en el que cada vez son más numerosos los productos de la biotecnología y de la ingeniería genética.⁷⁹



Ilustración 32. [Izquierda] Fotograma de la película *Der Golem* (Paul WEGENER, 1920) Paul Wegener y Loni Nest. [Derecha] Fotograma de la película *Frankenstein* (James WHALE, 1931) con Boris Karloff y Marilyn Harris.

⁷⁷ El "cyberpunk" es un subgénero de la ciencia ficción, conocido por su enfoque en un futuro distópico con alta tecnología y bajo nivel de vida y que toma su nombre de la combinación de cibernética y punk. Mezcla ciencia avanzada, como la informática y la cibernética, junto con algún grado de desintegración o cambio radical en el orden social. El argumento de la trama del género cyberpunk se centra a menudo en un conflicto entre *hackers*, inteligencias artificiales y megacorporaciones localizados en un futuro cercano del planeta Tierra. Las visiones de este futuro suelen ser distopías posindustriales, pero están normalmente marcadas por un fomento cultural extraordinario y el uso de tecnologías en ámbitos nunca anticipados por sus creadores ("la calle encuentra sus propias aplicaciones para las cosas"). La atmósfera del género en su mayoría se hace eco del cine negro y se utilizan a menudo en este género técnicas procedentes de la novela policíaca. Entre los primeros exponentes del género cyberpunk se encuentran William Gibson, Bruce Sterling, Pat Cadigan, Rudy Rucker y John Shirley. El término cyberpunk se acuñó en los años 1980 y continúa en uso. A comienzos y a mediados de los años ochenta, el cyberpunk se convirtió en un tema de moda en los círculos académicos, donde comenzó a ser objeto de investigación en el ámbito del posmodernismo. En este mismo período, el género se introdujo en Hollywood y se convirtió en uno de los estilos de la ciencia-ficción cinematográfica. Algunas de las películas más influyentes como *Blade Runner*, *The Terminator* y *Akira* se pueden ver como consecuencia de los estilos y de los temas del género. Los videojuegos, los juegos de mesa y los juegos de rol, tales como *Shadowrun* o el apropiadamente nombrado *Cyberpunk 2020*, ofrecen a menudo guiones que están fuertemente influenciados por las películas y la escritura cyberpunk. Durante los primeros años de la década de los 90, algunas tendencias de la moda y de la música fueron etiquetadas como cyberpunk.

⁷⁸ CARONIA, Antonio (2008) *Il Cyborg. Saggio sull'uomo artificiale*. Milano: Shake Edizioni.

⁷⁹ SÁDABA, Igor (2009) *Cyborg. Sueños y pesadillas de las tecnologías*. Barcelona: Ediciones Península. Para una aproximación a la categoría de lo *cyborg*, desde una perspectiva cultural amplia, véase también: BRONCANO, Fernando (2009) *La melancolía del cýborg*. Barcelona: Herder.

La visión cartesiana del mundo como dualidad entre un cuerpo físico y un alma inmaterial se ha visto revisada por la realidad empírica de una hibridación constante de los cuerpos con su entorno cultural y tecnológico. La investigación en el ámbito militar y de la robótica ha buscado la incorporación de la técnica al cuerpo persiguiendo la hibridación hombre-máquina, lo que lleva a la necesidad de una reflexión colectiva sobre el hecho de que los modelos de ciencia y tecnología retornan al ser humano modificándolo, reconstruyéndolo y reinventándolo. Es necesario además no perder de vista el componente político de la tecnología en el marco de un capitalismo global que se cimenta sobre la ciencia y se apoya en la tecnología, ya que de este modo se pone en cuestión la supuesta neutralidad e inevitabilidad de la tecnociencia contemporánea.⁸⁰



Ilustración 33. [Izquierda] Portada de la revista *Galaxy Science Fiction*, septiembre, 1954. [Derecha] Portada de la revista *Marvel Science Stories*, abril-mayo, 1939.

El neologismo *cyborg*, resultante de la contracción de “CYBernetic” y “ORGanism”, fue acuñado por los científicos Manfred Clynes (n. 1925) y Nathan S. Kline (1916-1983) en 1960 en un artículo titulado “*Cyborgs and Space*” en el que se describían las ventajas de los sistemas mitad máquinas, mitad humanos, en el campo de la exploración espacial. Se trataba de un complejo organizativo basado en la idea de “homeostasis” tomada del fisiólogo americano Walter Cannon (1871-1945) y que posteriormente sería desarrollada en la cibernética por Norbert Wiener y que se aplicaba a los mecanismos autorreguladores que se controlan con un “*feedback* negativo”.⁸¹ Este concepto había sido creado a su vez por el biólogo y médico

⁸⁰ SÁDABA, Igor (2009) *Ibidem*, pp. 19-20.

⁸¹ Retroalimentación (*feedback*) negativa —abreviado como NFB, del inglés *Negative Feedback*— es un tipo de realimentación en el cual el sistema responde en una dirección opuesta a la señal. La

francés Claude Bernard (1810-1873) refiriéndose a la característica de ciertos sistemas para regular su ambiente manteniendo una cierta condición de estabilidad.

En el marco de la Guerra Fría y del proyecto espacial *Apollo* la idea de creación de “sistemas hombre-máquina autorregulados” cautivó a la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) que lanzó el denominado “*Cyborg Program*”, pero con el paso de los años y la decadencia del programa espacial quedó en el olvido hasta que sus ideas fueron recogidas como inspiración por las ciencias sociales y humanas en el último tercio del siglo XX. La propuesta de Clynes y Kline resultaba muy avanzada en su momento porque no será hasta los años 70 cuando comiencen a aparecer tecnologías digitales como el microprocesador (1971) que posibilitan la expansión de la informática de consumo aunque la verdadera explosión de lo digital no llegue hasta las décadas de 1980 y 1990.



Ilustración 34. Las potencialidades extendidas del ser humano reflejadas primero en los referentes de la cultura popular y más tarde llevadas a la práctica por la investigación científica. (1) Portada de la revista "Amazing Stories", agosto 1928. (2) Portada de la revista "Popular Science", noviembre 1969. (3) El astronauta Bruce McCandless operando el *Manned Maneuvering Unit system* durante el vuelo del transbordador espacial *Shuttle* en 1984.

Se produce también en esta época la convergencia entre distintas ramas tecnológicas y científicas como la biotecnología, las telecomunicaciones, la ingeniería genética, la medicina, la robótica, la nanobiología, etc. Ya en 1958 el psiquiatra de las fuerzas aéreas estadounidenses Jack E. Steele (1924-2009) había utilizado el concepto de “biónica” con el fin de integrar lo biológico y lo tecnológico.⁸² En el campo de la sociobiología Edward Osborne Wilson (n. 1929)

retroalimentación negativa tiene como función el control y regulación de los procesos de un sistema. Como tal, se encarga de mantener el equilibrio dentro del sistema, contrarrestando o modificando las consecuencias de ciertas acciones. De allí que se asocie a procesos homeostáticos o de autorregulación. Los organismos vivos son homeostáticos y poseen un conjunto extraordinariamente complejo de reguladores que aseguran que determinadas condiciones como la temperatura corporal o el nivel de oxígeno, sales minerales y anhídrido carbónico contenidos en la sangre, así como otro elevado número de compuestos producidos por diferentes organismos, se mantengan dentro de unos niveles que no pueden variar más allá de unos límites a partir de los cuales se produce el desequilibrio, la enfermedad y, finalmente, la muerte.

⁸² La inspiración en la biología para la construcción de objetos artificiales, una de las ramas de investigación emergentes en el ámbito de lo digital (biomimética, *biomimetics*), tiene numerosos

al estudiar las sociedades de insectos en 1971 había teorizado acerca de los “superorganismos cibernéticamente regulados” planteando que las colonias de hormigas funcionaban mediante procesos autorregulados de recolección de comida y de defensa del hormiguero. Utilizaban feromonas para la transmisión de información entre los diferentes individuos por lo que el hormiguero funcionaría como un super-organismo, una especie de todo coordinado mayor que la suma de sus partes lo que conectaría este concepto con la idea del *cyborg*.⁸³

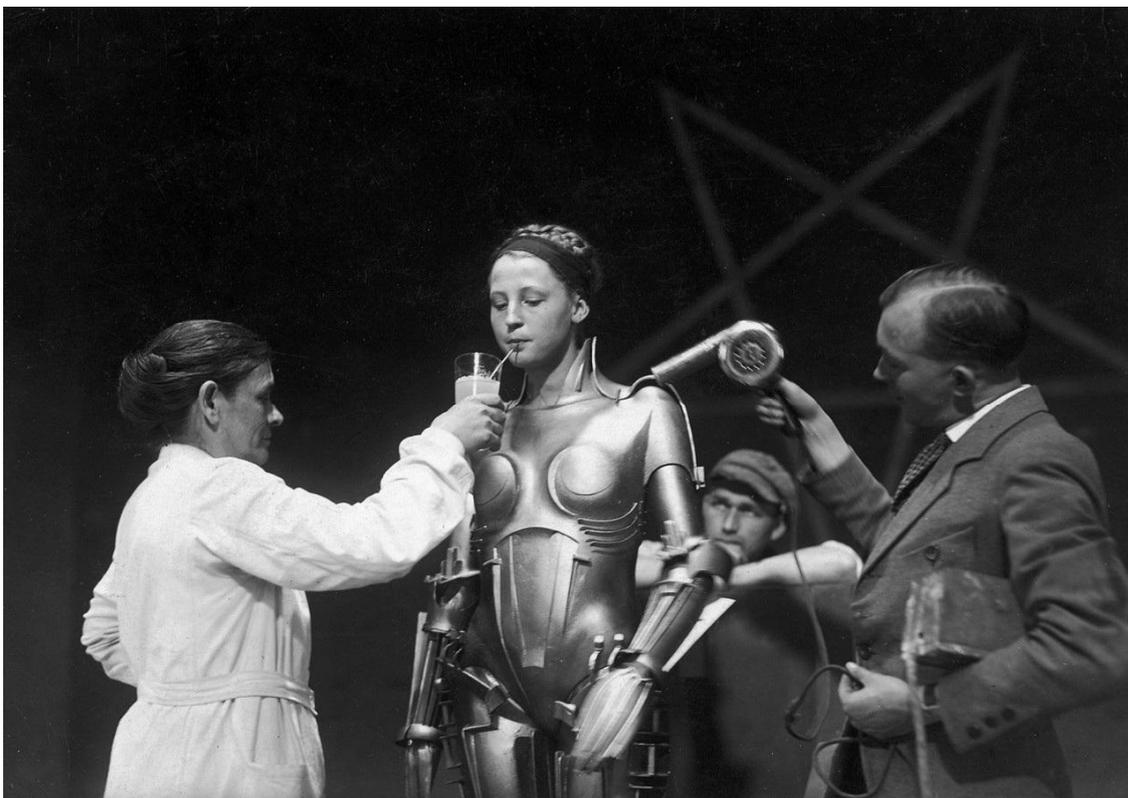


Ilustración 35. La actriz Brigitte Helm en el papel del robot María durante el rodaje del film *Metropolis*, 1927.

Existen otro tipo de aproximaciones de carácter más político e ideológico como el influyente *Manifiesto para cyborgs*⁸⁴ publicado en la revista *Socialist Review* en 1985 por la antropóloga y feminista postmoderna Donna Haraway (n. 1944) en el que define el término como “un híbrido entre una máquina y un organismo”⁸⁵ y lo propone como metáfora del nuevo sujeto o agente social. Durante los años 80 y dentro del marco de los “estudios culturales”, el *cyborg* entra en el campo de las ciencias sociales calando en cierto tipo de feminismo. Se utiliza la figura del *cyborg* teórico para realizar un cuestionamiento del “mito identitario” y de

antecedentes históricos entre los que se puede citar como ejemplo a Leonardo da Vinci y su inspiración en las alas de los murciélagos para el diseño de sus máquinas voladoras.

⁸³ SÁDABA, Igor (2009) *Ibidem*, p. 35.

⁸⁴ HARAWAY, Donna J. (1985) “A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century”, en *Socialist Review*, vol. 15, nº 2, pp. 424-457.

⁸⁵ HARAWAY, Donna J. (1991) *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*. Nueva York: Routledge, p. 149. Versión en español: HARAWAY, Donna J. (1995) *Ciencia, cyborgs y mujeres. La reinvención de la naturaleza*. Madrid: Cátedra, p. 253.

la modernidad patriarcal dentro del resquebrajamiento de la dicotomía entre lo natural y lo artificial y la ruptura de todas las oposiciones binarias modernas (naturaleza/cultura, masculino/femenino, hombre/máquina, mente/cuerpo, civilizado/primitivo, etc.).

Se utiliza la metáfora como método de conocimiento en la búsqueda de un lenguaje adecuado para nuestra representación del mundo. Haraway toma prestado el concepto de *cyborg* de la ciencia ficción y lo plantea como significado emergente para una crítica de la razón centrada en el sujeto (varón, de clase media y de raza blanca), una crítica del antropocentrismo racional.⁸⁶ Los *cyborgs* articulan la posibilidad de una superación de la dominación de género y de los patrones binarios a través de la corporificación de la mediación tecnológica. El *cyborg* se convierte en un actor de la sociedad tecnocientífica contemporánea en una utilización metafórica de la ciencia ficción para representar a la ciencia social.

3.5.4 *Situation Rooms*: los nuevos espacios de la Guerra Fría.

Como producto de la Guerra Fría el *cyborg* estaba diseñado para localizar objetivos y detectar oportunidades, analizando escenarios y eventos. Podemos observar una reminiscencia de estas funciones agresivas en la actitud requerida para la participación en los modernos videojuegos que son herederos directos de los juegos de guerra de la época. La suspensión temporal de la autoconciencia y de la reflexión crítica, que se presupone en este tipo de aplicaciones lúdicas, recuerdan el objetivo militar de borrar la interioridad psicológica del individuo y buscar la automatización de procesos y acciones con el fin de lograr una mayor eficiencia en la acción y un control total por parte del mando.



Ilustración 36. [Izquierda] Imagen de la sala de control del NORAD. [Derecha] Sala de control de vuelo del transbordador *Shuttle* de la NASA, Houston, Texas.

El hábitat natural del *cyborg* sería, por tanto, las cabinas de mando, las salas de operaciones y de control (*situation rooms*) en las que la información en forma de código adquiere mayor importancia que la misma realidad ordinaria y en la que adquiere su auténtico valor la capacidad del *cyborg* para intercambiar mensajes con este tipo de entornos tecnológicos. Podemos encontrar un perfecto ejemplo en el complejo del NORAD (*North*

⁸⁶ SÁDABA, Igor (2009) *Ibidem*, p. 175.

American Aerospace Defense Command) completamente cerrado⁸⁷ y sin vistas al exterior diseñado con el fin de facilitar la concentración de los operadores sobre las representaciones digitales de los objetivos militares (bases militares, ciudades, infraestructuras, posiciones del enemigo) mostrados a través de pantallas con distintos escenarios posibles de actuación o la detección de incidentes de seguridad como la violación del espacio aéreo por un avión enemigo.⁸⁸

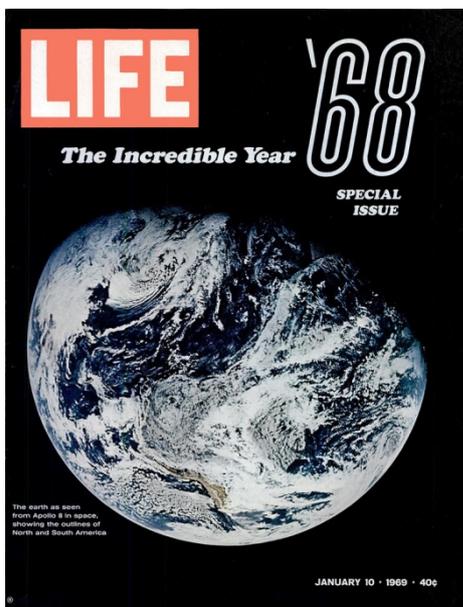


Ilustración 37. Portada de la revista *LIFE* con una imagen de la Tierra desde el *Apollo 8*, (10/01/1969).

La clausura total de estos espacios destinados al control se puede poner en relación con la idea de un mundo cerrado sometido a la percepción de la finitud de la Tierra rodeada por una red de satélites de vigilancia y comunicaciones y con una visión emergente del planeta como una nave espacial que surca el espacio y que podría desaparecer en cualquier momento debido a los peligros de la amenaza del juego nuclear llevado a cabo en el tablero de la política internacional por las dos grandes potencias de la época. Esta percepción explicaría la desconcertante coincidencia existente entre los militares y los movimientos alternativos en su preocupación por la defensa del medio ambiente en el periodo de posguerra en virtud de la percepción común de un mundo finito, situación que precisaba de una gestión de carácter global, una aproximación holística a los problemas del planeta y que fue defendida por figuras como Jay Forrester del *SAGE System* o las ideas del arquitecto visionario Richard Buckminster Fuller (1895-1983) sobre la comprensión de la Tierra y sus procesos como sistemas unitarios. Esta percepción se vería reforzada por las primeras fotografías de la Tierra tomadas desde el espacio y que por primera vez permitían contemplar nuestro planeta de forma completa como

⁸⁷ Se genera un tipo arquitectónico cerrado al exterior y con una organización visual de carácter panóptico basado en la información y que ha sido reflejado por el cine y popularizado por los medios de comunicación como ya ha sido citado anteriormente.

⁸⁸ PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, p. 29.

si se tratase de una nave espacial en medio de la inmensidad del cosmos.

Otra convergencia curiosa entre la investigación con fines militares y los movimientos alternativos o *underground* de la época es el interés común en las posibilidades ofrecidas por la tecnología para reconfigurar al individuo/sujeto humano en conexión con la importancia creciente de los flujos de información que lo relacionan con su ambiente, pero con orientaciones muy diferentes: así mientras que los primeros persiguen unos objetivos de control y disciplina (el desarrollo de *cyborgs* militares sería un ejemplo evidente), los segundos se centrarían en las indeterminaciones de la simbiosis entre el hombre y la tecnología y las perspectivas de emancipación que revelaría esta situación a partir de la posibilidad de ir más allá de los límites humanos hasta territorios en los que el *cyborg* podría explorar nuevos espacios de libertad. Esta dicotomía de enfoques se puso en evidencia en cuestiones como la experimentación con el uso de sustancias alucinógenas como el LSD (dietilamida de ácido lisérgico) que formó parte de programas militares de entrenamiento al tiempo que era utilizada con fines utópicamente emancipadores por ciertas comunidades alternativas.⁸⁹

La definición del individuo se coloca en el centro de las ambigüedades del cambio de siglo con lo que se pone en juego la posibilidad de interpretar al sujeto humano según los términos contradictorios del control o de la emancipación, aspecto este último que caracterizó a las teorías posmodernas de finales del siglo XX. En el ensayo ya citado de Donna Haraway se plantea como un elemento positivo la indiferencia del *cyborg* en cuanto al género y la raza, con lo que se abrirían nuevas posibilidades de libertad individual y colectiva. Esta posición sería desarrollada mucho más ampliamente por la corriente del ciberfeminismo o tecnofeminismo. En el fondo se plantea de nuevo en la cultura digital contemporánea la oposición dual entre dos alternativas: la determinación y la indeterminación, el control y la libertad.⁹⁰

La metáfora del *cyborg* se introducirá también en el discurso de la crítica arquitectónica a través de textos como "Homes for cyborgs" de Anthony Vidler.⁹¹ Más recientemente en España podemos citar el concepto de "Devenir Cyborg", desarrollado por el arquitecto y profesor de la ETSA de Sevilla José Pérez de Lama,⁹² que define el proceso de transformación que vive la sociedad vinculado a los cambios tecnosociales y la metamorfosis de las formas de vida en un contexto cada vez más conectado y digitalizado. Este concepto estaría compuesto a partir de otros dos, el devenir deluziano-guattariano y la enunciación feminista del concepto *cyborg* realizada por Haraway, complementada por la visión más pragmática y científica del arquitecto y urbanista William Mitchell que plantea la emergencia

⁸⁹ PICON, Antoine (2010) *Op.cit.*, p. 30.

⁹⁰ El *cyborg* se ha convertido en una figura emblemática del cine y la cultura populares en películas como *Blade Runner* (Ridley Scott, 1982), *Terminator* (James Cameron, 1984), *RoboCop* (Paul Verhoeven, 1987), *Artificial Intelligence* (Steven Spielberg, 2001), que trasladan al espectador el dilema causado por la condición híbrida mitad máquina mitad ser humano y el conflicto interno que supone la búsqueda de la libertad negada inicialmente por sus creadores.

⁹¹ VIDLER, Anthony (1992) "Homes for Cyborgs", en *The Architectural Uncanny: Essays in the Modern Unhomely*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

⁹² PÉREZ DE LAMA HALCÓN, José (2006) *Devenires cíborg. Arquitectura, urbanismo y redes de comunicación*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

de un nuevo "yo" extendido en las redes, un individuo que califica de indefinido y difícil de delimitar: el "yo *cyborg*".⁹³

3.6 Cibernética y arquitectura: patrones, sistemas y redes.

Tras la Segunda Guerra Mundial la revolución de las tecnologías computacionales en un contexto de cambio tecnológico continuo y acelerado llevará a un desarrollo de la reflexión sobre la transmisión de información y el control a distancia en campos de investigación y producción de conocimiento como la cibernética, la teoría general de sistemas o la teoría matemática de la información. Esta reflexión se ampliará a otros campos del conocimiento y tendrá un gran impacto en las denominadas profesiones del diseño. La transición de la arquitectura, y sus campos relacionados, hacia la era digital irá acompañada por una intensificación de su afinidad con la ciencia y se establecerá un vínculo duradero entre las ciencias "duras" (naturales y físicas) y el diseño.

Las tecnologías digitales posibilitan la emergencia de un pensamiento arquitectónico capaz de incorporar la complejidad a través de la conexión entre el arte y la técnica. La competencia de los arquitectos para interpretar y codificar el sentido del habitar y una formación amplia de carácter transversal los ha capacitado tradicionalmente para la organización de cualquier tipo de proceso complejo. En paralelo a los avances tecnológicos que hemos ido describiendo, los arquitectos intentan progresivamente producir una arquitectura capaz de promover el diálogo entre el sujeto, el objeto y el ambiente, pensando la arquitectura como un sistema complejo en un proceso continuo y dinámico de organización en el tiempo.

3.6.1 Una Bauhaus ecológica: la escala londinense.

La cuestión de la relación del hombre con su entorno, que estaba en la base del concepto del *cyborg* visto en el apartado anterior, ya era una preocupación de los arquitectos desde antes del comienzo de la guerra. Un ejemplo de esta preocupación lo podemos encontrar en el Londres de finales de la década de 1930, lugar y momento en el que, debido a las circunstancias que atraviesa la política europea, se produce una afortunada convergencia de artistas, arquitectos e intelectuales refugiados procedentes de Alemania y la Europa del Este⁹⁴ como, por ejemplo, Walter Gropius (1883-1969) exiliado desde 1934, László Moholy-Nagy (1895-1946) exiliado en 1935 tras una breve estancia en Holanda⁹⁵ o el arquitecto ruso

⁹³ MITCHELL, William (2003) *Me++: The Cyborg Self and the Networked City*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

⁹⁴ BENEVOLO, Leonardo (1987) *Historia de la arquitectura moderna*. (6ª ed.) Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 621-623.

⁹⁵ Moholy-Nagy fue rechazado para un puesto de profesor en el *Royal College of Art* por lo que se tuvo que dedicar a la realización de diversos trabajos de diseño (Imperial Airways) y también fotografió obras de arquitectura contemporánea para la revista *Architectural Review*. En 1936 el productor Alexander

Berthold Lubetkin (1901-1990) emigrado a Londres en 1931 en donde fundó el taller arquitectónico *Tecton*, abreviatura de *Architecton*.



Ilustración 38. Berthold LUBETKIN, Lindsay DRAKE, *Tecton*. Penguin Pool, London Zoo, Regent's Park, 1933-1934.

Los primeros proyectos de *Tecton* incluyeron diseños innovadores para el Zoológico de Londres, en donde contó con la colaboración del joven ingeniero danés Ove Arup (1895-1988), como la *Gorilla House* (1932-1933) o la *Penguin Pool* (1933-1934) en la que se mostraba claramente la influencia del escultor constructivista Naum Gabo (1890-1977). Estas obras (que pueden considerarse como un ejemplo temprano del movimiento moderno en Gran Bretaña) representan una demostración de la preocupación existente por generar entornos modernos en los que se pudiesen integrar satisfactoriamente los seres vivos.

El contacto con científicos como Julian Sorell Huxley (1887-1975)⁹⁶ biólogo, escritor y humanista, hermano del escritor Aldous Huxley, significó un primer intento de explorar un nuevo campo de actuación que más tarde se conocería como ecología.⁹⁷ Estas colaboraciones

Korda le encargó el diseño de los efectos especiales del film *Things to Come* (La vida futura). Moholy-Nagy creó esculturas cinéticas y efectos de luz abstractos que fueron rechazados por el director de la película. Por invitación del arquitecto británico Leslie Martin, dio una conferencia en la escuela de arquitectura de la Hull School of Art trasladándose a los Estados Unidos en 1937 como director de la Nueva Bauhaus.

⁹⁶ En 1935 Huxley fue nombrado secretario de la Sociedad Zoológica de Londres y dedicó una buena parte de los siete años siguientes a la gestión de la sociedad y de sus jardines zoológicos. Junto con sus investigaciones en zoología, Huxley también contribuyó con trabajos teóricos a la biología evolutiva y formó parte del conjunto de personas que dieron un impulso clave al campo de la síntesis evolutiva moderna. Su afición por la observación de aves durante su juventud le hizo interesarse por la ornitología y durante su vida ayudó a diseñar sistemas para la observación y conservación de estos animales. Huxley fue amigo y mentor del biólogo Konrad Lorenz. Sus investigaciones también incluían los campos de la medicina y de la biología molecular.

⁹⁷ Para una historia de la arquitectura basada en principios ecológicos véase: ANKER, Peder (2005) "The Bauhaus of Nature", en *Modernism/Modernity*, vol. 12, no. 2 April (2005), pp. 229-251. El punto de

entre arquitectos y científicos anticipan de algún modo la tendencia que se acelerará después de la guerra para trasladar los conceptos de la cibernética y otras teorías emergentes al campo de la arquitectura. La guerra jugó en este sentido un papel determinante en las interrelaciones entre disciplinas al forzar la colaboración estrecha entre científicos de diferentes ramas y arquitectos.⁹⁸

Durante las décadas de 1950 y 1960 los arquitectos tuvieron que enfrentarse con problemas de diseño cada vez más complejos y tanto Gran Bretaña como los Estados Unidos se convirtieron en lugares clave para la investigación arquitectónica orientada hacia la cibernética, como lo demuestra el trabajo de figuras como Gordon Pask (1928-1996), autor de un influyente trabajo publicado en 1969 y titulado "La relevancia arquitectónica de la cibernética".⁹⁹

3.6.2 Un lenguaje de patrones: las nuevas metáforas operativas.

En los Estados Unidos, y desde un punto de vista teórico, la investigación de la aplicación de la cibernética a la arquitectura se desarrolló a una mayor escala basada en la asunción de que los procesos de información dan lugar a la generación de patrones (*patterns*)

partida es el debate arquitectónico que se produce en Londres en la década de 1930 entre antiguos miembros del cuerpo docente de la Bauhaus y científicos ecologistas en relación con la posibilidad de desarrollar métodos de diseño en armonía con la naturaleza. Su idea básica era que el diseño tradicional de la vivienda reforzaba un desafortunado dualismo entre los seres humanos y la naturaleza, mientras que el nuevo diseño de la Bauhaus prometía un reencuentro del ser humano con la naturaleza a través de una vida saludable. László Moholy-Nagy, por ejemplo, desarrolló una metodología de diseño inspirado en el ecologista Raoul H. Francé, que trató de copiar el taller de la naturaleza. Esta "*bio-técnique*" (o biónica) se convirtió en la metodología para su trabajo de diseño en Londres y más tarde para la escuela de Nueva Bauhaus en Chicago. Berthold Lubetkin se inspiró en ideas similares para su diseño de la *Penguin Pool* en el *London Zoo* de 1934. El orden geométrico de la piscina refleja las prometedoras nuevas herramientas de investigación de la biología, así como una preocupación social por la salud y la supervivencia evolutiva de la especie humana. El zoológico de Londres se convirtió en el campo de pruebas para las ideas arquitectónicas del grupo. Algunas de estas preocupaciones resultaban también evidentes en el diseño visionariamente ecológico de la película *La vida futura* (1936) dirigida por William Cameron Menzies y basada en el argumento de una novela de H. G. Wells. Inspirada en el estilo Bauhaus de diseño de la arquitectura y el urbanismo, la película retrata una ecotopía ecológica basada en la ciencia de la ecología humana. Se plantea un futuro tecnológico en la tradición de obras predictivas que emplean la disculpa del futuro para advertir de los peligros del presente. Ver también: ANKER, Peder (2010) *From Bauhaus to Ecohouse. A History of Ecological Design*. Baton Rouge: Louisiana State University Press.

⁹⁸ Serge Chermayeff (que junto con Lubetkin y Naum Gabo formaba la diáspora rusa en Londres) trabajó en el diseño de refugios antiaéreos [Picon (2010): 32] así como también el grupo Tecton (Finsbury Air raid shelter project, 1939, para el Finsbury Borough Council) en colaboración con Ove Arup. Chermayeff, Serge (1939) *Plan for A.R.P.: A Practical Policy for Air-Raid Precautions*. Londres: Frederick Muller Ltd. Ver: MAGALHÃES ROCHA, Altino João (2004) *Architecture Theory 1960-1980. Emergence of a Computational Perspective*. Tesis doctoral. Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Architecture, p. 69.

⁹⁹ PASK, Gordon (1969) "The Architectural Relevance of Cybernetics", en *Architectural Design*, vol. 7, 6. Nueva York: Wiley, pp. 494-496. Versión en español: "La significación arquitectónica de la cibernética", en ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) *Op. cit.*, pp. 15-28.

que pueden ser observados tanto en el mundo natural como en las organizaciones humanas. Estos patrones podían ser considerados como la traducción visual y espacial de determinados fenómenos analizados en clave cibernética como, por ejemplo, el concepto de los bucles de retroalimentación (*feedback loops*). Se suponía que mediante su identificación y aprovechamiento adecuado, la arquitectura podría conseguir el objetivo de lograr un entorno construido más eficiente además de contribuir a la producción de una sociedad orientada hacia el control, en la línea de los parámetros defendidos por los militares y las grandes corporaciones económicas.¹⁰⁰

El concepto de *pattern* se concibe como una de las formas más directas de transmitir la información. Los avances tecnológicos contribuyeron también a mejorar los mecanismos de visualización al tiempo que determinados temas como, por ejemplo, el de la visión en movimiento -la percepción del ojo que se desplaza (*moving eye*)- fueron desarrollados por artistas y teóricos que provenían de la vanguardia europea exiliada por causa del conflicto bélico y establecida en América tras su etapa londinense.¹⁰¹

Durante la década de los años 50, György Kepes (1906-2001), antiguo colaborador de László Moholy-Nagy, popularizó estas ideas a través de exposiciones y libros que tuvieron una gran influencia. Kepes fue el fundador y director del *Center of Advanced Visual Studies* (CAVS) del MIT, en el que artistas, ingenieros, arquitectos y científicos exploraban las nuevas posibilidades creativas de la tecnología en una atmósfera de optimismo colaborativo que estimulaba el intercambio de conceptos entre las diferentes disciplinas. Kepes se vio profundamente afectado por las ideas de Wiener sobre cibernética y por las investigaciones neurofisiológicas que reforzaban la idea de que la capacidad de orientación del individuo en un ambiente se basa en la aptitud del sistema neurológico para percibir invariantes en las transformaciones continuas.

Algunas de estas ideas le sirvieron como metáforas de trabajo en su convencimiento de que la verdadera tarea del arte consistía en ayudar a la gente a recuperar un sentido de armonía y orden en medio de las transformaciones constantes de la vida cotidiana,¹⁰² entendiendo el arte como un sistema de retroalimentación (a la manera cibernética de Wiener) que expresa las metas y símbolos más elevados de una sociedad.¹⁰³ La ciencia y la tecnología podrían servir como modelos para el arte de formas diversas: como fuente de nuevas imágenes útiles para la comprensión de los fenómenos y también como forma dinámica de resolución de problemas en los que las unidades básicas fuesen estructuras,

¹⁰⁰ PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, p. 33.

¹⁰¹ Además de Moholy-Nagy podemos citar como integrantes del "grupo húngaro" de artistas a György Kepes, a Victor Vasarely (fundador del "*op-art*"), a Dénes Gábor (inventor de la holografía) o a Béla Julesz.

¹⁰² Sobre la función social del arte y el diseño en Kepes, véase GÓMEZ ALZATE, Adriana (2008) "György Kepes y la relación entre el arte y la tecnología", en Revista KEPES, Año 5, Nº 4, enero-diciembre, pp. 59-71.

¹⁰³ MORAVÁNSZKY, Ákos (2007) "Infiltrations and Interferences: Scientific Methods in Art and Architecture", en CIRLOT, Lourdes; BUXÓ, M. J.; CASANOVAS, Anna; ESTÉVEZ, Alberto T. [eds.] (2007) *Arte, Arquitectura y Sociedad Digital*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona, pp. 133-144.

flujos, procesos y organización.¹⁰⁴

El concepto "organización" se convierte en fundamental en las décadas de los 50 y los 60 en paralelo con la aplicación de la cibernética y continúa siendo un aspecto fundamental en nuestros días tanto en la versión científica de las ciencias de la complejidad (auto-organización) como en las explicaciones de las lógicas organizacionales del capitalismo global.¹⁰⁵ La cuestión ya había sido tratada por algunos representantes de la vanguardia de comienzos del siglo XX como el arquitecto Hannes Meyer (1889-1954), quien en su manifiesto *Bauen* (Construir) del año 1928 afirmaba que "*el construir es un proceso biológico y no un proceso estético (...) ¿y el arquitecto? ... Antes era un artista y ¡ahora se ha convertido en un especialista en organización!*". Meyer presta atención a las nociones biológicas de interrelación entre elementos mutables que pueden cambiar estableciéndose equilibrios entre lo que denomina "fuerzas cooperativas", por lo que "*construir significa una organización consciente de los procesos vitales*" y la "*edificación no es más que organización: organización social, técnica, económica y también organización psicológica*".¹⁰⁶

Siguiendo con esta idea la ciencia y la tecnología constituyen un enfoque sistemático, disciplinado y colaborativo que permite la consecución de objetivos y, por tanto, el laboratorio científico se contempla como un modelo de actuación para los equipos de trabajo creativos en campos ajenos al de la ciencia. Esta idea influirá poderosamente en arquitectos como Louis I. Kahn (1901-1974) que la reflejará en proyectos como el *Richards Medical Laboratory* en Philadelphia o el *Salk Institute* de investigaciones biológicas en La Jolla (California), 1959-1965.

Kepes recolectó una gran cantidad de imágenes procedentes de la ciencia, el arte y la ingeniería y en el año 1951 organizó una exposición titulada "*The New Landscape*" cuyo tema era las "nuevas fronteras del mundo visible" y en donde se exhibían fotografías de formas biológicas y estructuras cristalinas así como ejemplos de estructuras utilizadas en el arte y en proyectos arquitectónicos. Esta exposición realizada en el MIT dio lugar a la publicación de un libro en el año 1956 con el título de "*The New Landscape in Art and Science*".¹⁰⁷ Junto con el material de Kepes se publicaron ensayos de conocidos científicos y artistas entre los que se encontraban científicos como Norbert Wiener, artistas como Fernand Leger o Jean Arp y también arquitectos como Walter Gropius o Richard Neutra. Esta obra junto con la exposición citada constituyó un intento de síntesis entre el arte y la ciencia siguiendo la idea de Kepes de que el arte podía ayudar a la ciencia al proporcionarle nuevos recursos de visualización que definirían un nuevo idioma gráfico que permitiría a científicos y artistas unir de forma más

¹⁰⁴ MORAVÁNSZKY, Ákos (2007) *Ibidem*, p. 137.

¹⁰⁵ MERTINS, Detlef (2007) "Where Architecture Meets Biology: An Interview with Detlef Mertins", en: BROUWER, Joke; MULDER, Arjen [eds.] (2007) *Interact or Die!*. Rotterdam: V2 Publishing, pp. 110-131. Disponible en: <http://repository.upenn.edu/arch_papers/> [Fecha de consulta: 20/03/2015]

¹⁰⁶ MEYER, Hannes (1928) "bauen", en *bauhaus, zeitschrift für gestaltung*, Dessau, año II, no.4 (1928). Versión en castellano en: CONRADS, Ulrich (1973) *Programas y manifiestos de la arquitectura del siglo XX*. Barcelona: Editorial Lumen, pp. 176-180. También en MARCHÁN FIZ, Simón [ed.] (1974) *La arquitectura del siglo XX. Textos*. Madrid: Alberto Corazón Editor, pp. 166-171. También en HEREU, Pere; MONTANER, Joseph Maria; OLIVERAS, Jordi (1994) *Textos de Arquitectura de la Modernidad*. Barcelona: Nerea, pp. 261-263.

¹⁰⁷ KEPES, György (1956) *The New Landscape in Art and Science*. Chicago: Paul Theobald.

eficaz sus esfuerzos de colaboración.

Para este libro Norbert Wiener escribió un artículo titulado "*Pure Patterns in a Natural World*",¹⁰⁸ una breve reflexión sobre la elegancia matemática de los patrones mostrada a través de una serie de fotografías de carácter científico. En ella se realiza un paralelismo entre la importancia de los patrones para explicar los procesos de crisis tanto en el ámbito de la física como en el de los procesos sociológicos.¹⁰⁹

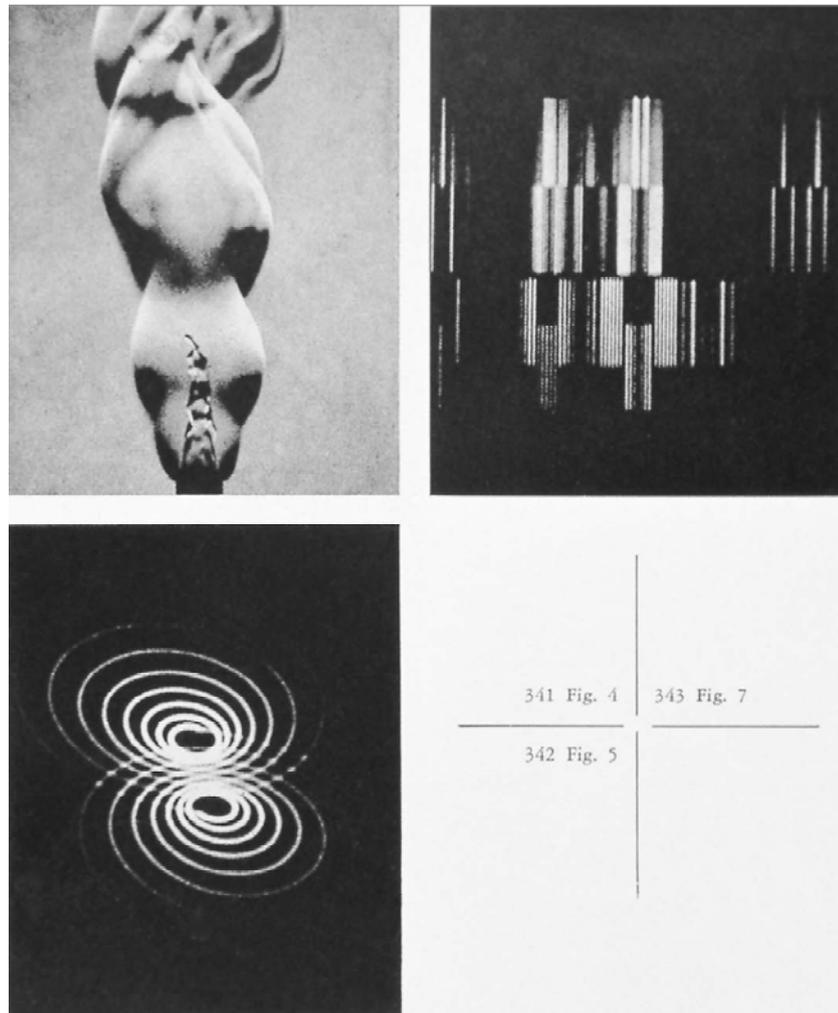


Ilustración 39. Ilustración de György KEPES para el artículo de Norbert Wiener, "Pure Patterns in a Natural World", en el libro de Kepes, *The New Landscape in Art and Science*, 1956.

El arquitecto Richard Neutra (1892-1970) publicó en el mismo libro un artículo titulado "*Inner and Outer Landscape*"¹¹⁰ en el que plantea que la continuidad entre microcosmos y macrocosmos sugerida por la compilación de las imágenes de Kepes alcanza a nuestra

¹⁰⁸ WIENER, Norbert (1956) "Pure Patterns in a Natural World", en KEPES, György (1956) *Op. cit.*, pp. 274-276.

¹⁰⁹ REINHOLD, Martin (2003) *The Organizational Complex: Architecture, Media and Corporate Space*. Cambridge (MA.): The MIT Press, pp. 38-39.

¹¹⁰ NEUTRA, Richard (1956) "Inner and Outer Landscape", en KEPES, György (1956) *Op. cit.*, p. 84.

fisiología más íntima: los procesos que se desarrollan en lo más profundo de nuestra piel, nuestro organismo y nuestro sistema nervioso. Estas cuestiones deben ser atendidas por un diseñador que entienda los flujos y corrientes que se producen entre el individuo, el grupo y el entorno físico¹¹¹ por lo que Neutra aboga por una alianza entre el diseño y la neurofisiología orientada cibernéticamente.¹¹²

El interés por el concepto de "patrones" formará años más tarde el núcleo teórico del trabajo del arquitecto Christopher Alexander durante las décadas de los años 60 y 70. Alexander mostró desde los inicios de su formación académica un gran interés por el análisis matemático y el diseño y cursó dos licenciaturas en la Universidad de Cambridge, primero en matemáticas y luego en arquitectura (en el programa dirigido por el arquitecto Leslie Martin).¹¹³ Después se trasladó a los Estados Unidos donde comenzó su programa de doctorado en la universidad de Harvard en 1958. Como resultado de su tesis doctoral¹¹⁴ se publicó en 1964 el libro "*Ensayo sobre la síntesis de la forma*" que se basaba precisamente en la identificación y combinación de patrones.¹¹⁵ Durante más de una década aplicó la lógica y estructura de los problemas informáticos a la definición de un lenguaje de patrones buscando la codificación de la solución para los problemas de diseño tanto en el ámbito de la vivienda como en el del ambiente.

3.6.3 El nuevo espacio corporativo: modularidad y diseño.

Uno de los dominios en los que el enfoque basado en patrones obtuvo mayor éxito fue en el diseño de la arquitectura del espacio corporativo. La doctrina de las "relaciones humanas" que predominaba desde el final de la Segunda Guerra Mundial propugnaba que unos ambientes de trabajo mejor concebidos mejorarían el rendimiento de los empleados y su integración dentro de la estructura de las grandes corporaciones de la época.

Esta idea se traduce en la búsqueda sistemática de modularidad y repetición como sinónimos de una integración orgánica de grupos e individuos en el organigrama de la empresa. Podemos citar como ejemplo de este tipo de planteamiento el proyecto de la *General Motors Technical*, en Warren, Michigan, realizado por Eero Saarinen (1910-1961)¹¹⁶ entre 1945 y 1956 y que resulta emblemático de esta nueva visión así como su proyecto de

¹¹¹ REINHOLD, Martin (2003) *Op. cit.*, p. 38

¹¹² LAVIN, Sylvia (1999) "Open the Box: Richard Neutra and the Psychology of the Domestic Environment", en *Assemblage*, nº. 40 (December 1999): 6–25. Citado en PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, p. 33.

¹¹³ Realmente Alexander era uno de los pocos arquitectos que en el comienzo de los años 60 tenía la formación matemática necesaria para programar y usar un ordenador.

¹¹⁴ ALEXANDER, Christopher (1962) *The Synthesis of Form: Some Notes on a Theory*. Tesis doctoral. Harvard University. Citado en: KELLER, Sean Blair (2005) *Systems Aesthetics: Architectural Theory at the University of Cambridge, 1960-75*. Tesis doctoral. Harvard University, p. 65.

¹¹⁵ PELLEGRINO, Pierre; CORAY, Daniel (1999) *Arquitectura e Informática*. Barcelona: Gustavo Gili, pp. 55-56.

¹¹⁶ El proyecto se comenzó en 1945 por Eiel Saarinen y su hijo Eero, haciéndose cargo del mismo este último tras el fallecimiento de su padre en 1950.

1958 para el *IBM Manufacturing and Training Facility*, en Rochester, Minnesota.



Ilustración 40. Eero SAARINEN, *IBM Manufacturing and Training Facility*, Rochester, Minnesota, 1958. Fotografía: Balthazar Korab.

De forma paralela a esta definición de un nuevo espacio corporativo y empresarial, algunos arquitectos colaboraron también en la ideación espacial de los propios sistemas informáticos con el objeto de conseguir una mejor integración entre los individuos, las máquinas y la organización corporativa en su conjunto. Es el caso del trabajo de Eliot Noyes (1910-1977) que en la década de los 60 colaboró en el diseño del modelo System/360 de IBM, un sistema de componentes combinados que refleja esa búsqueda de modularidad propia de la época. Este concepto representa la existencia de un enfoque común en el diseño de edificios y máquinas y muestra de nuevo la interrelación conceptual que se produce entre las diferentes disciplinas.

La empresa IBM desarrolló una política de diseño global e integral que se extendía desde el logo de la compañía hasta los edificios.¹¹⁷ En esta línea se contrató al matrimonio formado por Charles y Ray Eames para la realización de varios trabajos de comunicación y de

¹¹⁷ Encontramos un precedente en el papel jugado por Peter Behrens tras su incorporación en 1907 como arquitecto y diseñador para la AEG (*Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft*), en el que tuvo que desarrollar un estilo de construcción que iba desde los gráficos hasta el diseño de productos y de las plantas industriales. FRAMPTON, Kenneth (1987) *Op. cit.*, p. 113.

diseño.¹¹⁸ El trabajo de los Eames representa un ejemplo del creciente impacto de la cultura informática en el campo de la arquitectura.

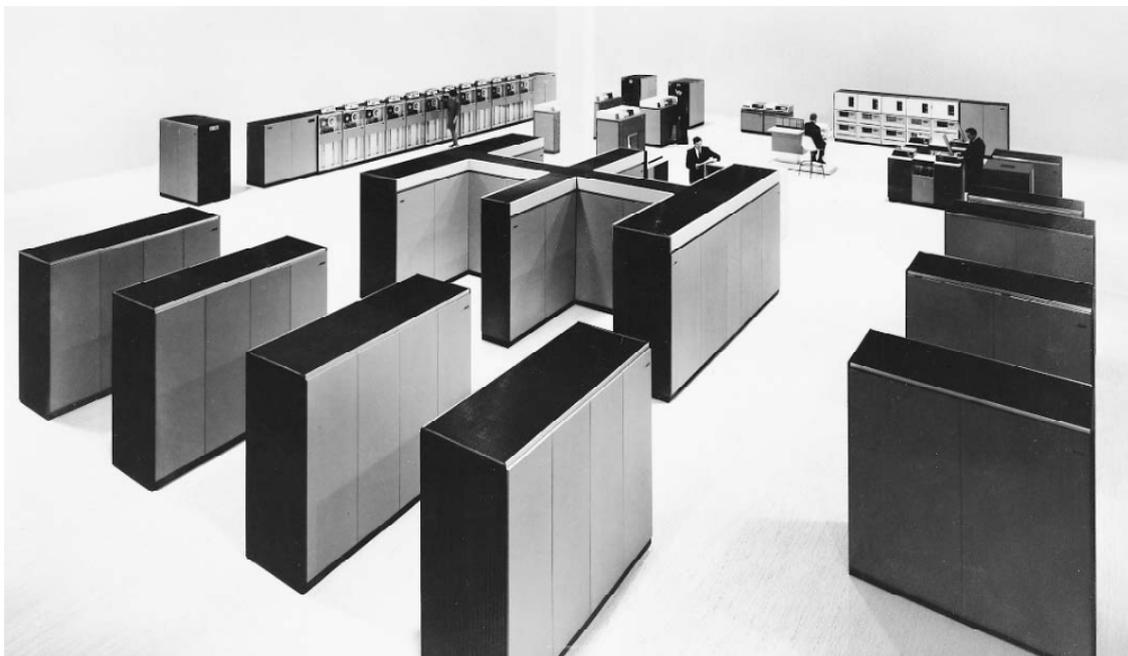


Ilustración 41. IBM System/360 Model 85 configuration, 1968.

Otra línea de trabajo experimental sería la desarrollada por el arquitecto Nicholas Negroponte (n. 1943) y su noción de "máquinas arquitectónicas", sistemas que trabajasen en "simbiosis" con el diseñador y los usuarios y que Negroponte pensaba que cambiarían la forma de hacer la arquitectura. Negroponte es más conocido por su faceta de gurú tecnológico¹¹⁹ y como fundador del *MIT Media Lab* en 1985. Como director del *Architecture Machine Group* en el MIT, fundado en 1968, desarrolló toda una teoría acerca de cómo podrían trabajar estos sistemas en sus libros *The Architecture Machine* (1970) y *Soft Architecture Machines* (1975). A lo largo de la década de los 70 trabajó también en el desarrollo de una serie de programas y herramientas de diseño asistido.

El germen de estas ideas se inició en artículos como "*Towards a Humanism through Machines*" publicado en la revista *Architectural Design* en 1969. Una máquina arquitectónica transformaría el proceso de diseño en un "diálogo" que podría alterar la dinámica tradicional "hombre-máquina". Para conseguir estos objetivos se planteaba la incorporación del concepto emergente de inteligencia artificial. Además del interés por aprovechar el potencial de la computación en arquitectura, el objetivo se centraba también en la interfaz entre el individuo y la máquina, siendo uno de los objetivos del grupo conseguir establecer una conversación sensorial con el ordenador.

¹¹⁸ Uno de estos trabajos fue la exposición realizada en el año 1971 y titulada "*A Computer Perspective*", presentada en el IBM Corporate Exhibit Center de Nueva York y que dio lugar un par de años más tarde al libro del mismo nombre.

¹¹⁹ Fue uno de los fundadores de la revista *Wired* y su libro más conocido *Being Digital* (1995) se convirtió en un *best-seller* traducido a más de 40 idiomas.

3.6.4 Performance y megaestructuras: nuevos caminos.

Junto a esta línea dedicada al diseño del espacio corporativo, en Inglaterra se desarrollaban una serie de proyectos que buscaban una interacción dinámica entre el espacio, la organización arquitectónica y la sociedad. La teoría cibernética influyó en uno de los proyectos más famosos de la década de los 60, el *Fun Palace* (1963-67) de Cedric Price (1934-2003) diseñado en colaboración con la prestigiosa directora y productora teatral radical Joan Littlewood (1914-2002). Se trataba de un gigantesco centro dedicado a las artes performativas,¹²⁰ dotado de una estructura flexible y que se considera como una de las principales fuentes de inspiración para el proyecto del *Centro Georges Pompidou* (1977) de Renzo Piano y Richard Rogers.

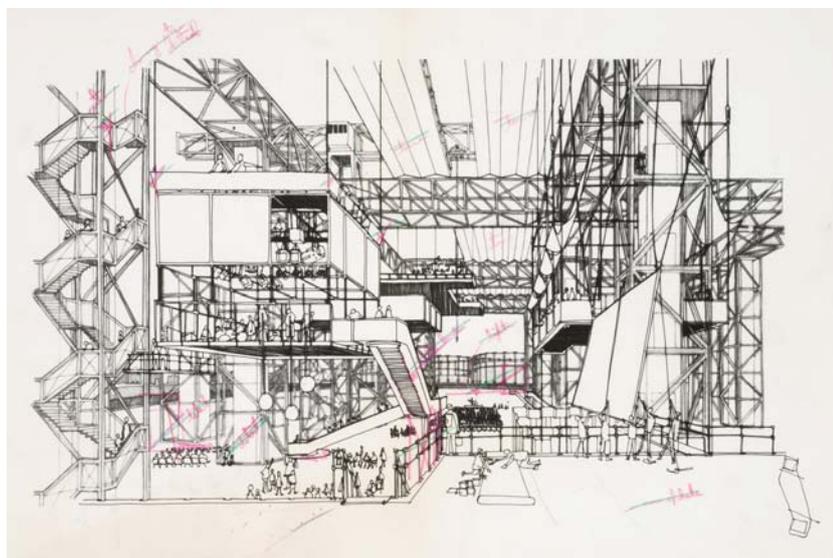


Ilustración 42. Cedric PRICE, *The Fun Palace*, 1961-1966.

En este revolucionario proyecto considerado como "*una herramienta para un uso constructivo del tiempo libre*",¹²¹ Price ideó un teatro cibernético que permitiría constantes interacciones entre el público y los actores. En 1963 entró a formar parte del equipo de diseño del *Fun Palace* el psicólogo y cibernético Gordon Pask, con quien elaboró una propuesta muy detallada que incluía la utilización de un ordenador entre bastidores que analizaba e integraba las reacciones variadas de los espectadores para transmitir después esos resultados a los actores.

Años más tarde Price llegaría aún más lejos con su *Generator Project* (1976-79), un

¹²⁰ LITTLEWOOD, Joan (1964) "A Laboratory of fun", en *New Scientist*, Londres, mayo 1964, p. 432, citado en LANDAU, Royston (1969) *Nuevos caminos de la arquitectura inglesa*. Madrid: Blume, p. 76.

¹²¹ MATHEWS, Stanley (2007) *From Agit-Prop to Free Space: The Architecture of Cedric Price*. Londres: Black Dog Publishing, p. 11. Citado en JÉREZ MARTÍN, Fernando (2013) *Estrategias de incertidumbre. Sistemas, máquinas interactivas y autoorganización*. Tesis Doctoral. Director: Javier Raposo Grau. Madrid: UPM, ETSA, Departamento de Ideación Gráfica, p. 222.

denominado "centro inteligente de educación y recreo"¹²² para la *Gilman Paper Corporation* en White Oak, Florida. En este proyecto y con la ayuda de John Frazer, uno de los pioneros de la Inteligencia Artificial, diseñó un sistema modular que no sólo era programable sino que además tenía la capacidad de realizar alteraciones y propuestas novedosas no solicitadas por sus ocupantes. Este proyecto de una gran complejidad y para el que se realizaron numerosos esquemas y diagramas nunca fue construido y constaba esencialmente de un sistema de elementos cúbicos que podían moverse y combinarse con otros o con elementos adicionales para crear estructuras temporales. Se operaba a través de un ordenador central con el que el visitante podía combinar cualquiera de los 150 módulos cúbicos de 4 por 4 metros.¹²³

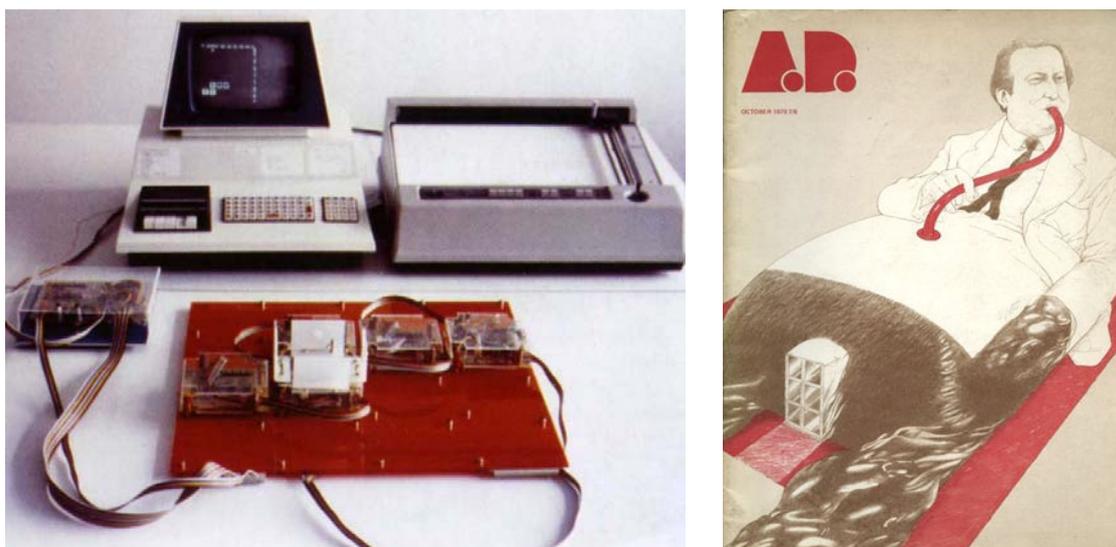


Ilustración 43. [Izquierda] Cedric PRICE, *Generator Project*, 1976-79. [Derecha] Portada de la revista *Architectural Design* con una imagen de Cedric Price, Octubre 1970.

En estos primeros intentos de utilizar al ordenador como un recurso dinámico para la arquitectura hay que señalar la influencia de otras corrientes como, por ejemplo, el movimiento megaestructural, término acuñado por el historiador y teórico de la arquitectura británico Reyner Banham. Las megaestructuras se caracterizaban por el diseño de edificios a una escala "masiva"¹²⁴ en los que se desdibuja y difumina la distinción entre la arquitectura y la ciudad. Se daba preferencia a las circulaciones sobre los componentes espaciales elementales, con una forma de aproximación al problema de la complejidad de carácter cibernético en términos de conexiones entre elementos relativamente simples. Desde este punto de vista el *Fun Palace* de Price podría considerarse como una especie de megaestructura con sus distintos elementos actuando como conectores dinámicos entre las distintas partes del complejo. En este sentido el ordenador permitiría controlar la conectividad requerida al tiempo que

¹²² Fue concebido como un centro de descanso y actividades para pequeños grupos de visitantes (de 1 a 100) en la White Oak Plantation situada en la costa de la frontera entre Georgia y Florida para el mecenas Howard Gilman, CEO de la Gilman Paper Company.

¹²³ RILEY, Terence [ed.] (2002) *The Changing of the Avant-Garde: Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection*. Nueva York: The Museum of Modern Art, p. 156.

¹²⁴ ALISON, Jane; BRAYER, Marie-Ange; MIGAYROU, Frederic; SPILLER, Neil [eds.] (2007) *Future City. Experiment and utopia in architecture*. Londres: Thames & Hudson, p. 107.

facilitaría una gestión personalizada de los parámetros ambientales tan importantes para la arquitectura más avanzada de la época. El grupo de arquitectura de vanguardia más importante de esa época, el estudio inglés Archigram, jugó con esta idea en proyectos que van desde la *Computer City* (1964)¹²⁵ de Dennis Crompton al proyecto *Control and Choice Housing* (1967)¹²⁶ de Peter Cook y Ron Herron.¹²⁷ Pero la transición entre los vínculos espaciales y los procesos de información gestionados con la ayuda del ordenador fue realizada por Yona Friedman en su proyecto "*Flatwriter*", un sistema computerizado de localización espacial dentro de una megaestructura urbana futurista.

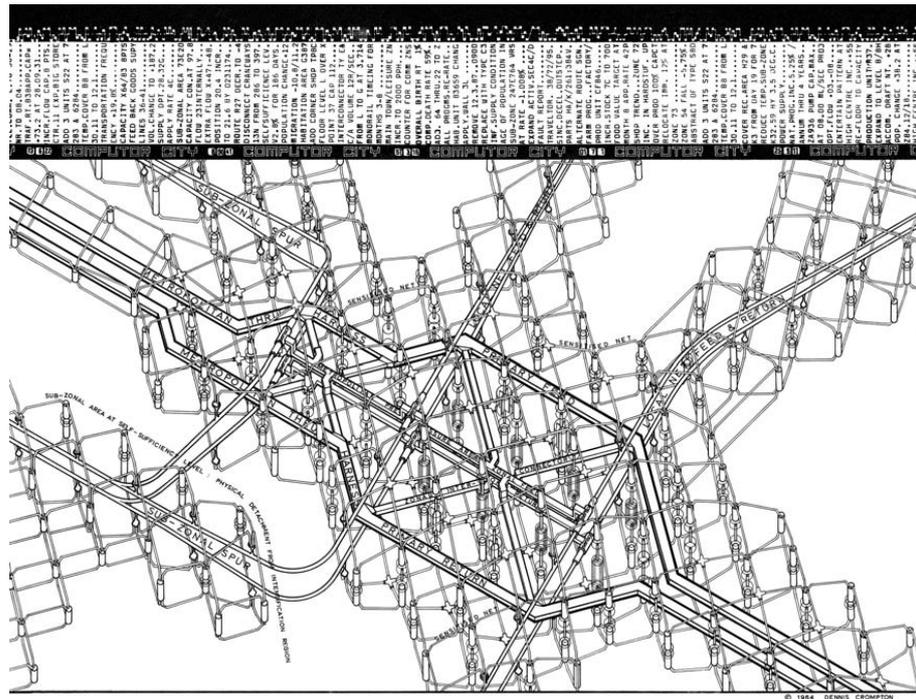


Ilustración 44. Dennis CROMPTON, *Computer City*, 1964.

Finalmente otro de los aspectos que se pueden señalar en el contexto británico sería el de la investigación académica que dio lugar a las primeras instituciones dedicadas al estudio de las relaciones entre la arquitectura y el ordenador. Entre esas instituciones se puede mencionar el *Land Use and Built Form Studies* (LUBF) fundado por el arquitecto Leslie Martin en el año 1967 en la Universidad de Cambridge y que tenía como uno de sus objetivos principales transformar el diseño arquitectónico en una práctica basada en el uso del ordenador para el estudio de los patrones espaciales y funcionales. Muchos de sus trabajos se publicaron en el *LUBF Journal* y personalidades como Christopher Alexander y William J. Mitchell estuvieron entre los participantes de esta interesante experiencia investigadora.

¹²⁵ SADLER, Simon (2005) *Archigram: Architecture without Architecture*. Cambridge (MA): The MIT Press.

¹²⁶ Realizado para la exposición de la *Biennale des Jeunesses* de París.

¹²⁷ Los archivos del grupo Archigram están disponibles para su consulta online a través del Archigram Archival Project en: <<http://archigram.westminster.ac.uk>>.

En el contexto de finales de los 60 y comienzos de los 70 la escena de la arquitectura estuvo marcada por los intentos de relacionar esta disciplina con una cultura digital cada vez más extendida. Algunos de estos intentos fueron más allá del marco inicial de la teoría cibernética buscando la seductora posibilidad de la aplicación de patrones a problemas cada vez más complejos. En esta tarea tuvieron que enfrentarse con las mismas dificultades operativas que la cibernética y la inteligencia artificial dado que la tecnología no estaba lo suficientemente avanzada como para poner en práctica de forma eficiente las ideas y modelos esbozados en la teoría, pero sus ideas y propuestas sí que ejercieron una influencia de carácter relevante en el nacimiento del posmodernismo.

3.6.5 El giro formalista en el postmodernismo.

La difusión de la cultura del ordenador en arquitectura promovió una comprensión diferente de la misma con un enfoque basado en la manipulación de los lenguajes formales desde los patrones puramente geométricos a los sistemas de signos y símbolos. Más allá de la utilización de patrones por arquitectos como Saarinen, este aspecto ya estaba presente en algunos representantes de la modernidad tardía con un renovado interés por los tipos y las proporciones lo que se percibe en el entusiasta recibimiento dado al libro de Rudolf Wittkower, "*Architectural Principles in the Age of Humanism*" (1949), que tuvo un fuerte impacto en la arquitectura de la década de los 50, y también por propuestas como el *Modulor* de Le Corbusier. Wittkower fue maestro de Colin Rowe que ejerció de profesor en Cambridge entre 1958 y 1962 y que desarrolló una investigación de carácter tipológico en su famoso ensayo "*The Mathematics of the Ideal Villa*", inspirado en la lectura del Renacimiento realizada por su maestro Wittkower.

Este ambiente intelectual influyó a su vez en varios teóricos, historiadores y diseñadores desde Anthony Vidler a Peter Eisenman, algunos de los cuales llegarían a estar muy vinculados a la corriente postmoderna. Vidler trabajó bajo la tutela de Colin Rowe y Eisenman completó su tesis doctoral bajo la dirección de Leslie Martin.

La cultura del ordenador, o mejor, la perspectiva computacional que la acompaña se convirtió en inseparable del giro formalista y semiótico que constituyó una de las características de la última modernidad y una de las primeras manifestaciones del posmodernismo en arquitectura. Esto no se produjo sin ciertas reflexiones críticas de carácter ético pues ya en 1973, el teórico, historiador y crítico de la arquitectura italiano Manfredo Tafuri (1935-1994) en su libro *Proyecto y Utopía* manifestaba que los sistemas formales manipulados por ordenador, los lenguajes artificiales de simulación y programación, prepararían la "*dominación completa del capital sobre el universo del desarrollo*".¹²⁸

El vínculo entre el posmodernismo y el nacimiento de la cultura digital fue teorizado

¹²⁸ TAFURI, Manfredo (1973) *Progetto e Utopia. Architettura e sviluppo capitalistico*. Bari: Laterza. Versión inglesa: (1976) *Architecture and Utopia: Design and Capitalist Development*. Cambridge (MA.): The MIT Press, p. 151.

por el filósofo francés Jean-François Lyotard, quien en su conocido ensayo de 1979 "*La condición postmoderna. Informe sobre el saber*"¹²⁹ reflexionó sobre la creciente sensibilidad hacia los "juegos lingüísticos" y la existencia de una sociedad más orientada cibernéticamente como las características clave de la posmodernidad.

El sujeto postmoderno de Lyotard se caracterizaba por la capacidad de decodificar sistemas sintácticos complejos o de desenvolverse de forma eficiente en diversos roles en clara relación con las prestaciones del *cyborg* que hemos revisado anteriormente. Señala también Lyotard un cambio de *status* del saber en la sociedad posindustrial y en la cultura posmoderna que la caracteriza. Desde finales del los años 50, y una vez concluida la reconstrucción europea, las transformaciones tecnológicas inciden sobre el saber desde el punto de vista de la investigación y desde el punto de vista de la transmisión de conocimiento. Podemos encontrar un ejemplo de lo primero en la influencia de la cultura digital en el ámbito de la investigación genética que debe su paradigma de enfoque a la cibernética. En segundo lugar, la transmisión del conocimiento se ve favorecida por la miniaturización y la multiplicación de las nuevas máquinas de información fruto de la investigación realizada en las décadas anteriores. En este sentido resulta de gran importancia destacar la posibilidad de traducir los resultados de la investigación a un lenguaje comprensible por la nuevas máquinas. El saber, en su forma de mercancía informacional, se convertirá en el elemento más importante de competitividad dentro del marco económico de la globalización.

Al mismo tiempo la existencia dominante de la tecnociencia provoca una subordinación masiva de los enunciados cognoscitivos a una finalidad utilitaria basada en un criterio exclusivamente técnico. No obstante el postmodernismo arquitectónico en su conjunto no siguió este fundamento tecnológico enunciado por Lyotard y la dimensión computacional fue reprimida frecuentemente en favor de supuestos estilísticos más tradicionales que consideraban la relación entre arquitectura y sociedad y la preocupación por las combinaciones de formas, tipos y símbolos como las estrategias fundamentales de actuación.

En Estados Unidos se podría citar el compromiso de Robert Venturi y Denise Scott Brown con las tecnologías de la información, pero las referencias vernáculas e historicistas actuaban generalmente como una especie de pantalla protectora ocultando lo que la manipulación de los lenguajes formales debía a la cultura del ordenador. Este proceso de represión tuvo un papel relevante en el rápido declinar del posmodernismo a finales de la década de los 80 y comienzos de los 90. Tampoco se puede olvidar el legado del movimiento megaestructural y los enfoques medioambientales de Archigram o Buckminster Fuller así como las provocaciones de la arquitectura radical o los primeros proyectos de Rem Koolhaas o Bernard Tschumi. Si se considera esta perspectiva extendida aún se hace más patente la presencia del ordenador y de los modelos de pensamiento vinculados a la cibernética y la teoría de la información.

¹²⁹ LYOTARD, Jean François (1979) *La condition postmoderne*. París: Éditions de Minuit. Versión en español: (1989) *La condición postmoderna. Informe sobre el saber*. Madrid: Ediciones Cátedra.

Muchas de estas investigaciones comparten el énfasis puesto en la autonomía de la disciplina arquitectónica. El formalismo se encontró con los experimentos provocativos de la arquitectura más radical. La autonomía iba unida a un ideal de criticismo/critica. La reflexión y la crítica se contemplaron como el único medio para escapar del papel de legitimación que los poderes fácticos del capitalismo imperante habían asignado a la arquitectura. Del mismo modo, se puede encontrar un vínculo explícito entre las perspectivas computacional y crítica aunque no ausente de contradicciones puesto que la dimensión computacional en arquitectura se basaba en una actitud meramente performativa mientras que la perspectiva planteada por Lyotard y el sector "crítico" consideraba que lo performativo tenía menos importancia que la reflexividad, actitud dual a la que se sigue enfrentando la arquitectura digital contemporánea.



04_COMPLEX

LOS NUEVOS PARADIGMAS

supermodernidad

complejidad

información

INDEX_Capítulo 04_COMPLEX¹

LOS NUEVOS PARADIGMAS: supermodernidad, complejidad e información.

4.1 Un nuevo <i>zeitgeist</i>	127
4.1.1 Una nueva sensibilidad formal.	130
4.1.2 La crisis de la estabilidad y las metáforas líquidas.	134
4.1.3 Velocidad, cambio, mutación y aceleración cultural.	140
4.1.4 Nuevos paradigmas. Nuevas "sustancias".	144
4.2 La condición supermoderna	145
4.2.1 De los efectos a los afectos: abstracción y excesos.	146
4.2.2 Neutralidad, transparencia, inscripciones, pragmatismo.	148
4.3 Los paradigmas de la complejidad	150
4.3.1 La cultura del fragmento: collage, superposición, montaje.	152
4.3.2 Las teorías del caos: el intento de explicar la realidad.	155
4.3.3 Luz y desmaterialización: el paradigma energético.	158
4.4 La explicación informacional	164
4.4.1 Estratos, residuos, hibridaciones: fenómenos de <i>urbanscape</i> .	167
4.4.2 Naturaleza e información: el paisaje como paradigma.	169
4.4.3 Narratividad, metáforas y sistemas.	171

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: *Romanesco Broccoli*, ejemplo de fractal natural. Se trata de una variedad de la especie *Brassica oleracea*.

Capítulo 04_COMPLEX

LOS NUEVOS PARADIGMAS: supermodernidad, complejidad e información.

“La nueva era es una realidad; existe independientemente del hecho de que la aceptemos o la rechacemos. No es ni mejor ni peor que otra era; es un hecho simple y en sí mismo de valores indiferentes. Lo que es importante no es “qué” sino pura y simplemente el “cómo”.”

Mies Van der Rohe²

4.1 Un nuevo *zeitgeist*.

Desde la década de los años 90 se han realizado grandes esfuerzos para convertir los sistemas informáticos en instrumentos creativos dentro del proceso de proyecto en una línea de investigación que, en cierto modo, supone una cierta continuidad de parte de las intenciones del Movimiento Moderno y de su planteamiento de la necesidad de representar la racionalidad de las máquinas como expresión propia de la cultura de la época. Se plantea entonces la pregunta acerca de la existencia de metáforas capaces de expresar la nueva dimensión aportada por la introducción de las herramientas digitales en la arquitectura.³

Hay que considerar, por tanto, cómo se está tratando de dar una expresión arquitectónica a las demandas planteadas por la sociedad de la información y cómo algunos arquitectos consideran sus edificios como la materialización de un nuevo *zeitgeist*,⁴ que nace de la reinterpretación de una serie de temas ya presentes en la modernidad y del recurso a repertorios procedentes del expresionismo, de lo orgánico o de estímulos que provienen del mundo de la ciencia ficción, del cómic, del diseño, de lo futurible y que tienen sus raíces en otros tantos aspectos de la cultura del siglo XX.⁵

La arquitectura contemporánea se ve influida por el peso de técnicas y procesos basados en la tecnología digital así como por las tecnologías de la información. De estas

² Fragmento de las palabras finales de su ponencia en el congreso del Deutscher Werkbund celebrado en 1930 en Viena. MIES VAN DER ROHE, Ludwig, "Los nuevos tiempos", en: (1981) *Escritos, Diálogos y Discursos*. Murcia: Comisión de Cultura del COAAT_Galería-Librería Yerba, p. 41-42. En este ensayo, escrito con ocasión de su nombramiento como director de la Bauhaus, trató de formular su posición idealista y apolítica, un tanto ambivalente y defensora de lo "espiritual en la arquitectura" como respuesta al ensayo "materialista" de Hannes Meyer, *Bauen* (Construir), publicado en la revista *Bauhaus* en el año 1928. FRAMPTON, Kenneth (1987) *Op. cit.*, p. 168. Puede verse una versión con el título traducido como "La nueva era" en: ULRICH, Conrads (1973) *Op. cit.*, pp. 185-186. Sobre la etapa final de la Bauhaus bajo la dirección de Mies véase: WHITFORD, Frank (1984) *Bauhaus*. Londres: Thames and Hudson. Versión en español: (1991) *La Bauhaus*. Barcelona: Ediciones Destino, pp. 192-196.

³ SUSTERSIC, Paolo (2001) *Op. cit.*, p. 39.

⁴ Expresión del idioma alemán que significa "el espíritu (*Geist*) del tiempo (*Zeit*)" utilizada para referirse al clima intelectual y cultural de una época. Este concepto se remonta a la época del romanticismo alemán pero es más conocido con relación a la filosofía de la historia de Hegel.

⁵ CARRILLO, Jesús (2004) *Op. cit.*, p. 15.

interacciones surgen las formas y aspiraciones de una arquitectura que pretende convertirse en reflejo de su propio momento histórico.

La arquitectura se ha ocupado tradicionalmente de actuar en y sobre la realidad material, pero como toda acción creativa que consiste en imaginar *a priori*, se ha desarrollado en parte en una dimensión «virtual» de simulación de objetos y situaciones que luego se materializan (o no) en el mundo físico. En todo caso siempre había quedado claro que la simulación recreaba aspectos de esa realidad. Se trata de un ámbito dominado principalmente (hasta ahora) por la representación, debido a las infinitas posibilidades determinadas por las capacidades técnicas e inventivas de visualización o percepción sensorial de dichas representaciones. Incluso podría aventurarse una visualización futura del pensamiento⁶ mediante las conexiones entre el cerebro y determinados terminales, lo que abriría las puertas de lo neural a las herramientas de creación de la arquitectura.⁷ Surge así una relación cada vez más estrecha entre dos niveles de experiencia: la del entorno físico de nuestra corporeidad y la del entorno virtual extendido que nos abren las prótesis electrónicas y se puede empezar a hablar de la posibilidad de una arquitectura expandida o aumentada.⁸

Desde su aparición en los años 50 y 60 del pasado siglo y sobre todo a partir de la década de los 90 del mismo, los ordenadores juegan un nuevo y determinante papel en el campo arquitectónico ya no sólo como meras herramientas de reproducción de prácticas proyectuales clásicas sino como verdaderos instrumentos de creación. La introducción de la informática en la arquitectura plantea la posibilidad de trabajar con variables complejas, imposibles de gestionar —y a veces incluso de representar— con los instrumentos tradicionales lo que lleva en un primer momento a múltiples experimentaciones formales, que producen con posterioridad un desplazamiento hacia lo procesual.

Por lo que se refiere a la representación, los criterios de la perspectiva son reemplazados definitivamente por las visualizaciones de un hiperespacio en el que se cruzan flujos de datos capaces de originar simulaciones y animaciones con objetos creados en esta dimensión exclusivamente virtual.

⁶ En este sentido se han realizado experimentos con tecnologías basadas en sondas fluorescentes que detectan la actividad neuronal.

⁷ MASSUMI, Brian (2006) "Transforming Digital Architecture from Virtual to Neuro. An Interview with Brian Massumi", en *intelligent agent*, vol. 5, no. 2. Disponible en: <http://www.intelligentagent.com/archive/IA5_2interviewmassumimarkussen+birch.pdf> [Fecha de consulta: 29/07/2015].

⁸ En una evidente relación con el concepto de espacio expandido en escultura y con el concepto de Realidad Aumentada. Ver: KRAUSS, Rosalind (1979) "La escultura en el campo expandido", en KRAUSS, Rosalind (1996) *La originalidad de la Vanguardia y otros mitos modernos*. Madrid: Alianza Forma, pp. 289-303. Ver también: MANOVICH, Lev (2006) "The poetics of augmented space", en *Visual Communication*, June 2006, vol. 5, no. 2, pp. 219-240.

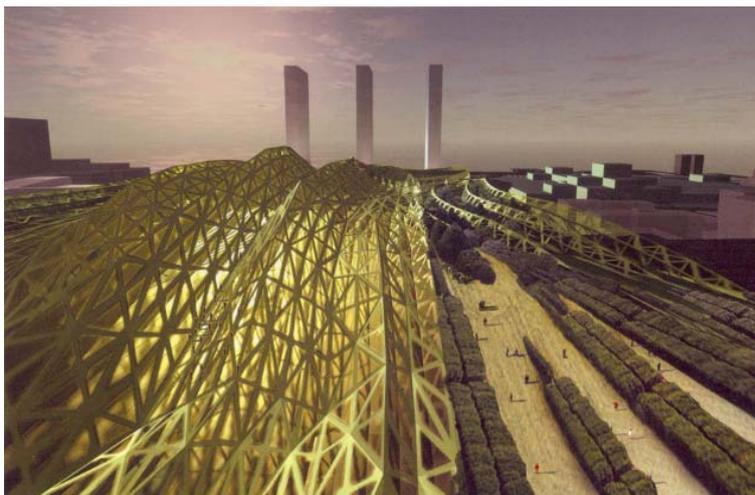


Ilustración 1. REISER + UMEMOTO, *West Side Convergence*, Nueva York, 1999.

El impacto entre la realidad *soft* de la mediasfera⁹ y aquella otra *hard* del entorno físico propone la existencia de lo que se ha definido como un «espacio híbrido» y que algunos arquitectos consideran la dimensión propia del proyecto contemporáneo. Surge así la experimentación con superficies complejas que hacen referencia a geometrías no euclidianas o directamente a las geometrías *soft* de las cavidades corporales, bajo la influencia de los escritos de Gilles Deleuze¹⁰ y que tienden a explorar dimensiones sin principio ni fin, sin exterior ni interior, como analogías formales del concepto de tiempo atemporal señalado en la obra de Castells ya citado en este trabajo.

Las investigaciones sobre la forma híbrida plantean la posibilidad del fin de la arquitectura como disciplina tectónica, relacionada con una determinada expresión del proceso de ensamblaje de las partes, de la construcción y de los materiales, puesto que en esta nueva situación el objeto parece determinado más bien por el diseño de la envolvente o de una piel.¹¹ El proceso clásico de proyecto a través de plantas, secciones y alzados es sustituido por un modelado tridimensional controlado informáticamente que guía tanto la ideación como la producción de sus partes. La arquitectura se convierte así según Peter

⁹ La "mediasfera" sería el ecosistema propio de los medios de comunicación. En la reflexión del teórico francés Régis Debray elaborada a partir del texto *Vie et mort de l'image* el concepto "mediasfera" (*médiasphère*) describe, en general, el ambiente de los *media* que caracteriza a una época determinada. Debray distingue la existencia de tres "mediasferas": la *logosfera*, el periodo de la oralidad y de la escritura a mano; la *grafosfera*, surgida después de la invención de la imprenta y, finalmente, la *videosfera*, época en la que, debido a la difusión de los medios audiovisuales, se produce el dominio de las imágenes en la vida cotidiana en la que las pantallas se han constituido en uno de los elementos fundamentales de la cultura contemporánea. DEBRAY, Régis (1992) *Vie et mort de l'image. Une histoire du regard en Occident*. París: Éditions Gallimard. Versión en español: (1994) *Vida y muerte de la imagen. Historia de la mirada en Occidente*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica. Véase también: DEBRAY, Régis (2001) *Introducción a la mediología*. Barcelona: Paidós Ibérica.

¹⁰ DELEUZE, Gilles (1988) *Le pli. Leibniz et le Baroque*. Paris: Les Éditions de Minuit. Versión en español: (1989) *El pliegue. Leibniz y el Barroco*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.

¹¹ SUSTERSIC, Paolo (2001) *Op. cit.*, p. 40.

Zellner¹² en "*firmware*", la construcción digital de un *software* espacial materializado en el *hardware* de la construcción.¹³

4.1.1 Una nueva sensibilidad formal.

La inauguración en 1997 del Museo Guggenheim de Bilbao, de Frank O. Gehry marca el inicio de una nueva etapa en la historia de la arquitectura. Se trataba del primer arquitecto que mediante la utilización de la tecnología digital había conseguido la concepción de un edificio formalmente complejo cuya construcción habría sido difícil o incluso imposible de haber carecido de la tecnología adecuada.



Ilustración 2. Frank O. GEHRY, *Museo Guggenheim*, Bilbao, 1997.

Gehry se sitúa así en una fase de transición entre dos épocas. Es un arquitecto que no piensa en términos digitales sino que trabaja con modelos reales (maquetas de trabajo realizadas con técnicas de *collage* tridimensional)¹⁴ con un empleo de la tecnología *a posteriori* mediante el escaneado tridimensional de las maquetas con el fin de generar la información paramétrica necesaria para permitir su desarrollo constructivo: "(...) *colaboradores que desarrollan y retuercen las maquetas, para que el jefe, y luego también el cliente, las revisen y*

¹² Peter ZELLNER es arquitecto fundador del estudio ZELLNERPLUS y profesor en la Southern California Institute of Architecture (SCI-Arc) desde el año 1999.

¹³ ZELLNER, Peter (1999) *Hybrid Space. New Forms in Digital Architecture*. Londres: Thames & Hudson, pp. 7-16. "Architecture is becoming like "firmware", the digital building of software space inscribed in the hardwares of construction", (ZELLNER, 1999: 13). Encontramos aquí otro ejemplo de la influencia recíproca de los lenguajes de la arquitectura y la tecnología informática a la hora de planear ejemplos o metáforas explicativas. El "*firmware*" es un concepto tomado del ámbito de la informática y que designa un conjunto de instrucciones de máquina para propósitos específicos registrado en una memoria ROM, flash o similar, y que fijan la lógica primaria de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de algún tipo de artefacto. Se podría resumir la definición como un *software* que maneja físicamente al *hardware*. Encontramos ejemplos de este concepto en el programa BIOS de un ordenador cuya misión es activar la máquina y preparar el entorno para cargar un sistema operativo en la memoria RAM.

¹⁴ DOLLENS, Dennis (2002) *De lo digital a lo analógico*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 26.

las cambien.¹⁵ Sólo cuando todo el mundo está satisfecho, y todos los problemas se han resuelto completamente, se escanea con láser una maqueta final, para obtener de ella los planos de ejecución y los datos informáticos que controlan el corte de los materiales y facilitan la construcción".¹⁶ Para Muñoz Cosme "(...) la arquitectura se convierte en la materialización ampliada en escala de una escultura en la que se vierte todo el mundo formal del arquitecto".¹⁷

El método del funcionalismo era similar al de una cadena de montaje. Se basaba en el desarrollo de piezas que servirán para componer la máquina arquitectónica, la estandarización de los componentes y la independencia y autonomía de los diferentes sistemas del edificio (estructura, plantas, muros, etc.) en un sistema sumatorio, mecánico, absoluto. El método de Gehry, en cambio, es de carácter "relacional". El secreto radica en las relaciones entre las partes en lugar de su consideración como elementos independientes. Se configura así un modelo electrónico de capas coordinadas por medio de la tecnología digital.¹⁸

Mientras Gehry construía el primer edificio de la nueva era tecnológica digital, una serie de "jóvenes" arquitectos como Greg Lynn, Ben Van Berkel (UN Studio), Alejandro Zaera-Polo (FOA) o Winny Maas (MVRDV) realizaban una difusión académica y editorial de las nuevas tendencias predicando un nuevo mundo formal producido por la tecnología, que desataba al mismo tiempo entusiasmos e incredulidades,¹⁹ actitudes de tecnofilia y tecnofobia en torno a la posibilidad de generar arquitectura a partir de la especificidad del ordenador.

El arquitecto y crítico italiano Antonino Saggio²⁰ señala que la renovación de la arquitectura contemporánea se basa en la afirmación de lo que denomina "nuevas sustancias"²¹ y, con ellas la aparición de nuevas crisis y oportunidades. Para él la crítica

¹⁵ Resulta ilustrativa en este sentido la película dirigida por Sydney Pollack y que lleva por título *Sketches of Frank Gehry* y en la que se puede apreciar de forma muy gráfica el modo de trabajar del arquitecto. Versión en español: POLLACK, Sydney [dir.] (2006) *Apuntes de Frank Gehry* [DVD] Cameo Media. 1 videodisco (DVD): ca. 83 min.

¹⁶ WEBB, Michael (2003) "Gehry sigue en la brecha", en *El Croquis*, nº 117, p. 34.

¹⁷ MUÑOZ COSME, Alfonso (2008) *El PROYECTO de arquitectura. Concepto, proceso y representación*. Barcelona: Editorial Reverté, pp. 167-170.

¹⁸ SAGGIO, Antonino (2001) "Flying Carpets", prólogo en LINDSEY, Bruce (2001) *Digital Gehry. Material Resistance / Digital Construction*. Basel: Birkhäuser, pp. 5-9.

¹⁹ Con algunas variaciones podemos encontrar un paralelismo significativo con el concepto de "apocalíptico" e "integrado" desarrollado por el semiólogo italiano Umberto Eco en relación con la "industria cultural" y la "cultura de masas". "Apocalípticos" son aquellos que plantean un enfoque pesimista sobre los alcances de la cultura de masas, bien sea desde una postura conservadora o aristocrática, o bien progresista. Entre ellos se encuentran Theodor Adorno y Max Horkheimer y su *Dialéctica de la Ilustración*. Mientras que "integrados" serían aquellos que hacen una interpretación benévola sobre los resultados que provoca la cultura de masas, como el acceso de todos a la cultura; sería el caso de Marshall McLuhan. ECO, Umberto (1965) *Apocalittici e integrati*. Milán: Casa Ed. Valentino Bompiani. Versión en español: (1968) *Apocalípticos e integrados*. Barcelona: Editorial Lumen.

²⁰ Antonino SAGGIO (Roma, 1955), arquitecto italiano, profesor de Progettazione architettonica y urbana en la Facultad de Arquitectura de la Università Roma La Sapienza. Es el fundador de la colección "IT Revolution in Architecture/La Rivoluzione Informatica in Architettura" que ha contribuido a una gran difusión de las relaciones entre la informática y la proyectación arquitectónica.

²¹ SAGGIO toma el término "sustancia" de la célebre conferencia "Profezia dell'architettura" pronunciada en Turín en el año 1935 por el crítico de arte italiano Edoardo Persico (director desde el

académica a los aspectos frívolos, comunicativos, espectaculares o fragmentarios de la investigación arquitectónica contemporánea estarían en paralelo con la confrontación producida entre la generación *Art Nouveau* y los representantes de la *Neue Sachlichkeit* (Nueva Objetividad).²² Así, la oposición se produce no contra una estética, sino contra una tendencia de renovación, de cambio, hacia una visión diferente del mundo.²³

Como ya se ha señalado anteriormente, la sociedad industrial ha sido reemplazada por una sociedad de la información en constante cambio y con nuevas reglas también cambiantes, incluyendo aquellas que afectan a la arquitectura. La gran industria y la máquina como referente dejan paso a los ordenadores cuyo combustible son los sistemas de formalización, transmisión y desarrollo de la información.

Pero para producir una arquitectura conceptualmente distinta es necesario “pensar en arquitectura”, además de “pensar en tecnología”. Es preciso tener una conciencia clara del espacio que se intenta degenerar, transformar, corromper, subvertir y explorar. Junto con el impacto productivo debido a la tecnología se nos ofrece una gran oportunidad para repensar y ampliar las fronteras de la práctica arquitectónica recuperando la arquitectura como actividad cultural que incorpora lo virtual como centro de su ámbito de desarrollo conceptual y lo paramétrico como núcleo de la técnica proyectual.²⁴ Como afirma Kas Oosterhuis: “*Le Corbusier dio forma y significado a la arquitectura en la era de la Revolución Industrial. Programemos ahora la hiperrealidad de nuestra época, la de la Revolución Digital*”.²⁵

Nos encontramos, por tanto, ante una arquitectura híbrida, de superficies onduladas, formas deformadas, indefinición de los conceptos sustentado-sustentante, que busca la provocación mediante formas geoméricamente ambiguas. La tecnología aplicada a la arquitectura permite crear otra forma de pensar en ella, pero sin dar origen a un nuevo estilo

año 1931 junto al arquitecto Giuseppe Pagano de la revista *Casabella* desde donde difundió la arquitectura racionalista) y en la que afirmaba que la nueva arquitectura era: “*Sostanza di cose sperate*”. [PERSICO, Edoardo (1968) *Scritti d'architettura (1927-1935)*. Florencia: Vallecchi]. SAGGIO, Antonino (2007) *Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura*. Roma: Carocci, p. 23.

²² El término “*die neue Sachlichkeit*” fue utilizado por primera vez por el crítico de arte G. F. Hartlaub para identificar una escuela pictórica anti-expresionista. Con anterioridad ya había sido utilizado el término *Sachlichkeit* en un contexto arquitectónico en una serie de artículos escritos por Herman Muthesius para la revista *Dekorative Kunst* entre 1897 y 1903. En ellos se atribuía la cualidad de la “objetividad” al movimiento inglés del *Arts and Crafts*. También había sido empleado por Heinrich Wölflin en sus “*Principios de la historia del arte*” del año 1915. A partir del año 1926 empezó a emplearse para designar una actitud “neo-objetiva” y explícitamente socialista adquiriendo una connotación ética y sociopolítica. FRAMPTON, Kenneth (1987) *Op. cit.*, pp. 132-143.

²³ SAGGIO, Antonino (2000) “Nuove sostanze. L'informatica e il rinnovamento dell'architettura. Un manifesto per un'architettura dell'informazione” en “*Il Progetto*” #6, January 2000, pp. 32-35. Versión en español: “Nuevas sustancias. La tecnología de la Información y la renovación de la arquitectura. Un Manifiesto para la Arquitectura de la Información” (trad. Alicia Guerrero Yeste [¿btbW]), disponible en Web: <<http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/articoli/it/manifesto.html>>. [Fecha de consulta: 05/08/2015].

²⁴ ORTEGA, Lluís (2009) *Op. cit.*, p. 12.

²⁵ OOSTERHUIS, Kas (2002) *Programmable Architecture*, Milano: l'Arca Edizioni, p. 5. Citado en MASSAD, Fredy; GUERRERO YESTE, Alicia (2003) *Op. cit.*, p. 52.

o *ismo* como había sucedido tantas veces a lo largo del siglo XX, sino que se generan nuevas formas de crear, pensar y diseñar. La idea moderna de arquitectura pierde significado. La arquitectura digital experimental no rompe con la *caja* clásica sino que, simplemente, deja de preocuparse por ella o la ignora amablemente. La herramienta de proyecto son las variables proporcionadas por el ordenador, generando un universo de formas complejas en un modo distinto de aproximación al espacio arquitectónico a través de una experimentación favorecida por el uso del ordenador.



Ilustración 3. Ridley SCOTT, *Blade Runner*, 1982.

Los cambios, no obstante, no serán rápidos ni dramáticos. La imagen de la ciudad reflejo de la cultura digital no se manifiesta todavía en la ciudad contemporánea que sigue creciendo según condicionantes y parámetros tradicionales. La imagen del cambio tenemos que buscarla inicialmente en las distopías tecno-científicas de la ciencia-ficción literaria y cinematográfica (*Neuromante*, *Blade Runner*, *Matrix*,...), que de algún modo anticipan y presentan los conceptos que luego serán aprovechados por la arquitectura más radical y experimental.

Estamos por tanto ante la materialización de una nueva sensibilidad formal (la idea de la "*forma*" como "*fórmula*") que plantea nuevos modos de ocupación del espacio. Los orígenes de esta sensibilidad son remotos en el tiempo, pero ha sido el ordenador la herramienta que ha permitido "materializar" la imaginación de dicha sensibilidad. Las herramientas han sido las "facilitadoras" por excelencia en la experiencia humana. Intervienen tanto en lo constructivo como en lo conductual y llegan a condicionar su propio significado. Esa intervención no sólo ha modificado los modelos de comportamiento individuales y colectivos del hombre, sino que también se alteran las instituciones, ya que éstas no son más que una abstracción operativa, un tipo de acuerdo negociado entre los hábitos de la comunidad, y la tecnología afecta a todas las condiciones sociales, políticas, económicas, culturales y psicológicas de una sociedad.

Se trata de algo que, como otras herramientas en el pasado, condiciona la manera que tenemos de relacionarnos con el mundo así como la percepción del "lugar" que ocupamos en

él. La tecnología digital es una potente herramienta –como componente virtual– que el hombre ha desarrollado para reconstruir y simular la naturaleza misma del "aquí" y el "ahora" con una influencia simbólica sin precedentes.

4.1.2 La crisis de la estabilidad y las metáforas líquidas.

Recuperando la tradición de las utopías visionarias²⁶ se produce en la arquitectura de los últimos años de la década de los noventa del siglo pasado y en el inicio del siglo XXI la emergencia de un grupo de profesionales preocupados por plantear experimentos con técnicas, tecnologías y procesos de diseño así como con la conexión y reflexión acerca de conceptos planteados por la filosofía y el pensamiento contemporáneos. Responden así coherentemente a las necesidades arquitectónicas de nuestra cultura al tiempo que ensayan con nuevos efectos formales, constructivos, materiales, espaciales, dialécticos, etc., que afectan a la definición del concepto "arquitectura" en su totalidad.

Ole Bouman²⁷ afirma que *"todo aquello que hace que la arquitectura sea más que una construcción técnica, un alojamiento y una inversión se encuentra bajo presión en la era digital"*.²⁸ Se produce una reevaluación de la propia arquitectura al asociarse con la capacidad de una nueva tecnología, sin olvidar el acercamiento e incluso las vinculaciones con la ciencia y el arte que proporcionan una dimensión de complejidad que repercute positivamente sobre el fenómeno arquitectónico y los procesos de diseño vinculados a éste, abriendo un nuevo mundo de posibilidades.

Estamos ante algo más que un cambio formal. El edificio ya no se concibe como una "máquina de habitar" sino como un "organismo vivo". Como ejemplo se plantea la posibilidad de una nueva generación de estructuras basada en una aproximación a lo orgánico y a lo biológico aplicada a la experimentación arquitectónica digital (*"arquitecturas genéticas"*, *"morpho-ecologies"*). La idea de la funcionalidad es reconsiderada por una arquitectura

²⁶ SPILLER, Neil (2006) *Visionary Architecture. Blueprints of the Modern Imagination*. Londres: Thames & Hudson, p. 4. Señala Spiller la existencia de una larga y noble tradición de "arquitecturas visionarias" (Ledoux, Piranesi, los Situacionistas, la emergencia del pop y la tecnocultura hippy, etc.), a menudo no construidas y en muchos casos incluso no construibles. Toman la forma de dibujos polémicos (o mejor, polemizadores), modelos (reales o virtuales) o también de textos acerca de los edificios o de la ciudad completa. La motivación de los arquitectos para la creación de este tipo de materiales ha sido múltiple: para "introducir ruido en el sistema" (*to inject noise into the system*) como afirmaba Archigram, por finalidades políticas, para buscar su propio lenguaje arquitectónico y en algunos casos con motivos pedagógicos.

²⁷ Ole BOUMAN ha sido director del *Netherlands Architecture Institute (NAi)* y fundador en 2007 del *Studio for Unsolicited Architecture* en el MIT. Ha sido editor de la revista *Volume* y director de la *Archis Foundation*.

²⁸ BOUMAN, Ole (2002) "Hyperarchitecture", en OOSTERHUIS, Kas (2002) *Programmable Architecture*. Milán: l'Arca Edizioni, p. 7. [*"Just about everything that makes architecture more than a technical construction, an accommodation, and an investment, is under pressure in the digital era. The meaning of architecture as the specification of something that transcends the actual architecture itself, is under pressure."*]

genética cuya forma híbrida permite no subordinar forma a función sino una coexistencia y redefinición mutua.

Por otra parte, se producen también reflexiones acerca de la sensibilidad “e-motiva”²⁹ de la arquitectura digital haciendo posible la transformación de la naturaleza de las interacciones entre ésta y sus usuarios sin olvidar la capacidad del ordenador para cooperar con eficiencia en la generación de estructuras audaces e innovadoras. Esto supone para los arquitectos la difícil tarea de redefinir la estética, funcionalidad y propósito de las arquitecturas basadas en las necesidades y visiones de una naciente cultura arquitectónica, no vitruviana, no euclidiana, pero en ningún caso excluyente de la tradición.³⁰

Aparecen, de este modo, diferentes líneas de pensamiento. Una de estas líneas consistiría en entender la arquitectura “como proceso” y no “como resultado”. Para algunos arquitectos como, por ejemplo, Peter Eisenman, el proceso sería el centro y el valor fundamental del proyecto naciendo este interés de una concepción de la arquitectura entendida como gramática generativa, como código en continua transformación que al desarrollarse modificaría su propia estructura lógica.³¹ En la actualidad, junto con el objeto de diseño tradicional basado en el modelo moderno, convive un nuevo objeto de características diferenciadas, que utiliza su forma dinámica para responder a procesos de información en permanente cambio. Estos objetos responden a la necesidad de adecuación más que a la cristalización definitiva de sus formas³². Esto implica hacerse la pregunta de cuánto de la arquitectura es material y cuánto información cultural, funcional, estética, económica, etc. La manipulación de datos como proceso y la gestión de la información formarían parte también del quehacer arquitectónico por lo que la información se comporta como un auténtico material para la arquitectura.

Como resultado, el proceso anterior nos ofrece la capacidad de hacer una arquitectura caracterizada por el movimiento y el cambio, sometida a procesos de aceleración y con un carácter abierto (*work in progress*) para dar un soporte adecuado a las actividades humanas propias de la sociedad de la información. Así, la idea vitruviana que se sostiene en la estabilidad, basada en una sociedad que deja de ser nómada, se transforma hoy ante un presente interconectado y veloz. En este sentido, la arquitectura puede ser digital porque ya no necesita un material físico. Se plantea la idea de una arquitectura cuyo objetivo sea no el ordenar la dimensión extensa (material) sino el movimiento y la duración (temporal).³³ Como señala Solà-Morales, la cultura contemporánea se ve condicionada por el cambio, la transformación y los procesos, lo que origina como consecuencia formas fluidas y cambiantes, que no buscan una definición fija y permanente de un espacio sino dar forma física al tiempo, a

²⁹ OOSTERHUIS, Kas (2003) *Hyperbodies. Towards an E-motive architecture*. Basel: Birkhäuser.

³⁰ A la triada vitruviana (*utilitas, firmitas, venustas*) habría que añadirle un cuarto o incluso un quinto componente: la *digitalitas* y la *virtualitas*.

³¹ MUÑOZ COSME, Alfonso (2008) *Op. cit.*, pp. 170-171.

³² MÉNDEZ, Ricardo (2003) “Del diseño de objetos al diseño de procesos”, *SIGraDi 2003*, p. 80.

³³ SOLÀ-MORALES, Ignasi (2001) “Arquitectura Líquida”, en *DC papers/Revista de Crítica y Teoría de la Arquitectura*, nº 5-6, “El presente en construcción”, Barcelona: Departament de Composició Arquitectònica, UPC, pp. 25-33.

una experiencia de durabilidad en el cambio.³⁴ Esa "*arquitectura líquida*" sustituiría la firmeza por la fluidez y la primacía del espacio, por la primacía del tiempo, en un desplazamiento de los paradigmas vitruvianos que necesita de un proceso y que configura una arquitectura a medio camino entre el espacio y el tiempo.³⁵ Desde una reivindicación de la intuición y la multiplicidad la arquitectura hoy puede pensarse desde categorías no fijas sino cambiantes y múltiples. Arquitectura líquida significaría un "sistema de acontecimientos" en los que espacio y tiempo están simultáneamente presentes como categorías abiertas, múltiples y no reductivas.



Ilustración 4. Louis I. KAHN, estudio del tráfico de Filadelfia, Pensilvania, Estados Unidos, 1951-1953. Perspectiva, c. 1953.

Existen precedentes como las imágenes propuestas en 1953 por Louis Kahn como estrategia para el centro de Filadelfia. Se basaban en una representación del movimiento de los flujos urbanos por medio de millares de signos de carácter diagramático. La estructura del espacio urbano surgía como resultado de "*sistemas de rozamientos de diversas viscosidades provocando turbulencias en los puntos de encuentro y densidades distintas en el interior de los propios flujos*".³⁶ Por otra parte, la arquitectura líquida plantea la dificultad de disponer de herramientas adecuadas de control del espacio/tiempo/evento dado que la experiencia del lugar del flujo es cinestésica. Las nuevas tecnologías contribuyen a solucionar los problemas derivados de estas limitaciones.

Como señala el sociólogo y filósofo Zygmunt Bauman la "fluidez" o la "liquidez" son metáforas adecuadas para aprehender la naturaleza de la fase actual (en sentido extenso) de la historia de la modernidad.³⁷ Se equipara la modernidad con un proceso de "licuefacción" en el que la progresiva disolución de los sólidos, como rasgo permanente de la modernidad, conduce a una progresiva emancipación de la economía de sus tradicionales ataduras políticas,

³⁴ SOLÀ-MORALES, Ignasi (2001) *Ibidem*, p. 26.

³⁵ Solà-Morales señala tres situaciones de la arquitectura: sólida, viscosa y líquida en un escalado que va desde la tradición hacia un nuevo modo de estructura. Las tres situaciones se definen a partir de tres condiciones materiales: firmeza, ductilidad y fluidez. Estos tres modos de materialidad dan lugar a tres categorías distintas: el espacio, el proceso y el tiempo. SOLÀ-MORALES, Ignasi (2001) *Ibidem*, p. 27.

³⁶ SOLÀ-MORALES, Ignasi (2001) *Ibidem*, p. 31.

³⁷ BAUMAN, Zygmunt (2003) *Modernidad Líquida*. México: Fondo de Cultura Económica, p. 8.

éticas y culturales.³⁸ Estas metáforas permiten rastrear un aspecto significativo de la arquitectura del Movimiento Moderno y las transformaciones producidas a lo largo del siglo XX y la primera década del siglo XXI: la arquitectura moderna intentó alcanzar los objetivos de inmaterialidad, diafanidad y ligereza, desvaneciendo en el aire la solidez y el peso de la arquitectura antigua.³⁹

Desde el punto de vista de la arquitectura digital el concepto de "arquitectura líquida" ya fue introducido por Marcos Novak en el año 1991. En el ensayo seminal titulado "*Liquid Architectures in Cyberspace*" afirmaba:

*"El ciberespacio es líquido. Ciberespacio líquido, arquitectura líquida, ciudades líquidas. Arquitectura líquida es más que arquitectura cinética, arquitectura robótica, que una arquitectura de partes fijas y enlaces variables. Arquitectura líquida es una arquitectura que respira, late, que se eleva como una forma y aterriza con otra. Arquitectura líquida es una arquitectura cuya forma es contingente con los intereses del usuario; es una arquitectura que se abre para darme la bienvenida y se cierra para defenderme; es una arquitectura sin puertas ni pasillos, en la que la siguiente habitación está siempre donde necesito que esté y lo que necesito que sea. La arquitectura líquida hace ciudades líquidas, ciudades que cambian con el desplazamiento de un parámetro, en las que los visitantes con diferentes caracteres ven diferentes monumentos, en las que los barrios varían con las ideas construidas en común, y evolucionan con la maduración o disolución de estas ideas".*⁴⁰

Se trata de una arquitectura caracterizada por la mutabilidad y la maleabilidad frente a la constancia y perdurabilidad del concepto moderno. Es una arquitectura que se expande espacialmente gracias a la gestión de información facilitada por la informática mediante la

³⁸ El escritor y filósofo marxista estadounidense Marshall Berman tituló su influyente obra "*Todo lo sólido se desvanece en el aire. La experiencia de la modernidad*" con una frase tomada del *Manifiesto Comunista* (1848) de Karl Marx y Friedrich Engels. Para Berman "ser moderno es formar parte de un universo en el que, como dijo Marx, 'todo lo sólido se desvanece en el aire'". BERMAN, p. 8. La cita recogida por Berman es la siguiente: "*Todo lo sólido se desvanece en el aire; todo lo sagrado es profanado, y los hombres, al fin, se ven forzados a considerar serenamente sus condiciones de existencia y sus relaciones recíprocas*". BERMAN, Marshall (1988) *Todo lo sólido se desvanece en el aire. La experiencia de la modernidad*. Madrid: Siglo Veintiuno Editores, p. 83. Véase: MARX, Karl; ENGELS, Friedrich (2008) *Manifiesto Comunista*. Madrid: Alianza Editorial, p. 45. En esta edición la traducción difiere de la que aparece en la obra de Berman variando ligeramente de la fórmula que ha tenido tanto éxito en la literatura sociológica y política más reciente: "*Todo lo estamental y establecido se esfuma; todo lo sagrado es profanado, mientras los hombres se ven, al fin, obligados a considerar sobriamente su situación y sus relaciones recíprocas*".

³⁹ CORTÉS, Juan Antonio (2010) "Ligereza y espesor en la arquitectura contemporánea", en *Cuadernos de Proyectos Arquitectónicos, Innovación y tradición en la arquitectura contemporánea*, nº 1, Madrid: Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la ETSA, UPM, pp. 28-32.

⁴⁰ NOVAK, Marcos (1991) "Liquid Architecture in Cyberspace", en BENEDIKT, Michael [ed.] *Cyberspace: First Steps*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Reimpresión en SPILLER, Neil [ed.] (2002) *Cyber_Reader. Critical writings for the digital era*. Londres: Phaidon Press, pp. 150-157. Sobre este tema véase la tesis de SILVA, Camile A. (2005) *Liquid Architectures: Marcos Novak's Territory of Information*. Louisiana State University.

construcción de ambientes artificiales. Una arquitectura que se piensa en términos de espacio y también de tiempo y que se adapta a las posibles necesidades humanas.

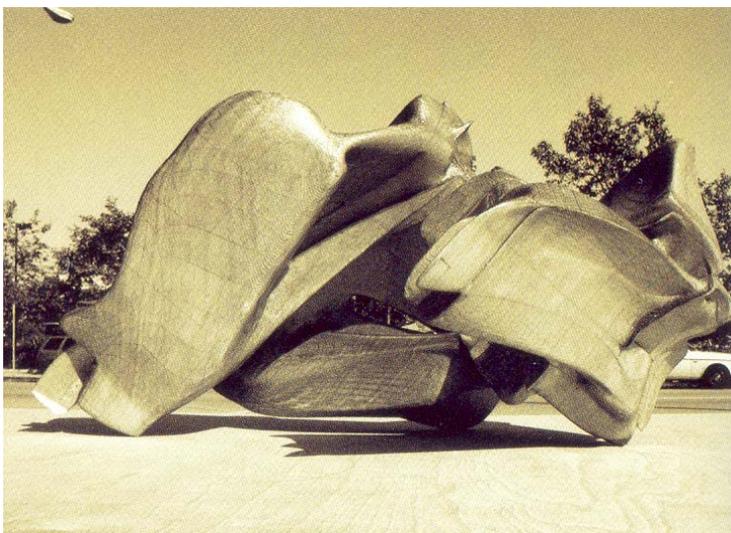


Ilustración 5. Marcos NOVAK, *4Dwxy*, Bienal de Venecia, 2000.

Otra línea de pensamiento apuntaría más a la revisión crítica de las posiciones coyunturales que se originan con relación a la introducción de las nuevas tecnologías en la arquitectura. Por una parte encontramos una posición revolucionaria (tecnófila), totalmente integrada en el nuevo mundo digital que se esfuerza por dejar atrás toda reminiscencia de las formas analógicas de hacer arquitectura. En el otro extremo están los conservadores que no ven ninguna razón para abandonar los métodos analógicos que han demostrado su utilidad a lo largo de la historia. Entre estos dos extremos existe una posición pragmática que incorpora de manera superficial el medio digital en la producción arquitectónica. En esta postura, las herramientas digitales son usadas en modos que copian el trabajo analógico al final del proceso de diseño y con criterios de representación (dibujo técnico, *rendering*, animaciones, presentaciones). Esta posición surge como respuesta a presiones coyunturales y se puede decir que tiene poco o ningún entendimiento de lo digital. Su objetivo es la adaptación del medio electrónico dentro de la estructura analógica de la actividad arquitectónica.⁴¹

El futuro estaría en una arquitectura “híbrida” (analógica/digital) que ofrezca una mayor capacidad de elección y evolución arquitectónica a través del examen de las aparentes contradicciones que se suscitan entre lo virtual y lo material. Por otra parte, hace ya tiempo que la tecnología digital dejó de ser vista exclusivamente como una ficción científica propia de películas y juegos de ordenador o como si se tratase de un futuro distante. En la actualidad tanto la sociedad (caracterizada como sociedad-red, espacio de los flujos, virtualidad real) como las relaciones entre los individuos que la componen han sufrido una profunda

⁴¹ BERMÚDEZ, Julio; NEIMAN, Bennett (1998) “Entre la civilización análoga y digital: el taller de medios y manipulación espacial”, en II Seminario Iberoamericano de Grafico Digital [*SIGRADI Conference Proceedings*/Mar del Plata (Argentina) 9-11 september 1998, pp. 46-55. Disponible en web: <<http://cumincades.scix.net/cgi-bin/works/Show?c648>> y en <<http://www.arch.utah.edu/julio.htm>>. Fuente: Archi-Forum. E-Journal. [Fecha de consulta: 11/07/2015].

transformación debido a los impactos de las diversas formas de tecnología digital, de forma que la materialidad real viene siendo formada y transformada por las posibilidades de lo no-material (digital).⁴²

La arquitectura y el urbanismo se ven naturalmente transformados según las demandas impuestas por relaciones no materiales. Podemos observar diferentes impactos en la arquitectura, desde el surgimiento de nuevas tipologías de edificios y locales (un ejemplo lo tendríamos en el caso emblemático de la aparición de los ciber-cafés⁴³ o las mediatecas a mediados de la década de los 90), pasando por la alteración en el proceso de diseño y producción del espacio. Se perciben también consecuencias más sutiles, como la posible descentralización de actividades cuya influencia en el ambiente urbano no ha alcanzado todavía a la macro-dimensión del planeamiento, aunque sea clara la tendencia espontánea al establecimiento de nuevas conexiones en la malla urbana y nuevas posibilidades de interacción social (teléfonos móviles inteligentes, *Internet of Things*, dispositivos *wireless*, etc.).

Podemos incluir aquí el concepto novedoso de las *Smart Cities*⁴⁴ cuyo objetivo es alcanzar una gestión eficiente en todas las áreas de la ciudad (urbanismo, infraestructuras, transporte, servicios, educación, sanidad, seguridad pública, energía, etc.) en consonancia con los principios de desarrollo sostenible y tomando la innovación tecnológica y la cooperación entre agentes económicos y sociales como los principales motores del cambio.⁴⁵ Para William J. Mitchell las ciudades del siglo XXI poseen todos los subsistemas cruciales de los organismos vivos tales como esqueletos estructurales, distintas capas de piel protectora y sistemas nerviosos artificiales. La nueva inteligencia de las ciudades debe combinar el software con las

⁴² BALTAZAR, Ana Paula (2001) "E-futuros: proyectando para um mundo digital", en *Arquitextos. Periódico mensual de textos de arquitectura*. Disponible en web: <<http://www.vitruvius.com.br>>. [Fecha de consulta: 11/07/2015].

⁴³ Locales públicos donde se ofrece a los clientes acceso a Internet y, aunque no en la generalidad, también servicios de bar, restaurante o cafetería. Los primeros surgieron en Londres hacia 1994. Estos nuevos artefactos de tecnología nómada generan una comunicación híbrida en un espacio mediático en el que las relaciones físicas tienden a disgregarse en favor de lugares de encuentro virtuales. ERIOLI, Alessio (2005) *Hyperarchitettura: reale/virtuale nella progettazione architettonica*. Florencia: Alinea Editrice, p. 14.

⁴⁴ *Smart City* (en español "Ciudad Inteligente") se define como aquella ciudad que usa las tecnologías de la información y las comunicaciones para hacer que tanto su infraestructura crítica, como sus componentes y servicios públicos ofrecidos sean más interactivos, eficientes y los ciudadanos puedan ser más conscientes de ellos. En un contexto tecnológico, el concepto *Smart City* y el de "Internet de las Cosas" (*Internet of Things*/IoT) son dos términos que van muy unidos. Ambos conceptos tienen en las comunicaciones M2M (máquina a máquina) su fundamento y adelantan, con sus aplicaciones y usos, la que está llamada a ser la Internet del futuro. SAINZ PEÑA, Rosa María [Coord.] (2011) *Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas*. Madrid: Fundación Telefónica/Editorial Ariel, p.13. Disponible en: <http://www.socinfo.es/contenido/seminarios/1404smartcities6/01-TelefonicaSMART_CITIES-2011.pdf> [Fecha de consulta: 11/07/2015].

⁴⁵ AAVV (2012) *Libro Blanco Smart Cities*. Madrid: Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial y Madrid Network, p. 16. Disponible en: <http://www.innopro.es/pdfs/libro_blanco_smart_cities.pdf>, [Fecha de consulta: 11/07/2015].

redes de telecomunicaciones digitales,⁴⁶ la inteligencia integrada de forma ubicua y los sensores e identificadores.⁴⁷

4.1.3 Velocidad, cambio, mutación y aceleración cultural.

Frente a la utilización tradicional del ordenador dentro del paradigma “mecánico” o también “perspectivista”, donde predomina el espacio cartesiano y las perspectivas con puntos de fuga, se está extendiendo la práctica arquitectónica que incorpora de alguna manera una visión de la tecnología de la información como algo más que una herramienta de representación. Como afirma el arquitecto Hani Rashid, “*nuevas formas arquitectónicas surgen no como resultado de modelos científicos de observación sino como reconfiguraciones de lugares poéticos simulados*”.⁴⁸ Las nuevas máquinas no sólo pueden producir imágenes para la investigación científica sino también nuevos espacios para una nueva arquitectura, que además de ser pensada para la construcción nace para ser “explorada” en Internet gracias a las avanzadas técnicas de navegación de la Realidad Virtual.⁴⁹

Surge un nuevo imaginario arquitectónico ya que, como subraya Franco Purini, se presentan “*materiales visuales que van desde los cúmulos estelares a la estructura interna de los cristales, a la biología artificial de los tejidos urbanos [...] en una empatía cósmica que pretende medir lo infinitamente grande al tiempo que explora lo infinitamente pequeño*”,⁵⁰ añadiendo que “*a la plusvalía de credibilidad que produce el diseño digital [...] se suma la posibilidad de que las imágenes obtenidas se carguen de valores autorreferenciales*”.⁵¹

⁴⁶ FUSERO, Paolo (2009) *E-city: Digital Networks and Cities of the Future*. Barcelona: ACTAR-D List Lab, pp. 6-14.

⁴⁷ MITCHELL, William, J. (2007). «Ciudades inteligentes» [Artículo en línea]. UOC Papers. N.º 5. UOC, p. 3. <<http://www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/esp/mitchell.pdf>> [Fecha de consulta: 11/07/2015].

⁴⁸ RASHID, Hani (1995) “Speculations”, en RASHID, Hani; COUTURE, Lise Anne (1995) *Asymptote: Architecture at the Interval*. Nueva York: Rizzoli, p. 13.

⁴⁹ SDEGNO, Alberto (2001) “e-architecture. L’architettura nell’epoca del computer”, en *Casabella*, nº 691, 2001, p. 64.

⁵⁰ PURINI, Franco (1998) “Comporre l’architettura”, en PURINI, Franco (1998) *Il disegno digitale*, «Quaderni LAR», 3, 1998, pp. 19-23.

⁵¹ El concepto de autorreferencia, tomado de la teoría de “sistemas de la sociedad” del sociólogo Niklas Luhmann, expresa el fenómeno por el que un sistema se refiere a sí mismo en cada una de sus operaciones, esto es, el objeto intencional al que tiende su actuación es él mismo, ya sea en sus elementos, en sus procesos o en el sistema como un todo. La teoría de sistemas autorreferenciales de Luhmann o sociología autopoietica consiste en entender los sistemas no como dependientes de un entorno, sino a partir de la idea de que poseen una autonomía y que su dinámica y dirección dependen de sistemas y estructuras internas que surgen también de sus propias interacciones. PONT VIDAL, Josep (2013) “Autorreferencialidad, tecnología y desarrollo sostenible: hacia la autopoiesis reflexiva”, en *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, Diciembre 2013, núm. 8. Barcelona: Cátedra Unesco de Sostenibilidad, UPC, p. 43-68.

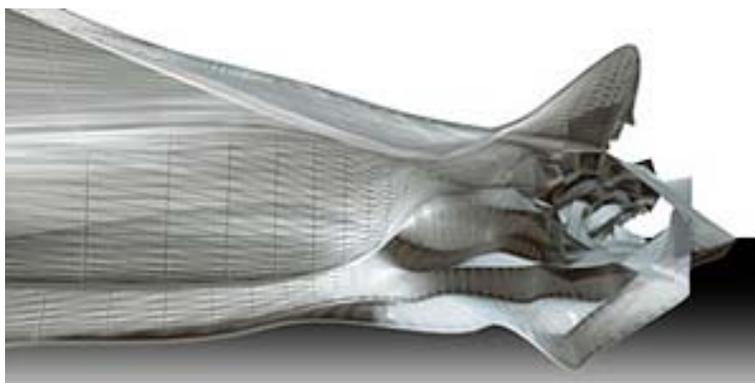


Ilustración 6. Karl S. CHU (X-Kavya), *X Phylum project*, 1998.

Ese nuevo paradigma "computacional" o "digital" basado en la tecnología de la información y, por tanto, "informacional" no es ya meramente una tendencia futura posible, sino una realidad presente. Aceptar ese nuevo paradigma es una condición indispensable para la continuidad del diálogo entre la arquitectura y la sociedad actual. La secuencia de este nuevo paradigma no es lineal. El paradigma digital no pretende una fijación espacio-temporal como el perspectivista, al contrario, el nuevo paradigma está basado en la velocidad (dinamismo espacio-temporal) y la posibilidad de cambio y mutación.

El concepto de velocidad es clave en la obra de Paul Virilio, arquitecto e intelectual que llega a acuñar el término "*dromología*", en el que se concentra la importancia política de la velocidad y la relatividad del espacio.⁵² Desde una concepción pesimista de la tecnología Virilio concibe las ciudades como espacios de aceleración, en los que la tecnología y la arquitectura impiden la ancestral ocupación humana de la comunicación, imprescindible en el desarrollo del conocimiento.⁵³ Virilio, que en su ensayo "Estética de la desaparición" afirma: "*No tenéis velocidad, sois velocidad*",⁵⁴ habla del paso de las "pequeñas tecnologías", basadas en una perspectiva geométrica y ajustadas a la visión humana, con las cuales se han manejado las nociones de cerca/lejos, aquí/allí, alto/bajo, público/privado a las "grandes tecnologías", que se caracterizan por la transmisión en tiempo real de información y que tendrían un doble efecto: las nociones tradicionales para ordenar el tiempo y el espacio se disuelven, y la velocidad se convierte en el nuevo eje para organizar la nueva experiencia social por lo que el tiempo emergente sería el de la aceleración.⁵⁵

⁵² MOLINUEVO, José Luis (2004) *Humanismo y nuevas tecnologías*. Madrid: Alianza Editorial, p. 54.

⁵³ LLORCA ABAD, Germán (2005) "(In)comunicación y arquitectura. Paul Virilio: claves para un debate", en *Comunicación. Revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Literatura*, nº 3. Sevilla: Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad y Literatura. Facultad de Comunicación. Universidad de Sevilla. pp. 235-251. [Fecha de consulta: 11/07/2015] <http://www.revistacomunicacion.org/comunicacion_numero_3.htm>

⁵⁴ Virilio parafrasea aquí al médico, psiquiatra y psicoanalista Wilhelm Reich: "*¡No tenéis cuerpo, sois cuerpo!*". VIRILIO, Paul (1998) *Estética de la desaparición*. Barcelona: Editorial Anagrama, p. 47.

⁵⁵ GÓMEZ, Héctor (1999) "Cuando la aceleración y la realidad virtual nos alcancen", reseña de "El arte del motor. Aceleración y realidad virtual" de Paul Virilio, en *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, Época II, vol. V, núm. 9, junio, 1999. Colima, México: Universidad de Colima pp. 167-170.

La industria de los medios de comunicación y del entretenimiento junto con el crecimiento y equipamiento de la ciudad facilitan una forma "teatral" de vivir y acceder a las realidades sociales: el turismo, la prensa, los recorridos urbanos, la publicidad y los medios de transporte poco a poco eliminan las distancias, las trayectorias, la separación entre el que observa y lo que es observado. Se verifica un entrenamiento progresivo hacia una nueva mirada social que se organiza con lógicas y procedimientos que, al basarse en el movimiento, hacen que lo fijo pierda visibilidad y lo móvil construya una realidad muy diferente, en permanente flujo. Se trata de una realidad en permanente movimiento y, por tanto, las dificultades de representar tanto lo real como lo verdadero, las multitudes, los públicos colectivos requieren de un constante desdoblamiento. Para ello las nuevas tecnologías de información crean formas de reconocimiento comunes, inventan y fabrican formas de ser en la ciudad, modos de socialización basadas en, como diría Umberto Eco, "estrategias de ilusión",⁵⁶ estrategias de representación.⁵⁷ Por este motivo la evaluación de la arquitectura actual no puede estar sujeta a la relación espacio-tiempo, sino a la relación tiempo-comportamiento, que es una relación de transformación continua donde lo material y lo no-material se influyen simultáneamente.

Virilio continúa de alguna manera el intento de Walter Benjamin de analizar la relación entre tecnología, sociedad y cultura que tiene un claro ejemplo en su texto de 1936 "*La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*"⁵⁸ en el que adelanta la idea de que "con su aparición, desarrollo y evolución, las TIC constituyen una mediación entre las nuevas formas de producción, distribución y consumo de bienes y productos simbólicos con el *sensorium* (concepto benjaminiano referente a los nuevos modos de sentir y percibir la realidad) de la mayoría de la población, es decir, las cambiantes formas de experimentar y de vivir la ciudad, lo cotidiano, lo público y lo privado".⁵⁹

Siguiendo la estela de Virilio el arquitecto Stan Allen afirma que "*la velocidad es consustancial a la retórica del ordenador*".⁶⁰ Señala que es la velocidad de procesamiento y no el espacio de disco lo que representa el factor limitador de los programas de creación de imagen y animación avanzados. La capacidad del ordenador para simular la realidad, de la que depende la retórica digital de la accesibilidad, queda garantizada por la velocidad que permite una continuidad sin roturas (y, por tanto, el realismo) de las simulaciones. Allen recoge las ideas expuestas por Virilio en su obra *Pure War*⁶¹ acerca del agotamiento del tiempo a medida que las tecnologías de la velocidad ocupan todos los ámbitos. Desde su visión pesimista de la

⁵⁶ ECO, Umberto (1986) *La estrategia de la ilusión*. Barcelona: Editorial Lumen.

⁵⁷ GÓMEZ, Hector (1999) *Op. cit.*, p. 170.

⁵⁸ BENJAMIN, Walter (1936) "La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica", en (1973) *Discursos Interrumpidos I. Filosofía del arte y de la historia*. Madrid: Taurus Ediciones, pp. 17-60.

⁵⁹ GÓMEZ, Hector (1999) *Ibidem*, p. 167.

⁶⁰ ALLEN, Stan (1995) "Terminal velocities: The computer in the design studio", en *Practice: Architecture, technique and representation (Critical voices in art, theory & culture)*. Londres: Routledge, pp. 242-245. Versión en español: "Velocidades terminales: el ordenador en el estudio de diseño" en ORTEGA, Lluís (2009) *Op. cit.*, pp. 39-57.

⁶¹ VIRILIO, Paul; LOTRINGER, Sylvère (1983) *Pure War*. Nueva York: Semiotext(e). Versión en portugués: (1984) *Guerra pura. A militarização do cotidiano*. São Paulo: Editora Brasiliense.

tecnología Virilio alerta de la reducción que experimenta el campo de la libertad con la velocidad, distinguiendo entre una velocidad metabólica (la de los seres vivos y su tiempo de reacción) y una velocidad tecnológica (la velocidad artificial de las máquinas). Las tecnologías digitales recientes se diferenciarían de las tecnologías de la modernidad (avión, telégrafo, automóvil) precisamente porque se desdibuja, se difumina (*blur*)⁶² la frontera entre estas dos velocidades. El ordenador acerca la velocidad tecnológica a la velocidad metabólica que se caracteriza por su inconsistencia debida a la sucesión de una infinidad de pequeñas interrupciones o "accidentes" (en la terminología utilizada por Virilio) que constituyen la base de la naturaleza del cuerpo y la consciencia de los seres humanos.

Encontramos una reflexión parecida en la obra del sociólogo Derrick de Kerckhove⁶³ en la que considera que las tecnologías de la información siempre han acelerado con su aparición el ritmo de la cultura previamente establecida.⁶⁴ La tecnología digital, los ordenadores, estarían asociados específicamente al concepto de velocidad incrementando a su vez la velocidad del resto de las tecnologías. Por este motivo Kerckhove considera que los ordenadores aceleran y desintegran los patrones culturales tradicionales para reintegrarlos más tarde bajo una nueva forma.⁶⁵ Todas las estructuras se mueven y operan a una determinada velocidad y los momentos de aceleración, crecimiento o intensificación pueden afectar a una o a todas las características de un diseño. La consecuencia de la aceleración puede ser la desintegración o la mutación.⁶⁶ Desde esta perspectiva las crisis se contemplan como momentos de cambio, de metamorfosis y, por lo tanto, con el significado positivo de oportunidad.⁶⁷

⁶² Puede verse este desdibujamiento en el concepto de "arquitectura de límites difusos" planteado por el arquitecto japonés Toyo Ito. Para él esta "arquitectura de límites difusos" que por una parte hereda la geometría del movimiento moderno y, a su vez, se hace eco de las nuevas tecnologías, es una arquitectura con límites "blandos" que puede reaccionar ante el entorno natural, que transforma el programa en espacio y que se esfuerza por alcanzar la transparencia y la homogeneidad, pero también por hacer posibles rasgos especiales del lugar. ITO, Toyo (1999) "Blurring Architecture", recogido en ITO, Toyo, *Blurring Architecture*, Milán: Edizioni Charta, pp. 50-59. Versión en español: ITO, Toyo (2006) *Arquitectura de límites difusos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 24-30.

⁶³ KERCKHOVE ha sido Director del *Programa McLuhan en Cultura y Tecnología* y profesor universitario del Departamento de lengua francesa de la Universidad de Toronto. Actualmente es profesor de la Facultad de Sociología de la Universidad Federico II de Nápoles.

⁶⁴ El concepto de aceleración cultural resulta de gran interés para el análisis de los fenómenos sociales y culturales porque permite incluso explicar una guerra convencional contemporánea como la Guerra del Golfo como el resultado de la aceleración de una cultura lenta (la islámica) por parte de una cultura más rápida (la occidental).

⁶⁵ KERCKHOVE, Derrick de (1999) *La piel de la cultura. Investigando la nueva realidad electrónica*. Barcelona: Editorial Gedisa, p. 93.

⁶⁶ KERCKHOVE, Derrick de (1999) *Ibidem*, pp. 94-95.

⁶⁷ Según KERCKHOVE el término "crisis" provendría etimológicamente del griego "*kryno*", que significa evaluar, juzgar, decidir, por lo que representaría un tiempo para el juicio y la reflexión.

4.1.4 Nuevos paradigmas. Nuevas "sustancias".

Los cambios que se observan en la arquitectura de los últimos años responden a fenómenos complejos acaecidos en el seno de nuestra cultura: el avance de la informática y las tecnologías digitales, la velocidad y aceleración experimentada en todos los niveles de la comunicación y, sobre todo, al crecimiento y difusión de las estrategias de virtualización que acompañan todos estos procesos.⁶⁸

La arquitectura no ha permanecido ajena a esta evolución, incorporando y desarrollando un nuevo lenguaje más neutro/neutral (aspecto ya citado en el capítulo anterior al referirnos al componente ético) de acuerdo con las nuevas condiciones sociales, tecnológicas y culturales. Tales cambios han respondido en muchos casos más a cuestiones de "imagen" que a necesidades reales. Paulatinamente se han ido incorporando al pensamiento humano las técnicas propias del ordenador,⁶⁹ del cine y de otros artificios tecno-científicos así como el carácter fragmentario y de *collage* que las imágenes producidas por éstos ofrecen.

La arquitectura más reciente opera tratando de disociar los distintos elementos que forman el objeto arquitectónico. Primero fue la separación de estructura y cerramiento en el Movimiento Moderno y más tarde, en el posmodernismo, la forma se independizó de la función y del mensaje. Finalmente de la mano de las tecnologías digitales se han ido separando paulatinamente las diferentes capas del objeto arquitectónico: protección solar, aislamiento térmico y acústico, sistemas de ventilación, circulaciones, etc., como sistemas independientes.

Tratar de ofertar un nuevo concepto (un *-ismo*) para describir este complejo paisaje resulta difícil y absolutamente insuficiente. El éxito obtenido por Charles Jencks con el concepto del posmodernismo y su descripción del "lenguaje de la arquitectura posmoderna"⁷⁰ no resulta una excepción ya que la fortuna del término se debió más a su ambigüedad y confusas interpretaciones que a su valor como categoría crítica del conocimiento. No podemos olvidar tampoco las consecuencias de la incredulidad con respecto a los metarrelatos que caracterizó de algún modo la corriente posmoderna como consecuencia, según Jean-François Lyotard, del progreso de las ciencias. La clasificación de los fenómenos en corrientes (*-ismos*) como discurso de legitimación pierde entonces importancia y éste se dispersa en "*nubes de elementos lingüísticos narrativos*".⁷¹

También habría que señalar los efectos de la inmediatez y la instantaneidad de la producción y la transmisión de la información. En la actualidad podemos analizar mucho antes que en el pasado la influencia de las novedades y tendencias de la arquitectura internacional en nuestro medio y discutir sobre los múltiples aspectos que hacen referencia a la relación entre teoría y práctica, entre los enunciados y la realidad que surge de la intervención de los

⁶⁸ SANZ BOTEY, José Luis (1999) "El espejo electrónico", en *Astrágalo : cultura de la arquitectura y la ciudad, Revista cuatrimestral iberoamericana*. nº 11, Mayo, 1999. Alcalá de Henares: Instituto Español de Arquitectura, p. CV (105).

⁶⁹ A través de categorías como el concepto de "*new media*", pensamiento digital, conciencia digital, etc.

⁷⁰ JENCKS, Charles (1984) *El lenguaje de la Arquitectura Posmoderna*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

⁷¹ LYOTARD, Jean François (1979) *Op. cit.*, p. 10.

arquitectos en el medio urbano contemporáneo. La consecuencia más inmediata radica en que la velocidad de cambio dificulta la posibilidad de establecer y estabilizar una determinada categoría de clasificación y que además sea de aceptación generalizada.

Abordaremos en los siguientes apartados una serie de aspectos vinculados con la consideración de la arquitectura en relación con los procesos de globalización, la influencia de las teorías de la complejidad y la adopción del paradigma informacional como estrategia de proyecto. En primer lugar, analizaremos el concepto de "supermodernismo" como superación o evolución de sus referentes anteriores (posmodernismo y deconstructivismo) desarrollado por Hans Ibelings como correlato a la noción de "sobremodernidad" definida por el antropólogo Marc Augé a partir de una reflexión sobre la identidad del individuo en función de su relación con los lugares cotidianos y la presencia de la tecnología. Describiremos la importancia de la adopción de las teorías del pensamiento complejo en la arquitectura tomando como base la visión del arquitecto Josep Maria Montaner y su reflexión sobre la arquitectura contemporánea a través de las categorías del fragmento, el caos y la energía. Finalmente, nos introduciremos en el componente informacional de la arquitectura siguiendo el análisis realizado por el arquitecto italiano Antonino Saggio sobre la influencia de los sistemas de formalización, transmisión y desarrollo de la información como componente esencial o "sustancia" de una nueva forma de entender, ver y hacer arquitectura.

4.2 La condición supermoderna.

"De la sobremodernidad se podría decir que es el anverso de una pieza de la cual la posmodernidad sólo nos presenta el reverso: el positivo de un negativo."

Marc Augé

Hans Ibelings, en su ensayo de 1998, *Supermodernismo*⁷², propone la presencia de una arquitectura distinta de sus anteriores referentes: el posmodernismo y el deconstructivismo. Vinculada al fenómeno de la globalización, esta arquitectura se plantea como una arquitectura neutra, que no busca "significar" o emitir mensajes, que no considera al entorno como determinante, ni tampoco se basa en analogías filosóficas o metáforas de cualquier orden. Se preocupa más de las sensaciones y de la experiencia de la arquitectura (*affects*).⁷³ El término "supermodernismo" introducido por Ibelings, unido a la idea de globalización, vino a engrosar

⁷² IBELINGS, Hans (1998) *Supermodernismo. Arquitectura en la era de la globalización*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

⁷³ Coincide con una creciente preocupación e interés por la fenomenología en arquitectura. Véase: HOLL, Steven; PALLASMAA, Juhani; PÉREZ-GÓMEZ, Alberto (2006) *Questions of Perception, Phenomenology of Architecture*. San Francisco: William Stout Publishers. Véase también: PALLASMAA, Juhani (2006) *Los ojos de la piel. La arquitectura y los sentidos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili. En esta obra Pallasmaa describe la importancia que tiene el sentido del tacto en nuestra experiencia perceptiva del espacio y en nuestra comprensión del mundo al tiempo que critica la hegemonía que ha tenido la visión (ocularcentrismo) en la historia de la arquitectura.

las mitologías del cambio de milenio y está tomado de la obra del antropólogo francés Marc Augé, quien describió la "condición supermoderna" en su libro *Los no lugares*.⁷⁴

4.2.1 De los efectos a los afectos: abstracción y exceso

Para Ibelings la abstracción (categoría directamente relacionada con el paradigma de lo digital en virtud de los procesos de codificación de la información) se erige en contraste radical con los efectos "especiales" perseguidos con la "extravagancia" posmoderna y con la "complejidad" deconstructivista. Abstracción que trata de evitar cualquier significado y que esconde sus signos bajo una envoltura uniforme y digitalizada. Una arquitectura que otorga mayor importancia a las sensaciones visuales, espaciales y táctiles (emotivas), jugando con los sentidos, haciéndonos creer que aquello que vemos es relativo, que lo que suponemos desde una visión lejana se transforma al acercarnos: la transparencia se convierte en opaca, lo frío en cálido, lo finito en infinito y lo real se transforma en imaginario.

Nos induce de alguna forma hacia la desaparición de la realidad, colocando la arquitectura en el mismo plano que las "realidades virtuales" o ficticias, de manera que todo cobraría en el "espejo electrónico" de la pantalla el mismo significado para que "el hombre contemporáneo pueda vivir su propia destrucción con el goce estético de una obra de arte".⁷⁵ El supermodernismo plantea una sensibilidad hacia lo neutral, lo indefinido y lo implícito. Estas cualidades no se limitan a la sustancia arquitectónica y hallan también una poderosa expresión en una nueva sensibilidad espacial. El factor de la globalidad manifestado en las comunicaciones y la creciente movilidad ha afectado a la arquitectura y el urbanismo en la medida en que produce cambios en nuestra experiencia del tiempo y sobre todo del espacio. La emergencia de redes mundiales en un ciberespacio efímero ha modificado radicalmente nuestra percepción del mundo.

Sin embargo, este mundo en expansión es percibido como más carente de significado dado que la transitoriedad de las visitas fugaces a ciertos espacios como autopistas, habitaciones de hotel, aeropuertos o supermercados, no constituyen "lugares". Esta experiencia de falta de identidad es analizada por Augé, quien afirma que una proporción creciente de espacio carece de significado porque nadie siente ningún apego/afecto por él. Se produce la multiplicación de lo que denomina "no lugares", por oposición al concepto sociológico de "lugar" asociado por Marcel Mauss⁷⁶ con el de cultura localizada en el tiempo y

⁷⁴ AUGÉ, Marc (1992) *Non-lieux. Introduction à une anthropologie de la surmodernité*. París: Éditions du Seuil. Versión en español: (1996) *Los no lugares. Espacios del anonimato. Una antropología de la sobremodernidad*. Barcelona: Editorial Gedisa.

⁷⁵ SANZ BOTEY, José Luis (1999) *Op. cit.*, p. CVI.

⁷⁶ Marcel MAUSS (1872-1950), antropólogo y sociólogo considerado como uno de los «padres de la etnología francesa». En su *Ensayo sobre el don* (1925) señala la relevancia del esquivo y polisémico concepto de intercambio o *potlatch*, festín ceremonial practicado por los pueblos indios de la costa del Pacífico en el noroeste de Norteamérica, que tenía como objeto el refuerzo de las relaciones jerárquicas entre los grupos por medio del intercambio de regalos y otras ceremonias.

en el espacio. Los "no lugares", espacios de la identidad diluida y del anonimato, constituyen el espacio característico de la sobremodernidad.⁷⁷

La condición "supermoderna" se caracterizaría por la existencia de tres formas de abundancia o de exceso que se identifican con tres transformaciones aceleradas del mundo contemporáneo: la abundancia de acontecimientos (exceso de tiempo), el exceso de espacio, y la abundancia o el exceso de individualización (de gran relevancia para la arquitectura).⁷⁸

La superabundancia de acontecimientos unida a la abundancia de signos y el bombardeo ubicuo de información plantea una aceleración de la historia posibilitada por la tecnología y una sobrecarga de los sentidos que hacen del exceso una de las modalidades esenciales de la sobremodernidad.

El exceso de espacio resulta paradójicamente correlativo al empequeñecimiento del planeta producido por los avances de la exploración espacial, las imágenes de nuestro planeta captadas desde el espacio y los sistemas avanzados de geo-posicionamiento y visualización. La aventura espacial al ampliar nuestros límites reduce la escala de la Tierra al mismo tiempo que el mundo se abre gracias a la velocidad de los medios de transporte y la instantaneidad de las comunicaciones. La nueva concepción del espacio se expresa a través de "los cambios de escala, la multiplicación de las referencias imaginadas e imaginarias y en la espectacular aceleración de los medios de transporte y conduce a modificaciones físicas considerables: concentraciones urbanas, traslados de poblaciones y multiplicación de los llamados 'no lugares'".⁷⁹

La tercera transformación o exceso tiene que ver con el ego, el individuo y la individualización de los procedimientos donde las historias individuales influyen directamente en la historia colectiva, pero, a la vez, los puntos de referencia de la identidad son completamente fluctuantes lo que plantea la necesidad de la producción individual de sentido.⁸⁰

"No lugares" son aquellos sitios por los cuales nadie siente ningún apego particular y que no funcionan como puntos de encuentro a la manera tradicional. El mundo está

⁷⁷ Utilizamos el término "*supermodernidad*" tomado de IBELINGS por tratarse de un autor más vinculado al ámbito de la arquitectura pero se puede considerar a todos los efectos equivalente al término "*sobremodernidad*" planteado por Marc AUGÉ desde el punto de vista antropológico. No obstante ESTEBAN PENELAS distingue entre "supermodernidad" y "sobremodernidad" asignando a "supra" o "super" el significado de estar "encima de algo" mientras que "sobre" sería un elemento compositivo cuyo significado sería el de adición o suma. Así la "supermodernidad" estaría por encima de la "sobremodernidad"; del mismo modo que la "sobremodernidad" estuvo encima de la posmodernidad, y ésta encima de la modernidad. Realiza esta diferenciación para explicar el concepto de "superlugar", una evolución del concepto de "no-lugar" planteado por Augé y que se definiría como "no-lugares evolucionados, implementados y potenciados a través de las redes de comunicación y de la multiplicidad de capas de la exterioridad de los medios interpuestos". ESTEBAN PENELAS, José Luis (2007) *Superlugares. Los espacios inter-media*. Madrid: Editorial Rueda, pp. 144-146.

⁷⁸ AUGÉ, Marc (1996) *Op. cit.*, p. 30 y ss.

⁷⁹ AUGÉ, Marc (1996) *Op. cit.*, p. 40.

⁸⁰ AUGÉ, Marc (1996) *Op. cit.*, p. 43.

conformado cada vez más por “no lugares” vinculados especialmente al transporte y al consumo y que son idénticos en todas partes. Estos “no lugares” son señales manifiestas de la era de la globalización. Afirma Augé que "si un lugar puede definirse como lugar de identidad, relacional e histórico, un espacio que no puede definirse ni como espacio de identidad ni como relacional ni como histórico, definirá un no lugar".⁸¹ La sobremodernidad produce "no lugares" debido a la multiplicación de los puntos de tránsito y al aumento de las ocupaciones provisionales en una percepción de la aceleración de la historia y del empequeñecimiento del planeta.⁸²

4.2.2 Neutralidad, transparencia, inscripciones, pragmatismo.

Uno de los paradigmas derivados de la globalización sería el de la neutralidad. La arquitectura ya no se vincula al contexto ni intenta expresar el propósito del edificio mediante convenciones tipológicas o simbólicas. Nos encontramos ante edificios-contenedor o escaparate que podrían albergar cualquier cosa. La neutralidad puede percibirse como una reacción al afán del posmodernismo y del deconstructivismo de "proyectarlo todo". Los objetos se bastan a sí mismos sin necesidad de procurar significados específicos. Se trata de una arquitectura concebida como un medio vacío en el que la caja neutral y neutra, ideal del movimiento moderno vuelve a estar de moda.⁸³ La neutralidad se enfatiza, a veces, mediante un fino acabado de cristal para evocar un sentimiento de inconsistente superficialidad. Esto no significa que sean anónimos. El uso cuidadoso de materiales y detalles otorgan a esta arquitectura un refinamiento estético comparable a la obra de Mies Van der Rohe. Como afirma Fernández-Galiano, "*los arquitectos se han hecho dermatólogos*", localizando el interés en los revestimientos exteriores y los cierres, la textura, el tacto, la transparencia y el color con una sensibilidad que valora a la vez la uniformidad geométrica y la ambigüedad perspectiva, eludiendo los problemas de la forma para "deslizarse hacia los atractivos táctiles y visuales de las superficies".⁸⁴

Se prioriza la experiencia directa, la experiencia sensorial del espacio, de los materiales y de la luz con la tendencia de los edificios “inscritos”⁸⁵: estructuras cuyas suaves fachadas

⁸¹ AUGÉ, Marc (1996) *Ibidem*, p. 83.

⁸² AUGÉ, Marc (1996) *Ibidem*, p. 122.

⁸³ "Atacan las cajas. Tras la verbena formal de los años ochenta, los arquitectos se pusieron ceniza en la frente y en el lápiz. Ahora mediada la década siguiente, los efectos de esta disciplina penitencial comienzan a advertirse en una floración geométrica de cajas esenciales que tienen en la Suiza alemana su más radical reducto." FERNÁNDEZ GALIANO, Luis (1999) "1995-Una caja es una caja es una caja. El paradigma del minimalismo suizo", en *Arquitectura Viva*, "La década digital", nº 69, Noviembre-diciembre 1999, pp. 36-37.

⁸⁴ FERNÁNDEZ GALIANO, Luis (1995) "Pielés frías", en *Arquitectura Viva* 45, *PIELÉS FRÍAS. De Nouvel a Dudler, aristas de Europa*, Noviembre-Diciembre, 1995, p. 3.

⁸⁵ Aparece incluso el concepto de "suelo inscrito" (*Inscribed Ground*) que traslada la función semiótica de las superficies verticales de las fachadas a las superficies horizontales del terreno. RUBY, Ilka; RUBY, Andreas (2006) *Groundscapes. El reencuentro con el suelo de la arquitectura contemporánea*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 180-201. Véase también: RUBY, Ilka; RUBY, Andreas (2006) "Groundscapes",

aparecen tapizadas de texto e imágenes efímeros o permanentes. El texto es una adición para una forma intrínsecamente inexpresiva. La utilización del vidrio remite a un sentimiento de superficialidad inconsistente. La ausencia de sustancia se ve acentuada mediante la transparencia,⁸⁶ reforzando el paradigma de la desmaterialización, a través del refinamiento estético y el redescubrimiento de la riqueza de la simplicidad. Estas "pieles tatuadas" provocan la acumulación de significados en el paramento exterior como en el caso de la utilización de cristales serigrafiados por parte de Herzog & de Meuron en sus proyectos para la nave de Ricola (1993) en Mulhouse (ya citada en el capítulo anterior) o la Biblioteca Universitaria (1998) de Eberswalde en Alemania (con imágenes seleccionadas en colaboración con el fotógrafo alemán Thomas Ruff), ejemplos en los que se matiza la transparencia con recursos de generación propia.⁸⁷ Se trata de una arquitectura que no hace referencia a nada fuera de sí misma (autorreferencial) y no se remite al intelecto, priorizando automáticamente la experiencia directa (emotiva), la experiencia sensorial del espacio, de los materiales y de la luz.⁸⁸ Estímulos fuertes para despertar los sentidos no sólo a través de la transparencia y suavidad del cristal, sino también en el poderío táctil de volúmenes esculturales.



Ilustración 7. HERZOG & DE MEURON. Biblioteca Universitaria, Eberswalde, Alemania, 1999.

Las propuestas de alta tecnología plantean transparencia e indefinición. Los avances tecnológicos en la utilización del vidrio y el desarrollo de las tecnologías constructivas (como por ejemplo, los avances en el desarrollo de mejores y más potentes adhesivos) permiten aprovechar las dos grandes propiedades de este material: de un lado la transparencia o el carácter translúcido y, de otro, la extrema suavidad (lo *soft*). Esta situación nos acerca al ideal del Movimiento Moderno de una arquitectura totalmente transparente. El movimiento sucesor del posmodernismo y deconstructivismo presenta una nueva actitud hacia el Movimiento Moderno y un renovado interés por su estética. Persigue una arquitectura sin metáforas o símbolos, lo que no quiere decir que no exista significado. Este se manifiesta por

en: COLAFRANCESCHI, Daniela (2007) *Landscape + 100 palabras para habitarlo*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 86-89.

⁸⁶ MURRAY, Scott (2013) *Translucent Building Skins. Material Innovations in Modern and Contemporary Architecture*. Londres: Routledge, pp. 1-8.

⁸⁷ DOMÍNGUEZ UCETA, Enrique (2011) *Herzog & de Meuron*. Madrid: Unidad Editorial, pp. 16-18.

⁸⁸ IBELINGS, Hans (1998) *Op. cit.*, p. 90.

la propia apariencia de la arquitectura y en cómo se experimenta. Frente a la arquitectura de los años 80 que se remitía ante todo al intelecto, la arquitectura de la "sobremodernidad" da más importancia a las sensaciones visuales, espaciales y táctiles.

El moralismo y el dogmatismo implícitos en la corriente posmoderna se reemplazan por una actitud realista y la aceptación de las cosas tal como son. Este pragmatismo arquitectónico estaría puesto al servicio de la modernización de los procesos de globalización. Se reconsideran como positivas características que hasta ahora se habían visto como negativas tales como la heterogeneidad, el cambio excesivo, el desorden y la incongruencia. Se produce una reflexión sobre la periferia urbana, la carretera y las vías de comunicación, la arquitectura no planificada e informal de los centros comerciales y de las áreas de negocios. Era sólo cuestión de tiempo que todos esos factores abriesen paso a un nuevo marco de referencia. Este nuevo marco de referencia ya no estará dictado por lo único, auténtico o específico, sino por el carácter universal/global de lo informacional.

4.3 Los paradigmas de la complejidad.

"Legítimamente, le pedimos al pensamiento que disipe las brumas y las oscuridades, que ponga orden y claridad en lo real, que revele las leyes que lo gobiernan. El término complejidad no puede más que expresar nuestra turbación, nuestra confusión, nuestra incapacidad para definir de manera simple, para nombrar de manera clara, para poner orden en nuestras ideas."

Edgar Morin⁸⁹

Como consecuencia de un mayor enfoque en las condiciones de la realidad, el paradigma de la complejidad⁹⁰ comienza a influir en la arquitectura desde mediados del siglo XX pues, como afirma Josep Maria Montaner:

*"Con la expansión de un nuevo realismo para la sociedad de masas, los grandes conceptos de la era de la máquina -la simplicidad, el mecanicismo y el racionalismo- van siendo sustituidos por los nuevos conceptos de complejidad, pluralismo, contradicción y ambigüedad. El paso del realismo y el existencialismo de los años cincuenta al estructuralismo y a la cultura pop significa el paso paulatino de lo simple a lo complejo, de una realidad que se pretende única a la inclusión de muy diversas realidades."*⁹¹

⁸⁹ MORIN, Edgar (2001) *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa, 4ª ed., p. 21.

⁹⁰ La complejidad se convierte en el "nuevo paradigma posmoderno" como lo denomina Charles Jencks: "It is a new world view that is illuminated by what are called the new "sciences of complexity", which includes Complexity Theory itself, Chaos science, self-organizing systems, and nonlinear dynamics.", en JENCKS, Charles (1995) *The Architecture of the Jumping Universe*. Londres: Academy Editions, p. 9.

⁹¹ MONTANER, Josep Maria (2002) *Las formas del siglo XX*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 118.

Para el filósofo y sociólogo francés Edgar Morin, uno de los fundadores del pensamiento complejo, "se trata de ejercitarse en un pensamiento capaz de tratar, de dialogar, de negociar, con lo real"⁹² y añade: "se trata de evitar la visión unidimensional, abstracta. (...) tomar conciencia de la naturaleza y de las consecuencias de los paradigmas que mutilan el conocimiento y desfiguran lo real".⁹³ Según Morin: "el pensamiento complejo aspira al conocimiento multidimensional".⁹⁴ El pensamiento complejo se opone diametralmente a la herencia del racionalismo cartesiano y de esta manera, se comienza a superar el paradigma de la ciencia clásica, de una realidad única y universal, y se intuyen nuevos paradigmas en virtud los cuales lo real es igual a lo diverso.

Esta racionalidad en crisis se ve sustituida por nuevos paradigmas de pensamiento: del principio de universalidad se pasa a la aceptación del azar, de lo imprevisible y del caos; la causalidad lineal da paso a un pensamiento basado en redes y sistemas; y del principio del aislamiento del experimento en la observación científica se evoluciona hacia la conciencia de la inmersión del objeto en los ecosistemas y en los marcos culturales de referencia. Las interpretaciones posmarxistas (y también pos-sartreanas) vuelven a aceptar el mecanismo de lo narrativo y la evidencia de que cada hecho es diverso, reconociendo que lo diferente siempre es mayor que lo similar.

Surge de este modo toda una familia de nuevos conceptos, en torno a los cuales se van a centrar a partir de la década de los sesenta las propuestas sociológicas, científicas, filosóficas y artísticas: complejidad, contradicción, ambigüedad, pluralidad, desorden, incertidumbre, desequilibrio... Las nociones centrales del pensamiento de la complejidad son la emergencia y la auto-organización, lo que conlleva una concepción holística de los problemas de diseño.⁹⁵ Se produce un énfasis particular en la consideración del comportamiento material y surgen nuevos campos de investigación sobre el comportamiento de la materia mediante la utilización de técnicas relacionadas con el estudio de las condiciones de no-equilibrio, las dinámicas no lineales o la teoría de la inestabilidad.⁹⁶ Se genera una nueva visión de la creatividad inherente a la materia basada en el potencial de auto-organización y la combinatoria no lineal.⁹⁷ Esto dará lugar a estrategias de generación formal "informadas" por el comportamiento material del objeto.

La consideración de la complejidad y del pensamiento complejo se convierte en el nuevo concepto central. Esto significa tomar conciencia de que todo está en relación, las

⁹² MORIN, Edgar (2001) *Ibidem*, p. 23, citado en MONTANER, Josep Maria (2002) *Ibidem*, p. 118.

⁹³ MORIN, Edgar (2001) *Ibidem*, p. 28.

⁹⁴ MORIN, Edgar (2001) *Ibidem*, p. 23.

⁹⁵ CIFUENTES QUIN, Camilo Andrés (2014) *Op. cit.*, pp. 123-126.

⁹⁶ WALGRAEF, Daniel (1990) "Pattern Selection and Symmetry Competition in Materials Instabilities", en COULLET, Pierre; HUERRE, Patrick [eds.] (1990) *New Trends in Nonlinear Dynamics and Pattern-Forming Phenomena, The Geometry of Nonequilibrium*. Nueva York: Plenum, pp. 25-32. Citado en: De LANDA, Manuel (2004) "Material Complexity", en LEACH, Neal; TURNBULL, David; WILLIAMS, Chris (2004) *Digital Tectonics*. Londres: Wiley & Sons, p. 18.

⁹⁷ De LANDA, Manuel (1997, 2009, Sixth Printing) *A Thousand Years of Nonlinear History*. New York: Zone Books, p. 16. Versión en español: De LANDA, Manuel (2011) *Mil años de historia no lineal*. Barcelona: Editorial Gedisa, p. 14.

partes con el todo, el todo con las partes, lo más minúsculo con lo más trascendental. El mundo está formado por sistemas de gran complejidad y no por elementos que se puedan separar o por objetos que se puedan pensar independientemente. Además el fenómeno de la globalización de la economía y de la política así como la interrelación de todos los problemas ecológicos que afectan a la biosfera añade una conciencia de la complejidad de las sociedades y de los ecosistemas.⁹⁸

Montaner señala que los mecanismos creativos y los mundos formales más contemporáneos vinculados al paradigma de la complejidad se sitúan en alguna de estas tres lógicas: la aceptación de la fragmentación (mediante el recurso al mecanismo vanguardista del *collage* o del montaje cinematográfico), el acercamiento a la formas del caos o mediante la recreación de los efectos de la energía, la luz y la desmaterialización.⁹⁹

4.3.1 La cultura del fragmento: *collage*, superposición, secuencia, montaje.

"Cada fragmento de saber y de existencia se puede descomponer en un mosaico infinito de imágenes. Este mosaico de elementos que, tomados aisladamente, son insignificantes, se convierte en un mundo que se nos ofrece a través de los medios."

Regis Durand¹⁰⁰

La consideración de la cultura contemporánea del fragmento, la dialéctica existente entre la parte y el todo, es una de las expresiones características de la cultura del siglo XX que han ido asumiendo el arte y la arquitectura y que ya estaba presente de manera incipiente en la abstracción del arte de vanguardia. La aceptación de una realidad cada vez más fragmentada, discontinua y descentrada, en permanente estado de mutación y la adopción paulatina de las teorías de la complejidad comporta un tipo de formas artísticas híbridas, realizadas a partir de la confluencia de fragmentos heterogéneos.¹⁰¹ Esta postura se relaciona

⁹⁸ Conviene volver a citar aquí el concepto de "*sociedad del riesgo*" acuñado por el sociólogo alemán Ulrich BECK y que estudió aspectos como la modernización, los problemas ecológicos, la individualización y la globalización. Los ejemplos de las catástrofes producidas por la industria química en Seveso, Italia (1976) y en Bhopal, India (1984), los accidentes nucleares de Three Mile Island, Estados Unidos (1979), Chernóbil, Ucrania (1986) y Fukushima-Daiichi, Japón (2011) o el hundimiento del *Prestige* frente a las costas gallegas en noviembre de 2002 pondrían de relieve que la introducción en la sociedad de procesos tecnológicos más complejos ha venido acompañada de una diseminación de nuevos riesgos. A la contaminación industrial se unirían riesgos difíciles de detectar por los sentidos humanos como, por ejemplo, la contaminación química, la modificación genética de organismos o los efectos del cambio climático a los que habría que añadir el peligro de ruptura social que supone la globalización y los nuevos procesos de transformación económica. BECK, Ulrich (2001) *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Madrid: Paidós.

⁹⁹ MONTANER, Josep Maria (2002) *Op. cit.*, p. 185.

¹⁰⁰ DURAND, Régis (1993) "Usages de l'image, usages du monde", en *Artpress*, mai 1993, n°180, p.43. Citado en: DUARTE, Fabio (1999) *Arquitetura e tecnologias de informação: da revolução industrial à revolução digital*. São Paulo: Editora da UNICAMP, p. 113.

¹⁰¹ MONTANER, Josep Maria (2002) *Ibidem*, p. 186.

con la interpretación de la arquitectura como lenguaje que busca una posición creativa conceptual basada en una sintaxis que pretende mostrar los procesos.¹⁰²

La fragmentación como condición híbrida de partida recurre a mecanismos como el mosaico, el *collage*, el montaje, el ensamblaje o la superposición potenciando la complejidad general y la individualización de las partes. Frente al método cultural¹⁰³ del ingeniero o el científico basado en la razón, se sitúa el *bricoleur*¹⁰⁴ que aprovecha y selecciona materiales y residuos de la acción humana para, a través de acciones de reciclaje, dar forma a nuevos objetos. Este mecanismo compositivo fue reinventado y conceptualizado por las vanguardias artísticas: dadaístas, surrealistas y cubistas que, entre el final de la primera década del siglo XX y el final de la segunda, desarrollaron todas las técnicas clave de la comunicación visual moderna: el montaje fotográfico y cinematográfico, el *collage*, el lenguaje clásico del cine, el diseño gráfico y la tipografía moderna.¹⁰⁵

Pueden encontrarse antecedentes de la fragmentación y la superposición en obras del periodo manierista que evidencian la crisis del sistema unitario renacentista hasta llegar a la visión fragmentaria del mundo tardobarroco que se refleja en los grabados de Giambattista Piranesi, especialmente en las series de las *Carceri*, así como en las ruinas artificiales de los parques ingleses y la estética del "pintoresquismo". Todos estos ejemplos ofrecen una incipiente cultura del fragmento.

La cultura vanguardista del fragmento persigue formas basadas en estrategias de acumulación, de inclusión y en la articulación de partes aisladas que mantienen una propia autonomía en la obra final, separadas del sentido inicial que tenían antes de convertirse en fragmentos, ya sean procedentes del mundo de los objetos, de las series tipológicas o de los repertorios de imágenes. Esta nueva cultura del fragmento puede utilizar básicamente dos mecanismos proyectuales para la creación de formas. Por una parte, un método asimilable al *collage* inventado por cubistas y dadaístas, explorando la superposición o articulación de distintos trozos históricos, tipológicos o estilísticos en una misma obra arquitectónica y urbana. De hecho el *collage* como mecanismo creativo recorre buena parte del siglo XX. Utilizado por los cubistas (Braque, Picasso, Gris), los surrealistas (Ernst, Breton), también lo encontramos en los escritos y en la música de Erik Satie, considerado el músico contemporáneo de los cubistas, y que traslada a la música el mecanismo cubista del *collage*.¹⁰⁶

¹⁰² MONTANER, Josep Maria (2008) *Ibidem*, p. 148.

¹⁰³ LÉVI-STRAUSS, Claude (1964) *El pensamiento salvaje*. México: Editorial Fondo de Cultura Económica.

¹⁰⁴ LÉVI-STRAUSS, Claude (1964) *Ibidem.*, p. 35.

¹⁰⁵ MANOVICH, Lev (1999) "Avant-Garde as Software", en KOVATS, Stephen [ed.] (1999) *Media Revolutions*. Frankfurt y Nueva York: Campus Verlag. Disponible *online* en: <www.manovich.net>. Versión en español: MANOVICH, Lev (2002) "La vanguardia como software". Disponible en línea en: <<https://www.uoc.edu/artnodes/espai/esp/art/manovich1002/manovich1002.html>> [Fecha de acceso: 03/08/2015].

¹⁰⁶ "Los ruidos de las olas, revólveres, máquinas de escribir, sirenas o aviones" explicaba Erik Satie, contemporáneo de los cubistas, al comentar su ballet *Parade* -que llevaba el subtítulo de Ballet Réaliste- "son en música lo mismo que los trozos de periódico, la fibra de madera pintada y otros objetos cotidianos que los cubistas suelen emplear para localizar los objetos y los volúmenes de la Naturaleza". Citado en: PRAZ, Mario (1981) *Mnemosyne. El paralelismo entre la literatura y las artes visuales*. Madrid:

Por lo tanto, el *collage* no es un mecanismo meramente visual, sino que consiste en una técnica o estrategia formal contemporánea basada en la agregación de piezas heterogéneas que conforman un nuevo objeto o ensamblaje. Los arquitectos Colin Rowe y Fred Koetter en su libro *Ciudad collage*¹⁰⁷ plantean una propuesta teórica legitimadora de la lógica de la fragmentación mediante la utilización del mecanismo del *collage* que influirá enormemente en arquitecturas posteriores como las de Hollein, Tschumi o Koolhaas.¹⁰⁸

El segundo mecanismo proyectual sería el recurso a los mecanismos narrativos y perceptivos del montaje cinematográfico, paradigma del arte del siglo XX, que consigue articular las imágenes del relato en el montaje secuencial de una narración unitaria. Mediante el *collage*, mediante la secuencia y el montaje cinematográfico o siguiendo un híbrido de ambos, estas estrategias creativas se basan en poner el acento en el fragmento y la parte, en el acontecimiento y la heterogeneidad, en el ensamblaje y la superposición.¹⁰⁹

Montaner sistematiza la cultura creativa que surge de la conciencia del fragmento tomando en consideración seis mecanismos de actuación: la fragmentación en series propia de las instalaciones artísticas, el concepto del montaje cinematográfico, el *collage* inaugurado por las vanguardias, la superposición de fragmentos en un megaobjeto, los complejos polifuncionales y la dispersión de objetos.

Peter Eisenman, discípulo de Colin Rowe, constituye un ejemplo de la estrategia fragmentaria en la búsqueda de una arquitectura sistemática y no figurativa bajo la influencia del arte conceptual de los 60. Bernard Tschumi toma referencias de la secuencia y el montaje cinematográfico inspirándose en el cine de Sergei Eisenstein y Alfred Hitchcock en proyectos como el experimento conceptual *The Manhattan Transcripts Project* (1976-1981) o el parque de La Villette en París (1982). La obra de James Stirling y Hans Hollein es un ejemplo explícito de cultura urbana de la fragmentación y el *collage*, aunque ha sido Rem Koolhaas quien mejor ha teorizado¹¹⁰ y consolidado la cultura del fragmento, empezando por su teoría del "manhattanismo", la defensa de la verticalidad y la congestión que aparece en su obra *Delirio de Nueva York* (1978) o en obras posteriores como *S, M, L, XL* (1995).

Koolhaas participa también de la tipología clave del megaobjeto o edificio-masa definido por la planta y secciones libres, la superposición espacial y las múltiples conexiones interiores, una especie de *collage* en tres dimensiones constituido por fragmentos heterogéneos. Finalmente los complejos poli-funcionales constituyen un nuevo modelo de tejido urbano en el que se superponen distintos usos con una mezcla de funciones, superposición, relación vivienda-trabajo y piezas urbanas densas y variadas. En cuanto a las

Editorial Taurus, p. 190. Praz toma la cita del crítico de arte estadounidense Harold Rosenberg: "*La transformación de las cosas, desplazándolas hacia el arte, y del arte, insertándolo en un contexto de actualidad, constituye la forma específica que adopta el ilusionismo en el siglo XX.*" en ROSENBERG, Harold (1964) *The Anxious Object; Art Today and Its Audience*. Nueva York: Horizon Press, p. 61.

¹⁰⁷ ROWE, Colin; KOETTER, Fred (1999) *Ciudad collage*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

¹⁰⁸ MONTANER, Josep Maria (1999) *Arquitectura y crítica*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 85-86.

¹⁰⁹ MONTANER, Josep Maria (2002) *Op. cit.*, p. 186.

¹¹⁰ MONTANER, Josep Maria (1999) *Ibidem*, pp. 93-94.

operaciones urbanas basadas en la dispersión de objetos segregados y aislados, Montaner propone como ejemplo las intervenciones realizadas en la *Postdamer Platz* de Berlín y el recinto *Forum 2004* en Barcelona.¹¹¹

4.3.2 Las teorías del caos: el intento de explicar la realidad.

"Nada es más turbador que los movimientos incesantes de lo que parece inmóvil."

Gilles Deleuze¹¹²

"El caos es considerado más fecundo que el orden; la incertidumbre es privilegiada por encima de la previsibilidad; y se ve en la fragmentación una realidad que las definiciones arbitrarias de cierre negarían."

Katherine Hayles¹¹³

Con respecto al paradigma basado en la consideración de la teoría del caos, Montaner señala: *"Un grado mayor de desorden de los fragmentos nos conduce al caos. Las teorías contemporáneas del caos arrancan de la premisa de la extrema complejidad del mundo, afirmando que la más mínima fluctuación¹¹⁴ puede provocar cambios importantes en toda la estructura de los sistemas complejos. El caos abre la posibilidad a mutaciones y transformaciones."*¹¹⁵

Mutaciones y transformaciones forman parte inseparable de la realidad que nos rodea, una realidad irregular y discontinua. Frente a la concepción clásica lineal el caos acepta esta realidad irregular y discontinua tal y como es, imprevisible. La teoría del caos propone una nueva forma de abordar el estudio de la realidad. La tendencia general al desorden manifestada en los sistemas caóticos supone una forma de adaptación al medio por lo que las leyes del caos ofrecerían una explicación para la mayoría de los fenómenos naturales que

¹¹¹ MONTANER, Josep Maria (2008) *Op. cit.*, pp. 150-170.

¹¹² DELEUZE, Gilles (1995) *Pourparlers*. París: Éditions de Minuit. Versión en español: (1999) *Conversaciones 1972-1990*. Valencia: Pre-Textos.

¹¹³ HAYLES, N. Katherine (1998) *La evolución del caos El orden dentro del desorden en las ciencias contemporáneas*. Barcelona: Editorial Gedisa, p. 225.

¹¹⁴ La variación del estado de un sistema en función de un cambio incremental mínimo se conoce como "efecto mariposa" o "dependencia sensible de las condiciones iniciales". El efecto mariposa es un concepto de la teoría del caos. La idea es que, dadas unas condiciones iniciales de un determinado sistema caótico, la más mínima variación en ellas puede provocar que el sistema evolucione en ciertas formas completamente diferentes, sucediendo así que una pequeña perturbación inicial, mediante un proceso de amplificación, podrá generar un efecto considerablemente grande a corto o medio plazo de tiempo. Su nombre proviene de un proverbio chino expresado en la forma: "(...) *si una mariposa agita hoy con su aleteo el aire en Pekín, puede modificar los sistemas climáticos de Nueva York el mes que viene.*" Véase: GLEICK, James (1987) *Chaos: The making of a new science*. Nueva York: Penguin. Versión en español: (1988) *Caos, la creación de una ciencia*. Barcelona: Seix Barral. Ver también: STEWART, Ian (1989) *Does God Play Dice? The Mathematics of Chaos*. Oxford: Blackwell. Versión en español: (1991) *¿Juega Dios a los dados?. La nueva matemática del caos*. Barcelona: Crítica.

¹¹⁵ MONTANER, Josep Maria (2002) *Op. cit.*, p. 204.

permanecían al margen de la explicación científica clásica.¹¹⁶ Desde el punto de vista del diseño el recurso a las formas del caos presentes en la naturaleza puede servir como estrategia de ideación con el componente positivo de facilitar la ampliación de recursos creativos realizando obras versátiles y complejas así también como, de una forma problemática, permitiendo la legitimación de las formas apocalípticas de la crisis y el colapso.¹¹⁷

La ilusión del orden ha acompañado al concepto clásico de ciencia basado en la búsqueda de la predictibilidad y ha dado lugar a un determinismo en la investigación que buscaba la coincidencia del fenómeno estudiado con los patrones diseñados previamente. El problema radica en que la mayor parte de la realidad investigada no se adaptaba a ese esquema quedando fuera del sistema explicativo las turbulencias, los remolinos, las irregularidades y el ruido que conforman la práctica totalidad de lo observable.¹¹⁸

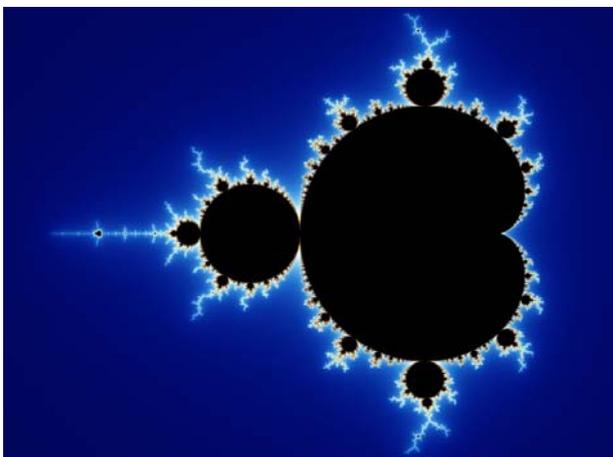


Ilustración 8. Benoît MANDELBROT, *Fractal Set*, 1979.

¹¹⁶ SALA, Nicoletta; CAPPELLATO, Gabriele (2004) *Architetture della complessità. La geometría frattale tra arte, architettura e territorio*. Milán: FrancoAngeli, pp. 19-20. SALA, Nicoletta; CAPPELLATO, Gabriele (2003) *Viaggio matematico nell'arte e nell'architettura*. Milán: FrancoAngeli, p. 244. Véase también: MANTOVANI, Silvia (2009) *Tra ordine e caos. Regole del gioco per una urbanistica paesaggista*. Florencia: Alinea Editrice.

¹¹⁷ Benoît MANDELBROT (teorizador de las *geometrías fractales*) y Gilles DELEUZE (con su reivindicación del *pliegue en relación con la estética barroca*) se han convertido en referencias básicas en esta línea de pensamiento que aúna tanto la vertiente positiva de creación como la conflictiva legitimación de las formas del colapso y la fractura. Habría que añadir también otros referentes como los atractores extraños, el azar o la teoría de catástrofes. Véase: MANDELBROT, Benoît (1987) *Los objetos fractales*. Barcelona: Tusquets, y MANDELBROT, Benoît (1997) *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona: Tusquets. Ver también: SORIANO, Federico (2004) *sin_tesis*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 30-37. GAUSA, Manuel (2010) *OPEN. Espacio. Tiempo. Información. Arquitectura, vivienda y ciudad contemporánea. Teoría e historia de un cambio*. Barcelona: ACTAR, pp. 305-317. ESPAÑOL, Joaquim (2001) *El orden frágil de la arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, pp. 84-85.

¹¹⁸ LÓPEZ DE LACALLE RAMOS, Silvia (2000) "Teoría del Caos: Hacia el conocimiento de la realidad", artículo disponible en línea: <<http://www.iac.es/gabinete/difus/ciencia/silbia/caos.htm>> [Fecha de consulta: 21/07/2015].

La conclusión del científico francés Henri Poincaré (1854-1912) en relación con el denominado "problema de los tres cuerpos",¹¹⁹ presentada como memoria en mayo de 1888 establecía que la evolución de un sistema como el propuesto era extremadamente caótica, en el sentido de que una pequeña perturbación en el estado inicial (como, por ejemplo, una mínima variación en la posición inicial de un cuerpo) podía llevar eventualmente a un estado radicalmente diferente. Las correcciones realizadas antes de su publicación condujeron a nuevos descubrimientos como las órbitas doblemente asintóticas (renombradas posteriormente como "homoclínicas"), lo que se considera como los comienzos de la teoría del caos.

Con estas ideas Poincaré introdujo el fantasma de la no-linealidad en la ciencia, lo que permite abordar los fenómenos complejos por el carácter no lineal e iterativo de los sistemas de la naturaleza. El caos se opone al orden y es una fuente inagotable de creatividad de la que también puede surgir el orden mismo.¹²⁰ Para Montaner formaría parte del inmenso espacio de lo indecible, inexpresable y enigmático, es decir, aquello de lo que, según afirmaba Ludwig Wittgenstein en su *Tractatus logico-philosophicus* (1921), no puede ser formulado.¹²¹

Para Montaner el paradigma del caos, definido por el pensamiento griego para poder interpretar un mundo desconocido en su funcionamiento, recorre todo el siglo XX desde los experimentos del dadaísmo y del surrealismo, pasando por las formas del expresionismo abstracto, los *clusters* de los Smithson hasta llegar a las geometrías fractales de la ciencia contemporánea introduciendo la incertidumbre de lo imprevisible en la ausencia de estructuras del posestructuralismo y la deconstrucción. La atracción por el caos y el acercamiento al desorden y la imprevisibilidad de los sistemas ha marcado la filosofía, la ciencia y el arte contemporáneos. La ciencia no ha podido evitar experimentar una profunda atracción por el caos al que trata de combatir y dominar, así Deleuze y Guattari apuntan que "*la ciencia daría toda la unidad racional a la que aspira a cambio de un trocito de caos que pudiera explorar*".¹²²

¹¹⁹ El denominado "*problema de los tres cuerpos*" tiene su origen en la competición matemática que el Rey Óscar II de Suecia y Noruega instituyó en 1884, como parte de los festejos conmemorativos por su sexagésimo cumpleaños a celebrar en 1889. La convocatoria del concurso se publicó a mediados de 1885 en las revistas *Acta Mathematica* y en *Nature*. Las bases establecían cuatro problemas aunque dejaban abierta la posibilidad de resolver cualquier otro. El problema propuesto por Karl Weierstrass es conocido como "problema de n cuerpos" y está relacionado con el intento de determinar la estabilidad del Sistema Solar. En julio de 1887 Poincaré en contestación a una carta previa comunica que se presenta al concurso con dicha cuestión, pero como la considera prácticamente irresoluble, trabaja ampliando sus estudios sobre una restricción, el "problema de los tres cuerpos".

¹²⁰ BALLESTEROS, José (2008) *Ser Artificial. Glosario práctico para verlo todo de otra manera*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 138.

¹²¹ "*Lo que siquiera puede ser dicho, puede ser dicho claramente; y de lo que no se puede hablar hay que callar*" (*Tractatus*: § 7), en WITTGENSTEIN, Ludwig (1999) *Tractatus Logico-Philosophicus*. Madrid: Alianza Editorial, p. 183. CARMONA, Carla (2015) *Wittgenstein. La consciencia del límite*. Valencia: Batiscafo, pp. 56-58.

¹²² DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix (1993) "Del caos al cerebro", en *¿Qué es la filosofía?*, Barcelona: Editorial Anagrama, p. 206. Citado en: DÍAZ, Esther (2007) *Entre la tecnociencia y el deseo. La construcción de una epistemología ampliada*. Buenos Aires: Editorial Biblos, p. 69.

La reaparición del caos se produce en un mundo en el que predomina la indeterminación y la relatividad en una situación que acepta el vértigo de lo impredecible y lo infinito tomando como paradigma científico la Segunda Ley de la Termodinámica, principio según el cual en la evolución del universo predominan la degradación y el desorden, lo que conduce a un irreversible desequilibrio (entropía). Los sistemas formales que se aproximan al caos recurren a formas relacionadas con lo orgánico. Las nuevas herramientas y las visiones surgidas de la cibernética permiten exploraciones en las que la forma se rechaza como punto de partida concibiéndose como producto inacabado, como *work in progress*, en constante movimiento y crecimiento.¹²³ El uso del ordenador en los proyectos artísticos y arquitectónicos ha permitido acercarse al terreno de lo inmensurable y lo inimaginable y a la lógica anti-representativa de las formas del caos -pliegues, fractales, rizomas- que se corresponden con el desorden, la imprevisión, la individualidad, la transitoriedad y la fluidez de la vida cotidiana. Estas formas más complejas se pueden imaginar y representar mediante simulaciones materializando formas dinámicas, fluidas, cinemáticas, potenciadas por los nuevos métodos de representación y de creación.

4.3.3 Luz y desmaterialización: el paradigma energético.

El tercer paradigma de la arquitectura contemporánea abordado por Montaner sería el de la energía concretado en las formas de la luz y la desmaterialización. Para este autor la esencia de los sistemas dinámicos es la energía y los sistemas serían los instrumentos para su circulación. Energía e información serían las fuerzas de intercambio que permitirían la adaptación de las estructuras a los fenómenos cambiantes del entorno.¹²⁴

Se puede decir que el siglo XX ha sido el siglo de la energía desde la expansión de la energía eléctrica en sus inicios, con la generación de espacios y ciudades iluminados y la consiguiente transformación de los modos de vida y las condiciones de trabajo, hasta la visión ecológica del final de siglo con la conciencia de la necesidad de integrar la arquitectura en la naturaleza artificial que nos sirve de hábitat, pasando por el shock vivido por la experiencia de la amenaza nuclear. La conciencia de la centralidad del concepto de energía nos lleva además a la interpretación de que tanto la actividad humana como la misma constitución del universo están hechas de flujos energéticos.¹²⁵

En "*Los sesgos de la electricidad*" Derrick de Kerckhove define tres etapas cognitivas en la historia de la humanidad que se basan en las relaciones entre tecnología y lenguaje y en las que se modifica el propio lenguaje, el modelo cognitivo y las capacidades cognitivas de los seres humanos: la tradición oral, la lengua escrita y la era de la electricidad. La etapa de la electricidad surge con la aparición del telégrafo que puso en marcha una interacción crucial entre tecnologías al unir el lenguaje con la electricidad. En esta unión el primero aportó

¹²³ MONTANER, Josep Maria (2008) *Sistemas arquitectónicos contemporáneos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 173.

¹²⁴ MONTANER, Josep María (2008) *Ibidem*, p. 190.

¹²⁵ MONTANER, Josep María (2002) *Op. cit.*, p. 220.

complejidad y la segunda aportó el factor de velocidad. La electricidad acelera, amplifica y redistribuye el lenguaje mediante tecnologías más complejas y códigos cada vez más refinados en redes que se expanden infinitamente. La era de la electricidad se subdivide a su vez en una primera fase analógica, una fase digital y finalmente una fase inalámbrica o móvil.¹²⁶

La conciencia de pertenecer al mundo de los ciclos energéticos ha ido en aumento en el arte y la arquitectura. Esta última siempre ha formado parte del medio ambiente, pero no existía un desarrollo conceptual que la vinculase de forma directa con el espacio ambiental, la lógica de los ecosistemas o los flujos de energía a nivel global. La realidad es que la arquitectura forma parte integrante de los ciclos de energía a través de la gestión del denominado "ciclo de vida" de un edificio (materiales utilizados en la construcción, en el acondicionamiento del interior, en su funcionamiento y consumo, en su derribo o reciclaje) lo que motiva su conexión directa con la reflexión contemporánea sobre la sostenibilidad. Por otra parte, el aumento de la entropía está relacionado también con el aumento de información que adquiere un papel preponderante como material arquitectónico.

Una de las características de la transformación energética del pasado siglo ha sido la generalización de la luz artificial. Luz natural y luz artificial se convierten en material de diseño y a la evolución del juego de luces y sombras producido a través de las distintas estrategias espaciales realizadas con elementos opacos, translúcidos y transparentes debemos sumar el fenómeno de la espacialidad nocturna que surge en el siglo XIX con la invención del alumbrado artificial.¹²⁷ La manipulación de la luz conlleva la consideración de factores propios de la intuición y la sensibilidad, elementos simbólicos, culturales y perceptivos además de factores racionales y funcionales. Por no hablar del factor de imprevisibilidad que acompaña a los efectos lumínicos y que puede transformar los cuerpos, los objetos y los materiales generando efectos de evanescencia e ingravidez, privilegiando el movimiento y lo efímero a partir de la percepción visual y el acto de la mirada.¹²⁸

La luz en la arquitectura manifiesta valores intemporales que pertenecen al ámbito de lo simbólico, lo espiritual y lo religioso. La utilización de los nuevos medios electrónicos y las tecnologías digitales avanzadas permite reformular completamente la expresión de estos valores. El arte contemporáneo también ha formulado sugerencias clave sobre la trascendencia de la luz, la energía y la naturaleza en manifestaciones a caballo entre la tradición objetual y la procesual.

Podemos encontrar ejemplos tanto en el *minimal art* como en el *land art*: la instalación *The Lightning Field* ("Campo de pararrayos") en el desierto de Quemado, Nuevo México (1977) de Walter de Maria,¹²⁹ la materialización en neón de los números de la serie de

¹²⁶ KERCKHOVE, Derrick de (2005) "Los sesgos de la electricidad", en: Lección inaugural del curso académico 2005-2006 de la UOC. Barcelona: UOC. Artículo en línea: <<http://www.uoc.edu/inaugural05/esp/kerckhove.pdf>> [Fecha de consulta: 22/07/2015].

¹²⁷ HOLL, Steven; PALLASMAA, Juhani; PÉREZ-GÓMEZ, Alberto (2006) *Op.cit.*, pp. 68-72.

¹²⁸ MONTANER, Josep Maria (2002) *Op. cit.*, p. 220.

¹²⁹ GALOFARO, Luca (2003) *Artscapes. El arte como aproximación al paisaje contemporáneo*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 79-82.

Fibonacci realizada por Mario Merz, la modulación del espacio mediante luz artificial fluorescente de Dan Flavin¹³⁰ o la experimentación sobre las sensaciones producidas por la luz llevadas a cabo por James Turrel.¹³¹



Ilustración 9. Walter DE MARIA, *The Lightning Field*, Nuevo México, EE UU, 1977.

La tendencia hacia las formas de la energía, la luz y la desmaterialización¹³² responden a una postura nihilista¹³³ presente en el arte contemporáneo desde sus inicios. Una evolución hacia la disolución, el silencio, el vacío y la nada que se manifiesta por ejemplo en la creación de escenarios para los grandes espectáculos del rock mediante las proyecciones de haces luminosos, audiovisuales y nieblas artificiales coloreadas o la disolución del espacio privado con la ubicuidad de los teléfonos móviles y la multiplicación de *gadgets* debida a la miniaturización electrónica desde la aparición del legendario *discman* (primer reproductor de CD portátil) de Sony en 1984 o la introducción del *i-pod*, los *smartphones*, las *tablets*, etc.

Nos encontramos ante un espacio expandido subsidiario de las nuevas tecnologías informáticas. La exposición *Les Immatériaux* (marzo-julio 1985),¹³⁴ comisariada por Jean-François Lyotard en el Centro Georges Pompidou de París, ponía en escena el impacto de estas tecnologías sobre diferentes prácticas humanas, entre las que se incluían el arte y la

¹³⁰ HILL, Jonathan (2006) *Immaterial Architecture*. Londres: Routledge, pp. 115-116.

¹³¹ MONTANER, Josep Maria (2002) *Ibidem*, p. 228.

¹³² Sobre el paso de la producción artística desde el objeto y la obra física y visual a la idea y el proceso producido en la década de los sesenta véase: LIPPARD, Lucy; CHANDLER, John (1968) "The Dematerialization of Art", en *Art International*, 12, nº 2, pp. 31-36. Véase también la edición ampliada: LIPPARD, Lucy (2004) [1973] *Seis años: La desmaterialización del objeto artístico. De 1966 a 1972*. Madrid: Akal.

¹³³ El "nihilismo" (del latín *nihil*, "nada") es una corriente filosófica que toma como base la negación de uno o más de los supuestos sentidos de la vida. El nihilismo suele presentarse como nihilismo existencial, forma en la que se sostiene que la vida carece de significado objetivo, propósito o valor intrínseco. El nihilismo se puede considerar crítica social, política y cultural a los valores, costumbres y creencias de una sociedad, en la medida en que éstas participan del sentido de la vida negado por dicha corriente filosófica.

¹³⁴ LYOTARD, Jean-François (1985) "Les Immatériaux", en *Art and Text*. nº 17. April 1985, pp. 47-57. Se puede encontrar una versión en: SHANKEN, Edward A. [ed.] (2009) *Art and Electronic Media*. Londres: Phaidon Press, pp. 272-274.

arquitectura. Lyotard propone la aparición de un nuevo tipo de materialidad, que denomina inmaterial, y que se encuentra en la base de la producción electrónica. Estos inmateriales trastocan la tradicional relación del hombre con la naturaleza, en la que el primero desarrolla su supremacía sobre la segunda a través del dominio de la materia. Los ordenadores desplazan al hombre de esa función mediante el tratamiento y control de información. Así, de acuerdo con el filósofo francés, "*el modelo del lenguaje reemplaza al modelo de la materia*", y la idea de una sustancia estable es sustituida por el concepto variable de interacción.¹³⁵

Ligereza, transparencia y luminosidad son los tres sentidos arquitectónicos de la palabra *light*¹³⁶ que Terence Riley interpretó en la exposición *Light Construction* (MoMA, Nueva York, sept/1995-ene/1996) en un ejercicio de síntesis que expresaría la tendencia de la arquitectura del momento hacia las formas de la energía y la desmaterialización. Ibelings añadirá a estas tres características una tendencia de la arquitectura en la era de la globalización hacia lo neutro y lo amorfo, lo sólido y lo mínimo.¹³⁷

Esta ligereza conceptual la encontramos también como estrategia estética y creativa en una de las obras más citadas del escritor italiano Italo Calvino. En sus "*Seis propuestas para el próximo milenio*" considera la levedad como un principio creativo que busca "*quitar peso a la estructura del relato y del lenguaje*".¹³⁸ Amplía esta estrategia al campo de la ciencia "*en la que toda pesadez se disuelve*". Particularmente en el campo de la informática en el que si bien "*el software no podría ejercitar los poderes de su levedad sin la pesadez del hardware*", es el primero el que manda, actuando sobre el mundo exterior y las máquinas por lo que la segunda revolución industrial se presenta con la imagen de los bits de un flujo de información que corre por los circuitos en forma de impulsos electrónicos y en donde "*las máquinas de hierro siguen existiendo, pero obedecen a los bits sin peso*".¹³⁹ Hay que señalar que esta visión de la desmaterialización vinculada a lo digital adquirirá una nueva dimensión a mediados de la segunda década del siglo XXI con la llegada de las nuevas herramientas digitales de fabricación que tendrá como consecuencia un nuevo acercamiento al concepto de materialidad, aspecto que se trata con más amplitud en el último capítulo de esta tesis.

Esta nueva condición ágil, ligera, veloz y virtual del espacio contemporáneo ha sido abordada por diversos autores a caballo entre el pensamiento sociológico, la filosofía y la arquitectura como, por ejemplo, el ya citado Marc Augé (*Los no lugares*), William J. Mitchell (*City of Bits*) o Paul Virilio (*Estética de la desaparición*). Virilio llega a insinuar incluso la virtual "desaparición" de la arquitectura: "*Todo tipo de materia está a punto de desaparecer en favor de la información. Puede verse también como un cambio de estética. Para mí, desaparecer no significa llegar a ser eliminado. Algo así como el Atlántico, que continua estando ahí a pesar de*

¹³⁵ ALONSO, Rodrigo (2004) "El espacio expandido", en *art.es*, 6-7, Madrid, noviembre 2004/febrero 2005. Artículo en línea: <http://www.roalonso.net/es/arte_y_tec/espacio_expandido.php>. [Fecha de consulta: 22/07/2015].

¹³⁶ RILEY, Terence (1996) *Light Construction. Transparencia y ligereza en la arquitectura de los 90*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

¹³⁷ IBELINGS, Hans (1998) *Op. cit.*, pp. 88-102.

¹³⁸ CALVINO, Italo (1998) *Seis propuestas para el próximo milenio*. Madrid: Ediciones Siruela, p. 19.

¹³⁹ CALVINO, Italo (1998) *Ibidem*, pp. 23-24.

que no podamos sentirlo mientras volamos sobre él. (...) Lo mismo sucede con la arquitectura: continuará existiendo, pero en un estado de desaparición".¹⁴⁰

Surgen así arquitecturas de la energía y la transparencia. Una transparencia que no es la literal de la arquitectura moderna basada en la transparencia inherente del vidrio, sino que arranca de una transparencia fenomenológica que, al mismo tiempo que muestra, oculta. La transparencia ha sido un concepto clave en la teorización de la arquitectura moderna desde las primeras décadas del siglo XX relacionada directamente con la idea de inmaterialidad, la virtualidad o la desaparición. Las vanguardias arquitectónicas de los años 20 no solo revelaban a través de la transparencia las operaciones estéticas, tecnológicas y sociales de la arquitectura sino que permitía una nueva y dinámica relación entre las mismas.¹⁴¹

En el año 1963¹⁴² Rowe y Slutzky extrapolaron a la arquitectura¹⁴³ los hallazgos de György Kepes¹⁴⁴ en relación con la pintura vanguardista y la transparencia y propusieron una forma diferente de considerar la transparencia arquitectónica que no se basase exclusivamente en las cualidades físicas de ciertos materiales. Es decir, se hace una distinción entre las cualidades inherentes a la sustancia y aquellas debidas a la organización de la misma. La transparencia literal se correspondería con la transparencia física o real mientras que la fenomenológica se correspondería con una característica conceptual propia de un orden espacial mucho más complejo.¹⁴⁵ Se trata de una transparencia que está hecha de luces y sombras, de elementos diáfanos y opacos y que responde a un tipo de visión que invierte el paradigma del panóptico mediante el uso de elementos filtrantes, correderos, traslúcidos, reflectantes o basados en proyecciones de imágenes. Como reflejan algunas obras de Peter Zumthor y de Herzog & de Meuron, es en la piel del edificio, en la superficie, donde se manifiesta predominantemente esta arquitectura desmaterializada, de luz y energía.

En la arquitectura contemporánea, esta relación con la energía vinculada a la desmaterialización se expresa recurriendo a diversos mecanismos. En primer lugar, desarrollando formas de visión de la luz natural que consigan la materialización del tiempo. En la "*Fundación Cartier*" de Jean Nouvel en París (1991-1994), la fachada tradicional se sustituye por tres superficies paralelas que desmaterializan la percepción del edificio. Encontramos

¹⁴⁰ "Architecture in the Age of Its Virtual Disappearance. An Interview with Paul Virilio by Andreas Ruby, Paris, 15 October 1993, en BECKMANN, John [ed.] (1998) *The Virtual Dimension. Architecture, Representation, and Crash Culture*. New York: Princeton Architectural Press, pp. 179-187.

¹⁴¹ BLAU, Eve (2007) "Transparency and the Irreconcilable Contradictions of Modernity," en *PRAXIS* 9 (fall 2007), pp. 50-59.

¹⁴² ROWE, Colin; SLUTZKY, Robert (1963) "Transparency: Literal and Phenomenal," *Perspecta* 8 (1963), pp. 45-54. Reimpresión en: GANNON, Todd [ed.] (2002) *The Light Construction Reader*. Nueva York: Monacelli, pp. 91-101. ROWE, Colin; SLUTZKY, Robert (1971) "Transparency: Literal and Phenomenal. Part 2," *Perspecta* 13/14 (1971), pp. 286-301. Reimp. en *The Light Construction Reader*, pp. 103-113. Versión en español: ROWE, Colin (1978) *Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

¹⁴³ MARCOS, Carlos L. (2011) "Beyond Literal or Phenomenal Transparency. Physical Digitality", *Digital Physicality-Physical Digitality. Proceedings eCAADe 2012 International Conference*, Prague, pp. 551-560.

¹⁴⁴ KEPES, György (1944) *The Language of Vision*. Chicago: Paul Theobald.

¹⁴⁵ BARRIA CHATEAU, Hernán (2007) "Desde la transparencia a la desaparición de la arquitectura", en *arquitecturarevista*, Vol. 3, nº 1, janeiro/junho de 2007, pp. 19-27.

otros ejemplos en la *Academia de Artes y Arquitectura* de Wiel Arets en Maastricht (1989-1993), el *Kursaal* de Rafael Moneo en San Sebastián (1990-1999) o la *Kunsthhaus* de Peter Zumthor en Bregenz, Austria (1991-1997), edificios transparentes y traslúcidos que se desmaterializan por el juego de reflejos y transparencias que crean.



Ilustración 10. [Izquierda] Jean NOUVEL, *Fondation Cartier*, París, 1991-1994. [Derecha] Bernard TSCHUMI, *Glass Video Gallery*, Groningen, 1990.

En segundo lugar, encontramos obras que desarrollan formas de la visión mezcladas con la imagen electrónica. La idea tradicional de permanencia se ve desafiada por la representación inmaterial abstracta (imagen electrónica) y la estabilidad de la arquitectura da paso a la imagen en movimiento y la dislocación. Algunos ejemplos de esta relación de la arquitectura con los *media* serían la "*Glass Video Gallery*" (1990) en Groningen de Bernard Tschumi, el proyecto de "*ZKM/Centro de Arte y Tecnología de los Medios*" (1989) en Karlsruhe de Rem Koolhaas o el proyecto de la "*Kramlich Residence and Media Collection*" (1997-2000) de Herzog & de Meuron en Oakville, Napa Valley, California.

Finalmente otros experimentos se basan en una relación con la velocidad, la aceleración-desaceleración y la información, como la *Slow House* (1988-1991) o "casa para la desaceleración" de Elisabeth Diller y Ricardo Scofidio. Se trata del diseño, finalmente no construido, de una casa de vacaciones en Nort Haven frente la costa de Long Island en Nueva York. El proyecto supone la recreación de una imagen fragmentada de la realidad. Diller y Scofidio plantean un caparazón perspectivo, una máquina de la visión, en la que a través de marcos físicos -parabrisas de coche, espejo retrovisor, ventanal y pantalla electrónica- se descubre el espacio de forma fragmentada y bidimensional con una velocidad (coche, peatón, TV), un espacio y una acción.¹⁴⁶

La existencia de una pantalla de televisión con imágenes pregrabadas del mundo externo convierte en tecnología la vista de una realidad existente desplazando el marco físicamente (cambio del punto de vista), escalarmente (cambio de tamaño de la imagen proyectada) y temporalmente (proyección de las imágenes externas en tiempo diferido). De

¹⁴⁶ RUÍZ ESTEBAN, Núria (2013) *En los límites de la arquitectura. Espacio, sistema y disciplina*. Tesis doctoral. Dirigida por Héctor Mendoza Ramírez y Joan Puebla Pons. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, pp. 123-126.

esta forma se crea una profundidad electrónica que puede ser monitorizada generando una realidad confusa cercana a los mundos virtuales.

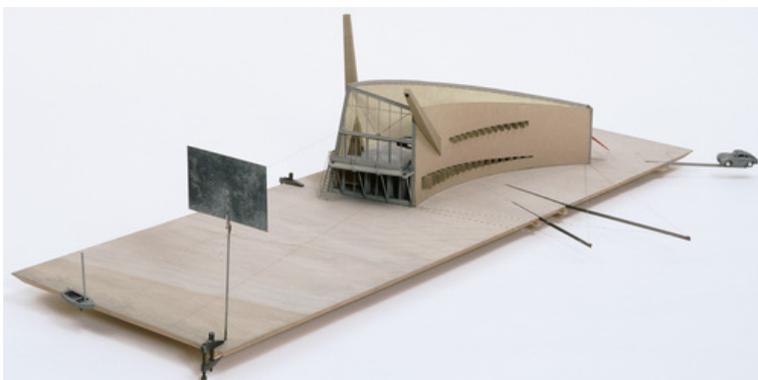


Ilustración 11. Elizabeth DILLER + Ricardo SCOFIDIO, *Slow House Project*, North Haven, Nueva York, Modelo a escala 1/4"=1', 1988-90.

El automóvil y la televisión, dos máquinas utilizadas convencionalmente como sistemas de fuga, funcionan aquí además como símbolos de la sociedad capitalista. La percepción del espacio a través del parabrisas constituye un momento de expectativa, de recorrido no lineal, la visión del mundo externo a través de un recuadro deformado y curvo. La "Casa Lenta" de Diller + Scofidio pone en evidencia la temporalidad de la visión y representa un nuevo manifiesto de la arquitectura de la información.¹⁴⁷

4.4 La explicación informacional.

"Nuestra propia realidad, aceleradamente informacional, responde a la lógica abierta y a la manifestación heterogénea de unos sistemas dinámicos, de evolución no-lineal"

Jorge Wagensberg¹⁴⁸

Mientras que Ibelings aborda fundamentalmente el influjo de la globalización, con sus consecuencias de superficialidad y neutralidad y Montaner reflexiona sobre el paradigma de la complejidad y sus correlatos de la fragmentación, el caos y la energía, otros autores como el italiano Antonino Saggio se centran en el paradigma "informacional" analizando la renovación de la arquitectura desde el punto de vista de la influencia que ejercen los sistemas de formalización, transmisión y desarrollo de la información.¹⁴⁹

¹⁴⁷ MAROTTA, Antonello (2005) *Diller + Scofidio. Il teatro della dissolvenza*. Roma: EdilStampa, pp. 31-35.

¹⁴⁸ WAGENSBERG, Jorge (2000) "Complejidad contra incertidumbre", en Periódico El País, 12/01/2000. Disponible en: < <http://www.galeon.com/fierasysabandijas/enlaces/wagensberg.htm#f> > [Fecha de consulta: 30/07/2015].

¹⁴⁹ Véase al respecto la polémica entre Antonino SAGGIO y Renato De FUSCO. SAGGIO, Antonino (2004) "Informazione materia prima dell'architettura", disponible en web: <<http://architettura.supereva.com>>; De FUSCO, Renato (2001) "Internet non s'addice all'architettura", en Revista «Op. cit.» nº 112.

La información y la comunicación se constituyen en elementos paradigmáticos de la sociedad contemporánea, lo que supone reflexionar acerca de las consecuencias espaciales de las nuevas tecnologías de la información. Resulta evidente la condición informacional de la arquitectura desde la influencia de la cibernética hasta la aparición del ciberespacio como nueva frontera de la disciplina en los noventa. Hay que tener en cuenta además el papel de los *media* con la hipótesis de la aldea global y la presentación de la tecnología como una extensión del cuerpo y una prolongación de los sentidos a través de la electrónica. Se enriquece de este modo el discurso sobre el espacio digital (entendido como un espacio social aumentado) y con una tendencia a la virtualización. La arquitectura se ha visto obligada a integrar estas tecnologías de optimización mediante la creación y la difusión de la idea del "edificio inteligente" y las "*smart cities*". Ya se ha mencionado también la aparición de visiones negativas que nos hablan de los peligros del desarrollo y uso de estas nuevas tecnologías: la formación de un "cibermundo" (Virilio), el dominio de la instantaneidad, la abolición de la dimensión local y la anulación de las referencias a lo real.

La cuestión a considerar es la de la pertinencia arquitectónica de esas nuevas tecnologías hasta el punto de llegar a configurar la existencia de una condición informacional de la disciplina que deberá ser analizada e integrada de manera crítica en el discurso arquitectónico. Aparecen cuestiones para la reflexión como las nuevas nociones operativas, la desmaterialización de la actividad e incluso el propio papel del diseñador que, envuelto en los procesos de comunicación, ve su rol redimensionado frente a la tarea del programador.¹⁵⁰

Puede hablarse de un "paradigma comunicativo" que surge de la afirmación del papel del tratamiento de la información que aparece a partir de la mitad de los años 40 del siglo XX con los trabajos de Norbert Wiener y Claude Shannon, y que se traduce en la conciencia de la necesidad de un cambio en la práctica y la producción de la arquitectura. Una praxis dominada en la actualidad por la búsqueda del control ambiental a partir de la introducción del tratamiento electrónico de la información. Se pasa así del rol de "productor" al de "programador" de un proceso introduciendo principios de auto-regulación, homeostasis, etc., tomados de la teoría cibernética. La aproximación coyuntural pretende dar respuestas a una sociedad en la que información y comunicación son sinónimos de eficacia, rendimiento, productividad, en una continuidad con la aproximación moderna a la racionalización del espacio por medio de la técnica y sus valores. Nociones como estandarización, producción en masa, normalización habían sido integradas por la arquitectura moderna para intentar una unión armónica con la máquina, símbolo e instrumento de la producción industrial.

Las tecnologías de la información y la comunicación continúan con este enfoque, pero proponen la flexibilidad, la escalabilidad y el tiempo real con el fin de optimizar la producción del espacio. Naturalmente se corre el riesgo del exceso de tecnología (representado en el concepto de "sociedad del riesgo") y de aceleración de la obsolescencia arquitectónica. El edificio se plantea como un "servicio", una prestación que se valora por su capacidad de

¹⁵⁰ NANTOIS, Frédéric (1999) "Le style informationnel en architecture", en *EXTENDED PLAY gli architetti e lo spazio digitale*. Versión en línea disponible en: <<http://architettura.it/extended/19990901/>>. [Fecha de consulta: 05/08/2015]

respuesta a las exigencias de sus usuarios. Esta lógica de asimilación utilitaria se podría asociar de algún modo a una forma de "desaparición" de la arquitectura.

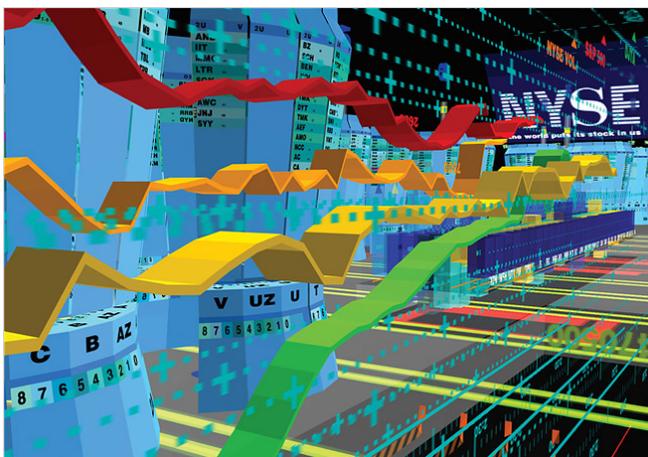


Ilustración 12. ASYMPTOTE, 3DTF, Bolsa de Nueva York, 1999.

Esta reestructuración informacional comporta por una parte una reducción del espacio necesario tanto en el sector terciario (oficina virtual, teletrabajo,...) como en el secundario (producción *just in time* o de stock cero) y por otra, una hibridación de las intervenciones que pueden servir a diferentes usos. Se produce un fenómeno de homogeneización del espacio contrario a la tipología funcional clásica lo que supone el fin de la arquitectura para los defensores de lo "real", mientras que para los defensores de lo "virtual" supone una liberación de las constricciones convencionales del proyecto y la posibilidad de desarrollar nuevas configuraciones espaciales en un ambiente puramente informacional. Esa arquitectura se transforma en líquida, fluida, siguiendo las nociones complejas de la topología y alejándose del espacio euclidiano.

La cuestión planteada es si existe una expresión arquitectónica específica de la sociedad informacional que pueda simbolizar los flujos invisibles de información, de la búsqueda de optimización y de la renovación arquitectónica que se produce en función de la codificación que ofrecen las herramientas digitales. Esta orientación podría definirse como "estilo informacional" en un paralelismo lingüístico con la archiconocida expresión "estilo internacional" utilizada para la caracterización del Movimiento Moderno y que, del mismo modo, intente traducir el control de los medios de producción de la sociedad de la información al tiempo que represente la expresión de un movimiento de renovación y vanguardia, simbolizando una arquitectura de "nueva generación". Una arquitectura que se caracterizaría por ser pensada como una elección de comunicación y que no está tan atenta a la producción de una forma o de un espacio particular como a la propuesta de cambios e intercambios mediados por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, una arquitectura de condiciones abiertas y no de formas cerradas *a priori* en sintonía con la velocidad a la que cambia la tecnología.

4.4.1 Estratos, residuos, híbridos: fenómenos de *urbanscape*.

En su "Manifiesto para la Arquitectura de la Información",¹⁵¹ Saggio se refiere al fenómeno macroscópico de las "*brown areas*".¹⁵² Aparentemente la sociedad de la información precisa cada vez menos extensión de terreno, particularmente en las áreas urbanas, para la producción de bienes manufacturados. Propone como ejemplo el hecho de que incluso el valor de los vegetales que adquirimos en el supermercado es en un 90% información añadida al producto (investigación, comercialización, distribución, *packaging*, códigos de barras, etc.) cerrándose el vínculo entre el producto y el consumidor a través de la utilización de la forma de pago virtual que supone la tarjeta de crédito.¹⁵³ El mismo criterio se puede aplicar a cualquier otro producto o mercancía de la sociedad de consumo ya se trate de electrodomésticos o de automóviles y cada vez más y más agentes económicos producen bienes que consisten exclusivamente en "pura" información.¹⁵⁴

La producción se transfiere a las oficinas, las universidades y los centros de investigación, pero también a lugares impensables antes de la revolución de los *media* como los hogares y centros comerciales o recreativos. La localización concreta se transforma gradualmente en un factor de menor importancia. En este proceso, que afecta a la totalidad del mundo occidental, hay grandes áreas que se ven liberadas de las fábricas (que pueden paulatinamente reducir su tamaño y ser menos contaminantes y destructivas) y se producen recuperaciones arquitectónicas de suelo industrial que plantean una nueva visión del paisaje.¹⁵⁵

Diseñar dentro de estas áreas implica una profunda reconsideración de la ciudad y su funcionamiento, que se abre a nuevos métodos de investigación tanto expresiva como estética. Las categorías de tipo morfológico para analizar la ciudad de los sesenta y los setenta (derivados del estudio de una ciudad consolidada y estructurada) se hacen más vagas e indefinidas si se usan como parámetros de diseño, mientras que emergen nuevos métodos de observar la ciudad, que examinan la complejidad, el intercambio y la interconexión entre la arquitectura y el entorno.

¹⁵¹ SAGGIO, Antonino (2000) "Manifiesto per un'architettura dell'informazione", en *Il Progetto*, nº 6, 1/2000.

¹⁵² También denominadas como *no man's land*, bordes, fronteras, intersticios, superlugares. Podemos encontrar una definición de este concepto proveniente de la ciencia política en O'DONNELL, Guillermo (1993) *On the State, Democratization and Some Conceptual Problems (A Latin American View with Glances at Some Post-Communist Countries)*. Working Paper #192 - April 1993. "Let us imagine a map of each country in which the areas covered by blue would designate those where there is a high degree of presence of the state (in terms of a set of reasonably effective bureaucracies and of the effectiveness of properly sanctioned legality), both functionally and territorially; the green color would indicate a high degree of territorial penetration but a significantly lower presence in functional/class terms; and the brown color a very low or nil level in both dimensions".

¹⁵³ SAGGIO, Antonino (2010) *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci editore, p. 249.

¹⁵⁴ SAGGIO, Antonino (2010) *Ibidem*, pp. 349-350.

¹⁵⁵ SAGGIO, Antonino (2003) "Other challenges", en KOLAREVIC, Branko [ed.] (2003) *Architecture in the Digital Age. Design and Manufacturing*. Nueva York: Taylor & Francis, p. 231.

Saggio considera natural el hecho de que los arquitectos se hayan alejado de la estética fría, dura y desolada propia de las imágenes típicas de la pintura "metafísica"¹⁵⁶ o de una ciudad de arquetipos fijados en la memoria, para hallar diseñadores y artistas más atentos a los fenómenos de estratificación (que conectaría con la metodología de capas —*layers*— de los programas informáticos), residualidad e hibridación (tomando como referencia por ejemplo el neo-expresionismo americano de Pollock o Rauschenberg) y, obviamente, las potentes y seductoras influencias del *Pop Art*, del *Arte Povera* o del *minimal art*. Se reconoce una idea muy diferente de la arquitectura para la ciudad basada en operaciones de lo que se podría denominar como *urbanscape*¹⁵⁷ usando y reutilizando objetos ya presentes a la manera de *ready-mades* y creando espacios en las fracturas entre lo nuevo y lo que ya existe.

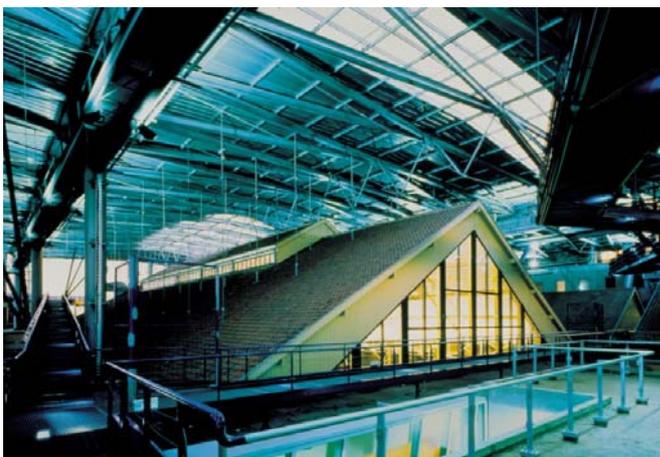


Ilustración 13. Bernard TSCHUMI, *Le Fresnoy*, Tourcoing, Francia, 1997.

Se trata de grandes trabajos de re-pensamiento de la ciudad, sus intersecciones, sus flujos dinámicos, sus nodos y enlaces complejos. En este sentido Saggio señala dos trabajos clave. El primero, el Museo Guggenheim de Bilbao, aparentemente un ejercicio plástico de trayectoria futurista, pero en realidad una nueva intersección urbana que crea nuevos espacios cívicos. El segundo sería el proyecto de Bernard Tschumi para *Le Fresnoy-Studio national des arts contemporains* en Tourcoing, Francia (1997),¹⁵⁸ una aparente conservación de estructuras

¹⁵⁶ La pintura metafísica (en italiano: Pittura metafísica) es el nombre de un movimiento artístico italiano, creado por los pintores Giorgio de Chirico y Carlo Carrà. Sus pinturas como sueños de plazas típicas de ciudades italianas idealizadas, como también las aparentemente casuales yuxtaposiciones de objetos, representaron un mundo visionario que se entrelazaba casi inmediatamente con la mente inconsciente, más allá de la realidad física, de ahí el nombre.

¹⁵⁷ SAGGIO, Antonino (2005) *Op. cit.*, p. 232.

¹⁵⁸ Le Fresnoy es uno de los diversos proyectos elaborados para favorecer a las regiones de Francia noroccidental que sufrieron un desmantelamiento industrial y que se encontraban a la búsqueda de una nueva identidad. Durante cincuenta años "Le Fresnoy" había sido un brillante centro del espectáculo con salas de fiestas, cines, área para equitación, estadio de boxeo y patinaje sobre ruedas. Posteriormente, este conglomerado multicolor de edificios de los años veinte ha sido reconvertido en un lugar dedicado a la realidad audiovisual computerizada de vanguardia. En 1991 Bernard Tschumi proyectó la intervención de reestructuración, llevada a cabo en 1997. Entre las diversas soluciones posibles, el arquitecto optó por la construcción de un enorme entretecho en el que colocar los diferentes espacios y disponer todo el equipamiento necesario. La intervención se basó conceptualmente en la creación de un "espacio intermedio" -aprehensible a través de unos recorridos elevados- entre unos edificios existentes

pre-existentes que genera de hecho un nuevo espacio intersticial entre la nueva cubierta y los techos originales en una visión digital mediatizada, multimediática y fluida con evidentes influencias piranesianas.¹⁵⁹

Este movimiento de reflexión acerca de la residualidad ha transformado el paisaje convirtiéndolo en un elemento de referencia para la nueva arquitectura y en un paradigma de actuación. El habitante de la civilización post-industrial y electrónica puede poner en orden su entorno y volver a ajustar cuentas con la naturaleza ya que, si las industrias fabriles dominaron y explotaron los recursos naturales en el pasado, las industrias de la información abren la posibilidad de apreciar y valorar estos recursos desde una perspectiva mucho más inteligente y sostenible.

4.4.2 Naturaleza e información: el paisaje como paradigma.

En los países tecnológicamente avanzados, este cambio estructural de dirección abre la oportunidad para una posible "compensación" de proporciones históricas. En zonas frecuentemente construidas en muy alta densidad, pueden insertarse ahora zonas verdes y equipamientos recreativos. Pero esto no significa delimitar y cerrar las zonas verdes para colocarlas frente a aquéllas destinadas a vivienda, servicios y oficinas como se hizo según la organización divisoria de la ciudad industrial del racionalismo.¹⁶⁰ Significa, por el contrario, crear nuevas piezas en una ciudad integrada donde, junto a una gran presencia de la naturaleza, ese grupo de actividades interactivo de la ciudad de la información se halle también presente.

Las herramientas operativas cambian también en este caso. Si el "zoning" fue el método para planear la ciudad industrial a través de la división en zonas homogéneas y distintas, emulando el concepto taylorista de producción industrial, ahora la multifuncionalidad y la integración se transforman en las necesidades de la ciudad de la información y sus nuevas áreas anti-zoning. Así William J. Mitchell defiende que la tecnología permite usos más flexibles de los espacios de la ciudad. Sus *e-topías*¹⁶¹ son ciudades económicas y ecológicas que funcionan de manera más inteligente. Los principios de diseño básico pueden reducirse a cinco puntos: desmaterialización ("ciudad de bits"), desmovilización (mover bits y no personas), personalización en masa (diferentes estándares para diferentes públicos, mass

y un gran techo apoyado en una estructura, o "entramado cinemático", que actuaría de soporte de proyección de imágenes. PUEBLA PONS, Joan (2002) *Neovanguardias y representación arquitectónica. La expresión innovadora del proyecto contemporáneo*. Barcelona: Edicions UPC, p. 108.

¹⁵⁹ ALONSO PEREIRA, José Ramón (2003) *Utopía y deconstrucción en la arquitectura contemporánea*. Oviedo: Facultad de Geografía e Historia.

¹⁶⁰ Para Montaner el urbanismo racionalista radica en el elementalismo y en la separación de funciones. Según la teoría del zoning, la ciudad, basada en los avances de la tecnología, se construye por partes autónomas, tal como defendieron los congresos del CIAM (Congrès International d'Architecture Moderne) y la Carta de Atenas, y tal como justificaron los teóricos Sigfried Giedion y Reyner Banham. MONTANER, Josep Maria (2008) *Op. cit.*, p. 26-27.

¹⁶¹ MITCHELL, William (2001) *Op. cit.*, pp. 155-164.

customization), funcionamiento inteligente (sensores, sistemas inteligentes, concepto de "smart cities") y transformación suave (el concepto de lo "soft": "soft culture", "soft architecture"). Aparte de crear estas oportunidades, las nuevas tecnologías también permiten su realización por medio de sistemas interactivos de iluminación y sonido y de controles que hacen que estas nuevas partes de la ciudad sean activas, bulliciosas, participativas y ricas en eventos.¹⁶²

La naturaleza a la que este concepto de paisaje dirige su mirada ya no es la del pintoresquismo, ni la naturaleza "floral" del *art déco*, ni siquiera la de los maestros del organicismo. Se ha transformado en algo mucho más complejo y está siendo objeto de la investigación arquitectónica desde una perspectiva anti-romántica tomando como modelo los nuevos formalismos de la ciencia contemporánea (los fractales, la genética de las estructuras helicoidales del ADN, la física cuántica, los saltos del universo en expansión, la relación entre la vida y la materia estudiada por la biotecnología). En otras palabras, las categorías de la complejidad, el caos y la energía analizados en el apartado anterior.

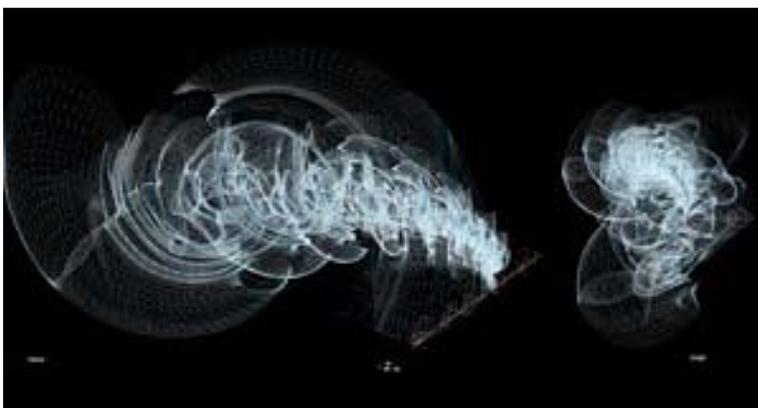


Ilustración 14. Karl S. CHU (X-Kavya), X Phylum, 1998.

Las figuras inspiradoras de flujos, olas, remolinos, fracturas y cristales líquidos han nacido dentro de este contexto de interconexión entre disciplinas. La "fluidéz" es una vez más el concepto clave. Describe la constante mutación de la información y hace converger a la arquitectura con las fronteras más avanzadas de la investigación científica desde la ingeniería biológica a las áreas de la morfogénesis, la biónica, etc. Son precisamente los nuevos territorios de frontera, superpuestos o híbridos, las zonas más fértiles para la investigación debido a las posibilidades de intercambio de información.

¹⁶² Sobre una visión menos optimista y con un escepticismo crítico acerca de las relaciones conflictivas entre las tecnologías electrónicas de comunicación y el espacio urbano véase: BOYER, M. Christine (1995) *CyberCities: visual perception in the age of electronic communication*. Nueva York: Princeton Architectural Press.

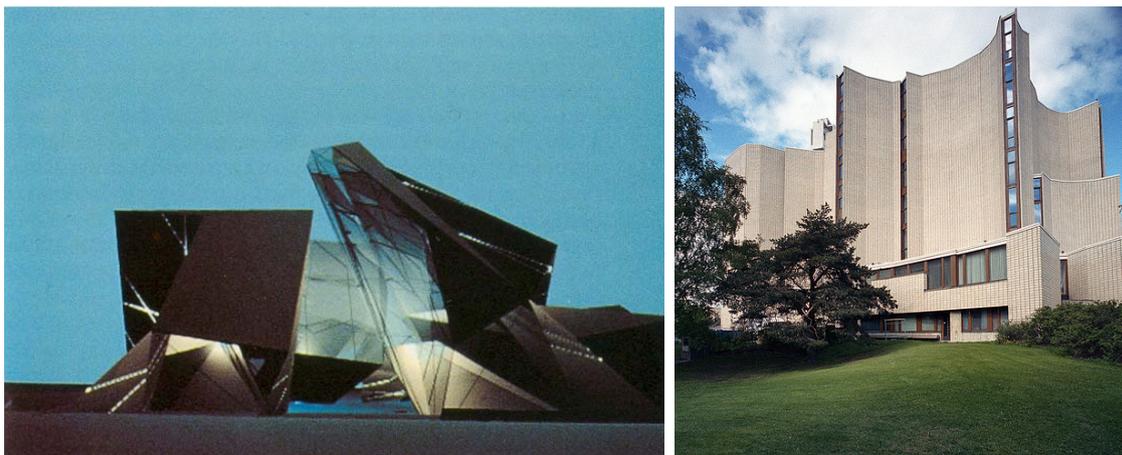


Ilustración 15. [Izquierda] Peter EISENMAN, Concurso para la Iglesia del año 2000 en Roma, 1996. [Derecha] Reima PIETILÄ, iglesia de Kaleva, Tampere, Finlandia, 1959-1966.

Saggio señala en su manifiesto que una obra clave para representar esta interacción sería el proyecto de Peter Eisenman para el concurso de la “*Iglesia para el Año 2000 en Roma*” (1996).¹⁶³ Un proyecto en el que el edificio sacro se concibe como una danza terrestre entre placas continentales que deforman el suelo, modeladas según un patrón zigzagueante que recuerda la erosión que las olas de agua realizan sobre la roca blanda. Eisenman se inspira en la iglesia de Kaleva en Tampere (1959-1966), del arquitecto finlandés Reima Pietilä (1923-1993), y recrea la contraposición entre llenos y vacíos, masa y pasajes de peregrinación, lejanía y proximidad, misterio y claridad, mediante las geometrías fractales del pliegue, que definen capas y superposiciones. Otros proyectos de Eisenman, como la Biblioteca de L'Huei en Ginebra (1997)¹⁶⁴ o la *Ciudad de la Cultura* en Santiago de Compostela (1999), parten de la confluencia de imaginarias geografías fractales, pliegues tectónicos y diagramas sísmicos.¹⁶⁵

4.4.3 Narratividad, metáforas y sistemas.

Mientras que Montaner se centraba en los paradigmas de la complejidad, Saggio añade la visión más vinculada al ambiente digital e influenciada por el impacto de las nuevas tecnologías de la información incorporando nuevos conceptos relacionados directamente con el fenómeno de la denominada *IT Revolution (Information Technologies Revolution)* en la arquitectura: la comunicación, la hiperfuncionalidad y el denominado sistema/espacio.

¹⁶³ DAVIDSON, Cynthia [ed.] (2006) *Tras el rastro de Eisenman*. Madrid: Ediciones Akal, pp. 244-249.

¹⁶⁴ DAVIDSON, Cynthia [ed.] (2006) *Ibidem*, pp. 250-253.

¹⁶⁵ GAROFALO, Luca (1999) *Digital Eisenman. An Office of the Electronic Era*. Basel: Birkhäuser, pp. 24-38.

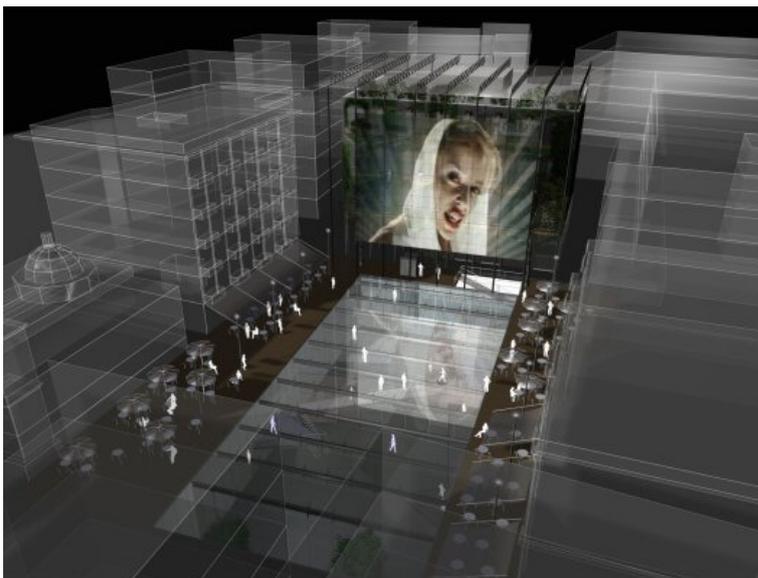


Ilustración 16. Gianni RANAULO, *Liquid Square*, Caserta, Italia, 2001.

La arquitectura tiene mucho en común con otras disciplinas, desde la publicidad hasta el arte y otras formas de comunicación. Para Saggio los mensajes de la era industrial tenían un carácter declarativo y asertivo. La publicidad de la sociedad industrial intentaba demostrar la bondad del producto a través de sus características, de su realidad física. La publicidad de la sociedad de la información, en cambio, transmite "una narración", una historia del producto, dando absolutamente por hecho que el producto funciona. En ocasiones el objeto ni siquiera se llega a mostrar físicamente siendo lo verdaderamente importante las emociones y las sensaciones que se transmiten: los afectos. En el primer caso, el mensaje tendía a la objetividad mientras que, en el segundo, pretende ser subjetivo, sustituyendo ciertos mecanismos de "causa-efecto" con las imágenes dinámicas y poli-direccionales de las figuras retóricas propias de la narratividad: las metáforas.

Un proceso similar se desarrolla en el ámbito de la arquitectura. En lugar de la representación de una lógica absolutamente objetiva (separación de estructura y contenido, coherencia entre función interior y forma exterior, división en zonas apropiadas para diferentes usos) esta se ve sustituida por una narración, por un relato (*storytelling*). La bondad de un edificio ya no se basa solamente en su correcto funcionamiento y en su eficiencia, sino que debe ofrecer y "decir" mucho más, incluso símbolos e historias cuando puedan ser de utilidad. Los edificios se convierten así en "máquinas de comunicación". Su valor primario reside en su capacidad para emplear figuras retóricas y comunicar a través de las metáforas.

El *Museo de Arte Contemporáneo* de Helsinki de Steven Holl, representa un trabajo clave para Saggio pues se concibe un nuevo museo a través de la misma estructura en capas que los nervios ópticos tienen en el cerebro. La metáfora anatómica¹⁶⁶ se sitúa sobre la figura

¹⁶⁶ El "quiasma" óptico (del gr. χιάσμα, -ατος, disposición cruzada, como la de la letra χ) es la parte del cerebro donde se entrecruzan parcialmente las fibras axónicas de los nervios ópticos. En este entrecruzamiento la mitad de las fibras pasan del nervio óptico derecho a la cinta óptica izquierda, y

retórica¹⁶⁷ del mismo nombre (*Kiasma Museum of Contemporary Art*). La operación comunicativa ha resultado tan exitosa que se ha confirmado en el propio nombre del museo.

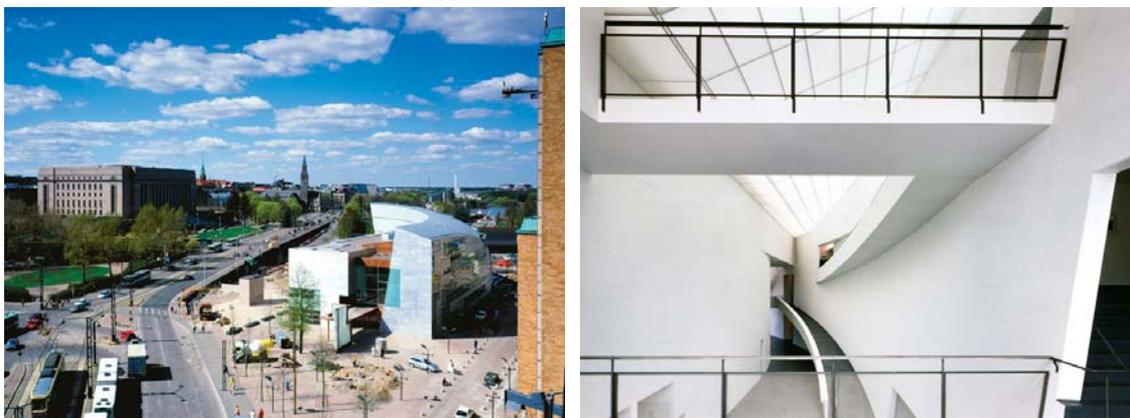


Ilustración 17. Steven HOLL, *Kiasma Museum of Contemporary Art*, Helsinki, Finlandia, 1992-1998.

Con respecto a la hiperfuncionalidad, al romper los viejos dictados racionalistas, se "liberan" los diferentes componentes de la arquitectura. La relación con el espacio urbano, la búsqueda conceptual y expresiva en la imagen, la organización de los diferentes usos, los métodos de construcción más eficientes, la optimización de la maquinaria tecnológica tienden frecuentemente a obtener un mayor nivel de eficiencia. Saggio opina que, en este sentido, la arquitectura de hoy es profunda y visceralmente "anti-kahniana" y se puede descubrir con sorpresa que, detrás de una aparente racionalidad, se esconden a veces la ostentación y la ineficacia. A esto tenemos que añadir el hecho de que si la construcción fue alguna vez el factor decisivo hoy supone, en ocasiones, un factor secundario con relación a otro tipo de condicionantes como el valor del suelo, los costes de uso y mantenimiento, la eficiencia energética, etc.

Saggio ejemplifica la cuestión comparando el Museo Guggenheim de Bilbao de Gehry con el Museo de Arte Contemporáneo de Barcelona (MACBA) de Richard Meier y para ello pone en relación de forma crítica los parámetros en juego en ambos edificios: eficiencia en la relación con la ciudad, flexibilidad del sistema de museo, uso y medida de los espacios de servicios, costo de mantenimiento, costo de gestión, número de visitantes, etc.

viceversa. Las imágenes formadas en cada una de las retinas se cruzan al lado opuesto del cerebro en el quiasma óptico lo que permite que las imágenes de cada lado del campo de ambos ojos se transmitan al lado apropiado del cerebro.

¹⁶⁷ El "quiasmo" es una figura retórica basada en la repetición. Se trata de un paralelismo cruzado, es decir, de la repetición de una estructura sintáctica, dos sintagmas o dos proposiciones ligadas entre sí; con la particularidad de que en el caso del quiasmo los elementos que se repiten aparecen primero en un orden (por ejemplo, AB) y luego en el orden contrario (por ejemplo, BA). MARCHESI, Angelo; FORRADELLAS, Joaquín (1998) *Diccionario de retórica, crítica y terminología literaria*. Barcelona: Editorial Ariel, p. 340.

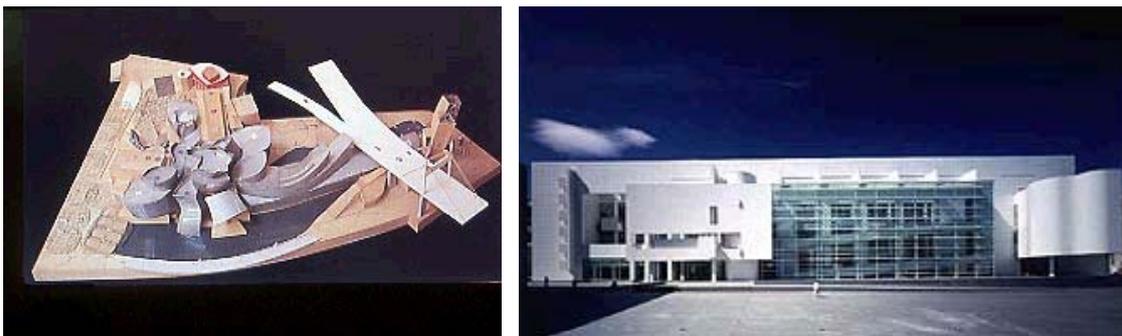


Ilustración 18 [Izquierda] Frank O. GEHRY, Museo Guggenheim, maqueta, Bilbao, 1997. [Derecha] Richard MEIER, MACBA, Barcelona, 1991-1995.

Finalmente, y con respecto al núcleo de la búsqueda arquitectónica, es decir, la idea de espacio, Saggio señala que se produce un alejamiento de la idea de "órgano/espacio" hacia la búsqueda de un concepto de "sistema/espacio".¹⁶⁸

Durante los años veinte del pasado siglo la "Nueva Objetividad" (*Neue Sachlichkeit*) buscó una relación directa entre un espacio y su función. El objetivo, por lo tanto, era un "órgano espacial" con el significado asignado a este término por la medicina tradicional, que sostiene que un órgano está ligado a una tarea o función específica. Éste es el motivo por el que la crítica arquitectónica se centraba en el espacio interior o en la idea del espacio interior como motor de la arquitectura. Esa idea se ve ahora modificada y enriquecida (aumentada) y aparece con fuerza un concepto espacial de interior-exterior que convierte al espacio público en un elemento fundamental en la arquitectura. La vida interior se abre de forma natural hacia la vida exterior. Nuevas figuras emergen en el espacio "*in-between*": la rotura, la fractura geológica, las figuras topológicas de las ecuaciones no-lineales, la estrategia del "palimpsesto",¹⁶⁹ espirales, inmersiones parciales, etc., soportando una idea de espacio como un sistema de fuerzas interactivas. Estos sistemas no son meramente manifestaciones mecánicas de sus propias lógicas internas sino más bien expresiones de las interrelaciones que existen dentro y fuera de un contexto dado.¹⁷⁰

Para Saggio un proyecto clave de esta tendencia podría ser la "*Steinhaus*", que el arquitecto austriaco Günther Domenig (1934-2012) construyó en Steindorf, en la Carintia austriaca. La casa posee una planimetría abierta hacia el exterior en la cual se insertan volúmenes distorsionados. El cruce entre las masas y volúmenes crea recorridos y cavidades, desarticulaciones y posibilidades y todo parece surgir del contraste de masas rocosas que

¹⁶⁸ SAGGIO, Antonino (2010) *Op. cit.*, pp. 306-307.

¹⁶⁹ Frente a la utilización del palimpsesto como analogía metodológica que realiza Eisenman con el objeto de hacer visibles las connotaciones simbólicas del lugar, Fernández-Galiano realiza una lectura sostenible del concepto de palimpsesto edificado equivalente a la defensa de la pertinencia física y simbólica del aprovechamiento de lo existente. La arquitectura del palimpsesto emplearía de forma más económica los recursos materiales y energéticos, y prolongaría la vida de las fábricas a las que se añade o sobre las que se levanta. Véase: FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis (2014) "Palimpsestos", en *Revista Arquitectura Viva, Palimpsestos. Ampliando la vida de los edificios*, nº 162 - 4/2014, p. 3. Sobre la estrategia de proyecto de Eisenman véase: PUEBLA PONS, Joan (2002) *Op. cit.*, p. 57.

¹⁷⁰ SAGGIO, Antonino (2003) *Op. cit.*, p. 236.

forman grietas y abismos. El interior y el exterior se anulan como entidades distintas en un flujo continuo en el que giran vertiginosamente sobre sí mismas.¹⁷¹



Ilustración 19. Günther DOMENIG, *Steinhaus*, Steindorf, Austria, 1984-1986.

El problema de la articulación espacial a partir del espacio externo se ha convertido en el centro de la reflexión lo que convierte al paisaje en una metáfora fundamental de la arquitectura. La fórmula “espacio-órgano” en oposición a la de “espacio-sistema” traduce una profunda reevaluación y recolocación de nuestro “modo de ser en el mundo”.¹⁷² En conclusión, para Saggio la atención de la reflexión debe centrarse en tres “sustancias” como elementos conductores de la renovación de la arquitectura basada en la “revolución de la información”.

La primera es una nueva conciencia fragmentaria de la naturaleza (en la línea ya apuntada por Montaner) del paisaje metropolitano, que es a la vez la ocasión y la razón de ser para muchos de los proyectos actuales. Las “*brown areas*”, las áreas de borde, los intersticios, representan en este caso un campo de oportunidades, así que no debería sorprender que la búsqueda estética sea una consecuencia de esta situación.

La segunda pone en marcha el concepto de paisaje, como un gran paradigma de la investigación contemporánea sobre arquitectura que pone de nuevo en juego la relación entre arquitectura y naturaleza. La arquitectura mira hacia la naturaleza junto con la ciencia y busca sus logros en las atormentadas y aparentemente caóticas nuevas estructuras que buscan su inspiración en modelos orgánicos y biológicos.

La tercera es la que concibe el espacio “como sistema” y no como mecanismo vinculado exclusivamente al interior del edificio. El espacio como sistema significa pensar en una conexión estrecha entre los cuerpos en los que los edificios están fragmentados permitiendo al espacio urbano ser un participante activo en la relación mutable y continuamente conectada entre edificio y entorno. Esta relación se refleja en el concepto de “hiperarquitectura”,¹⁷³ que significa, ante todo, “interactividad”¹⁷⁴ y que será abordada en el capítulo siguiente.

¹⁷¹ THOMSEN, Christian W. (1994) *Visionary Architecture. From Babylon to Virtual Reality*. Munich: Prestel-Verlag, p. 49.

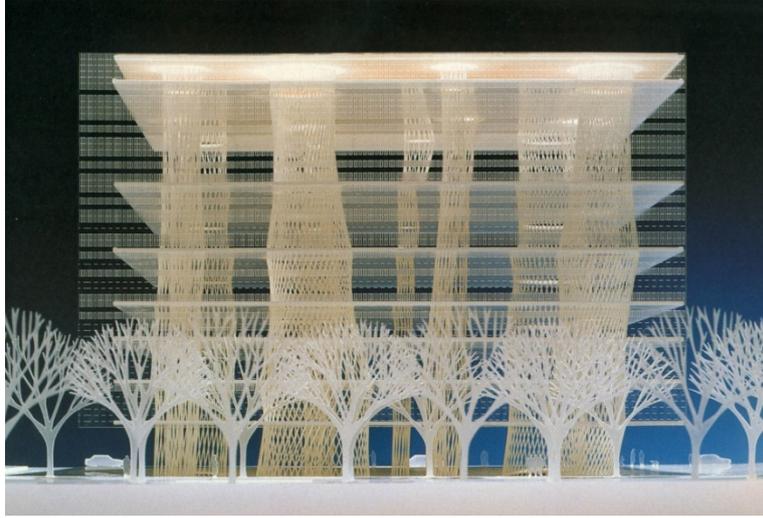
¹⁷² SAGGIO, Antonino (2000) “Spazi nuovi”, artículo en línea en *ARCH'IT Coffee Break*. Disponible en web: <<http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/raccolta/30spazinuovi/30spazinuovi.html>>. [Fecha de consulta: 22/07/2015].

¹⁷³ PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1999) *Hyperarchitecture: spaces in the electronic age*. Basel: Birkhäuser.

Estas tres "sustancias" encuentran tanto su causa como su herramienta en las denominadas tecnologías de la información. Vivimos una fase de cambio de época en la que se busca una relación más cercana con el entorno y la arquitectura se concibe como un cruce entre naturaleza, paisaje y tecnología. Los espacios se diseñan como sistemas complejos y son crecientemente interactivos ya que los ordenadores han cambiado y están cambiando nuestra ubicación en el mundo y abren nuevas posibilidades de futuro.¹⁷⁵ En cualquier caso se trata de una arquitectura que no se ocupa de objetos únicos y singulares, sino de estrategias, procesos, contextos y sistemas para adaptarse a un entorno social y ambiental aceleradamente informacional.

¹⁷⁴ SAGGIO, Antonino (2003) *Op. cit.*, pp. 237-238.

¹⁷⁵ La historiografía y la crítica clásica siempre habían puesto el énfasis en los objetos antes que en las relaciones entre éstos y los espacios. Montaner analiza la crisis del objeto y la aplicación de la teoría de sistemas a la arquitectura contemporánea en la que se privilegian las relaciones entre los elementos más que los elementos mismos, enfatizando las relaciones y no las características aisladas de los objetos: MONTANER, Josep Maria (2008) *Op. cit.*, pp. 10-12.



05_HYPERARCH

HIPERARQUITECTURA

El espacio en la era digital

Información/Interactividad/Interfaz

INDEX_Capítulo 05_HYPERARCH¹

HIPERARQUITECTURA. El espacio en la era digital.

5.1 El concepto de Revolución Digital.	180
5.2 Arquitectura en la era de la electrónica.	182
5.2.1 Simulaciones y modelos.	183
5.2.2 El tiempo de las metáforas.	185
5.2.3 Interconexiones dinámicas.	185
5.2.4 Una arquitectura para tiempos "hipermodernos".	189
5.3 INFORMACIÓN: materia prima de la arquitectura.	192
5.3.1 Mutaciones. Transformaciones. La lógica del ordenador.	194
5.3.2 Arquitecturas de la información y la comunicación: antecedentes.	197
5.3.2.1 Una "cabaña tecnológica" en el Beaubourg: la herencia de Archigram.	197
5.3.2.2 Una Bauhaus electrónica: una arquitectura para replicantes.	202
5.3.2.3 En el jardín digital: una biblioteca en un microchip.	206
5.3.3 Entre lo analógico y lo digital: cibermetáforas en el bosque de los <i>media</i> .	210
5.3.4 <i>Sendai Mediatheque</i> : manifiesto metafórico y metafísico.	218
5.4 INTERACTIVIDAD: el catalizador de la nueva arquitectura.	224
5.4.1 Interactividad y comunicación: hipertexto y creación de metáforas.	225
5.4.2 Interactividad e informática: un nuevo "paisaje mental".	226
5.4.3 Interactividad y tiempo: "saltos" en la red.	227
5.4.4 Piel y pantallas: hacia una arquitectura interactiva.	229
5.5 Información + Interacción: la arquitectura como INTERFAZ.	237
5.5.1 Las interfaces culturales y la cultura de interfaz.	238
5.5.2 El concepto de actualización: el mundo como interfaz.	239
5.5.3 Un "tercer espacio": cyberarquitectura.	241
5.5.4 La necesidad de una nueva síntesis.	243
5.5.5 Nubes de información: una interfaz atmosférica.	244
5.6 El desafío de una nueva estética.	264

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: Toyo ITO, *Sendai Mediatheque*, Sendai, 1997-2001, maqueta volumétrica.

Capítulo 5_ HYPERARCH

HIPERARQUITECTURA. El espacio en la era digital.

"La electricidad es el alma de la edad moderna, la información es su espíritu."

Erik Davis (1998)²

"Creemos que hoy en día, los auténticos problemas de los arquitectos, aquellos que, por ejemplo, se plantearía un Brunelleschi, son los que se derivan de la organización de la información."

Ray and Charles Eames³

En los capítulos anteriores hemos analizado los orígenes, la evolución y las consecuencias sociológicas y culturales que ha tenido la introducción de las tecnologías de la información (IT, *Information Technologies*) en todos los ámbitos de la actividad humana y en particular en la arquitectura. Llegamos en este capítulo a la reflexión central sobre la denominada "revolución informática" o "revolución digital" en arquitectura e intentaremos analizar desde el punto de vista teórico este fenómeno complejo que plantea nuevos escenarios operativos para las relaciones entre arquitectura, ciudad y paisaje.

Como ya hemos venido repitiendo a lo largo de todo el trabajo de investigación, asistimos a un cambio de paradigmas de la cultura occidental en el que la sociedad industrial evoluciona hacia un entorno en el que la capacidad de crear y manipular información será la clave de la economía. La información se constituye en la materia prima y el *software* es la herramienta privilegiada para su manipulación. La arquitectura, por tratarse de una actividad económica en la que intervienen una multiplicidad de actividades y agentes, reacciona con más lentitud a los acontecimientos históricos, pero, por el contrario, siempre ha manifestado una mayor vocación de permanencia.⁴ Se hace necesario reflexionar sobre las claves de esta nueva realidad, más compleja, caracterizada por una lógica de geometrías variables, de perfiles irregulares y abiertos, un universo más dinámico, transversal e informacional, sensible al tiempo y a la naturaleza, al entorno y al medio (y a los medios).⁵

Este cambio de paradigmas contemporáneo propicia un cambio informal e

² DAVIS, Erik (1998) *Techgnosis: Myth, Magic + Mysticism in the Age of Information*. Nueva York: Harmony Books. Reimpresión en: SPILLER, Neil (2002) *Cyber_reader: critical writings for the digital era*. Londres: Phaidon Press, pp. 190-195.

³ Citado en: COLOMINA, Beatriz (2001) "Enclosed by Images: The Eameses' Multimedia Architecture", en *Grey Room* 02 Winter, 2001, pp. 6-29.

⁴ GUALLART, Vicente (1997) "Decálogo sin título", publicado en *BAU*, 1997, pp. 100-103. Nueva versión en: GAUSA, Manuel; DEVESA, Ricardo [eds.] (2010) *Otra mirada. Posiciones contra crónicas. La acción crítica como reactivo en la arquitectura española reciente*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 259-264.

⁵ GAUSA, Manuel (2010) "Otra mirada, marco de red", en: GAUSA, Manuel; DEVESA, Ricardo [eds.] (2010) *Ibidem*, p. 13

informacional⁶ que hace necesario tener en cuenta cuestiones relacionadas con la definición de la información, las relaciones existentes entre la información y las nuevas concepciones del tiempo o cómo se modifica la noción de espacio en relación con las nuevas tecnologías de la información. Los espacios tienden a la multifuncionalidad y se conciben recurriendo a geometrías complejas cuya construcción resulta totalmente factible mediante la utilización de las nuevas tecnologías de fabricación. La información se convierte en un componente esencial para la nueva arquitectura que da lugar también a nuevos escenarios urbanos.

En este contexto se hace necesario comprender cómo la información y las interconexiones dinámicas propiciadas por la informática y las tecnologías digitales se convierten en el alimento de una "nueva generación" de arquitecturas dinámicas, reactivas, interactivas, sensibles, arquitecturas que, en algún caso, pueden recibir el calificativo de "revolucionarias" y que hubiesen sido inconcebibles en tiempos pasados.

5.1 El concepto de Revolución Digital.

Habitualmente se utiliza el término Revolución Digital para expresar o definir el cambio de paradigma que ha supuesto la introducción del ordenador en la práctica disciplinar de la arquitectura y la edificación en el ámbito de la representación/visualización, en el de la gestión de la información y en el de la utilización del concepto de virtualidad. No hay ninguna duda acerca de que el diseño arquitectónico asistido por ordenador (CAAD, *Computer Aided Architectural Design*) ha alterado la concepción de la arquitectura de forma similar al modo en que lo hizo la perspectiva lineal en el Renacimiento y, además, hay que añadir la posibilidad que ofrecen las nuevas herramientas informáticas para la ideación y construcción de formas de una enorme complejidad.

Por otra parte, resulta evidente que se ha pasado de la utilización del ordenador, dentro de un paradigma mecánico o perspectivista, a una visión de la tecnología digital como algo más que una herramienta de representación. Se ha implantado así el denominado "paradigma digital", caracterizado fundamentalmente por la no-linealidad, la velocidad y las posibilidades de cambio y mutación, hasta el punto de que se podría afirmar que el auténtico paradigma de nuestro tiempo sería precisamente el "cambio de paradigma".

⁶ GAUSA, Manuel (1999) "Tiempo dinámico/orden (in) formal: trayectorias (in) disciplinadas, en *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*, 222, 1999, pp. 4-11. Nueva versión en: GAUSA, Manuel; DEVESA, Ricardo [eds.] (2010) *Ibidem*, p. 220.



Ilustración 1. KIERAN y TIMBERLAKE, *Modulor vs. Codebar*, 2004.

Si las tecnologías digitales están modificando radicalmente la forma en que se imaginan, diseñan y se fabrican o construyen los edificios en la actualidad, se plantean las siguientes cuestiones: ¿está la era digital dando forma a una nueva arquitectura?, ¿qué es la arquitectura digital?, ¿cuál es el papel que desempeñan los instrumentos electrónicos y digitales en la nueva praxis de la disciplina arquitectónica?

Se desplaza, por tanto, al primer plano del debate académico y profesional la cuestión de la información y de todo aquello relacionado con su producción, comunicación, aplicación, control y gestión en el campo de la arquitectura y la edificación. Con la integración de diseño, análisis, fabricación y montaje, posibilitada por la utilización de las herramientas digitales, se pueden redefinir totalmente las relaciones entre ideación y producción y, de este modo, disciplinas como la arquitectura y la ingeniería pueden integrarse en una empresa conjunta digital y colaborativa.

Cobra fuerza, por tanto, la idea de que uno de los aspectos fundamentales de la edificación contemporánea no es el redescubrimiento de las formas curvas y complejas (lo que se podría denominar como “neo-barroco digital”) sino la habilidad/capacidad para generar información constructiva directamente desde la información del diseño/ideación y la posibilidad de trasladarla/dirigirla hacia los nuevos procesos y técnicas de diseño y producción digital.⁷

La arquitectura contemporánea se caracteriza precisamente por su capacidad para aprovechar las innovaciones ofrecidas por la ciencia y la tecnología modernas como sucede con el tratamiento de las ciencias de la complejidad, la teoría del caos o los avances de la biotecnología y la nanotecnología. En el apartado conceptual se asiste a la consideración de espacios geométricos topológicos no euclidianos, a la aplicación de sistemas cinéticos y dinámicos y al empleo de criterios de diseño paramétrico y algorítmico, que están sustituyendo a los planteamientos tecnológicos de la arquitectura tradicional.⁸ Aparecen procesos digitales de diseño caracterizados por transformaciones dinámicas, abiertas e impredecibles que introducen un principio de incertidumbre y aleatoriedad. El potencial generativo y creativo del medio digital junto con los avances en los procesos de fabricación digital, desarrollados fundamentalmente en las industrias aeroespacial y automovilística, abren

⁷ KOLAREVIC, Branko [ed.] (2003) *Op. cit.*, p. 57.

⁸ SAKAMOTO, Tomoko; FERRÉ, Albert (2008) *From Control to Design. Parametric/Algorithmic Architecture*. Barcelona: Actar, pp. 2-3.

nuevas dimensiones en el diseño arquitectónico y en el ámbito edificatorio.

5.2 Arquitectura en la era de la electrónica.

Las tecnologías de la información se han establecido como el paradigma central de una nueva fase de la arquitectura y el ordenador se ha convertido en la herramienta fundamental para diseñar y construir con una nueva sensibilidad digital.⁹ Podemos encontrar un paralelismo con la reformulación de la arquitectura en los años 20 del pasado siglo bajo la influencia de la producción mecánica e industrial. Se modificaban todos los parámetros operativos de la era por medio de los procesos seriados racionales, uniformes y estandarizados de la producción industrializada. Estos parámetros se utilizaban como métodos de trabajo y al mismo tiempo se asumían como criterios de evaluación de la obra construida buscando en la "objetividad" de la eficiencia, la funcionalidad y la carencia de referencias (a no ser la de su propio componente mecánico) el valor de la verdadera arquitectura.

Puede hablarse de la confrontación entre dos "paradigmas". Por una parte, el representado por la tendencia objetiva, mecánica, abstracta y funcional de afirmación del modelo industrial de la "era de la máquina"; y por otra, el que plantea una idea de arquitectura basada en la presencia central de la subjetividad, la personalización, la comunicación y la complejidad, la arquitectura de la "era de la información".¹⁰

En la actualidad ya no se piensa en términos de "estandarización" sino de "personalización" (*customization*). La ciudad ya no se concibe como un conjunto de zonas especializadas funcionalmente (vivienda, trabajo, ocio) sino como un todo interactivo en donde se mezclan usos y funciones. El modelo repetitivo (simbolizado por el Ford T de color negro o por la *Unité d'Habitation*) ya no es el objetivo del diseñador sino que triunfan los criterios de individualización y adaptabilidad.¹¹ Como resultado la información se está volviendo un componente esencial de la nueva arquitectura desde el punto de vista de la comunicación, de la infraestructura y de la estética.

En este proceso la "fluidez" es una de las palabras clave. La fluidez de la información transmitida mediante impulsos eléctricos y que cambia con la velocidad de la luz en una red en la que el elemento fundamental son las interconexiones que hacen que mediante la

⁹ SAGGIO, Antonino (2002) "La Revolución de la Tecnología de la Información en Arquitectura", en MASSAD, Fredy & GUERRERO YESTE, Alicia [eds.] (2002) *a+a arquitecturanimación*. Barcelona: COACTAR, pp. 184-193.

¹⁰ SAGGIO; Antonino (2010) *Op. cit.*, p. 18.

¹¹ Algunos de estos cambios ya fueron descritos por el escritor Alvin Toffler en su obra *La Tercera Ola* del año 1979. Tras la primera ola (revolución agrícola) y la segunda ola (revolución industrial) llegaría la tercera ola (sociedad post-industrial) desde finales de la década de los 50. Coincide con la denominación de "era de la información" o "sociedad postindustrial" dada por otros autores como Manuel Castells o Daniel Bell. Caracterizan a la tercera ola la desarticulación de estructuras de la "segunda ola" como la descentralización, la desmasificación y la personalización. TOFFLER, Alvin (1981) *La tercera ola*. Barcelona: Plaza y Janés. Ver también del mismo autor: TOFFLER, Alvin (1982) *El shock del futuro*. Barcelona: Plaza y Janés.

jerarquización de las múltiples relaciones sea posible la creación de modelos.¹² La variación de un elemento del conjunto puede producir el cambio de todo el sistema o modificar la dirección, el orden o la trama de conexiones dando lugar a la formación de diferentes mundos. La interconexión dinámica se convierte en el auténtico "patrón" (*pattern* en el sentido dado por el físico Fritjof Capra)¹³ que define a la nueva era digital.

La relación que mantiene la sociedad actual con la informática es al mismo tiempo estructural, cultural y formal.¹⁴ Es una relación de carácter estructural porque la sociedad entera gira en torno al valor de la información. El carácter cultural viene dado por la necesidad de poder orientarse en este nuevo escenario. Finalmente, el carácter formal significa que los procedimientos que configuran el pensamiento informático pueden influir de manera decisiva en el modo de concebir la forma arquitectónica. Ya se ha señalado anteriormente que el modelo actual se basa en la personalización, las redes y los sistemas, la integración de usos y funciones y la adaptabilidad.

5.2.1 Simulaciones y modelos.

En su "Epílogo" a la obra *HyperArchitecture*, Saggio¹⁵ expone una serie de líneas de pensamiento que resumen los planteamientos fundamentales de esta nueva visión de la arquitectura contemporánea. Se refiere en primer lugar a lo que denomina "fluidez cuadrículada". Como se ha señalado anteriormente la fluidez es una de las palabras clave de la "tecnología de la información" puesto que la unidad básica de información que puede ser de diferentes tipos (numérica, alfabética, pictórica, vectorial, tridimensional) no está localizada en un soporte físico (piedra, pergamino, papiro, lienzo, papel) como en los medios tradicionales sino que se compone de un impulso eléctrico que cambia y se transmite a velocidades vertiginosas.

¹² SAGGIO, Antonino (1998) "Hyper-Architecture", epílogo en PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1998) *HyperArchitecture. Spazi nell'età dell'elettronica*. Turín: Testo & Immagine. Versión en inglés: (1999) *Op. cit.*, pp. 81-86.

¹³ CAPRA, Fritjof (2003) *Las conexiones profundas: implicaciones sociales, medioambientales, económicas y biológicas de una nueva visión del mundo*. Barcelona: Editorial Anagrama, p. 329. "Mi objetivo al escribir este libro ha sido desarrollar un marco conceptual que integre las dimensiones biológicas, cognitivas y sociales de la vida, un marco que nos capacite para adoptar un enfoque sistémico frente a algunas de las cuestiones críticas de nuestros días. El análisis de los sistemas vivos en términos de nuestras perspectivas interconectadas -forma, materia proceso y significado- hace posible aplicar una comprensión unificada de la vida a fenómenos correspondientes tanto al reino de la materia como al ámbito del significado. Hemos visto, por ejemplo, que las redes metabólicas de los sistemas biológicos se corresponden con las redes de comunicación de los sistemas sociales, que los procesos químicos productores de estructuras materiales se corresponden con los procesos del pensamiento que producen estructuras semánticas, y que los flujos de materia y energía se corresponden con los flujos de ideas e información. Uno de los conceptos fundamentales de esta comprensión sistémica y unificada de la vida consiste en que su patrón básico de organización es la red".

¹⁴ SAGGIO, Antonino (2007) *Introduzione alla Rivoluzione Informatica in Architettura*. Roma: Carocci Editore, p. 11.

¹⁵ SAGGIO, Antonino (1998) *Op. cit.*, pp. 81-86.

Las ventajas de este hecho resultan evidentes dado que posibilita la modificación constante de la información. Esta información puede ser archivada fácilmente y se puede acceder a ella constantemente para la realización de nuevas transformaciones. Al mismo tiempo se reducen los espacios de trabajo necesarios y a través de Internet se puede estar conectado a nivel global. El mundo de la tecnología de la información se comporta realmente como una "red" móvil, en la que las interconexiones constituyen el elemento fundamental. Si el término fluidez lo describe, entonces la cualidad dinámica es la que lo caracteriza. Podemos reagrupar las unidades informativas unas con otras, colocarlas en una jerarquía de innumerables relaciones y, de esta forma, crear modelos.

Un ejemplo interesante lo representa la manera en que la introducción de los programas de tratamiento de texto ha transformado los modos de trabajo intelectual. El cerebro se mueve más rápido, podemos mejorar la redacción, cambiar las palabras, ser más imaginativos y crear más metáforas. Y es precisamente la interconexión la clave de todo el proceso.¹⁶ El concepto de "modelo" es clave para esta forma de razonar.¹⁷ El modelo informático de un edificio es una construcción 3D en potencia que permite diferentes puntos de vista como si se tratase de una maqueta real convencional, pero además es también un modelo desde el punto de vista de la terminología científica en el que la información se encuentra interrelacionada y la variación de un parámetro supone la variación del resto del sistema. Estos modelos con estructura jerárquica presentes en todos los programas de CAAD posibilitan la existencia de relaciones dinámicas entre los diferentes tipos de información que describen un proyecto de arquitectura. La posibilidad de simulación se extiende hoy en día a la organización espacial y constructiva, funcional y formal, cuantitativa y económica. La característica que diferencia a un proyecto representado electrónicamente es que posee una estructura dinámica y abierta para posibilitar la simulación.

¹⁶ Esta visión idealizada que plantea Saggio sobre las bondades de la utilización de las herramientas digitales ha sido puesta en duda por algunas voces críticas, sobre todo en lo que respecta a la relación del ser humano con la Red. Puesto que la Red filtra una gran parte de nuestro acceso a la realidad, los expertos están divididos en cuanto a la influencia que tendrá en el cerebro humano la adaptación a este nuevo cambio sin precedentes. Para unos podría disminuir la capacidad de leer y pensar en profundidad mientras que para otros la tecnología se combinará en un futuro próximo con el cerebro para aumentar exponencialmente la capacidad intelectual del ser humano. Entre los primeros se encuentra el ensayista estadounidense Nicholas G. Carr que en un provocador artículo ("¿Está Google volviéndonos tontos?") afirma que el uso prolongado de Internet está interfiriendo en las capacidades de "lectura profunda": "[Los medios] Suministran el material del pensamiento, pero también modelan el proceso de pensar". Considera como una amenaza el potencial para disminuir la capacidad de concentración, reflexión y contemplación. GRAU, Abel (2008) "Internet cambia la forma de leer...¿y de pensar?", artículo en periódico *El País*, 10/10/2008. Disponible en: <<http://elpais.com>>. [Fecha de consulta: 11/08/2015]. Véase CARR, Nicholas (2008) «Is Google Making Us Stupid?» en *The Atlantic* 301 (6). Carr ha desarrollado su visión tecno-escéptica en varios libros de reciente publicación y gran éxito como: CARR, Nicholas (2014) *Atrapados: Cómo las máquinas se apoderan de nuestras vidas*. Madrid: Taurus. CARR, Nicholas (2011) *Superficiales. ¿Qué está haciendo Internet con nuestras mentes?* Madrid: Taurus.

¹⁷ SAGGIO, Antonino (2007) *Op. cit.*, p. 17.

5.2.2 El tiempo de las metáforas.

Además del concepto de interconexión, una segunda línea de pensamiento está relacionada con el concepto de metaforización inherente a la arquitectura. Proyección, mutación, simulación son conceptos transversales de un tema sobre el cual es necesario elaborar una profunda reflexión: el del papel de las figuras retóricas en la ideación arquitectónica dado que crean procesos de interconexión, modos de relacionar datos para comunicar mensajes. La figura retórica posee, por tanto, un aspecto potencialmente dinámico, que genera mensajes polidireccionales, con claves de lectura múltiples en función de las variaciones culturales, históricas, geográficas, económicas, sociales, etc.

Los mensajes de la era electrónica son cada vez más metafóricos y menos asertivos y estáticos que los mensajes de la era industrial. Esto se percibe claramente en la publicidad. Hoy se vende fundamentalmente la narración, la utopía de vida y sensaciones que el producto promete, ya que su funcionalidad formal se da por descontada. Es decir, el contenedor prevalece completamente sobre el contenido y se entra en el juego de las "figuras retóricas" de las cuales la más importante será la metáfora.¹⁸ Esta estrategia se ve inducida por la imposibilidad de transmitir racional y técnicamente todos los contenidos de información relacionados con un objeto de consumo y está basada en las posibilidades de interconexión dinámica de la metáfora que invade todos los ámbitos de la actividad humana, incluyendo naturalmente el campo del diseño y la esfera, habitualmente bastante resistente al cambio, de la arquitectura. La bondad de un edificio ya no reside exclusivamente en su funcionalidad, solidez, riqueza espacial, habitabilidad sino que se le exige la evocación de algo más. El proceso de metaforización se apropia de buena parte de la arquitectura actual y centra su campo fundamental de actuación en una nueva interiorización del paisaje y de la relación entre el hombre y la naturaleza.

5.2.3 Interconexiones dinámicas.

El siguiente aspecto a considerar está en el centro neurálgico de la nueva tecnología electrónica: la interconexión. Tras la invención del ordenador personal (PC, *Personal Computer*) hacia el año 1977,¹⁹ la primera revolución de la informática llegó en el año 1984

¹⁸ El lingüista Roman Jakobson a mediados del siglo XX e influenciado por la teoría de la información y la cibernética restringió radicalmente la retórica a solo dos figuras: la metáfora (similitud) y la metonimia (contigüidad) en un famoso artículo titulado "Dos aspectos del lenguaje y dos tipos de afasia". RICOEUR, Paul (2001) *La metáfora viva*. Madrid: Ediciones Cristiandad - Editorial Trotta, p. 235.

¹⁹ En 1977 aparecieron tres microcomputadores que iniciaron una explosión en el mercado del computador doméstico: el *Apple II* de Apple Computer, el TRS 80 modelo I de Tandy y el *Commodore PET* de Commodore. Eran ordenadores fáciles de usar y fueron los primeros usados por el público en general. En 1981 apareció el *IBM Personal Computer*, conocido comúnmente como IBM PC, es la versión original y el progenitor de la plataforma de hardware compatible IBM PC. Es el IBM modelo 5150, y forma parte de la quinta generación de ordenadores. Junto al "microcomputador" y al "ordenador casero", el término "ordenador personal" (*Personal Computer*) ya estaba en uso antes de 1981. Comenzó a usarse desde 1972 para caracterizar al Alto de Xerox PARC. Sin embargo, debido al éxito del IBM Personal Computer, el término PC vino a significar más específicamente un microcomputador

cuando la compañía Apple sacó al mercado una interfaz revolucionaria, la del ordenador Macintosh, que simulaba una mesa de oficina²⁰ lo que constituía, naturalmente, una metáfora del mundo administrativo. Esta interfaz gráfica de usuario presentaba la información en ventanas que se solapaban, apiladas las unas sobre las otras, en lo que era básicamente un conjunto de páginas de libro quedando la página tradicional redefinida como página virtual.²¹

Para operar con el ordenador ya no era necesario escribir líneas de un código críptico que aparecían sobre una pantalla negra inanimada, sino manejar objetos sobre una pantalla-escritorio (metáfora). Para abrir o duplicar un documento se indicaba con un puntero (flecha) y se *clickaba* sobre él, para copiarlo se trasladaba a otra localización, para cambiar su nombre, simplemente se re-escribía sobre su propio icono, para eliminarlo se arrojaba a una papelera (nueva metáfora). Este modo de proceder por metáforas del mundo real aplicadas a la electrónica fue asimilada por los programas informáticos. Pensemos en la transformación de la pantalla del ordenador en un tablero electrónico de dibujo. Este primer nivel de metaforización resultó fundamental porque permitió introducir a millones de personas en la utilización de la informática doméstica y se convirtió en un estándar de diseño sobre las distintas plataformas.



Ilustración 2. [Izquierda] Steve JOBS con el primer Macintosh 128K, 1984. [Derecha] Interfaz de Hypercard, 1987.

La segunda aportación fue todavía más importante y resultó tan innovadora que sólo mucho más tarde se comenzó a percibir efectivamente su importancia real. En el año 1987 el

compatible con los productos PC de IBM. El IBM PC es el predecesor de los actuales ordenadores personales y progenitor de la plataforma compatible IBM PC.

²⁰ La disposición reflejaba la asociación prioritaria del ordenador a las labores administrativas del trabajo en una oficina y se mantendría a pesar de que durante la década de los 90 los ordenadores desbordarían el ámbito estrictamente profesional. El éxito se debería a que Microsoft diseñaría rápidamente el sistema Windows adaptado al tipo de ordenadores dominante en aquel momento, los denominados PC, desarrollados por IBM.

²¹ MANOVICH, Lev (2005) *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Madrid: Ediciones Paidós, p. 125.

ingeniero de Apple, William Atkinson,²² desarrolló la idea de proporcionar al usuario la posibilidad de crear sus propias metáforas en lugar de utilizar una metáfora prediseñada. Desarrolló de esta manera un instrumento "creador" de metáforas: *HyperCard*, el primer sistema hipermedia popular, un entorno informático en el que el usuario introduce información de cualquier tipo (gráficos, texto, tablas, secuencias de animación) y se realizan dos acciones fundamentales, se crean las conexiones y se organiza un ambiente metafórico. Es lo que conocemos de manera simplificada como hipertexto.²³ Conceptualmente se acercaba a una base de datos, pues almacenaba información, siendo además gráfico, flexible y capaz de crear ficheros fáciles de modificar. También incluía *HyperTalk*, un lenguaje de programación potente y relativamente fácil de usar, para manipular los datos y la interfaz de usuario. Los usuarios de *HyperCard* lo empleaban a menudo como un sistema de programación para el desarrollo rápido de aplicaciones más que como base de datos. La clave está en las interconexiones entre las unidades de información y la creación de un entorno metafórico en el cual tengan lugar dichas interconexiones. La consecuencia es que el usuario dispone de métodos y procesos que no son ni obligatorios ni secuenciales. Puede seguir recorridos ya prefijados o encontrar y explorar los suyos propios.²⁴ Es como si un escritor generase una

²² William Atkinson formó parte del equipo de desarrollo de Apple Macintosh y fue el creador de la innovadora aplicación MacPaint, entre otros. También diseñó e implementó QuickDraw, la caja de herramientas fundamental que el Apple Lisa y el Macintosh utilizaban para gráficos. El rendimiento de QuickDraw resultaba esencial para el éxito de la interfaz gráfica de usuario de Macintosh.

²³ El origen de la idea de hipertexto se remonta a Vannevar Bush (1890-1974). En julio de 1945, Bush, jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo Científico de EE.UU, publicó el artículo "As we may think" en la Revista *The Atlantic Monthly*, donde criticaba los métodos utilizados hasta entonces para la gestión de la información. Se dio cuenta de que la estructura secuencial de los documentos -influida por la secuencialidad del discurso hablado- era la causante de que los métodos de su tiempo fueran incapaces de procesar adecuadamente grandes cantidades de información. El pionero de la tecnología de la información, Theodor Holm Nelson, más conocido como Ted Nelson, acuñó en 1965 el concepto de "hipertexto" (*hypertext*) definiéndolo como "un cuerpo de material escrito o pictórico interconectado en una forma compleja que no puede ser representado en forma conveniente haciendo uso del papel". Nelson también acuñó el término *hipermedia* y fue el fundador del proyecto *Xanadu* (consistía en crear una biblioteca en línea con toda la producción escrita de la humanidad: libros, enciclopedias, artículos técnicos, obras de ficción, etc.). Etimológicamente, el prefijo *hiper-* deriva del griego *hyper* (ὑπέρ) que aparece tanto en palabras de origen griego (con el sentido de más allá de, sobre, encima de; como por ejemplo en las palabras hipérbole -exageración- o hipérbaton -transposición, pasar por encima-) como en otras palabras de formación moderna (donde denota una cantidad o grado superior al normal o excesivo). El prefijo griego a veces alterna con el término equivalente latino *super-* como en el caso de hipermercado/supermercado- ante los cuales el sentir popular suele conferir a la voz griega un mayor grado que a su homónimo latino. Para la Real Academia Española, el prefijo *hiper* significa superioridad o exceso. Ted Nelson definió el prefijo "hiper" de hipertexto en su artículo "A Conceptual framework for man-machine everything" con la significación de "ampliado, generalizado y multidimensional". Según Nelson tomó prestado el término del vocabulario matemático donde el prefijo *hiper* significa, precisamente, "extendido y generalizado". Véase: LAMARCA LAPUENTE, María Jesús (2006) *Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen*. Tesis doctoral. Dirigida por Félix del Valle Gastaminza. Madrid: Universidad Complutense. Disponible en: <<http://www.hipertexto.info/>> [Fecha de consulta: 11/08/2015].

²⁴ La aceptación del hipervínculo es vista por Manovich como un reflejo del recelo de la cultura contemporánea hacia todas las jerarquías y la preferencia por la estética del *collage* (que ya hemos tratado en el capítulo anterior), en la que fuentes radicalmente distintas se reúnen en un objeto cultural singular. MANOVICH, Lev (2005) *Op. cit.*, p. 127.

estructura inicial significativa con los datos de su obra y al mismo tiempo dejase abierta para el lector la posibilidad de crear la suya propia.

Desde el punto de vista de la arquitectura la cuestión que debemos plantearnos es si es posible trabajar en este segundo nivel metafórico en el ámbito del diseño arquitectónico. ¿Podemos lograr una arquitectura que no sólo sea metafórica (simbólica), sino también “creadora de metáforas”, una arquitectura que dejase su propia descodificación abierta, libre y que sugiriese/ofreciese al usuario la posibilidad de construir su “propia historia”?²⁵ En resumen, el objetivo sería una metaforización de segundo nivel: conseguir no sólo la imaginación de una arquitectura fluida, metafórica, abierta, de pieles sensibles, que asimila y valora la multimedialidad, que impulsa los sistemas de control e información, pero que, sobre todo, es capaz de generar y hacer generar metáforas.

Saggio señala la existencia de un término para definir este desafío: Hiperarquitectura (*HyperArchitecture*), en la que el prefijo "hiper-" relaciona la informática y lo digital con las metáforas y las interconexiones dinámicas para llevarnos a la investigación sobre la interactividad. En este sentido reflexiona sobre la importancia del papel de la afinidad existente entre el arte y la arquitectura en la aparición de los nuevos desarrollos ya que en la arquitectura de las últimas décadas se han producido descubrimientos importantes bajo la influencia directa de conceptos procedentes del ámbito de las artes figurativas. Destaca, por ejemplo, la influencia sobre la obra de Gehry del concepto de "trayectoria" presente en el trabajo del futurista italiano Umberto Boccioni y su esfuerzo de superación de la plástica del objeto aislado por una sensación de vibración atmosférica. De forma similar Peter Eisenman ha adaptado más de una técnica de la vibración de Marcel Duchamp y de Giacomo Balla o el "*dripping*"²⁶ de Jackson Pollock ha sido retomado en varias investigaciones sobre las nuevas formas del paisaje y de la construcción de la naturaleza.

Termina Saggio con una lúcida reflexión acerca del papel del arte y de la tecnología en el desarrollo de nuevas tendencias:

“Ciertamente sabemos que sin la “rotura de la caja” y el orientalismo impresionista no habría un Wright, que el espacio de Braque preludia al Bauhaus, que el vigor del gesto y de la deformación expresionista se relaciona con Mendelsohn y Scharoun, que los planos neoplasticistas transmigraron casi directamente en Rietveld y Mies. Sabemos que los artistas poseen una espacialidad que se traslada a la arquitectura. Pero la espacialidad fluida, líquida, submarina, metafórica, simbólica e interconectada de Kandinsky (y de Miró y Paul Klee) resulta, sin el auxilio de la

²⁵ SAGGIO, Antonino (1999) *Op. cit.*, p. 85.

²⁶ *Dripping* (de *drip*, "gotear" en inglés) es una técnica pictórica característica de la *Action Painting*, una de las modalidades del expresionismo abstracto norteamericano. Utilizada a finales de los años 1940 por Jackson Pollock, el *dripping* tiene cierto paralelismo con la escritura automática surrealista. La materia pictórica (que no suele ser óleo, sino algún tipo de esmalte opaco o barniz industrial, como los usados por primera vez por el propio Pollock en torno a 1947) se deja gotear sobre la tela extendida en el suelo desde un contenedor agujereado o se esparce mediante salpicaduras, directamente con las manos o mediante el uso de pinceles o cualquier otro instrumento. THOMAS, Karin (1994) *Diccionario del arte actual*. Barcelona: Editorial Labor, p. 82.

*informática, imposible de conceptualizar en arquitectura. Sin embargo, con la informática puede llegar a convertirse en algo al menos nebulosamente intuible. Esto es quizá, lo que se pretende conseguir con esta extraña palabra: Hiperarquitectura”.*²⁷

5.2.4 Una arquitectura para tiempos hipermodernos.

“En un tiempo muy distinto del nuestro, y por hombres cuyo poder de acción sobre las cosas era insignificante comparado con el que nosotros poseemos, fueron instituidas nuestras Bellas Artes y fijados sus tipos y usos. Pero el acrecentamiento sorprendente de nuestros medios, la flexibilidad y la precisión que éstos alcanzan, las ideas y costumbres que introducen, nos aseguran respecto de cambios próximos y profundos en la antigua industria de lo Bello. En todas las artes hay una parte física que no puede ser tratada como antaño, que no puede sustraerse a la acometividad del conocimiento y la fuerza modernos. Ni la materia, ni el espacio, ni el tiempo son, desde hace veinte años, lo que han venido siendo desde siempre. Es preciso contar con que novedades tan grandes transformen toda la técnica de las artes y operen por tanto sobre la inventiva, llegando quizás hasta a modificar de una manera maravillosa la noción misma del arte.”

Paul Valéry, “La conquête de l’ubiquité”, *Pièces sur l’art* (1928).²⁸

En su artículo titulado “HyperArchitettura oggi”²⁹ el crítico de arquitectura y profesor de la Universidad de Roma *La Sapienza*, Luigi Prestinenzza Puglisi cita una obra del filósofo francés Yves Michaud³⁰ en la que se refiere al arte contemporáneo en términos de "arte gaseoso", caracterizado por una producción evanescente y ultraestetizada. Los efectos de esta situación pueden atribuirse a un fenómeno más amplio originado en la década de los 80 y que ha producido una situación denominada por algunos como la "muerte del arte" aunque no en el sentido de cese de actividad creadora y productiva, pues existe una elevada producción de obra artística, pero sí en cuanto al final de la creencia en un ideal unificador o, como diría Lyotard, el fin de las grandes narraciones. Frente al ideal tradicional de la mimesis se oponen una actitud autorreflexiva y una dinámica autorreferencial. Se une así al planteamiento de autores como Arthur C. Danto³¹ y Hans Belting³² que han teorizado sobre la muerte del arte a partir de los años 80 y se pone en relación con la teoría paralela de la "muerte de la historia" enunciada por el politólogo estadounidense Francis Fukuyama en su famosísimo libro que

²⁷ SAGGIO, Antonino (1999) *Op. cit.*, p. 86.

²⁸ Fragmento de Paul Valéry recogido por Walter Benjamin al comienzo de su ensayo "La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica".

²⁹ PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (2014) “HyperArchitettura oggi”. Disponible en web: <<http://prestinenzza.it/2014/03/hyperarchitettura-oggi/>>. [Fecha de consulta: 06/08/2015].

³⁰ MICHAUD, Yves (2007) *El arte en estado gaseoso. Ensayo sobre el triunfo de la estética*. México: Fondo de Cultura Económica.

³¹ DANTO, Arthur C. (1995) "El final del arte", en *El Paseante*, 1995, núm. 22-23. DANTO, Arthur C. (1999) *Después del fin del arte: el arte contemporáneo y el linde de la historia*. Barcelona: Ediciones Paidós.

³² BELTING, Hans (1987) *The End of the History of Art?*. Chicago: The University of Chicago Press.

llevaba por título la explícita frase "El fin de la historia y el último hombre". Enlaza también con valoraciones nihilistas sobre la modernidad como la reflejada en la obra "*El fin de la modernidad*" del filósofo italiano Gianni Vattimo.

El crítico italiano se refiere a la "hiperarquitectura"³³ como el espacio de la "edad de la muerte de la arquitectura" en paralelismo con las teorías que hemos citado. En analogía con el ámbito artístico se observa un fenómeno de crisis disciplinar al tiempo que se verifica la producción de un gran número de obras de elevada calidad. Las propias categorías vitruvianas son puestas en discusión y superadas por una ideología que busca la transformación de la arquitectura en una práctica autorreflexiva. Señala la dificultad de encontrar una clave lógica de lectura unitaria para una pluralidad creciente de fenómenos, muchos de los cuales se relacionan con el arte, el diseño, la moda o la publicidad antes que con los principios de la construcción entendida a la manera convencional. Esta arquitectura realizada después de su supuesta "muerte" produce la perplejidad de una crítica que utiliza todavía los criterios de valoración y análisis tradicionales mientras que fascina a un público no entendido que se deja seducir por algunas de las estrategias utilizadas. De aquí surge además la acusación de arquitectura espectáculo, vaciedad, inconsistencia o voluntad antitectónica que, en ocasiones, reciben algunas de las realizaciones de las figuras más conocidas del panorama internacional.

La hiperarquitectura se caracteriza por tres fenómenos: la pérdida del concepto tradicional de lugar; el fin de la distinción entre animado e inanimado; y la reflexión más o menos explícita sobre la tríada forma-información-relación.³⁴ Alguna de estas cuestiones ya ha sido mencionada anteriormente en este trabajo como, por ejemplo, el concepto de "no lugar" y la pérdida de las características identitarias de los nuevos espacios puesto en evidencia por Marc Augé. La homologación de lugares no es más que la consecuencia de un espacio globalizado que se empequeñece, percibido a través de la intermediación de las prótesis digitales. La consecuencia más evidente es la multiplicación sensorial, la diseminación de las percepciones que nos permiten una infinidad de puntos de vista reales o virtuales. La retransmisión en tiempo real de los acontecimientos produce una dislocación del punto de vista que ya había sido vaticinada por Walter Benjamin al afirmar, fascinado por la nueva movilidad de lo visible, que el cine ("*ha enriquecido nuestro mundo perceptivo*") y la cámara móvil ("*la naturaleza que habla a la cámara no es la misma que la que habla al ojo*")

³³ Utilizaremos el término en la forma castellana "hiperarquitectura". El prefijo "hiper", del que ya se ha explicado su etimología en la nota dedicada al hipertexto en este mismo capítulo, se ha utilizado en el ámbito de la sociología para designar lo que se podría denominar como "segunda revolución moderna" una vez superada la etapa posmoderna. Nos encontraríamos en una época "hipermoderna" caracterizada por el hiperconsumo y el individuo hipermoderno orientado hacia el placer y el hedonismo en un mundo disociado de la tradición. Esta terminología es utilizada por el filósofo y sociólogo francés Gilles Lipovetsky en varias de sus obras para referirse a esa "segunda modernidad" caracterizada por la hipervigilancia, el hipercapitalismo y el hiperindividualismo. Una nueva modernidad que se lee a través de una triple metamorfosis que se refiere al orden democrático-individualista, a la dinámica del mercado y a la de la tecno-ciencia. LIPOVETSKY, Gilles; SERROY, Jean (2009) *La pantalla global. Cultura mediática y cine en la era hipermoderna*. Barcelona: Editorial Anagrama, p. 49. Véase también: LIPOVETSKY, Gilles; CHARLES, Sébastien (2006) *Los tiempos hipermodernos*. Barcelona: Editorial Anagrama, pp. 51-109.

³⁴ PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (2014) *Op. cit.*

comenzaban a cambiar las coordenadas de nuestro modo de percibir la realidad.³⁵ El espacio de la hiperarquitectura abandona el "aquí" y el "ahora" y el lugar empírico convive con la realidad virtual de otros espacios que se superponen con la misma facilidad que se manejan las diversas ventanas en un ordenador o las capas de un programa de informática gráfica.

Los objetos poseen capacidad de respuesta, adquieren inteligencia mediante la adición de información y las líneas de demarcación entre los seres humanos y sus herramientas se van desdibujando³⁶ debido a la utilización de prótesis mecánicas y electrónicas. Incluso el concepto mismo de "ser vivo" deja de tener límites claros y se plantean grandes dificultades para definir los límites entre lo orgánico e inorgánico.³⁷ Aparece un repertorio de muros sensibles al ambiente externo debido a la utilización de sensores, paredes que pueden interactuar con el usuario y toda una generación de aparatos y *gadgets* con el adjetivo conjunto de inteligentes (*i-*) y electrónicos (*e-*). La hiperarquitectura no asume la tecnología como una imposición ni la vive como un drama que pone en cuestión el mismo rol del arquitecto sino que la ve como un desafío lleno de oportunidades en un mundo en el que el *hardware* se reduce para dar paso a un *software* cada vez más complejo. Surge la necesidad de una reflexión formal sobre el concepto de edificio inteligente que hasta ahora había estado reservada al campo de la ingeniería.³⁸

Finalmente Prestinzenza plantea una reflexión sobre la tríada forma-información-relación, un tema que no es específico de la arquitectura. En cualquier manufactura/artefacto la forma es el actor (herramienta) de la información³⁹ porque organiza las relaciones de una manera y no de otra, es decir, en función de una idea, de una hipótesis que se podrá reconstruir posteriormente. Como la información no es un tema específico de la arquitectura se facilita la supresión de las barreras disciplinares. La autonomía disciplinar pierde sentido y se producen mezclas, contaminaciones, hibridaciones inesperadas entre arquitectura, arte, diseño, moda, comunicación. Se vuelve a la idea del carácter "gaseoso" e indefinible, que caracteriza también al arte. Basta con observar la arquitectura más reciente para comprobar que los viejos métodos de análisis -lectura de perspectivas, valoración de la composición de llenos y vacío, etc.- ya no sirven para explicarla. Las fachadas se transforman en grandes pantallas de vídeo. Los métodos de organización de la forma se toman prestados de otras disciplinas como la biología y las ciencias de la complejidad. Se adoptan geometrías booleanas y se utilizan diagramas y esquemas lógicos como herramienta de proyecto al tiempo que no se

³⁵ BENJAMIN, Walter (1973) *Op. cit.*, pp. 46-48.

³⁶ BATESON, Gregory (2000) *Verso un'ecologia della mente*. Milán: Adelphi Edizioni, p. 296. Versión en español: (1985) *Pasos hacia una ecología de la mente. Una aproximación revolucionaria a la autocomprensión del hombre*. Buenos Aires: Carlos Lohlé.

³⁷ MASIERO, Roberto (2003) *Estética de la arquitectura*. Madrid: Visor, p. 272.

³⁸ De la popularidad del prefijo en el ámbito de la reflexión académica da cuenta la aparición de grupos de investigación como el desarrollado en la ETSA de Madrid ya mencionado en la Introducción de esta tesis y que se denomina precisamente: "Hypermedia: taller de configuración arquitectónica". Entre sus objetivos se plantea la naturaleza radical de lo arquitectónico en el seno de los nuevos paradigmas y la relación entre la narración y la arquitectura en un contexto de cambio.

³⁹ PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (2005) "Reale o virtuale?", en TURSI, Antonio [ed.] (2005) *Mediazioni. Spazi, linguaggi e soggettività delle reti*. Milán: Costa & Nolan, p. 20.

desdeña el uso de imágenes sensuales y de impacto aunque sean convencionales. Los resultados no son siempre acertados y a veces se confunde la reflexión sobre la superficialidad, la velocidad y la transparencia (que no es superficial en absoluto) con la banalidad; como si se persiguiese la búsqueda de una complejidad rebuscadamente ingeniosa cuando se podrían obtener soluciones más simples y eficaces.⁴⁰

5.3 INFORMACIÓN: materia prima de la arquitectura.

La información está siempre relacionada con el espacio en el sentido de que su principal objetivo es el de realizar la conexión de áreas y lugares que están separados unos de otros en términos espaciales o temporales. Por otra parte, la idea de información está íntimamente asociada al concepto de comunicación. Como ya se ha visto se trata de un término poderoso y con múltiples facetas que juega un importante papel tanto cultural como tecnológico en todo aquello relacionado con artefactos cuya dinámica de funcionamiento se pueda identificar como parte de una red o sistema.⁴¹ En el campo de la arquitectura y del diseño la información adopta generalmente tres formas pragmáticas: información activa en la que se presentan imágenes y símbolos sobre las superficies mediante la utilización de caracteres, signos, pantallas de monitores o proyecciones que se suplementan, completan o superponen a través de complejas relaciones con el objeto arquitectónico (es el caso de las *media façades* y de los denominados "entornos inteligentes"). En segundo lugar, la consideración de sistemas y redes que permiten la gestión de datos e información cuantitativa; y, finalmente, en tercer lugar, el uso de métodos de codificar la información específicos desarrollados en el campo del diseño, la arquitectura y el planeamiento urbanístico (símbolos, color, forma, composición, ritmo, espacio, comportamiento humano y características culturales).

Derrick de Kerckhove⁴² establece una tríada en la relación de las consecuencias culturales de las tecnologías de la comunicación con el espacio arquitectónico: una esfera virtual (*network*) en paralelo con una físicamente real (*world*) y un espacio mental (*mind*). Siguiendo su teoría de que las técnicas culturales predominantes de procesado de información influyen en la percepción de la relación con el espacio de una forma directa y simple, el diseño de información se convierte en una tarea que cae plenamente dentro del alcance de la arquitectura.⁴³ Señala el ejemplo del alfabeto como un acelerador cultural que permitió

⁴⁰ La compleja búsqueda de la simplicidad en el diseño se ha convertido en una de las líneas de investigación más interesantes de los últimos tiempos. Véase MAEDA, John (2006) *Las leyes de la simplicidad*. Barcelona: Editorial Gedisa.

⁴¹ KLOOSTER, Thorsten [ed.] (2009) *Smart Surfaces and their Application in Architecture and Design*. Basel: Birkhäuser, pp. 131-139.

⁴² KERCKHOVE, Derrick de (2001) *The Architecture of Intelligence*. Basel: Birkhäuser, p. 7.

⁴³ Kerckhove ilustra esta cuestión señalando la conexión directa existente entre la literatura alfabética griega y las retículas urbanas hipodámicas. El uso de las letras para representar y expresar los fonemas del habla humana introdujo una nueva relación en el espacio existente entre las culturas que utilizaban este método de comunicación. En lugar de ser una extensión física de la piel y una experiencia de la respiración, el espacio se convirtió en una realidad objetiva, sujeta a una apreciación visual, análisis,

aprovechar las ventajas del lenguaje articulado para traducir el pensamiento en tecnología.⁴⁴

El alfabeto ha desempeñado un papel determinante en la prioridad de la temporalización y la secuenciación, lo que ha llevado a la confianza típicamente occidental en la racionalidad y al intento de racionalización de toda experiencia, incluida la espacial. El alfabeto, un sistema lineal y secuencial de información codificada, afecta a la organización del pensamiento. Uno de los efectos más visibles de la evolución alfabética fue la invención de la perspectiva y, como consecuencia, la introducción del tiempo en el espacio. En el artefacto perspectivo no se muestra el espacio real sino un espacio organizado por una visión selectiva que de forma jerárquica y secuencial organiza la representación de los objetos. Se trata, por tanto, de un modelo de información espacial y de organización visual y al mismo tiempo de un modelo de estructuración del pensamiento en sí mismo.

De alguna manera un espacio diseñado es un espacio "in-formado" y, al mismo tiempo, es también un sistema de organización.⁴⁵ Los edificios estructuran la organización del espacio y generan relaciones entre las personas y los objetos dando forma a nuestra realidad concreta. Uno de los objetivos de la arquitectura es el de imponer orden sobre el caos y en ese propósito los espacios se convierten en comunicadores y transmisores de información. Para Saggio la información es la materia prima de la arquitectura.⁴⁶ Para defender esta postura⁴⁷ propone una serie de formulaciones concretas en relación con el ámbito de la informática: *denomina "dato" al mínimo elemento que sirve para modificar una situación precedente; los datos son objeto de múltiples convenciones; esto quiere decir que para que un dato tenga significado debe estar asociado a alguna convención que puede ser de orden lógico o también de orden*

teoría, clasificación y gestión. KERCKHOVE, Derrick de (2001) *Op. cit.*, p. 8. Hay que mencionar que la aplicación de la retícula en el trazado de partes planificadas de ciudades ya se había producido en épocas tan tempranas como el 2670 a.C. y su probable función como reguladora de la forma urbana de las ciudades de la cultura de Harappa, en el valle del Indo, a principios del tercer milenio. Es en el periodo griego cuando se aplica a la organización de todos los elementos que componen una ciudad nueva dando forma a una entidad urbana integrada. MORRIS, Anthony E. J. (1984) *Historia de la forma urbana. Desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 44-45.

⁴⁴ KERCKHOVE, Derrick de (1999) *Op. cit.*, p. 107.

⁴⁵ MARKUS, Thomas (1993) *Buildings and Power: Freedom and Control in the Origin of Modern Building Types*. Londres: Routledge, p. 4. Citado en DADE-ROBERTSON, Martyn (2011) *The Architecture of Information. Architecture, interaction design and the patterning of digital information*. Londres: Routledge, p. 4.

⁴⁶ SAGGIO, Antonino (2004) "Informazione materia prima dell'architettura", documento en línea en *Coffee Break* disponible en <<http://architettura.it/coffeebreak/20040318/>>. [Fecha de consulta: 13/08/2015].

⁴⁷ Saggio escribe este artículo como consecuencia de un intercambio epistolar y de una serie de conversaciones mantenidas con el crítico Renato De Fusco a raíz de la publicación de un escrito de De Fusco titulado "Internet non si addice all'architettura" (*Internet no le conviene a la arquitectura*) publicado en la revista *Op. cit.* de la que De Fusco era director. En dicho escrito rechaza la afirmación de que la información sea o pueda ser considerada la materia prima de esta fase de la investigación arquitectónica. En el mismo número de la revista Saggio había publicado el artículo "'Nuova soggettività. L'architettura tra comunicazione e informazione" en el que sostiene la afirmación que da título al artículo mencionado en el texto. DE FUSCO, Renato (2001) "Internet non si addice all'architettura", en *Op.cit.: rivista quadrimestrale di selezione della critica d'arte contemporanea*. Settembre 2001. Nápoles: Electa.

utilitario; *información es la aplicación de una convención a un dato*; en informática no existen datos sólo información, y finalmente, *si en informática no existen datos, sino sólo información, entonces en informática todo es información*. La formulación de esta proposición lleva a Saggio a considerar que la información está realmente "*en formación*" (utilizando el juego lingüístico de las dos palabras en italiano: "*in-formazione*"), esto es, en un devenir constante, dinámico e inagotable. Esto le lleva a un nuevo enunciado: *el acto en el que la información toma forma se define como modelado y se desarrolla en la creación de modelos*. El modelo será, por tanto, la forma que asumen las informaciones, la forma en la cual se "modela" la información.

Uno de los "modelos" existentes en el ámbito informático es el de la hoja de cálculo que permite relacionar entre sí la información mediante la utilización de fórmulas matemáticas y, de este modo, se consigue la actualización constante de todos los valores simplemente mediante la variación de una información. Este modelo ha tenido interesantes e importantes consecuencias como, por ejemplo, la adopción de un modo determinado de pensar de tipo condicional: "*what...if*" ("qué" le sucede al modelo "si"). La misma base conceptual la encontramos en los modelos de gestión de información del proyecto (por ejemplo, el BIM) que relacionan de forma dinámica la información geométrica, espacial, constructiva, estructural y de instalaciones de un proyecto, y en el que al variar una dimensión, un parámetro, el programa permite verificar qué sucede en cada una de las informaciones interconectadas dentro del sistema proyectual.

Una de las consecuencias de esta idea es que no se proyectan formas definidas, sino "familias de formas posibles" que pueden variar paramétricamente y que las consideraciones absolutas de la geometría euclidiana se sustituyen por la presencia de familias topológicas. Proyectar y pensar la arquitectura tomando como materia prima la información fluctuante y modelable obliga a la consideración de modelos dinámicos, interconectados y mutables.

5.3.1 Mutaciones y transformaciones: la lógica del ordenador.

Dentro de ese contexto de cambio y mutación el ordenador es una máquina que puede realizar transformaciones muy complicadas de forma extremadamente rápida. Pueden distinguirse cuatro transformaciones principales.⁴⁸ La primera es la traslación/traducción. La información se traslada/traduce de un lenguaje a otro: desde el lenguaje usado como interfaz de usuario, al lenguaje de programación, al lenguaje-máquina. La segunda transformación es la atomización. Los objetos son analizados y fragmentados hasta disolver su materialidad, de tal manera que se convierten en pura energía y movimiento. La atomización permite reducir la complejidad a sus elementos básicos, favoreciendo la proyección de un lenguaje a otro, de un medio a otro. La tercera transformación es la "logicización" o formalización simbólica. Los argumentos se reducen a un estándar lógico predefinido. Las reglas son tan generales y abstractas que, al nivel del lenguaje-máquina, todas las relaciones pueden ser traducidas en fórmulas lógicas básicas. Como resultado las aplicaciones pueden ser utilizadas para propósitos

⁴⁸ PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1999) *Op.cit.*, pp. 51-55.

aparentemente muy diferentes o incluso antitéticos. La cuarta transformación es la metaforización que ya ha sido mencionada en el apartado anterior. El ordenador requiere un constante esfuerzo en términos de trasposiciones formales. Esto permite establecer relaciones no sólo entre contenidos (por ejemplo, sonidos que se transforman en imágenes) sino también entre el usuario y la máquina. Puede verse un ejemplo primario en el uso de las conocidas metáforas del escritorio o de la ventana en la estructura de la interfaz de usuario del ordenador o la organización del hipertexto.

Debido a estas transformaciones (traslación, atomización, logicización y metaforización) los objetos son reducidos a puras relaciones formales. Pierden su materialidad y se convierten directamente en información. Privada del peso, la información puede viajar a través de los flujos eléctricos: puede ser intercambiada, procesada y almacenada. En este sentido figuras como el arquitecto Peter Eisenman con su obsesión por la lingüística, el estructuralismo, la gramática generativa de Chomsky y la lógica formal resume, actualiza y expande la experimentación de un lenguaje que ha entrado en una nueva era, la de la tecnología de la información.

Marshall McLuhan con la publicación de *Understanding Media*⁴⁹ en 1964 señaló los cambios producidos por el ordenador en la proporción, ritmo y esquemas de las relaciones humanas. En otras palabras, afirmaba que podría cambiar la forma en que pensamos, articulamos el lenguaje e incluso la forma en que vivimos. Señala como precedente la invención del alfabeto, que no sólo permitió la producción de libros, sino que obligó a estructurar nuestro pensamiento de forma lineal en palabras, frases, capítulos, etc. Permitió romper las barreras de la realidad local facilitando el intercambio de información. Con la llegada de la electrónica todas las "extensiones" del hombre, incluyendo las ciudades, se transformarían en sistemas de información. Así, del mismo modo que la sociedad industrial se transformó en una máquina gigantesca, la sociedad de la información se asemejaría a un complejo sistema nervioso, preparado para capturar datos desde el exterior y transmitirlos para su tratamiento en un proceso de continua metamorfosis, hasta el punto de llegar a perder de vista la información original o incluso dudar de que haya existido alguna vez.

Una de las consecuencias culturales de este fenómeno sería la idea de desmaterialización de la arquitectura. Ya en el año 1996, Kenneth Frampton en su libro *"Studies in Tectonic Culture"*⁵⁰ abordó la cuestión. Usando la metáfora de McLuhan, en un edificio el sistema nervioso dominaría sobre el esqueleto y la estructura muscular. Por otra parte Charles Jencks en su obra *The Architecture of the Jumping Universe*⁵¹ postula un alejamiento de la arquitectura posmoderna en favor de una nueva arquitectura en la que,

⁴⁹ McLUHAN, Marshall (1964) *Understanding Media. The Extensions of Man*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Versión en español: (1996) *Comprender los medios. Las extensiones del ser humano*. Barcelona: Ediciones Paidós.

⁵⁰ FRAMPTON, Kenneth (1965) *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Versión en español: (1999) *Estudios sobre cultura tectónica. Poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX*. Madrid: Ediciones Akal.

⁵¹ JENCKS, Charles (1995) *The Architecture of the Jumping Universe*. Londres: Academy Editions.

gracias al progreso de la tecnología de la información, ciencia y naturaleza pueden trabajar juntas para superar la rigidez y la frialdad del denominado “Estilo Internacional”. Las raíces de esta aproximación ecológico-cibernética las encuentra en la filosofía de la naturaleza de Ilya Prigogine y también en la teoría de las catástrofes del matemático francés René Thom. De acuerdo con estos modelos el universo es un sistema complejo que evoluciona a “saltos”, el último de los cuales nos ha llevado a la situación actual, caracterizada por nuevos peligros y amenazas, pero también con enormes oportunidades.

La nueva arquitectura manifiesta un interés en las formas orgánicas, fractales, estructuras plegadas, que fundamentan planteamientos y métodos de diseño basados en la morfogénesis. En este sentido Jencks y Eisenman resaltan tres aspectos que Frampton elude: primero, la aparición de una nueva arquitectura profundamente influenciada por las tecnologías de la información, una arquitectura con más nervios que cuerpo, utilizando la imagen de McLuhan; en segundo lugar, el hecho de que la nueva arquitectura ha establecido unas relaciones con la naturaleza que ya no se caracterizan por la diferenciación sino por la integración, como se puede observar, por ejemplo, en el trabajo de Toyo Ito y que analizaremos más adelante; y tercero, algunos protagonistas han captado el “espíritu del tiempo” (*zeitgeist*) y producen toda una nueva serie de obras arquitectónicas de interés considerando las relaciones entre la arquitectura, la ecología y la nueva tecnología informática.

En este contexto el edificio se entiende como un filtro que recibe y transmite una gran cantidad de información, convirtiendo el espacio en un medio, en una interfaz. Este *link* entre arquitectura y naturaleza se basa en el concepto de información con una interpretación de la arquitectura y el paisaje en la que interior y exterior son la misma cosa porque ambas forman parte de una misma estructura informativa. Estamos ante una aproximación al diseño arquitectónico orientado hacia la formalización y el tratamiento de la información, a diferencia del planteamiento académico tradicional que se centraba en la composición clásica y la organización de volúmenes de acuerdo con principios formales, geométricos, rítmicos y proporcionales.

Esto da lugar a una nueva arquitectura basada en el desarrollo de los denominados “sistemas inteligentes” y la introducción de las nuevas tecnologías sostenibles. El edificio tradicional encontraba su equilibrio en una interacción mínima con el entorno mientras que el edificio tecnológicamente avanzado (inteligente) vive a través del contacto con el exterior, actuando como una piel (membrana) como si se tratase de un sistema nervioso. Surge una nueva forma de lenguaje expresivo basado en la metaforización y en la aplicación del paradigma del hipertexto y la “fluidez” se convierte en la palabra clave de las diversas líneas de pensamiento basadas en la “tecnología de la información”.

5.3.2 Arquitecturas de la información y la comunicación: antecedentes.

"Es por esto por lo que una nueva teoría, por especial que sea su gama de aplicación, raramente, o nunca, constituye sólo un incremento de lo que ya se conoce. Su asimilación requiere la reconstrucción de la teoría anterior y la reevaluación de hechos anteriores: un proceso intrínsecamente revolucionario, que es raro que pueda llevar a cabo por completo un hombre solo y que nunca tiene lugar de la noche a la mañana."

Thomas Kuhn⁵²

Como se puede leer en la cita de Kuhn todas estas ideas, todos estos desarrollos no surgen de la noche a la mañana sino que son el resultado de una lenta evolución y de la confluencia de una multiplicidad de factores. Como se afirmaba en el capítulo tercero, durante los años 50 y 60 varios arquitectos comenzaron a investigar sobre las posibilidades de incorporar la cibernética y la informática a las tareas del proyecto arquitectónico con la desventaja de que las tecnologías necesarias para llevar a cabo sus propuestas aún no estaban lo suficientemente maduras ("*computing without computers*"). Otro tanto sucede con una serie de obras que han resultado emblemáticas como determinadoras de tendencia en la consideración de la importancia del papel de la información y la comunicación en esta fase de la arquitectura. Podemos considerar como ejemplos representativos de esta afirmación los proyectos del Centro George Pompidou de Renzo Piano y Richard Rogers, el ZKM de Karlsruhe de Rem Koolhaas y la Biblioteca Universitaria de París de Toyo Ito.

5.3.2.1 Una "cabaña tecnológica" en el Beaubourg: la herencia de Archigram.

Podemos considerar como un antecedente de arquitecturas vinculadas con lo informacional el Centro Nacional de Arte y Cultura Georges Pompidou (París, 1972-1977) del arquitecto italiano Renzo Piano construido en colaboración con el arquitecto británico, aunque nacido en Florencia, Richard Rogers. Puede considerarse como el último edificio asociado al ímpetu de las vanguardias y su componente de provocación significó la coartada definitiva para el movimiento "posmoderno" constituyendo el primer experimento arquitectónico en el terreno de la cultura de masas y la sociedad de la información.⁵³ Con el paso del tiempo se ha convertido en un "monumento" urbano por excelencia con una afluencia sin precedentes en la historia de los museos pudiendo hablarse ciertamente de un "*efecto beaubourg*".⁵⁴

En el momento de su inauguración generó una gran polémica, y no sólo arquitectónica, acerca del concepto de anti-institución tecnológicamente flexible y polivalente.⁵⁵ Según

⁵² KUHN Thomas (2001) *Op. cit.*, pp. 28-29.

⁵³ ROJO DE CASTRO, Luis (2004) "Dominando el Domi-No", en *CIRCO*, "*Boletín Técnico*", nº 120, 2004.

⁵⁴ BAUDRILLARD, Jean (1977) "El efecto Beaubourg. (Implosión y disuasión)", en (1978) *Cultura y simulacro*. Barcelona: Editorial Kairós, pp. 77-99.

⁵⁵ Baudrillard realiza una crítica implacable que desborda los límites disciplinares de la arquitectura para extenderse a la crítica social y cultural.

Kenneth Frampton el edificio es una materialización de la retórica tecnológica e infraestructural de *Archigram*.⁵⁶ El edificio ejemplifica la "cabaña tecnológica" contemporánea que hace realidad la utopía del grupo inglés e inaugura de forma brillante la arquitectura *high-tech* como respuesta a la técnica contemporánea.⁵⁷ Fernández-Galiano lo considera el más influyente de los museos ingenieriles y lo compara con "una enorme refinería de vidrio y metal, con la estructura visible y los grandes tubos de colores de las instalaciones o de las escaleras mecánicas adornando el exterior de las fachadas". Considera que "esta gran máquina, situada en el entorno apacible y tradicional del barrio parisino del Marais, quería desacralizar el arte y hacerlo más accesible, en línea con el fervor populista de la rebelión intelectual del 68".⁵⁸



Ilustración 3. Renzo PIANO y Richard ROGERS, *Centro George Pompidou*, París, 1972-1977.

El diseño ganador del concurso (1971) convocado por el presidente gaullista George Pompidou era una máquina transparente y estaba estructurado en placas que podían elevarse o descender para lograr la máxima flexibilidad. La estructura portante se basaba en grandes vigas que minimizaban la necesidad de pilares. Todos los sistemas de instalaciones fueron proyectados en el exterior y realizados a la vista lo que permitía un fácil mantenimiento de las mismas y su sustitución cuando fuese necesario.⁵⁹ Finalmente, la fachada principal incluía una pantalla gigante en la que aparecerían mensajes electrónicos acerca de actividades y eventos desarrollados en el centro o también informaciones y noticias políticas y culturales. Se trataba de un edificio contenedor que pretendía ser un generador de cultura y no simplemente un

⁵⁶ FRAMPTON, Kenneth (1987) *Op. Cit.*, p. 289.

⁵⁷ ALONSO PEREIRA, José Ramón (2005) *Introducción a la Historia de la arquitectura*. Barcelona: Editorial Reverté, p. 282. Véase también: ALONSO PEREIRA, José Ramón (2011) "El Centro Pompidou de París y el sentido corbuseriano del lugar", en *Cuadernos de Proyectos Arquitectónicos. Nº 2. El Lugar*. Septiembre 2011. Madrid: DPA-ETSAM-UPM, pp. 27-32.

⁵⁸ FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis (1998) "El arte del museo", en *AV Monografías "Museos de Arte"*, nº 71, 1998, p. 6.

⁵⁹ Sobre la elaboración del proyecto y la construcción del edificio como artefacto cultural véase: SILVER, Nathan (1994) *The Making of Pompidou. A Building Biography of the Centre Pompidou*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

museo al uso.⁶⁰ Su planteamiento era el de un diagrama construido, casi puro, con una imagen de anti-monumentalidad.⁶¹



Ilustración 4. Sir Basil SPENCE. *Sea and Ships Pavilion, Festival of Britain*, bocetos preliminares, 1949.

Los antecedentes para el diseño del *Plateau Beaubourg Centre Paris* (el título formal dado por el concurso) incluyen las investigaciones de Buckminster Fuller, el grupo *Superstudio*, y los metabolistas japoneses. Pero, sobre todo, el grupo inglés Archigram, la fuente principal de referencia para las macro-estructuras en movimiento y el interés por las nuevas tecnologías. Piano y Rogers propusieron una idea radical que tenía dos referencias significativas: el *Sea and Ships Pavilion* de Sir Basil Spence para la exposición del "Festival of Britain" del año 1951 en Londres y, por otra parte, la dimensión lúdica del proyecto del *Fun Palace* de Cedric Price del año 1961.

Los seis años transcurridos entre el concurso y la inauguración hicieron que los planes para los suelos móviles fuesen abandonados así como la gran pantalla de la fachada. El sucesor de Pompidou en la presidencia de la República, Valéry Giscard d'Estaing intentó moderar los rasgos vanguardistas de la estructura, haciéndolo más tradicional al tiempo que se recortaron las inversiones previstas. Este proceso culminó con la intervención de la arquitecta Gae Aulenti que dividió el espacio destinado a galería de arte moderno en cubículos, eliminando las particiones ligeras que se deslizaban sobre rieles en el techo.

⁶⁰ Se trata de una de las primeras operaciones de regeneración urbana de la segunda mitad del siglo XX. Mediante la utilización de un edificio como icono, la creación de un hito urbano y una intervención social, promueve y regenera una zona marginada. El éxito de la operación hará que sea imitada en otras ciudades como el caso de la creación del Museo Guggenheim para la recuperación del centro de Bilbao.

⁶¹ Irónicamente esta imagen de pretendida anti-monumentalidad se ha ido transformando a partir de su éxito instantáneo en uno de los "monumentos" por excelencia de la capital francesa.



Ilustración 5. Renzo PIANO y Richard ROGERS, *Centro George Pompidou*, París, 1972-1977.

El edificio se había convertido en un símbolo de una nueva manera de albergar, producir y exhibir la cultura. Al principio no contó con el apoyo de los críticos arquitectónicos. Es el caso de Frampton⁶² que lo ataca describiéndolo como un ejemplo de escasez de paredes y excesiva flexibilidad. Critica también la indiferencia de la escala del edificio con respecto a su contexto urbano y valora de forma irónica las espectaculares vistas que se pueden disfrutar desde las escaleras mecánicas acristaladas. Se le da el papel de gesto y elemento protagonista continuando así la celebración moderna del movimiento.⁶³ El crítico inglés Alan Colquhoun lo acusó de populismo y gigantismo.⁶⁴ Reyner Banham, en cambio, consideraba que era el único monumento público de calidad internacional producido durante la década de los setenta considerándolo como el monumento terminal del "movimiento megaestructural" llegando a designarlo humorísticamente como "*el Pompidolio*".⁶⁵ Richard Rogers atribuye el éxito de la estructura al momento histórico, la curiosidad de la sociedad de masas con un creciente interés en las actividades culturales, siendo de hecho el Centro Pompidou la primera estructura abierta dedicada a los nuevos medios. Pero también señala la intuición artística comparándose en ocasiones con la música de *jazz*, perfecta en todas sus partes individuales, pero al mismo tiempo flexible y abierta. El *jazz* marca la fractura de lo mecánico en favor de la discontinuidad, la participación, la espontaneidad y la improvisación. En el *jazz*, la

⁶² FRAMPTON, Kenneth (1987) *Op. cit.*, p. 289-290.

⁶³ MONTANER, Josep Maria (1993) *Después del movimiento moderno. Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 123-124. En una obra posterior considera que la figuración retromoderna e industrial del Centro Pompidou estaría obsoleta como reflejo de las nuevas condiciones del contexto de la sociedad postindustrial, el mundo de la imagen y la "aldea global". De los patrones clásicos de la época industrial (consistencia, fuerza, eficacia) se pasaría a la ligereza, la transparencia, la inteligencia y la densidad de información, aspectos representados de forma más adecuada en proyectos como el *Centro de Arte y Tecnología* (ZKM) de Karlsruhe (1989) de Rem Koolhaas o la propuesta de *arquitectura Ninja* (1989) de Peter Wilson y Julia Bolles. MONTANER, Josep Maria (1997) *La modernidad superada. Arquitectura, arte y pensamiento del siglo XX*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 151-152.

⁶⁴ COLQUHOUN, Alan (1977) "Plateau Beaubourg" en *Architectural Design*, vol. 47, nº 2. Reimpresión en: COLQUHOUN, Alan (1981) *Essays in Architectural Criticism. Modern Architecture and Historical Change*. Cambridge (MA.): The MIT Press, pp. 110-119.

⁶⁵ BANHAM, Reyner (1977) "The Pompidolium", en *Architectural Review*, vol. CLXI, nº 963, Mayo 1977, pp. 271-278.

interpretación generalmente coincide con la composición por lo que se convierte en algo vivo, como una conversación en la que se depende de un repertorio de temas disponibles y donde se rompe la armonía tradicional a través de la composición por fragmentos, que se organiza como una estructura en forma de mosaico.⁶⁶

Muchos críticos quedaron impresionados por los sistemas de instalaciones, tuberías, acero, cristal y sistemas mecánicos diversos. Esto fue el resultado de la preconcepción de que se trataba de otro elogio neo-futurista a la belleza y el poder de la máquina. El edificio del Beaubourg, sin embargo, marca el inicio de algo nuevo. Para Saggio los autores proyectan deliberadamente una arquitectura sin estilo que se basa en la presencia "revolucionaria" de las funciones de la sociedad de masas. Se coloca la estructura, los implantes y la circulación en el exterior del edificio con el fin de dejar completamente disponible el interior del edificio para albergar usos diversos y cambiantes.⁶⁷



Ilustración 6. Renzo PIANO y Richard ROGERS, *Centro George Pompidou, París, 1972-1977*.

La “*Firmitas*” vitruviana, es decir, la atención a los valores del peso y la estructura, se reemplaza por la ligereza, la indeterminación, la transformabilidad y la implicación del usuario. Este se ve inducido a experimentar una sensación libre, abierta y anti-museística del arte y de la cultura en una especie de homenaje corpóreo a los grandes mitos del 68. El edificio presenta con voluntad agresiva una idea industrial de la arquitectura mostrando las estructuras de servicio en la fachada y por otro lado da vida a una nueva funcionalidad lúdica: la de la cultura y el saber de la sociedad del espectáculo. Se concibe como centro vital de información y esparcimiento, contenedor flexible y comunicador dinámico.

Hay un largo proceso desde la lógica de la “máquina de habitar” funcionalista sustentada en las imágenes de los automóviles, barcos y aeroplanos, cuya pulida perfección había caracterizado los productos de la sociedad industrial en la primera mitad del siglo XX

⁶⁶ PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1999) *Op. cit.*, p. 7.

⁶⁷ SAGGIO, Antonino (2010) *Op. cit.*, pp. 254-255.

hasta el "mecanismo *beaubourg*".⁶⁸ Aquí entramos en una nueva era, marcada por la electrónica y caracterizada por tres fenómenos: inmaterialidad, sensorialidad y multimedialidad.

En primer lugar la inmaterialidad (desmaterialización), expresada primariamente por la transparencia. La idea de los sistemas visibles⁶⁹ de hecho pertenece al grupo Archigram y los "metabolistas", para los cuales desde los años sesenta en adelante, era necesario devaluar los problemas tradicionales de la composición arquitectónica por lo que rechazan que el diseño de la fachada, las habitaciones, los componentes o los detalles, deban, en sí mismos, ser centrales de ningún modo; en su lugar remarcan las conexiones y relaciones entre espacios, funciones y actividades en una sociedad basada en flujos, muchos de los cuales son inmateriales.

En segundo lugar, la sensorialidad es la capacidad de la estructura (edificio) de interactuar con el mundo exterior. Esto implica la instalación de sistemas en los que la masa se minimiza y se aumenta la flexibilidad, en una analogía con el sistema muscular y nervioso del cuerpo humano, y que sean sensibles a los cambios del entorno y registren las necesidades individuales de los usuarios. Esto explica la organización del Centro Pompidou como un sistema complejo de actividades coordinadas y, en términos generales, como una máquina que gestiona información en más de un nivel, relativa a múltiples actividades y utilizando para ello diversas técnicas.

Finalmente la multimedialidad representa la elección de transformar el edificio en un organismo capaz de transferir mensajes utilizando medios diversos que se integran dentro de la propia fábrica. El edificio se convierte así en una pantalla que irradia luz, color y sonidos y, al mismo tiempo, comunica información. El Centro Pompidou –al menos en su diseño original– responde a la suma de una institución y un espacio público, un cruce en palabras de su autor entre "*el Museo Británico y un Times Square informatizado y con vocación informática*".⁷⁰

5.3.2.2 Una Bauhaus electrónica: una arquitectura para replicantes.

El holandés Rem Koolhaas es un arquitecto con una formación híbrida en la que se entremezclan disciplinas como el cine, el arte y, sobre todo, el periodismo y la comunicación. En 1985 escribía un ensayo titulado "La belleza terrible del siglo XX" en el que mostraba su sensibilidad hacia la fascinación caótica de la metrópolis contemporánea y que comenzaba con

⁶⁸ MARINELLI, Giuseppe (1978) *Il centro Beaubourg a Parigi: "macchina" e segno architettonico*. Bari: Dedalo Libri.

⁶⁹ Podemos encontrar una imagen poética de este tipo de sistemas en la descripción de Armilla, una de las *Ciudades Invisibles* del escritor italiano Italo Calvino: "*Si Armilla es así por incompleta o por haber sido demolida, si hay detrás un hechizo o sólo un capricho, lo ignoro. El hecho es que no tiene paredes, ni techos, ni pavimentos; no tiene nada que la haga parecer una ciudad, excepto las tuberías del agua que suben verticales donde deberían estar las casas y se ramifican donde deberían estar los pisos: una selva de tubos que terminan en grifos, duchas, sifones, rebosaderos.*" CALVINO, Italo, "Las ciudades sutiles 3", en (2005) *Las ciudades invisibles*. Madrid: Siruela, p. 63.

⁷⁰ VIDAL, Luis (2011) *Richard Rogers*. Madrid: Unidad Editorial, p. 33.

estas palabras: “¿Hay una zona en la historia –excepto quizás el Foro de Roma– con una historia arquitectónica tan rica como el Forum des Halles y sus inmediatos alrededores, incluyendo Beaubourg?”.⁷¹ Con esta pregunta de carácter retórico Koolhaas proclama la comprensión de que la belleza del siglo XX recae en la mezcla de actividades y de medios de transporte e intercomunicación, la superposición de medios orales, visuales y audiovisuales.⁷²

En su diseño para el concurso de la *Biblioteca de Francia* (1989),⁷³ Koolhaas propone un edificio que juega con la relación entre las áreas sólidas de la información –libros– y el vacío de los espacios de lectura, encuentro e interconexión, estructurándolos mediante el uso de grandes vigas *Vierendeel* tomadas como cita del Centro Pompidou. A pesar del interés del proyecto, el resultado fue negativo, resultando ganador el proyecto de Dominique Perrault mucho más retórico y antifuncional. En ese mismo año⁷⁴ Koolhaas ganó el concurso para el *Zentrum für Kunst und Medientechnologie* (ZKM)⁷⁵ en Karlsruhe, Alemania, un gran zócalo sobre el que se levanta una masa de cristal, con docenas de funciones en su interior e imágenes de su actividad reflejadas en las fachadas.⁷⁶



Ilustración 7. Rem KOOLHAAS, *Zentrum für Kunst und Medientechnologie*, Karlsruhe, 1989.

La referencia evidente del grupo *Office for Metropolitan Architecture* (OMA, el estudio formado por Koolhaas, su esposa Madelon Vriesendorp y la pareja formada por Elia y Zoe

⁷¹ KOOLHAAS, Rem (1985) “The Terrifying Beauty of The Twentieth Century”, en KOOLHAAS, Rem; MAU, Bruce (1995) *S, M, L, XL*. Rotterdam: 010 Publishers, pp. 205-208.

⁷² PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1999) *Op. cit.*, pp. 10-11.

⁷³ KWINTER, Sanford (2002) *Rem Koolhaas: conversaciones con estudiantes*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 21-28.

⁷⁴ Recordemos que el 9 de noviembre del año 1989 se produjo la caída del Muro de Berlín.

⁷⁵ Centro ZKM para las Artes y Tecnologías de los Medios de Comunicación. El visionario proyecto de Koolhaas finalmente no fue construido debido a los planteamientos conservadores del gobierno de la ciudad. Se optó por la remodelación de un edificio industrial en ruinas de comienzos de siglo que había sido destinado a fábrica de armamento y munición. Desde 1999 ha sido dirigido por el artista, teórico y comisario (*curator*) Peter Weibel. Desde sus inicios ha estado concebido no sólo como un museo con las funciones tradicionales de colección y exhibición sino también como un lugar para la producción y la investigación siguiendo el modelo multidisciplinar de la Bauhaus de Walter Gropius, pero adaptado a la era postindustrial basada en la información y los *media*.

⁷⁶ MONTANER, Josep Maria (1997) *Op. cit.*, p. 152.

Zenghelis) en este proyecto era el Centro Pompidou y su concepto de superposición e integración de actividades. La fusión se convierte en la clave del proyecto: colocar juntos en un mismo lugar un museo mediático, un museo de arte contemporáneo, un teatro, una sala de conferencias, una biblioteca, actividades de investigación e instalaciones para la producción de música, vídeo y realidad virtual.⁷⁷ Pero también la realización de un laboratorio abierto donde, a modo de "arena darwiniana", los medios clásicos y los electrónicos puedan competir entre sí e influenciarse mutuamente.

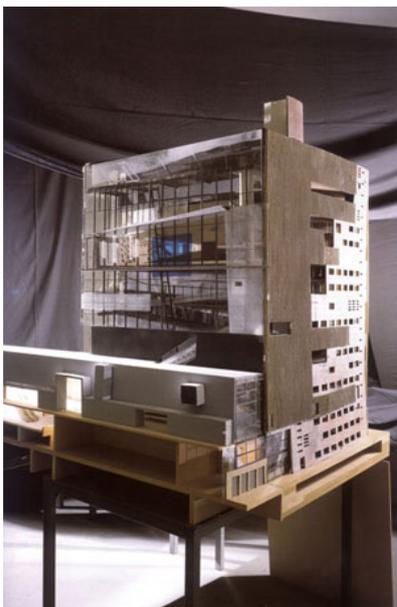


Ilustración 8. Rem KOOLHAAS, *Zentrum für Kunst und Medientechnologie*, maqueta, Karlsruhe, 1989

El centro de tipo futurista contrasta con el carácter barroco clasicista de la ciudad y de la estación de tren vecina. El emplazamiento del edificio se sitúa exactamente en el punto de contacto entre la ciudad vieja y la nueva. Para conseguir flexibilidad espacial desarrolla el mecanismo de la "sección libre", apoyado en su clásica solución a partir de la viga *Vierendeel*,⁷⁸ que le permite lograr la libertad estructural necesaria para las diferentes plantas.⁷⁹ A partir de

⁷⁷ KWINTER, Sanford (2002) *Op. cit.*, pp. 29-33.

⁷⁸ Viga con forma de celosía ortogonal inventada y patentada por el ingeniero belga Jules Arthur Vierendeel. Es una estructura de entramado denominada de transición, pues permite salvar grandes luces (de 6 a 27 metros dependiendo de la distancia entre verticales). Se emplea en la construcción de puentes y en la resolución de grandes vanos en edificios. La viga está formada por una serie de cordones horizontales y barras verticales rígidas, a modo de celosía ortogonal, que conecta los cordones superiores con los inferiores sin barras diagonales. Es pues una viga con estructura interna de celosía en forma de rectángulo. Esta característica hace que se denomine también como: viga de tirantes verticales sin entramado triangular. Es un recurso muy utilizado por Koolhaas que se refiere incluso al "concepto vierendeel" (*The Vierendeel concept*). KOOLHAAS, Rem; MAU, Bruce (1995) *Op. cit.*, p. 675. Véase también: GARGIANI, Roberto (2008) *Rem Koolhaas/OMA. The Construction of Merveilles*. Lausana: EPFL Press, pp. 228-229.

⁷⁹ En este proyecto OMA colaboró con Cecil Balmond/Arup constituyendo un primer ejemplo de la permeabilidad establecida entre la ingeniería y la arquitectura en la obra de Koolhaas. Véase PENZEL, Christian (2012) "The Culture of Construction: Examples from the Last Fifty Years of a Remarkable

esta premisa, dentro del contenedor cúbico se deforman y se interrumpen forjados creando una continuidad visual entre las plantas y se realizan conexiones mediante rampas, escaleras mecánicas, ascensores, etc., lo que garantiza la flexibilidad y el movimiento.⁸⁰

Como afirma Koolhaas: "para generar densidad, explotar la proximidad, provocar tensión, maximizar fricciones, organizar espacios intermedios ("*in-betweens*"), promover filtros, identidad del patrocinador y estimular lo difuso (*blurring*) el programa completo se incorpora en un sencillo contenedor de 43x43x58 metros".⁸¹ Cada piso contiene una actividad diferente, pero todas están relacionadas por los espacios tecnológicos y las áreas de distribución que se asemejan a grandes cavidades de inspiración piranesiana. Hay un área tecnológica en la zona sur, conocida como el área "robot", que alberga escenarios de teatro, equipamiento electrónico, proyectores y otras herramientas que se desplazan de un nivel a otro según las necesidades. Filtrado por un revestimiento de fachada en poliéster, los componentes del "robot" pueden ser vistos desde la autopista que discurre al lado del edificio

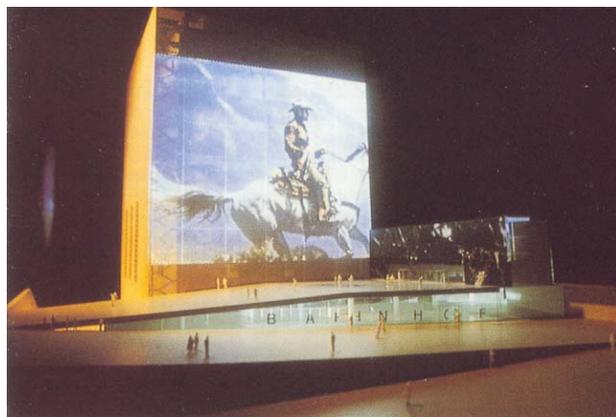


Ilustración 9. Rem KOOLHAAS, *Zentrum für Kunst und Medientechnologie*, Karlsruhe, 1989.

La fachada este, enfrentada a la entrada de la estación de ferrocarril, es una gran pantalla⁸² donde se pueden proyectar películas. La fachada norte, que contiene los itinerarios verticales del centro, da a la estación de ferrocarril y, en particular, a las vías del tren, creando un efecto de superposición de movimientos con reminiscencias de la estética futurista. El museo de los *media* en la planta baja penetra en la estación y puede ser visto, a través de las paredes de cristal, por los viajeros. Con todos sus mecanismos espaciales y tecnológicos, el edificio es el prototipo de un nuevo tipo de centro multimedia. Una "*Bauhaus electrónica*", como afirma el propio Koolhaas en su libro *S,M,L,XL*.⁸³ La Bauhaus de Gropius expresaba el método de diseño de la civilización industrial: la factoría como modelo, una máquina

Development" - "Partial Collages-Rem Koolhaas, Cecil Balmond, and the Informal Patchwork", en FLURY, Aita [ed.] (2012) *Cooperation: The Engineer and the Architect*. Basel: Birkhäuser Verlag, pp. 50-53.

⁸⁰ PUEBLA PONS, Joan (2002) *Op. cit.*, p. 208.

⁸¹ KOOLHAAS, Rem; MAU, Bruce (1995) *Op. cit.*, p. 692.

⁸² Esta fachada transformada en pantalla gigante se ha comparado en ocasiones con las imágenes de pantallas publicitarias que poblaban el escenario distópico de la película *Blade Runner*. MANOVICH, Lev (2005) *Op. cit.*, p. 168.

⁸³ KOOLHAAS, Rem; MAU, Bruce (1995) *Op. cit.*, p.. 691.

concebida utilizando estándares funcionales, principios que adquirieron forma concreta en una construcción racional, ligera, simple y dinámica con unos claros fundamentos geométricos.

ZKM es un claro producto de la era electrónica. Es un complejo organismo, basado en la interacción entre varias actividades internas, así como entre éstas y el mundo externo. Su objetivo consiste en gestionar información, a veces con la producción de resultados inesperados. Son los flujos más que los engranajes la fuerza motriz del siglo XXI. Lo inmaterial consecuentemente predomina en arquitectura: los muros pierden su consistencia, los objetos se desmaterializan y el contenido predomina sobre el contenedor. Además ZKM es polimorfo, porque está en constante transformación y porque cada una de las partes responde a una lógica diferente y es precisamente la electrónica lo que permite gestionar esta diversidad mediante la utilización de los programas informáticos adecuados.

5.3.2.3 En el jardín digital: una biblioteca en un microchip.

"Un diagrama ampliado de un microchip es como una perspectiva a vista de pájaro de una ciudad procesada por ordenador."

Toyo Ito, "La ciudad es un jardín de microchips"⁸⁴

En 1992 se anunció en París un concurso para la Biblioteca de la Universidad de Jussieu. Los proyectos más interesantes fueron los de Rem Koolhaas y Toyo Ito. Koolhaas presentó una estructura paralelepípedica de 64 metros de altura que utilizaba una red regular de pilares. Las placas de los suelos se curvaban como hojas de papel que se encontraban unas a otras creando un *continuum* espacial sin roturas desde la planta baja hasta el techo.⁸⁵ En esta solución pueden verse referencias a grandes proyectos de la historia de la arquitectura basados en el principio de "progresión ascendente" como por ejemplo la espiral del Museo Guggenheim de Wright en Nueva York (1943-1959). Pero en el proyecto de Koolhaas la referencia sirve para destacar las diferencias más que para proponer semejanzas.

La matriz del Museo Guggenheim de Wright es una rampa helicoidal, una superficie curva tridimensional, más que un elemento prismático, definiendo un volumen que va girando y creciendo en anchura a medida que se eleva a modo de zigurat invertido. En la propuesta de Koolhaas, el *continuum* se crea mediante el plegado/doblado de las particiones horizontales, pero permaneciendo todavía dentro de la lógica de la caja. La tensión ascendente surge por la transformación de esta geometría plana en otra curva. Es la consecuencia de un proceso

⁸⁴ ITO, Toyo (1993) "Un jardín de microchips. La imagen de la arquitectura en la era de la microelectrónica", en ITO, Toyo (2000) *Escritos*. Murcia: Colección de Arquitectura, nº 41, COAAT, Murcia, p. 136. En esta obra Ito cita la exposición celebrada en el Museo de Arte Moderno de Nueva York en el año 1990 titulada "*Information Art: Diagramming Microchips*" que examinaba el valor del microchip como icono de la civilización tecnológica contemporánea. Incluía diseños de AT&T Bell Laboratories, Hewlett-Packard, IBM., Intel, etc., y se mostraban imágenes diagramáticas de los circuitos integrados usados en los ordenadores.

⁸⁵ KOOLHAAS, Rem (1995) "Unraveling", en: KOOLHAAS, Rem; MAU, Bruce (1995) *Op. cit.*, pp. 1304-1344.

parcial e incompleto de mutación cuyo resultado es un híbrido. Es un objeto, cuya forma intermedia –no ser ni caja ni espiral, pero al mismo tiempo ser una cierta mezcla de ambas– puede finalmente materializarse gracias a los complejos cálculos estructurales realizados por ordenador. Se juega dentro del mismo artefacto con los aparentemente irreconciliables contrastes entre lineal-ondulado, estático-dinámico y abierto-cerrado.

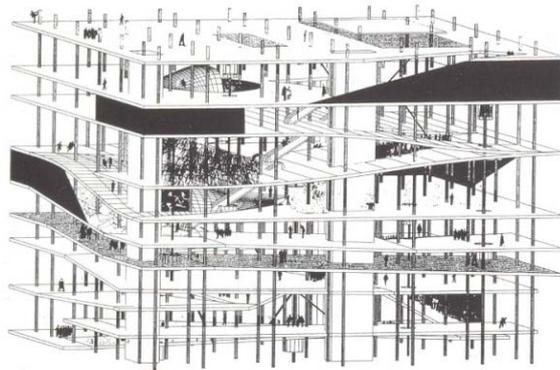


Ilustración 10. Rem KOOLHAAS-OMA, Proyecto para la Biblioteca Universitaria de Jussieu, París, 1992.

Frente a la complejidad del espacio organizado por Koolhaas el arquitecto japonés Toyo Ito respondió con una caja de carácter minimalista: una plataforma compuesta por la yuxtaposición de cuerpos longitudinales en dos niveles que miran hacia otros cuerpos longitudinales de doble altura. Este esquema se rompe en dos puntos con la introducción de dos cuerpos elípticos que actúan como elementos de encuentro. Las superficies exteriores están revestidas con materiales transparentes que permiten al espectador urbano vislumbrar las estanterías y el mobiliario del interior.

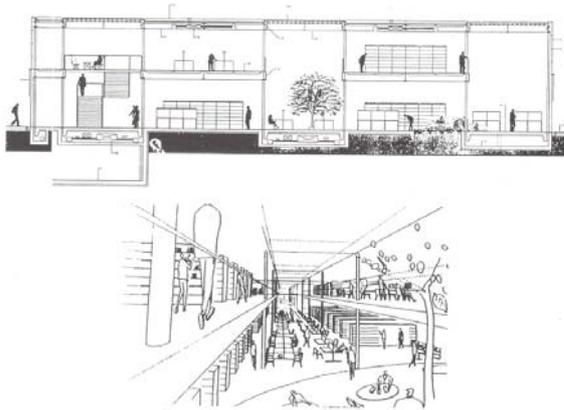


Ilustración 11. Toyo ITO, Proyecto para la Biblioteca Universitaria, París, 1992.

Ito rechaza cualquier concesión expresiva: no hay referencias o enlaces con la historia, alusiones a lenguajes consolidados, juegos en claroscuro o de efectos cromáticos. Ito continúa su búsqueda hacia una forma absoluta de simplicidad, *“una nueva simplicidad que entiende que la complejidad no es ya expresable en términos geométricos o, para ser más exactos, que la complejidad geométrica y sus deformaciones han dejado de ser recursos pertinentes en*

relación a la expresión arquitectónica".⁸⁶ La idea arquitectónica consiste, por tanto, en la búsqueda de un espacio neutral, homogéneo, no perspectivo, transparente hasta convertirse en efímero, una antítesis de la arquitectura monumental.

Debido a la inexpresiva naturaleza de la envolvente, la atención del observador se traslada del contenedor al contenido con el resultado de que la biblioteca se asemeja a un *chip* en un ordenador. En ambos casos se da preferencia a las interconexiones que permiten la transmisión de la información y ambos están estructurados alrededor de una retícula de itinerarios preferiblemente rectos y ortogonales y, en cualquier caso, basados en la lógica del camino más corto.

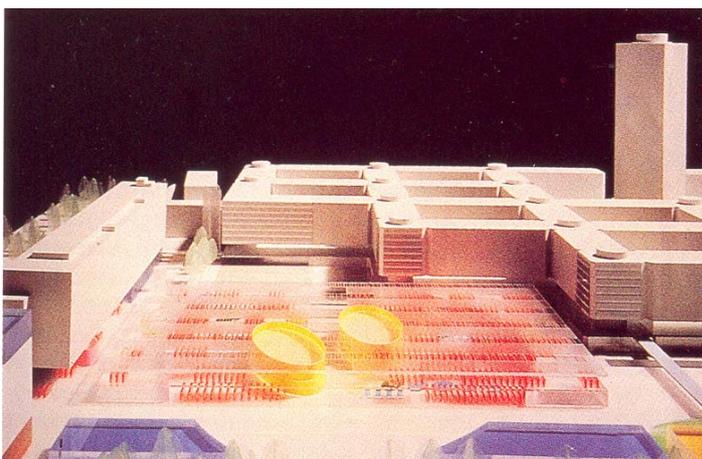


Ilustración 12. Toyo ITO, Biblioteca Universitaria de Jussieu, Maqueta conceptual, París, 1992.

El propio Ito explica el planteamiento claramente informacional del edificio:

*"En el proyecto (...) se perseguía conseguir hacer arquitectura como un dispositivo para controlar el ambiente. Aquí, en primer lugar, se establecía un gran local ovalado (centro) en un terreno libre que está situado entre tres edificios del campus universitario. Este local es el centro de información que transforma el espacio libre de negativo a positivo uniendo los tres edificios. En concreto es un espacio con una función en torno principalmente de la sala de lectura de la biblioteca, es decir, que es un dispositivo de memorización y de emisión de información, siendo al mismo tiempo un área con una densidad muy alta de información ya que es el centro de comunicaciones para estudiantes y profesores. (...) Por una parte, es un dispositivo de memorización y de emisión de información, un lugar donde los flujos electrónicos forman remolinos; por otra parte, es como un aparato de filtración de la luz, del calor (aire) y de los sonidos, un lugar donde cambia el flujo de la naturaleza."*⁸⁷

Más adelante afirma: "El óvalo y la raya, que simbolizan, respectivamente, cada uno de esos aspectos, se superponen formando un espacio en capas. ¿No se podría considerar este

⁸⁶ ÁBALOS, Iñaki; HERREROS, Juan (1995) "Toyo Ito: el tiempo ligero", en *El Croquis. Toyo Ito: 1986-1995*, nº 71, 1995, p. 39.

⁸⁷ ITO, Toyo (2000) *Op. cit.*, pp. 131-149.

proyecto como la realización arquitectónica del jardín de microchips en el sentido de que está caracterizado por la fluidez, la multiplicidad de capas y el carácter fenomenológico, ya que además estas características se han materializado en elementos arquitectónicos tales como planchas y pantallas?”⁸⁸

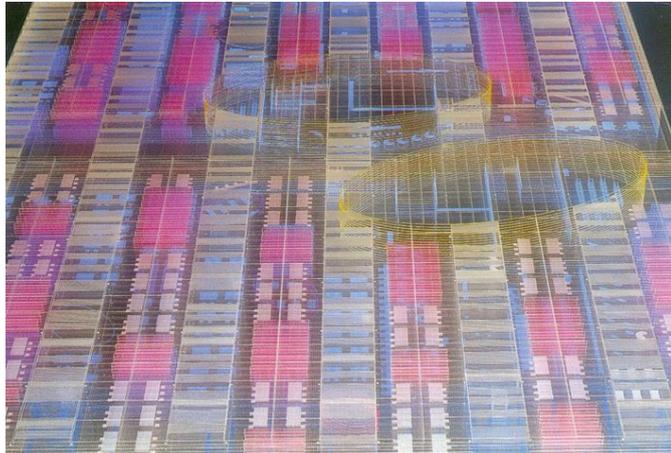


Ilustración 13. Toyo ITO, Biblioteca Universitaria de Jussieu, maqueta conceptual (detalle), París, 1992.

Por otra parte, los dos cuerpos elípticos incluidos en el diseño del proyecto, aunque no presentan un equivalente inmediato en la arquitectura real de un ordenador, es decir, la del microchip, sugieren el movimiento de flujos de energía. “El óvalo”, observa Ito, proporciona “fluidez a la estructura, favorece su apertura hacia el exterior y la interacción con el entorno, exactamente como un remolino en el agua interactúa con las corrientes vecinas”.

Ito desarrolla conscientemente la metáfora de la fluidez y de lo líquido en su arquitectura:

“...intento producir obras que cambien de la misma manera que la naturaleza. A menudo uso la metáfora de un poste enterrado en el lecho de un río; no entiendo mi arquitectura como ese poste -un elemento estable, fijo- sino como el remolino que se produce detrás de él, como consecuencia de su encuentro con la corriente de agua. Este remolino es de una naturaleza completamente diferente a la del poste, así como a la de la corriente, pero posee un lugar que se relaciona tanto con el poste como con la corriente.”⁸⁹

⁸⁸ ITO, Toyo (2000) *Op. cit.*

⁸⁹ OPPICI, Fabio; WALKER, Enrique (1998) *12 Entrevistas con arquitectos*. Santiago de Chile: Ediciones ARQ, Escuela de Arquitectura, Pontificia Universidad católica de Chile, pp. 94-103. [Texto basado en una entrevista con Toyo Ito, realizada el 7 de octubre de 1995, después de dar una conferencia en la Bienal Internacional de Arquitectura, en Buenos Aires.]

5.3.3 Entre lo analógico y lo digital: cibermetáforas en el bosque de los *media*.

La figura del arquitecto japonés Toyo Ito⁹⁰ resulta central para entender el alcance de las conquistas de la revolución informática en arquitectura debido a su doble papel como pionero por una parte y por otra, como investigador acerca de las relaciones entre lo digital y la arquitectura.⁹¹ Se trata de un auténtico precursor de la reflexión acerca del impacto de la electrónica sobre el mundo de la arquitectura en un contexto dominado por la información y sus flujos dinámicos. Con ingenio creativo intenta afrontar las múltiples complejidades y situaciones del mundo contemporáneo al tiempo que transforma en arquitectura las nuevas potencialidades facilitadas por lo digital que, como ya sabemos, se caracteriza por el cambio y la mutación.

La influencia de la cultura tradicional japonesa hace que Ito viva intensamente el cambio de las estaciones, de los agentes atmosféricos, del paisaje con una característica de ligereza y al mismo tiempo con un sentimiento casi místico del devenir y de la mutación que resulta extraño en otras culturas. Al interés por los *media* electrónicos y por todo el nuevo mundo de la información, Ito añade el mismo interés de carácter ligero y profundo por los elementos de la naturaleza: el viento, el aire que transforma los sonidos, los árboles con su vibración, la luz y, naturalmente, el agua que se convierte en el elemento generador de alguno de sus proyectos más señalados.⁹²

En 1991, un año antes de la competición para la Biblioteca de París, Toyo Ito había participado en Londres en la exposición realizada en el *Victoria and Albert Hall*, "*Visions of Japan*", diseñando una habitación/espacio que denominó *Simulation*, pero que siguiendo los consejos de Arata Isozaki, comisario de la exposición, modificó sustituyéndolo por un título más popular y atractivo: *Dreams*.



Ilustración 14. Toyo ITO, "Dreams", Exposición "*Visions of Japan*", Londres, 1991-1992.

⁹⁰ En el año 2013 fue galardonado con el Premio Pritzker de Arquitectura.

⁹¹ SAGGIO, Antonino (2010) *Op. cit.*, p. 431.

⁹² SAGGIO, Antonino (2008) "Le forme dell'acqua", Prólogo en MELLO, Patrizia (2008) *Ito Digitale. Nuovi media, nuovo reale*. Roma: EdilStampa, pp. 5-8.

La instalación tenía unas dimensiones de 10x28 metros y 26 proyectores arrojaban imágenes urbanas de Tokio sobre el pavimento recubierto de paneles acrílicos de acabado mate. Una pantalla de cristal líquido estaba montada en el lado más corto y la pared más larga consistía en un muro recubierto de paneles de aluminio, ligeramente ondulado y oculto tras una cortina, con 44 proyectores que proyectaban imágenes de la capital japonesa. Finalmente una batería de amplificadores difundía música sobre la instalación, con sonidos tomados de la propia ciudad. Los visitantes de la exposición caminaban a través de la misma, fluyendo entre las imágenes como si estuvieran caminando sobre el agua.⁹³

En sus obras, Ito trabaja a menudo sobre una imagen vaciada de todo significado, en una fase o estado que alcanza los sentidos, pero no produce una impresión formal en el intelecto. Como, por ejemplo, en el *Egg of the Winds* (Huevo de los Vientos), una escultura caleidoscópica situada en el barrio de Okawabata Rivercity, 21 (Tokyo, 1990-91) revestida de paneles de aluminio perforados que reflejan las imágenes de la ciudad que se proyectan sobre ellos y, al mismo tiempo, revela otras imágenes procedentes de la TV situada en su interior. Del mismo modo que sucede con una televisión con el sonido desconectado, las imágenes pierden todo su significado, convirtiéndose en fenómenos meramente sensoriales: colores y formas que vibran y fluctúan en el espacio. Visto desde esta perspectiva, el espacio ya no es percibido como un vacío en el que habitan los cuerpos, sino más bien como un medio a través del cual la información se difunde.



Ilustración 15. Toyo ITO, *Egg of the Winds*, Okawabata River City, Tokyo, 1988-1991.

En un ensayo publicado en 1997⁹⁴ Ito afirma que la tecnología electrónica es como el mar, como las olas, como un soplo de vida. Es plenamente consciente de que la electrónica ha transformado totalmente las coordenadas formales del ambiente en que vivimos. En 1989, con su instalación PAO 2: “Alojamiento para mujer nómada de Tokio” (*Dwelling for Tokyo Nomad Woman*, Seibu, Tokyo, 1989) realiza una de las primeras reflexiones importantes sobre el

⁹³ TORRES CUECO, Jorge (2004) *Toyo Ito Arquitecto de la era microelectrónica*. Valencia: ETSA.

⁹⁴ ITO, Toyo (1997) “Tarzan en el bosque de los medios”, en *Revista 2G Revista Internacional de Arquitectura*, Sección 1997. TOYO ITO Nº 2. 1997/II. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 121-144.

sentido del habitar en la época de la electrónica. A diferencia de los arquitectos de los años sesenta Ito no utiliza ningún material propio del imaginario fantástico (escafandras, escudos de plástico, robots,...).

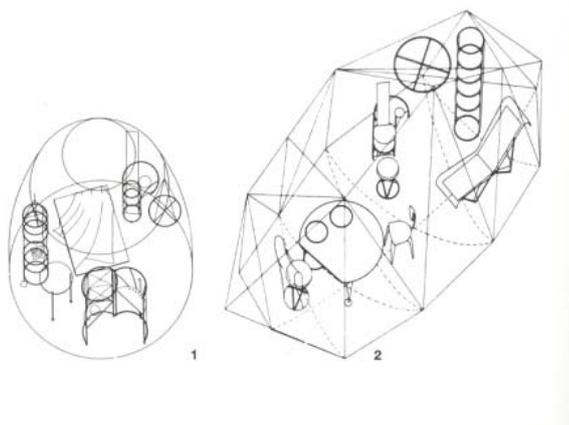


Ilustración 16. Toyo ITO, PAO 1 (1985) PAO 2 (1986), Alojamiento para la Mujer Nómada de Tokyo.

“[...] La casa del futuro es una tienda de forma ovoidal, delimitada por velos transparentes. En su interior tres muebles evanescentes: uno para el maquillaje, uno para comer y otro para las actividades intelectuales. Vivimos, afirma Ito, en una época aérea, inmaterial, hecha de flujos. ¿De qué sirven las paredes cuando podemos transformar los muros en membranas que captan las señales procedentes del entorno circundante? ¿Y de qué sirven los contenedores que estorban en nuestras casas (librerías, alacenas, armarios) cuando, gracias a los nuevos sistemas de distribución, podemos tener todos los servicios en tiempo real? Y, en fin, ¿por qué vivir en una casa radicada y fundada sobre el terreno cuando la tecnología viaja con nosotros [...]? La electrónica permitirá la liberación de los vínculos y de los límites de la sociedad mecánica. El nomadismo, sobre todo el virtual de Internet y de las redes de comunicación, garantizará a nuestro cuerpo una expansión ilimitada. Se sentirá más ligero y transparente pero no se privará de la dimensión material, ni de los valores sensoriales, por la misma razón que el teléfono no ha impedido los encuentros interpersonales o la televisión el gusto por el libro y la lectura.”⁹⁵

Esta vivienda es muy diferente de la casa tradicional que, enraizada en el terreno y llena de objetos con valor simbólico o funcional, representa un mundo aparte, una especie de microcosmos. Exactamente lo contrario de la casa electrónica la cual es, por definición, inestable y no auto-suficiente. La electrónica estimula el nomadismo, la voluntad de desarraigarse de los lugares, para vivir viajando, tanto en un sentido físico (en automóvil, en tren, en avión) como mediante el uso de instrumentos de comunicación (radio, televisión, Internet, teléfono, vídeo-conferencia). Además, no es un fenómeno autárquico por naturaleza y presupone la gestión de la complejidad a través de un esfuerzo conjunto, la unión de muchos recursos y formas de inteligencia. Finalmente, debido a la aceleración en el intercambio de

⁹⁵ PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1999) *This is Tomorrow*. Turín: Testo&Immagine, pp. 18-19.

productos haciéndolos disponibles en cualquier lugar, la electrónica elimina la necesidad de su almacenaje doméstico.

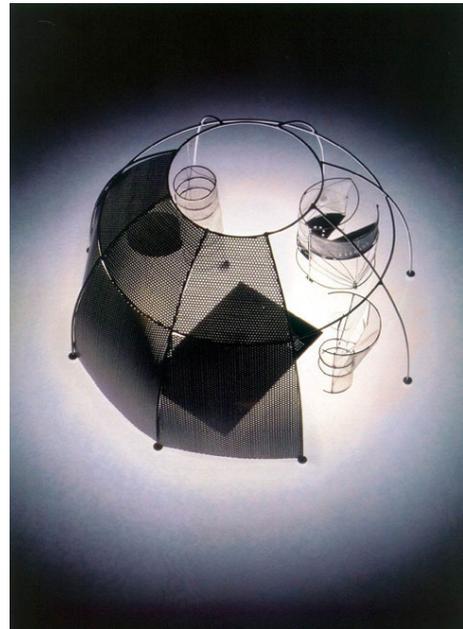


Ilustración 17. Toyo ITO, PAO 1, Alojamiento para la Mujer Nómada de Tokyo, 1985.

En el proyecto *“Nomad Women Housing for Tokyo”*, Toyo Ito propone y, simultáneamente, polemiza sobre un nuevo entendimiento del tiempo y de las prácticas cotidianas en Japón, a través de un sistema efímero, portátil, flexible, modular, destinado a una mujer cosmopolita soltera que vive en Tokyo. Una tercera parte de las unidades familiares de Tokyo están formadas por individuos solitarios. Señalaremos como curiosidad que la arquitecta Kazuyo Sejima, por entonces colaboradora de Ito, es la modelo que aparece en las fotografías del proyecto.⁹⁶

En su casa no necesita de frigorífico, lavadora ni sala de estar dado que todos estos servicios son proporcionados por instalaciones públicas en espacios públicos. Siguiendo este proceso, comienza un círculo cerrado, en el que los espacios públicos se apropian y se vuelven interiorizados y los espacios privados son reducidos al mínimo. La dinámica acelerada de la vida cotidiana transforma las estructuras de sociabilidad y las relaciones público/privado, creando una ruptura entre las rutinas jerárquicas y las estructuras temporales. Extrapolando esta realidad, toda la ciudad de Tokyo tiende a transformarse en un gran y genérico hotel superplano. La superplaneidad⁹⁷ es *“un mundo sin dimensión trascendente, en el que la*

⁹⁶ MOREIRA, Inês; YOSHIMURA, Yuji (2003) "Prácticas cotidianas aceleradas, ou onde vive Kazuyo Sejima?(1)", Artículo en línea publicado originalmente en la revista estudiantil *NU*, Coimbra, febrero de 2003, versión digital en *Arquitextos-Periódico mensual de textos de arquitetura*, 043.05 año 04, dic. 2003 disponible en web: <<http://www.vitruvius.com>>. [Fecha de consulta: 20/04/2014].

⁹⁷ *Superplaneidad* es una traducción libre del término inglés *Superflatness*. *Superflat* es un movimiento artístico posmoderno fundado por el artista japonés Takashi Murakami. Este movimiento busca poner en evidencia el carácter híbrido de la cultura popular japonesa de la posguerra a través de los ojos de la

*estructura social piramidal ha fracasado en favor de modelos horizontales y las rutinas de la vida caen en situación de indiferencia”.*⁹⁸



Ilustración 18. Toyo ITO, PAO 1, Alojamiento para la Mujer Nómada de Tokyo, 1985.

Japón ha desarrollado históricamente un programa de super-funcionalismo capitalista extendido a (casi) todos los campos de la sociedad (economía, política, producción, educación, construcción, entretenimiento). El individuo es visto como un potencial consumidor y su individualidad se lee por y a través de su relación con los objetos y bienes de consumo. La adquisición de bienes producidos en masa define la individualidad y la identidad. Esto puede entenderse como un modelo de distopía tecnológica. Tanto la ilusión de la libertad de elección como el fuerte poder económico esconden una total sumisión dentro de un duro sistema hiper-tecnocapitalista que se alimenta de este modelo de suave “libertad”. No obstante, existe una paradoja de fondo: cuanto más inmersos en la homogeneidad y lo genérico y cuanto más fetichizados son los objetos, más carismática y visible se vuelve una identidad propia. Incluso el tiempo se convierte en un importante subproducto de la mercantilización generalizada.

En este contexto, condicionado por el consumo y el tiempo, surgen las redes de *konbini* (*convenience stores*) como una infraestructura de importancia creciente. Los *konbini* son unas tiendas multifuncionales que sirven de soporte a los nuevos estilos de vida cotidiana. Están dirigidos hacia los hábitos de consumo japoneses tradicionales: no almacenar, comprar todos los días. Las redes sustituirán prácticamente al comercio tradicional y los grandes centros comerciales. Sus principales clientes son individuos sin estructuras familiares nucleares y estudiantes con dinámicas nómadas. Los *konbini* les venden tanto los productos como el tiempo que necesitan.

subcultura *otaku*. Fusiona las técnicas de la pintura tradicional japonesa con los estilos gráficos contemporáneos, como el *manga* y el *anime* y también reconoce la influencia del Pop Art americano.

⁹⁸ IGARASHI, Taro (2001) “Arquitectura superplana y subcultura japonesa”, en *Pasajes de Arquitectura y Crítica. Especial Japón*, nº 29, 2001, pp. 4-9.

El *konbini* es un paradigma del Japón superplano-hiper-capitalista. Refiriéndose a su proyecto de mediateca, Toyo Ito dice: “en cuanto a Sendai, pretendo una *convenience store* de la cultura”.⁹⁹ Ito pretende “producir” arquitectura como *konbini*. En este sentido, los conceptos de arquitectura son completamente diferentes, no se relacionan con el significado, volumen, escala ni con las relaciones público/privado o interior/exterior. Lo que Ito pretende es “una tienda de conveniencia que organice todas sus partes como una tienda y que pueda racional y homogéneamente garantizar la seguridad y la funcionalidad que los arquitectos procuran desde hace tiempo”.¹⁰⁰ Del mismo modo que la modernidad utilizó el taylorismo como metáfora funcionalista para sus espacios, modelos como el *konbini* pueden ofrecer soluciones no arquitectónicas para los espacios dictadas por la gestión y por el mercado como referencia para las nuevas arquitecturas.

Toyo Ito basa sus comentarios y observaciones en el papel (rol) central jugado en la sociedad electrónica por el sentido de las sensaciones y la importancia de la piel en los argumentos adelantados por Marshall McLuhan. Por piel entiende una epidermis sensitiva que cubre los edificios y permite al ambiente doméstico interactuar con el espacio urbano, absorbiendo luces, sonidos, flujos y devolviendo imágenes y tensiones vitales al exterior. Así pues, como escribe el propio Ito:

“(...) ¿qué tipo de entorno deben buscar las personas cuando están rodeadas de aparatos electrónicos? McLuhan dijo una vez que la indumentaria es la extensión de nuestra piel y que la vivienda es la piel. Ya en los años 1960 McLuhan predijo que el desarrollo de los medios electrónicos sería causa de cambios en nuestra cultura fuertemente orientada a los elementos visuales y que ésta se independizaría de las sensaciones cutáneas.

(...) Si como decía McLuhan, ambas, la indumentaria y la arquitectura, son extensiones de nuestra piel ya que funcionan como un mecanismo de control de energía contra el mundo exterior, su función como membrana sería ciertamente muy importante. En otras palabras, tanto la indumentaria como la arquitectura y las ciudades deben limpiar su epidermis con extrema delicadeza y sensibilidad. Ya no podemos usar el vestido o la pared gruesa y pesada convencional para protegernos del mundo exterior, sino que éstos deben funcionar como un sensor muy agudo que detecte el flujo de electrones. Es más, la membrana debe ser flexible y suave. La arquitectura no debería ser un muro grueso y rígido sino una epidermis flexible y suave, como nuestra piel, que nos permitiera intercambiar información con el mundo exterior.

La arquitectura configurada con esta membrana quizás debería llamarse traje de los medios. La arquitectura es una extensión de la indumentaria y por lo tanto un

⁹⁹ IGARASHI, Taro (2000) "21st Architecture, Superflat interview" (Entrevista a Toyo Ito), en *Bijutsu Techo*, Vol. 52, nº 784, mayo 2000. Citado en: MOREIRA, Inês; YOSHIMURA, Yuji (2003) *Op. cit.*

¹⁰⁰ ITO, Toyo; SAKAMOTO, Issei; SHINOHARA, Kazuo. (1999) *Architectural discussions in the edge of our century*, Kenchikugijutsu, 1999. Citado en: MOREIRA, Inês; YOSHIMURA, Yuji (2003) *Op. cit.*

*traje de los medios. Es un traje transparente para un cuerpo transparente y digitalizado. Y resulta que la gente vestida con este traje de los medios transparente se sitúa en la naturaleza virtual, en el bosque de los medios. Son «Tarzanes en el bosque de los medios».*¹⁰¹

Fascinado por la naturaleza, Ito piensa en la electrónica como una energía capaz de reintegrar al hombre en el ambiente, en el flujo de la vida. En 1986 en Yokohama, diseñó un organismo al mismo tiempo natural y artificial: la *Torre de los Vientos*, que abrió caminos nuevos a la arquitectura. La torre, una estructura de 21 metros de altura que alberga el agua del sistema de aire acondicionado de un centro comercial, se convierte en un "condensador de energía",¹⁰² un "intercambiador de información" que filtra el aire, sonidos y ruidos de la ciudad, transformándolos en luz. Como afirma el propio autor: "(...) *podría encarnar de forma óptima el "diseño del aire" (...) Lo que se intentaba aquí claramente no es que alguna sustancia emitiera luz al aire, sino que el propio aire se hiciera luz*".¹⁰³



Ilustración 19. Toyo ITO, Torre de los Vientos, Yokohama, 1986.

Se trata de una arquitectura sensible y reactiva capaz de mutar constantemente. Al anochecer, la torre sufre la misma transformación que la ciudad que tiene a su alrededor. Su cuerpo, materializado por un cilindro ovoidal de aluminio perforado, pero con un revestimiento acrílico, se vuelve transparente, revelando de este modo distintas capas de filigrana de luz de distintos colores. 1280 pequeñas bombillas (nube electrónica), 22 focos (puntos de luz) y 12 anillos de neón (líneas a la manera de paralelos) constituyen el repertorio luminoso que utiliza el ordenador incorporado para transformar el ruido, la velocidad y la dirección del viento en una exposición brillante. Durante el día, el revestimiento acrílico oculta la torre de agua y de ventilación en desuso. Durante la noche, el espectáculo electrónico convierte ingeniosamente la torre en un enorme "barómetro" del clima urbano de

¹⁰¹ ITO, Toyo (1997) "Tarzán en el bosque de los medios", en *Revista 2G, Ibídem*, p. 142.

¹⁰² RUIZ ESTEBAN, Núria (2013) *En los límites de la arquitectura. Espacio, sistema y disciplina*. [Tesis doctoral]. Dirigida por Héctor Mendoza Ramírez y Joan Puebla Pons. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, pp. 55-56. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/10803/117069>> [Fecha de consulta: 19/08/2015].

¹⁰³ ITO, Toyo (1991) "Arquitectura en una ciudad simulada", en ITO, Toyo (2000) *Op. cit.*, pp. 102-103.

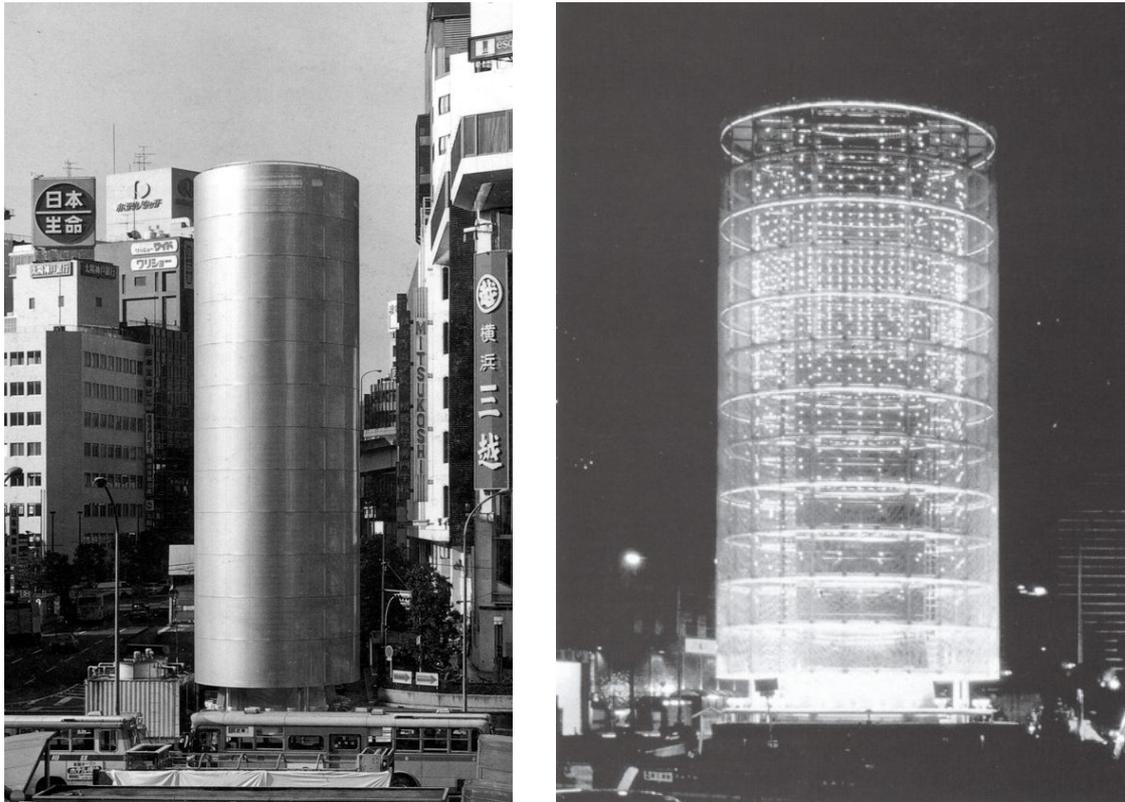
Yokohama.¹⁰⁴

Ilustración 20. Toyo ITO, Torre de los Vientos, Vistas diurna y nocturna, Yokohama, 1986.

El resultado es un objeto arquitectónico arraigado en el lugar, absolutamente contextual, pero sujeto a cambios, porque el aire, la luz y los sonidos a su alrededor no son nunca los mismos. La Torre de los Vientos no cambia, sin embargo, según los ritmos predeterminados de un mecanismo sino que se transforma interactivamente según el flujo de la vida y de las situaciones que tienen lugar en su entorno.¹⁰⁵ Este hito luminoso ejemplifica sin lugar a dudas cómo puede la arquitectura dar vida a las interconexiones dinámicas del mundo de la electrónica.

La torre cuenta además con un sistema de sonido con altavoces que recogen como entrada (*input*) los rumores de la ciudad y a través de una transformación algorítmica devuelven como salida (*output*) una nueva música continuamente cambiante. La torre se convierte en el prototipo de un nuevo modo de concebir la arquitectura. Una arquitectura que no sólo ocupa el ambiente sino que interactúa con él utilizando la electrónica como elemento fundamental de intercambio.

¹⁰⁴ SCHULZ-DORNBURG, Julia (2002) *Arte y Arquitectura: nuevas afinidades*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 23.

¹⁰⁵ SAGGIO, Antonino (2008) *Op. cit.*, p. 5.

5.3.4 *Sendai Mediatheque*: manifiesto metafórico y metafísico.

"El cuerpo existe mediante el flujo del agua. No es ni interior ni exterior. Según esto, el cuerpo es como una gota de agua. Ya había tenido esta idea con relación al concepto de interfaz. Me parecía que la pantalla era como una superficie de agua y cuando intenté expresar esta sensación con más precisión, llegué a la impresión descrita. La superficie no era ningún objeto. Si el cuerpo pudiera prever la velocidad y el comportamiento del ordenador y de la pantalla como su dispositivo de salida, algunos de los elementos sensibles del ordenador se transformarían en miembros. La interfaz ha pasado a formar parte del cuerpo. Mientras trabajo con el ordenador tengo la sensación de meter los pies en el agua. No está fuera, pero tampoco está dentro de mí. Sin duda, esta extraña realidad redefinirá el ámbito del yo."

Tsutomu Toda, *Tosogare no Kijutsu*

[Una descripción del anochecer], Heibonsha, Tokio, 1994.¹⁰⁶



Ilustración 21. Toyo ITO, *Sendai Mediatheque*, maqueta, Sendai, Japón, 1997-2001.

En el año 2001 Ito completó la Mediateca de Sendai (1995-2001),¹⁰⁷ un edificio con el que se coloca en el centro neurálgico del problema de la nueva arquitectura que no es exclusivamente de naturaleza tecnológica y funcional sino también de naturaleza estética. Podemos decir que a pesar de la distancia geográfica y temporal que lo separa del Beaubourg participa de algún modo de planteamientos similares dado que surge como fruto de un concurso internacional celebrado en el año 1995 y desde su inauguración se ha convertido también en un icono de la cultura contemporánea y la sociedad de la información en los comienzos del siglo XXI. Situado precisamente en el momento de cambio de milenio se nos aparece como una especie de manifiesto sobre las relaciones entre la arquitectura, los *media*

¹⁰⁶ Citado en: ITO, Toyo (2006) *Arquitectura de límites difusos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 21.

¹⁰⁷ SAKAMOTO, Tomoko [ed.] (2003) *Sendai Mediatheque*. Barcelona: ACTAR.

electrónicos, las nuevas tecnologías, la naturaleza y la sociedad.¹⁰⁸



Ilustración 22. Toyo ITO, *Sendai Mediatheque*, Sendai, Japón, 1997-2001.

El edificio está constituido por un prisma transparente de 50x50x37 metros y siete plantas de diferente altura cada una de las cuales alberga actividades culturales diferentes. El propio arquitecto define el proyecto como la búsqueda del tipo de arquitectura que genera un nuevo programa llamado "mediateca"¹⁰⁹ que surge como el resultado de cuatro condiciones (programas) procedentes de cuatro campos diferentes entre sí: la nueva construcción de la Galería para los Ciudadanos de Sendai, la reconstrucción de la Biblioteca Municipal del Distrito de Aoba, la ampliación del centro municipal de Material Audiovisual y, finalmente, la necesidad de crear un servicio para los discapacitados audiovisuales.¹¹⁰ Se trata por tanto del resultado de una reflexión programática ambiciosa y crítica que pretende integrar categorías funcionales diferentes al tiempo que mantiene abierto un sistema continuo de revisión y modificación de las actividades albergadas en la edificación durante la construcción y con posterioridad.¹¹¹

¹⁰⁸ MANCINI, Daniele (2002) "Sendai Mediatheque: Hyperarchitecture", en "AIB Notizie", 14 (2002), n. 10-11, pp. 9-14. Disponible en: <<http://www.aib.it/aib/editorial/n14/02-10mancini.htm>>. [Fecha de consulta: 19/08/2015].

¹⁰⁹ Frente a la visión tradicional de la "biblioteca" como símbolo intelectual de los estados soberanos, que se basa en el lenguaje y la palabra escrita, el concepto de "mediateca" representa a la ciudad en la era de la globalización, donde se niega constantemente el significado de las fronteras nacionales y se reemplaza con el de la Red en la que se anulan las barreras entre lenguaje y culturas. Una biblioteca puede existir de forma autónoma al cuidado de la memoria histórica contenida en los ejemplares que almacena de forma cerrada y compartimentada mientras que la mediateca no podría existir como entidad aislada puesto que constituye un nodo en la Red, uno de sus innumerables puntos focales y como tal, por tanto, de carácter abierto. La mediateca se convierte de este modo en uno de los tipos (si es que se puede emplear la expresión dentro de este contexto) de la nueva era digital. TAKI, Koji (1999) "Maturity and Freedom", en ITO, Toyo (1999) *Blurring Architecture*. Milán: Edizioni Charta, p. 43. Citado en: MELLO, Patricia (2008) *Op. cit.*, pp. 14-16.

¹¹⁰ ITO, Toyo (2000) "La Mediateca de Sendai. Informe sobre su proceso de construcción", en ITO, Toyo (2000) *Op. cit.*, pp. 222-223.

¹¹¹ ROJO DE CASTRO, Luis (2004) *Op. cit.*, pp. 7-8.

La imagen que domina en el proyecto es la del mundo submarino condicionado por corrientes de agua en una visión poética y abstracta de aproximación al nuevo paisaje como síntesis de naturaleza y tecnología. El agua con su capacidad para adquirir cualquier forma posible resulta muy adecuada para representar los flujos de la sociedad electrónica.¹¹² Las algas son la referencia del sistema estructural del edificio que sugiere la idea de elementos irregulares y flexibles que fluctúan bajo la influencia de las ondas acuáticas.¹¹³

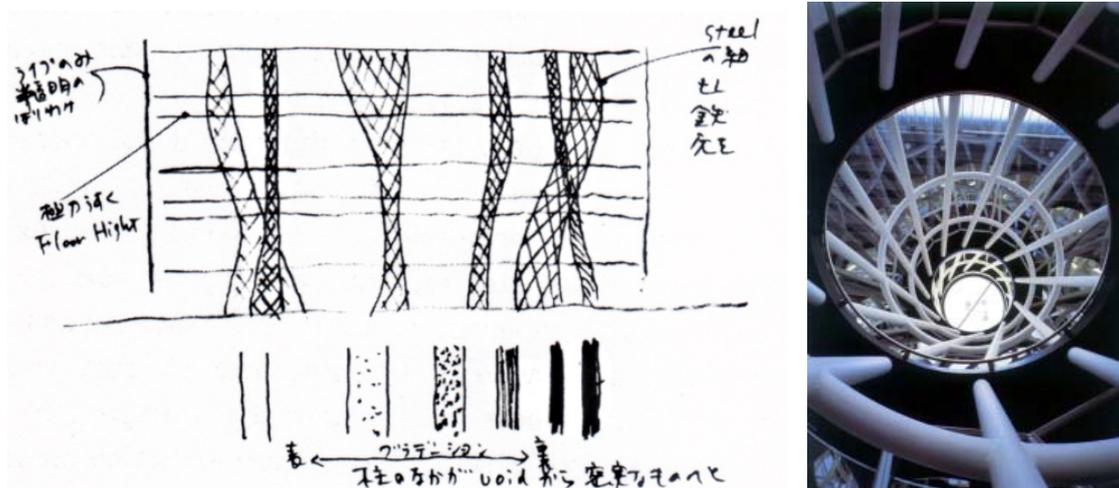


Ilustración 23. Toyo ITO, *Sendai Mediatheque*, boceto conceptual de la estructura y vista del interior de las columnas-cesto, Sendai, 1997-2001.

Las plantas están sostenidas por un sistema de 13 "columnas-cesto"¹¹⁴ realizadas con tubos de acero y concebidas con la forma de paraboloides hiperbólicos ligeramente inclinados con el fin de absorber los esfuerzos de carácter sísmico.¹¹⁵ Estas columnas constituyen un elemento clave del concepto de representación metafórica del flujo de los *media*. Con sus diámetros variables que oscilan entre los 2 y los 9 metros comunican los distintos espacios y niveles y funcionan como elementos independientes que se abren paso a través de la materia. A través de esta especie de vectores verticales se articulan los planos y se produce el flujo de la información y de las distintas formas de energía: la luz natural se filtra desde los niveles superiores a través de un sistema de espejos o desde los laterales transparentes; el aire, a través de los sistemas de ventilación y aire acondicionado; el agua, tanto la correspondiente al suministro del edificio como la evacuación de las aguas residuales o pluviales; la electricidad y

¹¹² PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (2008) *New Directions in Contemporary Architecture: Evolutions and Revolutions in Building Design Since 1988*. Chichester: John Wiley & Sons, pp. 155-156.

¹¹³ SUZUKI, Akira [ed.] (2005) *Toyo Ito. Conversaciones con estudiantes*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 29-30.

¹¹⁴ Todos los componentes de la estructura fueron prefabricados para conseguir un mayor grado de precisión en la ejecución y poder ser verificados antes de ser montados *in situ*.

¹¹⁵ El novedoso sistema estructural del edificio se reivindicó tecnológicamente ante los ojos del mundo con motivo del terrible terremoto de 9 grados (con epicentro en el mar, frente a la costa de Honshu, 130 km al este de Sendai, en la prefectura de Miyagi) y posterior *tsunami* que tuvo lugar el viernes 11 de marzo de 2011. La Mediateca se convirtió en un bastión de resistencia antisísmica al continuar en pie con mínimos desperfectos mientras que más de 70.000 edificios habían quedado destruidos o inutilizados.

los datos mediante el cableado para la iluminación y la transmisión de datos. Finalmente se utilizan también para configurar el sistema de comunicaciones verticales del edificio formado por ascensores, escaleras y montacargas.¹¹⁶

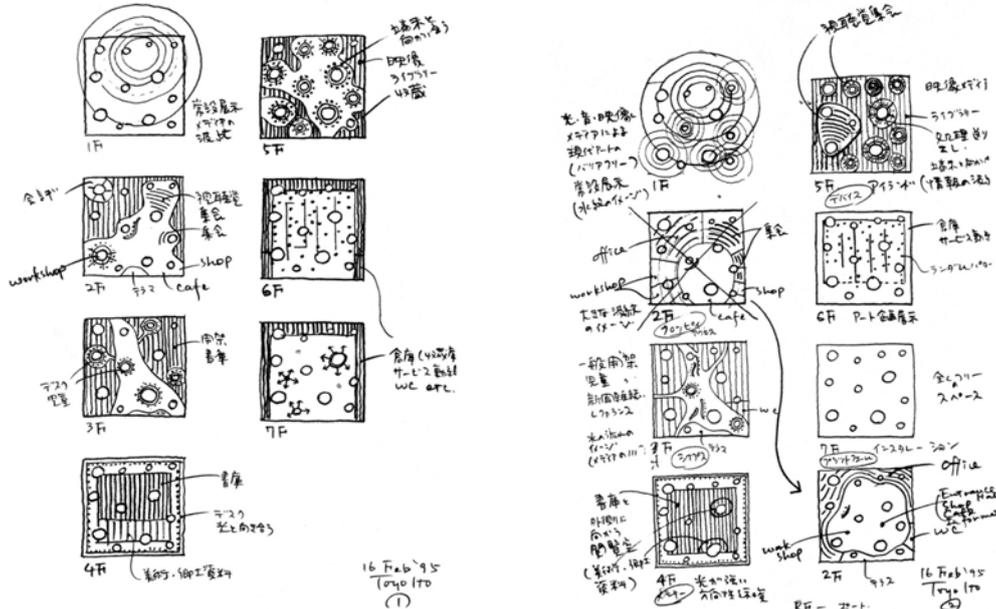


Ilustración 24. Toyo ITO, *Sendai Mediatheque*, bocetos de proyecto, Sendai, 1997-2001.

Este sistema estructural¹¹⁷ que recuerda visualmente la textura de los cestos de bambú tradicionales se deja totalmente a la vista dado que la superficie de la fachada principal del edificio está formada por una doble piel de vidrio que regula la transparencia y las características térmicas del aire en función de la época del año. Es un ejemplo del intento de crear una arquitectura en sintonía con el mundo natural por medio del contraste entre dos imágenes aparentemente opuestas: la del mundo acuático submarino y la dimensión artificial de los *media* con sus flujos, interrelaciones y valores inmateriales.¹¹⁸

La arquitectura se reviste de una piel transparente, adquiere una dimensión táctil y perceptiva y, al mismo tiempo, se desmaterializa como metáfora de los paradigmas de la sociedad de los *media*. El programa funcional previsto inicialmente contemplaba la realización de un edificio multifuncional con una biblioteca, una galería de exposiciones y un *visual-media-centre* para personas con capacidad perceptiva reducida. Las funciones principales se distribuyen en los siete niveles de planta libre funcionando cada plano como un microcosmos urbano diversificado tanto desde el punto de vista planimétrico, como en las formas, colores y

¹¹⁶ RUIZ ESTEBAN, Núria (2013) *Op. cit.*, p. 79.

¹¹⁷ El sistema constructivo diseñado por el ingeniero de estructuras Mutsuro Sasaki pone en discusión los presupuestos de la arquitectura del Movimiento Moderno: la regularidad de la retícula de base; la sucesión a intervalos regulares de planos separados por alturas predeterminadas; la subdivisión del espacio en ambientes, etc.

¹¹⁸ MELLO, Patrizia (2008) *Op. cit.*, p. 16.

materiales. Este efecto de estratificación se amplifica debido a la transparencia de la fachada principal.¹¹⁹



Ilustración 25. Toyo ITO, *Sendai Mediatheque*, Planta Baja, Sendai, 1997-2001.

Sobre la base neutra de la planta libre los interiores se han proyectado y concebido como instalaciones efímeras, en las que la transparencia y la opacidad de los elementos (paredes divisorias en vidrio esmerilado, paneles móviles y telas translúcidas) conectan en una tupida red perceptiva los diversos ambientes espaciales. La conexión entre los diferentes plantas se realiza a través de las "columnas-cesto", potenciando la dimensión desmaterializada de los flujos informativos y luminosos. Los interiores fueron proyectados por diversos diseñadores de prestigio internacional.

El acceso a la Mediateca se localiza en posición descentrada en la fachada principal que da a un vial con arbolado. En la planta baja se sitúa el hall de ingreso concebido inicialmente como una plaza cubierta cóncava, libre de cierre perimetral, un espacio informativo, la cafetería y una librería de arte. El atrio central está provisto de una gran pantalla y puede ser dividido en espacios más pequeños mediante la utilización de paneles deslizantes. Para mantener la idea inicial de permeabilidad entre interior y exterior este espacio se puede abrir completamente a la vía principal y el techo se mantiene elevado unos 6,8 metros sobre la cabeza de los visitantes. El diseñador Karim Rashid realizó el diseño del mobiliario de esta planta alternando en el diseño los colores rojo y verde. La segunda planta alberga una biblioteca infantil cuyo mobiliario fue diseñado por la arquitecta Kazuyo Sejima.

¹¹⁹ MANCINI, Daniele (2002) *Op. cit.*, pp. 9-14.



Ilustración 26. Toyo ITO, *Sendai Mediatheque*, Biblioteca Tercera Planta, Sendai, 1997-2001.

En el segundo y tercer nivel se localiza la Biblioteca con unos 110.000 volúmenes en estanterías para consulta directa, en una superficie de 2.500 metros cuadrados y unos 300.000 volúmenes más en el depósito que se encuentra en el segundo nivel de sótano. El espacio es a doble altura de 5,1 metros y un balcón corrido alberga una sala de lectura aislada de la zona central con estanterías. En torno a las columnas se organizan islas de lectura que reciben la luz indirecta del sol. La proyectación del mobiliario se encargó a KT Architecture (Yoshiaki Tezuka, Hirono Koike). La cuarta y quinta plantas alojan una galería de exposición flexible. En la cuarta planta el espacio se encuentra dividido en una serie de estancias por medio de paneles móviles mientras que la quinta planta es un auténtico espacio abierto sin divisiones, adaptable a cualquier tipo de instalación.

La verdadera "mediateca" se encuentra en la sexta planta con paredes perimetrales completamente transparentes en las cuatro fachadas que la convierten en un auténtico mirador sobre la ciudad de Sendai. El diseñador Ross Lovegrove ha proyectado un volumen central para albergar un cine con 180 plazas resuelto con una pared curvilínea en vidrio translucido y también es el autor de las isletas multimedia con mesas curvas que ofrecen a los visitantes un plano de apoyo para consultar la biblioteca de DVDs del centro.

La Mediateca de Sendai se convierte en un paradigma de la arquitectura de "límites difusos" propugnada por Ito. Una arquitectura abierta y flexible, ajena a la relación entre "forma" y "categorías funcionales abstractas". Una arquitectura que pretende aprovechar el valor de lo fortuito y lo anecdótico. Hay un proceso de vaciamiento en nombre de la flexibilidad y la polivalencia y una apuesta por la transparencia con el objeto de favorecer tanto la visibilidad como la accesibilidad. Al integrarlas en la "sociedad de la información" las instituciones locales, fragmentarias y carentes de perfil aumentan de valor y se reivindican a través de una geometría rotunda y unitaria. La demanda de flexibilidad se satisface aprovechando la inmaterialidad de las tecnologías de la información con lo que se consigue

vaciar de materia un espacio que ya no es un almacén de memoria a la manera tradicional sino un punto de acceso y un nodo de conexiones.

La fluidez de la era digital contemporánea queda magistralmente reflejada en esta gran metáfora subacuática y ondulante en la que el bosque artificial formado por los grandes árboles estructurales se sumergen en una superficie transparente y parecen moverse al ritmo de los flujos de la información electrónica del edificio convertido en un gran acuario arquitectónico.

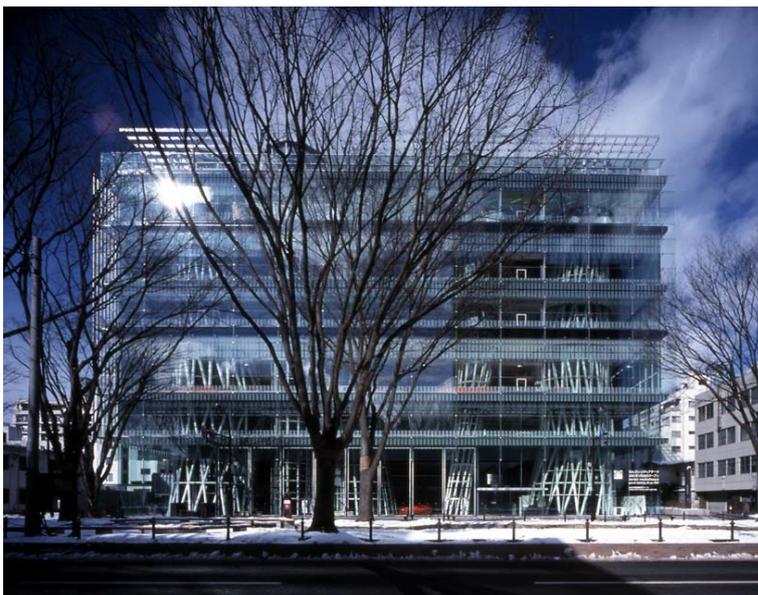


Ilustración 27. Toyo ITO, *Sendai Mediatheque*, Fachada principal, Sendai, 1997-2001.

5.4 INTERACTIVIDAD: el catalizador de la nueva arquitectura.

La aparición de las tecnologías digitales se cita a menudo como la fuerza determinante situada detrás del reciente cambio de paradigmas en la arquitectura. Algunos autores centran la atención en la interactividad considerando que es este concepto, más que el *hardware* o el *software*, lo que constituye el catalizador esencial ya que suministra los conceptos fundamentales que caracterizan a la comunicación contemporánea y los lleva a una nueva configuración de relaciones en la cual el sujeto se coloca en el centro de la escena y el objeto queda desplazado a la periferia.¹²⁰

Resulta de interés analizar cómo y por qué el concepto de interactividad se convierte en central para la investigación arquitectónica en esta fase histórica. Para responder esta cuestión debe abordarse el tema desde diferentes puntos de vista. Ante todo debe afrontarse

¹²⁰ SAGGIO, Antonino (2005) "Interactivity at the Centre of Avant-Garde Architectural Research", en *Architectural Design*, vol 75, 1, Jan/Feb 2005, Special Issue *4dspace: Interactive Architecture*, p. 23.

desde un punto de vista histórico: la palabra clave en este contexto es “catalizador”.¹²¹ En segundo lugar, debe afrontarse la cuestión desde el punto de vista de la teoría de la comunicación: la palabra clave es “hipertexto”. En tercer lugar, debe darse una explicación de por qué el concepto de interactividad es un tema central en la investigación arquitectónica desde el punto de vista de la lógica informática: la palabra clave en este caso es “modelo”. Y finalmente debe afrontarse la búsqueda de nuevos conceptos espaciales basados en la rápida transformación de los sistemas de referencia: la palabra clave será “tiempo”.

En resumen, puede afirmarse que la interactividad es el elemento catalizador en esta fase de la investigación arquitectónica.¹²² En primer lugar constituye el núcleo del sistema de comunicación contemporánea basado en la “posibilidad de crear metáforas” y, por lo tanto de “navegar” (imagen metafórica) y construir sistemas hipertextuales. En segundo lugar la interactividad sitúa en el centro al sujeto (a través de las categorías de variabilidad, reconfigurabilidad, personalización) en lugar de la consideración de la naturaleza absoluta del objeto (serialidad, estandarización, duplicación) propia de la visión racionalista del funcionalismo. En tercer lugar la interactividad incorpora la característica fundamental de los sistemas informáticos, es decir, la posibilidad de crear modelos de información interconectados y mutables que pueden ser reconfigurados continuamente. Finalmente, la interactividad juega, en términos estructurales, con el tiempo e indica una idea de “reconfiguración espacial” continua que cambia los límites espacio-temporales tal y como se habían consolidado hasta el momento actual.

5.4.1 Interactividad y comunicación: Hipertexto y creación de metáforas.

La palabra clave heredada de la modernidad era “objetividad” desarrollada a través de la obligación de demostrar analíticamente la relación entre una causa y una solución específica. Siguiendo esta regla la arquitectura de calidad surgiría de la consecución de este nexo ideal. Pero hace tiempo que esta manera de pensar ha quedado en desuso junto con el modelo industrial que le había servido de símbolo. Como ya se ha comentado con anterioridad la narración adquiere un papel preponderante en el planteamiento del diseño. Primero es necesario tener una "historia" que "comunicar" y con posterioridad el proyecto se desarrollará dentro del marco de esa "narración".

¹²¹ A la definición convencional de "catalizador" como agente que acelera, retarda o permite una reacción se añade una visión más sistémica indicando que "*actúa en la combinación, dirección y sentido que asumen múltiples sustancias colocadas en su presencia*". Esta visión del "catalizador" como agente que permite la reacción, pero que al mismo tiempo organiza y direcciona los diferentes elementos lo convierte a la vez en causa y efecto de los cambios producidos. Saggio propone el modelo de la perspectiva geométrica como ejemplo de catalizador de una serie de elementos cognitivos, filosóficos, técnicos, figurativos y constructivos en el Renacimiento que, al tiempo que provocó determinados cambios, también "orientó" las transformaciones a través de la normalización y la modularización del lenguaje clásico, la elaboración de sistemas proporcionales y el nacimiento de una idea racional de ver y medir la realidad.

¹²² SAGGIO, Antonino (2010) *Op. cit.*, p. 103.

A la componente narrativa debe añadirse un segundo factor, que no es otro que la entrada en juego de la interactividad. La comunicación contemporánea es fundamentalmente metafórica en lugar de asertiva. La metáfora sustituye el razonamiento unidireccional causa-efecto por los valores de la pluridimensionalidad y la discontinuidad de las figuras retóricas. Se sustituye un modo lineal de actuar y operar por una forma de proceder no lineal, por “saltos” (*jump*). No resulta difícil darse cuenta de que el hipertexto se configura como el ambiente comunicativo adecuado en un contexto definido por los “saltos”. A través de lenguajes como el HTML¹²³ (*HyperText Mark-up Language*, “lenguaje de marcas de hipertexto”) y de Internet con su estructura de *links*, el hipertexto se ha convertido en un componente fundamental de nuestra manera de pensar. La definición más adecuada de los sistemas hipertextuales es la de ser ambientes creadores de metáforas. El reto para las profesiones del diseño radica no sólo en la posibilidad de crear metáforas predefinidas, sino también en poder diseñar “metáforas móviles”, que el usuario pueda reconfigurar de forma interactiva en cada ocasión.

Cada vez son más numerosos los sistemas capaces de crear verdaderas metáforas personalizables (piénsese, por ejemplo, en la creación de escenarios jugables o visitables a través de la utilización de técnicas de inteligencia artificial, de búsquedas personalizables en bases de datos, de simulaciones virtuales). Con la interactividad la esfera de la comunicación contemporánea alcanza un nivel de mayor complejidad en el que las metáforas e imágenes ya definidas comienzan a sustituirse por la idea de que el usuario puede ser el creador de las suyas propias. Esta apuesta por la comunicación hipertextual tiene también su importancia desde el punto de vista ético dado que implica la necesidad de desarrollar un elevado sentido crítico desde el punto de vista social y político.

5.4.2 Interactividad e informática: un nuevo "paisaje mental".

La tecnología de la información es el “paisaje mental”¹²⁴ de referencia de la arquitectura de hoy. Por paisaje mental¹²⁵ se quiere decir que la investigación arquitectónica (desde siempre) prefigura el contexto ideal en el cual ella misma se sitúa favoreciendo algunos elementos ya presentes en la realidad, desarrollando otros y sobre todo incorporando los modelos científicos o simbólicos que se han ido sucediendo en el tiempo y que, a su vez, son transformados por la arquitectura en interpretaciones espaciales específicas.

¹²³ El HTML es un lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web. Es un estándar que sirve de referencia para la elaboración de páginas web en sus diferentes versiones, define una estructura básica y un código (denominado código HTML) para el diseño de contenido de una página web, como texto, imágenes, vídeos, entre otros. Es un estándar a cargo de la W3C, organización dedicada a la estandarización de casi todas las tecnologías ligadas a la web, sobre todo, en lo referente a su escritura e interpretación.

¹²⁴ SAGGIO, Antonino (2010) *Op. cit.*, pp. 96-97.

¹²⁵ Saggio explica la utilización del término "paisaje" por la condensación en el término de tres significados: [1] una condición subjetiva y, al mismo tiempo compartible, de la investigación arquitectónica, [2] da cuenta de la dimensión estética y explica la no linealidad de los conceptos utilizados, y [3] alude a la condición arquitectónica general del redescubrimiento de las relaciones entre arquitectura y naturaleza. SAGGIO, Antonino (2010) *Ibidem*, pp. 97-98.

Pero la tecnología de la información se basa en la propiedad característica de construir modelos informacionales “móviles” (la modificación de un dato o de una relación cambia el resultado global) e “interconectados”. Este paisaje mental dinámico e interconectado coloca, por tanto, la realidad bajo la forma de relaciones y de procesos matemáticos. Así como la arquitectura del Renacimiento se transformaba para ser *perspectivable* o perspectivística y como la arquitectura del Funcionalismo se reestructuraba completamente para ser industrializable (y no sólo en el sentido de ser producida en serie sino por ser objetiva, serial, abstracta, mecánica), la arquitectura de hoy lucha por ser informacional: lucha por incorporar dentro de sí la esencia dinámica, interconectada, y sobre todo interactiva del paradigma digital.

La interactividad en este contexto da lugar a que la arquitectura pueda ser continuamente modificable y convertirse, por tanto, en un ambiente sensible y en constante transformación. Un ambiente que puede reaccionar y adaptarse también a la mutación de los deseos de los usuarios a través de la creación de escenarios recorribles como si fuesen hipertextos, convirtiéndose ella misma en una interfaz.

5.4.3 Interactividad y tiempo: saltos en la red.

En tercer lugar, es necesario considerar que la interactividad tiene que ver fundamentalmente con el tiempo,¹²⁶ siguiendo la idea elaborada por la teoría de la relatividad de que para captar un espacio se precisa la intervención del tiempo. Esta idea se ha visto reflejada en la definición de la arquitectura a través del sistema "espacio-tiempo" (un sistema de cuatro dimensiones) expuesta por Sigfried Giedion para caracterizar la arquitectura contemporánea.¹²⁷ El espacio ante todo no es una realidad objetiva sino que se percibe culturalmente, históricamente y científicamente de maneras muy diversas.

Al utilizar el tiempo para la comprensión del espacio se descubre que para pasar de un sistema de referencia a otro rige la "regla del salto", el mismo tipo de mecanismo que se puede encontrar en la base de los sistemas hipertextuales. La interactividad en los edificios puede comportar no sólo la variación de las configuraciones y espacios al variar los deseos de los usuarios o los datos (*input*) externos sino la creación de diferentes sistemas de referencia espacio-temporal. Cuando un sistema arquitectónico interactivo se conecta a sistemas de navegación basados en Internet, la figura del salto puede llegar a permear y alcanzar a todo el ámbito de la arquitectura produciéndose saltos desde una configuración espacial a otra, entre sistemas informativos diversos o incluso, entre condiciones temporales diferentes.

¹²⁶ SAGGIO, Antonino (2010) *Op. cit.*, pp. 105-106.

¹²⁷ CALDUCH CERVERA, Joan (2001) *Temas de Composición Arquitectónica. Espacio y lugar*. Alicante: Editorial Club Universitario, pp. 45-46. Sobre la caracterización de los diferentes tipos de espacio-tiempo y las dimensiones fundamentales de la arquitectura (diseño, construcción, uso) y de la dialógica social (ética, estética, ciencia) véase: MUNTAÑOLA THORNBORG, Josep (2002) *Arquitectura, modernidad y conocimiento*. Barcelona: Edicions UPC, pp. 29-33.

Asociada a sistemas de interfaz en ventana, a sistemas de navegación en tiempo real, a sistemas de representación a distancia con sistemas holográficos sensibles e interactivos, Internet puede convertirse en un condensador y multiplicador de espacios y de tiempos. Podemos tener ventanas abiertas sobre mundos alejados entre sí y literalmente saltar de uno a otro: vivir, experimentar espacios en aceleración o en movimiento, representar y ser representados y todo en tiempo real y en un continuo salto de un mundo a otro.



"On the Internet, nobody knows you're a dog."



"Remember when, on the Internet, nobody knew who you were?"

Ilustración 28. [Izquierda] Caricatura de Peter STEINER, *The New Yorker* (05/07/1993). [Derecha] Caricatura de Kaamran HAFEEZ, *The New Yorker* (23/03/2015).

Internet se convierte en un elemento necesario para la arquitectura en esta fase de la investigación no sólo por sus aspectos pragmáticos, sino también por aquellos otros de carácter cognitivo. A través de Internet y la interactividad se pone en marcha una formulación fundamental: desde un sistema de nivel inferior se puede tener la proyección de un espacio de más dimensiones que el nuestro.

Se pueden señalar, como resumen, tres cuestiones clave relacionadas con el concepto de interactividad. En primer lugar, la relación con el mundo de la comunicación contemporánea y una mayor subjetividad (individualización y personalización) de las elecciones. En segundo lugar, la "interactividad" es un factor central del paisaje mental de la nueva investigación arquitectónica (a través de la absorción de los modelos dinámicos de la informática) y finalmente, la interactividad permite a través de la modalidad hipertextual del "salto" y de la discontinuidad empezar a pensar y proyectar espacios y arquitecturas que no se muevan exclusivamente en las tres dimensiones habituales sino que se trabaje sobre la posibilidad de considerar espacios de más dimensiones.

5.4.4 Pieles y pantallas: hacia una arquitectura interactiva.

“Lo que la luz del sol nos muestra siempre es menos interesante que cuanto acontece tras unos cristales. En esa oscuridad radiante o sombría, la vida sueña, sufre, vive.”

Charles Baudelaire, “Las ventanas”, *Spleen de París*.

“La arquitectura ya no es simplemente el juego de los volúmenes bajo la luz. Ahora incluye el juego de la información digital en el espacio.”

William J. Mitchell¹²⁸

"No existe nada más misterioso que un aparato de televisión encendido en una habitación vacía. Es incluso más extraño que un hombre que habla solo o que una mujer que sueña delante de sus cacerolas. Se diría que otro planeta nos habla. De repente la televisión se nos revela como lo que realmente es: vídeo de otro mundo, que no se dirige a nadie en absoluto, transmitiendo indiferentemente sus imágenes e indiferente a sus propios mensajes (fácilmente la podríamos imaginar funcionando todavía después de la desaparición de la humanidad)."

Jean Baudrillard¹²⁹

En línea con lo reflejado en el apartado anterior la investigación arquitectónica avanza hacia la ideación de espacios expandidos¹³⁰ que evolucionan en el tiempo y se transforman siguiendo las exigencias cambiantes de los usuarios. Los edificios se convierten en entidades sensibles (*e-motivas*) con las cuales el cuerpo interactúa y los paradigmas de la arquitectura moderna se sustituyen por otros nuevos basados en la lógica de la comunicación. El nuevo espacio cognitivo actúa fundamentalmente por mediación de la pantalla,¹³¹ que se ha convertido en el principal enlace con la información¹³² y ha evolucionado desde la comunicación unidireccional hasta la incorporación de tecnologías interactivas de intercambio y participación aunque empiezan a surgir ya otras posibilidades de interacción que permitirán romper con este poderoso marco cultural heredado de la tradición visual dominante desde el Renacimiento.

La cultura digital transforma el objeto en información capaz de extenderse de forma global a través de las redes de comunicación. La información, entendida como materia prima

¹²⁸ MITCHELL, William J. (2001) *Op. cit.*, p.48.

¹²⁹ BAUDRILLARD, Jean (1986) *Amérique*. París: Éditions Grasset & Fasquelle, p. 100. *"Rien de plus mystérieux qu'une télé qui marche dans une pièce vide, c'est bien plus étrange qu'un homme qui parle seul ou une femme qui rêve devant ses casseroles. On dirait qu'une autre planète vous parle, tout à coup la télé se révèle pour ce qu'elle est: vidéo d'un autre monde et ne s'adressant au fond à personne, délivrant indifféremment ses images, et indifférente à ses propres messages (on l'imagine très bien fonctionnant encore après la disparition de l'homme)."*

¹³⁰ MANOVICH, Lev (2006) “The Poetics of Urban Media Surfaces”. Artículo en línea disponible en: <http://firstmonday.org/issues/special11_2/manovich/index.html> [Fecha de consulta: 22/01/09].

¹³¹ MITCHELL, William J. (2001) *Op. cit.*, p. 48.

¹³² KERCKHOVE, Derrick de (2005) *Op. cit.*

de la arquitectura y las interconexiones dinámicas facilitadas por la informática, son el alimento de una “nueva generación” de arquitecturas interactivas y sensibles que plantean formas de ocupación del espacio coherentes con las demandas psicológicas, formales, culturales y sociales del individuo contemporáneo: el “*homo electronicus*”.¹³³

En arquitectura la representación de una lógica absolutamente objetiva de mecanismos de “causa y efecto” (separación de estructura y contenido, coherencia entre función interior y forma exterior, división en zonas apropiadas para diferentes usos) se sustituye por una narración, por las imágenes dinámicas y polidireccionales de las figuras retóricas. Los edificios se convierten así en “máquinas de comunicación”, o en palabras de la arquitecta Elizabeth Diller, en una “*máquina de efectos especiales*”.¹³⁴ Esta vertiente comunicativa, esta “ingeniería de la percepción”,¹³⁵ coincide con la visión de la “arquitectura como comunicación” articulada por Robert Venturi en los 90 y que reflejó de forma vehemente en su “*A Not So Gentle Manifesto*” en el que propone que la arquitectura debería retornar a su tradicional definición como “iconografía”, es decir, como superficie de información: “*¡Viva la fachada como pantalla de ordenador! Vivan las fachadas no reflectoras de luz sino emanando luminosidad- el edificio como una centelleante fuente de información digital, no como una fuente de luz abstracta!*”.¹³⁶

El cambio de paradigma producido por el uso de la informática y la codificación binaria hace que, como ya se ha señalado, los objetos se reduzcan a puras relaciones formales y al perder su materialidad se conviertan en información. Esta información, privada del peso, puede trasladarse a través de los flujos digitales lo que permite que sea intercambiada, procesada y almacenada. En este contexto el edificio se entiende como un filtro o como un terminal¹³⁷ que recibe y transmite una gran cantidad de información, convirtiendo el espacio en un medio.

Dentro del nuevo paradigma comunicativo, la fachada asume frecuentemente la forma y la función de pantalla y, con dinámicas semejantes a las cinematográficas, narra historias, vehicula mensajes publicitarios, anuncia eventos culturales y sociales, transmite datos sobre condiciones climáticas o mercados financieros, proporciona orientación, seguridad y control; en resumen, informa. El trabajo con pantallas por parte de los arquitectos no es algo nuevo. Charles y Ray Eames fueron pioneros de las presentaciones multimedia y multipantalla con su trabajo “*Glimpses of the USA*” (1959) y muchas de las propuestas más atrevidas de la arquitectura de la segunda mitad del siglo XX incorporaban grandes pantallas de proyección,

¹³³ MITCHELL, William J. (2005) *Placing Words. Symbols, Space, and the City*. Cambridge (MA.): The MIT Press, pp. 181-185.

¹³⁴ DILLER, Elizabeth (2007) "Architecture is a Special Effects Machine". Presentación en la EG 2007 Conference del TED, Diciembre 2007. Disponible en: <http://www.ted.com/talks/liz_diller_plays_with_architecture.html> [Fecha de consulta: 18/02/2010].

¹³⁵ BETSKY, Aaron (2003) "Display Engineers", en BETSKY, Aaron *et al.* [eds.] (2003) *Scanning: The Aberrant Architectures of Diller + Scofidio*. Nueva York: Whitney Museum of American Art, pp. 23-36.

¹³⁶ VENTURI, Robert (1996) *Iconography and Electronic upon a Generic Architecture. A view from the Drafting Room*. Cambridge (MA.): The MIT Press, p. 15.

¹³⁷ BOUMAN, Ole (2002) "Hyperarchitecture", en OOSTERHUIS, Kas (2002) *Programmable Architecture*. Milán: L'Arca Edizioni, pp. 6-9.

desde las visiones utópicas de Archigram como su *“Instant City”* (1969-70), el proyecto inicial del *CNAC George Pompidou* de Piano y Rogers en París (1977), pasando por el proyecto no realizado de Rem Koolhaas para el nuevo *ZKM Building* en Karlsruhe (1992), hasta la *KPN Tower*, de Renzo Piano en Rotterdam (2000) o las instalaciones arquitectónico-mediáticas de Diller+Scofidio+Renfro tales como *Jump Cuts* (1995) o *Facsimile* (2004).



Ilustración 29. DILLER + SCOFIDIO + RENFRO, *Facsimile*, Moscone Covention Center, San Francisco, 2004.

Junto con la utilización de la pantalla como interfaz, uno de los rasgos más destacados de los nuevos medios digitales es que optan por la interacción y la participación. Entre las experiencias pioneras en la investigación de fachadas interactivas se encuentra el proyecto *Blinkenlights* (2001) en la Alexanderplatz de Berlín. El colectivo de *“hacker media art”* Chaos Computer Club (CCC) transformó el edificio de la *“Haus des Lehrers”* en el dispositivo interactivo digital más grande del mundo: una rudimentaria pantalla en la que los participantes en el proyecto podían jugar al Pong (el conocido juego de Atari de 1972), enviar diseños simples vía Internet o usar sus teléfonos móviles para crear y enviar imágenes que se mostraban en la fachada del edificio. Cada una de las 144 ventanas del edificio se convertía en un píxel con un valor *on/off* (encendido/apagado) controlado por un sistema de *software* basado en GNU/Linux.



Ilustración 30. Chaos Computer Club (CCC), proyecto *Blinkenlights*, Haus des Lehrers, Alexanderplatz, Berlín, 2001.

La idea de píxeles basados en lámparas convencionales como elemento dinamizador de una fachada arquitectónica fue también utilizada por el estudio *realities:united* (Jan y Tim Edler) para el proyecto *BIX* (2001-2003). Se trata de una instalación interactiva para la Kunsthau (2003) de Graz, el conocido ejemplo de “blobitectura” diseñado por Peter Cook y Colin Fournier. *BIX* (*big pixel*) transforma la fachada de paneles acrílicos en una “membrana comunicativa” cambiante e interactiva que transmite al exterior los procesos internos de la institución cultural.



Ilustración 31. *realities:united*, *BIX*. Peter COOK & Colin FOURNIER, Kunsthau, Graz, Austria, 2003.

La baja resolución de la matriz (sólo hay 930 píxeles definidos por lámparas fluorescentes circulares de 40 vatios) junto a la utilización del blanco y negro impone grandes limitaciones de diseño como, por ejemplo, la necesidad de producir contenidos específicos. Pero al mismo tiempo permite la integración de la estructura modular en la arquitectura del conjunto, que deja de ser un mero soporte, y obliga a un uso imaginativo de la tecnología. Se genera así una poética de “baja resolución” como elemento característico de la intervención. La instalación lumínica *BIX* difumina los límites entre arquitectura y medios performativos. En la Kunsthau de Graz se puede afirmar rotundamente que el “*medio es el mensaje*”, extendiendo las ideas de Marshall McLuhan a la arquitectura performativa. Se podría argumentar que las pieles arquitectónicas animadas poseen el potencial de cambiar la forma en cómo nos relacionamos con el entorno construido y, recíprocamente, la forma en que ese entorno construido se relaciona con nosotros.

Se utilizó el mismo criterio de diseño en la instalación *SPOTS* (2005) en la Postdamer Platz de Berlín. En este caso se trata de una matriz de 1800 lámparas fluorescentes controladas por un ordenador central que ajusta la luminosidad o el encendido-apagado con lo que se crean diseños, gráficos y secuencias de animación lo que permitió la puesta en marcha de un programa de exposiciones de arte digital.



Ilustración 32. *realities:united* [Izquierda] *SPOTS*, Berlín, 2005. [Derecha] *C4*, Córdoba, 2008-2009.

En su trabajo para el *C4* (*Centro de Creación Contemporánea de Córdoba*, 2008-2009), de la pareja de arquitectos españoles Fuensanta Nieto y Enrique Sobejano, la fachada dinámica se convierte en el elemento protagonista del edificio por medio de una compleja pantalla perforada realizada con paneles prefabricados de hormigón con relieves poligonales en los que se instalan lámparas monocromáticas en colores rojo, verde y azul. Un programa informático produce señales de vídeo que generan imágenes, textos o colores que establecen una comunicación con el espacio urbano con lo que se favorece la función del edificio como catalizador social.



Ilustración 33. [Izquierda] NEUMAN + PARTNER, *Uniqua Tower*, Viena. 2004. Lighting Designer: Licht Kunst Licht. [Derecha] Magic Monkey, *Electrabel's Power Station*, Drogenbos, Bruselas, 2005.

Lo cierto es que a lo largo de la última década han sido cada vez más numerosos los ejemplos de arquitectura mediática (*mediatecture*) y resulta difícil su clasificación dada la multiplicidad de factores que influyen en la realización de los distintos proyectos: la *Uniqua Tower* (2004) en Viena; la instalación de la *Dexia Tower* (2006) en Bruselas del grupo Lab[au]; la *Biblioteca Nacional de Bielorrusia* (2006) en Minsk; el proyecto *Electrabel's Power Station*

(2005), en Drogenbos, Bruselas de Magic Monkey; los trabajos de *ag4 mediatecture company*[®] como el *MediaMesh*[®] *Milano* (2007), la instalación “*Pixel Cloud*” (2007) de Forster & Partners o el trabajo de investigación “*Solar Display*” (2008) de Sommerer/Mignonneau para el desarrollo de sistemas dinámicos no intrusivos y energéticamente autosuficientes serían una breve muestra de este tipo de intervenciones que exploran las posibilidades expresivas del nuevo medio.

La mayoría de los proyectos mencionados se basan en la utilización de un display preferentemente visual, pero resulta tentadora la idea de que la piel del edificio pudiese cambiar físicamente y no sólo visualmente. Encontramos propuestas de fachadas mediáticas de carácter mecánico como el proyecto *Aegis Hypo-Surface*[®] (2001), de dECOi Architects (Mark Goulthorpe) o el sistema modular *FLARE Facade* (2008) de WHITEvoid. En esta misma línea resulta interesante como desarrollo híbrido el prototipo “*Aperture*” (2004) de TheGreenEyl+Sengewald, de la University of Arts de Berlín, un sistema mixto para producir imágenes a partir de una matriz de diafragmas que reacciona ante la actividad humana desarrollada en su proximidad.

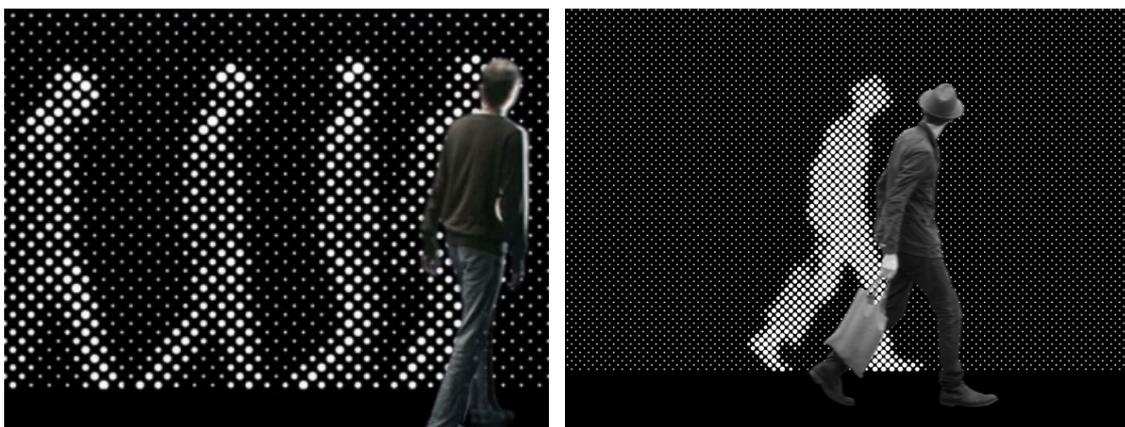


Ilustración 34. TheGreenEyl+Sengewald, prototipo “*Aperture*”, University of Arts de Berlín, 2004.

Podemos entender el concepto de arquitectura mediática como un ejemplo de la conexión entre arte, arquitectura y tecnología dentro del contexto de los nuevos medios. La fachada o envoltente de la arquitectura se convierte en un espacio de expresión y de comunicación que revoluciona su tradicional estaticidad y convierte la superficie arquitectónica en un soporte dinámico y que proporciona un contexto para la comunicación.

El objetivo final sería romper los límites perceptivos entre los mundos físico y virtual. Con la aparición de conceptos como la computación ubicua y las tecnologías *wireless* como WiFi, Bluetooth, RFID o GPS, que dan soporte a la espacialización del tiempo, se transforma completamente la comprensión tradicional del espacio. La clave ahora es la conectividad y la interacción que convierte el diseño arquitectónico interactivo en una disciplina emergente que posibilita la relación entre edificio, programa e individuo. Se modifican así las relaciones espaciales tradicionales con el fin de satisfacer una gama personalizada de funciones, deseos y experiencias.



Ilustración 35. Paul VERSCHURE, ADA - *The Intelligent Room*, Zurich, 2002.

Uno de los primeros trabajos de arquitectura interactiva fue la investigación de Paul Verschure del Instituto de Neuroinformática de la ETH de Zurich sobre ambientes inmersivos dotados de paredes y pavimentos interactivos. “ADA-*The Intelligent Room*” es un pabellón interactivo presentado en la Exposición Nacional Suiza del año 2002. Se trata de un espacio dotado de personalidad senso-motora que reacciona como una persona y que como ella, es capaz de interactuar “emocionalmente” con los usuarios participantes. Las paredes y el suelo de ADA “se entretienen” con los visitantes y “aprenden” utilizando un modelo de redes neuronales similar al humano y por medio de un lenguaje de luces, sonidos y proyecciones se establecen diálogos y experiencias lúdicas.

Con este tipo de iniciativas se busca la interacción y al mismo tiempo escapar de la rigidez del formato plano y vertical de la pantalla tradicional transformando todos los elementos arquitectónicos en agentes dotados de “inteligencia” y capaces de dialogar con el usuario. El objetivo sería generar ambientes en los que los “participantes” puedan interactuar con los edificios, con los espacios y también entre ellos mismos de formas nuevas y atractivas.

Es lo que plantea Electroland (Cameron McNall y Damon Seeley) en proyectos como “*Target Interactive Breezeway*” (2005), en el Rockefeller Center de Nueva York o en su proyecto “*Enteractive*” (2006) en Los Angeles, en el que una “gran alfombra interactiva” realizada con baldosas LEDs y ubicada bajo la marquesina del edificio detecta a los visitantes mediante sensores de peso y genera patrones de luz en respuesta a sus movimientos, que además se ven reflejados simultáneamente en la fachada del edificio.

Un planteamiento similar ofrece la instalación “*Duality*” (2007) realizada por el grupo ART+COM en Tokyo en la que los paseantes caminan sobre una superficie de 6x6 metros constituida por placas LED monocromas de color blanco. Esta superficie está situada sobre un estanque artificial lleno de agua. Sensores de peso integrados en las baldosas de vidrio opalescente miden la posición exacta y la energía de los pasos de los transeúntes, lo que desencadena ondas virtuales en el plano LED. Cuando las ondas alcanzan los bordes del

estanque virtual, se prolongan en el agua producidas por actuadores mecánicos que crean la sensación de que los pasos de los usuarios están provocando las ondas en el agua real del estanque.



Ilustración 36. [Izquierda] ELECTROLAND, *Enteractive*, Los Angeles, 2006. [Derecha] ART+COM, *Duality*, Tokyo, 2007.

La capacidad de visualización que la tecnología digital ofrece a la arquitectura y su consecuente transformación en un producto mediático potencian aspectos metafóricos y narrativos en los que la arquitectura se transforma en interfaz de la estructura comunicativa de los *media* en el contexto urbano. Así la metáfora de la “pantalla urbana”, última evolución de la “ventana albertiana”, se convierte en la expresión más evidente de una situación cultural en la que el acto arquitectónico se desplaza desde la materialización a la visualización, del objeto a la experiencia, al tiempo que la hibridación tecnológica supone una nueva relación cuerpo-arquitectura transformando la interfaz entre lo individual, lo social y lo digital en una cuestión espacial y, por tanto, en un problema arquitectónico.

Las nuevas posibilidades técnicas y la emergencia de materiales “inteligentes” permite la generación de un repertorio de “pieles vivas” que reaccionan de forma sensible a los estímulos externos ofreciendo una conexión “flexible” entre el edificio y su entorno y se articulan espacios expandidos capaces de establecer un diálogo con los usuarios y no sólo de responder a sus demandas. Aparece entonces una arquitectura proactiva que tiene como objetivo dotar al espacio de su propia inteligencia para que pueda interactuar con los usuarios y en donde “lo performativo” se convierte en el nuevo paradigma dominante.

5.5 Información + interacción: la arquitectura como INTERFAZ.

"Al crear espacios diseñas el comportamiento de la gente."

Vito Acconci¹³⁸

"Hemos transformado nuestro entorno tan radicalmente que ahora nos tenemos que transformar a nosotros mismos."

Norbert Wiener¹³⁹



Ilustración 37. Ridley SCOTT, "1984", spot comercial para el lanzamiento del Apple Macintosh, 1984.

En su obra más conocida¹⁴⁰ el teórico de los nuevos medios Lev Manovich destaca que fuese precisamente el director cinematográfico Ridley Scott, que había realizado dos años antes la película *Blade Runner*, la persona contratada en 1984 para la creación del anuncio que presentaría al nuevo Macintosh de Apple.¹⁴¹ De esta forma y con sólo dos años de diferencia se definieron dos estéticas que han ejercido una enorme influencia en todos los ámbitos de la cultura: la distopía tecno-noir de *Blade Runner* y su mundo de replicantes¹⁴² y la interfaz gráfica

¹³⁸ *El País*, domingo 12 de diciembre de 2010, p. 42. Vito Acconci (Nueva York, 1940) es un artista y poeta estadounidense cultivador del llamado arte corporal, derivado del minimalismo escultórico.

¹³⁹ WIENER, Norbert (1989) *The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society*. Londres: Free Association Books, p. 46. "We have modified our environment so radically that we must now modify ourselves in order to exist in this new environment".

¹⁴⁰ MANOVICH, Lev (2005) *Op. cit.*, pp. 111-112.

¹⁴¹ El famoso anuncio "1984" formó parte de la campaña de lanzamiento en Estados Unidos del ordenador Macintosh 128K de Apple. Está inspirado en la novela *1984* de George Orwell y fue televisado el 22 de enero de 1984 durante un tiempo muerto del tercer cuarto del Super Bowl XVIII. El vídeo mostraba a una heroína anónima corriendo con un martillo hacia una pantalla con la imagen del "Gran hermano" (*Big Brother*), una representación simbólica de IBM. La heroína se detenía frente a la pantalla, giraba sobre sí misma y lanzaba el martillo hacia la pantalla, destruyéndola. A continuación se mostraba en pantalla y se oía el mensaje: "El 24 de enero, Apple Computer presentará Macintosh y verá por qué 1984 no será como '1984'", fundiéndose al final a una imagen del logo de la manzana de Apple sobre fondo negro.

¹⁴² La película *Blade Runner* constituyó un hito en el desarrollo del cine de ciencia ficción por la estética visual futurista que inaugura así como por el componente metafísico de la historia siendo su influencia evidente en numerosas películas posteriores. Desarrolla características de la sociedad actual como la población interracial de las grandes ciudades, el cambio climático y la pesada atmósfera urbana, el

de usuario (GUI, *Graphic User Interface*) popularizada por Apple y de la que ya hemos hablado anteriormente. Esta última ha terminado influyendo en otros muchos ámbitos de la cultura al transformarse el ordenador digital desde su papel como una tecnología concreta (calculadora, manipulador de imágenes, etc.) al de filtro para toda la cultura, como una forma que mediatiza todos los tipos de producción artística y cultural, incluyendo por supuesto a la arquitectura.¹⁴³

5.5.1 Las interfaces culturales y la cultura de interfaz.

Desde el punto de vista semiótico la interfaz¹⁴⁴ actúa como un código que transporta mensajes culturales. Los códigos no suelen ser mecanismos neutrales sino que afectan a los mensajes que transmiten y pueden suministrar su propio modelo del mundo, su sistema lógico y su ideología. Manovich denomina a esta noción la idea de "*no transparencia del código*".¹⁴⁵ La interfaz modela la forma en la que el usuario concibe el propio ordenador y determina además el modo en que se piensa sobre cualquier objeto mediático al que se accede a través de la herramienta informática por lo que la interfaz les impone su propia lógica. Al organizar los datos de una manera determinada la interfaz proporciona un modelo del mundo determinado. Como ejemplo el modelo de hipertexto de la red organiza el mundo a través de un sistema no jerárquico basado en la metonimia.¹⁴⁶ Otro ejemplo de cómo la interfaz impone a los medios su propia lógica lo encontramos en las operaciones habituales de "cortar" y

crecimiento urbanístico desordenado, las jergas interlingüísticas, la omnipresencia de la publicidad. MARZAL FELICI, José Javier; RUBIO MARCO, Salvador (2002) *Guía para ver y analizar Blade Runner*. Barcelona: Ediciones Octaedro, pp. 9-10. Un libro clave para el estudio de esta película: SAMMON, Paul M. (1996) *Future Noir. The Making of Blade Runner*. Nueva York: Harper Collins Publishers. Versión en español: (2005) *Futuro en negro. Cómo se hizo Blade Runner*. Madrid: Alberto Santos Editor.

¹⁴³ Sobre la importancia cultural de la interfaz del ordenador véase: JOHNSON, Steven (1997) *Interface Culture. How New Technology Transforms the Way We Create and Communicate*. Nueva York: Harper-Collins Publishers. Versión en portugués: (2001) *Cultura da interface: como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar*. Río de Janeiro: Jorge Zahar Editor.

¹⁴⁴ DRAE: interfaz. (Del ingl. *interface*, superficie de contacto). 1. f. Inform. Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes. Facilita la comunicación entre los distintos niveles. Su plural es interfaces. Además, la palabra interfaz se utiliza en distintos contextos. Interfaz como instrumento: desde esta perspectiva, la interfaz es una "prótesis" o "extensión" (McLuhan) de nuestro cuerpo. Así el ratón es un instrumento que extiende las funciones de nuestra mano y las traslada a la pantalla bajo la forma del cursor. La pantalla del ordenador sería una interfaz entre el usuario y el disco duro del mismo. Interfaz como superficie: algunos consideran que la superficie de un objeto transmite instrucciones ("*affordances*") que nos informan sobre su uso. La superficie de un objeto (real o virtual), nos habla por medio de sus formas, texturas, colores, etc. Interfaz como espacio: desde esta perspectiva, la interfaz es el lugar de la interacción, el espacio donde se desarrollan los intercambios y las relaciones.

¹⁴⁵ MANOVICH, Lev (2005) *Op. cit.*, p. 113.

¹⁴⁶ Figura retórica que consiste en designar algo con el nombre de otra cosa tomando el efecto por la causa o viceversa, el autor por sus obras, el signo por la cosa significada. Es un fenómeno de cambio semántico por el cual se designa una cosa o idea con el nombre de otra, sirviéndose de alguna relación semántica existente entre ambas. Se basa en una relación de contigüidad lógica y/o material entre el término "literal" y el término sustituido. Son casos frecuentes las relaciones semánticas del tipo causa-efecto, de sucesión o de tiempo o de todo-parte. MARCHESI, Angelo; FORRADELLAS, Joaquín (1998) *Diccionario de retórica, crítica y terminología literaria*. Barcelona: Editorial Ariel, pp. 262-265.

"pegar" características de cualquier tipo de *software* que funcione bajo la interfaz gráfica de usuario. Desaparece la distinción entre medios espaciales y temporales ya que podemos cortar y pegar fragmentos de texto, imágenes, volúmenes, sonidos o trozos de una composición temporal de forma similar. También rompe con las tradicionales diferencias de escala ya que se puede recortar y pegar desde un píxel hasta una obra digital completa en cualquier variedad de formato.

Finalmente, la interfaz desempeña otro papel crucial en las sociedades de la información dado que tanto las actividades de trabajo como las de ocio conllevan un uso cada vez más intensivo del ordenador y convergen en las mismas interfaces utilizando las mismas herramientas y metáforas de la interfaz gráfica de usuario.¹⁴⁷ De esta manera el usuario está realizando diferentes actividades, pero utilizando siempre en esencia el mismo conjunto de comandos y herramientas: la pantalla, el ratón, un navegador, un buscador y los comandos clásicos de cortar, pegar, copiar, borrar y buscar. Esto ha transformado a la interfaz de usuario en un código semiótico¹⁴⁸ clave de la sociedad de la información convirtiéndola en una especie de meta-herramienta.¹⁴⁹

5.5.2 El concepto de actualización: el mundo como interfaz.

La reflexión sobre el concepto de interfaz tiene un gran interés desde el punto de vista arquitectónico dado que se relaciona directamente con nuestra forma de observar y comprender la realidad que nos rodea hasta el punto de que se puede afirmar que "una teoría de la interfaz es una teoría de la cultura".¹⁵⁰ Ludwig Wittgenstein afirmaba en la proposición 5.6 del *Tractatus* que: "*Los límites de mi lenguaje significan los límites de mi mundo*".¹⁵¹ El artista y teórico del arte Peter Weibel,¹⁵² que plantea la descripción del mundo en términos de interfaz, matiza y amplía esa aseveración desde el contexto de lo digital afirmando que "e/

¹⁴⁷ Manovich señala como ejemplo de esta convergencia el navegador de Internet utilizado tanto en el puesto de trabajo como en el hogar, para trabajar y para el ocio por lo que la sociedad de la información se diferencia así de la sociedad industrial en la que se producía una clara separación entre los ámbitos laboral y de ocio. Curiosamente se estaría volviendo a ciertas situaciones pre-industriales en las que la producción se realizaba en el propio domicilio del artesano.

¹⁴⁸ Mientras que para Manovich la WWW y su estructura hipertextual privilegia la metonimia a expensas de la metáfora, otros autores como Lakoff y Johnson muestran la preponderancia de la metáfora en la cultura occidental. Véase: LAKOFF, George; JOHNSON, Mark (1991) *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid: Ediciones Cátedra. Véase también: RICOEUR, Paul (1980) *La metáfora viva*. Madrid: Ediciones Cristiandad. Citados en: DOMÍNGUEZ MARTÍN, Eva (2013) *Periodismo inmersivo: La influencia de la realidad virtual y del videojuego en los contenidos informativos*. Barcelona: Editorial UOC.

¹⁴⁹ Sobre el papel de la interfaz no sólo como objeto sino también como proceso véase: GALLOWAY, Alexander R. (2012) *The Interface Effect*. Cambridge: Polity Press.

¹⁵⁰ HOOKWAY, Branden (2014) *Interface*. Cambridge (MA.): The MIT Press, p. 15.

¹⁵¹ WITTGENSTEIN, Ludwig (2009) *Tractatus logico-philosophicus*. Madrid: Editorial Gredos, p. 105. Citado en: PANIAGUA GUTIERREZ, Virginia; ALCALÁ, José Ramón (2015) "Metáforas visuales de la ciudad digital actual, dos décadas después", en FERNÁNDEZ VICENTE, Antonio [coord.] (2015) *La ciudad digital: Esperanzas, riesgos y desilusiones en las redes*. Cuenca: Ediciones de la UCLM, p. 169.

¹⁵² Ha sido director de *Ars Electronica* y del ZKM de Karlsruhe.

*mundo cambia a medida que lo hacen nuestras interfaces. Los límites del mundo son los límites de nuestra interfaz. No interactuamos con el mundo, sólo con la interfaz del mundo".*¹⁵³

La interactividad y las interfaces se relacionan a través del concepto de "actualización", es decir, la activación de alguna de las diferentes posibilidades propuestas por un programa o por una producción de carácter interactivo.¹⁵⁴ El creador del programa o del producto inscribe en su funcionamiento una serie de posibilidades que únicamente se completarán con la intervención de un usuario que será el responsable de activar su manifestación definitiva, su configuración "actual". El concepto de interfaz se puede definir como el medio, dispositivo, agente o elemento que permite una interacción efectiva con un conjunto de datos o con un programa pudiendo medirse el valor de esa efectividad por su funcionalidad (capacidad de interacción), pero también por su capacidad para generar una interrelación significativa y/o creativa con esos datos o programa. Es precisamente en el desarrollo de las interfaces donde se centra el trabajo de los artistas digitales debido a la potencialidad creativa y de generación de significados que permiten transmitir al usuario.

La reflexión sobre la interfaz a la que hacíamos mención anteriormente es un aspecto clave de la experimentación con los nuevos medios en función de dos tipos de desplazamiento conceptual importantes: en primer lugar, el paso de una estética basada en el objeto hacia una valoración de la temporalidad y los procesos y en segundo lugar, el abandono de la idea de autoría individual en favor de concepciones que potencian los procesos de creación colectiva. Esta tendencia fuertemente arraigada en el entorno de los nuevos medios debe tenerse en cuenta también en el ámbito de la arquitectura donde los conceptos de interactividad e interfaz comienzan a tener un papel destacado.

En realidad la arquitectura siempre ha funcionado como una interfaz aunque se piense en ella como una actividad creadora de espacios, ambientes, atmósferas, una actividad creadora de realidad (espacio-temporal, relacional, situacional). Pero podemos contemplar también el concepto de la arquitectura como interfaz, es decir, como un medio que permite al usuario de los edificios, las ciudades y los programas arquitectónicos entrar en relación con la realidad espacial de una manera significativa. Para que la arquitectura desarrolle su potencial de interfaz debe dar al usuario la posibilidad de construir sus propios universos significativos de una manera "distráida" e intuitiva tal como definía Walter Benjamin a la forma de aprehensión del espacio arquitectónico, de forma "disipada" y "dispersa" o en una "advertencia ocasional" para ser más fieles al texto benjaminiano.

¹⁵³ WEIBEL, Peter (1998) "El mundo como interfaz", en *Revista El Paseante, La Revolución Digital y sus dilemas*, nº 27-28, 1998. Madrid: Ediciones Siruela, p. 112.

¹⁵⁴ ALONSO, Rodrigo (2006) "La arquitectura como interfaz", en: CIRLOT, Lourdes; BUXÓ, M^a Jesús; CASANOVAS, Anna; ESTÉVEZ, Alberto T. (2007) *Arte, Arquitectura y Sociedad_ Digital*. Barcelona: Universitat de Barcelona / ESARQ-UIC, pp. 107-109. Artículo en línea disponible en: <http://www.artyarqdigital.com/fileadmin/user_upload/PDF/Publicaciones_Jornada_II/12-JornadasII._Alonso.pdf>. [Fecha de consulta: 16/08/2015].

5.5.3 Un "tercer espacio": cyberarquitectura.

En este sentido el espacio físico, la arquitectura, es una interfaz, un intermediario entre el "yo" y el "mundo". Así lo afirma la arquitecta brasileña Ana Paula Baltazar¹⁵⁵ que, desde la perspectiva de la teoría feminista de los estudios culturales, estudia las posibilidades de virtualización de la arquitectura y la generación de dispositivos que permitan la interacción entre las personas, el espacio físico y el virtual. Para ella la arquitectura ha sido hasta ahora un constructo artificial, diseñado "*a priori*", o sea, predeterminado. El diseño del arquitecto tenía entre sus determinantes la predicción del potencial comportamiento de los usuarios lo que daba lugar a un espacio estático para una interacción limitada. Baltazar cuestiona los límites tradicionales de la representación, la predicción y el estaticismo de la arquitectura convencional con el fin de incluir los deseos del sujeto como elemento emergente dentro del espacio construido. Desde un punto de vista ético la arquitectura puede ser repensada como un lugar dinámico tanto en los espacios reales como en los virtuales configurando de este modo una interfaz para la reconciliación social. Propone la utilización del término "tercer espacio" (real y virtual) para denominar a la fusión de la arquitectura y las tecnologías de la información y la comunicación. Parte de la consideración del espacio como "evento" más que como objeto construido, estático, y señala que la interacción es la premisa de todo espacio arquitectónico dado que hasta los espacios creados con un criterio más determinista acaban siendo apropiados por los usuarios de maneras no previstas por el diseñador.

Baltazar utiliza el ejemplo de las *favelas*¹⁵⁶ brasileñas para explorar el potencial dinámico de la producción de espacio fruto de un proceso de negociación de los moradores, sumado a las condiciones topográficas en un proceso informal, dinámico y sin planteamiento previo. Mediante la producción de imágenes y sonidos se pretende el desarrollo de ambientes digitales interactivos que permitan la generación de ese "tercer espacio" que sólo ocurrirá con la participación activa de los usuarios y que transforma al diseñador/arquitecto en

¹⁵⁵ BALTAZAR, Ana Paula (2001) "Architecture as Interface: forming and informing spaces and subjects", en KOIVUNEN, Anu; PAASONEN, Susanna [eds.] (2001) *Conference Proceedings for Affective Encounters: Rethinking Embodiment in Feminist Media Studies*, University of Turku, School of Art, Literature and Music Series A, nº 49, Media Studies, Turku, Finland, 2001. Disponible en: <<https://susannapaasonen.files.wordpress.com/2014/11/proceedings.pdf>> [Fecha de consulta: 18/08/2015].

¹⁵⁶ Baltazar forma parte del grupo de investigación MOM (*Morar de Outras Maneiras*), creado en 2004, organizado por el Departamento de Proyectos (PRJ) y el Programa de Postgrado en Arquitectura y Urbanismo (NPGAU) de la Escuela de Arquitectura de la UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais). El objetivo de MOM es investigar los procesos de producción de viviendas que combinen la autonomía de los residentes y constructores directos, economía solidaria y tecnologías de construcción de bajo impacto ambiental. La investigación está dirigida principalmente a personas que, hoy en día, o producen sus hogares de manera informal, con la escasez de recursos financieros, técnicos y legales que ello implica o se someten a actuaciones urbanísticas sobre las que tienen poco poder de decisión. Véase por ejemplo: KAPP, Silke; BALTAZAR, Ana Paula (2005) "Interface digital para produção autônoma de moradias", en: IX Congreso de Iberoamericano de Gráfica Digital - Sigradi, 2005, Lima. *Ponencias del IX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2005. pp. 793-799. Disponible en: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca_2/>. [Fecha de consulta: 18/08/2015].

"programador" que crea un lugar de "conexión" para que surjan apropiaciones imprevistas en sintonía con la lógica informal de la favela.

En su tesis¹⁵⁷ propone la "virtualización" del proceso de diseño y de la arquitectura como una crítica de la representación que, por medio de dibujos, fija la forma final y el significado de los edificios antes incluso de que sean construidos y usados y pone el énfasis en la percepción visual por encima de otras cualidades espaciales "vivas" que poseen los edificios. Critica la construcción externa que se impone desde la arquitectura a los usuarios y propone a los arquitectos no realizar diseños finales (o finalistas, dibujos y representaciones de edificios terminados) sino, por el contrario, que se comiencen a idear medios ("interfaces" como procedimientos y *software*) con los que la gente pueda participar de forma autónoma y no habitual con el objeto de negociar la producción de sus propios espacios. No se propone ningún procedimiento o *software* en particular salvo la orientación de trabajar hacia una inclusión de lo "virtual" a través de una "cyberarquitectura" que sería el espacio que emerge cuando los usuarios interactúan con este tipo de interfaces.

El concepto de "cyberarquitectura" (arquitectura+TIC) puede cumplir el papel de interfaz de reconciliación entre el sujeto y el objeto más allá de las limitaciones de la representación arquitectónica tradicional. Se destaca así el potencial de la arquitectura como "chora",¹⁵⁸ un espacio caracterizado por la incertidumbre y la indeterminación que está ahí para recibir al sujeto, pero en el que ambos, sujeto y espacio, se transforman recíprocamente. La "cyberarquitectura" sería una alternativa potencial al predeterminismo de la tradición moderna, mediante la fusión de la arquitectura y las tecnologías digitales como una "interfaz", "formando e in-formando espacios y sujetos de forma simultánea".¹⁵⁹

¹⁵⁷ BALTAZAR DOS SANTOS, Ana Paula (2009) *Cyberarchitecture: the virtualisation of architecture beyond representation towards interactivity*. Tesis doctoral no publicada. Supervisor: Philip Tabor. Londres: The Bartlett School of Architecture, University College London, UCL, Marzo 2009. Disponible en: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca_2/arquivos/baltazar_phd_small.pdf> [Fecha de consulta: 18/08/2015].

¹⁵⁸ Baltazar toma el concepto platónico de "chora" de los trabajos sobre semiótica de la filósofa feminista Julia Kristeva. KRISTEVA, Julia (1984) "Revolution in Poetic Language", en MOI, Toril (1986) *The Kristeva Reader*. Nueva York: Columbia University Press, pp. 89-136. Platón se refiere en el *Timeo* al "chora" como el espacio eterno e indestructible, abstracto, cósmico, que provee de una posición de todo lo que existe. Se trata del tercer componente básico de la realidad junto al Ser y al Devenir. Se diferencia por tanto del concepto aristotélico empírico de "topos", "lugar". SOLÀ-MORALES, Ignasi; LLORENTE, Marta; MONTANER, Josep M.; RAMÓN, Antoni; OLIVERAS, Jordi (2000) *Introducción a la arquitectura. Conceptos fundamentales*. Barcelona: Edicions UPC, p. 100. Para una visión más completa del concepto de "chora" en relación con la representación arquitectónica véase: PÉREZ-GÓMEZ, Alberto (1994) "Chora: The Space of Architectural Representation", en *Chora. Intervals in the Philosophy of Architecture*, vol. I, Montreal: McGill-Queen University Press, pp. 1-34.

¹⁵⁹ BALTAZAR, Ana Paula (2001) *Op. cit.*, p. 33.

5.5.4 La necesidad de una "nueva síntesis".

Encontramos en la obra de Antoine Picon una reflexión similar sobre el papel que debe jugar la arquitectura en el contexto actual en su relación con la sociedad de la información y la cultura digital.¹⁶⁰ Picon considera que el aspecto más evidente de esa relación, la utilización de ordenadores para la producción de formas cada vez más novedosas y espectaculares, es tan sólo uno de los aspectos de una tendencia más amplia, del mismo modo que la invención (descubrimiento) de la perspectiva en el Renacimiento estaba relacionada con aspectos de mayor alcance que la mera investigación sobre la regularidad geométrica. Algunos teóricos como William Mitchell han promocionado la idea de que los arquitectos participasen en tareas tales como el diseño del ciberespacio dado que la metáfora espacial se adecuaba perfectamente a las necesidades de estos nuevos espacios virtuales. Siempre ha sido polémica esta cuestión debido a que la arquitectura es una disciplina que tradicionalmente se ha relacionado de forma directa con la realidad material y física de la piedra, la cerámica, el vidrio y el metal.

La tentación de escapar a dimensiones diferentes de la física tendría sus antecedentes en la representación de los dibujos y grabados de arquitecturas visionarias y fantásticas como, por ejemplo, los universos de las "*carceri*" de Piranesi. Pero la arquitectura, incluso la de "papel", tiene siempre una voluntad de materialización que se ve hoy potenciada por los nuevos retos de la sostenibilidad y el objetivo de reducción de la huella ecológica de los edificios lo que plantea la resolución de problemas concretos en el mundo físico. En la actualidad la principal contribución podría venir del campo de la denominada Realidad Aumentada, que plantea el desarrollo de una interfaz entre lo físico y lo virtual sin vincularse de forma exclusiva al ciberespacio o a las arquitecturas virtuales.

La interfaz se ha convertido en un problema arquitectónico y, más allá de la consideración acerca de las pantallas o las herramientas propias de la Realidad Virtual o de la Realidad Aumentada, es el propio espacio arquitectónico el que adquiere el papel de "mediador", de interfaz, en el que se cruzan realidades diversas permitiendo una gama cada vez mayor de interacciones. Se trata de una interfaz que tendrá en consideración las sensaciones y las percepciones del individuo de la era digital, los "afectos" vinculados a un contexto generado por una infinidad de artefactos y *gadgets* que proporcionan una experiencia de la realidad y una visión del mundo muy diferente a la de generaciones anteriores.¹⁶¹

Picon sitúa en la exploración del salto entre los límites de los mundos físico y electrónico el componente esencial de la nueva agenda de la arquitectura digital. Una situación que puede producir la sensación de disociación en dos tipos de cuerpo como

¹⁶⁰ PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, pp. 55-57.

¹⁶¹ Picon señala al cinematógrafo y al automóvil como ejemplos de dos innovaciones que motivaron cambios en la forma de percibir la realidad. En particular subraya la alteración dramática producida por el estatus de la aceleración debida a la utilización del automóvil. La experiencia de aceleración tangencial al suelo, continua y suave era muy distinta de la sensación producida por el tradicional galope a caballo que además no se encontraba al alcance de todos los individuos.

reflexionaba Toyo Ito en su conocido artículo "Tarzán en la selva de los *media*". Este tipo de experiencias revelaría la transición hacia una nueva realidad enriquecida (aumentada) en la que el sujeto, conectado digitalmente, está cambiando así como sus sensaciones y percepciones siendo uno de los objetivos de la arquitectura ocuparse de esa "nueva síntesis" entre dos realidades.¹⁶²

5.5.5 Nubes de información: una interfaz atmosférica.

"La niebla es, más que un estado atmosférico, un sentimiento del alma."

Xuan Bello¹⁶³

*"Marejada de nubes bajas
Amontonadas
Sobre la lejana línea del mar"*

Masaoka Shiki (1867-1902), Haiku

*"No habrá una sola cosa que no sea
una nube. Lo son las catedrales
de vasta piedra y bíblicos cristales
que el tiempo allanará. Lo es la Odisea,
que cambia como el mar. Algo hay distinto
cada vez que la abrimos. El reflejo
de tu cara ya es otro en el espejo
y el día es un dudoso laberinto.
Somos los que se van. La numerosa
nube que se deshace en el poniente
es nuestra imagen. Incesantemente
la rosa se convierte en otra rosa.
Eres nube, eres mar, eres olvido.
Eres también aquello que has perdido."*

Jorge Luis Borges, "Nubes I", *Los conjurados*, 1985

En el año 2002 los arquitectos Elizabeth Diller y Richard Scofidio realizaron otra obra clave para comprender las implicaciones de lo digital en la arquitectura. Se trata del *Blur Building* en Yverdon-les-Bains un proyecto realizado en el contexto de la exposición Swiss Expo 2002.¹⁶⁴ Se puede considerar como otro "manifiesto" arquitectónico puesto que rompe con

¹⁶² PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, p. 57.

¹⁶³ BELLO, Xuan (2002) *Historia universal de Paniceiros*. Madrid: Editorial Debate, p. 12.

¹⁶⁴ En el año 2001 debía llevarse a cabo la sexta edición de la Exposición Nacional Suiza. Este tradicional evento se celebra cada 25 años (Zurich 1883, Ginebra 1896, Berna 1914, Zurich 1939 y Lausana 1964) con el propósito de promocionar a nivel mundial la imagen del país helvético por medio del arte y la arquitectura, pero debido a graves problemas organizativos y la falta de fondos para llevarla a cabo, la muestra se pospuso hasta un año más tarde. La 2002 Swiss Expo se desarrolló del 15 de mayo al 15 de

todas las convenciones de la arquitectura precedente¹⁶⁵ y se propone como un verdadero y nuevo paradigma de la arquitectura del futuro¹⁶⁶ mediante la aplicación del concepto de interactividad a partir de la gestión de información recogida del ambiente para generar una interfaz espacial.



Ilustración 38. "Architects Building Castles in the Clouds", Test de niebla, artículo en *The New York Times* (23/05/2001).

Este proyecto representa una alianza renovada entre arquitectura y naturaleza a través de una nueva consideración del paisaje que es siempre un "constructo" cultural que

octubre de 2002 cerca de los lagos de Neuchâtel, Bienne/Biel y Morat/Murten y se dividía en cinco sedes denominadas "Arteplages" (arte y playa), debido a su proximidad con el agua (el concepto había sido promovido por la directora artística de la Expo, la videoartista suiza Pipilotti Rist). Cada una de ellas estaba dedicada a un tema distinto. El *Blur Building* en el *Arteplage* de Yverdon-les-Bains tenía como tema "*I and the Universe*" y tras el concurso internacional celebrado en 1998 fue asignado al equipo multinacional de diseño *Extasia* formado por la reunión temporal de los estudios: Morphing Systems (Zurich), Diller&Scofidio (Nueva York), Véhoar and Jauslin (Zurich) y West 8 (Rotterdam). El resto de los temas correspondientes a las diferentes ubicaciones eran: "*Nature and Artifice*" en Neuchâtel, "*Instant and Eternity*" en Murten/Morat (Jean Nouvel, "*The Monolith*"), "*Power and Freedom*" en Biel/Bienne (Coop Himmelb(l)au, "*The Towers*") y "*Sens and Movement*" en una plataforma móvil. Debido al enfoque sostenible del proyecto se pretendía que todos los materiales empleados fuesen reciclados y retirados al finalizar la exposición lo que se llevó a cabo en el otoño de 2003.

¹⁶⁵ Para Montaner este tipo de propuestas tecnológicas (junto con otras de figuras como Toyo Ito, Jean Nouvel, Rem Koolhaas, Coop Himmelb(l)au) "*manifiestan el predominio de los sistemas de objetos por encima de las estructuras tradicionales del espacio arquitectónico. Esta nueva situación comporta la disolución de las clasificaciones y criterios tipológicos en aras de la experimentación tecnológica y la tecnificación del interior*". MONTANER, Josep Maria (2002) *Op. cit.*, p. 135.

¹⁶⁶ SAGGIO, Antonino (2010) *Op. cit.*, pp. 435-436.

experimenta cambios y mutaciones directamente relacionados con la organización de los saberes de las distintas culturas.¹⁶⁷ Dicho de otra manera, el paisaje es el resultado del encuentro entre la naturaleza y la cultura y, por tanto, un lugar de conflicto y de compromiso.¹⁶⁸ A lo largo de las últimas décadas se ha producido una transformación de los espacios públicos y de los proyectos que los definen. En esta transformación, el término paisaje ha adquirido un protagonismo sin precedentes, seguramente porque expresa al mismo tiempo la condición cada vez más cambiante de los lugares, los modelos de ciudad difusa, la utilización de grandes formatos y de escalas diversas de intervención, así como la indefinición entre los objetos arquitectónicos y sus entornos. La noción de paisaje implica también que los regímenes visuales se convierten en agentes activos en la constitución de espacios públicos como lo demuestra la referencia a determinadas trayectorias del arte contemporáneo.¹⁶⁹

El paisaje y el arte se han convertido en instrumentos con los cuales resulta posible representar una idea del espacio que involucre la mente y el cuerpo.¹⁷⁰ Esto plantea la necesidad de concebir el paisaje como un sistema activo directamente relacionado con la acción y no como un objeto o un escenario. La idea de intervenir en el paisaje por medio de una aproximación artística, sintetizada en el término *artscape*¹⁷¹ definido por el arquitecto italiano Luca Garofalo, se convierte en una estrategia innovadora que permite dislocar y reintegrar los aspectos más convencionales de la sociedad. Se enfatiza la actividad de proyectar y el efecto de construir el paisaje poniéndolos en relación con la cuarta dimensión: el tiempo.



Ilustración 39. Richard LONG, *A line in the Himalayas*, 1975.

Desde los años 60 el arte se ha interesado cada vez más por las intervenciones en el

¹⁶⁷ ÁBALOS, Iñaki (2005) *Atlas pintoresco. Vol. 1: el observatorio*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 90.

¹⁶⁸ LAMAS, Santiago (2004) *Galicia Borrosa*. Sada: Edición do Castro, p. 41.

¹⁶⁹ ÁBALOS, Iñaki (2005) *Op. cit.*, p. 92.

¹⁷⁰ GALOFARO, Luca (2003) *Artsapes. El arte como aproximación al paisaje contemporáneo*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 149.

¹⁷¹ GALOFARO, Luca (2003) *Ibidem.*, p. 23.

territorio a menudo entendidas como notaciones, como inscripciones en su superficie. Algunas de las obras más representativas del *Land Art* y de autores como Robert Smithson, Robert Morris, Nancy Holt o Richard Long proponían una revisión de la obra de arte dentro de un tiempo lineal y un espacio euclidiano, el par conceptual que había dominado hasta ese momento el espacio representacional de nuestra cultura.¹⁷² En esta aproximación al territorio se apuntan preocupaciones que podemos descubrir en algunas de las tendencias de la arquitectura reciente y que reflejan la existencia de un ámbito de confluencia entre el arte contemporáneo y una arquitectura cada vez más preocupada por el territorio y por su relación con el entorno.

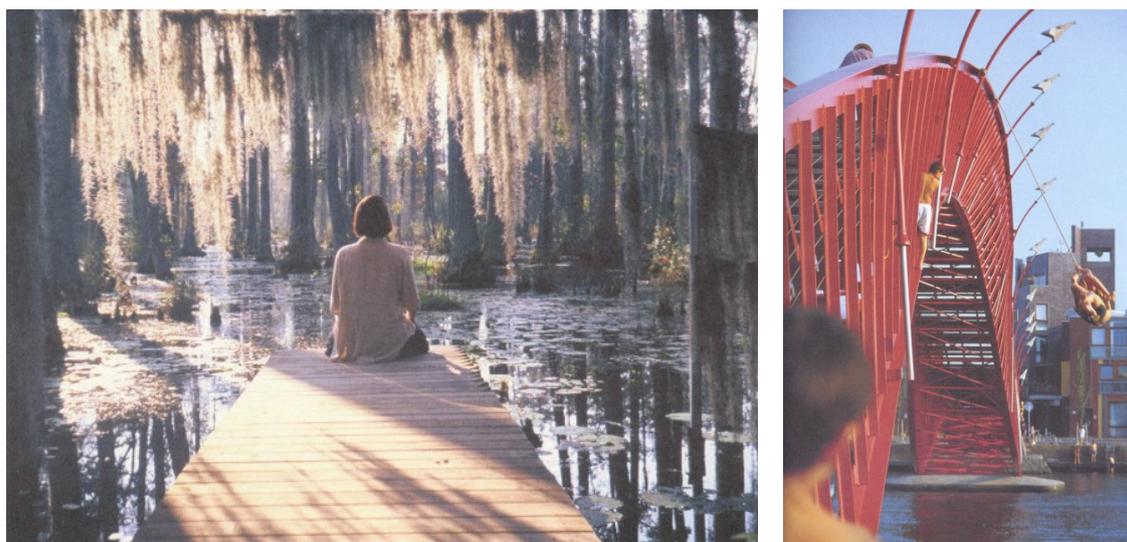


Ilustración 40. Adriaan GEUZE / WEST 8, [Izquierda] *Swamp Garden* (Jardín ciénaga), Charleston, EEUU, 1997. [Derecha] WEST 8, *Borneo Sporenburg*, Amsterdam, 1993-1996.

Estos ámbitos de diálogo o de tensión entre el arte y la arquitectura pueden encontrarse, por ejemplo, en numerosas experiencias de la arquitectura holandesa contemporánea en donde el paisaje asume un papel táctico en la formación de nuevos proyectos urbanos. Precisamente fueron el arquitecto holandés Adrian Geuze junto con el estudio West 8 quienes diseñaron el parque-jardín del "*Arteplage*" de Yverdon-les-Bains y que sirve de entorno al *Blur Building*. La propuesta se basaba en unas dunas enormes de más de 6 metros de altura cubiertas de flores de colores que forman patrones psicodélicos con diseños muy variados y contrastes intensos.¹⁷³ Estas estructuras sirven de preámbulo al verdadero "objeto de deseo" que constituye la "nube" arquitectónica que flota sobre el lago.

¹⁷² RAQUEJO, Tonia (2006) "El arte de la tierra: espacio-tiempo en el Land Art", en MADERUELO, Javier [ed.] (2006) *Medio siglo de arte: últimas tendencias, 1955-2005*. Madrid: Abada Editores, p. 110.

¹⁷³ PÉREZ LÓPEZ, Héctor Julio (2004) *La naturaleza en el arte posmoderno*. Madrid: Ediciones Akal, pp. 38-40.



Ilustración 41. Adriaan GEUZE / WEST 8, Jardín-parque en el *Arteplage* Yverdon-les-Bains, Expo 02, 2002.

El *Land Art* constituyó uno de los métodos mediante los cuales se inició la recuperación del paisaje y su consideración como lugar de la acción. El papel que en su día desempeñaron artistas como Christo & Jean-Claude, Robert Morris o James Turrell lo retomarán arquitectos como Elisabeth Diller & Ricardo Scofidio, West 8 o Foreign Office Architects (FOA), para quienes el paisaje se convierte en un verdadero material de construcción y, al mismo tiempo, en el lugar donde lo natural y lo artificial componen una nueva materialidad a través de un fenómeno de desenfoque (*blur*) de los instrumentos operativos.¹⁷⁴



Ilustración 42. *Artepilage* Yverdon-les-Bains, vista aérea del Expopark, Expo 02, Neuchâtel, Suiza, 2002.

El verbo "*blur*" significa emborronar, difuminar, desenfocar, hacer borroso, difuso, confuso, turbio, misterioso, nublado, vago. Una imagen borrosa está causada por un error mecánico en una pantalla o en una reproducción tecnológica. Una visión nublada es considerada una visión deficiente. Lo difuso/borroso/desenfocado tiene connotaciones negativas. Sin embargo, hay también formas positivas de pensar sobre este concepto. Lo borroso de la fotografía en movimiento era algo buscado por los fotógrafos futuristas¹⁷⁵ para

¹⁷⁴ GALOFARO, Luca (2003) *Op. cit.*, p. 151.

¹⁷⁵ La propia Elisabeth Diller cita como referencia las fotografías del italiano Anton Giulio Bragaglia (1890-1960) que fue un pionero de la fotografía futurista y del cine en Italia estudiando el tratamiento del movimiento y desarrollando lo que llamaba fotodinamismo. DILLER, Elisabeth (2001) "Blur/Babble", en DAVIDSON, Cynthia C. (2001) *Anything*. Cambridge (MA.): The MIT Press, p. 133. Encontramos ejemplos recientes de esta estética en la fotografía del alemán Günther Förg que plantea una reflexión sobre la modernidad centrada en los edificios racionalistas de la Bauhaus y la arquitectura fascista

expresar el movimiento físico en el tiempo. En las cámaras de vídeo y en programas digitales de edición gráfica digital como Photoshop, "desenfocar" (*gaussian blur*, *motion blur*, *radio blur*, etc.) es un comando estándar. Los objetivos de las cámaras en Japón son valorados sobre la base de la coherencia de desenfoque ("*blur coherence*" o "*bokeh*"). Lo difuso/borroso/desenfocado puede ser también una estrategia productiva para representar lo antiheroico¹⁷⁶ y como se ha visto, este efecto de desenfoque está ya codificado por la tecnología. El paso siguiente consistía en reflexionar acerca de sus posibles significados en arquitectura, buscando evitar el efecto meramente formal y experimentando con su posible materialización corpórea.¹⁷⁷



Ilustración 43. Masao YAMAMOTO, [Izquierda] *Kawa=Flow #1614*, 2004. [Derecha] *Kawa=Flow #1533*, 2008.

El *Blur Building* representa un intento de experimentación en este sentido. Basado en el tema del "diseño inmaterial" y la consideración de una idea radical: un pabellón mediático construido de la "nada",¹⁷⁸ es decir, a partir de los elementos del lago en el que se asienta, el

italiana para entender el legado y el desgaste de la estética modernista con la ayuda de perspectivas inusuales, bordes en ángulo y un enfoque granular; el alemán Thomas Ruff y sus series del Pabellón de Barcelona de Mies van der Rohe (2000-2004); o en las imágenes desenfocadas de las "*Architecture Series*" del fotógrafo japonés Hiroshi Sugimoto. También en el desenfoque poético de lo cotidiano que caracteriza la obra del fotógrafo ferrolano Vari Caramés o la mirada sensible a la presencia de la luz y al modo en que las formas materiales se funden con el espacio del coruñés Juan Rodríguez. Véase: FRANCO TABOADA, José Antonio (2011) "Sobre perspectiva, fotografía e infografía. Apuntes para una fenomenología de la representación", en *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, [S.l.], n. 17, pp. 54-65. Disponible en: <<http://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/883>>. [Fecha de consulta: 10/09/2015].

¹⁷⁶ Puede verse un ejemplo en las atmósferas del fotógrafo japonés Masao Yamamoto (n. 1957) cuyas fotografías, casi siempre en blanco y negro y delicadamente bañadas en té o café, con una suavidad semejante a la niebla, intentan transmitir la poesía íntima de la naturaleza por lo que han sido descritas como "haikus visuales".

¹⁷⁷ La poética de la desmaterialización, que podemos asociar al término "*blurring*", ha sido objeto de reflexión para un gran número de arquitectos. Podemos mencionar la exposición "Blurring Architecture" ("Arquitectura de límites difusos") del arquitecto Toyo Ito y su libro correspondiente (ya citado). El término "blur" aparece frecuentemente en los escritos de Peter Eisenman, como por ejemplo en EISENMAN, Peter (2003) *Blurred Zones: Investigations of the Interstitial*. Nueva York: The Monacelli Press. Citado en PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (2008) *Op. cit.*, p. 186.

¹⁷⁸ Precisamente el libro editado por los arquitectos en el que se recoge el proceso de creación del pabellón desde la concepción hasta la realización tiene el significativo subtítulo de: *La construcción de*

aire y el agua. La idea inmediatamente conduce su investigación en dos direcciones: la organización material de la estructura del pabellón y el diseño de la nube de aire y agua que constituirá su "arquitectura" visible.¹⁷⁹ Estamos ante un proyecto y una reflexión sobre las potencialidades del "desenfoco" en la arquitectura, actuando a escala territorial. El paisaje se convierte en un material con el que es posible construir un edificio que puede ser utilizado y vivido.

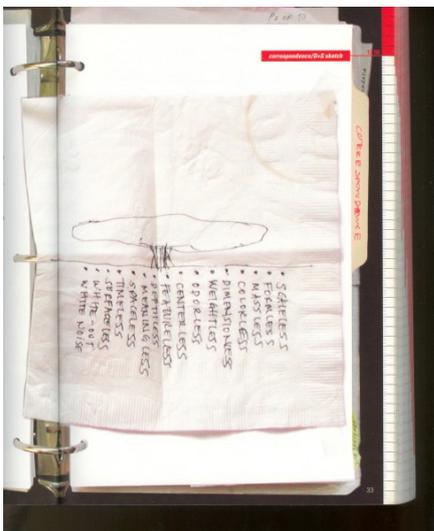


Ilustración 44. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, bocetos iniciales, 1998.

El edificio nunca es igual a sí mismo y se encuentra siempre en constante transformación y cambio. Se materializa en un gran palafito de 90 metros de largo y forma ovalada que está compuesto, fundamentalmente, de "información". Por medio de un complejo sistema de sensores el edificio cambia constantemente al variar determinados parámetros del ambiente externo: grado de humedad, temperatura, dirección y velocidad del viento. A través de programas de transformación algorítmica los datos proporcionados por los sensores son procesados y se ponen en funcionamiento millares de microdifusores que proyectan agua nebulizada procedente del lago en el que se asienta la estructura. Se produce así una nube¹⁸⁰ que entra en una constante mutación con el edificio, cubriéndolo por completo y haciéndolo desaparecer, haciendo aparecer una plataforma o dejando ver el puente de acceso.

El *Blur Building* se convierte así en una arquitectura atmosférica.¹⁸¹ Los fuertes vientos

nada. DILLER, Elizabeth + SCOFIDIO, Richard (2002) *blur: the making of nothing*. Nueva York: Harry N. Abrams.

¹⁷⁹ KUBO, Michael; SALAZAR, Jaime (2004) "Una breve historia de la era de la información", en FERRÉ, Albert [ed.] (2004) *Verb MATTERS, Architecture Boogazine*, num. 2. Barcelona: ACTAR, p. 18.

¹⁸⁰ La característica nube se forma a partir de agua del propio lago vaporizada que se pulveriza como una fina neblina por medio de unos aspersores integrados en la estructura de la plataforma, mediante chorros de agua a alta presión. El sistema está compuesto por 31.500 pulverizadores separados entre sí 1,2 metros, dirigidos en todas direcciones a lo largo de 24 kilómetros de conductos.

¹⁸¹ El filósofo alemán Peter Sloterdijk ha calificado el proyecto como una "instalación macroatmosférica" y como una "escultura climática inmersiva". SLOTERDIJK, Peter (2006) *Esferas III (Espumas)*. Madrid: Ediciones Siruela, p. 509.

dejan al descubierto el borde anterior de la estructura y crean largas estelas de niebla. *Blur* es impredecible, aunque desarrolla algunas tendencias determinadas: la humedad elevada y las altas temperaturas dispersan la niebla hacia el exterior; la humedad elevada y las bajas temperaturas provocan el descenso de la niebla hacia el lago y su propagación; la baja humedad y las altas temperaturas producen un efecto de evaporación. Cuando la temperatura del aire es más fría que la temperatura del lago el aire se calienta por convección y empuja la niebla hacia arriba.¹⁸² Sin la lectura de datos y la transformación electrónica de la información ambiental sólo nos quedaría la estructura metálica de una plataforma panorámica, pero más que una imagen de la industrialización, el proyecto constituye un icono de las posibilidades de la informatización de la arquitectura.

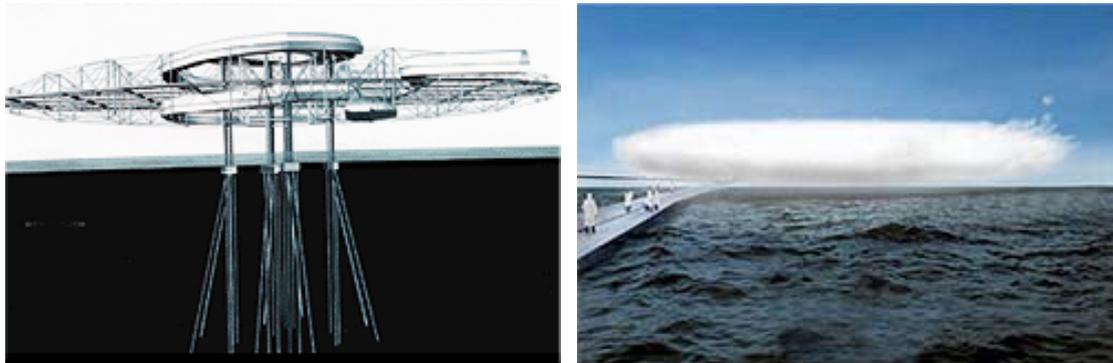


Ilustración 45. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, modelo 3D de la estructura e imagen de concurso, 1999.

Se elimina la idea tradicional del edificio como entidad estática, cerrada, autónoma y no reactiva transformándose aquí en un elemento de mediación, una interfaz, que a través de la inteligencia de su *software* decide qué *inputs* emplear (las variaciones meteorológicas) y qué tipo de *outputs* generar (intensidad de la nebulización). Se pueden cambiar los *inputs* y los *outputs* e incluso producir eventos basados en la indeterminación de unos y otros. El edificio se transforma en un elemento activo que funciona como mediador entre situaciones, deseos, condiciones. Se convierte en un dispositivo sensible que procesa información, en definitiva, se transforma en una interfaz.

El concepto para el *Blur Building* es una nube¹⁸³ suspendida sobre el lago Neuchâtel,

¹⁸² DILLER+SCOFIDIO (2002) "Yverdon-les-Bains February 2002" (*Blur Building*), en FERRÉ, Albert [ed.] (2004) *Op. cit.*, pp. 20-47.

¹⁸³ Podemos encontrar ejemplos de la utilización de la imagen de la nube como concepto generador en los trabajos del estudio japonés Tetsuo Kondo Architects asociado con la firma de ingeniería ambiental Transsolar. Han desarrollado sus *Cloudscapes* en la Bienal de Arquitectura de Venecia en 2010, en el Museo de Arte Contemporáneo de Tokio (MOT) en 2012 o en el ZKM de Karlsruhe desde junio hasta septiembre de 2015. Otro ejemplo lo constituyen las nubes creadas por el artista holandés Berndnaut Smilde como su serie *Nimbus* del año 2010. Son obras efímeras compuestas por partículas de agua mezcladas con pequeños cristales de hielo que surgen de la nada, en un proceso de desmaterialización de los elementos físicos y visuales. Las nubes tienen una vida extremadamente breve, tan sólo duran unos diez segundos, durante los cuales el artista capta unas fotografías y graba un vídeo que luego se quedan en el espacio expositivo. De ese modo, por un lado constituyen la memoria poética de una

una arquitectura inmaterial que funde naturaleza y artificio a través de la niebla, síntesis de aire y agua. Las primeras experiencias con edificios de niebla las había realizado la artista japonesa Fujiko Nakaya¹⁸⁴ para el Pabellón de Pepsi en la Expo de Osaka de 1970 como integrante del mítico grupo artístico E.A.T. (*Experiments in Art and Technology*). El proyecto se basaba en una capa de niebla que cubría una cúpula geodésica.



Ilustración 46. Fujiko NAKAYA, [Izquierda] *The PEPSI Pavilion*, EXPO'70, Osaka, Japón, 1970. [Derecha] *Foggy Forest*, Fog Environment #47660, Showa Kinen Park, Tachikawa, 1992.

Nakaya ha realizado otros proyectos en los que la niebla artificial se constituye en el material configurador de la estrategia proyectual como, por ejemplo, el "*Foggy Forest*" del Showa Kinen Park en Tachikawa, Japón, en el año 1992. Más recientemente ha diseñado el "*Fog Bridge*" (2013) una instalación dentro del programa *Over the Water*¹⁸⁵ para el Exploratorium de San Francisco y en el año 2014 el "*Fujiko Nakaya: Veil*" un proyecto *site-specific* para conmemorar el 65 aniversario de la *Glass House*, el emblemático proyecto del arquitecto Philip Johnson completado en el año 1949.

De alguna manera puede decirse que confluyen en el proyecto de *Blur* dos visiones utópicas diferentes. Por una parte la estructura portante recuerda las experimentaciones realizadas por Buckminster Fuller sobre "tensegridad"¹⁸⁶ (*Tensegrity*) recreada aquí a través de una estructura de células bipiramidales. Por otra parte, el tema al que debían dar respuesta los arquitectos "*Yo y el universo*", con su sesgo humanístico, clarifica la intención proyectual ya

acción minimalista y fugaz y por el otro permiten apreciar con todo detalle el proceso de formación y disolución de la nube.

¹⁸⁴ Fujiko Nakaya fue asesora de Diller + Scofidio en el proyecto de *Blur* tanto en aspectos técnicos como estéticos junto con el equipo de Thomas Mee Industries (como proveedores del equipamiento nebulizador).

¹⁸⁵ MARKOPOULOS, Leigh; McDOUGALL (2014) *Over the Water*. Catálogo del proyecto *Over the Water: Fujiko Nakaya* desarrollado en el *Exploratorium* de San Francisco del 17 de abril al 6 de octubre de 2013. Oakland: Solstice Press.

¹⁸⁶ Tensegridad, proveniente del inglés *Tensegrity*, es un término arquitectónico acuñado por Buckminster Fuller como contracción de "*tensional integrity*" (integridad tensional). La "tensegridad" es un principio estructural basado en el empleo de componentes aislados comprimidos que se encuentran dentro de una red tensada continua, de tal modo que los miembros comprimidos (generalmente barras) no se tocan entre sí y están unidos únicamente por medio de componentes traccionados (habitualmente cables) que son los que delimitan espacialmente dicho sistema.

que la forma de anillo recuerda las teorías renacentistas que consideraban el universo como una forma cerrada y circular en la tradición de los círculos neoplatónicos.¹⁸⁷

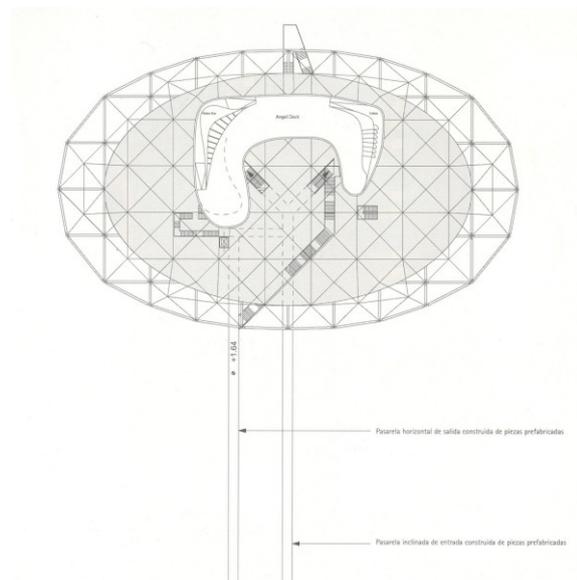


Ilustración 47. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, Planta, 2000.

El *Blur Building* mide 91,5 metros de anchura por 61 metros de profundidad y "flota" a 23 metros de altura por encima del lago.¹⁸⁸ Los visitantes pueden acercarse a la nube desde la playa a través de una doble pasarela peatonal realizada en fibra de vidrio de 110 metros de longitud. Al penetrar en la instalación la experiencia se transforma de visual en sensorial. El contexto desaparece poco a poco hasta producirse una absoluta ausencia de estímulos. Los propios autores afirman que pretendían realizar "un edificio con la visión obstaculizada... un edificio en el que no hubiese nada que ver, ni nada que hacer. Un edificio que no representase nada, pero que fuese una nada espectacular".¹⁸⁹ Al entrar en la masa de niebla, se eliminan las referencias visuales y acústicas, dejando sólo un "blanco total" (*whiteout*) y el "ruido blanco" (*white noise*) de la vibración de los aspersores de niebla.

En la mitad del recorrido se encuentra un núcleo central de comunicaciones (*Media Platform*) definido por una pantalla circular de protección y abierto al fragor de las olas. En su interior cuelga una plataforma central para 250 personas, con 12 potentes vídeo-proyectores colocados radialmente respecto al centro y coordinados para generar una imagen circular. La imagen panorámica se obtiene mediante la combinación de tomas de vídeo en tiempo real y también de imágenes registradas previamente. La instalación de vídeo-programa reinterpreta

¹⁸⁷ MAROTTA, Antonello (2005) *Diller + Scofidio. Il teatro della dissolvenza*. Roma: EdilStampa, pp. 79-82.

¹⁸⁸ INCERTI, Guido; RICCHI, Daria; SIMPSON, Deane (2007) *Diller + Scofidio (+ Renfro) The Ciliary Function. Works and Projects 1979-2007*. Milán: Skira Editore, pp. 144-155. NOTA: El título de la obra hace referencia al músculo ciliar que es el órgano que cambia la forma del cristalino del ojo para permitir enfocar o desenfocar (*blur*) la visión.

¹⁸⁹ Entrevista realizada por Antonello Marotta a Diller + Scofidio y publicada en el libro ya citado: MAROTTA, Antonello (2005) *Op. cit.*, p. 79.

el tradicional "panorama"¹⁹⁰ del siglo XIX a través del filtro de las tecnologías digitales del siglo XXI.

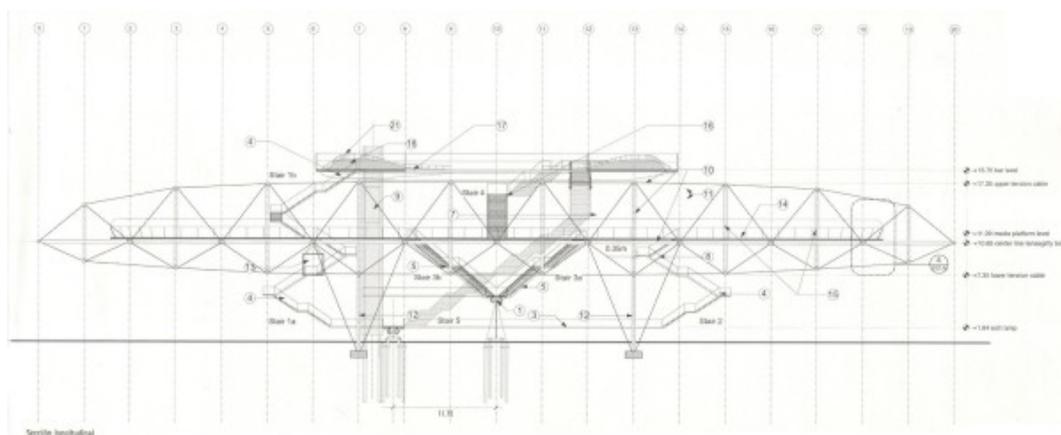


Ilustración 48. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, Sección longitudinal, 2000.

Se trata de una arquitectura atmosférica de nieblas y vapores. Aquí la niebla se entiende e interpreta no sólo como condición atmosférica, sino más bien como una experiencia ambiental, emocional, como sensación primaria, como "estado de ánimo". Entramos en un campo completamente distinto al representado en un sistema tradicional por lo que es necesario olvidar todas las referencias acústicas y visuales a las que estamos acostumbrados. De manera similar al *Lightning Field* de Walter de Maria, *Blur* representa un espacio que no está hecho para ser observado, sino para ser vivido. La arquitectura convencional, estática, quieta, pegada al suelo, aquí se vuelve dinámica a través del juego constante entre tecnología y naturaleza. En la plataforma, el movimiento no está controlado y el público puede pasear con toda libertad en un entorno totalmente acústico.

La intención principal del proyecto es conseguir la transición de un estado de la materia a otro. El desenfoque no es sólo figurativo sino que se produce también entre los sucesivos estados de la idea de proyecto. El arte, la arquitectura, la tecnología y el paisaje se funden en el proceso de evolución de una idea espacial, un proceso a lo largo del cual los constantes cambios buscan un diálogo con los visitantes. En el interior de la *Media Platform* se propone una forma distinta de comunicación, con unas cajas de cristal de seis caras separadas por un denso conjunto de paneles LED verticales conectados a Internet. Los mensajes surgen de la nada, se proyectan sobre las cajas de cristal y luego desaparecen lentamente. El sistema

¹⁹⁰ El "panorama" es una forma de arte de la Revolución Industrial inventado por el irlandés Robert Barker a finales del siglo XVIII y que consistía en gigantescas pinturas circulares con una visión central de 360°, en las que se mezclaba arte y técnica. Estas pinturas se mostraron en las principales ciudades de Europa y América (París, Londres, Nueva York) y atrajeron a un gran número de espectadores, lo que hizo posible el desarrollo del Panorama como una actividad empresarial. Al igual que otro fenómeno artístico marginal del siglo XIX, la revista ilustrada de actualidad, el "panorama" debió su gran popularidad a una cultura visual de medio de masas, basada en un afán de saber y conocer, fruto de la filosofía positivista de la época. BASTIDA DE LA CALLE, M^a Dolores (2001) "El Panorama: una manifestación artística marginal del siglo XIX", en *Revista Espacio Tiempo y Forma. Serie VII, Historia del Arte*, 0(14). Madrid: UNED, pp. 205-217.

funciona como una especie de sala de *chat* tridimensional. Los mensajes enviados por los participantes ascienden por las paredes, mientras que las respuestas llueven hacia la parte inferior. Se produce un intercambio de información entre la arquitectura construida y el mundo inmaterial de la red: mientras que la arquitectura se desmaterializa, el mundo de los *media* se vuelve físicamente tangible.

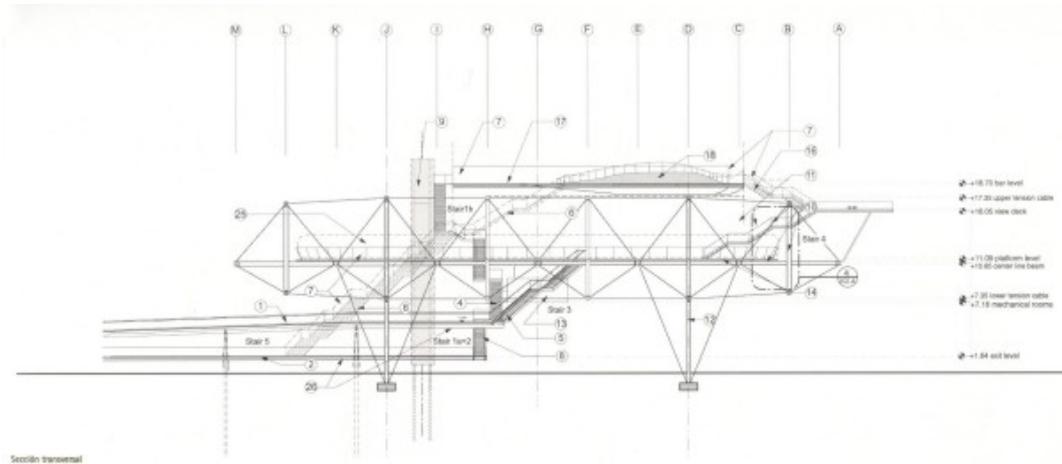


Ilustración 49. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, Sección transversal, 2000.

Desde la plataforma y acompañados por el murmullo del agua vaporizada se puede subir por una rampa en espiral y llegar, como si se estuviese atravesando un banco de nubes, hasta la "Cubierta del Ángel" (*Angel Deck*) situada en la parte superior. Desde la terraza se puede disfrutar de una vista panorámica del Expopark y del lago. El agua no es sólo el contexto físico y el material arquitectónico predominante de *Blur*, sino que también es una fuente de placer para los sentidos ya que, sumergido medio nivel por debajo del *Angel Deck*, está el *Water Bar* donde manteniendo la estética minimalista tan sólo se sirve agua de distintas variedades. El bar ofrece una amplia selección de aguas embotelladas: aguas de manantial, aguas minerales, aguas con gas y aguas destiladas de todos los lugares del mundo incluyendo una exclusiva colección de aguas glaciares y polares. El público es invitado literalmente a "beberse el edificio".

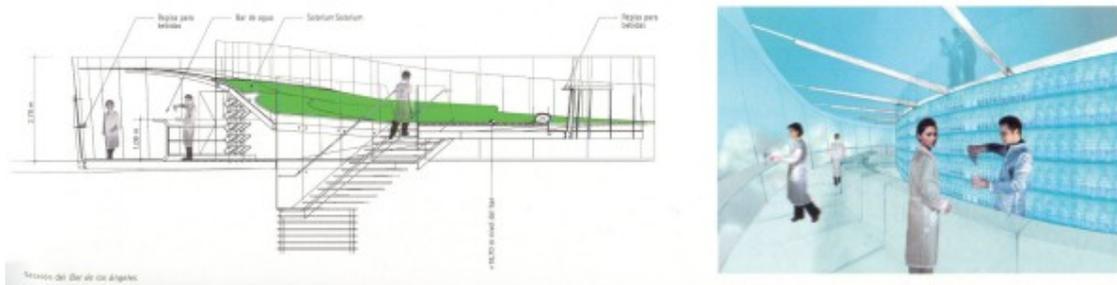


Ilustración 50. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, *Water Bar* en el *Angel Deck*, sección y render conceptual, 2000.

La arquitectura pretende mostrar cada vez menos y sustituir la experiencia visual por cierto tipo de experiencia física de carácter háptico¹⁹¹ que emplea todos los sentidos de un modo uniforme. Se supera cualquier tipo de espectáculo vinculado a la visión, en favor de una implicación sensorial distinta. La arquitectura busca una participación que no sólo está relacionada con el movimiento, sino también con la interacción con el espacio proyectado, relación que puede cambiar en función de los distintos momentos del día y también en función de las distintas actividades programadas.



Ilustración 51. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, [Izquierda] Test de niebla. [Derecha] Apertura de la EXPO 02, 2002.

La inmersión en este paisaje/ambiente/atmósfera es algo completamente distinto de la experiencia cotidiana de la arquitectura. En oposición a la naturaleza, que a menudo puede llegar a desorientar debido a la ausencia de referencias precisas, la arquitectura intenta restituir constantemente las referencias en su afán por transmitir una sensación de seguridad. Entrar en *Blur* es como acceder a un medio habitable "sin forma, sin características, sin profundidad, sin escala, sin espacio, sin masa, sin superficie y sin contexto",¹⁹² un paisaje artificial capaz de implicar a los sentidos y donde el arte y la naturaleza empiezan a estructurar una arquitectura que puede reinventar su papel de medio de comunicación en la sociedad.¹⁹³

Pero además, *Blur* debería involucrar a los usuarios, sus experiencias y percepciones. Antes de entrar se entregaría a los visitantes un chubasquero sensible e interactivo,¹⁹⁴ que

¹⁹¹ La percepción háptica es el conjunto de informaciones, no visuales, que experimenta un individuo para recibir información. Designa el proceso de reconocimiento de los objetos a través del tacto y en ella se produce la combinación entre la percepción táctil y la propiocepción, que informa al organismo sobre la posición de la mano (o del cuerpo) en relación con un objeto. PANDOLFINI, Eugenio (2013) "Dispersión visual y nuevas sinestias: consideraciones sobre el *Blur Building*", en revista *ZARCH: Journal of interdisciplinary studies in Architecture and Urbanism*, Nº. 2, 2013. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, pp. 158-171. Véase también: PANDOLFINI, Eugenio (2014) *Percepción dispersa. Arquitectura y tactilidad en la sociedad de la comunicación*. Tesis doctoral. Dirigida por M^a Teresa Muñoz Jiménez y Fernando Quesada López. Madrid: Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA, UPM.

¹⁹² DILLER, Elizabeth (2000) "Defining Atmosphere: The *Blur Building*", en *Doors of Perception 6: Lightness*, 2000. Disponible en: <www.doorsofperception.com> [Fecha de consulta: 22/08/2015]

¹⁹³ GAROFALO, Luca (2003) *Op. cit.*, pp. 155-156.

¹⁹⁴ El proyecto "*braincoat*" (juego de palabras entre los términos "*brain*"= cerebro y "*raincoat*"= chubasquero) fue cancelado debido al abandono del patrocinador.

permite identificar la posición del usuario. Por medio de una CPU portátil, un transmisor de radiofrecuencia, RTLS (*Real-Time Location System*), LED *displays* y tecnologías que desarrollan sistemas de audio, el cuerpo se convierte en el punto principal de referencia. El control de la desorientación se convierte en una nueva experiencia puesto que el edificio reconoce el cuerpo del visitante. El "*braincoat*" es un impermeable inteligente que al conectarse permite el intercambio de cierta información. En principio se pretendía la digitalización de toda la superficie de la plataforma de manera que cada persona, cada visitante que se moviese al azar, sería como una interfaz móvil de esta enorme base de datos acústicos pudiendo obtener información de la misma.



Ilustración 52. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, vistas aéreas del pabellón, 2002.

En este paisaje artificial, cada movimiento queda cartografiado, registrado y restituido por medio del sonido. Se pueden identificar palabras y sonidos inteligibles en medio del murmullo por lo que cada visitante se convierte en una especie de interfaz sonora para la base de datos acústica. El sonido revela el espacio del cuerpo y de sus movimientos. La niebla delimita el espacio del movimiento y se integra con el paisaje siendo ella misma paisaje construido. La tecnología se transforma en un espacio de lo virtual capaz de definir un límite inmaterial mediante la síntesis arquitectónica de una idea artística que restituye el valor de la acción y del movimiento. El movimiento se descompone en huellas que pueden ser seguidas por el navegante y por el narrador de este paisaje artificial en el que el sonido actúa como un acompañante de forma permanente.¹⁹⁵

Como manifiesto, *Blur* es una reacción ante la sobresaturación visual de las exposiciones nacionales y mundiales convertidas en lugares de competencia extravagante en tecnologías de inmersión y simulación. Estas grandes exposiciones satisfacen el insaciable apetito contemporáneo de estimulación visual con un virtuosismo digital cada vez mayor. La cultura de consumo mide el índice de satisfacción en píxeles por pulgada lo que convierte a la alta definición en una nueva ortodoxia. Por el contrario, y como una contestación voluntariamente radical, *Blur* pretende convertirse en un concepto de diseño de baja definición, un experimento de antiheroísmo a escala medioambiental.

¹⁹⁵ GAROFALO, Luca (2003) *Op. cit.*, pp. 156-157.



Ilustración 53. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, pasarelas de acceso, 2002.

Blur es un antiespectáculo. La palabra "espectáculo" es un término que se refiere en primer lugar a la visión que, de una forma crítica, se convierte en el tema central del proyecto. Desde la orilla, la nube es un icono visual, pero una vez dentro: hay poco o nada que ver. La audiencia reunida y compacta, típica de los espectáculos convencionales, se dispersa. La atención centrada en un punto, la construcción dramática y el clímax son sustituidos por una atención de baja intensidad que se sostiene gracias a un cierto sentido de aprensión y de peligro que aparece inducido por la desorientación.¹⁹⁶ *Blur* es un ambiente inmersivo en el cual el mundo se aleja de nuestro objetivo mientras que nuestra dependencia visual se pone en cuestión.¹⁹⁷ Uno de los objetivos del proyecto consiste en la producción de un "sublime tecnológico" (como aplicación de las nociones kantianas del término) paralelo al producido por la naturaleza lo que se logra mediante el efecto simultáneo de manipulación del clima (naturaleza) y de las presentaciones abstractas de los *media* (imaginación).¹⁹⁸ Al mismo tiempo la impredecibilidad de las condiciones atmosféricas nos advierte de las limitaciones de la cultura tecnológica actual.

Experimentos proyectuales como el del *Blur Building* nos sitúan ante la aparición de nuevas sensibilidades que ponen en crisis la plenitud del espacio cartesiano.¹⁹⁹ La producción del lugar se realiza a partir de miradas completamente nuevas que plantean la programación de acontecimientos o eventos más que el descubrimiento de algo estable y permanente. Se experimenta con los conceptos de fluidez, disolución e inmaterialidad por lo que se entra en

¹⁹⁶ Recordemos el efectismo con que se utilizaba un punto de referencia en la niebla para crear suspense en la novela victoriana, mecanismo que se trasladaría con posterioridad al cine. Sobre el fenómeno de la "niebla victoriana" véase: ACKROYD, Peter (2012) *Londres. Una biografía*. Barcelona: Edhasa.

¹⁹⁷ DILLER, Elizabeth + SCOFIDIO, Richard (2002) "Blur [Difuso/Borroso/Desenfocado]", en: *Pasajes de Arquitectura y Crítica*, nº 39, septiembre, 2002, p. 62.

¹⁹⁸ FISCHER, Ole W. (2007) "Atmospheres-Architectural Spaces between Critical Reading and Immersive Presence", en *field: a free journal for architecture*, "Architecture and Indeterminacy", Volume 1, issue 1 (September 2007), pp. 28-29.

¹⁹⁹ Desde este punto de vista hay que tener en cuenta que se pone en crisis la mayoría de los conceptos establecidos para juzgar la obra. Para Montaner en este tipo de proyectos "hay material figurativo y abstracto, mecanismos modernos y posmodernos, espacio e imagen mediática, referencias a la alta y baja cultura, método e inspiración, utopía y profesionalismo, rigurosidad y cinismo, en definitiva una especie de racionalismo paradójico en el que entra el terreno oscuro y azaroso del surrealismo". MONTANER, Josep Maria (2002) *Op. cit.*, p. 154.

conflicto con los presupuestos tradicionales de la arquitectura. La relación entre lo natural y lo artificial aparece de este modo mediatizada por la materialización/desmaterialización de los límites. La respuesta estructural se vuelve metafórica a través de estrategias proyectuales que nos acercan a lo inmaterial, a la desaparición, convirtiendo el objeto en campo, la figura en fondo.

Blur trabaja con la idea de la ausencia en un edificio que tiene como función principal la de mostrar su presencia. Estamos ante un proyecto anti-arquitectónico: niebla convertida en arquitectura. No se entra a un interior, a un espacio, sino que se entra a un medio, a una atmósfera, en la que se ven involucrados todos los sentidos. Estructura, forma, composición en planta o en sección son absolutamente irrelevantes por invisibles.²⁰⁰ Es la propia experiencia del tránsito la que permite, con dificultad, construir una idea de posición relativa y en este sentido, el paisaje ya no es una entidad pasiva, sino activa y en transformación constante.²⁰¹

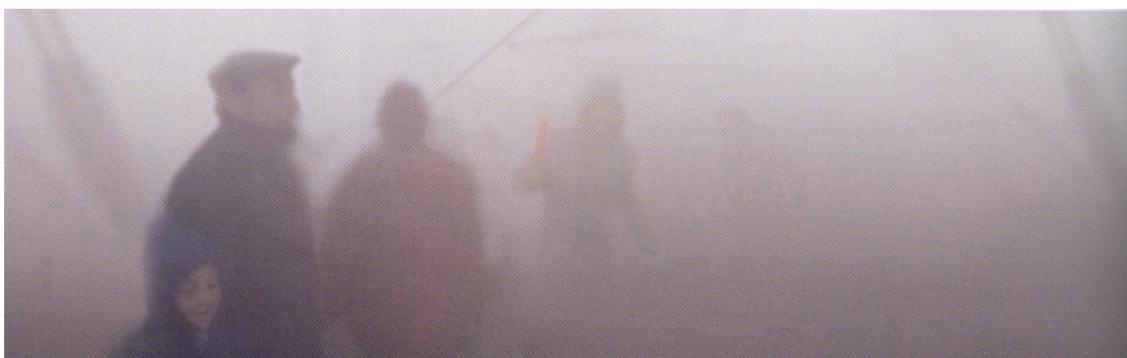


Ilustración 54. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, interior del pabellón, 2002.

Diller + Scofidio desvían la atención sobre una estructura que desaparece, pierde significado y pone en escena lo no definible, clarificando una nueva ruta en la relación entre forma y representación. La máquina inteligente se convierte en el nuevo desafío de la era de la electrónica mostrando una nueva interpretación que se aleja de la "visión clara" (perspectiva) en favor de la indefinición (*blur*). Se ponen en discusión los principios que tradicionalmente han configurado la disciplina arquitectónica basados en la definición de pares dialécticos (dentro/fuera, cerrado/abierto). Pierden así su significado conceptos como cerca/lejos, interior/exterior. Se pone en crisis incluso el sentido de la vista que ha sido el que ha definido la capacidad de supervivencia del ser humano y que, inmerso en *Blur*, se ve sometido a una desorientación total debido a las alteraciones perceptivas programadas.²⁰²

²⁰⁰ PICON, Antoine (2010) *Op. cit.*, p. 189.

²⁰¹ GAROFALO, Luca (2003) *Op. cit.*, p. 157.

²⁰² MAROTTA, Antonello (2005) *Op. cit.*, p. 85-86.

Los conocimientos teatrales²⁰³ de Diller + Scofidio les permiten reorganizar la capacidad de concentración y redefinir el espectáculo²⁰⁴ convirtiéndolo en difuso para un público disperso que extiende su capacidad de concentración a través de una leve sensación de incomodidad. La arquitectura se utiliza aquí como *medium* para amplificar la atmósfera de incertidumbre y ansiedad debida a la niebla. Materia, espacio e información entran en una dimensión virtual en la que lo formal se disuelve en lo sensitivo transformando los efectos en afectos por medio de una interfaz atmosférica, una máquina sensible que produce una emoción rápida que se disuelve de forma similar a la niebla que la provoca.²⁰⁵



Ilustración 55. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, vista nocturna, 2002.

Ante la realidad de cuerpos que cada vez se extienden más en el espacio por medio de la utilización de prótesis electrónicas, sensores y mandos a distancia, la arquitectura busca su forma de convertirse en sensible, reactiva e interconectada. Surge así la posibilidad de proyectar espacios que ven, miran, escuchan y se alimentan de la energía solar o se adaptan a las condiciones climáticas. Estos espacios viven en estados de equilibrio dinámico intercambiando incesantemente información y energía con el hombre y con el medio ambiente y en ellos se traspasan las fronteras entre las diferentes disciplinas, en una

²⁰³ No podemos olvidar que Diller + Scofidio desarrollan su tarea profesional en un área intermedia, híbrida, con la realización de instalaciones de arte, filosofía, montajes, *performances*, y naturalmente el ejercicio de la docencia en la Cooper Union de Nueva York.

²⁰⁴ HILL, Jonathan (2006) *Immaterial Architecture*. Abingdon, Oxon: Routledge, p. 96.

²⁰⁵ MAROTTA, Antonello (2005) *Op. cit.*, p. 87.

hibridación efectiva entre la investigación artística, científica y arquitectónica.²⁰⁶ Estos espacios tienen en común la presencia de una máquina física (*hardware*) y una no física (*software*) y están hechos al mismo tiempo de materia y de información codificada lo que los convierte en auténticas interfaces arquitectónicas capaces de actuar como mediadoras con el paisaje local, con el usuario y con el entorno global.



Ilustración 56. DILLER + SCOFIDIO, *Blur Building*, Microdifusor Tipo 1, test de niebla, 1999.

Podemos considerar *Blur* como un dispositivo que funciona como un "campo abierto" que "reacciona" con el entorno físico y virtual insertándose elásticamente en el medio a fin de generar respuestas "híbridas".²⁰⁷ Se realizan intercambios de energía, de materia o de información en un sistema relacional y operativo. Un espacio como proceso inscrito en un campo de fuerzas, una interfaz capaz de sintonizar, transmitir, procesar, reinterpretar y reelaborar información.

Se plantea una nueva alianza entre arquitectura y naturaleza materializada a través de fenómenos de hibridación entre arte y arquitectura. Se trata de arquitecturas atmosféricas en las que se disuelven los límites del espacio para generar reflexiones sobre la percepción. Podemos citar en este sentido la obra del artista danés Olafur Eliasson (Copenhague, 1967). Sus instalaciones presentan elementos sacados de la naturaleza: oleadas de vapor que evocan géiseres, arco iris o habitaciones llenas de niebla. Al introducir fenómenos "naturales", como el agua, la bruma o la luz, en un escenario artificial, ya sea una calle en una ciudad o una galería

²⁰⁶ PALUMBO, Maria Luisa (2006) "Listening spaces – Espacios a la escucha", en "Organicidades", [nodo en línea]. *Artnodes*. N.º 6. UOC. Disponible en: <<http://www.uoc.edu/artnodes/6/dt/esp/palumbo.pdf>> [Fecha de consulta: 22/08/2015].

²⁰⁷ GAUSA, Manuel (2007) "Interacción", en COLAFRANCESCHI, Daniela (2007) *Landscape + 100 palabras para habitarlo*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 106-108.

de arte, anima al espectador a reflexionar sobre su percepción del mundo físico.



Ilustración 57. Olafur ELIASSON, *Thoka*, instalación en el Kunstverein, Hamburgo, Alemania, 1995.

En *The Weather Project*, el cuarto en la serie anual de encargos *site specific* de la firma Unilever (las denominadas *Unilever Series*) para la Turbine Hall de la Tate Modern en Londres, adopta el omnipresente tema del tiempo como base para explorar ideas sobre la experiencia, la meditación y la representación. Los participantes anteriores (Louise Bourgeois, Juan Muñoz y Anish Kapoor) habían visto la amplitud del espacio de la gran Sala de Turbinas (la *Turbine Hall*, proyectada en 1941 por Sir Giles Gilbert Scott y reconvertida en espacio museístico por Herzog & De Meuron²⁰⁸ e inaugurado en el año 2000) como un lugar para esculturas o entornos a la escala del espacio. Eliasson lo ocupa de un modo menos intrusivo.

En *The Weather Project* la luz anaranjada de un disco solar eléctrico inunda la totalidad del espacio mientras una inyección periódica de humo genera una especie de neblina que intensifica la atmósfera trasladándola al ámbito de la ensoñación. Una fina bruma satura el espacio, como si los visitantes hubieran sido de pronto transportados a un lugar desconocido. A lo largo del día, la bruma se agrupa en débiles formaciones semejantes a nubes, antes de dispersarse por el espacio. La gama de colores, inspirada en las puestas y salidas de sol del pintor paisajista inglés William Turner (1775-1851), está reducida a una entre los tonos del amarillo al negro obtenida por medio de lámparas de baja frecuencia. El resultado es una homogeneización del aspecto de los visitantes. El ambiente se convierte en mágico e irreal. Perdida la identidad, todos los individuos aparecen iguales bajo ese sol artificial y se ven enfrentados a su reflejo en el espejo que cubre la totalidad del techo duplicando así de forma escenográfica el espacio de la sala.

²⁰⁸ El éxito de la intervención ha hecho necesario plantear una ampliación y transformación realizada por los mismos arquitectos entre 2004 y 2013.

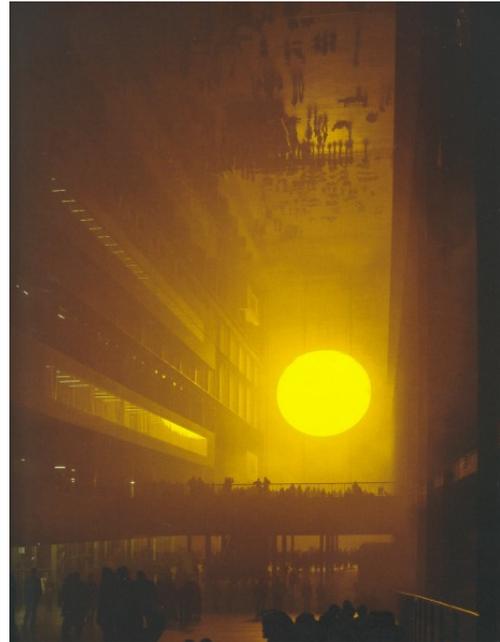


Ilustración 58. Olafur ELIASSON, *The Weather Project*, Turbine Hall, Tate Modern, Londres, 2003-04.

El disco de color naranja es un semicírculo que se duplica al reflejarse en el espejo del techo. Al acercarse, se puede ver su construcción mediante cientos de lámparas de sodio de monofrecuencia. Este aparato solar que no oculta sus mecanismos, se muestra como máquina y también como ficción, pero forma un todo con la imagen especular y en ella queda unido al espacio y al espectador mismo, y a una neblina que no es más que una mezcla de azúcar y agua. De forma similar al caso de *Blur* se coloca al público en la escena y se le da una posición activa, y no sólo receptiva, orientando así la experiencia tecnológica como experiencia cognitiva. Eliasson ha transformado el espacio con poco más que humo y espejos, consiguiendo no una imitación de la naturaleza sino una ficción equiparable, una interfaz atmosférica.



Ilustración 59. Olafur ELIASSON, *The Weather Project*, Turbine Hall, Tate Modern, Londres, 2003-04.

5.6. El desafío de una nueva estética.

“Después de todo, ¿qué es el arte? El arte es el proceso creativo y atraviesa todos los campos. La teoría de la relatividad de Einstein, ¡eso sí que es una obra de arte! Einstein era más un artista en la física que con su violín. El arte es esto: el arte es la solución de un problema que no se puede expresar de forma explícita hasta que se resuelve.”

Piet Hein²⁰⁹

La incorporación de la interactividad en la materialización física de los edificios significa trabajar en un nuevo nivel de complejidad arquitectónica. Pero en realidad el auténtico desafío no es científico, vinculado al desarrollo de modelos matemáticos cada vez más maduros y avanzados; tampoco es tecnológico, a través de la creación de los sistemas físicos y electrónicos que permitan mayores niveles de interactividad y de sensibilidad en los edificios y en los ambientes; y, por último, tampoco es funcional en la búsqueda de comprender cómo hacer de la interactividad un elemento de investigación y de reflexión acerca de la “crisis” y las dificultades de la compleja sociedad contemporánea.

El verdadero desafío es, como siempre, de naturaleza estética. Buscar una estética, es decir, un modo de ver, interpretar y construir el mundo de la arquitectura, que sea profunda y necesariamente interactiva. En esta búsqueda la información es el elemento fundamental y la interactividad es el “reactivo químico”, el catalizador, de todos estos componentes. La interactividad tiene al mismo tiempo un componente ético y político, un componente técnico y tecnológico y finalmente un componente estético fundamental porque precisa de una revolución del sentir y de la percepción que empuja en la dirección de una nueva conciencia de la contemporaneidad. Haciendo una observación rigurosa del cambio producido en el marco de la arquitectura podemos decir que si la fórmula del Movimiento Moderno era, justamente, la *Neue Sachlichkeit* (Nueva Objetividad), la de esta nueva arquitectura no puede ser otra más que una “Nueva Subjetividad” en la que información e interactividad se conviertan en los elementos clave.

Esta nueva arquitectura da lugar a una nueva estética, una “hiperestética” cuyas características resume Prestinzenza Puglisi en su ensayo “This is tomorrow” a través de la

²⁰⁹ HEIN, Piet (1969) *Grooks 1*. Nueva York: Doubleday & Co. Piet Hein (1905-1996) científico, matemático, inventor, diseñador y poeta danés. Además de sus investigaciones inventó el Cubo Soma, durante una conferencia sobre la mecánica cuántica realizada por Werner Heisenberg en el año 1933. Se trata de un rompecabezas de disección sólido que consta de siete piezas hechas de cubos unitarios que deben ser montadas en un cubo de 3x3x3. Las piezas también pueden ser utilizadas para construir una gran variedad de otras figuras tridimensionales. Su famosa frase sobre la definición del arte está citada en: SAGGIO, Antonino (1996) Reseña del libro: HEYER, Paul (1993) *American Architecture. Ideas and ideologies in the late twentieth century*. Nueva York: Van Nostrand, en *Domus*, n. 780, marzo 1996, pp. 96-97. “After all, what is art? Art is the creative process and it goes through all fields. Einstein’s theory of relativity –now that is a work of art! Einstein was more of an artist in physics than on his violin. Art is this: art is the solution of a problem which cannot be expressed explicitly until it is solved.”

consideración de los puntos siguientes:²¹⁰

- La búsqueda de la verdad que sustituye a la persecución de la belleza a través del descubrimiento de nuevas técnicas y materiales y la recuperación de la experiencia cotidiana y, en particular, de aquella más urbana y metropolitana.
- La superación del mito forma-función con el objeto de buscar nuevas relaciones entre creatividad y productividad y la experimentación de formas artísticas que introduzcan lo lúdico, lo inútil y lo simbólico.
- El deslizamiento desde el interés por la forma "en sí" y "por sí" hacia el interés por sus valores inter-relacionales, comunicativos e informacionales finalizando con el predominio de lo visual, es decir, de la forma en cuanto hecho eminentemente geométrico y apostar por una revalorización de las relaciones sensoriales e intelectuales sugeridas por el objeto.
- El trabajo sobre desplazamientos y sobre disyunciones entendiendo la obra como un instrumento a través del cual se puede poner en discusión el sentido común del observador, sus certezas, sus ilusiones de centralidad y utilizar la desestructuración como estrategia para nuevas investigaciones sobre la forma.
- La rotura de las barreras disciplinares por medio de hibridaciones y mezclas, sobre todo entre las artes: pintura, escultura, danza, teatro, cine, arquitectura, pero también con la ciencia y la tecnología.
- El fin del determinismo y la asunción de la casualidad y lo probable como matriz generadora de la obra experimentando con geometrías y teorías complejas que superen los sistemas mecánicos e introduzcan la variable "tiempo" como hecho generativo.
- La centralidad de la relación cuerpo-espacio ya sea por medio de arquitecturas físicamente implicadas o bien a través de la sistemática erosión de las constricciones que la arquitectura inflige al libre movimiento del cuerpo: desarquitecturización y anarquitectura.²¹¹

²¹⁰ PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1999) *This is tomorrow. Avanguardie e architettura contemporanea*. Turín: Ed. Testo & Immagine. Introducción disponible en web: <<http://architettura.supereva.com>>. [Fecha de consulta: 09/04/2014].

²¹¹ En 1973 los artistas Gordon Matta-Clark, George Trakas, Richard Nonas, Suzanne Harris, Richard Landry, Tina Girouard, Jeffrey Lew, Bernard Kirschenbaum, Laurie Anderson, Susan Weil y Jean Dupuy formaron en Nueva York el colectivo llamado *Anarquitectura*, un grupo desprovisto de cualquier compromiso formal que une los conceptos de Anarquía y Arquitectura. Proponían una exploración radical de los espacios olvidados o descuidados del entorno urbano, la dimensión, la ubicación y la metáfora arquitectónica. Creaban vías metafóricas para poner en evidencia el aspecto funcional de la arquitectura al tiempo que intervenían en espacios residuales y en lugares no desarrollados, que interrumpían los movimientos de la vida cotidiana. A partir de metáforas visuales ponían en evidencia problemáticas urbanas y habitacionales.

- La apertura de la arquitectura a la naturaleza con la ecología como contextualización e interrelación. La búsqueda de la desmaterialización de la masa del cerramiento por medio de membranas y sensores que captan y retransmiten informaciones y una conciencia de la sostenibilidad y de respeto ambiental e innovación a través del concepto de los edificios inteligentes.

- La experimentación con lo nómada y lo efímero basada en la crítica del concepto de estabilidad y permanencia. Ligereza, levedad, flujos de imágenes, antimonumentalidad. Valoración del movimiento y de la mutación y una recuperación de la dimensión virtual por medio de la electrónica potenciando la inmaterialidad y las superficies transparentes.

Se puede definir como una estética de rotura, de cambio, que permite la representación de cualquier cosa más allá de la noción de belleza o de estilo. Una forma de conocimiento sintético que no se consigue por medio de procesos analíticos y racionales y en la que no se funciona por acumulación sino por "saltos", por combinación y no por selección y en la que la no linealidad y las "figuras retóricas" resultan elementos clave. El arte nos ofrece con la metodología no lineal de los "saltos" un modo de conocer, de comprender y de resolver problemas que no pueden ser explicitados hasta que, como sucede en la nube de *Blur*, no nos sumergimos en su atmósfera compleja e informacional.



06_CODEX

MAS ALLÁ DEL PÍXEL

Hacia una nueva materialidad digital

INDEX_Capítulo 06_CODEX¹

MAS ALLÁ DEL PÍXEL. Hacia una nueva materialidad digital.

6.1 De lo informacional a la práctica material.	269
6.1.1 Hacia una nueva materialidad.	269
6.1.2 La necesidad de una teoría.	274
6.2 Diseño digital. Un nuevo paradigma de ideación.	277
6.2.1 Transferencias tecnológicas y morfogénesis digital.	282
6.2.2 Formas que se deforman y rectas que se vuelven curvas.	285
6.2.3 Curvas bajo control y metamorfosis animada: NURBS y <i>morphing</i> .	289
6.2.4 El modelo biológico y el poder de la simulación.	292
6.3 Fabricación digital. Nuevas estrategias operativas.	297
6.3.1 De lo físico a lo digital y viceversa.	298
6.3.2 Estrategias de fabricación digital.	301
6.3.2.1 Fabricación bidimensional.	303
6.3.2.2 Fabricación sustractiva.	304
6.3.2.3 Fabricación aditiva.	304
6.3.3 Estrategias de producción emergentes.	307
6.3.3.1 <i>Sectioning</i> : la memoria del <i>croissant</i> .	309
6.3.3.2 <i>Tesselating</i> : divide y vencerás.	311
6.3.3.3 <i>Folding</i> : un mundo de plegaduras.	314
6.3.3.4 <i>Contouring</i> : la materia líquida.	315
6.3.3.5 <i>Forming</i> : el sueño del alfarero digital.	319
6.4 Un Vitruvio digital. La autoría, lo paramétrico y lo performativo.	321
6.4.1 El giro digital.	324
6.4.2 La autoría en la era post-digital.	329
6.4.3 Parámetros manifiestos.	332
6.4.4 <i>Form follows performance</i> .	334
6.5 Materialización. El nuevo paradigma.	339
6.5.1 Fabricación material: bits y átomos.	341
6.5.2 Cuando las cosas empiezan a pensar.	344
6.5.3 <i>Makers</i> : la nueva revolución industrial.	345
6.5.4 Hacia un " <i>origami</i> " dinámico.	352

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: Iris van Herpen/.MGX by Materialise/Daniel Widrig, *Crystallization*, Spring/Summer 2010 collection, 3D printed clothes, 2010.

Capítulo 06_CODEX

MAS ALLÁ DEL PÍXEL. Hacia una nueva materialidad digital.

"La realidad de la arquitectura es lo concreto, lo convertido en forma, masa y espacio, su cuerpo. No hay ninguna idea fuera de las cosas."

Peter Zumthor²

"La arquitectura es la manifestación del espíritu de una época que se aprovechó de sus conquistas técnicas. Confiere a lo que va a ser el rostro de la tierra un aire de juventud y honestidad que vivifica el espíritu, estimula la actividad creativa y establece los nuevos eslabones de la cadena ininterrumpida de la tradición, esa cadena en la que cada pieza es al mismo tiempo un acto de optimismo creativo, un paso adelante y un esfuerzo constructivo."

Le Corbusier³

6.1 De lo informacional a la práctica material.

Lo tratado hasta este momento nos permite destacar el papel que juega la computación tanto en el procesado de la información como en su capacidad para potenciar los aspectos relacionales de sistemas y estructuras en el ámbito arquitectónico. Se han definido conceptos que van más allá de la mera actualización de las herramientas tecnológicas con el objetivo de lograr una comprensión intelectual del proyecto digital a través de la noción más generalizada de información. Este énfasis en lo informacional no pretende en ningún caso restar importancia a las lógicas visual o formal que tradicionalmente han sido las categorías predominantes en el análisis crítico y teórico de la arquitectura. La lógica informacional, junto con los conceptos de interactividad e interfaz, nos permite establecer la existencia de una arquitectura informacional (*in-formation architecture*) que plantea la constitución de un espacio-interfaz crítico, intermediario y abstracto capaz de transformar la disciplina por la mediación en las relaciones existentes entre estructuras cognitivas, códigos, procesos de información y cuestiones formales.⁴

6.1.1 Hacia una nueva materialidad.

En la actualidad existe una nueva visión de la práctica arquitectónica en la que lo digital y lo analógico conviven con naturalidad una vez superada la fascinación y las reservas iniciales. Una de las cuestiones que se han planteado con más fuerza desde la introducción de

² ZUMTHOR, Peter (2004) *Pensar la arquitectura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 37.

³ LE CORBUSIER (2003) *Aircraft*. Madrid: Abada Editores, p. 33.

⁴ LORENZO-EIROA, Pablo; SPRECHER, Aaron [eds.] (2013) *Architecture in Formation On the Nature of Information in Digital Architecture*. Abingdon: Routledge, p. 7.

las herramientas informáticas en arquitectura y a medida que se producía el avance del diseño digital es la hipotética amenaza que supondría para la dimensión material de la disciplina, es decir, para todos aquellos aspectos concretos de las tecnologías de la edificación y la construcción. Ya se ha comentado anteriormente la preocupación manifestada en este sentido por Kenneth Frampton y las réplicas, en sentido contrario, realizadas por William Mitchell y otros autores. Es cierto que la producción de muchos arquitectos "digitales" presenta una naturaleza eminentemente formalista y que en algunas propuestas de diseño arquitectónico asistido por ordenador parece como si se descuidase la dimensión material de la arquitectura basada en propiedades tectónicas como el peso, los esfuerzos o la resistencia. Los principios fundamentales que han conformado la naturaleza de la disciplina arquitectónica parecen verse cuestionados por la aparente libertad que la pantalla del ordenador ofrece al diseñador.⁵

Es necesario destacar que si algo caracteriza a la nueva arquitectura digital/informacional es, precisamente, la inexistencia de un estándar definitivo de actuación pues ya hemos visto que una de sus señas de identidad la constituyen el cambio y la mutación que son posibilitados y favorecidos por las herramientas digitales. Pero sí se puede afirmar que en cierto momento (que podríamos situar en la última década del pasado siglo y primeros años del actual) existió una cierta tendencia a la inmaterialidad vinculada al desarrollo del concepto del ciberespacio y de los mundos virtuales.⁶ Se trata de una cuestión relacionada muy directamente con el problema de la representación arquitectónica aunque, como afirma Antoine Picon, la abstracción inherente a la representación arquitectónica no supone necesariamente una ausencia de materialidad en la ejecución física posterior y, por otra parte, los dibujos tradicionales en dos dimensiones realizados a mano no implicaban tampoco un grado de materialidad superior a los realizados por ordenador en la actualidad.⁷

Los partidarios del construccionismo social⁸ defienden que la idea de materialidad es en gran medida una construcción (constructo) cultural en la que la experiencia física toma forma parcialmente a partir de la cultura y de la cultura tecnológica en particular. Si aceptamos esta premisa, el impacto de la introducción de las herramientas digitales ha supuesto una reformalización del proceso de proyecto dado que el diseño arquitectónico es siempre (ya sea

⁵ PICON, Antoine (2004) "Architecture and the Virtual. Towards a New Materiality", en *Praxis: Journal of Writing and Building* 6, Nov. 2004, pp. 114-121. Versión en español: (2004) "La arquitectura y lo virtual. Hacia una nueva materialidad" en ORTEGA, Lluís (2009) *Op. cit.*, pp. 67-83.

⁶ FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Ángel José (2009) "'Building with bits, not bricks...' The Design of a Virtual Architecture in Cyberspace", en *1st International Conference on Construction & Building Research*. Madrid, June 24th, 25th and 26th, 2009. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

⁷ PICON, Antoine (2004) *Ibidem*, p. 68.

⁸ El construccionismo social, socioconstruccionismo o más recientemente construccionismo relacional es una teoría sociológica y psicológica del conocimiento que considera cómo los fenómenos sociales se desarrollan particularmente desde contextos sociales. De este modo, una construcción social es un concepto o práctica que puede parecer natural y obvio a quienes lo aceptan, pero en realidad es una invención o artefacto cultural de una sociedad en particular. El concepto se desarrolló en los Estados Unidos con la obra de Peter L. Berger y Thomas Luckmann "*La construcción social de la realidad*" (1966). En ella sostienen que todo el conocimiento, incluyendo el sentido común, se deriva y es mantenido por las interacciones sociales que refuerzan la percepción de la realidad. Se trataría, por tanto, de un conocimiento negociado por lo que se podría afirmar que la realidad se construye socialmente.

en su forma analógica o digital) un objeto virtual en el que existe un cierto rasgo de indeterminación. A lo largo de la historia se han realizado intentos para mejorar la codificación de los procesos de diseño con la intención de anticiparse en todo lo posible a la obra final construida. Sin embargo, esa indeterminación relativa resulta una característica fundamental del proyecto arquitectónico que funciona como una auténtica matriz de posibilidades que transforman el proyecto en algo más que un simple documento técnico. La representación arquitectónica se ha movido siempre entre esas dos tendencias opuestas: la búsqueda de verosimilitud por una parte y el deseo de preservar unos ciertos márgenes operativos de indeterminación buscando un equilibrio armónico entre materialidad y abstracción. La consideración del papel del dibujo en arquitectura ha girado siempre en torno a la noción de compromiso sin pretender una representación exacta del edificio imaginado sino sugerir nuevas ideas y nuevas posibilidades. En estas imágenes no comprometidas con la realidad constructiva radicaba paradójicamente su mayor valor, en su carácter de proposición cargada de potencialidad.⁹

La digitalización del diseño permite la manipulación de formas de una gran complejidad y una mayor libertad en la visualización de las modificaciones del proyecto lo que conlleva una ampliación del vocabulario de ideación y la capacidad de poder interactuar en cada una de las fases del proceso de diseño. Es cierto que el ordenador rompe con la inmediatez del gesto humano al introducir una "capa" de *software* y *hardware* entre la mano y la representación gráfica.¹⁰ Como afirmaba el historiador del arte Henry Focillon: "*La mano es acción: coge, crea y, a veces, diríase que piensa*".¹¹ Por el contrario, el *software* posee unos mecanismos de operación y de preferencias que imponen unas restricciones al diseñador por lo que junto con el *hardware* se define lo que Picón denomina un "espesor" (*thickness*)¹² inexistente en las herramientas de diseño tradicionales.¹³

Siguiendo con esta dimensión antropológica de las tecnologías informáticas podemos destacar que la diferencia en relación con la utilización de las herramientas tradicionales radica en el encuentro con un "actor no humano" en una situación similar a la que se produjo con la introducción del automóvil y los cambios que como consecuencia se produjeron en nuestra

⁹ FRANCO TABOADA, José Antonio (2008) "Jano bifronte. Impregnación y mestizaje en el área de la expresión gráfica arquitectónica", en *Actas del XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Madrid: ETSAM, UPM, pp. 317-323.

¹⁰ No obstante la tendencia en el diseño del *software* es la de avanzar en los conceptos de usabilidad y de interfaz "amigable" buscando una reducción de ese "espesor" o, al menos, intentando que no sea percibido por el usuario. Podemos encontrar ejemplos de aplicaciones que intentan acercar las herramientas digitales a las formas de trabajo analógicas de las herramientas tradicionales como, por ejemplo, las aplicaciones que permiten dibujar a mano alzada sobre las tabletas digitales. Véase AMADO LORENZO, Antonio; FRAGA LÓPEZ, Fernando (2015) "El dibujante digital. Dibujo a mano alzada sobre tabletas digitales.", en *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, n. 25, jun. 2015, pp. 108-119.

¹¹ FOCILLON, Henry (1983) *Elogio de la mano*. Barcelona: Xarait Ediciones, p. 71.

¹² El concepto de "espesor", "espesor significativo" o "espesor cultural" está tomada de la concepción estratigráfica de la interpretación cultural desarrollada por el antropólogo Clifford Geertz. GEERTZ, Clifford (1973) *The interpretation of cultures*. Nueva York: Basic Books. Versión en español: (2003) *La interpretación de las culturas*. Barcelona: Editorial Gedisa.

¹³ PICON, Antoine (2004) *Op. cit.*, p. 116.

percepción del entorno. El ordenador nos presenta nuevas entidades perceptivas y nuevos objetos. Frente a la manipulación de formas estáticas aparece la posibilidad de operar con flujos geométricos y con deformaciones volumétricas y superficiales imposibles para los sistemas tradicionales de representación. Estas operaciones además pueden generarse y visualizarse en tiempo real situando el diseño digital en las proximidades de determinados oficios artesanales como el del ceramista o el del alfarero¹⁴ cuando realiza el modelado de las piezas de barro.¹⁵

Por otra parte el ordenador también permite la manipulación de fenómenos inmateriales como la luz y la textura mediante la variación de parámetros con lo que adquieren la condición de "cuasi-objetos"¹⁶ para el diseñador. Se potencian de este modo las condiciones táctiles y superficiales frente a las consideraciones volumétricas.

Otra de las dimensiones problemáticas de la arquitectura digital es la pérdida de evidencia de la escala. El ordenador posee una dimensión fractal en la que la información y la complejidad ocupan todos los niveles, todas las capas, por lo que el concepto de escala se vuelve totalmente relativo. Esto hace que, en ocasiones, la relación entre la representación arquitectónica y la propia arquitectura se pueda volver más confusa que con las herramientas tradicionales debido a la distancia que separa al modelo informático de la realidad tangible. Los nuevos desarrollos y avances en los sistemas de fabricación digital reducen considerablemente esta distancia por lo que el ordenador permite redefinir la materialidad más allá de la seducción por la pura imagen o la generación formal.

Las complejas interacciones entre la definición general del proyecto y los cambios producidos por la variaciones paramétricas que posibilitan las nuevas herramientas hace que sea necesario redefinir los objetivos y los procesos del diseño, dado que pequeños cambios pueden afectar a la totalidad del mismo. El ámbito de lo informacional/digital es fluido y variable, multidimensional y teóricamente reversible, características que a menudo no se ajustan a la visión convencional del proceso proyectual entendido como una secuencia lineal que se inicia con la ideación de los bocetos preliminares y concluye con las especificaciones técnicas del artefacto construido. Esta situación plantea además algunos peligros como la posibilidad de exploración *ad infinitum* que ofrece la tecnología, en la que la forma puede transformarse de manera indefinida, pero teniendo en cuenta que en algún momento deberán

¹⁴ MALÉ-ALEMANY, Marta; SOUSA, José Pedro (2008) "Computation and Materiality", en KOLAREVIC, Branko; KLINGER, Kevin R. [eds.] (2008) *Manufacturing Material Effects: Rethinking Design and Making in Architecture*. Abingdon: Routledge, p. 131.

¹⁵ Esta analogía viene siendo investigada como estrategia en algunos de los proyectos del MIT Media Lab en los que se intenta relacionar el modelado tridimensional con la práctica de la cerámica. El concepto de "cerámica digital" (*digital clay*) ha sido desarrollado en algunos proyectos del *Tangible Media Group* dirigido por Iroshi Ishii. Véase: ISHII, Iroshi; LAKATOS, D.; BONANNI, I.; LOABRUNE, J. B. (2012) "Radical Atoms: Beyond Tangible Bits, Toward Transformable Materials", en *Interactions*, Vol. XIX.1, January-February, 2012, pp. 38-51.

¹⁶ Se trata de un concepto que Bruno Latour toma de Michel Serres y con el que denomina a los "híbridos" que no tienen un espacio definido ni en lo social (sociedad) ni en lo científico (naturaleza). LATOUR, Bruno (2007) *Nunca fuimos modernos. Ensayo de antropología simétrica*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores, p. 85.

tomarse decisiones y realizar elecciones que rompan con la reversibilidad teóricamente infinita de la manipulación digital. De este modo el diseñador se convierte en editor (en ocasiones en programador) y se hace necesaria una nueva actitud que le permita evaluar de forma estratégica el potencial de la evolución del diseño en fases críticas de su desarrollo. La lógica del ordenador nos lleva a una forma de pensar basada en el concepto de evento, de proceso, de escenario. Esta forma de pensar se adecúa de forma eficaz a la estrategia de los diagramas aunque entendidos, no como meros esquemas mentales simplificadores, sino como herramientas operativas inseparables del curso de la acción.

El núcleo de la estrategia diagramática se fundamenta en la consideración del mundo como un campo de fuerzas¹⁷ dinámicas que es preciso cartografiar indicando sus características de potencialidad así como, y esto es característico del concepto informacional, reflejando sus relaciones e interconexiones a través de nodos. Frente al estatismo tradicional de la disciplina se impone ahora la comprensión de un ambiente fluido, móvil y sometido a una acción continua. Dentro de ese ambiente el ordenador se convierte en una extensión de la mente que, al mismo tiempo que externaliza ciertas funciones convirtiéndose en una supermemoria o herramienta avanzada de exploración lógica, también altera la percepción del espacio real. La noción de realidad mejorada o aumentada propone una materialidad diferente por medio de la hibridación entre lo físico y lo digital al tiempo que se producen cambios sustanciales en los códigos visuales. Se genera una cierta inestabilidad perceptiva debido al uso de herramientas como el *zoom*, que incrementa el componente de provisionalidad debido al fenómeno de la necesaria acomodación entre lo microscópico y lo macroscópico que se puede relacionar con la crisis del concepto de escala que ya se ha mencionado.

Esta inestabilidad difumina la distinción entre lo abstracto (visiones diagramáticas) y lo concreto (un interés creciente por la tectónica material) lo que se traduce en arquitectura en una intersección entre ambos. Ya hemos visto en el capítulo anterior un ejemplo de esta doble condición manifestada por Toyo Ito y su teoría del doble cuerpo (real y virtual), doble condición que aparece reflejada en su proyecto para Sendai que une a su condición densamente material una percepción fluida y translúcida.

Un aspecto importante a considerar es que, como máquina, el ordenador se inscribe en un universo global con un alto nivel de interconectividad por lo que categorías culturales ambientales como la de "paisaje" se adecúan mejor para poder lograr el objetivo de su descripción. Dentro de este nuevo "paisaje digital" cobra importancia la exploración del potencial expresivo de los materiales y la producción material asistida por ordenador. Esta tendencia favorecida por los nuevos desarrollos tecnológicos parece ofrecer la promesa de acabar con la distancia entre representación y materialidad que, de alguna manera, se sitúa en el origen mismo de la disciplina arquitectónica. Las herramientas digitales han posibilitado una documentación continua del proceso de proyecto desde la fase de ideación hasta la

¹⁷ ALLEN, Stan (2008) "Terminal Velocities: the Computer in the Design Studio", en *Practice: Architecture, Technique and Representation (Critical voices in art, theory & culture)*. Londres: Routledge, pp. 242-245. Versión revisada por el autor en 2008. Versión en español: (1995) "Velocidades terminales: el ordenador en el estudio de diseño", en ORTEGA, Lluís (2009) *Op. cit.*, pp. 39-57.

materialización concreta siguiendo las especificaciones técnicas correspondientes. Permiten ir más allá de la propuesta clásica de Gaspard Monge de definición de objetos que son susceptibles de representación rigurosa y objetos que no lo son, dado que con ellas se puede representar cualquier forma; alcanzando en este objetivo a los materiales y a la misma naturaleza como realidad tecnificada.

Esta interacción tan profunda entre diseño y materialidad puede llegar a poner en cuestión la propia identidad del diseñador dentro de un proceso en el que tradicionalmente se aceptaba la existencia de una distancia entre el mundo intelectual y el físico, distancia que se salvaba precisamente a través de la actividad creativa del diseño. Esta circunstancia aumenta la responsabilidad del diseñador ante las consecuencias de sus acciones puesto que es tarea de la arquitectura "*tomar el flujo de las condiciones históricas como su materialidad privilegiada*".¹⁸ Esta responsabilidad incluiría la toma de decisiones que en ocasiones puedan implicar incluso la posibilidad de la "no acción"¹⁹ así como la creciente preocupación por el medio ambiente y el desarrollo sostenible o por las condiciones sociales y políticas.

6.1.2 La necesidad de una teoría.

Otra cuestión importante es la necesidad de desarrollar una teoría que defina las interacciones emergentes entre las tecnologías de los medios (*new media*) y el diseño de arquitectura (*architectural design research*) sobre todo desde el punto de vista de las transformaciones en los métodos de diseño y de la evolución de las nuevas formas de pensamiento de diseño (*design thinking*).²⁰ Un objetivo de esta reflexión debería ser la realización de nuevas taxonomías²¹ de lo digital con una orientación conceptual en la línea de

¹⁸ KWINTER, Sanford (1996) "Flying the Bullet, or When Did the Future Begin?", en KWINTER, Sanford [ed.] (1996) *Rem Koolhaas: conversations with students*. Houston: Architecture at Rice Publications. Versión en español: (2002) "Volar con la bala o ¿cuándo empezó el futuro?", en KWINTER, Sanford [ed.] (2002) *Rem Koolhaas. Conversaciones con estudiantes*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, p. 67.

¹⁹ Ya se han alzado voces que critican la creciente banalización de la sostenibilidad y la necesidad de promover un debate serio con el objeto de interrogarse sobre la verdadera naturaleza arquitectónica y cultural de la sostenibilidad. Puede hablarse de la aparición de un "*efecto Bartleby*" en relación con el personaje de la conocida obra de Herman Melville, *Bartleby, el escribiente* (1853), en la que el personaje principal contesta con la frase "*Preferiría no hacerlo*", a todos los requerimientos de su patrón. Véase: ÁBALOS, Iñaki (2007) "Bartleby, el arquitecto". Artículo en Suplemento *Babelia*, periódico *El País*, 10/Marzo/2007. Disponible en: <<http://elpais.com/>>. [Fecha de consulta: 01/09/2015].

²⁰ El "*design thinking*" consiste en una metodología para desarrollar la innovación centrada en las personas con un enfoque que se sirve de la sensibilidad del diseñador y su método de resolución de problemas para satisfacer las necesidades de las personas de una forma que sea tecnológicamente factible y comercialmente viable. La noción de diseño como una "forma de pensar" en las ciencias se remonta a la obra "Las ciencias de lo artificial" (1969) del economista, teórico de las ciencias sociales y Premio Nobel de Economía (1978) Herbert A. Simon.

²¹ Taxonomía es la ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales. En nuestro caso y dentro del campo de la investigación sobre diseño (*design research*) representa una herramienta para la categorización y la organización de una nueva teoría de la arquitectura digital/informacional.

establecer claramente una nueva epistemología de lo digital/informacional en arquitectura.

La tecnología del diseño digital está provocando un cambio cultural que afecta a una episteme²² profesional con cientos de años de antigüedad, a las bases del conocimiento de la disciplina, a las relaciones interdisciplinares, a los fundamentos tecnológicos de las profesiones del diseño y la ingeniería, y a la propia lógica de pensar, hacer y fabricar la arquitectura. La evolución de estas ideas puede vincularse con los desarrollos científicos y tecnológicos de la era de la información durante el pasado medio siglo, pero ha sido durante los últimos veinte años cuando las tecnologías digitales se han constituido en un poderoso conjunto de potencialidades que están transformando la tarea de diseñar. Además, en los últimos tiempos lo digital en arquitectura ha comenzado a fomentar un nuevo conjunto de métodos que se caracterizan por estar orientados directamente hacia la materialización de la arquitectura. Esto significa el retorno de la condición material como una de las bases del proceso de diseño arquitectónico. Junto a esta vuelta de la arquitectura a sus prioridades en las "artes de hacer", empleando la terminología del historiador y filósofo francés Michel de Certeau,²³ motivada por los avances en las tecnologías de fabricación digital, están emergiendo también nuevos desarrollos relacionados con la forma, el proceso y el contenido que deben ser valoradas dentro de la reflexión global sobre la nueva arquitectura digital.

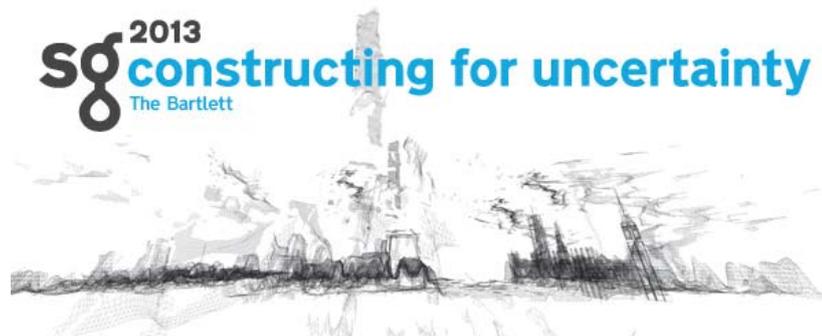


Ilustración 1. [Izquierda] AAG, París, 2012. [Derecha] SG2013, Londres.

Lo digital/informacional en arquitectura se está convirtiendo en la escena dominante de la crítica arquitectónica. Aparecen nuevas instituciones académicas y profesionales como las series de conferencias *Smartgeometry* (SG)²⁴ y *Advances in Architectural Geometry* (AAG)²⁵

²² DRAE: *episteme* 1. f. En la filosofía platónica, el saber construido metodológicamente en oposición a las opiniones individuales. 2. f. Conocimiento exacto. 3. f. Conjunto de conocimientos que condicionan las formas de entender e interpretar el mundo en determinadas épocas.

²³ CERTEAU, Michel de (1980) *L'invention du quotidien I. Arts de faire*. Paris: Gallimard. Versión en español: (2000) *La invención de lo cotidiano. I. Artes de hacer*. México: Universidad Iberoamericana.

²⁴ Fundada en 2001 como una asociación entre la práctica, la investigación y la docencia, está integrada por profesionales de las firmas de arquitectura e ingeniería más importantes del mundo (como por ejemplo Foster + Partners) así como prestigiosas instituciones académicas. *SmartGeometry* promueve la aparición del nuevo paradigma que utiliza los algoritmos matemáticos como herramienta de diseño y en el que los diseñadores digitales y artesanos explotan de forma inteligente la combinación de los medios digitales y físicos para desarrollar proyectos desde la ideación hasta la producción. Se han celebrado *workshops* y conferencias en San Francisco (sg2009), Barcelona (sg2010), Copenhague (sg2011), Troy (sg2012), Londres (sg2013), Hong Kong (sg2014). <<http://smartgeometry.org/>>.

o el *Design Modelling Symposiun* en Berlín (2011 y 2013) y en Copenhague (2015), que han contribuido a elevar la práctica y el discurso teórico dentro de este campo. También han surgido una serie de asociaciones y fundaciones (SIGraDi²⁶, eCAADe²⁷, ACADIA²⁸, CAADRIA²⁹, ASCAAD³⁰, CAAD *Futures Foundation*³¹, etc.) que a través de congresos, conferencias y publicaciones han introducido la nueva cultura digital en la investigación académica y la educación arquitectónica y han aparecido importantes figuras tanto en el ámbito del discurso teórico como en las nuevas prácticas de la arquitectura digital.³² Al desarrollo de un cuerpo de teoría ha contribuido también la existencia de una serie de publicaciones como la revista *Architectural Design* (AD), editada por Helen Castle y que ha jugado un papel fundamental en el giro digital durante los años 90, o editoriales como *Wiley & Sons* (que publica la revista AD), *Princeton Architectural Press* o la barcelonesa ACTAR (destacaremos sus series *VERB BOOGAZINE*)³³ que son particularmente creativas en la publicación de trabajos innovadores, provocativos e inspiradores tanto de carácter práctico como teórico. Hay que citar también a la editorial suiza *Birkhäuser* con sus series de libros sobre este tema, en particular la denominada *The IT Revolution in Architecture* (dirigida por Antonino Saggio), o la publicación por parte del grupo editorial *Taylor & Francis* (*Routledge, Spon Press*) de la serie de libros editada por Branko Kolarevic que han significado la materialización de un foro de debate y reflexión acerca de los avances teóricos, creativos y tecnológicos motivados por este profundo cambio cultural.³⁴

²⁵ La serie de conferencias *Advances in Architectural Geometry/AAG* tiene su origen en la Technische Universität (TU) de Viena y está coordinada por la asociación "FAG-Verein zur Förderung der angewandten Geometrie" (Asociación para el progreso de la geometría aplicada) también con sede en Viena. Se han celebrado conferencias en Viena (2008/2010), París (2012) y Londres (2014).

²⁶ Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGraDi) agrupa a los arquitectos, urbanistas, diseñadores y artistas vinculados a los nuevos medios. Realiza un Congreso Anual, en el cual se debaten las últimas aplicaciones y posibilidades de las tecnologías gráficas, con la participación de relevantes especialistas internacionales. <<http://www.sigradi.org/>>.

²⁷ Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe. <<http://www.ecaade.org/>>.

²⁸ Association for Computer-Aided Design in Architecture in North America. <<http://acadia.org/>>.

²⁹ Computer Aided Architecture Design Research In Asia. <<http://www.caadria.org/>>.

³⁰ Arab Society for Computer Aided Architectural Design. <<http://www.ascaad.org/>>.

³¹ Fundada en Holanda en 1985 por Tom Maver, Rik Schijf y Harry Wagter tiene como objetivo promover a través de conferencias internacionales y publicaciones los avances en el CAAD (*Computer Aided Architectural Design*) al servicio de todos aquellos agentes vinculados con la calidad del entorno construido. Tiene su sede en la Faculty of Architecture, Building & Planning de la Eindhoven University of Technology. <<http://www.caadfutures.org/>>.

³² Las cinco organizaciones internacionales de CAAD (eCAADe, ACADIA, CAADRIA, SIGraDi, CAADFutures Foundation) formaron en el año 2002 una alianza denominada *Architectural Computing*. Dirección web: <<http://www.architecturalcomputing.org/>>.

³³ VERB es una serie de libros de investigación sobre la producción arquitectónica actual. Es un híbrido que combina la heterogeneidad y actualidad de una revista con el enfoque referencial e integral de un libro. Se han publicado varios números con los siguientes títulos: *Crisis, Natures, Conditioning, Connections, Matters, Processing*.

³⁴ Debemos citar además los trabajos de Peter ZELLNER, James STEELE, Nick DUNN, Neil SPILLER, Lisa IWAMOTO, el certamen "The Feidad Award" (*Far Eastern International Digital Design Award*) y las publicaciones resultantes editadas por el arquitecto taiwanés Yu-Tung Liu, el *International Journal of Architectural Computing* (IJAC) dependiente de CAAD Futures, la labor del CumInCad (Índice acumulativo

La nueva materialización vinculada a lo digital se está convirtiendo en el modelo dominante del cambio de orientación de la arquitectura hacia procesos computacionales que plantean una aproximación a lo material antes que a la forma como estrategia de diseño. La nueva orientación hacia el diseño de lo material/digital (*smart materials, hybrid materials, etc.*) hace que se reemplacen y amplifiquen los procesos tradicionales de generación de la forma en arquitectura por los procesos tectónicos de formación de los sistemas materiales. La dependencia e integración entre estructura, material y forma se encuentran ahora incrustadas en la lógica de la fabricación y el diseño material generativo. El diseño digital emerge así como un proceso holístico e integrado desde la conceptualización hasta la materialización y la fabricación.

Los avances en las tecnologías de fabricación y robótica producen una nueva lógica de tectónica material (*material tectonics*) en el diseño, una materialidad digital (*digital materiality*)³⁵ o nueva materialidad (*new materiality*).³⁶ El término "Tectónica In-formada" (*Informed Tectonics*)³⁷ se propone para describir el vínculo informacional existente entre forma, estructura y material dentro del ámbito de la lógica de diseño de producción de las tecnologías de fabricación. El término "tectónica" adquiere de este modo nuevos significados debido a las teorías y métodos del diseño digital. La nueva tectónica digital transforma las prioridades entre elementos arquitectónicos y estructurales y desarrolla nuevos métodos de representación, generación y modulación de los elementos materiales mediante las estrategias de la denominada "morfogénesis digital". De forma similar a la capacidad evolutiva y adaptativa de los sistemas naturales, la materialización tectónica es un conjunto de procesos generativos conectados digitalmente desde la concepción hasta la materialización dentro de la lógica de la fabricación.³⁸ Es la emergencia de este hilo continuo de procesos integrados que incluyen generación, materialización y fabricación lo que constituye las bases del nuevo diseño digital/informacional en arquitectura.

6.2 Diseño digital: un nuevo paradigma de ideación.

Se ha producido una serie de avances de la tecnología digital que se han traducido en el desarrollo de potentes herramientas de visualización, sistemas sofisticados de modelización digital y también bases de datos centralizadas. Estos avances permiten formas radicalmente

de artículos acerca de CAD), la Asociación de Grupos con especial interés en gráficos y técnicas interactivas (SIGGRAPH) entre otras muchas iniciativas en el ámbito del diseño digital.

³⁵ GRAMAZIO, Fabio; KHOLER, Matthias (2008) "Towards a Digital Materiality", en KOLAREVIC, Branko; KLINGER, Kevin R. [eds.] (2008) *Op. cit.*, pp. 103-118.

³⁶ MARCOS, Carlos L. (2011) "New materiality: Digital fabrication and open form. Notes on the arbitrariness of architectural form and parametric design", en *Proceedings of the IMProVe 2011. International Conference on Innovative Methods in Product Design* June 15th-17th, 2011, Venice, Italy, pp. 1037-1046.

³⁷ OXMAN, Rivka (2011) "Informed tectonics in material-based design", en *Design Studies*, Volume 33, Issue 5, September 2012, pp. 427-455.

³⁸ OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert [eds.] (2014) *Theories of the Digital in Architecture*. Abingdon, Oxon: Routledge, Taylor & Francis Group, p. xxii.

nuevas de coordinación entre los diferentes agentes del proyecto de edificación. Los sistemas BIM (*Building Information Modeling*), por ejemplo, proporcionan una plataforma integrada a través de la cual la construcción digital y la información de diseño procedente de fuentes diversas pueden comunicarse y coordinarse de forma efectiva. Además, ofrecen la ventaja de que las herramientas digitales de gestión de costes y programas (planificación/organización) se pueden integrar totalmente con estos sistemas

Podemos considerar también la aparición de tecnologías como las redes inalámbricas, las tecnologías *wireless* (*wifi*, *bluetooth*, GPS) que de alguna manera dan soporte a la espacialización del tiempo entendido como la “cuarta dimensión” y en donde las claves serían la conectividad y la interacción, las aplicaciones de RFID (siglas de *Radio Frequency IDentification*, en español Identificación por Radio Frecuencia), los sensores inteligentes, la computación móvil, la computación ubicua, el *cloud computing* así como los sistemas digitales de medida, que se integran en los sistemas anteriores para aprovechar al máximo las nuevas infraestructuras digitales emergentes, lo que se podría englobar dentro del concepto de “tecnologías inteligentes”. El uso integrado de las tecnologías digitales puede reducir significativamente los costes y mitigar los riesgos en proyectos complejos y permite a arquitectos, ingenieros y constructores explorar diseños innovadores de edificios y experimentar con nuevos materiales y métodos de construcción.

También es necesario considerar la aparición de determinadas resistencias en un sector tradicionalmente lento en asumir y asimilar las innovaciones tecnológicas y en el que la regla es mantener los criterios de actuación convencionales aunque no podemos dejar de tener en cuenta la aparición de las denominadas “estelas de innovación”.³⁹ La adopción de nuevas plataformas basadas en las Tecnologías de la Información (IT) forma parte de un cambio amplio y complejo del sistema de trabajo, sobre todo en la forma en que se produce la colaboración dentro de los equipos de diseño y en la manera de llevar a cabo el control de la ejecución del proyecto. El uso de bases de datos y de un modelo digital del edificio cambia el patrón de colaboración de los equipos de proyecto (entendidos éstos en sentido amplio y multidisciplinar) desde la transmisión de mensajes débilmente estructurados a una red mucho más compacta de intercambio de información. Se producen, por tanto, cambios importantes en las interacciones entre los distintos agentes a través de una incorporación de todos los actores (incluidos los propios usuarios) al proceso de diseño en una fase mucho más temprana.

La integración de patrones de colaboración produce no sólo una mejora de las comunicaciones, que reduce los errores y la información redundante, sino que además permite a los “equipos” de diseño aprovechar la experiencia de los especialistas en los diversos oficios de una manera más significativa. Se produce de este modo un fenómeno de innovación distribuida y emergente y se potencian las transferencias de tecnología manifestándose de forma clara el carácter “vírico” de la innovación. Dentro de este proceso las herramientas 3D juegan un papel importante en la conexión de todos los agentes participantes y también hay

³⁹ YOO, Youngji; BOLAND, Richard J.; LYYTINEN, Kalle (2008) "Digital Transformation of the AEC Industry: An Innovation Perspective", en *AECbytes Viewpoint #36* (March 13, 2008). Artículo en línea. Disponible en: < http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_36.html > [Fecha de consulta: 09/11/2011].

que mencionar la importancia del factor de deslocalización al no existir un único centro de innovación sino que ésta surge como resultado de interacciones complejas entre distintos nodos.

Las ventajas de la utilización de estas nuevas herramientas son evidentes: exactitud, precisión, desarrollo de nuevas técnicas de fabricación, desarrollo de análisis de modelos de fluidos, posibilidad de detectar errores, localización de elementos, utilización de materiales alternativos, etc. Se abre así la posibilidad de cambios bruscos e inesperados al margen de la tradición (o tal vez en su línea más genuina). Se producen cambios en los roles y en las relaciones existentes dentro del ámbito de la arquitectura, la ingeniería y la edificación. Aparecen zonas de intercambio y negociación entre los diferentes actores del proyecto en donde los límites de las organizaciones se encuentran, entrecruzan y superponen generando un espacio híbrido o mestizo de intercambio de conocimientos, habilidades y técnicas. En resumen, los modelos de información 3D no sólo constituyen una herramienta eficaz para gestionar y coordinar proyectos complejos sino que también juegan un papel importante en el aprendizaje y la innovación para los numerosos actores del proyecto.

El uso de representaciones 3D se centra en los métodos de generación de la forma y estas herramientas de representación juegan un papel fundamental en este proceso. El objetivo que se persigue no es otro que el de aprender a crear, utilizar y administrar infraestructuras de información. La información se convierte en el elemento clave de nuestra reflexión: entendida ésta como un nuevo material arquitectónico y edificatorio.

La incorporación de las nuevas tecnologías permite la completa integración de la fase de diseño con la fase de montaje y surgen así nuevos conceptos y nuevos “paradigmas” como el de la “personalización en masa” frente al de “producción en masa”. También hay que mencionar la experimentación con nuevos materiales obtenidos de la investigación en campos como la nanotecnología o la biotecnología, y con nuevos procesos de edificación basados en la automatización (como la utilización de la robótica aplicada y los procesos de *rapid building*). Volvemos, en definitiva, a la vieja idea racionalista de la arquitectura entendida como una “máquina”, que potencia intentos de industrialización de los procesos. Desde esta perspectiva el proceso de fabricación ya no es totalmente lineal sino que la producción forma parte integral del proceso de diseño. Estaríamos ante el desarrollo de un nuevo paradigma que consistiría en la aparición de una nueva inteligencia colectiva posibilitada por las herramientas de transferencia y representación/visualización de la información. Desde este punto de vista el concepto de materialización/fabricación digital que vamos a considerar en este trabajo enlazaría con la tradición histórica de los procesos constructivos.⁴⁰

Tal y como se ha visto en capítulos anteriores la información se convierte en un elemento clave de la práctica arquitectónica al redefinirse totalmente las relaciones entre

⁴⁰ Según señala el DRAE el término “*fábrica*” designa “edificio” en una de sus acepciones pero también “*cualquier construcción o parte de ella hecha con piedra o ladrillo y argamasa*” y finalmente también “*invención, artificio de algo no material*”, significado que nos sirve para conectar con la realidad digital actual. Al mismo tiempo define “*fabricar*” como la acción de “*construir un edificio, un dique, un muro o cosas análogas*”.

ideación y producción debido a la posibilidad de trasladar la información de diseño directamente a la fase de producción mediada digitalmente. Se trata de una idea emergente que surge dentro de una práctica que podríamos denominar de vanguardia y vinculada en numerosas ocasiones a proyectos de investigación de instituciones académicas.

Hay que considerar además la coyuntura crítica de las relaciones existentes entre los contextos tecnológico y cultural, produciéndose un abandono del discurso de “estilo” y una desaparición de los “ismos” unido al fenómeno de la expansión de la arquitectura mediática realizada por un elenco de profesionales que constituyen una especie de *star system* a nivel mundial. La arquitectura contemporánea se caracteriza por su capacidad para aprovechar los logros de la propia modernidad, es decir, las innovaciones ofrecidas por la ciencia y la tecnología modernas. En este apartado hay que volver a recordar, por su importancia en la configuración de un determinado modelo de pensamiento, las cuestiones relacionadas con el tratamiento de la complejidad, la teoría del caos, la biotecnología y la nanotecnología. Se establece así una relación directa entre las denominadas “nuevas tecnologías” y lo que podemos entender como una “nueva arquitectura”, arquitectura “avanzada” o arquitectura de “nueva generación”. Y junto a estas “nuevas” arquitecturas, tenemos que considerar en todo momento la presencia de la materialización de las mismas a través de la construcción/edificación/fabricación, es decir, una praxis que materialice esas ideas arquitectónicas en un marco de “*feedback*” constante.



Ilustración 2. Joseph PAXTON, *Crystal Palace*, Londres, 1851.

Podemos encontrar un precedente en edificios como el *Crystal Palace* de Joseph Paxton construido para la Gran Exposición de Londres de 1851 y proyectado de acuerdo con un sistema para la fabricación de invernaderos. No se trataba tanto de la definición de una forma particular como de la aplicación de un proceso de construcción entendido como sistema total desde su concepción inicial, fabricación y traslado hasta su montaje y desmantelado final y configurado como un “kit” altamente flexible. Tanto este edificio como la mítica Torre Eiffel (1889) representaban el espíritu tecnológico de la era industrial y presagiaban un futuro de edificios de acero y vidrio, en el que la legendaria torre parisina se convertiría en un auténtico manifiesto material de las impresionantes alturas que podían alcanzar los edificios construidos con las nuevas tecnologías disponibles.

Dando un salto temporal se podría considerar al Museo Guggenheim de Frank Gehry en Bilbao (1997) como la Torre Eiffel de la nueva "era de la Información". Se trata de uno de los ejemplos más conocido y exitoso de arquitectura, que captura el "zeitgeist" de la revolución de la información digital cuyas consecuencias para la industria de la construcción serán tan importantes y a una escala similar a las que tuvo en su momento la era de la Revolución Industrial, cambiando no sólo la forma en que se diseñan los edificios sino también la forma en que se fabrican y se construyen.



Ilustración 3. Frank GEHRY, *Museo Guggenheim, Bilbao, 1997.*

En el apartado conceptual asistimos a la consideración de espacios geométricos topológicos no euclídeos, a la aplicación de sistemas cinéticos y dinámicos, al empleo de algoritmos genéticos, que están sustituyendo a los planteamientos tecnológicos de la arquitectura tradicional. Aparecen procesos digitales de diseño caracterizados por transformaciones dinámicas, abiertas e impredecibles que introducen un principio de incertidumbre y aleatoriedad que permite obtener estructuras 3D que generan nuevas posibilidades arquitectónicas y constructivas. El potencial generativo y creativo del medio digital junto con los avances en los procesos de fabricación digital desarrollados en la industria del automóvil, aeronáutica y naval abre nuevas dimensiones en el diseño arquitectónico y en el ámbito de la edificación.

Como afirma Peter Zellner: *“La arquitectura está mutando, redefiniendo sus límites, sus códigos esenciales (...) se está redefiniendo a sí misma, convirtiéndose en parte en una investigación experimental de geometrías topológicas, en parte en una orquestación computacional de producción material robótica y en parte en una acción de modelado generativo y cinemático del espacio”*.⁴¹ Los avances de la tecnología CAD y de la fabricación asistida (CAM: *Computer Aided Manufacturing*) han producido un impacto significativo en el diseño y en las prácticas constructivas. Se abren nuevas oportunidades para la producción y construcción de formas muy complejas que hubiesen resultado muy difíciles y costosas de idear, diseñar, producir y montar utilizando las técnicas tradicionales de construcción.

⁴¹ ZELLNER, Peter (1999) *Op. cit.*, p. 8.

Se establece una conexión directa entre el diseño y la construcción por medio de las tecnologías digitales. Las consecuencias de todos estos procesos son profundas y se producen cambios veloces en las relaciones históricas entre la arquitectura y sus medios de producción. Aparecen nuevas “arquitecturas” (en plural plenamente intencionado, debido a la multiplicidad de enfoques), no pudiendo hablarse de un movimiento compacto u homogéneo para caracterizar a la denominada arquitectura digital. Lo que unifica a los arquitectos, diseñadores y creativos digitales no es el deseo de “fabricar” *blobs*⁴² y transformar en esa dirección toda la realidad construida, sino el uso de la tecnología digital como un aparato, una herramienta que permite integrar de forma directa concepción y producción, de un modo sin precedente desde los tiempos de los maestros constructores medievales.

6.2.1 Transferencias tecnológicas y morfogénesis digital.

Los procesos desarrollados durante las últimas décadas en industrias como la de la construcción naval para conseguir la coordinación y la conexión del diseño y la ejecución material son un ejemplo de la forma en que los agentes de la industria de la edificación (arquitectos, ingenieros, fabricantes y contratistas) podrían integrar potencialmente sus servicios alrededor de las tecnologías digitales de diseño, análisis, fabricación y montaje.

Los barcos, al igual que los edificios, son objetos de una gran complejidad técnica. Podemos encontrar una gran cantidad de puntos en común entre ambos tanto en términos de escala como de uso. También existen significativas diferencias, pero son precisamente las similitudes las que ofrecen oportunidades para la realización de lo que se denominan “transferencias tecnológicas”. Barcos y edificios son objetos de grandes dimensiones, con sistemas complejos de servicio y espacios interconectados utilizados por personas (es el caso de los barcos de pasajeros, como grandes transatlánticos o paquebotes que ya constituyeron objeto de inspiración para Le Corbusier⁴³), deben responder a influencias ambientales y requerimientos funcionales, representan empresas significativas que necesitan la inversión de abundantes recursos tanto financieros como materiales y finalmente se basan en similares principios, métodos y procesos de diseño, análisis y producción.

La construcción naval presenta una mayor complejidad desde el punto de vista tecnológico ya que estructuralmente los barcos deben resistir no sólo las cargas gravitatorias y de viento sino también complejas presiones hidrodinámicas externas. También hay que considerar esfuerzos adicionales causados por el efecto de los sistemas de propulsión y el movimiento de la pesada maquinaria con la que van equipados. Finalmente los sistemas de

⁴² BLOB: abreviatura de “*Binary Large Object*” (objeto binario grande). La palabra inglesa *blob* significa literalmente una gota de líquido, una masa redondeada o un punto con forma amorfa. El concepto de arquitectura *blob* fue acuñado en 1995 por el arquitecto Greg Lynn, para designar un tipo de arquitectura de formas libres y redondeadas –creadas gracias al trabajo con programas de *software* de modelado avanzado- y centrada en el efecto visual inmediato que estas formas producen.

⁴³ LE CORBUSIER (1923) “Ojos que no ven... I. Los paquebotes” en (1978) *Hacia una arquitectura*. Buenos Aires: Editorial Poseidón, pp. 65-80.

servicio e instalaciones en los barcos son más numerosos, más complejos y dado el entorno en el que actúan, necesitan operar con un elevado grado de fiabilidad.

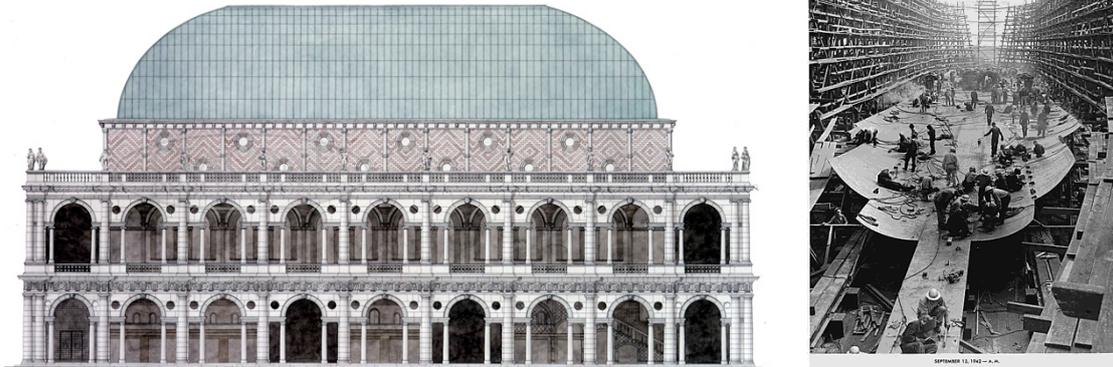


Ilustración 4. [Izquierda] Andrea PALLADIO, *Basílica Piazza dei Signori*, Vicenza, 1617. [Derecha] Escena de construcción naval, 1942.

Sin embargo, las conexiones entre estos dos mundos no son tan novedosas. La pericia técnica y artesanal de los constructores de buques ha sido aprovechada por la arquitectura en otros momentos de la historia. Así, el arquitecto Andrea Palladio diseñó la cubierta de la Basílica en la Piazza dei Signori en Vicenza (1617) como un casco de barco invertido y tuvo que confiar en la maestría de los constructores de barcos del Véneto para poder construirla. Buckminster Fuller en su *Dymaxion House* (1946) aprovechó los métodos de producción de las industrias aeronáuticas y de la construcción naval. Su diseño para el *Dymaxion Car* (1933) empleaba métodos de montaje y de revestimiento de la estructura, que tomaban como modelo la construcción del casco de una embarcación.⁴⁴

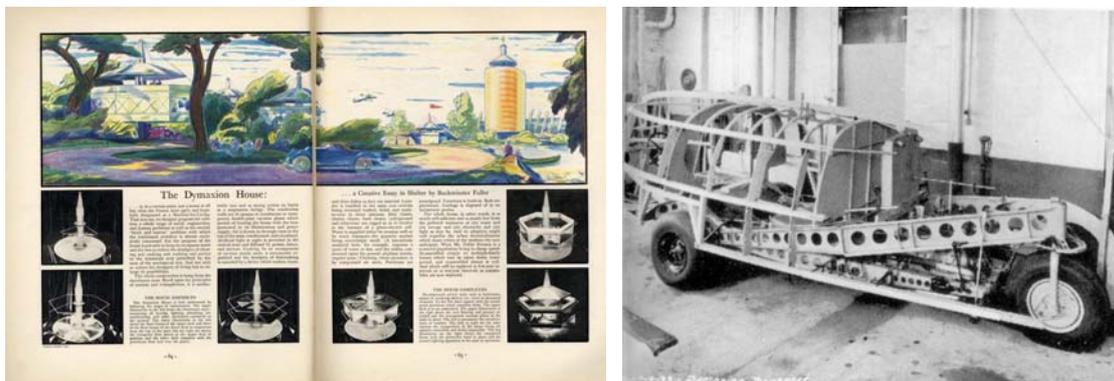


Ilustración 5. Buckminster FULLER, [Izquierda] *The Dymaxion House*, 1946. [Derecha] *The Dymaxion Car*, 1933.

Del mismo modo, el Museo Guggenheim de Frank Gehry no habría sido posible sin la colaboración de la industria local de la construcción naval y del acero. Un gran número de proyectos contemporáneos, de gran variedad de escalas y presupuestos, hacen también un uso creativo de la tecnología propia de la construcción naval. Por ejemplo, el *NatWest Media Centre* en el Lord's Cricket Ground en Londres (1999) diseñado por el estudio Future Systems,

⁴⁴ KOLAREVIC, Branko [ed.](2003) *Op. cit.*, pp. 8-9.

fue realizado en un pequeño astillero en Cornwall, Inglaterra, y luego transportado en secciones transversales para su montaje final en el emplazamiento de la construcción. La pericia de los constructores navales en la fabricación de monocascos de veleros fue decisiva en el diseño y fabricación de esta estructura arquitectónica construida en aluminio. Del mismo modo la sala de conferencias del edificio DZ Bank de Frank Gehry (2001) en Berlín, con su compleja forma curvilínea fue revestida de acero inoxidable, producida e instalada por operarios del sector naval.



Ilustración 6. [Izquierda] Future Systems, *NatWest Media Centre*, Lord's Cricket Ground, Londres, 1999. [Derecha] Frank GEHRY, *Conference Hall*, DZ Bank, Berlín, 2001.

En la industria de la construcción de buques prácticamente se han eliminado los dibujos convencionales en las fases de diseño y construcción y se trabaja en su lugar con completos y exhaustivos modelos digitales tridimensionales desde la fase de diseño hasta la de producción final. Similares procesos de cambio han tenido lugar en la industria del automóvil y en la industria aeroespacial debido a que, como en el caso de la construcción naval, trabajan con numerosos subcontratistas y proveedores externos que producen y montan un gran número de componentes diferentes que requieren un elevado nivel de exactitud y precisión.

Por otro lado, la mayoría de los sistemas de CAD/CAM que los arquitectos han ido incorporando en su trabajo profesional fueron diseñados inicialmente para la industria de fabricación de productos de consumo. Paquetes de *software* de animación como Softimage, Alias o Maya fueron desarrollados para crear los efectos especiales de la industria cinematográfica. Este interés de los arquitectos por la reutilización de tecnologías y métodos procedentes de otras industrias no es nuevo. Los arquitectos han mirado siempre más allá de los límites de su disciplina apropiándose de materiales, métodos y procesos de otros ámbitos tecnológicos en función de sus necesidades. En la actualidad, la mayor parte de la innovación y los cambios se derivan de la adopción del diseño digital y de los procesos de producción basados en las tecnologías CAD/CAM, así como de la incorporación de los nuevos materiales desarrollados para su utilización general en el diseño de productos y en las industrias del automóvil, aeroespacial y naval.

El impacto de la adopción de tecnologías innovadoras en estas industrias ha sido profundo hasta el punto que ha significado una completa reinención de las formas de diseño y fabricación. Hoy, numerosos aparatos, automóviles, aviones y barcos son completamente

diseñados, desarrollados, analizados y probados en un entorno íntegramente digital y son fabricados utilizando tecnologías de formato también digital. Los edificios tienen el mismo potencial para ser concebidos y producidos digitalmente y los beneficios de la adopción de estos planteamientos procedentes del ámbito de la industria resultan evidentes.

En el diseño arquitectónico contemporáneo, la herramienta digital se utiliza cada vez más, no ya como una herramienta para la visualización, sino como una herramienta generativa para la obtención de la forma y sus transformaciones en lo que se conoce como "morfogénesis digital".⁴⁵ Las formas generadas digitalmente ya no se diseñan o dibujan según las pautas convencionales, sino que son "calculadas" en función de la elección de un determinado método iterativo. En lugar de modelar una forma externa, los diseñadores articulan una lógica interna generativa que produce de manera automática una serie de posibilidades a partir de las cuales el diseñador puede elegir una proposición formal adecuada para el desarrollo posterior de la opción elegida previamente.

Las relaciones entre diseño y representación se abandonan en favor de estructuras complejas generadas digitalmente. Modelos de diseño capaces de una transformación continua y dinámica reemplazan a las normas estáticas de los procesos convencionales. De este modo, se producen geometrías complejas con la misma facilidad que se utilizaban las geometrías euclídeas basadas en formas planas, cilíndricas, esféricas o cónicas. La planta ya no "genera" el diseño y las secciones sólo ofrecen un papel meramente analítico. Retículas, repeticiones y simetrías pierden así su antigua razón de ser y la idea de variabilidad infinita se convierte en algo tan factible como la modularidad estandarizada del funcionalismo, por lo que la personalización en masa se presenta como una alternativa real a la producción en serie.

Los procesos digitales generativos abren nuevos territorios para la exploración conceptual, formal y tectónica articulando una morfología arquitectónica centrada en las propiedades emergentes y adaptativas de la forma. El énfasis se desplaza desde la "construcción de la forma" al "descubrimiento de la forma" y la estabilidad y la singularidad son reemplazadas respectivamente por la variabilidad y la multiplicidad.

6.2.2 Formas que se deforman y rectas que se vuelven curvas.

La topología es un área de las matemáticas que se ocupa de estudiar las figuras y sus deformaciones y considera que una forma es igual a otra si puede obtenerse de la primera sin "romperla". Por eso a menudo se afirma que "*un topólogo es un matemático que no sabe distinguir un donut de una taza de café*".⁴⁶ La noción de topología tiene un enorme potencial para estas nuevas arquitecturas, dado que el foco se desplaza desde las formas particulares de expresión con el fin de destacar las relaciones que existen entre los distintos elementos que intervienen dentro de un proyecto y del programa propuesto. Estas interdependencias se convierten en el principio básico que estructura y organiza la generación y transformación de

⁴⁵ KOLAREVIC, Branko [ed.] (2003) *Op. cit.*, pp. 13-28.

⁴⁶ MUÑOZ, Vicente (2011) *Formas que se deforman. La Topología*. Barcelona: RBA, p. 7.

la forma.

De acuerdo con su definición matemática, la topología es el estudio de las propiedades intrínsecas y cualitativas de las formas geométricas que no se ven afectadas por los cambios de tamaño o las deformaciones, es decir, aquellas que permanecen invariables a través de transformaciones continuas o deformaciones elásticas, tales como el estiramiento o la torsión. Un círculo y una elipse, por ejemplo, o un cuadrado y un rectángulo pueden ser considerados como topológicamente equivalentes y ambos, círculo y cuadrado, podrían ser deformados por estiramiento hasta transformarlos en una elipse o un rectángulo, respectivamente. Un cuadrado y un rectángulo tienen el mismo número de lados y el mismo número de vértices y son, por tanto, idénticos topológicamente.

Esta cualidad resulta particularmente atractiva cuando el interés se centra en la estructura relacional de un objeto y no en su geometría dado que la misma estructura topológica podría aparecer manifestada geoméricamente en un número infinito de formas. Las transformaciones topológicas, en primer lugar, afectan a la estructura relacional y, por lo tanto, a la(s) forma(s) resultante(s). Por ejemplo, un rectángulo podría ser transformado en un triángulo con una simple operación topológica de eliminación (borrado) de uno de sus vértices.

Debido a sus propiedades intrínsecas, estructuras topológicas tales como la “Cinta de Möbius” o la “Botella de Klein”, presentan un gran potencial para una arquitectura en la que los límites entre interior y exterior se difuminan y que evita las distinciones normativas entre “dentro” y “afuera”. Lo que hace a la topología particularmente atractiva para el diseño no son las formas complejas, sino el concepto claramente informacional de la primacía que tiene sobre la forma la estructura de relaciones e interconexiones que existen interna y externamente dentro del contexto de un proyecto de arquitectura.

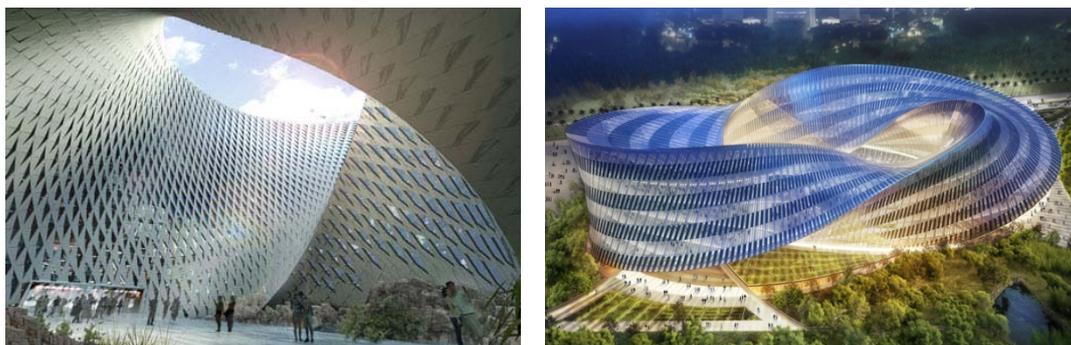


Ilustración 7. [Izquierdo] BJARKE INGELS GROUP, *Astana National Library*, Kazakhstan, 2009. [Derecha] Vincent CALLEBAUT, *Taiwan Arts Centre*, 2013.

Por otra parte, el pensamiento arquitectónico a lo largo de los siglos ha estado basado firmemente en la tradición euclidiana y en las formas de los sólidos platónicos, tal y como puede verse representado en el conocido dibujo de Le Corbusier de su libro *Vers une architecture*.⁴⁷ El cilindro, la pirámide, el cubo, el prisma y la esfera no son sólo las formas esenciales de las arquitecturas egipcia, griega y romana, sino también las “primitivas”

⁴⁷ LE CORBUSIER (1978) *Op. cit.*, p. 128.

geométricas universales de los programas de modelado sólido digital. Pero ya no se ven como una clase de arquetipos únicos y aislados sino como casos especiales de superficies cuádricas paramétricas, lo que supone una ampliación del repertorio formal de la arquitectura.

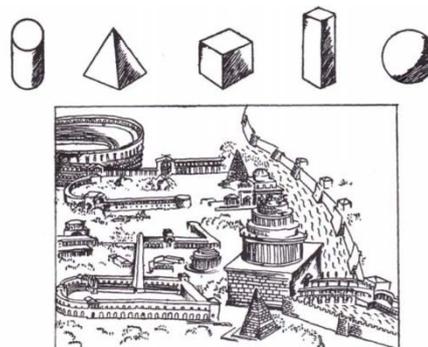


Ilustración 8. LE CORBUSIER, "La Roma Antigua", *Vers une architecture*, 1923.

Los *Elementos* de Euclides proponían cinco postulados básicos de geometría, considerados evidentes excepto el "Quinto Postulado" relativo al "paralelismo", que afirma que dos líneas son paralelas, es decir, no se cortan, si existe una tercera línea que corta a ambas de forma perpendicular.⁴⁸ La consecuencia de este postulado en la geometría euclídea es que por cada punto sólo hay una y sólo una línea (recta) paralela a otra. Los cuatro primeros postulados, articulados por Euclides, son considerados postulados de geometría absoluta o "neutral".⁴⁹ Fue el quinto postulado el que abrió el campo de las geometrías no-euclídeas. Aunque muchos lo habían cuestionado, fue Carl Friedrich Gauss (1777-1855), y los matemáticos que le siguieron posteriormente, quien logró finalmente demostrar con éxito la existencia de estas geometrías. La publicación por parte del matemático italiano Eugenio Beltrami (1835-1899) de su "Ensayo sobre la interpretación de la geometría no euclídea" en 1868 mostró que las líneas curvas podían aparecer como rectas, que la geometría esférica podía aparecer como plana y que el espacio curvo podía aparecer como euclídeo, es decir, plano, dando un giro radical a los mundos de la física y la astronomía. Más tarde, la "Teoría de la Relatividad" de Albert Einstein, basada en la geometría no-euclídea, mostraría poderosamente cómo la física de Newton, vinculada a la geometría convencional, fracasaba en la explicación de determinadas cuestiones al no tener en consideración la curvatura esencial del espacio.

El trabajo de Gauss, Lobachevsky, Riemann y otros matemáticos y físicos posteriores permitió considerar que el espacio no sólo es curvo sino que además es multi-dimensional. Al

⁴⁸ En realidad el quinto postulado no suele estudiarse en su formulación original, sino en la ofrecida por el matemático y geólogo escocés John Playfair (1748-1819) cuya definición del postulado de las paralelas euclídeo se toma a menudo como la forma real del mismo debido a su mayor sencillez y facilidad de comprensión: "Por un punto exterior a una recta sólo se puede trazar una única paralela". GÓMEZ, Joan (2011) *Cuando las rectas se vuelven curvas. Las geometrías no euclídeas*. Madrid: RBA, p. 33.

⁴⁹ PLA i CARRERA, Josep (2012) *Euclides. La geometría. Las matemáticas presumen de figura*. Madrid: RBA, p. 69.

señalar que las geometrías podrían estar basadas en relaciones no-euclídeas (tales como el paralelismo), se abrieron nuevas posibilidades espaciales desconectadas de la intuición empírica.



Ilustración 9. Kotaro IDE / ARTechnic architects, *SHELL House*, Karuizawa, Nagano, Japon, 2008.

En la geometría de Riemann, conocida también como “geometría esférica” o “elíptica”, el plano está situado sobre la superficie de una esfera y la “recta” es un círculo que tiene el mismo radio que la esfera. Por cada dos puntos sólo hay un único círculo que los conecta. Como consecuencia de esta definición y de la geometría esférica subyacente, en la geometría de Riemann no existen líneas paralelas y cada recta infinita, esto es, cada círculo, corta a cada otra línea infinita. Además, la distancia entre dos puntos es siempre una distancia curva, es decir, no una distancia plana. En la geometría de Poincaré (1854-1912), las rectas son hipérbolas en un plano cartesiano y hay un infinito número de rectas que pasan por un punto dado que son paralelas a otra recta. Cada una de las geometrías no euclídeas tiene una aplicación particular. La geometría de Riemann se utiliza en navegación y la geometría de Poincaré en balística y para la representación de las fuerzas electromagnéticas. Lo que hace a éstas y otras geometrías no-euclídeas interesantes desde el punto de vista arquitectónico es la posibilidad de establecer correspondencias entre los objetos, proporcionando así una concepción radicalmente diferente del espacio.⁵⁰

Otro concepto interesante introducido por Bernhard Riemann (1826-1866) es el de la curvatura del espacio y la existencia de espacios de curvatura positiva y negativa. En esta definición del espacio, el plano euclídeo, el espacio plano, ocupa la posición intermedia, teniendo curvatura cero. La geometría euclídea se convierte entonces en un tipo especial de geometría, un punto intermedio en la escala infinita de doblado y plegado que produce la “planeidad” como una manifestación del equilibrio establecido entre varias influencias. En la concepción “riemanniana” del espacio, “cajas” y “blobs” son simplemente casos o etapas en una escala móvil de complejidad formal en donde una caja se puede transformar en un blob y

⁵⁰ GAWELL, Ewelina (2013) "Non-euclidean geometry in the modeling of contemporary architectural forms", en *The Journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics*, Volume 24 (2013), pp. 35-43.

viceversa mediante una simple variación de los parámetros espaciales que las definen.⁵¹



Ilustración 10. Daniel GILLEN, [Izquierda] *Workshop*, Beijing, 2010. [Derecha] *Non-Linear Parametric Workshop 11 – "Scale Fail: Pavilion to Product"*, 2011.

La concepción arquitectónica del espacio pasa entonces de las tres dimensiones del espacio cartesiano a las cuatro dimensiones de las interacciones entre el espacio y el tiempo. Otras dimensiones y otras concepciones del espacio comienzan a ofrecer apasionantes posibilidades para una arquitectura de espacios multidimensionales deformados que podría moverse desde la mera manipulación de las formas y las superficies hacia el campo de los eventos, las influencias y las relaciones de dimensiones múltiples.

6.2.3 Curvas bajo control y metamorfosis animadas: NURBS y *morphing*.

La descripción y consecuente construcción de curvas complejas en la arquitectura convencional predigital se realizaba por aproximaciones mediante la combinación de arcos circulares tangentes entre sí y segmentos de recta. Estos elementos podían ser delineados con facilidad sobre el papel y también en la obra sobre otras superficies por medio de las herramientas tradicionales de trazado: la regla y el compás. Los límites de la geometría euclídea condicionaban por tanto de forma absoluta el potencial formal de dicha arquitectura.

La introducción del *software* de modelado digital en el diseño arquitectónico permite el uso de las geometrías "topológicas" denominadas estructuras de "lámina de goma" (*rubber-sheet*) deformables, de curvas y superficies continuas, que ocupan un lugar destacado en la arquitectura contemporánea. Las superficies curvilíneas en la arquitectura de la vanguardia digital se describen matemáticamente como NURBS, que es un acrónimo de la expresión *Non-Uniform Rational B-Splines*. Lo que hace a estas curvas y superficies particularmente atractivas es su capacidad para facilitar el control de su forma mediante la manipulación interactiva de los denominados puntos de control. El empleo de NURBS permite que las formas complejas de las arquitecturas digitales sean computacionalmente posibles y su construcción material se hace también factible a través de la utilización de herramientas de fabricación por control numérico (*CNC-Computer Numerically Controlled*).⁵²

⁵¹ KOLAREVIC, Branko (2003) *Op. cit.*, pp. 14-15.

⁵² KOLAREVIC, Branko (2003) *Op. cit.*, pp. 15-17.

La principal razón de la extendida utilización de las NURBS en el diseño arquitectónico es su capacidad para construir un amplio rango de formas geométricas, desde las líneas rectas y los sólidos platónicos hasta el modelado de superficies de elevada complejidad. Desde un punto de vista computacional, las NURBS proporcionan una representación eficiente de los datos de las formas geométricas, usando una mínima cantidad de información (datos) por lo que la mayoría de los programas actuales de modelado las utilizan como método de cálculo para la construcción de modelos de superficies complejas.⁵³

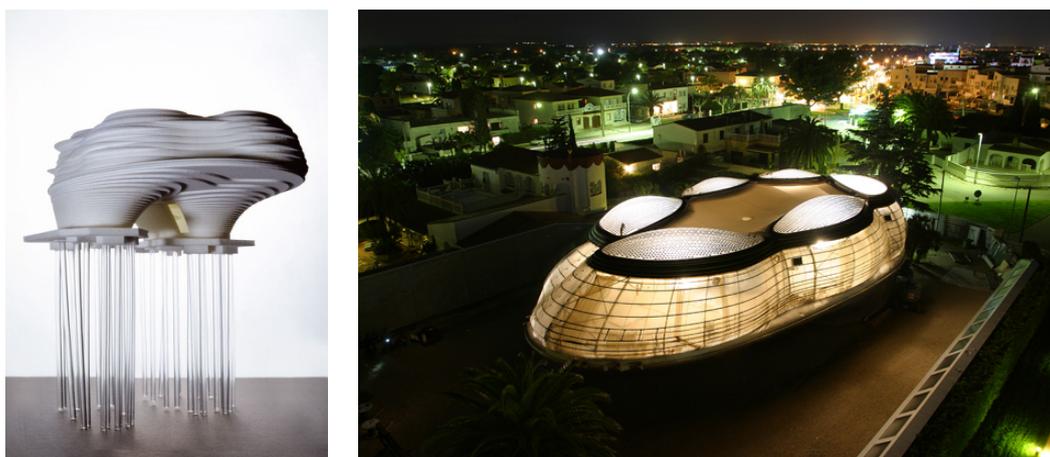


Ilustración 11. Enric RUIZ-GELI, *Villa Nurbs*, Empuriabrava, Gerona, 2009.

Las NURBS serían el equivalente digital a las plantillas utilizadas para dibujar las complejas curvas de las secciones planas de los cascos de los barcos o del fuselaje de los aviones. Estos elementos denominados *splines* consistían en tiras flexibles hechas de plástico, madera o metal que podían ser dobladas para conseguir la curva deseada manteniéndose la forma requerida por medio de pesos sujetos a ellas. El término *spline* (la S del acrónimo NURBS) realmente tiene su origen en la técnica de la construcción naval donde se utilizaba para referirse a una pieza curvada al vapor y mantenida en esa forma determinada por medio de grapas y clavijas. Los matemáticos tomaron el término prestado en una analogía directa para describir esta familia de curvas complejas.⁵⁴

Junto con las curvas y superficies de forma libre, el *software* de modelado digital ofrece un rico repertorio de transformaciones que el diseñador puede utilizar para la exploración de las potencialidades formales de una geometría en desarrollo. Transformaciones topológicas invariantes, tales como la torsión y la flexión ya mencionadas anteriormente, son medios particularmente efectivos para la creación de morfologías alternativas. Encontramos un ejemplo significativo en el proyecto de Frank Gehry para el *Üstra Office Building* en

⁵³ POTTMANN, Helmut; ASPERL, Andreas; HOFER, Michael; KILIAN, Axel (2007) *Architectural Geometry*. Exton (PA.): Bentley Institute Press, pp. 275-278 y 377-380. Véase también: HERNÁNDEZ IBÁÑEZ, Luis (s.f.) *Elementos de visualización por computador en Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo*. A Coruña: ETSICCP, pp. 3.20-3.21.

⁵⁴ CHIARELLA, Mauro (2004) "Geometry and Architecture: NURBS, Design and Construction", en *Proceedings of the Fourth International Conference of Mathematics & Design, Special Edition of the Journal of Mathematics & Design*, Volume 4, Nº.1, pp. 135-139.

Hannover (1999). El edificio constaba de una simple forma prismática que se torsiona en la dirección de un área cercana destinada a parque público.



Ilustración 12. Frank GEHRY, [Izquierda] *Üstra Office Building*, Hannover, 1999-2001. [Derecha] *Dr. Chau Chak Wing Building*, University of Technology, Sydney, 2012-2014.

Con la adición de una cuarta dimensión temporal a los procesos de deformación, el *software* de animación añade la posibilidad de expresar literalmente el espacio y la forma de la metamorfosis de un objeto.⁵⁵ Los diferentes estados de un objeto son localizados en puntos discretos en el tiempo y el *software* calcula por interpolación una transición suave, animada, codificada en el tiempo entre los dos estados. El diseñador puede elegir uno de estos estados interpolados para un desarrollo posterior o podría usar la interpolación como una técnica de modelado iterativa para producir distintas fases del objeto como materialización de transiciones, es decir, *morphs*, de un estado a otro.

El *morphing* es una técnica de modelado temporal en la cual formas desiguales son mezcladas para producir una variedad de formas híbridas que combinan los atributos formales de los objetos “base” y “objetivo”. El estudio neoyorkino de arquitectura KOL/MAC formado por Sulan Kolatan y William J. Mac Donald ha empleado esta técnica en un gran número de sus proyectos. En el proyecto *Housings*, una casa de estilo colonial convencional con tres habitaciones y dos baños fue utilizada como objeto “base” y “morpheada” en una amplia gama dando lugar a lo que los diseñadores han denominado diseños “quiméricos”. En otro de sus trabajos, el *Ost/Kuttner Apartments*, mezclaron digitalmente secciones referenciadas y perfiles de mobiliario doméstico común tales como camas, fregaderos, sofás, etc., con el fin de generar nuevas formas híbridas que estableciesen una condición “quimérica” entre mobiliario, espacio y superficie.

En ocasiones se utiliza el movimiento de elementos geométricos para la definición de la forma como en el caso del proyecto *Part to Whole* ('De la parte al todo') del estudio coreano

⁵⁵ Sobre el proceso de transformación de la forma arquitectónica mediante la técnica del *morphing* y la metamorfosis como método de diseño, véase: HERRERA VELAZCO, Rodrigo (2012) *Morphing arquitectónico: transformaciones entre las casas usonianas de Frank Lloyd Wright*. Tesis doctoral dirigida por Ernest Redondo Domínguez. Barcelona: Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I, UPC. Sobre la incorporación del *morphing* como estrategia de proyecto en la obra de Peter Eisenman véase: PUEBLA PONS, Joan (2002) *Op. cit.*, pp. 69-98.

HG-Architects. Es un espacio originado a partir del flujo de la repetición. Un conjunto de círculos en movimiento a lo largo de una curva construye un espacio vacío continuo. Se excava el volumen específico del cubo, maximizando el espacio disponible y al mismo tiempo, minimizando los materiales. Está realizado en módulos de madera mediante técnicas de la construcción tradicional coreana en madera que proporciona estabilidad a la estructura. En este tipo de procesos generativos los resultados son desconocidos e imposibles de pre-concebir o predecir y se caracterizan por la no linealidad, la indeterminación y la emergencia.⁵⁶

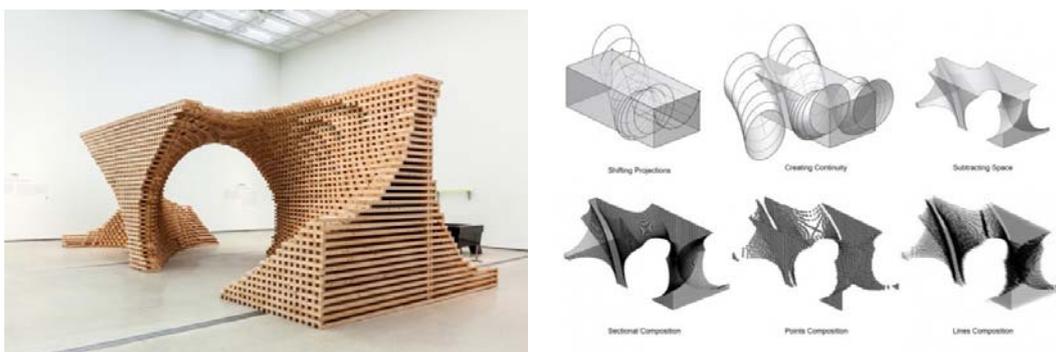


Ilustración 13. HG-Architecture/Live Components, *Part to Whole*, Exhibition, MMCA(National Museum of Modern and Contemporary Art), Seoul, Korea, 2014.

6.2.4 El modelo biológico y el poder de la simulación.

Los avances producidos en el campo de la genética también han tenido una gran influencia en el campo experimental de las arquitecturas de nueva generación. Las “reglas” que dirigen la génesis de los organismos vivos y que “generan” la forma de los mismos están codificadas en las cadenas de ADN. Dentro de una misma especie se consiguen variaciones a través del cruzamiento y la mutación genética, es decir, a través de intercambios y de cambios iterativos de la información que controla la morfogénesis biológica.

Los conceptos de crecimiento y formalización biológica, el modelo evolutivo de la naturaleza, pueden ser aplicados como un proceso generativo de la forma arquitectónica, tal como afirma el arquitecto y pionero⁵⁷ de la informática aplicada a la arquitectura, John Frazer, en su libro *Evolutionary Architecture*.⁵⁸ Para Frazer, los conceptos arquitectónicos se expresan según un determinado conjunto de reglas de generación y su evolución y desarrollo pueden ser codificados digitalmente. Un *script* generador de instrucciones produce un elevado número de “formas prototípicas las cuales son evaluadas según criterios de rendimiento/actuación

⁵⁶ Sobre la utilización de las transformaciones matemáticas como herramienta de diseño para transformar unas formas en otras véase: CHOMA, Joseph (2015) *Morphing. A guide to mathematical transformations for architects and designers*. Londres: Laurence King Publishing.

⁵⁷ Frazer había colaborado con Cedric Price como consultor en el proyecto *The Generator Project* (1976-1980).

⁵⁸ FRAZER, John (1995) *An Evolutionary Architecture*. Londres: Architectural Association. Disponible versión electrónica en: <<http://www.aaschool.ac.uk/publications/ea/intro.html>>. [Fecha de consulta: 05/09/2015]

(*performance*) en un entorno/ambiente simulado".⁵⁹ Estas formas emergentes son a menudo inesperadas introduciendo un elevado factor de aleatoriedad en el proceso de diseño.⁶⁰

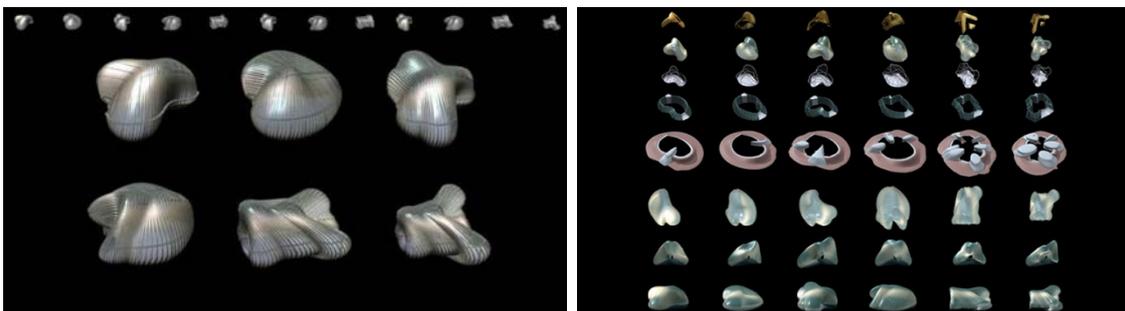


Ilustración 14. Greg LYNN (con Jeffrey KIPNIS), *Embryological House*, [GL Form], Los Angeles, 1998-99.

El concepto clave existente detrás del enfoque evolutivo en arquitectura es el del algoritmo genético (AG),⁶¹ una "clase de procedimientos de búsqueda de elevado paralelismo,⁶² evolucionarios y adaptativos".⁶³ La regla característica es una estructura en cadena equivalente a los cromosomas naturales, a la que se aplican reglas de reproducción, cruzamiento genético y mutación similares a las existentes en el mundo de la biología. Durante el proceso de generación se codifican varios parámetros dentro de la estructura en cadena y se modifican sus valores, incluso aleatoriamente. De este modo, se genera un gran número de formas similares, denominadas "pseudo organismos" y se realiza una selección entre la población generada basada en unos criterios predefinidos de "aptitud". Los organismos "seleccionados" y los correspondientes valores paramétricos se combinan entonces, junto con el "cruzamiento genético" y las "mutaciones", para transmitir "características beneficiosas para la mejora de la supervivencia" a las nuevas generaciones. La solución óptima se obtiene por pequeños cambios informacionales incrementales realizados sobre varias generaciones sucesivas.

⁵⁹ FRAZER, John (1995) *Ibidem*, citado en KOLAREVIC, Branko (2003) *Op. cit.*, p. 23.

⁶⁰ FRAZER, John (1995) "A Natural Model for Architecture/The Nature of the Evolutionary Model", en SPILLER, Neil [ed.] (2002) *Cyber reader: Critical writings for the digital era*. Londres: Phaidon, pp. 246-255. Versión en español: FRAZER, John (1995) "Un modelo natural para la arquitectura. La naturaleza del modelo evolutivo", en: ORTEGA, Lluís (2009) *Op. cit.*, pp. 29-38.

⁶¹ Los principios básicos de los Algoritmos Genéticos fueron establecidos por John Holland en 1975. HOLLAND, John (1975) *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press.

⁶² Los algoritmos genéticos desde el punto de vista computacional son intrínsecamente paralelos, esto es, pueden explorar el espacio de soluciones en múltiples direcciones a la vez. Su uso del paralelismo les permite producir múltiples soluciones al mismo problema, en las que una de las soluciones candidatas optimiza un parámetro y otra solución optimiza otro parámetro distinto. Los cuatro componentes principales de los AGs son el paralelismo, la selección, la mutación y el cruzamiento. MARCZYK, Adam (2004) "Genetic Algorithms and Evolutionary Computation. What is a genetic algorithm". Disponible en: <<http://www.talkorigins.org/>> [Fecha de consulta: 05/09/2015]

⁶³ FRAZER, John (1995) *Op. cit.*, p. 55.

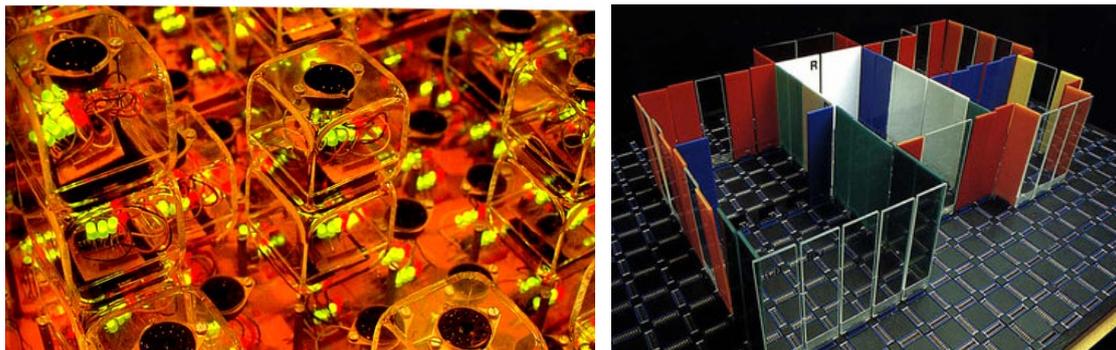


Ilustración 15. John FRAZER, [Izquierda] *Universal Constructor*, 1990. [Derecha] John FRAZER + Walter SEGAL, *Self Builder*, 1995.

Resulta interesante el enfoque de Karl Chu, profesor de la Universidad de Columbia y director del estudio de arquitectura Metaxy, sobre la morfogénesis digital y lo que él denomina arquitectura “proto-biónica” consistente en un sistema formal basado en la lógica generativa de los Sistemas de Lindenmayer⁶⁴ (*L-Systems*) y su implementación en un *software* de modelado digital, que se utiliza para la simulación del crecimiento de las plantas. Los Sistemas-L están basados en un sistema recursivo de reglas de ramificación concebido bajo la sencilla técnica de la reescritura de código. Se pueden crear objetos complejos mediante la sustitución sucesiva de partes de un objeto inicial utilizando un conjunto de reglas simples de reescritura en un proceso recursivo que consta de unos pocos niveles.



Ilustración 16. Karl CHU, *X Phylum*, 1998.

En estos enfoques del diseño generativo basado en metáforas biológicas y algoritmos genéticos, la tarea del diseñador consiste en definir la fuente de la forma, el “código genético” necesario para la obtención de una familia de objetos similares, cuya variedad se obtiene a través de diferentes ciclos de “reproducción”. Tal como sucede en otros modelos de acción del diseño contemporáneo, en los procesos de código genético el énfasis se pone en articular la lógica interna del proyecto más que en la definición de su forma externa. Como afirma Frazer: “(...) *lo que estamos desarrollando son las reglas para la generación de la forma más que las*

⁶⁴ Los sistemas-L fueron introducidos y desarrollados en 1968 por el biólogo y botánico teórico húngaro Aristid Lindenmayer (1925-1989) con el propósito de simular el crecimiento de organismos vivos. Un sistema-L o un sistema de *Lindenmayer* es una gramática formal (un conjunto de reglas y símbolos) que se utilizan principalmente para modelar los procesos de crecimiento de elementos vegetales aunque también se puede modelar la morfología de una gran variedad de organismos. Los sistemas-L también pueden utilizarse para generar fractales auto-similares como los sistemas de función iterada (IFS, *Iterated Function System*).

*formas en sí. Describimos procesos, no componentes; nuestra aproximación es más de paquete de semillas que de bolsa de ladrillos".*⁶⁵

Frazer añade que este tipo de aproximación implica cambios en los métodos de trabajo ya que "(..) *los arquitectos deben ser claros sobre los criterios de evaluación de una idea y prepararse para aceptar la participación del cliente y del usuario en el proceso. La responsabilidad del diseño se convierte en un compromiso de concepto general con detalles incluidos, pero sin una manifestación individual*".⁶⁶ Vemos cómo se pone en cuestión una vez más el papel tradicional del arquitecto, aspecto que Frazer considera positivo debido a las potencialidades de las nuevas herramientas para la generación de un mayor número de ideas de diseño; por lo que sugiere la denominación de "*arquitecto ampliado*" (*extended architect*) para describir esta nueva situación del diseñador.

Otro tipo de arquitectura emergente dentro del planteamiento digital/informacional es aquella que utiliza el comportamiento (*performance*) de los edificios como referente de los principios de diseño y adopta un programa de prioridades basadas en esa *performance* como guía para el diseño de edificios, ciudades, paisajes e infraestructuras. En este caso se considera la *performance* por encima de la configuración de la forma y se emplean las tecnologías digitales de simulación cualitativa y cuantitativa del comportamiento de los objetos para ofrecer un nuevo enfoque global del diseño del entorno construido.

En este nuevo contexto de diseño basado en la simulación y en la información, el paradigma emergente de diseño basado en la *performance* se entiende de forma amplia debido a que sus medios abarcan múltiples campos desde el económico, espacial, social, ecológico y cultural hasta lo puramente técnico (estructural, térmico, acústico). El énfasis en el comportamiento del edificio es una de las tendencias que está redefiniendo las estrategias del diseño arquitectónico, sus procesos y sus prácticas.

Las técnicas de computación analíticas basadas en la teoría del método de los elementos finitos⁶⁷ (MEF o FEM, *Finite Element Method*), en la cual el modelo geométrico continuo se divide en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos llamados nodos, se utiliza para realizar de forma precisa el análisis del comportamiento estructural, energético y de los fluidos dinámicos de edificios de cualquier complejidad formal. Esta evaluación cuantitativa de las propuestas del diseño específico puede ser valorada cualitativamente en la actualidad gracias al desarrollo de las modernas técnicas de visualización de datos y salida de gráficos. El extraordinario avance de la informática en las últimas décadas y el desarrollo paralelo de los métodos numéricos permiten actualmente resolver, en tiempos de cálculo razonables, los complejos modelos matemáticos que rigen el comportamiento de dispositivos y de procesos de la ciencia y la técnica. Surge así una herramienta que algunos califican como el tercer pilar del método científico junto a la teoría y

⁶⁵ FRAZER, John (1995) *Op. cit.*, p. 99.

⁶⁶ FRAZER, John (1995) *Op. cit.*, p. 100.

⁶⁷ Se trata de un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y otras ramas de la ciencia y la tecnología.

la experimentación: la simulación numérica, una “nueva tecnología” que presenta numerosas aplicaciones en diferentes campos, y en particular, en arquitectura y edificación. Mediante la superposición de varias evaluaciones analíticas, las alternativas de diseño pueden ser comparadas con relativa simplicidad para seleccionar la solución que ofrezca el comportamiento óptimo.

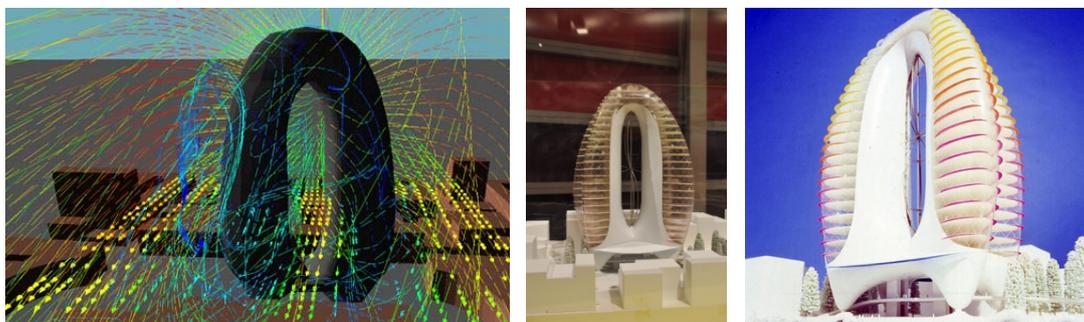


Ilustración 17. Future Systems, *Project ZED*, análisis CFD del flujo de viento y maquetas, Londres, 1995.

En el *software* de simulación de dinámicas de fluido⁶⁸ o Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, *Computational Fluid Dynamics*), utilizado principalmente para analizar flujos de aire en el interior y también alrededor de los edificios, los fluidos físicos se aplican al modelo digital de un edificio para calcular no sólo el comportamiento dinámico de los fluidos (aire, humo, agua,) sino también las transferencias de calor, los cambios de fase (tales como los ciclos de congelación del agua), las reacciones químicas (tales como la combustión) así como la resistencia y deformación de la estructura del edificio (por efecto del fuego, etc.).

El estudio de arquitectura *Future Systems* utilizó el análisis CFD de una forma particularmente interesante en su *Project ZED* (1995): un edificio multiusos en Londres diseñado para ser autosuficiente en cuanto a sus necesidades energéticas mediante la incorporación de células fotovoltaicas en las persianas así como una gigantesca turbina eólica situada en un enorme hueco en su zona central. La forma curvada de la fachada fue diseñada para minimizar el impacto del viento en el perímetro del edificio y para canalizarlo hacia la turbina. El análisis CFD resultó esencial para la determinación del comportamiento óptimo de la envolvente.

La original forma de “blob” del proyecto ganador para el concurso del Kunsthaus (2003) de Graz (Austria) de Peter Cook y Colin Fournier fue alterada después de que el análisis de la estructura digital revelase que su comportamiento estructural podría ser mejorado con

⁶⁸ La simulación dinámica de fluidos (CFD) es una herramienta cada vez más popular en gráficos por ordenador para generar animaciones realistas de agua, humo, explosiones y fenómenos físicos relacionados. A partir de alguna configuración de entrada de un fluido y una geometría de escenario, un simulador de fluidos realiza la evolución del movimiento del fluido hacia adelante en el tiempo, haciendo uso de las ecuaciones de Navier-Stokes que describen la física (masa, momento y energía) de los fluidos. En el grafismo digital estas simulaciones varían en complejidad desde animaciones de alta calidad que consumen una cantidad notable de tiempo para efectos visuales y de películas, hasta sistemas simples de partícula en tiempo real usados en juegos. También se pueden simular los procesos de transferencia de calor.

unos ligeros ajustes de la forma general. Igualmente el diseño de Foster & Partners para la sala principal de la *Greater London Authority (GLA) Headquarters* (2002) tuvo que someterse a varios cambios significativos después de que los ingenieros de la firma Arup analizaran su comportamiento acústico utilizando un programa de simulación de la propagación de ondas. Hay que destacar que la forma de “canto rodado” del edificio resulta de la optimización de su comportamiento energético minimizando la superficie expuesta a la radiación solar directa. La forma redondeada (*blobby*) del edificio es, en realidad, una esfera deformada que tiene una superficie un 25% menor que la de un cubo de volumen idéntico, resultando por tanto una reducción del calentamiento por radiación solar y también una reducción de las pérdidas térmicas a través de la piel del edificio. La configuración de la envolvente es el resultado directo del análisis de los distintos patrones de iluminación solar a lo largo del año.

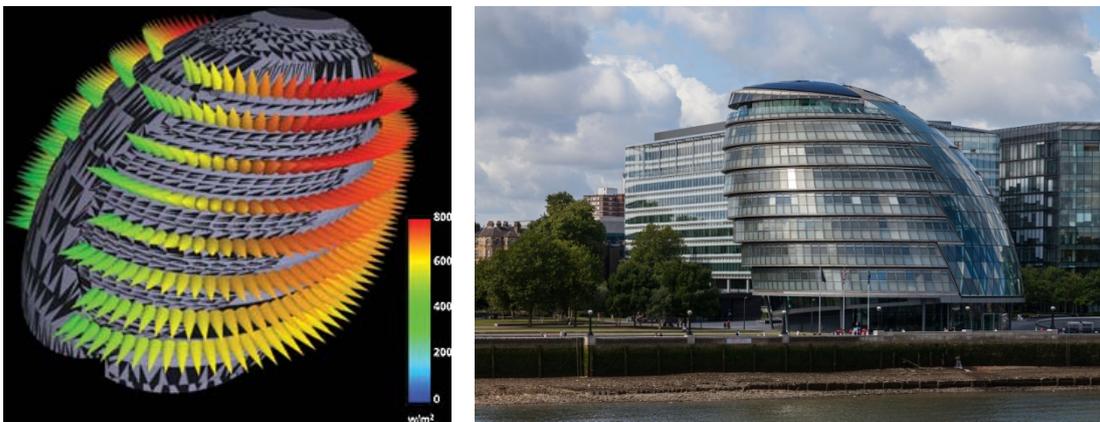


Ilustración 18. FOSTER & PARTNERS, *Greater London Authority Headquarters*, estudio solar y vista exterior, 2002.

A pesar de que las tecnologías digitales, en particular las simulaciones de comportamiento, han hecho posible la noción de arquitectura performativa, los desafíos y oportunidades radican en la manera de conceptualizarlas y usarlas. En lugar de ser utilizadas en forma pasiva, es decir, una vez que la forma del edificio ya ha sido articulada, y este es el caso más frecuente, la computación analítica puede ser utilizada para definir activamente la forma del edificio de manera dinámica, de modo similar a como se utiliza el *software* de animación en la arquitectura contemporánea de vanguardia. Una topología ya definida del edificio, con una forma genérica, podría someterse a las transformaciones dinámicas y las metamorfosis resultantes del cálculo de unos parámetros de comportamiento fijados previamente.

6.3 Fabricación digital. Nuevas estrategias operativas.

Junto al concepto previo de diseño digital/informacional, el concepto emergente de Fabricación Digital nos permite asistir a una reconfiguración de las relaciones entre concepción y producción al establecerse un vínculo directo entre aquello que se puede concebir y lo que finalmente se puede construir. Como afirma William Mitchell: “*los arquitectos tienden a*

dibujar aquello que pueden construir y construyen lo que pueden dibujar”.⁶⁹ Los avances tecnológicos permiten la materialización de las formas diseñadas a través de procesos F2F (“file-to-factory”)⁷⁰ y de las tecnologías de fabricación CNC (control numérico computerizado).⁷¹ Se establece una conexión directa entre información y materia y el foco de atención se sitúa sobre el concepto de “constructibilidad” que se convierte en función directa del proceso de digitalización.

6.3.1 De lo físico a lo digital y viceversa.

Como ya se ha citado anteriormente, uno de los primeros proyectos desarrollados y realizados digitalmente fue la *Fish Sculpture* (1992) de Frank Gehry en la entrada de la Villa Olímpica de Barcelona. El estudio de Gehry empleó el programa CATIA (*Computer Aided Three-dimensional Interactive Application*), desarrollado por la industria aeroespacial francesa Dassault Systèmes en 1981, para llevar a cabo el diseño y el análisis estructural y, finalmente, como fuente de información para la construcción del objeto.

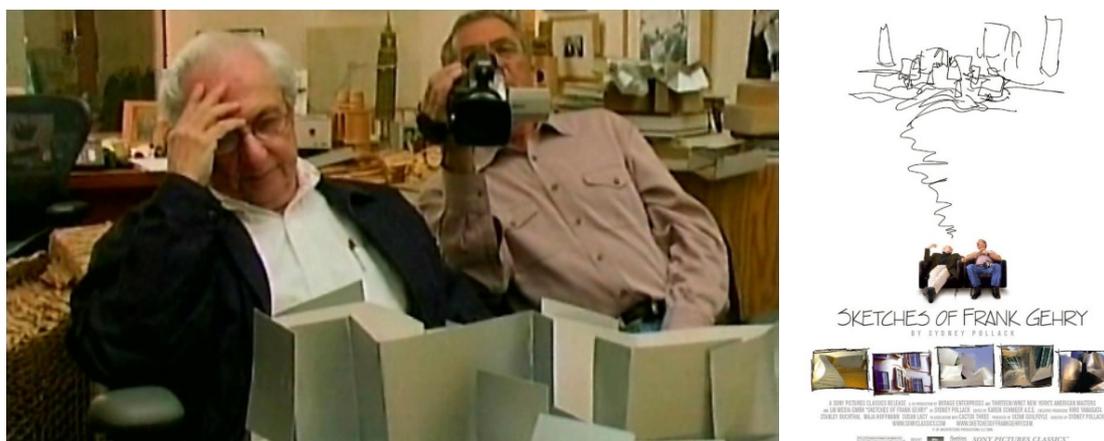


Ilustración 19. Sydney POLLACK, *Sketches of Frank Gehry*, documental, 2006.

⁶⁹ “Architects tend to draw what they can build, and build what they can draw”, en: MITCHELL, William J. (2001) “Roll Over Euclid: How Frank Gehry Designs and Builds”, en RAGHEB, J. F. [ed.] (2001) *Frank Gehry, Architect*. Nueva York: Guggenheim Museum Publications, pp. 352-363.

⁷⁰ El concepto “File to Factory” (F2F) se refiere a la fusión continua del proceso de diseño y la fabricación. Se trata de la transferencia directa de los datos de un software de modelado 3D a una máquina CNC. Emplea estrategias de diseño y fabricación digital. Véase OOSTERHUIS, Kas; BIER, Henriette; AALBERS, Cas; BOER, Sander (2004) “File to Factory and Real-Time Behavior in ONL-Architecture”, en *Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture: Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture and the 2004 Conference of the AIA Technology in Architectural Practice Knowledge Community*, 294-305. ACADIA. Cambridge and Toronto, Ontario, Canada: University of Waterloo, Cambridge and University of Toronto, 2004. Disponible en: <http://cumincad.architecture.net/system/files/pdf/acadia04_294.content.pdf> [Fecha de consulta: 05/09/2015]

⁷¹ SCHODEK, Daniel; BECHTHOLD, Martin; GRIGGS, James K.; KAO, Kenneth; STEINBERG, Marco (2005) *Digital Design and Manufacturing. CAD/CAM Applications in Architecture and Design*. Nueva York: John Wiley & Sons.

Algunos críticos consideran que el método de diseño de Gehry no sería realmente digital ya que prefiere la tactilidad directa de un modelo físico en lugar de la manipulación digital “plana” en la superficie de la pantalla de un ordenador. Estaríamos por tanto ante un planteamiento “analógico” muy similar a las metodologías de ideación convencionales basadas en la utilización de planos y maquetas físicas. En realidad las tecnologías digitales no se utilizan como medio de concepción sino como un medio de traslación de datos. Las entradas (*inputs*) se toman de la geometría del modelo físico y se produce como resultado (*output*) la información de control digitalmente codificada que se utiliza para dirigir las diversas máquinas y tecnologías de fabricación empleadas para la puesta en obra del elemento diseñado.

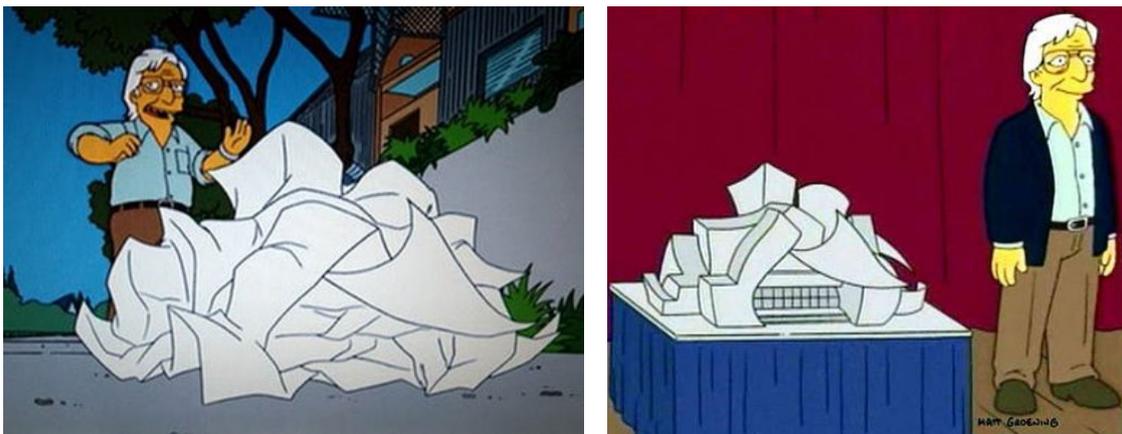


Ilustración 20. Matt GROENING, caricatura sobre la forma de proyectar de Frank Gehry aparecida en el episodio 349 de la serie de animación *The Simpsons* (Fox Broadcasting Company) titulado *The Seven-Beer Snitch* (03/04/2005).

Este sería un proceso inverso al de la fabricación asistida CAM (*Computer Aided Manufacturing*) en la que se emplean técnicas de escaneo tridimensional en un proceso denominado “ingeniería inversa” (*reverse engineering*). Se procede a la generación de una “nube de puntos” obtenidos a partir del modelo físico que son interpretados por el *software* de conversión para producir una aproximación a la geometría del modelo a partir de la cual se generan perfiles de curvas NURBS que serán utilizados para la generación de las superficies del objeto.

Para la obtención inicial de los datos se emplean diversas tecnologías que van desde los brazos digitalizadores (*Coordinate Measuring Machine-CMM*) hasta los métodos de escaneo sin contacto como los escáneres láser (*Terrestrial Laser Scanning-TLS*), las técnicas de fotogrametría digital o las recientes técnicas SfM (*Structure from Motion*) procedentes de la investigación sobre visión artificial.

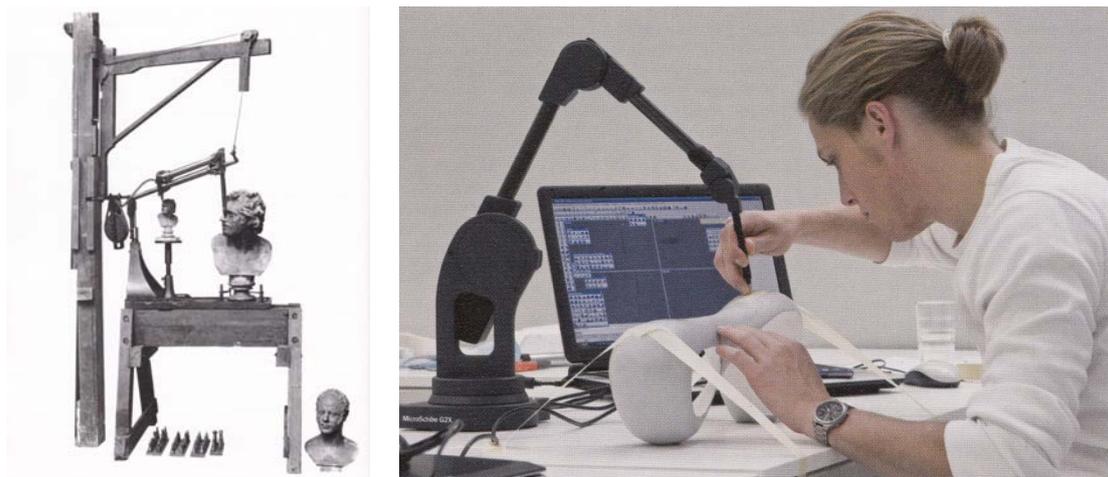


Ilustración 21. [Izquierda] Benjamin CHEVERTON, Máquina para reproducir esculturas, 1826. [Derecha] Digitalización de una maqueta física con un escáner de brazo, MicroScribe G2X, 2000S Inmersion Corp.

Históricamente en el ámbito de la edificación se había mantenido a lo largo de los siglos la tradición de la geometría euclídea a la hora de realizar la construcción y fabricación de los elementos arquitectónicos, es decir, el trazado de los elementos por medio de las herramientas euclídeas por excelencia, la regla y el compás, hasta llegar a convertirse incluso en símbolos de la propia actividad edificatoria. Muchos de los ejemplos de maquinaria de extrusión y plegado utilizados en algunas de las propuestas más avanzadas de los últimos años se basan precisamente en operaciones vinculadas a una geometría totalmente euclídea (tangencias y enlaces de curvas geométricas), por lo que se mantiene una reciprocidad evidente entre medios de representación y medios de producción en la línea de la afirmación de Mitchell citada anteriormente según la cual “se construía lo que se podía dibujar”.

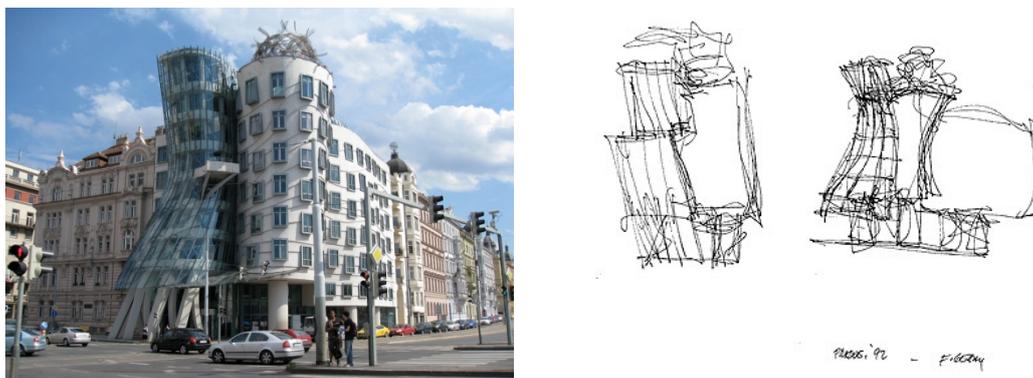


Ilustración 22. Frank GEHRY, *Nationale Nederlanden Building*, Praga, 1992-1996.

Esta reciprocidad se va a mantener también en la era digital. Pero la posibilidad de trasladar la información de la fase de diseño a la fase de fabricación va a permitir una mayor implicación en los procesos de producción lo que de algún modo conecta con la vieja figura de los maestros de obra medievales. Los ejemplos de máquinas de corte digital que utilizan la información geométrica extraída directamente del modelo digital son numerosos: proyectos como el *Nationale-Nederlanden Building* (1996), el *Experience Music Project* (2000) o el edificio del *Walt Disney Concert Hall* (2003) son un modelo de geometrías complejas descritas con

precisión por medio de curvas y superficies NURBS y digitalmente posibles y realizables por medio de procesos de fabricación CNC.

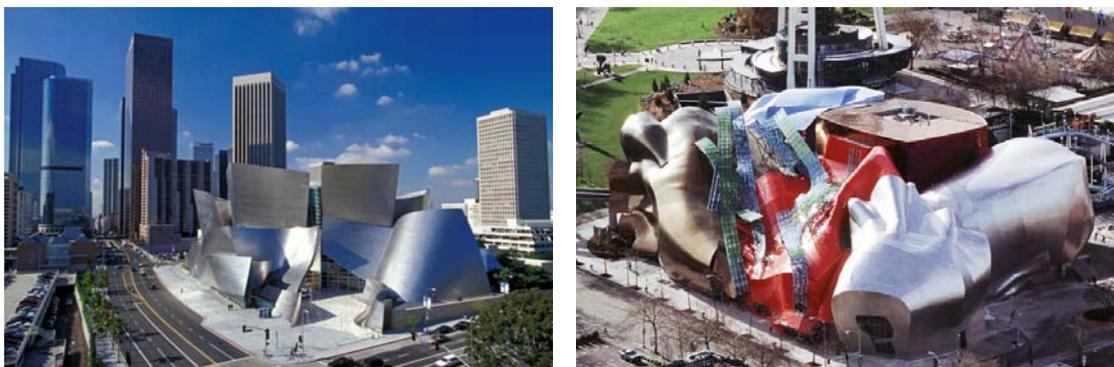


Ilustración 23. Frank GEHRY, [Izquierda] *Walt Disney Concert Hall*, Los Angeles, 2003. [Derecha] *Experience Music Project (EMP)*, Seattle, 2000.

6.3.2 Estrategias de fabricación digital.

La arquitectura digital/informacional plantea una serie de estrategias y tecnologías que van más allá del uso de las herramientas de *software*. Esto incluye la proliferación de una amplia gama de tecnologías CNC, el aprovechamiento de las posibilidades ofrecidas por el diseño paramétrico, el uso de algoritmos y simulaciones de procesos naturales y biológicos como, por ejemplo, las estrategias morfogenéticas, el desarrollo de *hardware* y *software* para aplicaciones interactivas, así como también la exploración de la generación digital de imágenes, y otras técnicas desarrolladas en disciplinas ajenas a la propia arquitectura.

La gran mayoría de los proyectos ejecutados hasta ahora son proyectos de pequeña escala que evidencian la disponibilidad y el uso de las tecnologías digitales de fabricación por parte de cualquier diseñador. Hay que señalar la existencia de un gran número de proyectos no construidos que suelen ser propuestas experimentales procedentes generalmente del ámbito académico y que expresan el potencial creativo e imaginativo de toda una nueva generación de arquitectos y diseñadores.

Como ya hemos señalado repetidamente, la arquitectura de una época determinada depende de las técnicas de representación y fabricación disponibles empleadas por arquitectos y constructores. La arquitectura barroca, por ejemplo, dependió del avance de la estereotomía y de las geometrías perspectiva y proyectiva para los procesos de diseño y corte de la piedra. Pero mientras que dichas técnicas siempre fueron desarrolladas en parte por los propios arquitectos y constructores, en épocas más recientes se han introducido en la arquitectura y la construcción tecnologías provenientes de otras disciplinas, cuya asimilación ha sido más lenta y difícil. El acero y el cristal son innovaciones tecnológicas que aparecen en el siglo XIX pero que se convirtieron en parte integral del lenguaje arquitectónico mucho más tarde y tras muchas reticencias y no pocos debates teóricos. Ha ocurrido algo similar con respecto a la introducción de las tecnologías digitales aplicadas en la construcción. Al principio

se utilizaban los ordenadores no sólo como herramienta de dibujo sin mayor impacto en la forma de construir o en la forma de los edificios, sino como un modo eficaz de optimizar el proceso de diseño. El giro hacia la complejidad de la arquitectura iniciado por las teorías posmodernas de Robert Venturi y alentadas por el deconstructivismo incitaron a los arquitectos a explorar las tecnologías digitales más allá de la mera necesidad práctica o de productividad económica.

Uno de los primeros edificios en los cuales se utilizaron tecnologías digitales para su construcción fue la *Ópera* de Sidney (1957-1975) de Jørn Utzon ya que las complejas formas de concha del edificio eran imposibles de calcular y construir mediante las técnicas tradicionales. Otro proyecto ya citado y que marcó un hito en la historia de las tecnologías digitales de la construcción fue la escultura *Fish* (1992) de Frank Gehry localizada en el complejo de la Villa Olímpica de Barcelona. Tal y como era habitual en su proceso de ideación, Gehry había diseñado la escultura trabajando directamente sobre maquetas de papel. Mientras que en sus primeros proyectos, su equipo tomaba medidas de las maquetas y a partir de ellas creaba planos convencionales para desarrollar el proyecto, en este caso, la complejidad del diseño y las limitaciones de tiempo para desarrollar y construir el objeto antes de la cita olímpica del 92 hacían inviable este proceso. Fue entonces cuando el equipo de Gehry empezó a investigar en torno a las posibilidades de las tecnologías digitales hasta encontrar el programa CATIA.



Ilustración 24. Frank GEHRY, *The Fish*, Barcelona, 1992. [Derecha] Modelos digitales y maqueta.

Actualmente es posible diseñar y construir un edificio siguiendo un flujo digital de trabajo que permite la realización de formas de gran complejidad a un coste relativamente bajo. El primer paso es el diseño del edificio como una maqueta digital tridimensional en lugar de emplear el sistema proyectivo convencional basado en un juego de plantas y alzados. Una maqueta en 3D utilizada de forma efectiva en un flujo de trabajo digital es completamente diferente a una maqueta utilizada con propósitos de visualización (creación de *renders* foto-realistas). Generalmente el proceso de renderizado se realiza para el modelado de superficies, maquetas en las cuales los objetos sólidos y los espacios se definen por sus superficies cerradas. La definición geométrica tiene una importancia secundaria y las superficies curvas tridimensionales se pueden definir con cierto grado de aproximación sin comprometer el éxito de los resultados. Sin embargo, un flujo de trabajo digital completo requiere que la geometría del diseño sea definida claramente y sin ambigüedad. En este caso los métodos preferidos para

realizar la maqueta son las superficies NURBS y el modelado de sólidos. Otro paso del flujo de trabajo digital completo consiste en definir, de forma paramétrica, las dimensiones y propiedades de los elementos del proyecto. La posibilidad de crear variaciones paramétricas de un diseño permite realizar pruebas y optimizaciones que mejoren su comportamiento. La forma esencial y los elementos constitutivos del diseño son definidos bajo ciertas condiciones específicas, pero las dimensiones y formas exactas de los elementos individuales varían de etapa en etapa, en donde se establecen las relaciones de los parámetros de la maqueta y se crea una jerarquía de dependencias.⁷²

Finalmente, la definición material correcta de los elementos de una maqueta tridimensional se puede obtener fácilmente con una máquina CNC que transforme los elementos constructivos por medio de técnicas de corte bidimensional o a través de procesos de fabricación sustractiva o aditiva. Estas máquinas requieren poco control y pueden crear copias del mismo objeto o diferentes versiones del mismo con gran facilidad. Esta capacidad evita la producción en masa de elementos idénticos innecesarios y costosos en términos económicos. La producción en masa puede aplicar la individualización en serie y cada copia del elemento puede variar con respecto a las demás. Existen formatos variados de máquinas CNC, que se pueden agrupar en distintas categorías dando lugar a diferentes estrategias de fabricación.

6.3.2.1 Fabricación bidimensional.

La fabricación de elementos bidimensionales por medio del corte CNC es la técnica más usada debido a que los paneles planos de casi cualquier material se pueden cortar con formas de gran complejidad empleando diversas tecnologías de corte aunque las más comunes son el corte por láser (*laser-beam*), el chorro de agua (*water-jet*) y el arco de plasma (*plasma-arc*).



Ilustración 25. Mathieu LEHANNEUR, *Iglesia St. Hilaire*, Melle, Francia, 2011.

⁷² KRAUEL, Jacobo (2010) *Arquitectura Digital. Innovación y Diseño*. Barcelona: LinksBooks, pp. 11-13.

Cada técnica es apropiada para cierto tipo de materiales y tiene sus propias limitaciones en lo referente al grosor de los paneles y a las líneas de corte con un modo de funcionamiento similar al de un *plotter*. Este sistema presenta dos ejes de movimiento de la hoja de material con relación al cabezal de corte, pudiendo implementarse como cabezal móvil, mesa de corte móvil o una combinación de ambas.

6.3.2.2 Fabricación sustractiva.

Las técnicas de fabricación sustractiva implican la eliminación de parte del volumen de un material para crear una forma determinada. Esta operación se puede realizar con medios mecánicos (fresado multieje, "*milling*"), electrónicos o químicos. El grado de flexibilidad de la herramienta de corte (el número de ejes alrededor de los cuales se mueve) determina la complejidad de las formas que la máquina puede generar. Cuatro o cinco movimientos de eje crean formas complejas de movimiento para la herramienta.



Ilustración 26. Mark FOSTER GAGE, *Disheveled Geometries Seminar*. Estudiantes: Mary BURR y Katie STRANIX, Yale School of Architecture, 2013. (Robot KUKA)

Estas máquinas sólo pueden ser manipuladas por profesionales especializados. Se emplean fundamentalmente para la producción de maquetas y modelos, estudios de uniones y ensambles, realización de elementos constructivos y también para la ejecución de moldes para la producción de hormigón tanto prefabricado como en obra.

6.3.2.3 Fabricación aditiva.

Este proceso recibe diversos nombres: prototipado rápido (*Rapid Prototyping*), impresión 3D (*3D printing, desktop manufacturing*), fabricación por capas (*layered manufacturing*) y moldeo de sólidos de forma libre o abierta (*Solid Free Form*). Estas denominaciones se corresponden con distintas tecnologías que trabajan bajo el mismo principio basado en un incremento formal mediante la adición de material por capas en un proceso que es inverso al de fresado. En este caso el material se añade por capas sobre una base. El espesor de cada capa puede ser tan reducido como 0,1 mm lo que permite reproducir

los elementos con un nivel de detalle elevado. Se pueden crear con facilidad formas complejas incluso con perforaciones y cavidades. Todas las tecnologías de fabricación aditiva comparten el mismo principio: el modelo digital es seccionado en capas bidimensionales. La información de cada capa se transfiere a la herramienta y el producto físico se genera de forma incremental por capas (*layer-by-layer*).

El desarrollo de las primeras máquinas de *Rapid Prototyping* se debe a la idea del ingeniero estadounidense Charles W. Hull que fundó en 1982 la empresa *3D Systems Inc.*, empresa matriz de la industria que en 1988 produjo el primer dispositivo para producir estereolitografías, el SLA-1 (*StereoLitographic Apparatus*). Estudios posteriores y la evolución asociada a los avances de los sistemas CAD permitieron la creación de nuevas generaciones de máquinas capaces de fabricar objetos a partir de su definición geométrica digital en tres dimensiones mediante la utilización de una gran variedad de materiales y distintos tipos de procesamiento basados en la luz, el calor o las reacciones químicas y que son usadas incluso para realizar pequeñas tiradas de productos acabados.

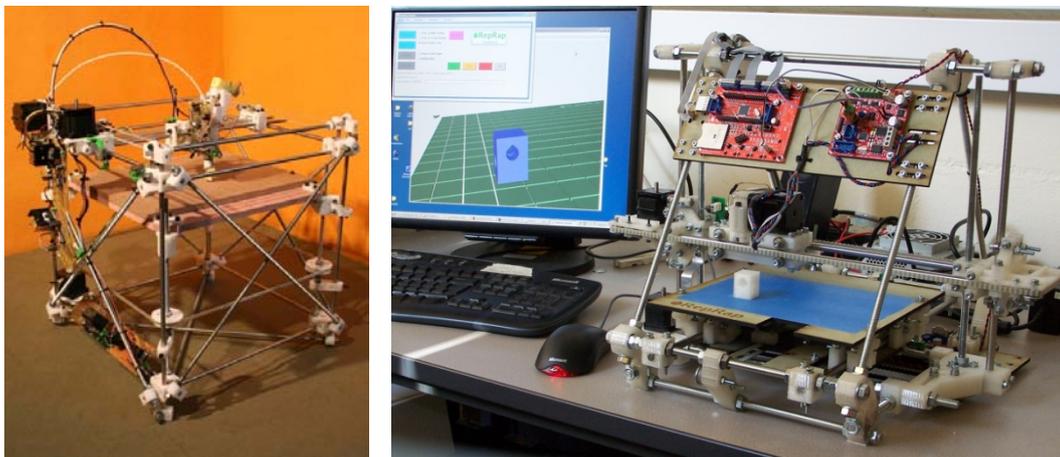


Ilustración 27. [Izquierda] RepRap Project, 3D Printer, Version 1.0 (Darwin), 2007. [Derecha] RepRap Project, 3D Printer, Version 2.0 (Mendel), 2009.

Dentro del grupo de los procesos de fabricación aditiva y bajo el nombre genérico de prototipado rápido, se agrupan una serie de tecnologías generativas distintas⁷³ que parten de la división del modelo virtual de CAD en secciones horizontales paralelas que luego se materializan superponiendo capa sobre capa hasta completar la pieza. Las de mayor implantación en la actualidad son la estereolitografía (SLA, *StereoLithography Apparatus*), la fotopolimerización por luz UV (SGC, *Solid Ground Curing*), la deposición de hilo fundido (FDM, *Fused Deposition Modeling*), la sinterización selectiva por láser (SLS, *Selective Laser Sintering*) y la proyección de aglutinante (DSPC, *Direct Shell Production Casting*).

Uno de los retos de esta técnica consiste en la superación de las limitaciones del tamaño de las piezas que se pueden construir y, en el caso de la edificación, la posibilidad de realizar grandes estructuras a tamaño natural en lo que se podría denominar técnicas de *Rapid*

⁷³ HAUSCHILD, Moritz; KARZEL, Rüdiger (2011) *Digital Processes. Planning. Design. Production*. Basel: Birkhäuser, pp.44-69.

Building (construcción rápida)⁷⁴ existiendo en la actualidad varios proyectos de investigación que avanzan en esta línea. Ya se pueden fabricar estructuras de hormigón de dimensiones 427 x 610 x 244 cm gracias a un prototipo denominado “*Contour Crafting*” (CC) desarrollado por el ingeniero industrial Behrokh Khoshnevis de la University of Southern California (USC).

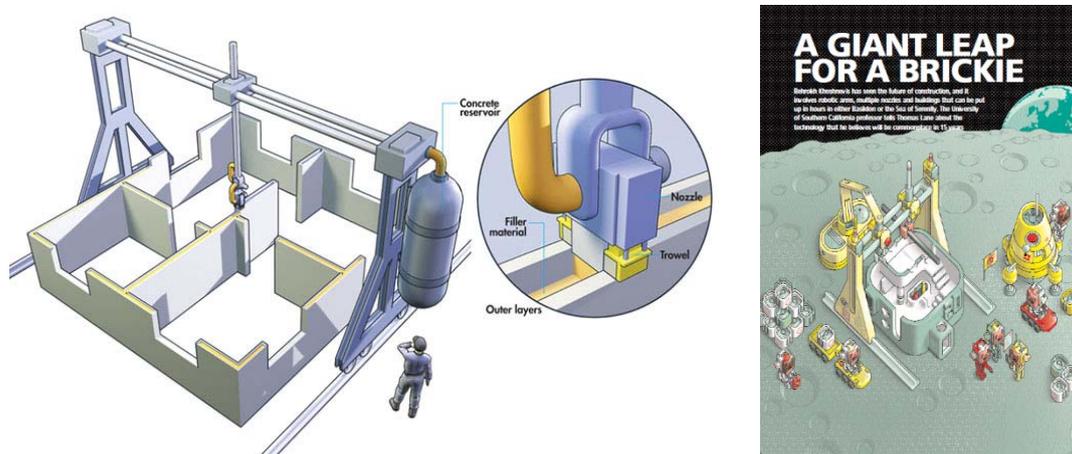


Ilustración 28. Behrokh KHOSHNEVIS, “*Contour Crafting*” Technology. *Building Magazine*, nº 28, 2004.

También se pueden construir estructuras en piedra arenisca de 6 x 6 m gracias a la patente *D_Shape* del ingeniero italiano Enrico Dini.⁷⁵ Las investigaciones de ambos se basan en la idea de que la aplicación del prototipado rápido en arquitectura permitiría la creación de proyectos complejos de una forma rápida y económica, con una gran variedad de formas, colores, texturas y materiales.

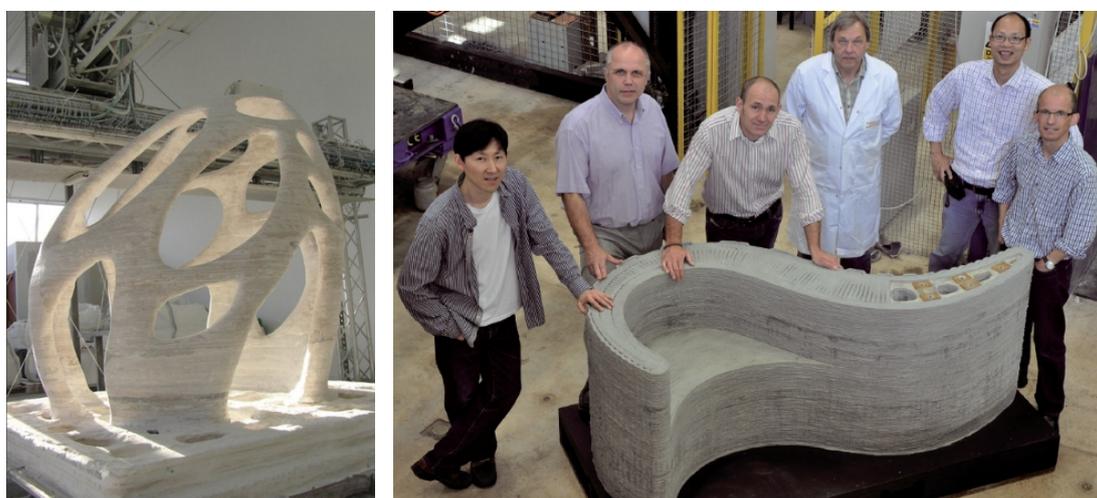


Ilustración 29. [Izquierda] Enrico DINI, *Radiolaria Pavilion*, *D-Shape System*, 2008. [Derecha] *Freeform Construction Project*, Loughborough University, 2011.

⁷⁴ GARDINER, James (2009) “Sustainability and Construction-Scale Rapid Manufacturing: Opportunities for Architecture and the Construction Industry”, en *Proceedings of RAPID 2009 conference*, Jun 17, 2009. Schaumburg (IL.): SME Technical Papers.

⁷⁵ MORGANTE, Andrea (2011) “Radiolaria Pavillion”, en GLYNN, Ruairi; SHEIL, Bob [eds.] (2011) *Fabricate: making digital architecture*. Cambridge: Riverside Architectural Press, pp. 232-235.

Tenemos que citar también el proyecto *Free-form Construction*⁷⁶ desarrollado por la Loughborough University. En esta misma línea se ha presentado en España el proyecto de investigación *3DCONS: Nuevos Procesos de Construcción Mediante Impresión 3D*.⁷⁷

Las ventajas de la utilización de estas tecnologías que podríamos denominar técnicas de *Rapid Building* (construcción rápida) serían múltiples: una mayor facilidad en la creación de elementos y formas complejas, un mayor nivel de precisión y exactitud en todas las fases de proyecto y construcción, una disminución en los tiempos de ejecución y entrega, una disminución en los costes y una reducción considerable de los residuos del proceso edificatorio y de las emisiones contaminantes.

6.3.3 Estrategias de producción emergentes.

La vinculación tradicional que se produce en la arquitectura entre modos de representación y medios de construcción tiene hoy su reflejo en la integración existente entre los medios digitales de representación del proyecto y las tecnologías emergentes empleadas en la fabricación/materialización de las formas. Se trata de un fenómeno de expansión de aquello que podemos imaginar con la posibilidad de ser realizado desde el punto de vista formal, espacial y material provocando a través de la fabricación digital, una auténtica revolución en el diseño arquitectónico.

Resulta evidente que ya no podemos concebir la arquitectura y la edificación actuales sin el uso de las herramientas informáticas. Se utilizan en todas las fases del proceso arquitectónico desde los inicios conceptuales del proceso de ideación hasta la construcción e incluso durante la gestión del ciclo de vida del edificio. Modelado tridimensional y visualización dinámica, estrategias generativas de búsqueda de la forma, sistemas de codificación modular (*scripts*), análisis estructurales y térmicos, *project management*, gestión integral del proceso edificatorio, producción F2F (*file-to-factory*) son algunos de los ejemplos del empleo de las nuevas herramientas digitales en el ámbito de la edificación. Y dentro de estas posibilidades el diseño y la fabricación digitales se configuran, por tanto, como una nueva manera de entender el desarrollo del proceso edificatorio y como una nueva forma de producción material que utiliza los datos digitales para controlar la fabricación de los elementos constructivos, lo que permite eliminar pasos intermedios entre el diseño y la producción final. Pero mientras que el CAD de primera generación reemplazó al dibujo tradicional sin que se produjesen cambios

⁷⁶ KESTELIER, Xavier de (2011) "Design Potential for Large-Scale Additive Fabrication", en GLYNN, Ruairi; SHEIL, Bob [eds.] (2011) *Op. cit.*, pp. 244-249.

⁷⁷ Aprobado dentro del Programa Estratégico de Consorcios de Investigación Empresarial Nacional (CIEN) del Centro del Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), dicho proyecto persigue el desarrollo de nuevos sistemas de impresión 3D para la rehabilitación de envolventes mediante impresión directa y fabricación de elementos prefabricados a la carta (sin necesidad de moldes o encofrados). Estos sistemas de impresión trabajarán con nuevas gamas de materiales para interiores y exteriores en base a cemento, cal, yeso y mezclas mixtas, especialmente desarrollados para su aplicación por extrusión. <<http://www.3dcons.eu/index.php/portfolio-item/presentacion-del-proyecto-3dcons/>>. [Fecha de consulta: 05/09/2015]

importantes en la arquitectura, simplemente un tipo de representación 2D reemplazó a otra, en cambio, el modelado 3D y la fabricación digital fortalecen e impulsan un nuevo pensamiento de diseño y expanden los límites de la forma arquitectónica y de los procesos constructivos.

Las aportaciones e investigaciones de *Gehry Partners* y *Gehry Technologies* (GT)⁷⁸ significaron un punto de inflexión debido a la necesidad de integración digital para poder abordar la complejidad geométrica de los edificios que proyectaban. Para ello introdujeron la utilización de procesos iterativos y no-lineales y el empleo de modelos físicos para el desarrollo de metodologías de ingeniería inversa por medio del uso de herramientas digitalizadoras. El diseño se mueve entonces, como ya hemos visto, en una doble dirección de lo físico a lo digital y viceversa. Los modelos físicos se utilizan para el ajuste estético y los modelos digitales, para el análisis cuantitativo del sistema. A través de herramientas como CATIA el modelo digital se traslada directamente a la fase de producción física mediante herramientas CNC controladas digitalmente. Lo importante en este proceso es que la complejidad e individualidad de las superficies geométricas no afecta significativamente a los costes de producción. Es este uno de los aspectos claves de la fabricación asistida por ordenador.

Para moverse del diseño a la construcción es necesario trasladar datos gráficos desde los dibujos 2D y los modelos 3D a datos digitales que una máquina CNC pueda comprender e interpretar. Aparecen así toda una serie de estrategias de ideación y producción que utilizan estas técnicas y procesos digitales de fabricación que podríamos definir como “no estándar” o emergentes. Estas estrategias reflejan el potencial de las prácticas digitales para reducir la brecha existente entre representación y construcción y proporciona una conexión continua entre el diseño (pensar) y la fabricación (hacer). Al mismo tiempo, desde la teoría y la crítica arquitectónica se realizan intentos de descripción y catalogación de estas experiencias difícilmente clasificables debido al carácter híbrido y transversal de sus planteamientos.

En este sentido, una de las aproximaciones más interesantes es la propuesta de taxonomía realizada por la arquitecta Lisa Iwamoto⁷⁹ en la que define una serie de categorías de trabajo que en algunos casos suponen ejemplos de transferencias tecnológicas desde otros sectores industriales (*sectioning*) y en otros casos representan la adaptación al contexto digital de tradiciones constructivas ya existentes (*tessellating, folding, contouring, forming*). Los problemas que plantean este tipo de clasificaciones se acentúan cuando nos movemos en un campo caracterizado por el mestizaje intelectual y la hibridación. Analizaremos a continuación estas categorías y algunos casos que ejemplifican esta búsqueda experimental de nuevos

⁷⁸ La empresa *Gehry Technologies* (GT) fue creada en 2002 por el equipo de investigación y desarrollo de *Gehry Partners* para desarrollar tecnologías y metodologías avanzadas en el ámbito de la arquitectura y la ingeniería buscando una mayor eficiencia en los procesos, la creatividad y el control de la ejecución de los proyectos. A partir del software CATIA V5 de *Dassault Systèmes* desarrollaron *Digital Project* con una interfaz adaptada al diseño de arquitectura. En 2014 GT fue adquirida por la empresa *Trimble*, propietaria del varios programas software 3D como *SketchUp* (dibujo 3D), *Tekla* (ingeniería estructural), *Vico* (gestión y visualización de proyectos 3D) y *Maybim* (servicios BIM para sistemas de instalaciones).

⁷⁹ IWAMOTO, Lisa (2009) *Digital Fabrications. Architectural and Material Techniques*. Nueva York: Princeton Architectural Press.

modelos creativos en estrecha conexión con aspectos pragmáticos y tecnológicos.⁸⁰

6.3.3.1 *Sectioning: la memoria del croissant.*

Seccionar, cortar, partir o rebajar son expresiones que podrían servirnos para denominar la técnica del *sectioning* que está emparentada con la tradicional forma de diseñar y dibujar los barcos o los prototipos de aviones por medio de una serie de perfiles cuyos bordes sirven para definir la geometría superficial de los objetos. Se basa en la realización de secciones paralelas del objeto a intervalos determinados, con la ventaja de que el modelado digital hace que la tarea de seccionar no sea una operación proyectiva como en el método tradicional de representación a partir de proyecciones ortográficas (plantas y secciones) sino que literalmente se corta un objeto 3D.

Se trata de un sistema utilizado tradicionalmente en las industrias naval y aeroespacial para realizar las superficies de doble curvatura asociadas con sus respectivas formas construidas, barcos y aviones. La tecnología tradicional de cuadernas y costillas estructurales se transfiere al ámbito arquitectónico buscando la obtención de resistencia estructural con un material superficial. Encontramos ya ejemplos de este tipo de experiencias en la obra de Le Corbusier (Capilla de *Ronchamp*) o en los experimentos vanguardistas radicales de Frederick Kiesler (*Endless House*, 1949-60). Más recientemente la obra de Greg Lynn ilustra el paso de una geometría cartesiana basada en coordenadas a una geometría topológica basada en vectores y campos de fuerza.

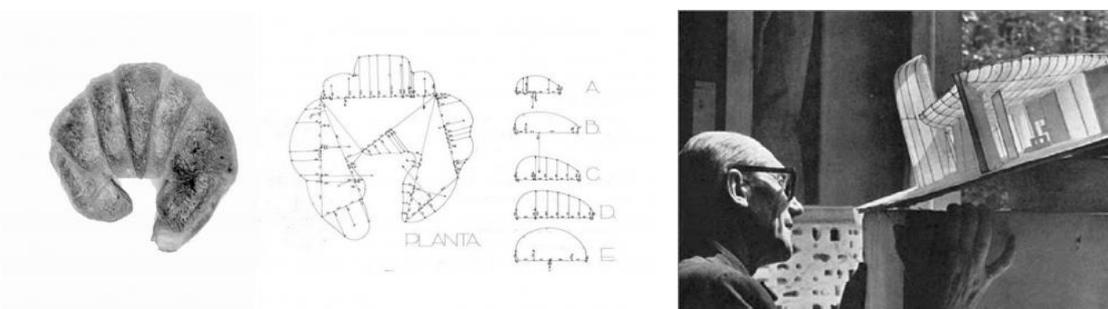


Ilustración 30. [Izquierda] Enric MIRALLES, *Como acotar un croissant*, 1991. [Derecha] LE CORBUSIER, *Capilla de Notre-Dame-du-Haut*, maqueta, Ronchamp, 1951-1955.

En un breve y conocidísimo artículo titulado "Como acotar un croissant"⁸¹ publicado en la revista *El Croquis* en el año 1991, el arquitecto Enric Miralles (1955-2000) ejemplificaba los pasos necesarios para poder obtener la abstracción formal de un referente material mediante operaciones geométricas entre las que destaca la sección ya que en el caso propuesto se realizan 12 cortes del objeto. En este texto se puede detectar la importancia de la sección

⁸⁰ Hemos preferido mantener las denominaciones en lengua inglesa ofrecidas por Lisa Iwamoto aunque se ofrecen alternativas de traducción a cada uno de los términos empleados para designar las diferentes técnicas y estrategias.

⁸¹ MIRALLES, Enric; PRATS, Eva (1991) "Como acotar un croissant. El equilibrio horizontal", en *El Croquis* 49/50, Enric Miralles/Carme Pinós, 1988/1991. En *Construcción*, pp. 240-241.

como estrategia y herramienta de conocimiento de la realidad arquitectónica. Las herramientas digitales nos facilitan aprovechar el potencial del método al permitirnos trasladar la información tridimensional por medio de estrategias de fabricación que utilizan el fenómeno de rigidización que se produce al ensamblar elementos laminares en direcciones perpendiculares.



Ilustración 31. Jürgen MAYER H., (Structural Design: ARUP), *Metropol Parasol*, Plaza de la Encarnación, Sevilla, 2005-2011.

Como ya hemos señalado en el apartado anterior, este método se combina bien con los materiales constructivos convencionales dado que muchos de los que se emplean de forma estándar en la edificación se presentan o pueden presentarse en formato de láminas (madera laminada, chapa metálica, etc.). Esta circunstancia facilita su mecanizado mediante herramientas de corte 2D para obtener posteriormente objetos tridimensionales aprovechando de forma óptima en el montaje las relaciones entre la forma y la tectónica del material.

Podemos encontrar un ejemplo significativo de este tipo de planteamientos en el proyecto *PS1- Dunescape* (2001) del estudio neoyorquino SHoP Architects. A partir de una estrategia de “*sectioning*” se configura un paisaje arquitectónico con funciones de “playa urbana” definido constructivamente por una serie de listones de madera de cedro de sección cuadrada ensamblados paralelamente.⁸² Al modelo digital definido empleando el software Maya se le aplica la función “*contour*” obteniéndose secciones paralelas y continuas a intervalos definidos por el grosor físico del material utilizado y que se asemejan a una cimbra de la forma adoptada al transformarse en elementos auto-portantes. Las secciones resultantes se “plotean” a escala natural y sirven como plantillas para el corte, situación y montaje final de las piezas generando una superficie ondulada permeable a la luz natural y al aire. Para este cometido se emplearon cortadoras láser y técnicas tomadas del *packaging* (plegado y embalado de cajas de cartón). La relación entre forma y construcción se hace patente en las uniones vistas de las piezas de madera con una geometría de ensamblado continuamente variable.

⁸² CONVERSO, Stefano (2008) *SHoP Works. Collaborazione costruttiva in digitale*, Roma: Edilstampa, pp. 14-15.



Ilustración 32. [Izquierda] SHoP Architects, *PS1/Dunescape*, Nueva York, 2001. [Derecha] Alvaro SIZA + Eduardo SOUTO DE MOURA (Ingeniero estructural: Cecil BALMOND), *Serpentine Pavillion Gallery*, Londres, 2005.

La actividad de SHoP y su aplicación del concepto de “*versioning*”⁸³ (tomado de la industria del *software* y con una aproximación creativa al proyecto desde una visión radicalmente colaborativa) se adapta perfectamente al nuevo contexto híbrido y multidisciplinar de aplicación de técnicas digitales a la proyectación y la construcción manteniendo una postura que se aleja del formalismo que ha caracterizado alguna de las primeras experimentaciones digitales y que se acerca a la realidad física de la práctica constructiva.

Otro ejemplo de esta técnica sería el proyecto de Alvaro Siza y Eduardo Souto de Moura para el *Serpentine Pavilion Gallery* en Londres (2005) construido con 427 piezas de madera con un único perfil y 36 puntos de control mediante el empleo de una máquina de corte CNC de 5 ejes. Cada pieza puede ser colocada por una o dos personas con lo que se simplifica el proceso de construcción.

6.3.3.2 *Tesselating: divide y vencerás.*

Este concepto que podríamos traducir como teselado, facetado o mosaico tiene relación con el hecho de que las tecnologías digitales han revitalizado el interés por el empleo de los patrones de repetición (mosaicos, embaldosados, azulejos, aparejos, paneles de fachada...) con sus posibilidades infinitas de variación y modulación como base de las estrategias de diseño y fabricación. La tradición de este tipo de método de construcción es muy antigua: desde las teselas de los mosaicos de la antigua Roma y el Imperio Bizantino, pasando por las lacerías y tracerías islámicas o las vidrieras medievales de las catedrales

⁸³ ROCKER, Ingeborg (2008) "Versioning: Architecture as series?", en *First International Conference on Critical Digital: What Matters(s)?*. CDC. Cambridge, USA: Harvard University Graduate School of Design, 2008, pp. 157-170. Disponible en línea en: <<http://www.gsd.harvard.edu/>> [Fecha de consulta: 08/09/2014]. Sobre el concepto de “*versioning*” en SHoP véase: SHoP/SHARPLES HOLDEN PASQUARELLI [eds.] (2002) "Introduction", en (2002) *Versioning: Evolutionary Techniques in Architecture*. AD Profile 159, AD 72, September-October 2002, pp. 7-9 y también "Eroding the Barriers", en *Ibidem*, pp. 90-100.

góticas hasta las posibilidades ofrecidas por la prefabricación en la construcción industrializada iniciada con el *Crystal Palace* de Joseph Paxton en 1851.

En el ámbito del diseño digital la técnica del teselado o mosaico consiste en aproximar superficies utilizando el material como agrupación de elementos individuales en forma de piezas o láminas discretas para lo cual hay que tener en cuenta la definición digital de la superficie y la metodología constructiva de fabricación. Estos dos aspectos se ven unificados por medio de las tecnologías de fabricación digital y la utilización de productos industriales estandarizados siendo las líneas principales de actuación la transformación de estos elementos por medio de herramientas CNC y el desarrollo de nuevas posibilidades de montaje con el uso de herramientas de automatización. Existen dos formas de modelar: NURBS y mallas (*meshes*, textura poligonal). Dependiendo de la resolución, las superficies aproximadas pueden ser lisas y precisas o afacetadas y más bastas.

Encontramos un ejemplo de este tipo de aproximación formal en las cúpulas geodésicas de Buckminster Fuller. La forma esférica se redefine por medio de un patrón de triángulos y hexágonos que proporcionan estabilidad estructural y resistencia a la deformación. El sistema empleado presenta un elevado nivel de constructibilidad debido a la uniformidad de los elementos empleados (barras). Los avances en la discretización de elementos como práctica digital y material permiten la descripción de formas no-ortogonales mediante la aplicación del análisis dinámico de fluidos y del método de elementos finitos para la organización geométrica y material de los edificios.



Ilustración 33. [Izquierda] Sello dedicado a Buckminster Fuller, (basado en una portada de *Time Magazine*, 1964), 2003. [Derecha] Iwamoto Scott Architecture, *Voussior Cloud*, 2008.

En esta línea de experimentación con elementos discretos se sitúan las investigaciones de los arquitectos Fabio Gramazio y Mathias Kohler del *Swiss Federal Institute of Technology* de Zurich (ETH) en relación con las posibilidades de adopción de la robótica para la producción arquitectónica y en el área específica del “*assembling*” (montaje) y la construcción de muros de ladrillo. Los robots han sido utilizados ampliamente en la industria del automóvil en donde se emplean para realizar diversas operaciones de montaje y acabado. Una de las estrategias de

investigación en edificación consiste precisamente en adoptar tecnologías de sectores considerados más “avanzados” como los de la industria de producción de bienes de consumo.

Los robots pueden realizar tareas de montaje e incluso operaciones de modificación sustractiva del material (como, por ejemplo, fresar y taladrar) y también pueden ser programados para la colocación de ladrillos y bloques. Un ejemplo sería el proyecto “*The Programmed Wall*” (2006) en el que a partir de la utilización de ladrillos estándar como elementos modulares, se desarrollan “*scripts*” (programas simples, que por lo regular se almacenan en un archivo de texto plano) con el código de información necesario para el correcto montaje de las piezas en la posición exacta. Además el programa puede contemplar diversas variables y propiedades como la ligereza, la porosidad o el perfil del muro. El robot utiliza estos datos codificados para construir el muro ladrillo a ladrillo como si se tratase de un albañil altamente cualificado. El resultado es la obtención de módulos de 3 m de largo por 2 m de alto con un paramento fluido y diferentes esquemas estructurales realizado con unidades constructivas estándar e idénticas.



Ilustración 34. Fabio GRAMAZIO & Matthias KOHLER, *The Programmed Wall*, ETH Zurich, 2006.

La unión de un material de construcción arcaico y la tecnología digital más avanzada convierte al ladrillo en un material “in-formado” aprovechando el concepto de repetición serializada en combinación con la concepción romántica de la unicidad/individualidad de la producción artesanal. Lo material se ve enriquecido por las características de lo digital a través del concepto de “materialidad digital” que supone una transformación emergente en arquitectura que permite un acercamiento entre los campos virtual y físico.⁸⁴

Recientemente Gramazio y Kholer han experimentado la unión de la robótica con la tecnología emergente de los drones en el proyecto *Flight Assemble Architecture* (2011-2012), proyecto pionero en la utilización de este tipo de aparatos. La utilización de estas herramientas abre un amplio campo de posibilidades en el ámbito de la edificación tanto desde el punto de vista del seguimiento de la obra como de la inspección, la logística y la seguridad. La combinación de las capacidades de los drones con otras tecnologías emergentes como la fabricación digital, el BIM o los nuevos materiales de construcción los convierten en una de las

⁸⁴ GRAMAZIO, Fabio; KOHLER, Mathias (2008) *Digital Materiality in Architecture*. Baden: Lars Müller Publishers.

tecnologías con mayor potencialidad de cara al futuro

En otro ejemplo significativo el estudio SHoP Architects aprovecha el potencial de la combinatoria de ladrillos como estrategia formal para la fabricación de paneles de muros cortina de fachada. En su proyecto *290 Mulberry Street*,⁸⁵ en Nueva York, del año 2008 el *pattern* de la fachada ornamental de ladrillo se genera mediante *scripts* digitales. A continuación se fabrica un molde por medio de tecnología CNC (fresado) que conformará la capa de aislamiento y que a su vez se utiliza como plantilla/encofrado para la disposición de los ladrillos, que se colocan sobre una lechada para conformar el panel. Este proyecto ejemplifica la riqueza virtual y táctil obtenida a través del tratamiento modular de materiales de construcción estándar en colaboración con las nuevas tecnologías digitales.⁸⁶

6.3.3.3 **Folding: un mundo de plegaduras.**

La idea en este caso consiste en transformar superficies planas en tridimensionales por medio del plegado o el doblado, recuperando de algún modo la técnica tradicional japonesa del "*origami*" (arte consistente en el plegado de papel para obtener figuras de formas variadas). Esto permite crear formas y generar estructuras con criterios geométricos. Mediante el plegado se adquiere resistencia, rigidez y pueden convertirse en elementos auto-portantes. La técnica del plegado/doblado resulta económica, visualmente atractiva y efectiva a múltiples escalas extendiéndose su uso debido a la utilización de las herramientas digitales.



Ilustración 35. [Izquierda] Andrew KUDLESS/MATSYS, *Manifold*, *AA Projects Review*, 2004. [Derecha] Chris BOSSE/University of Technology, *Digital Origami*, Sydney, 2007.

No debemos olvidar que el *folding* tiene una triple vertiente: como concepto teórico basado en las ideas expuestas por el filósofo francés George Deleuze en su obra *El Plegue*, como estrategia de generación formal y finalmente, y en sentido literal, como una operación

⁸⁵ SHARPLES, Coren D. (2009) "Technology and Labor", en DEAMER, Peggy; BERNSTEIN, Phillip G. (2009) *Building (in) the Future. Recasting Labor in Architecture*. Nueva York: Princeton Architectural Press, pp. 90-99.

⁸⁶ En este proyecto se realizó una implementación de las tecnologías BIM (*Revit Architecture*) en combinación con otros programas como *Rhino*, *Digital Project* y *Generative Components* para la resolución de la compleja geometría de la fachada. SHARPLES, Coren D. (2009) *Ibidem*, p. 93.

material concreta. Desde el punto de vista arquitectónico esta técnica posee un enorme potencial para expresar cohesión y continuidad en las condiciones espaciales, culturales, sociales, programáticas y contextuales dentro de un lenguaje formal de gran sencillez. Es el caso de los ejemplos vanguardistas de suelos que se pliegan para transformarse en muros y techos. Ejemplos como el *Educatorium*, de OMA en Utrecht (1997), el *Museo Judío* de Berlín (1999) de Daniel Libeskind o la terminal del Puerto de Yokohama (1996-2002) de Foreign Office Architects ilustran las posibilidades de esta técnica como herramienta de diseño generativo.

Podemos encontrar precedentes en la arquitectura del siglo XX en la experimentación estructural y arquitectónica de la obra de Félix Candela, Eduardo Catalano, Pier Luigi Nervi o Eduardo Torroja. También en la experimentación con superficies “*HyPar*”⁸⁷ llevada a cabo por Skidmore, Owing y Merrill (SOM), en los años 60. En la actualidad determinadas herramientas de *software* como el programa *Rhinoceros* permiten desarrollar de forma eficiente (aunque aproximada) superficies de simple curvatura. Existen además programas y *plug-ins* como *Lamina Design*, *Surf Master* o *Pepakura Designer* al lado de programas de ingeniería como *SolidWorks* o *LITIO* (programa para el cálculo de desarrollos de calderería de chapa metálica en 3D sobre la plataforma AutoCAD), diseñados para transformar superficies de forma libre en una colección de piezas planas que posteriormente serán tratadas por medio de herramientas especiales como, por ejemplo, las cortadoras láser.



Ilustración 36. sixteen+(makers), 55/02, Kielder Water and Forst Park, Northumberland, 2009.

6.3.3.4 **Contouring: la materia líquida.**

En este caso estamos ante una estrategia de fabricación sustractiva. Teniendo en cuenta que muchos materiales de construcción se presentan en láminas o en bloques, la técnica del “contouring” equivalente a “contornear” consiste en dar forma a estas superficies

⁸⁷ Paraboloide Hiperbólico o ‘*HyPar*’: superficie reglada alabeada generada por el movimiento de una generatriz rectilínea que se apoya sobre dos directrices rectilíneas que se cruzan, manteniéndose siempre la generatriz, paralela a un plano director.

creando un relieve 3D mediante la retirada de sucesivas capas de material. Es, por tanto, un proceso sustractivo que podemos identificar con la acción de tallar o esculpir, por lo que entronca con la larga tradición existente en edificación en el campo de la talla de madera y piedra con fines ornamentales, pero que requiere de una mano de obra muy especializada, difícil de encontrar en la actualidad y, por lo tanto, muy costosa.

Las técnicas de fabricación digital permiten superar la idea de que la habilidad para el tallado de elementos arquitectónicos reside exclusivamente en la práctica artesanal, hasta el punto de que se abre paso la noción de una nueva "artesanía digital"⁸⁸ como estrategia para superar las limitaciones tanto del marco artesanal como de la producción industrializada y que está ganando cuerpo como un modo de revitalizar y recuperar el concepto de ornamentación y la articulación de las superficies mediante el uso de las nuevas herramientas digitales de fabricación. Entre estas se incluyen herramientas de fresado y recorte (*routers*) CNC que utilizan datos procedentes de los modelos digitales para excavar sistemáticamente el material realizando una serie de contornos que modelan y dan forma a las superficies. Todas ellas son esencialmente versiones CNC de los equipos tradicionales de mecanizado en madera y metal: tornos, fresadoras, etc. El distinto número de ejes hace referencia al número de grados de movimiento que la máquina es capaz de ejecutar mientras trabaja. La fresadora más común, la de tres ejes, se puede mover simultáneamente en las tres direcciones x, y, z del espacio.

Los diseñadores disponen de paquetes comerciales de *software* como *Mastercam*, *RhinoCAM* y *SurfCAM*. En todos los casos, el programa pregunta al usuario la definición de un conjunto de variables, entre ellas la velocidad de corte, la profundidad de pasada, el avance de trabajo, el tipo de material a cortar y el camino o ruta de corte que seguirá la máquina. Existen miles de formas posibles de cortar o tallar un mismo objeto y los caminos de la herramienta pueden ser paralelos, en espiral, y los acabados pueden ser suaves, rugosos, etc... La decisión acerca del método a utilizar es el resultado de integrar la intencionalidad del diseño con las limitaciones de la herramienta y del propio material. Una vez especificadas las variables, el *software* genera los datos de la ruta en un lenguaje de programación específico de las máquinas CNC. Este lenguaje se denomina código G y lista las múltiples operaciones necesarias para un determinado trabajo en forma de una serie de comandos individuales. Cada comando se escribe en una línea de código separada que comienza con la letra G (de ahí en nombre del código). Para simplificar la programación, los distintos paquetes de *software* suelen proporcionar una interfaz gráfica "amigable" más accesible para el usuario.

⁸⁸ BECHTHOLD, Martin (2012) "La personalización de la cerámica: la artesanía digital". Resumen de conferencia impartida en *Qualicer'12. XII Foro Global del Recubrimiento Cerámico*, 13 y 14 de febrero de 2012, Castellón. Disponible en línea: <<http://www.qualicer.org/>>. [Fecha de consulta:16/02/2014]



Ilustración 37. Bernard CACHE, *Objectiles*, Exposition Archilab, 1999.

Uno de los primeros diseñadores que teorizaron acerca de la utilización de este tipo de técnicas y su relación con la aplicación del concepto del pliegue deleuziano en la práctica arquitectónica fue el arquitecto francés Bernard Cache en su obra *“Earth Moves: The Furnishing of Territories”* (1995),⁸⁹ en la que analiza la utilización de esta técnica desde el exterior al interior y a través de las escalas crecientes que van desde el mobiliario a la arquitectura y el territorio. Introdujo el concepto de producción *“non-standard”* con el objeto de obtener fluidez y variabilidad en el diseño y en los procesos industriales buscando una continuidad entre las distintas tecnologías.



Ilustración 38. [Izquierda] SUM Arch/Andrew KUDLESS/MATSYS, *Sky Rail*, Final Prototype, 2007-2008. [Derecha] Office dA, *Laszlo Files*, Graduate School of Design, Harvard University, 2002.

Otro ejemplo interesante sería el proyecto *Laszlo Files Office d’A* del Departamento de Arquitectura de la *Harvard Graduate School of Design*. Se trata de un ejemplo pionero de cómo la fabricación digital acentúa las propiedades sensoriales de la madera contrachapada mediante la realización de contornos ondulados. Otros arquitectos, como Greg Lynn, también han realizado experimentos utilizando las técnicas de mecanización digital para generar texturas superficiales con resultados sorprendentes como, por ejemplo, su *display* para la tienda *Pretty Good Life Showroom* (Estocolmo, Suecia, 1999) en donde la superficie ondulada

⁸⁹ CACHE, Bernard (1995) *Earth Moves: The Furnishing of Territories*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

se adapta para acomodar las necesidades funcionales del objeto al tiempo que se genera una dinámica sensual en el elemento con una apariencia paisajística.⁹⁰

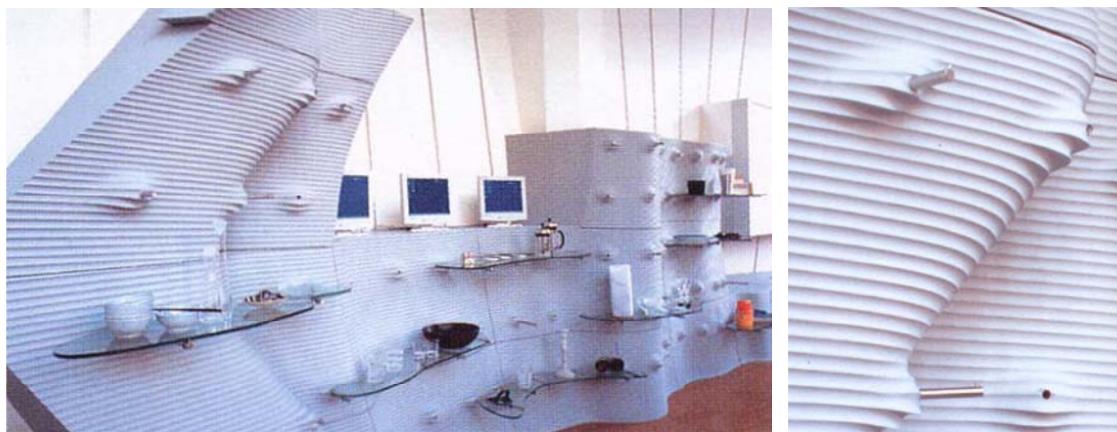


Ilustración 39. Greg LYNN, *Pretty Good Life Showroom*, Estocolmo, Suecia, 1999.

Con el desarrollo de una sensibilidad algorítmica y la disponibilidad de instrumentos operativos innovadores surge una dinámica de investigación en la que materiales tradicionales como la piedra o el mármol pueden ser pensados con lógicas expresivas y constructivas contemporáneas a través de ondulaciones, pliegues y vibraciones que determinan nuevos usos y el nacimiento de una estética digital vinculada a estos materiales considerados como naturales y clásicos. Es el caso de los arquitectos italianos Christian R. Pongratz y Maria Rita Perbellini que investigan el modelado de las superficies pétreas siguiendo estas nuevas lógicas matemáticas, algorítmicas y robóticas.⁹¹

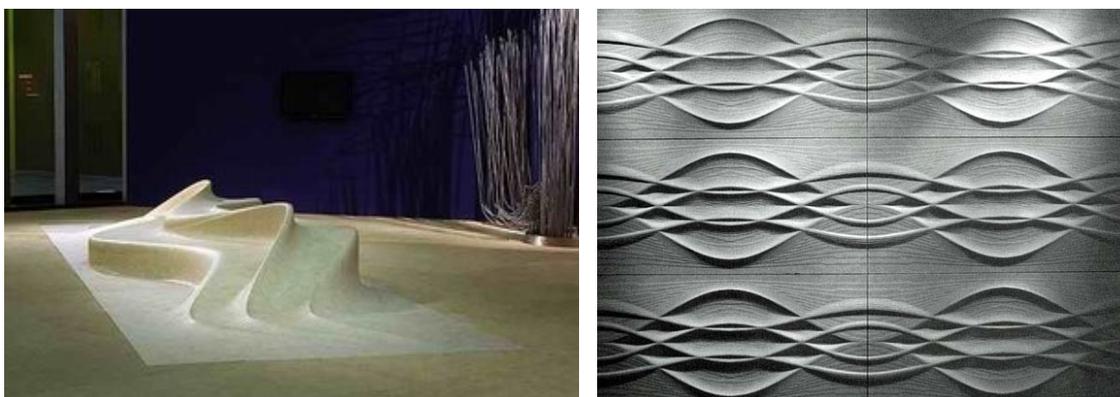


Ilustración 40. PONGRATZ & PERBELLINI, [Izquierda] *Hi_Lo*, 2006. [Derecha] *Hyperwave*, 2005.

La serie *Hyperwave* (2005) experimenta con la obtención de superficies de revestimiento táctiles y tridimensionales utilizando las últimas tecnologías CAD/CAM y en la que, a partir de módulos-base de dimensión variable, se obtiene un número ilimitado de combinaciones posibles que aportan cualidades de sensualidad y emoción al elemento

⁹⁰ LYNN, Greg; RASHID, Hani (2002) *Architectural Laboratories*. Rotterdam: NAI Publishers, p. 58.

⁹¹ PONGRATZ, Christian R.; PERBELLINI, Maria Rita (2009) *Cyberstone. Innovazioni digitali sulla pietra*. Roma: Edilstampa.

material en una recuperación del dinamismo, fluidez y articulación de las formas del Barroco.

El binomio definido por la sustracción de materia y la acumulación de información establece un nuevo diálogo entre producción industrial personalizada y artesanía digital y busca la “superación de la última barrera ideológica que ve en lo virtual el espacio de las imágenes, en favor de una materialidad fluida y renovada”.⁹²

6.3.3.5 **Forming: el sueño del alfarero digital.**

Finalmente abordaremos una técnica que, a pesar de ser novedosa, hunde sus raíces en las tradiciones más antiguas de la cultura y la civilización. Son numerosos los objetos conformados o moldeados que están presentes en nuestra vida cotidiana: envases de todo tipo, juguetes de plástico, teléfonos móviles, carrocerías de vehículos, etc. La lista sería virtualmente interminable. Esto se debe a la economía de medios que proporciona la técnica del moldeado ya que genera múltiples elementos a partir de un número reducido de moldes o matrices. Por este motivo uno de los usos más frecuentes de esta tecnología es la fabricación de bienes de consumo producidos en masa.

En el campo de la edificación encontramos numerosos componentes realizados por este procedimiento como paneles prefabricados de fachada, elementos estructurales, ornamentación arquitectónica, etc. El moldeado está muy extendido en el campo de la edificación desde la prefabricación hasta la realización de encofrados para las estructuras de hormigón armado realizadas *in situ*. La producción industrial en masa influyó a mediados del siglo XX en la idea arquitectónica de crear superficies utilizando elementos moldeados. Arquitectos, como Hans Scharoun, aprovecharon las ventajas de la producción industrial para crear elementos superficiales mediante la utilización de piezas de metal estampado como en el edificio de la *Berliner Philharmonie*, sede de la Orquesta Filarmónica de Berlín, construida entre 1960 y 1963. Al mismo tiempo adquirieron una gran popularidad los paneles de hormigón prefabricado debido al gran aumento de eficiencia que se obtenía en el montaje y colocación.

La fabricación digital genera nuevas posibilidades para la concepción y el diseño de piezas moldeadas personalizables y, además, con la ventaja de que se pueden producir al mismo coste moldes no estándar lo que permite la opción de la “personalización en masa” (*mass customization*). En este sentido podemos citar las investigaciones del arquitecto William Massie sobre el potencial tectónico del uso del router CNC en la producción de moldes en proyectos como “*Virtual Model to Actual Construct*” del año 1997 o en su *Big Belt House* en Montana en 2001. Otro ejemplo serían las investigaciones de Gehry Partners en los desarrollos de los paneles para las *Zollhof Towers* en Düsseldorf en el año 2000. Tanto Massie como Gehry investigan el papel del moldeado digital en edificación buscando la innovación en la realización de los moldes para hormigón prefabricado.

⁹² MAROTTA, Antonello (2007) "Materialità fluida. Nel lavoro di Pongratz Perbellini Architects", en Suplemento “*On&Off*” de la revista *L’architetto Italiano*, n° 19. Roma: Mancosu Editore.

Es este otro ejemplo del acercamiento del sector de la edificación al campo del diseño industrial y su utilización de moldes para la producción en masa. Debido al gran número de piezas que se pueden obtener de cada molde se destina una gran cantidad de tiempo, recursos e innovación al diseño y fabricación de estas piezas. La experimentación formal unida a la aparición de nuevos materiales ofrece uno de los temas de investigación más interesante dentro del ámbito de la edificación.



Ilustración 41. Andrew KUDLESS/MATSYS, *P_Wall*, 2006-2009.

El moldeado (*forming*) es una estrategia de producción con unas grandes posibilidades para la nueva arquitectura debido a la confluencia de numerosos procesos industriales estandarizados que se pueden combinar con un número cada vez mayor de materiales y métodos de fabricación tanto analógicos como digitales. Es el caso del proyecto *P_Wall* del estudio de diseño Matsys dirigido por el arquitecto Andrew Kudless.⁹³ El proyecto explora las hibridaciones entre arquitectura, biología, ingeniería y computación. *P_Wall* es un proyecto desarrollado desde el año 2006 que investiga la auto-organización de dos materiales convencionales, el yeso y la tela elástica, utilizada esta última como molde, con el fin de producir sugerentes y llamativos efectos visuales y acústicos. Kudless se inspira en la obra del arquitecto español Miguel Fisac (1913-2006) y sus experimentaciones llevadas a cabo con el hormigón y los encofrados flexibles durante los años 60 y 70 del pasado siglo XX.⁹⁴

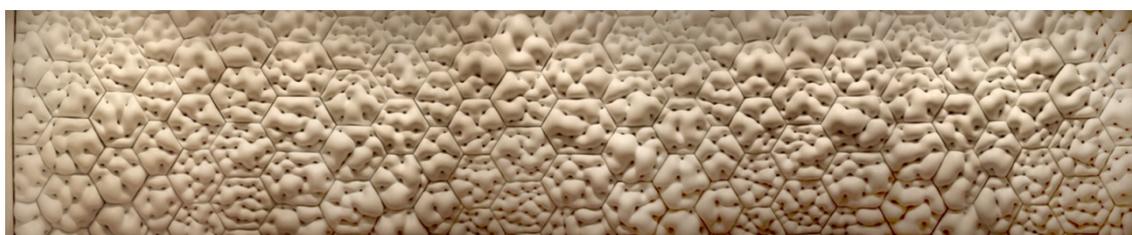


Ilustración 42. Andrew KUDLESS/MATSYS, *P_Wall*, 2009.

El procedimiento resulta sumamente sencillo. A partir de una imagen en escala de grises se genera una nube de puntos. Los puntos sirven para marcar la posición de las piezas o

⁹³ IWAMOTO, Lisa (2009) *Op. cit.*, pp. 138-139.

⁹⁴ Pueden citarse como ejemplos el centro de Rehabilitación MUPAG, en Madrid (1969-1973) y el Centro Cultural de Castilblanco de los Arroyos, Sevilla (2000).

clavijas que situadas en diferentes posiciones y a distintas alturas limitarán la elasticidad de la tela que constituye el encofrado. A continuación la escayola se vierte en el molde que se deforma por gravedad estirándose la tela y prestando su textura al acabado superficial de la pieza. Finalmente ya sólo queda realizar la composición del mural con las piezas modulares de forma hexagonal.

Las grietas, pliegues y protuberancias resultantes producen una gran variedad de efectos de luces y sombras de carácter impredecible, pero que están vinculadas de forma directa con la información contenida en la imagen de partida. Estas formas evocan resonancias con los cuerpos orgánicos incapaces de ser replicados mecánica o digitalmente, pero cuyas contracciones, expansiones y estiramientos se relacionan directamente con la gravedad y con su comportamiento estructural.

Se trata de un concepto ideado y proyectado de forma digital, pero construido de forma totalmente analógica lo que nos conecta de nuevo con el concepto de "artesanía digital" como una de las estrategias de investigación y experimentación más interesante de la arquitectura de nueva generación.

6.4 Un Vitruvio digital. La autoría, lo paramétrico y lo performativo.

Se ha comentado ya anteriormente el hecho de que el término "revolución" con el adjetivo añadido de "digital" se convierte en un tópico para expresar o definir el cambio de paradigma que ha supuesto la introducción del ordenador en la práctica disciplinar de la arquitectura, fundamentalmente en los ámbitos de la representación/visualización, la gestión de la información y la utilización del concepto de virtualidad. Ya no hay ninguna duda acerca de que el diseño asistido por ordenador ha alterado la concepción de la arquitectura de forma similar al modo en que lo hizo en el Renacimiento la perspectiva lineal, otro ejemplo de potente tecnología cultural.

Desde un primer momento heroico de introducción en el mundo académico anglosajón (ya se ha mencionado en un capítulo anterior la iniciativa *Paperless Studio* del año 1992 en la Columbia University) con la adopción en muchos casos de posiciones radicales frente a la postura escéptica de la mayoría, se ha llegado a la instauración de lo que podría denominarse "vía pragmática", caracterizada por una aceptación natural del nuevo medio: una especie de "tercera vía" inclusiva y no dialéctica.

Sin olvidar el potencial para la generación de formas complejas que ofrecen las nuevas herramientas, la arquitectura algorítmica y el diseño paramétrico, que han llevado a plantear conceptos como el de "no-dibujo",⁹⁵ nos enfrentan a la proliferación de propuestas formales novedosas. Este fenómeno va unido al desarrollo extraordinario de la conectividad y la

⁹⁵ MARCOS ALBA, Carlos Luis (2010) "Dibujo Parametrizado: un no-dibujo necesario en el EGA", en *Actas del XIII Congreso Internacional EGA*. Vol. II. Valencia: Editorial UPV, pp. 393-398.

conversión paulatina de la red en una “biblioteca infinita a la manera borgiana”.⁹⁶

En cualquier caso, y pasado el momento inicial de seducción debida a la complejidad de las soluciones permitidas por las nuevas herramientas, nos encontramos actualmente en un momento de aceptación, adaptación y asentamiento en el que prima fundamentalmente la “inteligencia” de las soluciones. Todo ello condicionado además por la coincidencia con el fenómeno traumático de la crisis económica global y sus implicaciones en el ámbito de la edificación que conlleva en muchos casos la necesidad de reinventar completamente la forma de desarrollar la actividad profesional.

La aparición de lo digital en arquitectura junto a las nuevas tecnologías digitales ha comenzado a producir lo que algunos investigadores como Rivka Oxman denominan un "efecto vitruviano", un nuevo "Vitruvio digital". Utiliza esta denominación para referirse al *continuum* digital que se produce desde el diseño a la producción, desde la generación formal al diseño de fabricación. Esta nueva continuidad va más allá de las contribuciones meramente instrumentales y comienza a evolucionar como un medio que soporta una lógica continua de pensamiento y materialización del diseño en la intersección entre ciencia, tecnología, diseño y cultura arquitectónica.⁹⁷

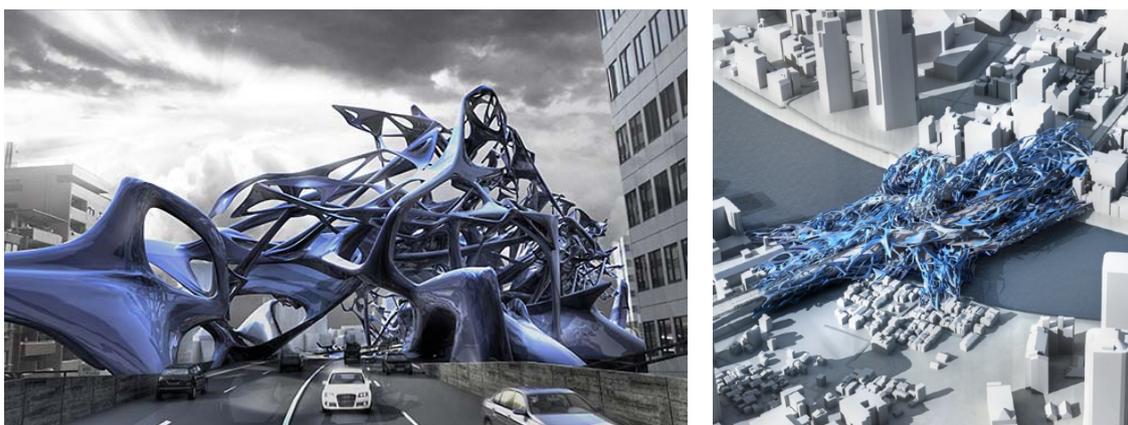


Ilustración 43. Geoffrey KLEIN/Dave EASTON/Michael WETMORE, Living Bridge, Ginza-Tsukishima, 2011.

En consecuencia, nos encontramos ante un nuevo cambio de tendencia, una arquitectura digital de segunda generación, que podría calificarse incluso como “post-digital”, en la que el arquitecto se convierte en diseñador de sistemas y procesos, en la línea ya marcada inicialmente por algunos pioneros como Gordon Pask al considerar que “*el diseño es control del control*”.⁹⁸ Se han producido cambios en los procesos de diseño con fuertes implicaciones en la cultura material que van más allá de lo propiamente arquitectónico debido a que la investigación y el desarrollo adquieren un componente multidisciplinar. Hay que tener en cuenta también la recuperación del objetivo de personalizar la producción mediante el

⁹⁶ FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis (2009) “El diluvio digital”, en Revista *Arquitectura Viva*, núm. 124, p. 3.

⁹⁷ OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert [eds.] (2014) *Op. cit.*, p. 1.

⁹⁸ PASK, Gordon (1969) "The architectural relevance of cybernetics", en *Architectural Design*, 6, vol. 7, pp. 494-496. Versión en español: (1969) “La significación arquitectónica de la cibernética”, en ORTEGA, Lluís [ed.] (2009). *Op. cit.*, p. 27.

concepto de “*mass customization*” al tiempo que se abandona la búsqueda de estandarización del funcionalismo moderno y se entra en un mundo de versiones y variaciones no estándar en el que la arquitectura se recupera como actividad cultural a través de la incorporación de lo virtual como desarrollo conceptual y de lo paramétrico como técnica proyectual.⁹⁹

La interacción de la programación (*scripting*) con el potencial de diseño de las tecnologías de fabricación material define unas preferencias estilísticas y una forma de expresión característica de lo que se reconoce como arquitectura digital. El diseño algorítmico y paramétrico posee un potencial para la diferenciación que permite una innovación y una experimentación con lo material que conforman las bases para el diseño ecológico en respuesta a las condiciones ambientales.

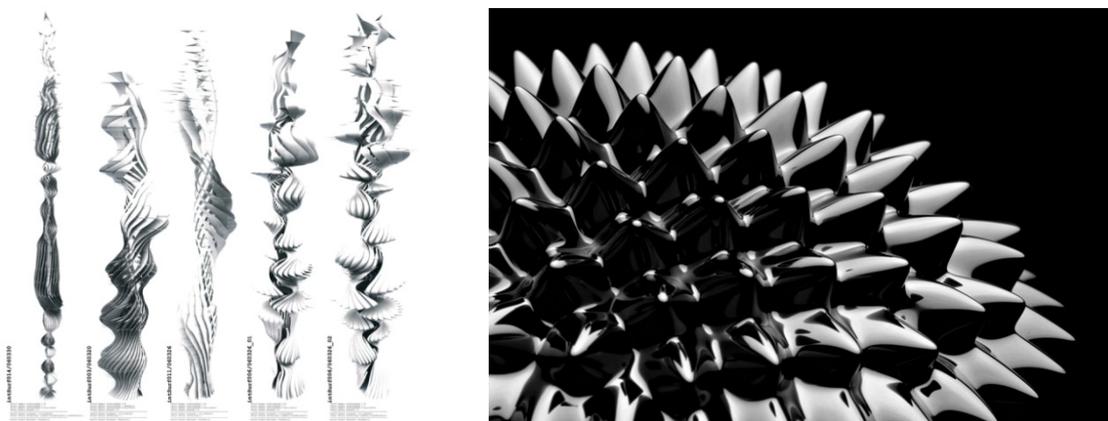


Ilustración 44. [Izquierda] Marc FORNES/theverymany, procesos de crecimiento, 2006. [Derecha] Sachiko KODAMA, *Fluidity*, Ferrofluid Art, 2008.

La vinculación digital entre la generación formal y la búsqueda performativa proporciona una gran riqueza tectónica a este nuevo "giro material". La morfogénesis digital basada en un diseño performativo in-formado constituye la base de la relación entre el diseño y la tecnología emergentes. El giro material y el diseño de fabricación se sitúan como las contribuciones dominantes en la evolución de la arquitectura digital de la primera década del siglo XXI. La influencia de lo biológico podría ser, en cambio, el elemento clave de la segunda; de este modo, adquiere importancia el "diseño natural" que no se plantea como una mera imitación de lo orgánico sino que pretende "aprender" de los principios de diseño de la naturaleza con el objeto de producir formas que respondan a las condiciones ambientales. El diseño digitalmente in-formado podría, de este modo, llegar a producir una "segunda naturaleza".

⁹⁹ ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) *Op. cit.*, pp. 12-13.

6.4.1 El “giro digital”.

Frente a la utilización de la expresión “revolución digital” como un estereotipo simplificador comienza a utilizarse en el campo de la teoría arquitectónica la fórmula “giro digital” (*digital turn*)¹⁰⁰ para denominar el proceso de implicación de las tecnologías digitales en la arquitectura contemporánea y que se extiende aproximadamente desde los comienzos de la década de los noventa hasta nuestros días. Paralelamente se hace hincapié en la necesidad de desarrollar de forma crítica una teoría del diseño digital en arquitectura que permita caracterizar adecuadamente este fenómeno.

Los comienzos de este “giro digital” se vinculan claramente con el avance de las tecnologías electrónicas que supusieron un cambio en la sociedad, la economía, la cultura e incluso la vida cotidiana de los individuos. La primera fase, la de los pioneros de una “nueva frontera”, estuvo muy marcada por la idea de que la Realidad Virtual y el Ciberespacio podrían representar una alternativa radical al espacio físico planteándose incluso el diseño de nuevos lugares electrónicos en los que los bits reemplazarían al diseño tradicional de edificios construidos con ladrillos y cemento. El historiador de la teoría arquitectónica y profesor en la Universidad de Yale, Mario Carpo, señala una interesante afinidad entre el posmodernismo arquitectónico y el diseño digital, a pesar de que prácticamente todas las primeras estrellas de la vanguardia digital procedían de las fracturas angulares del deconstructivismo.



Ilustración 45. Zaha HADID, Arquitecta, entrevista en periódico *El País* (15/11/2011).

La aparición de una nueva tectónica digital en los 90 fue posible en paralelo al desarrollo de una nueva generación de *software* de modelado que permitía la manipulación directa en pantalla de curvas mediante la utilización de interfaces gráficas (vectores y puntos de control). Dos aspectos matemáticos procedentes de este entorno han tenido unas consecuencias duraderas en los planteamientos del diseño digital: la continuidad característica de los *splines* y la variabilidad de las curvas dentro de unos determinados límites o parámetros permanecen aún como las referencias características de la arquitectura digital.

¹⁰⁰ CARPO, Mario [ed.] (2013) *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*. Londres: John Wiley & Sons Ltd.

La idea de una notación genérica, abierta y paramétrica implica la posibilidad de una autoría que puede ser compartida entre varios agentes, desde los diseñadores hasta los usuarios finales. Se trata de un fenómeno caracterizado por la inexistencia de ismos o estilos puesto que los ordenadores son máquinas neutrales sin preferencias estéticas, pero que facilitan la construcción de determinado tipo de formas hasta ahora imposibles de representar y materializar con las herramientas convencionales.

En ese sentido cobra interés la clarificadora afirmación de Carpo de que "*un edificio representativo de la era digital no es cualquier edificio que haya sido diseñado y construido utilizando herramientas digitales sino un edificio que no hubiese podido ser diseñado ni construido sin ellas*".¹⁰¹ Esa posibilidad potencial de materialización explica la emergencia de los pliegues curvos convertidos en una estrategia de diseño dentro del debate arquitectónico de la época como una especie de mediación entre la unidad de la forma posmoderna y la fragmentación deconstructivista. La corriente de diseño digital podría parecer incluso una continuación del deconstructivismo por medios digitales, a partir de la influencia de la "teoría del pliegue" desarrollada por Gilles Deleuze y en la que planteaba una exégesis de la matemática de la continuidad de Leibniz, el cálculo basado en puntos de inflexión y la notación paramétrica, influencia que llega hasta el mundo del diseño a través de la interpretación tecnológica del "*objectile*" de Bernard Cache.



Ilustración 46. Zaha HADID Architects, Nordpark Cable Railway, Innsbruck, 2004.

Paradójicamente, la aceptación de la "*Deleuze Connection*" aporta al mundo del diseño digital una inyección de pensamiento inequívocamente posmoderno. La modernidad del cálculo como notación de variaciones participaba del patrón genuinamente posmoderno de variabilidad, complejidad y fragmentación. Si, contra la estandarización moderna, los posmodernos habían defendido la diferenciación, la variación y la posibilidad de elección, las tecnologías digitales ponían en manos del diseñador las herramientas técnicas adecuadas para ese fin cerrando así una especie de bucle técnico-cultural.¹⁰²

La teoría de sistemas auto-organizados y las ciencias de la complejidad, junto con las teorías relacionadas con la indeterminación, el caos y las metáforas morfogénicas que

¹⁰¹ CARPO, Mario [ed.] (2013) *Ibidem*, p. 8.

¹⁰² CARPO, Mario [ed.] (2013) *Ibidem*, p. 10.

describen de forma adecuada la dialéctica digital entre el código (genotipo) y las variaciones paramétricas (fenotipo) introdujeron los conceptos de "no linealidad" o de "emergencia". Estos conceptos se adaptaban perfectamente a los modos de operar de los ordenadores en su emulación del funcionamiento de la naturaleza y de las facultades del pensamiento humano.

Estos argumentos no lineales aparecen frecuentemente en la principal corriente del diseño digital, incluso con connotaciones nietzscheanas y bergsonianas, asumiendo un vitalismo que sustenta una aproximación romántica e incluso a veces irracional. Esto significó en los primeros tiempos digitales una noción psicologicista del ciberespacio y de los entornos inmersivos, una especie de corriente "new age" de lo digital, que se transformó en una noción más tecnológica y menos "espiritual" con la llegada de las teorías de la "emergencia" procedentes de las denominadas "ciencias de la complejidad" durante los primeros años del nuevo siglo.

De aquí surgieron prácticas de diseño que experimentaban con el denominado "diseño performativo" en una revisión de la actitud anti-moderna de la postmodernidad (personalización en masa, actitud anti-industrial y planteamientos no estándar). Podemos considerar esta actitud como un fruto de la naturaleza dual de la teoría del diseño digital que nace emparentada a la vez con el "deconstructivismo" por un lado y con el "postmodernismo" por otro. El estallido de la burbuja de las empresas "punto-com" unido al impacto de los atentados del 11 de septiembre del año 2001 supuso el final del periodo de optimismo tecnológico que había caracterizado a la arquitectura digital de los años 90, pero los principios teóricos fundamentales ya estaban definidos y la evolución constante de la tecnología no ha modificado sustancialmente ese marco general.



Ilustración 47. Evan DOUGLIS, *Choice Market Café*, detalle del techo y vista general, Brooklin, 2010.

Hay que destacar en la última fase de este proceso el paso desde la construcción de la forma a la definición de los procesos que se ha visto impulsado por la adopción del nuevo *software* de intercambio de información y gestión en la edificación, conocido con el nombre genérico de BIM (*Building Information Model*). Junto a este hecho habría que señalar una nueva definición y valoración del concepto de ornamento, basado en una nueva conciencia

teórica de las implicaciones estéticas del formalismo.¹⁰³

La extensión universal de la posibilidad de construcción digital de geometrías complejas se postula con fuerza en la “teoría del parametricismo” de Patrik Schumacher¹⁰⁴ al que otorga incluso la categoría de nuevo estilo arquitectónico afirmando que podría “convertirse en el primer estilo unificado mundial”.¹⁰⁵



Ilustración 48. BKK Architects, *Cellular Pavilion for New Architecture*, Monash University Museum of Art, 2005.

Tal vez el desarrollo más significativo en el ámbito de lo digital sea el determinado por el giro participativo que se conoce de forma genérica como la Web 2.0. La superación de la diferenciación entre espacios y comunidades físicas y virtuales, los procesos de hibridación, la interactividad y la sensibilidad reflejadas en el diseño de espacios “aumentados” electrónicamente han entrado ya a formar parte del arsenal tecnológico de la arquitectura más avanzada aunque generalmente en aspectos no estructurales (control ambiental, iluminación, elementos móviles de muros, etc...). Pero lo cierto es que el concepto de participación real en el diseño aún no ha sido asimilado de forma general y plantea grandes problemas.

Mientras que se utilizan ampliamente programas de código abierto (*software* libre) o se aprovechan las oportunidades de trabajo colaborativo que ofrece la red, aún no ha conseguido cuajar el diseño arquitectónico “*open source*”, con notaciones que puedan ser

¹⁰³ PICON, Antoine (2013) *Ornament. The Politics of Architecture and Subjectivity*. Chichester: John Wiley & Sons. MOUSSAVI, Farshid; KUBO, Michael [eds.] (2006) *The Function of Ornament*. Barcelona: Actar.

¹⁰⁴ Director del estudio Zaha Hadid Architects. Es arquitecto, ingeniero y doctor en filosofía. Ha sido co-director del *Design Research Laboratory* (drl) en la *Architectural Association School of Architecture* de Londres así como profesor en las universidades de Illinois, Columbia University y en la *Graduate School of Design* de la Universidad de Harvard.

¹⁰⁵ HADID, Zaha; SCHUMACHER, Patrik (2011) “Edificios adaptables”, en *El País*, 22/01/2011. Disponible en: <<http://elpais.com>> [Fecha de consulta: 16/02/2014]

usadas y modificadas a voluntad de forma libre, y eso a pesar de que la edificación y la arquitectura han sido tradicionalmente empresas de carácter participativo. No obstante, se puede destacar alguna experiencia de arquitectura "open source" como el proyecto *WikiHouse* del diseñador industrial Alastair Parvin con el que pretende democratizar y simplificar la construcción de hogares sostenibles.

WikiHouse es una plataforma digital cuyo objetivo es elaborar una amplia biblioteca que permita que cualquier persona pueda compartir libremente archivos de modelos digitales y elementos de construcción detallados, los cuales pueden ser descargados, "impresos" y cortados a través de máquinas de corte CNC, para luego ser montados a mano de forma fácil y asequible. La iniciativa se ha desarrollado de modo colaborativo bajo una licencia no comercial Creative Commons. El proyecto *WikiHouse* está compuesto por una comunidad de diseñadores y profesionales de diversas disciplinas que comparten la creencia de que las soluciones de diseño deben ser de libre acceso, sostenibles y adaptables a las diferentes necesidades de las sociedades contemporáneas.



Ilustración 49. Architecture 00/Alastair PARVIN, *WikiHouse 4.0*, 2013.

El *software* BIM y la propia idea de parametricismo llevan implícito el concepto de "autoría participativa" y facilitan las estrategias colaborativas de toma de decisiones, si bien este aspecto pone en peligro de forma directa el modelo de autoría individual que ha caracterizado a la arquitectura moderna desde hace cinco siglos. Esta amenaza sobre el rol tradicional de la autoría podría estar generando una brecha profunda dentro del entorno del diseño y la cultura digital que, de forma generalizada, avanza hacia modelos participativos y de colaboración. Esta situación afectaría negativamente al ámbito de la arquitectura digital que habría entrado en un círculo vicioso de repetición, recapitulación y revisión de ideas ya esbozadas en la década de los 90 perdiendo, de este modo, su papel dominante en la vanguardia de lo digital.

Como reacción, la visión de la nueva etapa post-digital induce a la exploración y a la búsqueda de nuevas posibilidades de experimentación y a la necesidad de plantear nuevas propuestas de investigación como, por ejemplo, el diseño de materiales vivos utilizables en edificación, lo que se convierte en una nueva vuelta de tuerca a las hibridaciones tecnológicas

de la arquitectura más avanzada.¹⁰⁶



Ilustración 50. Philip BEESLEY, *Hylozoic Ground*, instalación (con las "protocells" de Rachel ARMSTRONG), 2010.

6.4.2 La autoría en la era post-digital.

El empleo del término "post-digital"¹⁰⁷ sugiere varias cuestiones relacionadas con la posible caracterización del periodo. En primer lugar, nos permite reflexionar acerca del hecho de que la utilización de las técnicas y herramientas digitales ya no resulta algo tan novedoso si pensamos que los primeros desarrollos prácticos de estas tecnologías tuvieron lugar a finales de la década de los años cincuenta del pasado siglo. A la vez implica una cierta valoración o juicio crítico sobre su aplicación en la actualidad que resulta ya plenamente familiar y se encuentra integrada en la mayoría de las prácticas del diseño contemporáneo. También hace referencia al hecho de que las fronteras entre disciplinas diversas y previamente segregadas pueden ahora ser desplazadas y cruzadas con resultados sorprendentes e innovadores para todas las áreas implicadas haciendo de lo multidisciplinar y la hibridación una de las características definitorias del momento.

No se trata de una novedad pues todos los pioneros del diseño digital en arquitectura se han caracterizado por la utilización de conceptos, reglas, técnicas, *software* e incluso metáforas, sobre todo metáforas, procedentes de otras disciplinas como la genética, la biología, las matemáticas o la filosofía, convirtiéndose este mestizaje tecnológico e intelectual en una de las condiciones características de lo post-digital. Siguiendo esta línea encontramos una vez más en la experimentación artística uno de los campos de investigación y reflexión más fecundos y dinámicos de la cual se pueden obtener conceptos y planteamientos

¹⁰⁶ SPILLER, Neil; ARMSTRONG, Raquel [eds.] (2011) *Protocell Architecture*, AD profile 210, AD 81 March_April. Nueva York: Wiley.

¹⁰⁷ ROKE, Rebecca (2009) *Bits and Pieces: Crafting Design in a Post-digital Age*. Master Thesis. Melbourne: School of Architecture and Design, RMIT University.

novedosos, plenamente trasladables al ámbito arquitectónico.¹⁰⁸



Ilustración 51. [Izquierda] Theo JANSEN, *Animaris Percipiere Primus, Strandbeest*, Scheveningen, 2005. [Derecha] Gerhard MANTZ, *Peligro inevitable nr. 3*, Alemania, 2007.

En palabras de John Richards, investigador y teórico de la música electrónica digital, "lo que caracterizaría a una estética post-digital sería la 'bastardización' de la tecnología. Esta consideración va más allá de lo digital e implica forzar un sistema hasta un estado para el que no fue previsto o apropiarse de algo para un uso diferente de aquel para el que fue inicialmente diseñado".¹⁰⁹ Estas palabras concuerdan con la utilización oportunista de *software* y código que proponen las estrategias "DIY" (*Do IT Yourself*)¹¹⁰ que caracterizan a buena parte de las investigaciones arquitectónicas más avanzadas y experimentales a través de la reutilización de contenidos tanto digitales como físicos. La posibilidad de actuar mediante estrategias de bricolaje digital y la noción de heterogeneidad son propiedades clave del concepto de entorno post-digital, caracterizado por la simultaneidad de cambio y permanencia, de separación e integración. Precisamente una de las ventajas del planteamiento post-digital es la valoración positiva que hace de la incertidumbre y la ambigüedad de la experiencia humana por lo que para describir con exactitud el ambiente resultante se precisa de metáforas más flexibles que las basadas en la lógica binaria.

En un artículo del año 1998, Nicholas Negroponte, afirmaba desafiante: "*Face it - the Digital Revolution is over*" ("*Asúmelo, la revolución digital ha terminado*").¹¹¹ Anunciaba así un cambio de tendencia e inauguraba una corriente de reflexión crítica acerca de la evolución del impacto de las tecnologías digitales que llevaría al desarrollo de líneas tan sorprendentes como la que preconiza la toma en consideración de una posible "estética del error". Según este criterio los fallos de la tecnología digital podrían proporcionar puntos de partida para la

¹⁰⁸ SACHS, Angeli (ed.) (2007) *Nature Design. From Inspiration to Innovation*. Zurich: Lars Müller Publisher/ Museum Für Gestaltug Zürich.

¹⁰⁹ RICHARDS, John (2006) "32kg: Performance Systems for a Post-Digital Age". *Proceedings of the 2006 International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, París, p. 283.

¹¹⁰ Se trata de la denominación en inglés del "*hágalo usted mismo*", una práctica de reparación o fabricación de cosas por uno mismo. Se trata de una forma de autoproducción cuya ética se asocia a movimiento anticapitalistas y contraculturales. Se vincula con el movimiento punk y se ha extendido rápidamente dentro del ámbito de la informática, dentro de la filosofía del diseño colaborativo y el *software* de código abierto (*open source*). Desde el punto de vista estético plantea una vuelta a la artesanía y la utilización de material reciclado o re-utilizado con criterios de sostenibilidad y de puesta en valor de la pieza única dentro de un objetivo de democratización del diseño.

¹¹¹ NEGROPONTE, Nicholas (1998) "Beyond Digital". *Wired*. Issue 6 (12). December, p. 288.

obtención de resultados fructíferos y productos de interés mediante la exploración de nuevos territorios en busca de contenidos, forzando la experimentación más allá de las funciones y los usos predefinidos del *software*.¹¹²

Junto con estas consideraciones estéticas, la reflexión sobre el concepto de autoría se ha convertido en un aspecto clave para un sector de la crítica teórica de la arquitectura en el ámbito de la cultura post-digital. Carpo señala cómo el proceso evolutivo de la fabricación de objetos se inicia con la elaboración artesanal, a mano, con las implicaciones de diferencia y variedad de cada objeto. Después llegaría la fabricación con máquinas que usan para su trabajo patrones, moldes, sellos o matrices con la consiguiente igualdad entre todos los objetos procedentes de una misma matriz, inaugurando la era de la producción en masa y de la estandarización, aspectos que se convirtieron precisamente en una de las claves de la modernidad. La tecnología digital, en cambio, sigue otro método debido a que la transformación abstracta de la información permite que cada objeto fabricado digitalmente pueda ser realmente único y que, además, las posibles variaciones no supongan un coste adicional al proceso.

Puede afirmarse por tanto que el nuevo paradigma de la variabilidad digital conecta las herramientas digitales actuales con el modelo preindustrial de ideación y fabricación conjunta y estaría en la línea de los postulados defendidos por los participantes en el movimiento “*maker*”, que diseñan y fabrican sus productos a través de la utilización de impresoras 3D.¹¹³ Las nuevas técnicas de fabricación digital abren paso a la noción de “*artesanía digital*” como estrategia para superar las limitaciones tanto del marco artesanal tradicional como de la producción industrializada.¹¹⁴ Las nuevas estrategias de diseño y fabricación, en las que podemos encontrar equipos multidisciplinares trabajando simultáneamente sobre varios archivos digitales y distintas interfaces, suponen un cambio tecnológico y cultural que da lugar a consecuencias importantes. Se puede lograr la personalización del producto a un coste reducido o inexistente y todos los agentes del proceso pueden participar desde el inicio tanto en el diseño como en la fabricación.

Esta nueva tendencia de participación y de “*democratización*” del diseño genera resistencias entre unos profesionales que siempre se han caracterizado por un sentido exacerbado del control (el “*control del control*”). La distribución de la autoría supone un nuevo *statu quo*, una nueva manera de trabajar que rompe con una tradición y unos usos que se habían mantenido estables durante siglos desde la invención por Leon Battista Alberti del concepto de diseño arquitectónico, basado en la consideración de que un edificio debe ser una copia idéntica del diseño del arquitecto, y en la teoría de la separación entre el diseño y la ejecución del proyecto lo que daría lugar a la definición moderna del arquitecto como autor.¹¹⁵

¹¹² CASCONI, Kim (2000) “The Aesthetics of Failure: Post-Digital Tendencies in Contemporary Computer Music”. *Computer Music Journal*, 24:4. Winter 2000, pp. 12-13.

¹¹³ ANDERSON, Chris (2013) *Makers. La nueva revolución industrial*. Barcelona: Ediciones Urano.

¹¹⁴ BECHTHOLD, Martin (2012) *Op. cit.*

¹¹⁵ CARPO, Mario (2011) *The Alphabet and the Algorithm*. Cambridge, (MA.): The MIT Press, p. X.

Carpo se refiere a un tipo de autoría que denomina "genérica"¹¹⁶ y que él contempla de forma optimista dentro del marco de los movimientos sociales participativos surgidos de la filosofía del *software* libre (*open source*). Se trata de un modo de trabajar que conectaría con la forma en que fueron construidas muchas de las grandes obras de arquitectura anteriores al Renacimiento como, por ejemplo, las catedrales góticas. Pero en una reflexión posterior se muestra menos optimista con la actitud de los diseñadores y su resistencia a modificar un estatus profesional definido culturalmente por el humanismo renacentista y señala de forma contundente que lo digital, con sus nuevas formas de autoría "difusa", podría ser "*el enemigo más formidable que la profesión de arquitecto haya tenido jamás desde sus orígenes modernos, allá en la Florencia del siglo XV*".¹¹⁷

6.4.3 Parámetros manifiestos.

Parte de esa nueva consideración de la autoría de la obra arquitectónica, que podría entenderse como una auténtica crisis de identidad disciplinar, se debe en buena medida al éxito y la difusión de las técnicas de diseño paramétrico y algorítmico. El planteamiento paramétrico permite al diseñador definir relaciones entre elementos o grupos de elementos y asignarles valores o expresiones para organizar y controlar dichas definiciones. Se suele aplicar mediante un programa tridimensional de diseño asistido por ordenador siendo sus principios subyacentes la conectividad y la interrelación.¹¹⁸



Ilustración 52. Ivan SUTHERLAND utilizando el programa *Sketchpad* en la consola TX-2 en el Lincoln Laboratory del MIT, 1963.

El diseño paramétrico, a pesar de su aparente novedad, fue en realidad uno de los primeros conceptos operativos del campo del diseño asistido por ordenador. Ya fue expuesto por Ivan Sutherland en su famosa tesis doctoral del año 1963, titulada *Sketchpad: A Man-*

¹¹⁶ CARPO, Mario (2009) "Revolución 2.0. El fin de la autoría humanista", en Revista *Arquitectura Viva* 124, pp. 19-25.

¹¹⁷ CARPO, Mario (2011) "Del alfabeto al algoritmo. Sobre la autoría digital y el diseño paramétrico", en Revista *Arquitectura Viva* 140, p. 112.

¹¹⁸ DUNN, Nick (2012) *Proyecto y construcción digital en arquitectura*. Barcelona: Art Blume, p. 54.

machine Graphical Communications System, en la que proponía la primera interfaz gráfica de usuario, que permitía dibujar con el ordenador y aplicar cambios al diseño de forma paramétrica. En la actualidad se ha convertido en una herramienta proyectual de primer orden, que se utiliza en multitud de operaciones y con diversas técnicas de modelado constructivo, programación geométrica, optimización estructural, simulación ambiental, algoritmos genéticos y fabricación digital,¹¹⁹ considerándose como una utilidad operativa para el desarrollo creativo.

En una época en la que parecían haber desaparecido los “ismos” y los manifiestos se consideraban una reliquia de las primeras vanguardias, Patrik Schumacher presentó en el año 2008 con motivo de la XI edición de la Bienal de Venecia, su “Manifiesto Parametricista”, en lo que se puede considerar como el nacimiento oficial y formal del “parametricismo” que se define como “el nuevo gran estilo desde el Movimiento Moderno”¹²⁰: un nuevo estilo arquitectónico con sus sistemas asociados para obtener nuevos modelos urbanos y arquitectónicos que permitan organizar y articular la creciente complejidad de la sociedad “postfordista” contemporánea; un estilo arquitectónico, entendido como un programa de diseño e investigación, que dará lugar al nuevo concepto de Arquitectura Paramétrica.

Los avances en las técnicas de diseño digital con herramientas de “*scripting*” (como Mel-Script o Rhino-Script) y de modelado paramétrico (como *Generative Components*, de Microstation o *Digital Project*, la modificación de CATIA realizada por *Gehry Technologies*) permiten un énfasis absoluto en la diferenciación y en un sentido de la complejidad organizada que hace que el parametricismo trabaje de forma similar a los sistemas naturales en los que las formas son el resultado de fuerzas que interactúan según unas leyes preestablecidas.

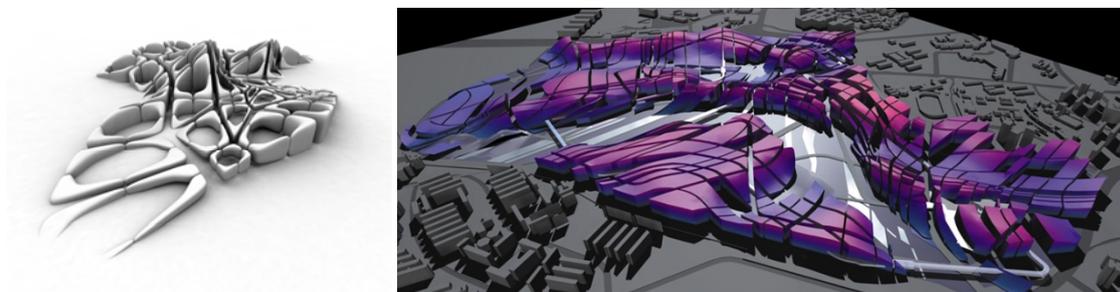


Ilustración 53. Zaha Hadid Architects, [Izquierda] *Kartal-Pendik Masterplan*, Estambul, Turquía, 2006. [Derecha] *One North Masterplan, Network – Fabric – Buildings*, Singapur, 2001-2003.

Schumacher formula en su manifiesto cinco principios (al modo clásico de la teoría arquitectónica del siglo XX) para caracterizar al nuevo paradigma: la inter-articulación de subsistemas, la acentuación paramétrica, la figuración paramétrica, la sensibilidad paramétrica y, finalmente, el urbanismo paramétrico que integraría a todos los anteriores. Frente al

¹¹⁹ GARCÍA ALVARADO, Rodrigo; LYON GOTTLIEB, Arturo (2013) “Diseño paramétrico en Arquitectura; métodos, técnicas y aplicaciones”, en *Arquisur Revista*, Año 3, Nº 3, pp. 17-27.

¹²⁰ SCHUMACHER, Patrik (2008) "Parametricismo como estilo – Manifiesto Parametricista", Presentado y debatido en el Club Dark Side de Londres, *XI Bienal de Arquitectura de Venecia*. Disponible en línea: <<http://arquitecturamashistoria.blogspot.com.es/2010/11/manifiesto-parametricista-patrik.html>>. [Fecha de consulta: 16/02/2014]

Movimiento Moderno basado en el concepto de “espacio”, el parametricismo diferencia “campos” en una visión dinámica de una realidad cambiante basada en tendencias, flujos, gradientes y en la que la deformación se contempla como una estructura de información ordenada. Se pretende de este modo la construcción de nuevas lógicas que permitan organizar y articular el elevado nivel de dinamismo y complejidad de la sociedad contemporánea.

Otra de las cuestiones a tener en cuenta es su inherente carácter multidisciplinar, debido a la confluencia de técnicas y estéticas variadas. Se consigue así una gran flexibilidad en el proceso de diseño que se convierte en la tarea colectiva de un equipo de trabajo capaz de utilizar sistemas digitales diversos. Esto implica necesariamente la adopción de nuevas actitudes en relación con las lógicas proyectuales tradicionales puesto que el rol arquitectónico se ve modificado pasando el diseñador del papel de generador de la forma al de editor de un proceso mediante la definición de unas condiciones iniciales de partida y la selección creativa de un resultado final.

6.4.4 *Form follows performance.*

Junto a las consideraciones paramétricas la lógica de lo performativo constituye otra de las ideas emergentes en el ámbito de la arquitectura digital. El concepto de *performance* apareció en el campo de las humanidades a finales de los años 50 –en particular en los campos de la lingüística y a la antropología cultural– y también en otros campos de investigación como un concepto fundamental y de amplio impacto. De la percepción de la cultura como una colección estática de artefactos y constructos, se pasa a la consideración de una red dinámica de interacciones, de procesos multicapa, interconectados y que se oponen al concepto de formas, estructuras, valores o significados fijos. A menudo las relaciones entre la obra de arte o el objeto cultural producido dejan de tener unos límites físicos predeterminados e independientes de su autor comenzando a diluirse los límites entre el autor y la obra, entre el sujeto y el objeto, entre la percepción por parte del espectador y el tiempo en el que sucede la manifestación artística. La relación entre todos ellos permite un mundo nuevo de posibilidades expresivas y, sobre todo, de interacción entre autor, espectador y obra. Los fenómenos culturales y sociales aparecen así conformados y transformados por procesos temporales de carácter continuo, siendo definidos por fenómenos de fluidez y mediación. De este modo se inició el enfoque performativo de la cultura contemporánea.¹²¹

Como paradigma en arquitectura, el concepto de *performance* se puede interpretar en estos mismos términos. Sus orígenes se pueden rastrear en el contexto social, tecnológico y cultural de la mitad del siglo XX. Los diseños utópicos de la vanguardia arquitectónica de los años 60 y comienzos de los 70, como por ejemplo las “*soft cities*” del grupo Archigram, con sus metáforas robóticas y paisajes urbanos cuasi-orgánicos, ofrecían imágenes fantásticas basadas en la mecánica industrial y la cultura pop. Hoy en día estas imágenes tienen una resonancia

¹²¹ GROBMAN, Yasha J.; NEUMAN, Eran (2012) *Performatism: Form and Performance in Digital Architecture*. Abingdon, Oxon: Routledge/Taylor & Francis Group.

especial en un momento en que la identidad cultural y la práctica espacial son repensadas por medio de estrategias performativas que recodifican, cambian y transforman los significados.

Pero quizás sea a mediados de los años 80 cuando esta idea de la arquitectura como máquina –alumbrada ya por Le Corbusier en su *Vers une architecture* en 1923 unida inicialmente a lo que él denominó “la estética del ingeniero”– iría tomando forma con la implicación de la tecnología. Arquitectos como Toyo Ito, con su proyecto para la “Torre de los Vientos” en Kanagawa, o el propio Jean Nouvel, con su “Instituto del Mundo Árabe” en París, ambos de mediados de los años 80, anticipaban la posibilidad de la incorporación de membranas de apariencia mutable que además, en el caso de este último, incorporaba la idea de una arquitectura reactiva. Es decir, la capacidad de la arquitectura para responder a un estímulo exterior –la luz, en su caso– e interactuar con él modificándolo por medio de los sistemas de diafragmas gigantes que permitían dosificar la cantidad de luz que penetraba en el interior del edificio.

La arquitectura performativa se puede entender como aquella que tiene la capacidad de responder a las condiciones sociales, culturales y tecnológicas cambiantes a través de una continua adaptación en la que actúa como mediador (interfaz) de la expresión de patrones culturales emergentes. El programa espacial de esta arquitectura no es singular, prefijado o estático, sino múltiple, fluido y ambiguo, dirigido por dinámicas temporales de cambio socio-económico, cultural y tecnológico. Cultura, tecnología y espacio forman una red compleja y activa de conexiones, una malla de constructos interrelacionados que se influyen unos a otros simultáneamente y de forma continua. En la arquitectura performativa, el espacio se despliega de maneras indeterminadas, en contraste con la fijación de acciones, eventos y efectos predeterminados y programados de la concepción arquitectónica tradicional.

Esta descripción de la arquitectura performativa es, naturalmente, una entre muchas, ya que su apariencia paradigmática radica precisamente en la multiplicidad de significados asociados con lo performativo e inherentes al propio concepto. El creciente interés por lo performativo como paradigma de diseño se debe en gran medida a los desarrollos y avances en las tecnología y la teoría cultural, y también a la emergencia de la sostenibilidad como asunto de crucial trascendencia socio-económica.

La consideración de lo performativo supone una aproximación emergente a la arquitectura en la cual la capacidad performativa del edificio se convierte en un principio-guía del diseño. El concepto de *performance* se define en paralelo con el concepto de elaboración de la forma (*form-making*) y utiliza las tecnologías digitales de simulación cuantitativa y cualitativa (*performance-based design*) para ofrecer una nueva aproximación global al diseño del entorno construido. Mediante la integración del diseño y el análisis de los edificios con las tecnologías digitales de modelado y simulación, los roles del arquitecto y del ingeniero se ven crecientemente integrados en una empresa colaborativa digital continua ya desde las primeras fases conceptuales del diseño. El enfoque performativo supone la intervención de especialistas en diferentes campos del conocimiento: arquitectos, ingenieros, tecnólogos, etc. en una clara

práctica interdisciplinar.¹²²

Proyectos pioneros como la *D-Tower* (1998-2004) o la *Maison Follie* (2001-2004) del arquitecto holandés Lars Spuybroek (NOX) pueden ser literalmente considerados como piezas de arquitectura performativa. La *D-Tower*¹²³ es un híbrido digital y material consistente en una estructura biomórfica, un sitio web y, a la vez, un cuestionario que forman un sistema interactivo de relaciones en las cuales lo cualitativo (emociones, sentimientos) y lo cuantitativo (datos, cantidades) establecen relaciones de intercambio en donde las acciones humanas, el color, el dinero o los sentimientos se convierten en entidades en red (*networked*).



Ilustración 54. NOX/Lars SPUYBROEK, *D-tower*, Doetinchem, (NL), 1999-2004.

La superficie compleja de la torre de 12 m de altura estaba hecha de paneles epoxy fabricados sobre moldes realizados mediante fresado CNC. La concha monocasco es al mismo tiempo la estructura y la piel del edificio. La torre cambia su color dependiendo del estado emocional predominante de los residentes en la ciudad que es procesado a partir de las respuestas dadas por los habitantes a un cuestionario *on-line* acerca de sus emociones diarias (odio, amor, felicidad, miedo) y estas reacciones son "mapeadas" utilizando un código de cuatro colores (verde, rojo, azul y amarillo), con su luz correspondiente iluminando las superficies biomórficas de la torre. El "estado de ánimo" de la ciudad es también accesible a través de un sitio web que muestra el "paisaje emocional" de los distintos barrios.

La *Maison Follie*¹²⁴ era una vieja factoría textil transformada en un nuevo centro de arte urbano con motivo de la capitalidad europea de la cultura de la ciudad francesa de Lille en el año 2004. El añadido de un hall multiuso presenta una piel externa parcialmente transparente, cuya intrincada composición tectónica de rejillas metálicas produce patrones variados de efecto *moiré* cuando el espectador se desplaza. Spuybroek se refiere a este efecto dinámico como un movimiento "estático", como "una animación de la tectónica vertical de la fachada, (...) las líneas verticales se pliegan en un complejo patrón que produce una amplia gama de efectos cuando se camina o se conduce, realizado además por la posición del sol".¹²⁵

¹²² KOLAREVIC, Branko; MALKAWI, Ali [eds.] (2005) *Performative Architecture. Beyond Instrumentality*. New York: Spon Press.

¹²³ SPUYBROEK, Lars (2004) *NOX: machining architecture*. Londres: Thames & Hudson, pp. 158-173.

¹²⁴ SPUYBROEK, Lars (2004) *Ibidem*, pp. 234-245.

¹²⁵ NOX (2004) "NOX. Maison Folie", artículo en línea en *Arch'it. Rivista digitale di architettura*. Disponible en: <<http://architettura.it/architetture/20040330/>> [Fecha de consulta: 14/09/2015]

Hay también un movimiento literal de las luces cambiantes situadas detrás de la rejilla metálica de la fachada, que añade una nueva capa de complejidad a la capacidad performativa del edificio.¹²⁶



Ilustración 55. Lars SPUYBROEK/NOX, *Maison Follié*, Wazemmes, Lille, 2001-2004.

Un diseño basado en lo performativo (*performance-based design, PBD*) plantea un análisis y una comprensión de cómo el contexto ambiental puede “in(forma)r” los complejos procesos de la síntesis del diseño. Oxman define tres conceptos seminales del PBD: la simulación, la parametrización y la optimización.¹²⁷ La simulación implica la presencia de un conjunto de herramientas instrumentales que mejoran los procedimientos analíticos. Esta simulación está supeditada a la consideración de parámetros multivalor en la búsqueda de la integración y equilibrio de los distintos factores planteados en un problema teórico concreto. Esto supone una gran complejidad de los procesos y métodos de diseño incluso si sólo se limitan las técnicas de simulación a parámetros físicos y ambientales como la estructura, el clima y los factores acústicos. Finalmente la optimización se relaciona con los criterios de evaluación, cómo se formulan y cómo se aplican en diseño. Hay que señalar que el concepto de optimización no se convierte necesariamente en el valor dominante, ni en el principal principio operativo de los sistemas naturales en los cuales la redundancia funcional suplanta frecuentemente a la optimización como técnica operativa de supervivencia bajo las condiciones dinámicas de los procesos naturales y evolutivos.

Estos tres principios (simulación, parametrización y optimización) producen cambios en la concepción de la forma en arquitectura con grandes repercusiones en el contexto del discurso arquitectónico llevando a algunos a definir el par “forma/performance” como un nuevo “ismo” de la arquitectura contemporánea. El objetivo sería la búsqueda de una nueva lógica en la concepción de la forma y una nueva relación entre los nodos del triángulo “forma/función/sujeto”. Se trasladaría el foco del discurso arquitectónico de la función a lo performativo y se obtendría la forma como resultado final del proceso. Lo digital transforma la construcción de la forma en una operación dinámica y compleja basada en aspectos performativos con una actitud inclusiva que aborda aspectos perceptuales y de comportamiento. La dualidad clásica de la concepción de la forma basada en la imagen o en

¹²⁶ KOLAREVIC, Branko; MALKAWI, Ali [eds.] (2005) *Op. cit.*, p. 207.

¹²⁷ OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert [eds.] (2014) *Op. cit.*, p. 97.

una mera actitud funcionalista se sustituye por una percepción multifacética de la forma como resultado de la acción de diversos procesos performativos. La arquitectura se concibe entonces como un ser animado capaz de interactuar en lugar de permanecer o perdurar en el tiempo.

Además, una arquitectura "performativa" implica la incorporación de unos dispositivos físicos entre los que cabe destacar cuatro categorías diferentes: sensores, controladores, activadores y materiales.¹²⁸ Si la arquitectura deja de ser pasiva y tiene que ser capaz de reaccionar ante estímulos exteriores es necesario, en primer lugar, que estos sistemas complejos se doten de sensores capaces de identificar, discriminar y percibir dichos estímulos. En un paralelismo con los seres vivos, estos sensores constituirían los aparatos de percepción de ese "organismo mecanizado" en el que ahora se convierte la arquitectura. Pero además es necesaria una valoración de dichos estímulos y de las acciones que deberían ser efectuadas por el propio "organismo tecnológicamente animado" como interacción con el entorno o los usuarios; este cometido corresponde a los sistemas de control o "controladores". Los "activadores" (o actuadores), en cambio, son mecanismos que responden al *input* de los controladores posibilitando las reacciones del elemento arquitectónico. Y, finalmente, todo este sistema precisa de una materialización física generalmente en forma de una membrana capaz de responder ante estos estímulos.

El modelo digital del proyecto se convierte en la base para los procesos analíticos de evaluación que ya se han descrito anteriormente. Las herramientas difieren según las características del área de diseño (estructural, energético, climático, acústico, económico, etc.) y algunos análisis como el FEM (método de elementos finitos) o las evaluaciones energéticas, llegan a ser muy sofisticados y efectivos. Por ejemplo, los análisis gaussianos para determinar el grado de curvatura de una superficie permiten la posibilidad de modular la geometría del proyecto en respuesta a la racionalización de las estrategias de producción.

Algunas de estas herramientas basadas en algoritmos genéticos proporcionan procesos recursivos de generación-evaluación-modificación integrados con un módulo de *morphing* y las herramientas más habituales disponen de una interfaz visual de representación del modelo. La necesidad de un control exacto de la geometría del proyecto junto con el potencial para contribuir a las variaciones geométricas y topológicas del mismo hacen que se precise un conocimiento de nivel avanzado de la geometría arquitectónica. Este aspecto constituye una de las líneas básicas del diseño basado en investigación (*research-based design*) que se desarrolla en las grandes oficinas de arquitectura por parte de grupos de investigación de carácter multidisciplinar tales como el SMG (*Specialist Modelling Group*) del estudio Foster Associates o el AGU (*Advanced Geometry Unit*) de la firma de consultoría Arup.

Los procesos de diseño morfogenético son especialmente relevantes para el PBD dado que el estudio de los procesos de desarrollo naturales y biológicos proporcionan un conocimiento relevante en el desarrollo de los sistemas digitales performativos, por ejemplo,

¹²⁸ ACHTEN, Henry (2011) "Degrees of Interaction Towards a Classification", en *Respecting Fragile Places, Proceedings eCAADe 2011 International Conference*, Ljubljana, pp. 565-572.

en el campo de la biomimética. La aplicación de los principios de diseño natural que toma conceptos de la genética permite un modelado evolutivo y adaptado que constituye la base para la formalización de comportamientos de carácter emergente.

La idea de *performance* en arquitectura, aun considerando todas las diferentes acepciones del término, está relacionada con la capacidad para responder a estímulos exteriores. Esto incluye la posibilidad tanto de interactuar frente al entorno de forma dinámica como de responder a la actividad o preferencias de los usuarios. Los edificios pasan así de ser simples receptáculos que sirven de soporte y cobijo a las actividades humanas a convertirse en sistemas mecánicamente animados y susceptibles de modificar su apariencia y configuración a partir de circunstancias cambiantes. Esto implica, además, una nueva temporalidad en la arquitectura basada en una concepción dinámica y activa con capacidad para modificar su apariencia y para responder a las necesidades cambiantes en el tiempo con criterios que, casi siempre, son de carácter informacional.

6.5 Materialización: el nuevo paradigma.

La arquitectura digital/informacional se ha convertido en el centro de la investigación y la experimentación de vanguardia en las últimas dos décadas caracterizadas por la interacción entre disciplinas (física, biología, genética) y la hibridación de conceptos entre ellas. Estos procesos dan lugar a la transformación de los métodos y las lógicas de diseño y se produce incluso un cambio cultural que transforma los esquemas tradicionales de la arquitectura establecidos durante el periodo renacentista.

El modelo dominante es el de la “materialización” en el que el diseño emerge como un proceso holístico de integración desde la fase de ideación hasta la construcción del objeto con lo que se pone en cuestión incluso el papel tradicional de la representación gráfica convencional que hasta ahora había sido una de las piezas clave de la actividad arquitectónica. Los avances en las tecnologías de fabricación digital y la aplicación de la robótica industrial al ámbito de la edificación contribuyen a desarrollar nuevas lógicas de diseño que definen el concepto de “materialidad digital” (*digital materiality*). Al mismo tiempo, la proliferación y abaratamiento de los sistemas de impresión 3D y la difusión de la cultura “*make*” contribuyen a generar un nuevo paisaje de diseño en el que la distancia existente entre el “pensar” y el “hacer” se reduce. Se percibe, además, la necesidad de reconsiderar el papel de todos los agentes que intervienen en el proceso edificatorio así como las implicaciones de todos estos fenómenos emergentes en la formación académica de las profesiones del diseño.

Durante los últimos veinte años hemos asistido también a las interacciones dinámicas entre las tecnologías de los *media* y el diseño en la arquitectura¹²⁹ que han provocado transformaciones en los métodos y la evolución hacia nuevas formas de “pensamiento de diseño” (*design thinking*).¹³⁰ Se ha pasado del concepto tradicional de crear formas al proceso

¹²⁹ OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert [eds.] (2014) *Op. cit.*, p. 1.

¹³⁰ BROWN, Tim (2008) "Design thinking", en *Harvard Business Review*, 86 (6), pp. 84-92.

de encontrarlas, de la simulación como herramienta de diseño a la fabricación como objetivo final en una recuperación del papel tradicional del maestro constructor pre-renacentista y, podríamos añadir, pre-moderno. La aparición y utilización de tecnologías disruptivas¹³¹ y la posibilidad de “transformar los datos en cosas y las cosas en datos” que ofrece la tecnología digital, unido al hecho de que los datos de diseño son exactamente los mismos datos utilizados en la construcción, convierten al diseñador en editor¹³² con capacidad de controlar todo el proceso desde la ideación hasta la materialización. La elección del método de fabricación influye explícita e implícitamente en las ideas de diseño por lo que la planificación de las estrategias de ejecución material resulta determinante para la definición final del proyecto.

No podemos olvidarnos de que la arquitectura es una práctica material y estamos asistiendo a la transformación del concepto de materialización desde su significado tradicional, como traslación de una representación del diseño “*a priori*”, hasta su condición material física definitiva. Lo material se convierte ahora en una de las bases del diseño en su origen, en sus etapas iniciales. Este redescubrimiento de la posibilidad de diseñar lo material (y el material mismo) ha sido una de las claves de la reformulación de la praxis digital durante la pasada década convirtiéndose lo que tradicionalmente era el final del proceso de diseño en un nuevo comienzo. Esta primacía de lo material en el diseño acerca la arquitectura al ámbito de la ingeniería y vuelve a colocar al arquitecto en una posición central en el control del proceso completo de ideación, diseño, fabricación y construcción del edificio.

A esta situación no es ajena lógicamente la investigación e invención de nuevos materiales (composites, híbridos, gradientes, etc.) así como la búsqueda y experimentación del potencial creativo de los mismos incluso más allá de los límites impuestos por la propia naturaleza, en una actitud que supera el funcionalismo del movimiento moderno y su respeto por la “naturaleza del material”. La investigación se focaliza en los procesos de mutación de la forma y la *performance* a través de la manipulación y la intermediación del material.

Se vislumbra así la posibilidad de una “segunda naturaleza”, una especie de naturaleza sintética dentro de un marco optimista de innovación que introduce la idea emergente de una “materialización creativa” con el fin de modificar propiedades relativas al comportamiento estructural, energético y comunicativo. Para ello se tienen en cuenta las relaciones entre forma y comportamiento en una aproximación a la morfogénesis natural y a la relación entre lo material y las condiciones de las fuerzas ambientales, aspecto característico del diseño desarrollado por la ingeniería de vanguardia. En el diseño estructural emergente no se persigue un objetivo formal *a priori* sino que los procesos formales evolutivos son guiados por la optimización de las propiedades mecánicas, estructurales y energéticas.

¹³¹ CHRISTENSEN, Clayton M. (1997) *The Innovator's Dilemma*. Cambridge, (MA.): Harvard Business School Press.

¹³² DUNN, Nick (2012) *Op. cit.*, p. 54.

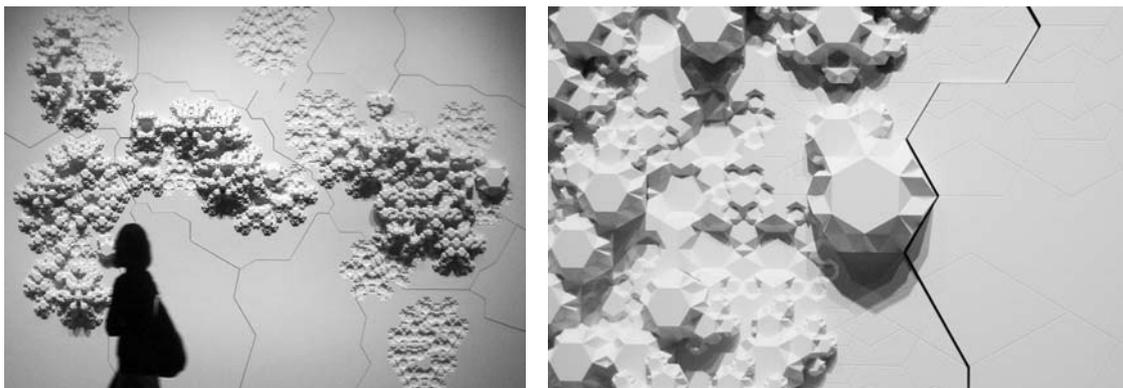


Ilustración 56. Benjamin ARANDA/Chris LASCH, *Rules of Six*, instalación en el MoMA, Nueva York, 2008.

Esta investigación sobre el diseño material se basa en transformaciones topológicas de patrones estructurales tridimensionales (tectónicos) controladas paramétricamente y sus comportamientos resultantes. La búsqueda de la forma material se convierte en un campo de investigación importante que, junto con la adopción de la lógica del parametricismo, permite desarrollar tipologías innovadoras en las estructuras materiales. A esto habría que añadir la diversidad y multiplicidad morfológica que proporciona la diferenciación inherente al diseño basado en la naturaleza, lo que produce arquitecturas no-estándar con un elevado potencial performativo y de carácter interdisciplinar y abierto (*open-ended*) que se adecua a las necesidades de una era en la que priman la concienciación ambiental y el diseño sostenible.

6.5.1 Fabricación material: bits y átomos.

La materialización digital se convierte en un cuerpo emergente de conceptos y tecnologías marcado por la relación existente entre las herramientas de diseño paramétrico y el avance de las tecnologías de materialización, fabricación y construcción que constituye una incipiente revolución en el “diseño de fabricación”: la fabricación digital y, más recientemente, la fabricación personal (FAB).

La fabricación material del diseño constituye en gran medida un retorno de la arquitectura a sus orígenes como práctica material a través de las enormes posibilidades de integración entre diseño y materialización que proporcionan las tecnologías digitales avanzadas. El cambio operativo reside precisamente en esta integración entre diseño, fabricación y construcción que obliga necesariamente a un replanteamiento de las lógicas operativas tanto en lo profesional como en el ámbito de la formación. La clave radica en el flujo de información digital que se procesa y esto tiene implicaciones en todas las fases del proceso edificatorio y alcanza a todos los agentes participantes. En el campo docente e investigador supone un proceso de intensa transformación cultural derivada de la liberación creativa y funcional que proporciona la tecnología.

Una de las consecuencias más importantes de estos cambios es la adopción de las teorías de la personalización en masa (*mass customization*) que se sitúa como el motor de la

innovación en el diseño digital provocando una transición desde el *high-tech* hacia el *digital-tech* y transformando la interfaz digital entre diseño y producción en una función clave de la práctica investigadora de estudios de arquitectura tan importantes como Gehry Systems, Foster Associates y Zaha Hadid, entre otros, y también de estudios de ingeniería y consultoras como Arup, BuroHappold, AKT o Bollinger+Grohmann.

El diseño basado en fabricación (*Fabrication-Based Design*) se ha convertido en el concepto emergente de la vanguardia arquitectónica a través de la aplicación de procesos de fabricación con máquinas controladas por ordenador que engloban una serie de tecnologías de fabricación ya citadas como las de corte (láser o chorro de agua), impresión 3D (proceso aditivo) y *routers* de fresado (proceso sustractivo). A estos sistemas tendríamos que añadir también los conceptos de prototipado rápido y fabricación robótica.

La utilización de estas tecnologías se basa en el potencial de diseño de la herramienta, lo que constituye uno de los mayores impactos conceptuales en la lógica de diseño a través de la secuencia: herramienta-procesos-forma. Este potencial generativo de la herramienta se ha puesto de manifiesto a través de la creación de numerosos FAB Labs (acrónimo del inglés *Fabrication Laboratory*) por todo el mundo como espacios de producción de objetos físicos a escala personal o local y que ya comienzan a proliferar en las escuelas de arquitectura como una nueva herramienta de proyecto, docencia e investigación.

En el ámbito teórico y del análisis crítico, ya hemos visto cómo aparecen diferentes intentos de elaborar taxonomías de las nuevas estrategias operativas¹³³ en la búsqueda de una teoría del diseño digital que sirva de herramienta de interpretación a los nuevos planteamientos. Rivka Oxman, por su parte, propone una distinción de escala entre la fabricación CNC de componentes y sistemas a escala industrial en contraposición a la producción de modelos a escala de taller (*workshop*) de estructuras materiales.¹³⁴ En el primer caso, se trata de un salto industrial desde la producción en masa de elementos y sistemas estandarizados a la personalización en masa de esos mismos elementos y sistemas para la construcción de edificios diferenciados. Esta transición histórica se ha visto acelerada por la creciente ubicuidad de los procesos de fabricación digital. El segundo caso es un ejemplo de soporte para la materialización y construcción de geometrías complejas y variables a una escala de taller y aprovechando las ventajas artesanales del *rapid prototyping*. Los dos casos se basan en la integración de los datos de diseño con la producción (D2P, *Design-to-Production*) y en un entendimiento más innovador de las relaciones entre forma y técnica.

Otra distinción de carácter operativo separaría por una parte la fabricación digital de componentes básicos de sistemas y elementos de montaje y por otra, la consideración de la fabricación como diseño (*Fabrication as Design*), es decir, el diseño de los sistemas materiales o incluso del material mismo. Esta segunda orientación conceptual se convierte en una de las ideas emergentes más poderosas en el futuro de la fabricación.

¹³³ IWAMOTO, Lisa (2009) *Op. cit.*

¹³⁴ OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert [eds.] (2014) *Op. cit.*, p. 301.

Un concepto de gran interés es el de "materialidad performativa" (*performative materiality*) que se relaciona con técnicas de diseño en las que programación y datos, materiales y construcción se conectan en un proceso complejo e integrado recogiendo la idea de que el proceso de materialización puede verse "informado", aumentado, enriquecido con información digital. El resultado de la aplicación de esta lógica interna computacional es que los sistemas materiales pueden crecer a través de métodos y formas de carácter orgánico. Diseño y programación se ven fuertemente integrados a través de la mediación del material, lo que introduce una nueva interpretación del concepto de "artesanía digital" (*digital craftsmanship*) que vincula lo digital con lo material a través de una coordinación completa entre diseño y construcción.

Estas estrategias que empiezan a incluir procesos robóticos y que transforman los límites del concepto de repetición seriada tendrán importantes consecuencias teóricas y conceptuales. Dado que la programación digital comienza a proporcionar las bases instrumentales para el proceso de diseño, el objetivo del mismo se desplaza desde el enfoque tradicional de la representación visual previa de la forma al diseño global de los procesos materiales de fabricación. Si la materialidad digital enriquece lo material con características digitales (*mediated materiality*), esta materialidad mediada ofrece la posibilidad de una completa integración de la forma, la estructura y la performatividad dentro del propio diseño del material en una visión holística con grandes oportunidades para la investigación.

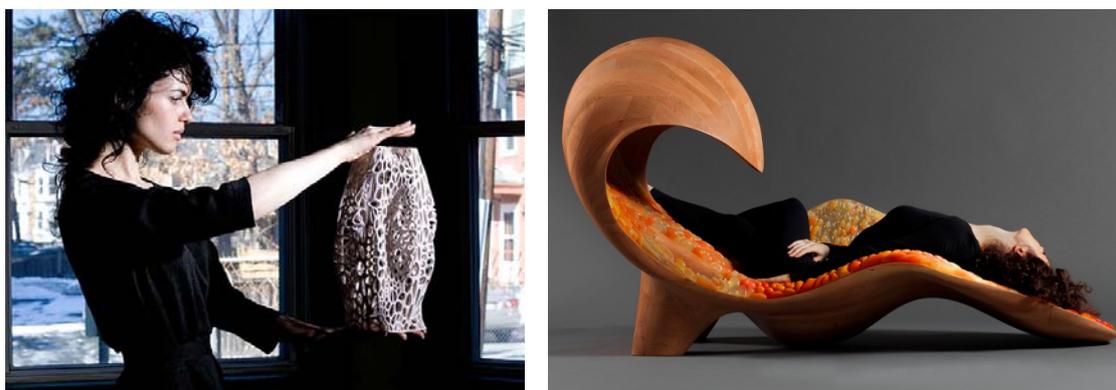


Ilustración 57. Neri OXMAN, [Izquierda] *Monocoque 2*, MoMA, Nueva York, 2007. [Derecha] *Gemini*, [Strata Connex Technology], 2014.

Un ejemplo de este enfoque de aproximación al diseño y la arquitectura "tecnológica" inspirada por la naturaleza y la biología lo constituye el concepto de *Material Ecology* desarrollado por la arquitecta Neri Oxman en el *Mediated Matter Group* del Massachusetts Institute of Technology (MIT) que, basándose en las formas y procesos de diseño naturales, aplica modos computacionales de diseño y construcción a través de estrategias de fabricación digital. Transforma la secuencia de diseño "forma-estructura-material" en una secuencia "material-estructura-forma". Esta inversión conceptual del proceso de diseño posee un gran potencial en la búsqueda de nuevas soluciones formales performativas.

6.5.2 Cuando las cosas empiezan a pensar.

La fabricación (FAB) se ha convertido en uno de los territorios más apasionantes del diseño digital con profundas implicaciones sociales, industriales y culturales. El desarrollo de estas iniciativas coincide en el tiempo con una democratización de las herramientas de ideación y producción facilitada por el desarrollo de la Red (*World Wide Web*). Una de las líneas de evolución más interesante lo constituye el denominado “Internet de las Cosas” (*Internet of Things, IoT*), término acuñado en el año 1999 por el tecnólogo británico Kevin Ashton, cofundador del Auto-ID Center del MIT, para describir un sistema donde Internet está conectado con el mundo físico a través de sensores ubicuos y en el que se produce el salto del universo actual (personas que se conectan a través de máquinas) al de los objetos, perfectamente identificados y con capacidad para conectarse entre sí e intercambiar información.¹³⁵

Cada objeto tiene una identidad virtual propia y capacidad potencial para integrarse e interactuar de manera independiente en la Red con cualquier otro individuo, ya sea una máquina (M2M, *machine to machine*) o un humano. En ese mismo año Neil Gershenfeld¹³⁶ publicó su trabajo *When Things Start to Think*¹³⁷ (*Cuando las cosas empiezan a pensar*) en el que, junto a la descripción de sus experiencias de investigación en los laboratorios del MIT, esbozaba una serie de criterios programáticos defendiendo incluso aspectos tan curiosos como los supuestos “derechos de las cosas” (tener identidad, acceder a otros objetos y detectar su entorno). Esta nueva generación de objetos ha sido incluso tratada por algunos autores de la ciencia ficción *cyberpunk* como Bruce Sterling en su obra *Shaping Things* (2005) en la que denomina *Spimes* (neologismo inequívocamente arquitectónico formado por la contracción de las palabras “*Space*” y “*Time*”) a esta nueva categoría de objetos que tienen una identidad única legible digitalmente, son localizables y trazables, pueden ser llamados desde buscadores, son reciclables, se diseñan y almacenan virtualmente y en la mayoría de los casos pueden ser fabricados por el propio usuario.

Una de las claves radica en la posibilidad real de que las personas puedan crear su propia tecnología para lo cual no se necesita una gran infraestructura. Frente al crecimiento progresivo de Internet con su exigencia de un ancho de banda cada vez mayor se propone el denominado “Internet 0”. Consiste en el empleo de una comunicación de velocidad lenta con el objeto de lograr una implementación más fácil y asequible para un mayor número de usuarios con un protocolo que permitiría interconectar los componentes de una “casa inteligente” y cuyo objetivo final sería dotar de dirección IP (*Internet Protocol*) a cualquier cosa. La idea se basa en que una red de pequeños dispositivos (pensemos en el código

¹³⁵ ITU, International Telecommunication Union (2005) *ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things*. Geneva. 2005. Disponible en: < <http://www.itu.int/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf>>. [Fecha de consulta: 30/08/2014].

¹³⁶ Neil A. Gershenfeld es profesor en el MIT y director del *Center for Bits and Atoms*, laboratorio hermano del MIT Media Lab. Su investigación se centra principalmente en estudios interdisciplinarios que involucran la física y las ciencias de la computación, en campos tales como la computación cuántica, la nanotecnología y la fabricación personal.

¹³⁷ GERSHENFELD, Neil (1999) *When Things Start to Think*. Nueva York: Henry Holt and Co., Inc.

necesario para encender o apagar una bombilla) no necesita un gran ancho de banda o un servidor muy potente. Una de las primeras materializaciones de esta idea fue el proyecto *Media House* presentado por primera vez en Barcelona en 2001 por el IaaC (*Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya*) y el estudio Metápolis de Vicente Guallart consistente en el diseño del prototipo de una vivienda programable a base de microchips que a su vez son servidores web, con sensores que controlan la energía y pueden comunicarse de diferentes maneras.¹³⁸

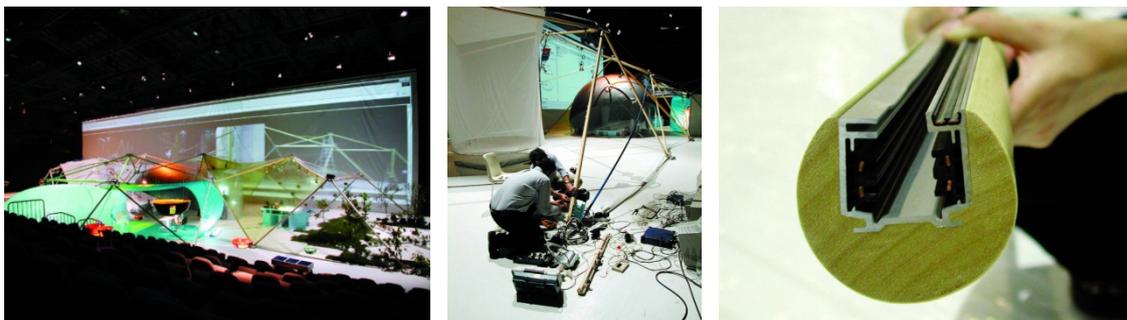


Ilustración 58. METÁPOLIS, *The Media House Project*, Barcelona, 2001.

El siguiente paso en la evolución de lo digital sería, por tanto, la integración de las cosas en las redes de comunicación que configuran una red ubicua que pondría en conexión los objetos de nuestra vida cotidiana en cualquier lugar, a cualquier hora y por cualquier persona. Las cuatro tecnologías que harían esto posible serían las etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID), los sensores inalámbricos, la denominada inteligencia incrustada (*embedded*) y la nanotecnología. Para ello sería necesario la adopción de estándares y la posibilidad de interoperabilidad. Además habría que resolver la desconfianza ciudadana que provoca alguna de estas tecnologías como el RFID con relación a la salvaguarda de la privacidad así como las implicaciones sociales y éticas del uso del seguimiento y la geolocalización. Se estima que en el año 2020 habrá unos 50.000 millones de objetos conectados¹³⁹ estableciéndose de esta forma una nueva interacción entre el mundo físico y el mundo virtual en donde la ubicuidad será el concepto dominante.

¹³⁸ BULLIVANT, Lucy (2005) "Media House Project: the House is the Computer, the Structure is the Network", en *Architectural Design, Special Issue: 4dspace: Interactive Architecture*. Architectural Design, Volume 75, Issue 1, January/February 2005, Wiley Academy, pp. 51-53. Para una referencia más completa sobre el proyecto véase: GUALLART, Vicente [ed.] (2004) *Media House Project. The House is the Computer. The Structure is the Network*. Barcelona: Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya, IaaC.

¹³⁹ EVANS, Dave (2011) "Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo", Informe Técnico de Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), disponible en: <<http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf>> [Fecha de consulta: 14/09/2015]

6.5.3 *Makers*: la nueva revolución industrial.

Paralelamente a los nuevos desarrollos relacionados con las redes ha surgido en los últimos años el fenómeno de los *makers* (hacedores), personas que diseñan y fabrican sus propios productos a través de programas de diseño de *software* abierto utilizando las nuevas impresoras 3D.¹⁴⁰ Chris Anderson, editor jefe de la revista *Wired* hasta 2012, califica este fenómeno como la nueva revolución industrial que puede llegar a cambiar, ya lo está haciendo, el mundo de la producción y la fabricación de objetos. En la actualidad cualquiera puede diseñar un producto, subir el diseño a un servicio *on-line* de fabricación o construirlo uno mismo utilizando herramientas de fabricación personal. Tras la conquista del mundo de los bits le ha llegado el turno finalmente al mundo de los átomos.

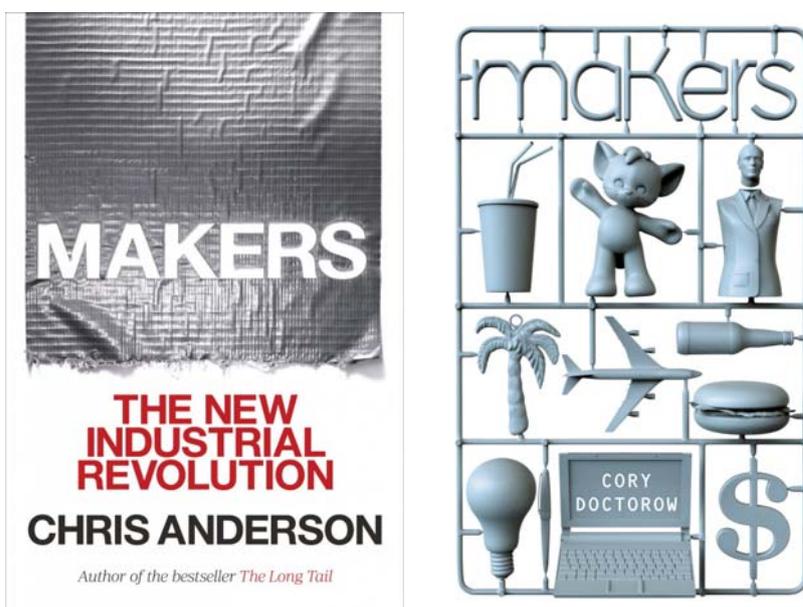


Ilustración 59. [Izquierda] Chris ANDERSON, portada libro, 2012. [Derecha] Cory DOCTOROW, portada libro, 2009.

Este fenómeno ya había sido adelantado en el año 2009 por la obra *Makers* del periodista y autor de ciencia ficción canadiense Cory Doctorow y se ve potenciado por las sinergias del trabajo colaborativo en el que se considera que las ideas se “expanden” una vez compartidas. La interpretación “átomos” frente a “bits” surge de las investigaciones desarrolladas en el Media LAB del MIT fundado por Nicholas Negroponte y particularmente del Centro para Átomos y Bits dirigido por Neil Gershenfeld. Sus trabajos nos llevan a una nueva dimensión de lo digital en la que podemos encontrar vida más allá de la pantalla, “*más allá del pixel*”, con un planteamiento que recupera la idea de la escuela taller pre-moderna, pero adaptada al entorno de la Red (el nuevo marco del Internet de las Cosas) y con un criterio de

¹⁴⁰ ANDERSON, Chris (2012) *Makers. The New Industrial Revolution*. Nueva York: Crown Business. Versión en español: ANDERSON, Chris (2013) *Makers: La nueva revolución industrial*. Barcelona: Empresa Activa.

desarrollo horizontal (rizomático) o de abajo hacia arriba (*bottom-up*).¹⁴¹

El desarrollo de “*hardware* abierto”, como contrapunto a las herramientas de fabricación, está produciendo en el ámbito de las cosas algo similar al efecto que el código abierto (*open source*) tuvo sobre el desarrollo del *software*. El ejemplo más directo sería la utilización de la placa Arduino¹⁴² para la fabricación de impresoras 3D caseras y otro tipo de herramientas. El efecto red ha propiciado la expansión del movimiento *maker* que se caracteriza por el uso de herramientas digitales para el diseño de nuevos productos y prototipos, la adopción de la norma cultural de compartir diseños y colaborar con otros en comunidades en línea y por la utilización de estándares de diseño de archivos comunes de libre distribución.

En consecuencia, se produce un cambio de mentalidad en el campo de la producción dado que la personalización y la fabricación de lotes pequeños ya no constituye un problema sino que se convierte en la norma, pues como afirma el propio Gershenfeld acerca del mercado: “*If the market is just one person, then the prototype is the product*” (*si el mercado es una sola persona, entonces el prototipo es el producto*).¹⁴³ El paradigma sería la utilización de elementos de carácter abierto, conectados (o conectables a Internet) y de coste asequible. El ejemplo citado de la placa Arduino refleja claramente este criterio pues se trata de un procesador barato y fácil de usar en un entorno de programación libre y que permite a cualquiera conectar la informática con el mundo físico debido a la sencillez y facilidad para acoplar a un programa de ordenador elementos electrónicos como sensores y actuadores. De este modo nos volvemos a situar en el escenario emergente del “Internet de las Cosas”.

Estamos ante una tecnología disruptiva en un ambiente de innovación muy semejante al existente en otros periodos históricos de cambio. Ya en su momento la Revolución Industrial supuso un profundo cambio cultural y una transformación radical en el proceso creativo e innovador más que un aumento cuantitativo en el número de inventos tecnológicos. Uno de los efectos primarios de la utilización del vapor, más allá de su empleo como fuerza motriz, consistió en el inicio de la colonización del tiempo en un ciclo de retroalimentación positivo y

¹⁴¹ El enfoque ascendente o *bottom-up* (de abajo arriba, desde la base) es un modelo de toma de decisiones o estrategia de procesamiento de información. En contraste, con el modelo *top-down* (de arriba abajo) en el diseño *bottom-up* las partes individuales se diseñan con detalle y luego se enlazan para formar componentes más grandes, que a su vez se enlazan hasta que se forma el sistema completo. Las estrategias basadas en el flujo de información “*bottom-up*” se basan en el conocimiento de todas las variables que pueden afectar a los elementos del sistema por lo que se vincula con procesos de carácter participativo y abierto.

¹⁴² Arduino es una plataforma de desarrollo de computación física (*hardware*) de código abierto (libre), basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear *software* (programas) para la placa, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos autónomos que pueden leer datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de elementos como, por ejemplo, luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos realizados con Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con distintos programas de *software* como Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data. La placa puede ser montada por el usuario o adquirirse ya lista para ser usada y el entorno de desarrollo integrado libre se puede descargar de forma gratuita desde la página <www.arduino.cc/en/>.

¹⁴³ GERSHENFELD, Neil (2005) *Fab: the coming revolution on your desktop*. Nueva York: Basic Books.

eficaz con la posibilidad de liberar tiempo, que fue utilizado a su vez para generar nuevas ideas que sirvieron para liberar más tiempo en un proceso continuo de evolución creativa.

Tras la Segunda Revolución Industrial fechada entre 1850 y el final de la Primera Guerra Mundial, la edad de la información nos sitúa en la década de los años cincuenta del siglo XX en una Tercera Revolución Industrial marcada por el desarrollo de la informática y las comunicaciones como herramientas multiplicadoras que amplifican las posibilidades del cerebro humano. El resultado ha sido el desarrollo de una economía ingravida caracterizada por la codificación de la información y tendente a valorar las posibilidades de la virtualización, el mundo de los "bits". Con los avances tecnológicos y la democratización favorecida por la Red, se ponen herramientas de producción en manos de un creciente número de usuarios lo que favorece la aparición de una economía *Long Tail* (larga cola), concepto desarrollado por Anderson en un artículo de la revista *Wired* en octubre de 2004.¹⁴⁴ Se refiere a que los mercados "nicho" tendrán cada vez una mayor importancia que los mercados de masas debido a la democratización de las herramientas de producción y de distribución que favorecen la conexión entre la oferta y la demanda.

Se produce así el ascenso de un movimiento neo-artesanal dentro del ámbito de lo digital que reivindica el poder de lo único a través de una producción personal mecanizada e hiperespecializada. El significado del concepto "artesanal" en este campo tiene que ver con el concepto de "variabilidad" que tradicionalmente había sido una marca distintiva de las cosas hechas a mano y que, a través de los procesos de diferenciación automatizados, se convierte en un activo del nuevo entorno digital. La personalización en masa (*mass customization*) pasa a ser la alternativa emergente a la estandarización y la fabricación en serie, características del pensamiento racionalista de las vanguardias.

Se puede afirmar que los átomos serían los nuevos bits porque se puede conseguir que actúen realmente como tales en función del grado de calidad que ofrece la información digital junto con las posibilidades latentes en la cultura de la remezcla y el *sampler* para copiar, modificar y fabricar a partir de archivos digitales de acceso abierto en un nuevo modelo industrial, que, a la manera de la Red que le sirve de referencia, sería participativo, abierto y de carácter ascendente (*bottom-up*).

La fabricación personal aparece así como una aplicación emergente de la fabricación digital por medio de la utilización de la impresión 3D que ha sido considerada por la revista *Forbes* como una de las tecnologías transformadoras para el periodo 2015-2025.¹⁴⁵ Esta tecnología favorece la individualización y la personalización invirtiendo los criterios de la

¹⁴⁴ ANDERSON, Chris (2004) "The Long Tail", en *Wired Magazine*, Issue 12.10, October, 2004. Disponible en: <<http://archive.wired.com/wired/archive/12.10/tail.html>>. [Fecha de consulta: 14/09/2015].

¹⁴⁵ "The transformative technology of the 2015-2025 period could be 3D printing. This has the potential to remake the economics of manufacturing from a large-scale industry back to an artisan model of small design shops with access to 3D printers. In other words, making stuff, real stuff, could move from being a capital intensive industry into something that looks more like art and software. This should favor the American skill set of creativity." KARLGAARD, Rich (2011) "3D Printing Will Revive American Manufacturing", en *Forbes Magazine*, 23/06/2015. Disponible en línea: <<http://www.forbes.com/>>. [Fecha de consulta: 14/09/2015].

economía manufacturera tradicional dado que ahora la variedad es gratuita (cuesta lo mismo hacer que cada producto sea diferente que hacerlos todos iguales); la complejidad es gratuita (va incluida en el código de la información digitalizada); y finalmente la flexibilidad también es gratuita (sólo es preciso realizar los cambios y ajustes necesarios en el código correspondiente).

Las herramientas de esta transformación son las impresoras 3D, las máquinas CNC, las cortadoras láser y los escáneres 3D. Las tres primeras convierten bits en átomos mientras que la última transforma átomos en bits permitiendo la captura de la realidad. Todas estas herramientas contribuyen a un cambio en la fabricación de los bienes de consumo tradicionales, pero pueden ser utilizadas a diferentes escalas desde el ámbito micro de la biología hasta la consideración macro de la construcción de edificios y estructuras. Ofrecen una solución más sostenible para hacer las cosas: reducción o eliminación de los costes de transporte, ahorro de material al utilizar exclusivamente la materia prima necesaria y personalización del producto que aumenta la valoración emocional del usuario lo que prolonga el periodo de utilización. Puede incluso ser una alternativa al problema social de la "obsolescencia programada" en donde los "bits nuevos" pueden dar nueva vida a los "átomos viejos" mediante la sustitución de piezas fabricadas personalmente con lo que se alargaría la vida útil de determinados productos industriales.



Ilustración 60. "El fabricante soy yo", artículo en periódico *El País* (19/02/2012).

Otra de las ideas señaladas por Anderson es la adopción de la "organización abierta". Frente a la burocracia y la rigidez de procedimientos de las empresas tradicionales, las comunidades *maker* tienen intereses y necesidades compartidas y basan su existencia en proyectos colaborativos. Este esquema más igualitario favorece la innovación abierta y debería ser tenido en cuenta a la hora de repensar la organización de la enseñanza universitaria puesto que las características del modelo hacen que la competitividad se base en la capacidad de innovación más que en los costes de la mano de obra. A través de la co-creación (característica de las estrategias de *design thinking*) y el desarrollo basado en la comunidad, el movimiento

maker inclina la balanza hacia culturas e instituciones con un mejor modelo de innovación perdiendo importancia el valor de la externalización (*off-shoring*) como elemento de cálculo económico.



Ilustración 61. Iris van HERPEN & Daniel WIDRIG, [Izquierda] Amsterdam Fashion Week, 2010 (with MGX by Materialise). [Derecha] *Skeleton Dress*, París, 2012.

En esta evolución de la revolución digital lo que ahora está siendo programado es el mundo físico y no el virtual. Ese sería precisamente el objetivo de la investigación de vanguardia. La fabricación digital permite a los individuos diseñar y producir objetos “tangibles” bajo demanda, dónde y cuándo se necesiten. Las raíces de este proceso se encuentran en la década de los años cincuenta con el desarrollo en el MIT de las primeras herramientas de control numérico. La limitación más importante de estos desarrollos consistía en la dificultad que presentaban los métodos sustractivos para materializar las estructuras internas de los objetos (huecos y cavidades). A partir de los años 80 el desarrollo de los métodos de prototipado rápido y la impresión digital 3D (métodos aditivos) permitieron resolver el problema. En cualquier caso, la revolución no consiste en la oposición entre las fabricaciones aditiva y sustractiva sino en la capacidad, ya señalada anteriormente, de transformar datos en cosas y cosas en datos.

El proceso de evolución de la fabricación digital es análogo al desarrollo de la historia de la informática: la aparición de los primeros grandes ordenadores en los años cincuenta al servicio de corporaciones y gobiernos; el desarrollo de minicomputadores en los años 60 por grupos de investigación, departamentos universitarios y pequeñas compañías; la tarea de aficionados a la informática que impulsaron el desarrollo del *software* y las primeras aplicaciones operativas desde los garajes y las habitaciones de las residencias estudiantiles en

los años 70; y, finalmente, el desarrollo del PC y la informática de uso personal en la década de los años 80.

En los años 80 aparece también la primera generación de sistemas de prototipado rápido (3D Systems, etc) a la que sigue una segunda generación que empieza a extenderse entre un grupo más amplio de usuarios (Rep Rap, MakerBot) dando lugar al concepto de Fabricación Personal. Se produce un cambio en la orientación de lo digital vinculado en una primera época a lo virtual y que se orienta ahora hacia las cosas reales, los átomos y las moléculas. El objetivo final sería producir no sólo objetos materiales sino también otras máquinas¹⁴⁶ con lo que se haría factible, al menos en teoría, la distopía planteada en la película *Terminator* (James Cameron, 1984).



Ilustración 62. [Izquierda] *Thing-O-Matic*, MakerBot Industries, 2011. [Derecha] *Frankestein Head*, 3DP1000, 3DP Unlimited, 2014.

Tras los primeros momentos de euforia, también comienzan a plantearse los primeros problemas relacionados con el éxito de la implantación de estas tecnologías. Hay que tener en cuenta las barreras técnicas relacionadas con las características de los materiales empleados, su calidad y aplicaciones, la producción de vapores, humos y polvo en las tareas de fabricación, las cuestiones relacionadas con la velocidad de fabricación y las interfaces necesarias. A pesar de estas cuestiones se afianza como tendencia cultural este renacimiento del movimiento DIY (*Do It Yourself*) en su faceta *high-tech*. Surge la figura del “experto *amateur*”, favorecida por la accesibilidad y la descentralización tomadas de la cultura *hacker* por comunidades de usuarios basadas en la transferencia de información y el intercambio de ideas y que tienen en los FAB Labs su manifestación más importante. Los factores que pueden influir en la adopción generalizada de la Fabricación Personal serían la remezcla creativa y los *mashups* (sitios web que acceden a datos o servicios de terceros y los combinan para crear una nueva aplicación), la capacidad y voluntad de resolver problemas prácticos, el hecho de que los kits de montaje son más baratos que los productos ya ensamblados y el tiempo de respuesta muy inferior al que

¹⁴⁶ GERSHENFELD, Neil (2012) "How to Make Almost Anything. The Digital Fabrication Revolution", en *Foreign Affairs*, Vol. 91, Num. 6, November/December Issue, 2012, pp. 43-57.

ofrece la forma convencional de producción de las industrias tradicionales.¹⁴⁷

En cualquier caso, en el nuevo escenario habrá que tener en cuenta algunas cuestiones importantes como las regulaciones de salubridad, seguridad ambiental y calidad pues la legislación actual puede quedar rápidamente obsoleta con la proliferación de estas prácticas. También nos podemos plantear si este tipo de actuaciones son en realidad más sostenibles o, por el contrario, al facilitar la producción indiscriminada de objetos, podemos enfrentarnos al crecimiento imparable de una nueva forma de basura generada por la nueva tecnología. Finalmente se convierte también en un tema clave la cuestión de la propiedad intelectual de los modelos compartidos debido a la complejidad de los factores que intervienen en el proceso.

6.5.4 Hacia un “origami dinámico”.

Una de las ideas básicas que definen la nueva lógica de diseño es el intento de conseguir “programar” la materia y la investigación sobre los denominados materiales inteligentes (*smart materials*). Consideremos el ejemplo de los conocidos ladrillos Lego™, que podría entenderse como una especie de materia inteligente (in-formada) al llevar incorporados en su forma y diseño sus propias normas de ensamblaje con funciones preasignadas. Se comportan de forma similar al modelo empleado por la naturaleza en casos como el de los cristales y las proteínas. Gershenfeld cita el ejemplo de materia programable de los ribosomas (versión microscópica de los ladrillos Lego™) una proteína que fabrica proteínas, esto es, una especie de máquina biológica que fabrica otras máquinas biológicas. Una de las tendencias en este campo sería la investigación en nanomáquinas programables o ensambladores 3D que serían capaces de añadir y quitar partes de un conjunto (por ejemplo, en el caso de circuitos integrados).

Los resultados pueden llegar a ser realmente sorprendentes y habría que recordar aquí la tercera de las leyes predictivas del escritor británico Arthur C. Clarke, expuestas en su obra del año 1973 *Profiles of the Future: An Inquiry into the Limits of the Possible*, en la que afirmaba que “cualquier tecnología lo suficientemente avanzada es indistinguible de la magia”. Imaginemos por un momento el desarrollo plano de una superficie poliédrica como, por ejemplo, el caso de un octaedro truncado formado por caras que son hexágonos regulares. En lugar de utilizar cartulina para su elaboración, el desarrollo ha sido realizado en un material especial por medio de una cortadora láser de última generación. Ahora humedezcamos la pieza plana y veamos que sucede. Como por arte de magia observaremos que las distintas partes del poliedro se van plegando, se auto-transforman hasta convertirse en una superficie poliédrica semi-regular de carácter rígido. Aunque pueda parecer una imagen procedente de la creatividad propia de la ciencia ficción literaria o cinematográfica, en realidad, es una posibilidad real: se trata de un ejemplo de las investigaciones desarrolladas por Skylar Tibbits

¹⁴⁷ MOTA, Catarina (2011) “The Rise of Personal Fabrication”, en *C&C '11 Proceedings of the 8th ACM conference on Creativity and Cognition*. Nueva York: ACM, pp. 279-288.

en el *Self-Assembly Lab* del MIT en colaboración con las empresas Stratasys Ltd. y Autodesk Inc. utilizando una impresora multi-material (de la serie Object Connex) y un nuevo polímero hidrófilo con la capacidad de expandirse un 150% cuando se sumerge en agua.

La tecnología de la impresión 3D (3DP, *3D Printing*) tiene ya un desarrollo de unas tres décadas desde que en el año 1986 Charles Hull, fundador de 3D Systems, inventase la estereolitografía si bien se ha popularizado y adquirido un enorme potencial en los últimos años al convertirse en accesible para el gran público. Aparece ahora una nueva tecnología disruptiva que puede llevar a la impresión 3D a un nuevo nivel de desarrollo con un enorme impacto social y económico: nos referimos al concepto de “materia programable” (PM, *Programmable Matter*), que a través de la denominada impresión 4D (4DP, *4D Printing*) ofrece nuevas capacidades para la transformación de la información digital del mundo virtual en los objetos físicos del mundo material. La cuarta dimensión se refiere aquí al potencial de la impresión 4D para crear objetos materiales que cambian de forma y función en respuesta a estímulos externos, ya sea una señal de un operador humano o una reacción a cambios en el medio ambiente (temperatura, humedad, luz, corriente eléctrica, viento, lluvia, etc.).¹⁴⁸



Ilustración 63. Self-Assembly Lab MIT, [Izquierda] *Logic Matter*, 2010. [Derecha] *Self-folding Truncated Octahedron*, 2014.

La idea de programar la materia no es nueva. En realidad, la naturaleza lo hace constantemente y ya hemos mencionado el comportamiento de los ribosomas como máquinas biológicas. La aproximación más reciente a este concepto sería el concepto 4DP o posibilidad de fabricación de objetos pre-programados para responder a determinados estímulos (como la presencia de agua) y cambiar adoptando formas diferentes. La siguiente revolución tras la impresión 3D será precisamente la transición desde los materiales analógicos a los materiales digitales programables.

El concepto de Materia Programable estudia la posibilidad de añadir a la materia física la capacidad de cambiar de forma y/o función (densidad, estructura modular, conductividad,

¹⁴⁸ CAMPBELL, Thomas A.; TIBBITS, Skylar; GARRETT, Banning (2014) "The Next Wave: 4D Printing. Programming the Material World". Informe Técnico para The Atlantic Council. Disponible en <www.atlanticcouncil.org/images/publications/The_Next_Wave_4D_Printing_Programming_the_Material_World.pdf>. Washington: Atlantic Council Publications. [Fecha de consulta: 14/09/2015]. Véase también CAMPBELL, Thomas A.; TIBBITS, Skylar; GARRETT, Banning (2014) "The Programmable World", en *Scientific American*, November 2014, Volume 311, Number 5, pp. 60-65.

color, etc.) de una manera intencional y programada. Esto puede conseguirse al menos de dos formas: bien a través de objetos realizados con elementos pre-conectados que se fabrican mediante impresión 4D u otros procesos y que se ensamblan para formar una estructura completa mediante procesos de auto-transformación; bien a través de *voxels* (*volumetric pixels*) inconexos que pueden unirse o descomponerse de forma autónoma para formar estructuras programables mayores. La Materia Programable abarca toda una gama de capacidades tecnológicas que incluyen la impresión 3D, la micro-robótica, los materiales inteligentes, la nanotecnología y los sistemas micro-electromecánicos (MEMS, *Microelectromechanical Systems*), por citar sólo alguno de ellos.

El 3DP es una tecnología de uso general que se puede utilizar en una gran variedad de aplicaciones. Construye los objetos capa a capa lo que permite la fabricación de casi cualquier geometría incluyendo objetos imposibles de crear utilizando los procesos de fabricación convencionales. La Materia Programable añade a la 3DP la capacidad de “programar” los materiales fundamentales utilizados en la impresión 3D. Tradicionalmente los objetos se diseñaban para ser estables y permanecer estáticos e invariables en cuanto a su forma siendo la arquitectura uno de los ejemplos más significativos. Estos objetos pertenecían a un mundo inerte en el que no eran capaces de modificar su forma o función después de su fabricación. La “materia programada” permitiría la realización de cambios en las propiedades de los materiales (flexibilidad, porosidad, conductividad, propiedades ópticas y magnéticas, etc.) y se podrían crear objetos con la capacidad de ser ensamblados, desmontados y re-ensamblados para formar otros de mayor escala con la forma deseada y que además resultarían multifuncionales.

La capacidad de producir en masa componentes personalizados sin incrementos sustanciales de tiempo, material o pérdidas de eficiencia ha sido una de las ventajas revolucionarias aportadas por la fabricación aditiva. Sin embargo, no se tiene en cuenta realmente el tiempo y la energía necesarios para realizar las tareas de montaje de las piezas después de su fabricación en el caso de que tengan que ser ensambladas con otras para construir estructuras mayores como es el caso de la edificación. Para dar solución a esta cuestión el *Self-Assembly Lab* del MIT se dedica al desarrollo de materiales programables y auto-ensamblables para su aplicación en el ámbito edificatorio. Estos materiales necesitan que durante el proceso de fabricación se les “inserte” el “programa” de cambio y la energía potencial de transformación.

Para esto resulta imprescindible la posibilidad de impresión multi-material. Tibbits señala tres factores claves en este proceso: la versatilidad de la máquina de impresión, el dinamismo del material y la operatividad del “programa” geométrico. Las máquinas de Stratasys ofrecen la capacidad de impresión multi-material con una variedad de propiedades desde plásticos rígidos a blandos y también materiales transparentes con un control de alta resolución sobre la acción de deposición del material. Los materiales dinámicos (expansivamente “activos”) se imprimen simultáneamente con los materiales rígidos convencionales con el fin de conseguir al mismo tiempo la estructura del objeto y la energía potencial de transformación. El tercer factor es el diseño y localización en el material de la

programación geométrica adecuada que proporcionará la capacidad de auto-transformación. El comportamiento diferente de los materiales rígidos y activos genera una interacción dinámica que hace que se obtenga la configuración definitiva a partir de la forma inicial.

Se han realizado estructuras lineales (1D) que se transforman en bidimensionales (2D) y también en tridimensionales (3D) como, por ejemplo, la generación del cubo fractal de Hilbert. También se han desarrollado estructuras planas bidimensionales que se transforman en tridimensionales. Existe un amplio abanico de posibilidades de transformación de 1D, 2D y 3D que incluiría procesos de auto-plegado, auto-reparación de lesiones en estructuras y otras posibles reconfiguraciones geométricas que podrían tener grandes aplicaciones en el ámbito edificatorio.

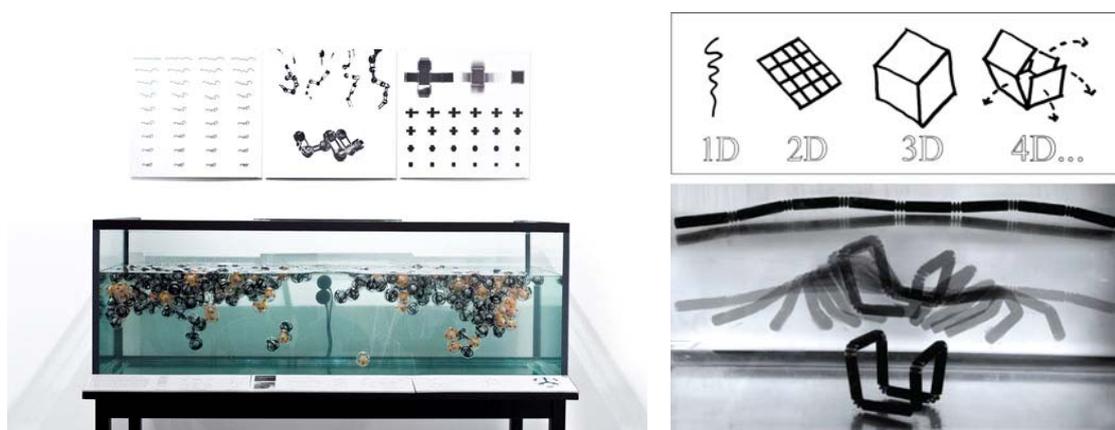


Ilustración 64. Self-Assembly Lab MIT + Stratasy, [Izquierda] *Fluid Crystallization*, 2013. [Derecha] *Wireframe Cube*, 2013.

En este sentido resulta interesante destacar la colaboración del MIT con Autodesk, la firma emblemática del *software* de representación gráfica digital en arquitectura, en el desarrollo de un nuevo *software*: el proyecto *Cyborg*. Se trata de una plataforma de diseño que abarca aplicaciones que van desde la escala nano a la escala humana y que ofrece la posibilidad de simular interacciones atómicas y moleculares para el diseño de materia “programable” y auto-ensamblable así como la optimización de las limitaciones de diseño y la elaboración geométrica de las juntas y uniones.

Los nuevos procesos de fabricación no se limitan a los materiales tradicionales: madera, metal o plásticos. Organovo (una empresa que desarrolla bio-impresoras 3D, como la NovoGen MMX Bioprinter, que producen tejidos humanos para la investigación médica y aplicaciones terapéuticas) trabaja con Autodesk en el desarrollo de *software* de diseño 3D para la bio-impresión, en donde capas de células vivas son utilizadas a la manera de “tónor” biológico para crear tejido humano. El objetivo sería conseguir la impresión de órganos humanos completos a partir de las propias células del individuo evitando el peligro de los rechazos orgánicos en determinados tratamientos médicos.

Mientras que herramientas como el *Project Cyborg* hacen posible un acercamiento a bio-mimetismo (*biomimicry*) a través de una manipulación de la materia cada vez más precisa,

otros investigadores como David Benjamin del Columbia *Living Architecture Lab* exploran nuevas formas de integrar la biología dentro de la arquitectura investigando las posibilidades de fabricación mediante el empleo de bacterias modificadas genéticamente para obtener materiales de construcción.¹⁴⁹

Nos encontramos, por tanto, ante un revival *high-tech* de la producción artesanal que ofrece la posibilidad de materializar y compartir de forma inmediata procesos de innovación centrados en el usuario que se convierte incluso en “hacedor” (maker) con la oportunidad de reinventar y reformular, ya no sólo el mundo digital de los bits, sino el mundo material de los átomos. En este proceso los límites entre las ciencias físicas y de la computación se desdibujan y pierden sentido debido a la mayor relación existente entre la información codificada y las propiedades físicas de los objetos.



Ilustración 65. Softkill Design, *ProtoHouse*, Londres, 2012.

Esto hace necesario reformular las lógicas del diseño y la construcción en arquitectura dado que las relaciones existentes entre la representación del diseño y la construcción material del mismo se ven alteradas por las nuevas herramientas. Las oportunidades que ofrecen la generación y fabricación digitales a través de procesos más intuitivos de manipulación directa y la libertad en la exploración de variaciones colocan al diseñador más cerca de la materialización del diseño, en una búsqueda de equilibrio entre la intuición del acto creativo, y la precisión y el control facilitado por las nuevas herramientas.

Todo lo anterior obliga a una reflexión crítica sobre la utilización de estas tecnologías y herramientas que producirán cambios radicales en la forma en que procesamos, organizamos, transmitimos y almacenamos la información y, por tanto, nuestras formas de representar el mundo. Es necesario tomar conciencia no sólo de lo que el ordenador y las tecnologías digitales hacen por y para nosotros sino también de lo que hacen con nosotros: la forma en que se modifica nuestra manera de pensar incluyendo la forma en que nos vemos a nosotros mismos.

¹⁴⁹ ARKENBERG, Chris (2013) “Cities of the Future, Built by Drones, Bacteria and 3-D Printers”. Disponible en línea: <<http://www.fastcoexist.com/1681891/cities-of-the-future-built-by-drones-bacteria-and-3-d-printers>>. [Fecha de consulta: 30/08/2014]

Before you upgrade your system,
how about upgrading your brain?



07_TARGET

CONCLUSIONES

Líneas de investigación

INDEX_Capítulo 07_TARGET¹

CONCLUSIONES

7.1 Conclusiones	359
7.1.1 Líneas de investigación futuras.	367

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: "*Antes de actualizar tu sistema, ¿qué hay de la actualización de tu cerebro?*", anuncio publicitario publicado en la revista *Computer Artist Magazine*, (s.f.).

Capítulo 07_TARGET

CONCLUSIONES

"Todo lo que vale la pena entender acerca de un sistema complejo puede ser comprendido en términos de cómo procesa la información."

Seth Lloyd²

7.1 Conclusiones

A lo largo de todo el proceso de esta investigación se ha explorado la importancia del fenómeno de la incorporación de la tecnología digital/informacional en el ámbito arquitectónico y se ha resaltado el papel clave que juega la información como material fundamental de la nueva arquitectura. La introducción del paradigma informacional permite analizar la renovación de la arquitectura desde el punto de vista de la influencia de los procesos de formalización, transmisión y desarrollo de la información.

La investigación se ha llevado a cabo por medio de una aproximación cultural al fenómeno de lo digital en arquitectura buscando una visión transversal y multidisciplinar, abierta e inclusiva, para poder abordar toda la amplia gama de matices que presenta el tema. El objetivo ha sido llegar a conocer y comprender las condiciones del fenómeno de la presencia de lo digital/informacional en la arquitectura contemporánea y describir algunos de los aspectos más destacados que lo caracterizan.

Las nuevas tecnologías permiten acceder a un universo complejo y dinámico, en el que la condición abierta de los procesos y la introducción de modelos procedentes de la teoría del caos y la incertidumbre como factores a tener en cuenta a la hora de proyectar y diseñar añaden un plus de dificultad a la tarea de cartografiar las características de este nuevo tiempo que podríamos catalogar como "informacional". En este contexto sometido a mutaciones y cambios se producen transformaciones como la crisis de los códigos tectónicos tradicionales, la búsqueda de una nueva poética arquitectónica o la creciente importancia epistemológica del *software* frente a la del *hardware*.

Los avances en las tecnologías de fabricación digital permiten reconciliar definitivamente la prefabricación y la personalización junto con el gran potencial que ofrece la investigación acerca de la robotización y la automatización de los procesos constructivos. Se produce una redefinición de la propia identidad profesional del arquitecto y el concepto de autoría se vuelve problemático y complejo en una época en la que comienzan a desarrollarse

² Seth Lloyd (n. 1960), profesor de ingeniería mecánica en el MIT. Su área de investigación es la interacción de la información con los sistemas complejos, especialmente los sistemas cuánticos. *"Everything that's worth understanding about a complex system, can be understood in terms of how it processes information."* LLOYD, Seth (2001) "How Fast, How Small, and How Powerful? Moore's Law and the Ultimate Laptop", en *Edge*, artículo en línea, disponible en <<https://edge.org/conversation/how-fast-how-small-and-how-powerful>>. [Fecha de consulta: 15/09/2015].

experiencias de trabajo colaborativo y participativo vinculadas a una notación de código abierto.

El desarrollo de las tecnologías digitales también plantea una reformulación de nuestra experiencia del mundo físico y resulta inseparable de una importante y trascendental transformación del concepto de materialidad. Esto se manifiesta en el renovado interés de la arquitectura por el ornamento, con un componente sensorial visual y táctil que se manifiesta en el tratamiento epidérmico de muchos proyectos.

Otro de los temas vinculados con la cultura digital es la cuestión de lo individual. En este sentido, la importancia dada a las preferencias y elecciones individuales supone un cambio de enfoque en la forma de ver el mundo con una perspectiva informacional que da más valor a las correlaciones que a las causalidades. Hay que añadir además una renovada preocupación por la dimensión ambiental y las mediaciones que se establecen entre el individuo y su entorno.

En este nuevo escenario adquieren relevancia los acontecimientos, eventos y sucesos, aspecto que se refleja en la proliferación de las pantallas y la consideración de lo performativo como un elemento clave de la reflexión sobre lo digital en arquitectura, unido al papel que juegan las interconexiones como elemento esencial de una sociedad caracterizada por la omnipresencia de los flujos.

Hay que señalar también el componente ético de las implicaciones que plantea la introducción de lo digital, sobre todo, si se vincula exclusivamente a cuestiones como la materialidad y la sensorialidad. La posible actitud de neutralidad acrítica encuentra una vía de superación en la puesta en valor de los criterios de sostenibilidad.

La investigación se enmarca dentro de la reflexión clásica sobre el papel de la tecnología en la arquitectura con la salvedad de que, a diferencia de lo sucedido en otras épocas de la historia, la tecnología digital no es una tecnología más sino que, por sus características específicas, lo invade todo, lo abarca todo, lo codifica todo y lo transforma todo, aspecto que incrementa de manera exponencial las repercusiones de su utilización y la complejidad de su análisis.

A lo largo de la tesis se han ido desgranando una serie de cuestiones que iban de lo más general y, en teoría, menos arquitectónico (como la descripción del contexto sociocultural de la sociedad de la información) hasta llegar a la idea emergente de una nueva materialidad en la que lo material se ve enriquecido por las características intrínsecas de lo digital. Podría decirse que la materia se enriquece con información convirtiéndose en una materialidad "informada". Se produce así una síntesis o acercamiento entre los ámbitos físico y virtual mediante la interacción directa entre los procesos materiales y digitales que van desde la fase del diseño a la de construcción/fabricación con la posibilidad real de trasladar los datos (información) del diseño directamente al proceso de realización material del objeto arquitectónico.

Las tecnologías digitales configuran las formas dominantes de la información, la comunicación y el conocimiento así como los procesos de investigación, producción, organización y gestión. Pero lo verdaderamente importante a la hora de analizar este fenómeno no son las herramientas tecnológicas, ni la lógica meramente instrumental de las mismas, sino los conceptos, las ideas, los modelos de pensamiento y las formas de razonar que subyacen detrás de las manifestaciones tecnológicas concretas que surgen de una determinada cultura y que al mismo tiempo la transforman.

Hemos podido comprobar a lo largo de las distintas fases de esta investigación cómo el desarrollo de la cultura digital constituye un fenómeno híbrido en el que se conjugan los entornos materiales de la tecnología electrónica con el entorno simbólico y metafórico de lo digital/informacional. Una de las cuestiones a tener en cuenta es la velocidad y la aceleración cultural de las transformaciones que se producen, lo que obliga a considerar que en el objeto de estudio priman los aspectos dinámicos, procesuales e interactivos que vienen dados por la mutación vertiginosa y constante de la información y de las relaciones y conexiones que se establecen como resultado de su propia naturaleza codificada.

La idea que subyace a lo largo de todo el trabajo es el papel clave que juega la información y cómo ese papel evoluciona hacia una nueva consideración de lo material que podemos denominar "nueva materialidad" o "materialidad digital". Para lograrlo se han explorado una serie de aspectos sin pretender abarcar la totalidad del fenómeno ni una exhaustividad en el análisis, dada la amplitud y la enorme variedad de la cuestión. Nos hemos centrado en la evolución de la sociedad de la información, que es el contexto en el que se desarrolla el fenómeno, para constatar que ésta no surge como resultado de la aparición de estas nuevas tecnologías sino que es precisamente la sociedad de la información que aparece en las postrimerías del siglo XIX la que genera el caldo de cultivo en el que se desarrollarán la cibernética, la informática y las tecnologías aplicadas que permitirán el avance, evolución y aplicación práctica de los conceptos teóricos.

Las explicaciones sobre el presente a menudo, por no decir siempre, es necesario ir a buscarlas a un pasado que, a veces, se redescubre de forma creativa al explorarlo con nuevos ojos o a la luz de nuevas ideas o conceptos. Debe resaltarse la importancia y el peso que han tenido los orígenes de la cultura digital no sólo en lo que respecta a la introducción de las herramientas tecnológicas en la actividad arquitectónica sino también en la introducción en el proceso del proyecto de un modo lógico de pensamiento que podríamos denominar como digital o computacional. Esta influencia ha quedado claramente reflejada en los apartados dedicados a las primeras experimentaciones cibernéticas de la arquitectura, los intentos de introducción de un lenguaje de patrones, las consideraciones acerca de la teoría de sistemas y redes o los intentos de automatización por medio de "máquinas arquitectónicas" llevados a cabo en los centros más avanzados de investigación académica.

También se ha señalado cómo la perspectiva computacional resultó fundamental en el giro formalista y semiótico que caracterizó a las primeras manifestaciones del posmodernismo sin olvidar, claro está, el legado del movimiento megaestructural, los enfoques ambientales de

Archigram o Buckminster Fuller, las provocaciones de la arquitectura radical o los primeros proyectos de Rem Koolhaas o Bernard Tschumi.

Por otra parte, las vinculaciones con la ciencia y el arte proporcionan una dimensión de complejidad que repercute favorablemente sobre los procesos de diseño abriendo nuevas posibilidades creativas. Las aproximaciones a lo orgánico y lo biológico permiten reconsiderar la idea de funcionalidad puesto que la forma ya no se subordina a la función sino que se produce una redefinición mutua de carácter dinámico.

La metáfora de la liquidez y la fluidez se combina con el concepto de velocidad y aceleración, consustancial a la retórica del ordenador, con lo que se redefine la percepción temporal al difuminarse las fronteras entre la velocidad metabólica y la velocidad tecnológica. Se ha señalado también el papel de acelerador cultural de las tecnologías digitales que desintegran los patrones tradicionales para volver a reintegrarlos más tarde bajo formas novedosas por medio de la capacidad de transformación y homogeneización que posee la codificación digital.

Se constata además que no existe un contexto teórico categorizado en forma de "ismos" o movimientos que permitan una clasificación de los nuevos fenómenos. La incredulidad con respecto a los metarrelatos, surgida del posmodernismo, los efectos de inmediatez e instantaneidad en la producción y transmisión de la información y la velocidad y aceleración de los cambios tienen como consecuencia más inmediata la dificultad para establecer una determinada categoría estable de clasificación y que cuente además con una aceptación generalizada.

Aparece de este modo, vinculado directamente a los procesos de globalización, el concepto de supermodernismo en arquitectura, en paralelo con la visión de la sobremodernidad desarrollada en el ámbito antropológico. Con esta denominación no se pretende una clasificación tipológica o formal, ni fijar una teoría o unas reglas de acción sino, más bien, explicitar la realidad de una arquitectura que responde a la existencia de tres formas de abundancia o exceso: la abundancia de acontecimientos, la expansión del espacio y el exceso de individualización. La consecuencia será una arquitectura neutral, que conecta bien con la neutralidad inherente al código digital, en la que ya no prima el contexto sino la transparencia, la valoración de la experiencia directa y sensorial y el tratamiento de la "piel" del edificio en una actitud de carácter realista y pragmático.

Junto a los efectos de la globalización, la consideración de la complejidad y de los modelos del pensamiento basados en la emergencia y la auto-organización se convierten en los conceptos centrales de una consideración holística de los problemas de diseño. Los mecanismos creativos y los mundos formales vinculados a la idea de complejidad se situarán cerca de alguna de estas tres lógicas: la del fragmento, la de la aceptación de las teorías del caos y la incertidumbre o la de la recreación de los efectos energéticos vinculados a la luz y la desmaterialización.

Lo que se podría definir como un nuevo estilo informacional configura una arquitectura caracterizada por su vinculación con el ambiente digital e influenciada por el impacto de las nuevas tecnologías de la información y que incorpora conceptos relacionados con la comunicación, la hiperfuncionalidad y el denominado sistema/espacio. De la objetividad del funcionalismo se pasa a una nueva subjetividad que sustituye la relación causa-efecto por la narratividad y las metáforas, por lo que el edificio se convierte en una máquina de comunicación. Esta renovación se articula en tres "sustancias", en la terminología empleada por Antonino Saggio, definidas por la nueva concepción fragmentaria del paisaje urbano, la nueva relación entre arquitectura y naturaleza y, finalmente, la concepción del espacio como un sistema en el que lo importante son las relaciones y las interconexiones. Es una arquitectura que se ocupa de las estrategias, los procesos y del contexto con el fin de adaptarse a un entorno social y ambiental aceleradamente informacional.

La información se convierte en el componente esencial de la nueva arquitectura a través de las interconexiones dinámicas propiciadas por la informática y las tecnologías digitales. Del paradigma mecánico o perspectivista se pasa al "paradigma digital" caracterizado por la no-linealidad, la velocidad y las posibilidades de cambio y mutación. Esto plantea una arquitectura basada en la subjetividad, la personalización, la comunicación y la complejidad.

En esta nueva forma de pensamiento resulta clave el concepto de "modelo" y la posibilidad de simulación estrechamente relacionada con la capacidad de generar metáforas en un contexto de interconexiones dinámicas. Hay que destacar el papel de la afinidad entre el arte y la arquitectura y la transferencia constante de ideas y conceptos entre ambas. Aparece así el concepto de "hiperarquitectura" que se caracteriza por la pérdida del significado tradicional de lugar, el fin de la distinción animado/inanimado que tendrá una gran repercusión en la nueva visión de lo material y una reflexión profunda sobre la tríada forma-información-relación.

Los proyectos analizados como antecedentes de arquitecturas vinculadas a la información y la comunicación junto con la revisión del trabajo del arquitecto Toyo Ito nos sirven para ilustrar cómo la arquitectura ha reflexionado sobre el impacto de la electrónica en un contexto dominado por la información y los flujos dinámicos, la complejidad, el cambio y la mutación. El caso de estudio de la Mediateca nos muestra un paradigma de la arquitectura de "límites difusos", abierta y flexible, que aprovecha el valor de lo fortuito y lo anecdótico y apuesta por la transparencia, integrando a la vez accesibilidad y visibilidad, dos de los aspectos característicos de la sociedad de la información. El edificio se convierte en un nodo de conexiones y aprovecha la metáfora subacuática de su concepto de diseño para reflejar de forma magistral la fluidez de la era digital.

La interactividad se constituye en el elemento fundamental en esta fase de la investigación arquitectónica porque define el núcleo del sistema de comunicación contemporánea, coloca al sujeto en una posición de centralidad, incorpora la capacidad de crear modelos de información, interconectados y mutables, y además juega estructuralmente con el tiempo. Frente a la objetividad como concepto clave de la modernidad, la narración adquiere un papel preponderante y junto a la interactividad define un ambiente comunicativo

en el que prima la pluridimensionalidad y la discontinuidad de las figuras retóricas y en el que los modos de actuación "no lineales" como, por ejemplo, el hipertexto se convierten en el aspecto característico de un nuevo modo de pensar.

El papel de la interactividad se puede resumir en tres cuestiones clave: su relación con el mundo de la comunicación y el aumento de la subjetividad (individualización y personalización); su papel central en el nuevo contexto debido a la asimilación de los modelos procedentes del mundo digital informático; y la componente hipertextual que hace de la discontinuidad y la no-linealidad una de las estrategias emergentes de diseño. En el caso de estudio dedicado a la proliferación de las pantallas urbanas y la arquitectura como soporte dinámico para la comunicación y la interacción, se han ofrecido ejemplos concretos de este tipo de planteamiento en los que el espacio se transforma en un producto mediático que potencia los aspectos metafóricos y narrativos a los que nos hemos referido anteriormente.

Se destaca también el interés de la reflexión sobre el concepto de interfaz desde el punto de vista arquitectónico dado que se relaciona directamente con nuestra forma de observar y comprender la realidad. Esta reflexión se convierte en un aspecto clave de la experimentación arquitectónica en función de dos tipos de desplazamiento conceptual: el paso desde una estética centrada en el objeto hacia una valoración de la temporalidad y los procesos y, en segundo lugar, el abandono de la idea de autoría individual en favor de estrategias que potencian los procesos de creación colaborativa y participativa.

En esta línea se toma como ejemplo el concepto de "cyberarquitectura" planteado por Ana Paula Baltazar que propone la generación de un "tercer espacio" (real y virtual) condicionado por la participación activa de los usuarios y que transforma al arquitecto en una especie de "programador" que crea (programa) lugares de "conexión" para que surjan apropiaciones imprevistas del espacio por parte de los usuarios y se superen de este modo las limitaciones de la representación arquitectónica tradicional. Resulta evidente que la interfaz se transforma en un problema arquitectónico en su relación con la sociedad de la información y la cultura digital. El espacio adquiere un papel de mediador, siendo tarea de la arquitectura realizar una "nueva síntesis" entre las realidades física y electrónica.

Los ejemplos de arquitecturas atmosféricas, como el caso de estudio del *Blur Building* o las instalaciones de Olafur Eliasson, muestran cómo el edificio se puede transformar en un elemento activo, un dispositivo sensible que procesa información transformándose en una interfaz al mismo tiempo que se plantean nuevas alianzas entre arquitectura y naturaleza materializadas a través de los fenómenos de hibridación entre el arte y la arquitectura.

El verdadero desafío para la arquitectura es de naturaleza estética más que tecnológico, científico o funcional y consiste en la búsqueda de nuevos modos de ver, interpretar y construir en los que la información pasa a ser el elemento fundamental. La nueva subjetividad vinculada a la información y a la interactividad define una estética de rotura y de cambio caracterizada por la "no linealidad" y las figuras retóricas.

En la parte final de la investigación se ha podido constatar cómo la aparición de una nueva dimensión de lo material propiciada por las nuevas herramientas digitales se está convirtiendo en el modelo dominante de un cambio de orientación de la arquitectura hacia procesos ligados a la lógica de la fabricación. Aparecen así nuevas lógicas tectónicas que, con diferentes nombres (nueva materialidad, materialidad digital, materialidad in-formada) describen el vínculo informacional existente entre forma, estructura y material. Podemos considerar esta línea continua de procesos integrados que incluyen generación, materialización y fabricación como el auténtico concepto emergente del nuevo diseño digital/informacional en arquitectura.

El análisis de la investigación se ha centrado más en los conceptos y en los modelos de pensamiento que en la lógica pragmática de las herramientas concretas que, por la inexorabilidad de la "ley de Moore", cambian constantemente y a gran velocidad quedando rápidamente obsoletas y siendo sustituidas por nuevos desarrollos. Esta potencialidad de los modelos permitió precisamente la posibilidad de experimentar con la idea de computación en arquitectura cuando todavía no existían los medios tecnológicos para llevarla a cabo, en la más genuina tradición de la investigación sobre los aspectos lógicos y sistemáticos de un determinado problema.

La "perspectiva digital/informacional" de la arquitectura, este nuevo "Vitruvio digital" que permite una comprensión global del proceso que va desde la ideación a la fabricación utilizando categorías informacionales, es lo que realmente interesa del problema. No se pretende la obtención de conclusiones de carácter absoluto incompatibles con la propia naturaleza del objeto de estudio, pero se ha definido un marco de comprensión de los diversos aspectos del mismo desde diferentes perspectivas y con una vocación transversal y claramente multidisciplinar.

A lo largo de los distintos capítulos y fases de la investigación se ha conseguido resaltar el aspecto informacional de la nueva arquitectura digital a través de la utilización de modelos de pensamiento vinculados al discurso de la información y con una influencia evidente de las ideas del pensamiento cibernético. Si como afirmaba Antonino Saggio, el valor de los vegetales que adquirimos en el supermercado representa en un 90% pura información, resulta evidente que, del mismo modo, la arquitectura digital está constituida por mensajes, códigos, algoritmos, *scripts*, parámetros, en definitiva, pura información.

Este hecho condiciona totalmente la forma de idear, representar, comunicar, fabricar y construir la arquitectura, así como sus posibilidades de virtualización y las estrategias de gestión de la información utilizadas en el proyecto arquitectónico. Tenemos que tener en cuenta que no toda la arquitectura realizada con medios digitales puede calificarse como arquitectura digital sino más bien aquella que toma sus ideas, sus valores y sus estrategias de la cultura digital que, a su vez, se nutre de los modelos de pensamiento propios de la era de la información.

Los avances de las tecnologías de diseño y fabricación digital junto con las herramientas de modelado avanzado han producido un impacto significativo en la ideación

arquitectónica y en la práctica constructiva. Se han abierto nuevas oportunidades para la producción y la construcción de formas complejas que hubiesen resultado muy difíciles y costosas de idear, diseñar, producir y montar utilizando las técnicas tradicionales. La capacidad para generar y analizar digitalmente la información del diseño y luego utilizarla de forma directa para fabricar y construir edificios redefine la relación existente entre la concepción de la idea y la producción final de la misma. Esto da lugar a nuevas sinergias entre arquitectura, ingeniería y construcción debido al uso de las tecnologías digitales de forma híbrida en las fronteras entre las distintas disciplinas.

El movimiento desde lo digital a lo físico que permiten estas herramientas proporciona una gran cantidad de oportunidades al diseño arquitectónico para investigar las transiciones entre la forma, la máquina y el material produciéndose un redescubrimiento de la geometría arquitectónica caracterizada como "avanzada" o "inteligente". Existe un amplio abanico de enfoques que expresan la potencialidad generativa sin precedentes de las técnicas digitales, lo que permite a los agentes que intervienen en el proceso un compromiso pleno con el acto de construir al permitir la existencia de un *continuum* de información desde el diseño hasta la construcción.

Esto no quiere decir que no se deba mantener una actitud crítica hacia las potencialidades de lo digital sino que se debe tratar de ver más allá de los problemas de la estética formal. El trabajo de diseño especulativo, permitido por las tecnologías digitales y los planteamientos paramétricos y performativos, debería provocar un debate acerca de las posibilidades y los retos del futuro digital. El auténtico desafío radica en comprender el diseño generativo y las tecnologías de producción digitales de una forma mucho más profunda que como simples herramientas para la producción de formas complejas y espectaculares.

La era digital nos ofrece, además de un nuevo repertorio de formas construidas, un vínculo directo entre aquello que se diseña y lo que finalmente se construye. Esta digitalización de la información que fusiona y hace converger diseño y construcción permite la posibilidad de un mayor control de todo el proceso. Si se integran el diseño, el análisis, la fabricación y el montaje, aparece la oportunidad de reorganización y modernización de toda la actividad edificatoria dado que arquitectos, ingenieros, fabricantes y constructores participan conjuntamente y de forma colaborativa en los mismos procesos digitales favoreciendo los fenómenos de hibridación y mestizaje.

En la evolución de las tecnologías culturales, desde la invención del alfabeto hasta la actual omnipresencia del código binario, nos ha tocado en suerte ser los espectadores/protagonistas de un nuevo hito en la historia de las relaciones, siempre fascinantes, de la arquitectura con la ciencia y la tecnología. Si, como afirmaba McLuhan, "*primero construimos las herramientas y luego ellas nos construyen a nosotros*", tal vez el proceso de análisis de lo digital/informacional en la arquitectura sea en realidad un proceso de introspección personal, de entender cómo ha cambiado nuestra forma de ver el mundo bajo la influencia de estas herramientas y, sobre todo, cómo ha cambiado la forma en que nos vemos a nosotros mismos.

7.1.1 Líneas de investigación futuras

*"No dejaremos de explorar
Y el final de toda nuestra búsqueda
Será llegar al lugar del que partimos
Y conocer ese lugar por primera vez."*

T. S. Eliot, "Little Gidding", *Four Quartets*, (1942)³

La investigación comienza siempre con una pregunta o una determinada inquietud sobre un fenómeno en particular. A medida que se avanza en el estudio del mismo se van despejando incógnitas sobre el tema estudiado, pero, al mismo tiempo, se generan nuevas preguntas, nuevas ideas y se abren nuevas vías de trabajo o líneas de investigación.

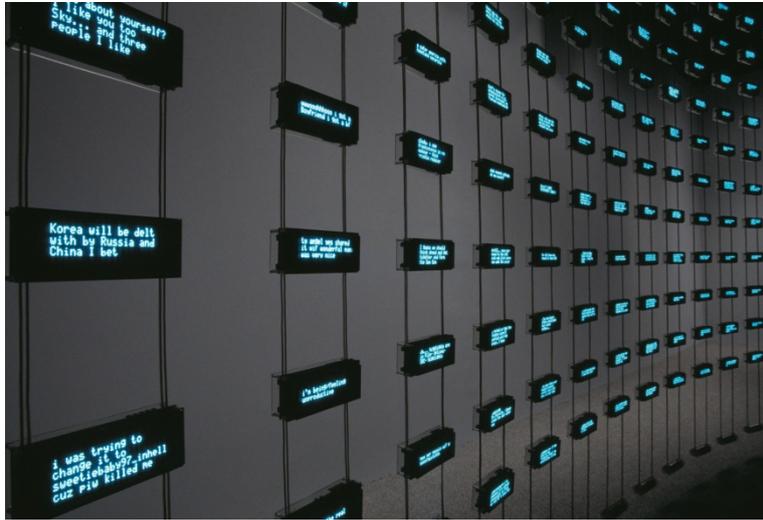
El oficio de investigador consiste precisamente, más allá de encontrar respuestas, en formular preguntas nuevas que puedan abrir nuevos horizontes al conocimiento. La investigación debe entenderse como un acto riguroso, pero a la vez creativo en el que la imaginación productiva o creadora juega un papel esencial. No podemos olvidar que el campo de la arquitectura digital/informacional es de una gran amplitud y además está en constante evolución por lo que ofrece grandes oportunidades para la investigación desde diferentes perspectivas y puntos de vista y con la posibilidad casi obligada de la aproximación transversal y multidisciplinar.

En este apartado se presentan algunas líneas de investigación o ideas de trabajo que pueden ser objeto de interés con el fin de continuar el trabajo iniciado con esta tesis que debería verse como el primer paso de un viaje más largo de exploración de las implicaciones de lo digital/informacional en la arquitectura:

- Elaborar unas bases conceptuales para el análisis crítico y la reflexión teórica sobre una estética de lo digital/informacional en arquitectura con un especial interés en el papel que juega la subjetividad en las metodologías de diseño algorítmico y paramétrico así como la nueva función del ornamento surgida de la experimentación con texturas, colores, patrones y topologías permitidas por las nuevas herramientas.
- Profundizar en la idea de "materialidad digital" como concepto emergente incidiendo en los aspectos disruptivos que puede presentar el concepto de "materia programada", las estrategias de "autoensamblaje" o la introducción de componentes biológicos en las propuestas arquitectónicas.

³ *"We shall not cease from exploration/And the end of all our exploring/Will be to arrive where we started/And know the place for the first time."*

- Analizar las posibilidades del concepto de "artesanía digital" y los vínculos operativos con la tradición que permitan combinar las propiedades tectónicas de los materiales y las técnicas tradicionales con las nuevas lógicas formales posibilitadas por las herramientas de fabricación digital, la robótica y la automatización.
- Estudiar la potencialidad de los procesos de diseño de final abierto y de las estrategias de "*open architecture*" y "*open design*" en su relación con la aplicación de las tecnologías de fabricación digital y la implementación de modelos de trabajo colaborativo y participativo en el campo del diseño arquitectónico.
- Investigar acerca de las implicaciones de la introducción del concepto de no linealidad, las teorías de las ciencias de la complejidad y los sistemas emergentes en las estrategias formales y de producción del diseño arquitectónico.
- Explorar la posibilidad de nuevas transferencias tecnológicas innovadoras con un especial interés en los modelos que ofrece la naturaleza para la búsqueda de soluciones de diseño sostenible con sus implicaciones culturales, estéticas y técnicas.
- Realizar una reflexión crítica sobre los métodos de investigación en diseño arquitectónico (*architectural design research*) y la dicotomía que se plantea entre el "diseño como investigación" (*design as research*) y la "investigación como diseño" (*research as design*).



08_LINKS

BIBLIOGRAFÍA

INDEX_Capítulo 08_LINKS¹

BIBLIOGRAFÍA

8.1 Bibliografía.	371
8.1.1 Publicaciones del autor vinculadas a la investigación.	403
8.1.1.1 Comunicaciones y ponencias en congresos.	403
8.1.1.2 Artículos publicados en revistas.	404

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: RUBIN, Ben; HANSEN, Mark (2001-2003) "*Listening Post*". En sus colaboraciones, el artista neoyorkino Ben Rubin (1964) y el científico Mark Hansen (1964), profesor de Estadística en la universidad de UCLA y experto en redes de sensores medioambientales, exploran la creación de sistemas que visualicen los procesos y dinámicas subyacentes de la comunidad de Internet. Su instalación "*Listening Post*" reproduce una selección de fragmentos de conversaciones que tienen lugar en chats o salas de conversaciones de habla inglesa en la Red durante la media hora anterior. Estos datos en bruto son ordenados conforme a las reglas de uno de los siete programas que Hansen ha desarrollado y, posteriormente, se muestran los fragmentos transcritos en pantallas, a la vez que son leídos por una voz digital. Fuente: Catálogo exposición "Máquinas y almas. Arte digital y nuevos medios" Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2008.

Capítulo 08_LINKS

BIBLIOGRAFÍA

8.1 Bibliografía

AAVV (2012) *Libro Blanco Smart Cities*. Madrid: Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial y Madrid Network.

ÁBALOS, Iñaki (2005) *Atlas pintoresco. Vol. 1: el observatorio*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

ÁBALOS, Iñaki (2007) "Bartleby, el arquitecto". Artículo en Suplemento *Babelia*, periódico *El País*, 10/03/2007.

ÁBALOS, Iñaki; HERREROS, Juan (1995) "Toyo Ito: el tiempo ligero", en *El Croquis. Toyo Ito: 1986-1995*, nº 71, 1995, pp. 32-48.

ACHTEN, Henry (2011) "Degrees of Interaction Towards a Classification", en *Respecting Fragile Places, 29th eCAADe Conference Proceedings eCAADe 2011 International Conference*, Ljubljana. Ljubljana, Slovenia: University of Ljubljana. Faculty of Architecture, pp. 565-572.

ACKROYD, Peter (2012) *Londres. Una biografía*. Barcelona: Edhasa.

ALEXANDER, Christopher (1980, 2ª ed.) *Tres aspectos de matemática y diseño y la estructura del medio ambiente*. Barcelona: Tusquets Editores.

ALISON, Jane; BRAYER, Marie-Ange; MIGAYROU, Frederic; SPILLER, Neil [eds.] (2007) *Future City. Experiment and utopia in architecture*. Londres: Thames & Hudson.

ALLEN, Stan (1995) "Terminal velocities: The computer in the design studio", en *Practice: Architecture, technique and representation (Critical voices in art, theory & culture)*, Londres: Routledge, pp. 242-245. Versión en español: "Velocidades terminales: el ordenador en el estudio de diseño" en ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) *La digitalización toma el mando*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 39-57.

ALONSO PEREIRA, José Ramón (2003) *Utopía y deconstrucción en la arquitectura contemporánea*. Oviedo: Facultad de Geografía e Historia.

ALONSO PEREIRA, José Ramón (2005) *Introducción a la Historia de la arquitectura*. Barcelona: Editorial Reverté.

ALONSO PEREIRA, José Ramón (2011) "El Centro Pompidou de París y el sentido corbuseriano del lugar", en *Cuadernos de Proyectos Arquitectónicos. Nº 2. El Lugar*. Septiembre 2011. Madrid: DPA-ETSAM-UPM, pp. 27-32.

ALONSO, Rodrigo (2004) "El espacio expandido", en *art.es*, 6-7, Madrid, noviembre 2004/febrero 2005. Artículo en línea.

Disponible en: <http://www.roalonso.net/es/arte_y_tec/espacio_expandido.php>.

ALONSO, Rodrigo (2006) "La arquitectura como interfaz", en CIRLOT, Lourdes BUXÓ, M^a Jesús; CASANOVAS, Anna; ESTÉVEZ, Alberto T. (2007) *Arte, Arquitectura y Sociedad_ Digital*. Barcelona: Universitat de Barcelona/ESARQ-UIC, pp. 107-109.

AMADO LORENZO, Antonio; FRAGA LÓPEZ, Fernando (2015) "El dibujante digital. Dibujo a mano alzada sobre tabletas digitale." en *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, [S.l.], n. 25, jun. 2015, pp. 108-119.

ANDERS, Peter (1998) *Envisioning Cyberspace: designing 3D electronic spaces*. Nueva York: McGraw-Hill.

ANDERSON, Chris (2004) "The Long Tail", en *Wired Magazine*, Issue 12.10, October, 2004. Disponible en: <<http://archive.wired.com/wired/archive/12.10/tail.html>>.

ANDERSON, Chris (2012) *Makers. The New Industrial Revolution*. Nueva York: Crown Business. Versión en español: ANDERSON, Chris (2013) *Makers: La nueva revolución industrial*. Barcelona: Empresa Activa.

ANKER, Peder (2005) "The Bauhaus of Nature", en *Modernism/Modernity*, vol. 12, no. 2 April (2005), pp. 229-251.

ANKER, Peder (2010) *From Bauhaus to Ecohouse. A History of Ecological Design*. Baton Rouge: Louisiana State University Press.

ARCA CALDAS, Olimpio (2009) *Ramón Silvestre Vereá García: inventor, xornalista, estradense*. A Coruña: Pío García.

ARKENBERG, Chris (2013) "Cities of the Future, Built by Drones, Bacteria and 3-D Printers". Disponible en línea: <<http://www.fastcoexist.com/1681891/cities-of-the-future-built-by-drones-bacteria-and-3-d-printers>>.

AUGÉ, Marc (1992) *Non-lieux. Introduction à une anthropologie de la surmodernité*. París: Éditions du Seuil. Versión en español: (1996) *Los no lugares. Espacios del anonimato. Una antropología de la sobremodernidad*. Barcelona: Editorial Gedisa.

BALLESTEROS, José (2008) *Ser Artificial. Glosario práctico para verlo todo de otra manera*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

BALMOND, Cecil (2002) *Informal*. Munich: Prestel.

BALMOND, Cecil (2007) *Element*. Munich: Prestel.

BALTAZAR, Ana Paula (2009) *Cyberarchitecture: the virtualisation of architecture beyond representation towards interactivity*. Tesis doctoral no publicada. Supervisor: Philip Tabor. Londres: The Bartlett School of Architecture, University College London, UCL.

BALTAZAR, Ana Paula (2001) "Architecture as Interface: forming and informing spaces and subjects", en KOIVUNEN, Anu; PAASONEN, Susanna [eds.] (2001) *Conference Proceedings for*

Affective Encounters: Rethinking Embodiment in Feminist Media Studies, University of Turku, School of Art, Literature and Music Series A, nº 49, Media Studies, Turku, Finland, 2001.

BALTAZAR, Ana Paula (2001) "E-futuros: projectando para um mundo digital", en *Arquitextos. Periódico mensual de textos de arquitectura*. Disponible en web: <<http://www.vitruvius.com.br>>.

BANHAM, Reyner (1977) "The Pompidolium", en *Architectural Review*, vol. CLXI, nº 963, Mayo 1977, pp. 271-278.

BARCELÓ, Miquel (2008) *Una historia de la informática*. Barcelona: Editorial UOC.

BARRIA CHATEAU, Hernán (2007) "Desde la transparencia a la desaparición de la arquitectura" en *arquitecturarevista*, Vol. 3, nº 1, janeiro/junho de 2007, pp. 19-27.

BASTIDA DE LA CALLE, M^a Dolores (2001) "El Panorama: una manifestación artística marginal del siglo XIX", en *Revista Espacio Tiempo y Forma. Serie VII, Historia Del Arte, 0(14)*. Madrid: UNED, pp. 205-217.

BATESON, Gregory (2000) *Verso un'ecologia della mente*. Milán: Adelphi Edizioni, p. 296. Versión en español: (1985) *Pasos hacia una ecología de la mente. Una aproximación revolucionaria a la autocomprensión del hombre*. Buenos Aires: Carlos Lohlé.

BAUDRILLARD, Jean (1977) "El efecto Beaubourg. (Implosión y disuasión)", en BAUDRILLARD, Jean (1978) *Cultura y simulacro*. Barcelona: Editorial Kairós, pp. 77-99.

BAUDRILLARD, Jean (1986) *Amérique*. Paris: Éditions Grasset & Fasquelle. Versión en español: (1997) *America*. Madrid: Editorial Anagrama.

BAUMAN, Zygmunt (2003) *Modernidad Líquida*. México: Fondo de Cultura Económica.

BECHTHOLD, Martin (2012) "La personalización de la cerámica: la artesanía digital". Resumen de conferencia impartida en *Qualicer'12. XII Foro Global del Recubrimiento Cerámico*, 13 y 14 de febrero de 2012, Castellón. Disponible en línea: <<http://www.qualicer.org/>>.

BECK, Ulrich (2001) *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Madrid: Paidós.

BECKMANN, John [ed.] (1998) *The Virtual Dimension. Architecture, Representation, and Crash Culture*. Nueva York: Princeton Architectural Press.

BELLO, Xuan (2002) *Historia universal de Paniceiros*. Madrid: Editorial Debate.

BELTING, Hans (1987) *The End of the History of Art?* Chicago: The University of Chicago Press.

BENEDIKT, Michael [ed.] *Cyberspace: The First Steps*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

BENEVOLO, Leonardo (1987) *Historia de la arquitectura moderna*. (6^a ed.) Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

BENIGER, James R. (1986) *The Control Revolution: Technological and Economic Origins of the Information Society*. Cambridge (MA.): Harvard University Press.

BENJAMIN, Walter (1973) "La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica", en *Discursos Interrumpidos I. Filosofía del arte y de la historia*. Madrid: Taurus Ediciones, pp. 17-60.

BERMAN, Marshall (1988) *Todo lo sólido se desvanece en el aire. La experiencia de la modernidad*. Madrid: Siglo Veintiuno Editores.

BERMEJO PATIÑO, Manuel R. [coord.] (2008) *Dos ábacos aos computadores*. Santiago de Compostela: Servicio de Publicacións da USC.

BERMÚDEZ, Julio; NEIMAN, Bennett (1998) "Entre la civilización análoga y digital: el taller de medios y manipulación espacial", en II Seminario Iberoamericano de Grafico Digital [SIGRADI Conference Proceedings / Mar del Plata (Argentina) 9-11 september 1998, pp. 46-55. Disponible en web: <<http://cumincades.scix.net/cgi-bin/works/Show?c648>> y en <<http://www.arch.utah.edu/julio.htm>>. Fuente: Archi-Forum. E-Journal.

BERTOL, Daniela (1997) *Designing Digital Space, An Architect's Guide To Virtual Reality*. Nueva York: John Wiley & Sons.

BETTETINI, Gianfranco; COLOMBO, Fausto (1995) *Las nuevas tecnologías de la comunicación*. Barcelona: Paidós.

BETSKY, A. et al. [eds.] (2003) *Scanning: The Aberrant Architectures of Diller + Scofidio*. Nueva York: Whitney Museum of American Art.

BIG - Bjarke Ingels Group (2011) *Yes is more*. Colonia: Taschen Verlag.

BINEFA, Marc; FUSANO, Montserrat [coord.] (2005) *Arquitecturas Genéticas II. Medios digitales & formas orgánicas*. Barcelona: ESARQ / SITES Books.

BLAU, Eve (2007) "Transparency and the Irreconcilable Contradictions of Modernity," en *PRAXIS 9* (fall 2007), pp. 50-59.

BLÁZQUEZ, Susana (2014) "Paredes de quitar y poner" en periódico *El País*, 2014/12/27, Madrid. Disponible en: <http://economia.elpais.com/>.

BORGES, Jorge Luis (1981) *El Aleph*. Buenos Aires: Alianza/Emecé.

BOUMAN, Ole (2002) "Hyperarchitecture", en OOSTERHUIS, Kas (2002) *Programmable Architecture*. Milano: l'Arca Edizioni, pp. 6-9.

BOYER, M. Christine (1995) *CyberCities: visual perception in the age of electronic communication*. Nueva York: Princeton Architectural Press.

BRONCANO Fernando (2009) *La melancolía del ciborg*. Barcelona: Herder.

- BROWN, Tim (2008) "Design thinking", en *Harvard Business Review*, 86 (6), pp. 84-92.
- BRUSCATO PORTELLA, Underléa (2006) "De lo digital en Arquitectura". Tesis Doctoral dirigida por el profesor Juan Puebla Pons. Barcelona: UPC.
- BRUSCATO PORTELLA, Underléa (2006) "I+D. Ideación digital en la Arquitectura Actual". Santiago de Chile: SIGraDi2006.
- BRYSON, Bill (2011) *En casa. Una breve historia de la vida privada*. Barcelona: RBA.
- BULLIVANT, Lucy (2005) "Media House Project: the House is the Computer, the Structure is the Network", en *Architectural Design, Special Issue: 4dspace: Interactive Architecture*. Architectural Design, Volume 75, Issue 1, January/February 2005, Wiley Academy, pp. 51-53.
- BURRY, Mark [ed.] (2001) *Cyberspace: The World of Digital Architecture*. Melbourne: The Images Publishing Group.
- CACHE, Bernard (1995) *Earth Moves: The Furnishing of Territories*. Cambridge (MA.): The MIT Press.
- CALDUCH CERVERA, Joan (2001) *Temas de Composición Arquitectónica. Espacio y lugar*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- CALVINO, Italo, (1998) *Seis propuestas para el próximo milenio*. Madrid: Ediciones Siruela.
- CALVINO, Italo (2005) *Las ciudades invisibles*. Madrid: Ediciones Siruela.
- CAMPBELL, Thomas A.; TIBBITS, Skylar; GARRETT, Banning (2014) "The Next Wave: 4D Printing. Programming the Material World". Washington: The Atlantic Council Publications.
- CAPRA, Fritjof (2003) *Las conexiones profundas: implicaciones sociales, medioambientales, económicas y biológicas de una nueva visión del mundo*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- CARMONA, Carla (2015) *Wittgenstein. La consciencia del límite*. Valencia: Batiscafo.
- CARONIA, Antonio (2008) *Il Cyborg. Saggio sull'uomo artificiale*. Milán: Shake Edizioni.
- CARPO, Mario (2009) "Revolución 2.0. El fin de la autoría humanista" en Revista *Arquitectura Viva* 124, pp. 19-25.
- CARPO, Mario (2011) *The Alphabet and the Algorithm*. Cambridge (MA.): The MIT Press.
- CARPO, Mario (2011) "Del alfabeto al algoritmo. Sobre la autoría digital y el diseño paramétrico", en Revista *Arquitectura Viva* 140, p. 112.
- CARPO, Mario [ed.] (2013) *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*. Londres: John Wiley & Sons Ltd.

CARR, Nicholas (2008) «Is Google Making Us Stupid?» en *The Atlantic* 301 (6). <<http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2008/07/is-google-making-us-stupid/306868/>>

CARR, Nicholas (2011) *Superficiales. ¿Qué está haciendo Internet con nuestras mentes?* Madrid: Taurus.

CARR, Nicholas (2014) *Atrapados: Cómo las máquinas se apoderan de nuestras vidas*. Madrid: Taurus.

CARRILLO, Jesús (2004) *Arte en la Red*. Madrid: Ediciones Cátedra.

CARRILLO, Jesús (2010) "Los no lugares de Marc Augé", en *Revista El Cultural*, 30/04/2010. http://www.elcultural.es//version_papel/ARTE/27111/Los_no_lugares_de_Marc_Auge

CASCONI, Kim (2000) "The Aesthetics of Failure: Post-Digital Tendencies in Contemporary Computer Music", en *Computer Music Journal*, 24:4. Winter 2000, pp. 12-13.

CASTELLS, Manuel (1996) *The Information Age: Economy, Society and Culture. Volume I: The Rise of the Network Society*. Cambridge, Massachusetts: Blackwell Publishers Inc. Versión en español: (2008) *La era de la información, vol. I: La Sociedad Red*. Madrid: Alianza Editorial.

CASTELLS, Manuel (2004) "Informationalism, Networks, and the network society: a theoretical blueprint", en CASTELLS, Manuel [ed.] *The network society: a cross-cultural perspective*. Northampton: Edward Elgar, p. 2.

CERTEAU, Michel de (1980) *L'invention du quotidien I. Arts de faire*. Paris: Gallimard. Versión en español: (2000) *La invención de lo cotidiano. I. Artes de hacer*. México: Universidad Iberoamericana.

CHAVARRÍA, Javier (2002) *Artistas de lo inmaterial*. Hondarribia: Editorial Nerea.

CHIARELLA, Mauro (2004) "Geometry and Architecture: NURBS, Design and Construction", en *Proceedings of the Fourth International Conference of Mathematics & Design, Special Edition of the Journal of Mathematics & Design*, Volume 4, No.1, pp. 135-139.

CHOMA, Joseph (2015) *Morphing. A guide to mathematical transformations for architects and designers*. Londres: Laurence King Publishing.

CHRISTENSEN, Clayton M. (1997) *The Innovator's Dilemma*. Cambridge (MA.): Harvard Business School Press.

CIFUENTES QUIN, Camilo Andrés (2014) *Narrativas cibernéticas y arquitectura computacional*. Tesis doctoral inédita. Dirigida por Joaquín Regot Marimón y Pau de Solà-Morales Serra. Barcelona: Universidad Politècnica de Catalunya, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I.

CIRLOT, Lourdes; BUXÓ, M.J.; CASANOVAS, Anna; ESTÉVEZ, Alberto T. [eds.] (2007) *Arte, Arquitectura y Sociedad Digital*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona, pp. 133-144.

- COLAFRANCESCHI, Daniela (2007) *Landscape + 100 palabras para habitarlo*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- COLQUHOUN, Alan (1977) "Plateau Beaubourg" en *Architectural Design*, vol. 47, nº 2. Reimpresión en: COLQUHOUN, Alan (1981) *Essays in Architectural Criticism. Modern Architecture and Historical Change*. Cambridge (MA.): The MIT Press, pp. 110-119.
- CONRADS, Ulrich (1973) *Programas y manifiestos de la arquitectura del siglo XX*. Barcelona: Editorial Lumen.
- CONVERSO, Stefano (2008) *SHoP Works. Collaborazione costruttive in digitale*. Roma: EdilStampa.
- CORTÉS, Juan Antonio (2010) "Ligereza y espesor en la arquitectura contemporánea", en *Cuadernos de Proyectos Arquitectónicos, Innovación y tradición en la arquitectura contemporánea*, nº 1. Madrid: Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la ETSA, UPM, pp. 28-32.
- DADE-ROBERTSON, Martyn (2011) *The Architecture of Information. Architecture, interaction design and the patterning of digital information*. Londres: Routledge.
- DANTO, Arthur C. (1995) "El final del arte", en *El Paseante*, 1995, núm. 22-23.
- DANTO, Arthur C. (1999) *Después del fin del arte: el arte contemporáneo y el linde de la historia*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- DAVIDSON, Cynthia [ed.] (2006) *Tras el rastro de Eisenman*. Madrid: Ediciones Akal.
- DAVIS, Erik (1998) *Techgnosis: Myth, Magic + Mysticism in the Age of Information*. Nueva York: Harmony Books. Reimpresión en: SPILLER, Neil (2002) *Cyber_reader: critical writings for the digital era*. Londres: Phaidon Press, pp. 190-195.
- De FUSCO, Renato (2001) "Internet non s'addice all'architettura", en *Revista «Op. cit.»* nº 112, pp. 5-13.
- De LANDA, Manuel (1997, 2009, Sixth Printing) *A Thousand Years of Nonlinear History*. New York: Zone Books. Versión en español: De LANDA, Manuel (2011) *Mil años de historia no lineal*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- De LANDA, Manuel (2004) "Material Complexity", en LEACH, Neal; TURNBULL, David; WILLIAMS, Chris (2004) pp. 14-21.
- De LANDA (2001) "Deleuze y el uso del algoritmo genético en arquitectura", en ORTEGA, Lluís (2009) pp. 151-158.
- DE SOTO, Pablo & Hackitectura [eds.] (2010) *Situation Room*. Barcelona: dpr-barcelona.
- DEBRAY, Régis (1992) *Vie et mort de l'image. Une histoire du regard en Occident*. París: Éditions Gallimard. Versión en castellano: (1994) *Vida y muerte de la imagen. Historia de la mirada en Occidente*. Barcelona: Ediciones Paidós Iberica.

- DEBRAY, Régis (2001) *Introducción a la mediología*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- DELEUZE, Gilles (1988) *Le pli. Leibniz et le Baroque*. París: Les Éditions de Minuit. Versión en español: (1989) *El pliegue. Leibniz y el Barroco*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- DELEUZE, Gilles (1995) *Pourparlers*. París: Éditions de Minuit. Versión en español: (1999) *Conversaciones 1972-1990*. Valencia: Pre-Textos.
- DELEUZE, Gilles; PARNET, Claire (1977) *Dialogues*, París: Flammarion, París. Versión en castellano: (1980) *Diálogos*. Valencia: Pre-Textos.
- DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix (2000) *Mil Mesetas. Capitalismo y esquizofrenia*. Valencia: Pre-Textos.
- DEWEY, John (1982) *Democracia y Educación*. Buenos Aires: Editorial Losada.
- DÍAZ, Esther (2007) *Entre la tecnociencia y el deseo. La construcción de una epistemología ampliada*. Buenos Aires: Editorial Biblos.
- DILLER, Elizabeth (2000) "Defining Atmosphere: The Blur Building", en *Doors of Perception 6: Lightness*, 2000. Disponible en: <www.doorsofperception.com>.
- DILLER, Elizabeth (2001) "Blur/Babble" en DAVIDSON, Cynthia C. (2001) *Anything*. Cambridge (MA.): MIT Press.
- DILLER, Elizabeth (2007) "Architecture is a Special Effects Machine". Presentación en la EG 2007 Conference del TED, Diciembre 2007. Disponible en: <http://www.ted.com/talks/liz_diller_plays_with_architecture.html>.
- DILLER, Elizabeth + SCOFIDIO, Richard (2002) "Blur [Difuso/Borroso/Desenfocado]", en: *Pasajes de Arquitectura y Crítica*, nº 39, septiembre, 2002, p. 62.
- DILLER, Elizabeth + SCOFIDIO, Richard (2002) *blur: the making of nothing*. Nueva York: Harry N. Abrams.
- DILLER+SCOFIDIO (2002) "Yverdon-les-Bains February 2002" (Blur Building), en FERRÉ, Albert [ed.] (2004) *Verb MATTERS*, nº 2, Architecture Boogazine. Barcelona: ACTAR, pp. 20-47.
- DOLLENS, Dennis (2002) *De lo digital a lo analógico*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- DOMÍNGUEZ MARTÍN, Eva (2013) *Periodismo inmersivo: La influencia de la realidad virtual y del videojuego en los contenidos informativos*. Barcelona: Editorial UOC.
- DOMÍNGUEZ UCETA, Enrique (2011) *Herzog & de Meuron*. Madrid: Unidad Editorial.
- DUARTE, Fabio (1999) *Arquitetura e tecnologias de informação: da revolução industrial à revolução digital*. São Paulo: Editora da UNICAMP.
- DUNN, Nick (2012) *Proyecto y construcción digital en arquitectura*. Barcelona: Art Blume.

ECO, Umberto (1965) *Apocalittici e integrati*. Casa Ed. Valentino Bompiani. Versión en castellano: (1968) *Apocalípticos e integrados*. Barcelona: Editorial Lumen.

ECO, Umberto (1986) *La estrategia de la ilusión*. Barcelona: Editorial Lumen.

ECHIVARRÍA, Javier (2000) *Telópolis*. Barcelona: Destino.

EISENMAN, Peter (2003) *Blurred Zones: Investigations of the Interstitial*. Nueva York: The Monacelli Press.

ENGELI, Maia (2000) *Digital Stories. The Poetics of Communication*. Basel: Birkhäuser.

ENGELI, Maia [ed.] (2001) *Bits and Spaces. Architecture and Computing for Physical, Virtual, Hybrid Realms*. Basel: Birkhäuser.

ERIOLO, Alessio (2005) *hyperarchitettura: reale/virtuale nella progettazione architettonica*. Florencia: Alinea Editrice.

ESPAÑOL, Joaquim (2001) *El orden frágil de la arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

ESTEBAN PENELAS, José Luis (2007) *Superlugares. Los espacios inter-media*. Madrid: Editorial Rueda.

FANJUL, Sergio C. (2012) "Entre la basura y lo genial", en *Cultura El País*, 07/08/2012. <<http://cultura.elpais.com/cultura/2012/08/07/actualidad/>>

FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Ángel José (2009) "'Building with bits, not bricks...' The Design of a Virtual Architecture in Cyberspace", en *1st International Conference on Construction & Building Research*. Madrid, June 24th, 25th and 26th, 2009. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

FERNÁNDEZ GALIANO, Luis (1995) "Pieles frías", en *Arquitectura Viva* 45, *PIELES FRÍAS. De Nouvel a Dudler, aristas de Europa*, Noviembre-Diciembre, 1995, p. 3.

FERNÁNDEZ GALIANO, Luis (1999) "1995-Una caja es una caja es una caja. El paradigma del minimalismo suizo" en *Arquitectura Viva*, "La década digital", nº 69, Noviembre-diciembre 1999, pp. 36-37.

FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis (1998) "El arte del museo", en *AV Monografías "Museos de Arte"*, nº 71, 1998, p. 6.

FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis (2009) "El diluvio digital", en *Revista Arquitectura Viva*, núm. 124, p. 3.

FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis (2014) "Palimpsestos" en *Revista Arquitectura Viva Palimpsestos. Ampliando la vida de los edificios* nº 162 - 4/2014, p. 3.

FERNÁNDEZ VICENTE, Antonio [coord.] (2015) *La ciudad digital: Esperanzas, riesgos y desilusiones en las redes*. Cuenca: Ediciones de la UCLM.

FERRÉ, Albert [ed.] (2004) *Verb MATTERS*, nº 2, Architecture Boogazine. Barcelona: ACTAR.

FISCHER, Ole W. "Atmospheres-Architectural Spaces between Critical Reading and Immersive Presence", *en field: a free journal for architecture*, "Architecture and Indeterminacy", Volume 1, issue 1 (September 2007), pp. 28-29.

FLURY, Aita [ed.] (2012) *Cooperation: The Engineer and the Architect*. Basel: Birkhäuser Verlag.

FOCILLON, Henry (1983) *Elogio de la mano*. Barcelona: Xarait Ediciones.

FORQUÉ, Richard (2010) *Building Knowledge in Architecture*. Amberes: University Press Antwerp, UPA.

FRAMPTON, Kenneth (1965) *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Versión en español: (1999) *Estudios sobre cultura tectónica. Poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX*. Madrid: Ediciones Akal.

FRAMPTON, Kenneth (1987) *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

FRANCO TABOADA, José Antonio (2008) "Jano bifronte. Impregnación y mestizaje en el área de la expresión gráfica arquitectónica", en *Actas del XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica: Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, (12. 2008. Madrid), pp. 317-323.

FRANCO TABOADA, José Antonio (2010) "Docencia, nuevos retos, nuevas metodologías", en *Actas del XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica: Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica* (05. 2010. Valencia), p. 220.

FRANCO TABOADA, José Antonio (2011) "Sobre perspectiva, fotografía e infografía. Apuntes para una fenomenología de la representación", en *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, [S.l.], n. 17, pp. 54-65.

Disponible en: <<http://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/883>>.

FRASER, Murray [ed.] (2013) *Design Research in Architecture. An Overview*. Surrey: Ashgate.

FRAZER, John (1995) "A Natural Model for Architecture/The Nature of the Evolutionary Model", en SPILLER, Neil [ed.] (2002) *Cyber reader: Critical writings for the digital era*. Londres: Phaidon, pp. 246-255. Versión en español: FRAZER, J. (1995) "Un modelo natural para la arquitectura. La naturaleza del modelo evolutivo", en: ORTEGA, Lluís (2009) pp. 29-38.

FRAZER, John (1995) *An Evolutionary Architecture*. Londres: Architectural Association. Disponible versión electrónica en: < <http://www.aaschool.ac.uk/publications/ea/intro.html>>.

FRIEDMAN, Mildred (1999) *Gehry talks: architecture + process*. Nueva York: Rizzoli.

FUKUYAMA, Francis (1992) *The End of History and the Last Man*. Nueva York: Free Press. Versión en español: (1992) *El fin de la historia y el último hombre*. Barcelona: Editorial Planeta.

FUSERO, Paolo (2009) *E-city: Digital Networks and Cities of the Future*. Barcelona: ACTAR-D List Lab.

GALLOWAY, Alexander R. (2012) *The Interface Effect*. Cambridge: Polity Press.

GARCÍA ALVARADO, Rodrigo; LYON GOTTLIEB, Arturo (2013) "Diseño paramétrico en Arquitectura; métodos, técnicas y aplicaciones", en *Arquisur Revista*, Año 3, Nº 3, pp. 17-27.

GARCÍA VÁZQUEZ, Carlos (2004) *Ciudad hojaldre. Visiones urbanas del siglo XXI*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

GARDINER J. (2009) "Sustainability and Construction-Scale Rapid Manufacturing: Opportunities for Architecture and the Construction Industry", en *Proceedings of RAPID 2009 conference*, Jun 17, 2009. Disponible en: < <http://www.microstationconnections.com/>>

GARGIANI, Roberto (2008) *Rem Koolhaas/OMA. The Construction of Merveilles*. Lausana: EPFL Press.

GAROFALO, Luca (1999) *Digital Eisenman. An Office of the Electronic Era*. Basel: Birkhäuser.

GAROFALO, Luca (2003) *Artscapes. El arte como aproximación al paisaje contemporáneo*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

GASTÓN, Cristina; ROVIRA, Teresa (2007) *El proyecto moderno. Pautas de investigación*. Barcelona: Edicions UPC.

GAUSA, Manuel (1999) "Tiempo dinámico/orden (in) formal: trayectorias (in) disciplinadas, en: *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*, 222, 1999, pp. 4-11. Nueva versión en: GAUSA, Manuel; DEVESA, Ricardo [eds.] (2010) p. 220.

GAUSA, Manuel (2005) *OPOP! Optimismo operativo en arquitectura*. Barcelona: ACTAR.

GAUSA, Manuel (2007) "Interacción", en COLAFRANCESCHI, Daniela (2007) *Landscape + 100 palabras para habitarlo*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 106-108.

GAUSA, Manuel (2010) *OPEN. Espacio. Tiempo. Información. Arquitectura, vivienda y ciudad contemporánea*. Teoría e historia de un cambio. Barcelona: ACTAR.

GAUSA, Manuel (2010) "Otra mirada, marco de red", en: GAUSA, Manuel; DEVESA, Ricardo [eds.] (2010) p. 13.

GAUSA, Manuel; DEVESA, Ricardo [eds.] (2010) *Otra mirada. Posiciones contra crónicas. La acción crítica como reactivo en la arquitectura española reciente*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

GAUSA, Manuel; GUALLART, Vicente (2001) *Diccionario Metápolis de Arquitectura Avanzada*. Barcelona: ACTAR.

GAWELL, Ewelina (2013) "Non-euclidean geometry in the modeling of contemporary architectural forms", en *The Journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics*, Volume 24 (2013), pp. 35-43.

GEERTZ, Clifford (1973) *The interpretation of cultures*. Nueva York: Basic Books. Versión en español: (2003) *La interpretación de las culturas*. Barcelona: Editorial Gedisa.

GERE, Charlie (2008) *Digital Culture*. Londres: Reaktion Books.

GERSHENFELD, Neil (1999) *When Things Start to Think*. Nueva York: Henry Holt and Co., Inc.

GERSHENFELD, Neil (2005) *Fab: the coming revolution on your desktop*. Nueva York: Basic Books.

GERSHENFELD, Neil (2012) "How to Make Almost Anything. The Digital Fabrication Revolution", en *Foreign Affairs*, Vol. 91, Num. 6, November/December Issue, 2012, pp. 43 – 57.

GIANNETTI, Claudia (2002) *Estética Digital. Sintopía del arte, la ciencia y la tecnología*. Barcelona: ACC L'Angelot.

GLEICK, James (1988) *Chaos: The making of a new science*. Nueva York: Penguin. Versión en español: (1998) *Caos, la creación de una ciencia*. Barcelona: Seix Barral.

GLYNN, Ruairi; SHEIL, Bob [eds.] (2011) *Fabricate: making digital architecture*. Cambridge: Riverside Architectural Press.

GÓMEZ ALZATE, Adriana (2008) "Gyorgy Kepes y la relación entre el arte y la tecnología", en *Revista KEPES*, Año 5, Nº 4, enero-diciembre, pp. 59-71.

GÓMEZ, Héctor (1999) "Cuando la aceleración y la realidad virtual nos alcancen", reseña del libro "El arte del motor. Aceleración y realidad virtual" de Paul Virilio, en *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, Época II, vol. V, núm. 9, junio, 1999. Colima, México: Universidad de Colima, pp. 167-170.

GÓMEZ, Joan (2011) *Cuando las rectas se vuelven curvas. Las geometrías no euclídeas*. Madrid: RBA.

GRAMAZIO, Fabio; KHOLER, Matthias (2008) "Towards a Digital Materiality", en KOLAREVIC, Branko; KLINGER, Kevin R. [eds.] (2008), pp. 103-118.

GRAMAZIO, Fabio; KOHLER, Mathias (2008) *Digital Materiality in Architecture*. Baden: Lars Müller Publishers.

GRAU, Abel (2008) "Internet cambia la forma de leer...¿y de pensar?", artículo en periódico *El País*, 10/10/2008. Disponible en:<<http://elpais.com>>.

GRAU, Oliver (2003) *Virtual Art. From Illusion To Immersion*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

GRAY, Carole; MALINS, Julian (2004) *Visualizing Research. A Guide to the Research Process in Art and Design*. Surrey: Ashgate.

- GREGORY, Paola (2003) *New Scapes. The Territory of Complexity*. Basel: Birkhäuser.
- GROAT, Linda N.; WANG, David (2013) *Architectural Research Methods*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- GROBMAN, Yasha J.; NEUMAN, Eran (2012) *Performatism: Form and Performance in Digital Architecture*. Abingdon, Oxon: Routledge/Taylor & Francis Group.
- GROSZ, Elizabeth A. (2001) *Architectures from the Outside. Essays on Virtual and Real Space*. Cambridge (MA.): The MIT Press.
- GUALLART, Vicente (1997) "Decálogo sin título", publicado en *BAU*, 1997, pp. 100-103. Nueva versión en: GAUSA, Manuel; DEVESA, Ricardo [eds.] (2010), pp. 259-264.
- GUALLART, Vicente [ed.] (2004) *Media House Project. The House is the Computer. The Structure is the Network*. Barcelona: Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya, IaaC.
- GUBERN, Román (1996, 3ª ed. 2003) *Del bisonte a la realidad virtual. La escena y el laberinto*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- GUERRA, Lucas H.; RIERA OJEDA, Óscar (1999) *Maquetas virtuales de arquitectura*. Colonia: Taschen.
- HADID, Zaha; SCHUMACHER, Patrik (2011) "Edificios adaptables", en periódico *El País*, 22/01/2011. Disponible en: <<http://elpais.com>>.
- HARAWAY, Donna J. (1985) "A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century", en *Socialist Review*, vol. 15, nº 2, pp. 424-457.
- HARAWAY, Donna J. (1991) *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*. Nueva York: Routledge. Versión en español: HARAWAY, Donna J. (1995) *Ciencia, cyborgs y mujeres. La reivención de la naturaleza*, Madrid: Cátedra.
- HAUSCHILD, Moritz; KARZEL, Rüdiger (2011) *Digital Processes. Planning. Design. Production*. Basel: Birkhäuser.
- HAYLES, N. Katherine (1998) *La evolución del caos El orden dentro del desorden en las ciencias contemporáneas*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- HEARN, Millard Fil, (2006) *Ideas que han configurado edificios*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- HEIN, Piet (1969) *Grooks 1*. Nueva York: Doubleday & Co. Piet Hein.
- HEREU, Pere; MONTANER, Joseph Maria; OLIVERAS, Jordi (1994) *Textos de Arquitectura de la Modernidad*. Barcelona: Nerea.
- HERNÁNDEZ GARCÍA, Iliana [comp.] (2005) *Estética, Ciencia y Tecnología*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

HERNÁNDEZ IBÁÑEZ, Luis (1997, 2ª ed. revisada 2004) *Elementos de visualización por computador en Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo*. A Coruña: Servicio de Publicaciones ETSICCP.

HERRERA VELAZCO, Rodrigo (2012) *Morphing arquitectónico: transformaciones entre las casas usonianas de Frank Lloyd Wright*. Tesis doctoral dirigida por Ernest Redondo Domínguez. Barcelona: Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I, UPC.

HILL, Jonathan (2006) *Immaterial Architecture*. Abingdon, Oxon: Routledge.

HOLL, Steven; PALLASMAA, Juhani; PÉREZ-GÓMEZ, Alberto (2006), *Questions of Perception, Phenomenology of Architecture*. San Francisco: William Stout Publishers.

HOLLAND, John (1975) *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press.

HOOKEYWAY, Branden (2014) *Interface*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

IBELINGS, Hans (1998) *Supermodernismo. Arquitectura en la era de la globalización*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

IGARASHI, Taro (2001) "Arquitectura superplana y subcultura japonesa", en *Pasajes de Arquitectura y Crítica. Especial Japón*, nº 29, 2001, pp. 4-9.

IGARASHI, Taro (2000) 21st Architecture, Superflat interview (Entrevista a Toyo Ito). *Bijutsu Techo*, Vol. 52, nº 784, mayo 2000.

IGARASHI, Yoshihide; ALTMAN, Tom; FUNADA, Mariko; KAMIYAMA, Barbara (2014) *Computing: A Historical and Technical Perspective*. Boca Ratón: Chapman and Hall/CRC Press/Taylor & Francis.

INCERTI, Guido; RICCHI, Daria; SIMPSON, Deane (2007) *Diller + Scofidio (+ Renfro) The Ciliary Function. Works and Projects 1979-2007*. Milán: Skira Editore.

ISHII, Iroshi; LAKATOS, D.; BONANNI, I.; LOABRUNE, J. B. (2012) "Radical Atoms: Beyond Tangible Bits, Toward Transformable Materials", en *Interactions*, Vol. XIX.1, January-February, 2012, pp. 38-51.

ITO, Toyo (1991) "Arquitectura en una ciudad simulada", en ITO, Toyo (2000), pp. 102-103.

ITO, Toyo (1993) "Un jardín de microchips. La imagen de la arquitectura en la era de la microelectrónica", en ITO, Toyo (2000) pp. 131-149.

ITO, Toyo, (1997) "Tarzan en el bosque de los medios", en *Revista 2G Revista Internacional de Arquitectura*, Sección 1997. TOYO ITO Nº 2. 1997/II. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 121-144.

ITO, Toyo (1999) "Blurring Architecture", en ITO, Toyo, *Blurring Architecture*, Milán: Edizioni Charta, pp. 50-59. Versión en español: ITO, Toyo (2006) pp. 24-30.

- ITO, Toyo (2000) *Escritos*. Murcia: Colección de Arquitectura, nº 41, COAAT de Murcia.
- ITO, Toyo (2006) *Arquitectura de límites difusos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- ITU, International Telecommunication Union (2005) *ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things*. Geneva. 2005. Disponible en: < <http://www.itu.int/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf>>.
- IWAMOTO, Lisa (2009) *Digital Fabrications. Architectural and Material Techniques*. Nueva York: Princeton Architectural Press.
- JAY, Martin (2008) *Ojos abatidos. La denigración de la visión en el pensamiento francés del siglo XX*. Madrid: Akal.
- JENCKS, Charles (1986, 3ª ed. amp.) *El lenguaje de la arquitectura posmoderna*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- JENCKS, Charles (1995) *The Architecture of the Jumping Universe*. Londres: Academy Editions.
- JENCKS, Charles (2002) *The New Paradigm in Architecture: the languages of Post-Modernism*. New Haven: Yale University Press.
- JÉREZ MARTÍN, Fernando (2013) *Estrategias de incertidumbre. Sistemas, máquinas interactivas y autoorganización*. Tesis Doctoral. Dirigida por Javier Francisco Raposo Grau. Madrid: ETSAM, UPM.
- JOHNSON, Steven (1997) *Interface Culture. How New Technology Transforms the Way We Create and Communicate*. Nueva York: Harper-Collins Publishers. Versión en portugués: (2001) *Cultura da interface: como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- KAPP, Silke; BALTAZAR, Ana Paula (2005) "Interface digital para produção autônoma de moradias" en: IX Congreso de Iberoamericano de Gráfica Digital - Sigradi, 2005, Lima. *Ponencias del IX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2005. pp. 793-799. Disponible en: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca_2/>.
- KARLGAARD, Rich (2011) "3D Printing Will Revive American Manufacturing", en *Forbes Magazine*, 23/06/2015. Disponible en línea: <<http://www.forbes.com/>>.
- KEPES, Gyorgy (1944) *The Language of Vision*. Chicago: Paul Theobald.
- KEPES, Gyorgy (1956) *The New Landscape in Art and Science*. Chicago: Paul Theobald.
- KERCKHOVE, Derrick de (1999a) *La piel de la cultura: Investigando la nueva realidad electrónica*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- KERCKHOVE, Derrick de (1999b) *Inteligencias en conexión. Hacia una sociedad de la web*. Barcelona: Editorial Gedisa.

KERCKHOVE, Derrick de (2000) "Dove stiamo andando? Il cambiamento di scala. Tecnoriflessioni in occasione del Millennio", en *Domus*, gennaio, 2000, nº 822, p. 72.

KERCKHOVE, Derrick de (2001) *The Architecture of Intelligence*. Basel: Birkhäuser.

KERCKHOVE, Derrick de (2005) "Los sesgos de la electricidad", en *Lección inaugural del curso académico 2005-2006 de la UOC*. Barcelona: UOC. Artículo en línea disponible en: <<http://www.uoc.edu/inaugural05/esp/kerckhove.pdf>>.

KESTELIER, Xavier de (2011) "Design Potential for Large-Scale Additive Fabrication", en GLYNN, Ruairi; SHEIL, Bob [eds.] (2011) pp. 244-249.

KIDWELL, Peggy Aldrich (1995) "Ideology and invention: The calculating machine of Ramón Verea", en *Rittenhouse: Journal of the American Scientific Instrument Enterprise*, 1995, 9(2), pp. 33-41.

KLOOSTER, Thorsten [ed.] (2009) *Smart Surfaces and their Application in Architecture and Design*. Basel: Birkhäuser.

KOLAREVIC, Branko [ed.] (2003) *Architecture in the Digital Age. Design and Manufacturing*. Nueva York: Spoon Press/Taylor & Francis.

KOLAREVIC, Branko; MALKAWI, Ali [eds.] (2005) *Performative Architecture. Beyond Instrumentality*. Nueva York: Spon Press.

KOLAREVIC, Branko; KLINGER, Kevin R. [eds.] (2008) *Manufacturing Material Effects: Rethinking Design and Making in Architecture*. Abingdon: Routledge.

KOOLHAAS, Rem, (1985) "The Terrifying Beauty of The Twentieth Century", en KOOLHAAS, Rem; MAU, Bruce, (1995) pp. 205-208.

KOOLHAAS, Rem; MAU, Bruce (1995) *S, M, L, XL*. Rotterdam: 010 Publishers.

KOVATS, Stephen [ed.] (1999) *Media Revolutions*. Frankfurt y Nueva York: Campus Verlag.

KRAUEL, Jacobo (2010) *Arquitectura Digital. Innovación y Diseño*. Barcelona: LinksBooks.

KRAUSS, R. (1996) *La originalidad de la Vanguardia y otros mitos modernos*. Madrid: Alianza Forma.

KRISTEVA, Julia (1984) "Revolution in Poetic Language", en MOI, Toril (1986) pp. 89-136.

KUBO, Michael; SALAZAR, Jaime (2004) "Una breve historia de la era de la información" en AAVV (2004) *Verb Architecture Boogazine nº 2 "Matters"*. Barcelona: Actar, pp. 2-19.

KUHN, Thomas S. (2006) *La estructura de las revoluciones científicas*, 3ª edición. México: Fondo de Cultura Económica.

KWINTER, Sanford (1996) "Flying the Bullet, or When Did the Future Begin?", en KWINTER, Sanford [ed.] (1996) *Rem Koolhaas: conversations with students*. Houston: Architecture at Rice

Publications. Versión en español: "Volar con la bala o ¿cuándo empezó el futuro?", en KWINTER, Sanford [ed.] (2002) p. 67.

KWINTER, Sanford [ed.] (2002) *Rem Koolhaas: conversaciones con estudiantes*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

LAKOFF, George (2007) *No pienses en un elefante. Lenguaje y debate político*. Madrid: Editorial Complutense.

LAMARCA LAPUENTE, María Jesús (2006) *Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen*. Tesis doctoral. Dirigida por Félix del Valle Gastaminza: Madrid: Universidad Complutense. Disponible en : <<http://www.hipertexto.info/>>.

LAMAS, Santiago (2004) *Galicia Borrosa*. Sada: Ediciós do Castro.

LANDAU, Royston (1969) *Nuevos caminos de la arquitectura inglesa*. Madrid: Blume.

LATOUR, Bruno (2007) *Nunca fuimos modernos. Ensayo de antropología simétrica*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

LAVIN, Sylvia (1999) "Open the Box: Richard Neutra and the Psychology of the Domestic Environment," en *Assemblage*, nº. 40 (December 1999), pp. 6–25.

LE CORBUSIER (1978) *Hacia una arquitectura*. Buenos Aires: Editorial Poseidón.

LE CORBUSIER (2003) *Aircraft*. Madrid: Abada Editores.

LEACH, Neil [ed.] (2002) *Designing For A Digital World*. Londres: Wiley Academy.

LEACH, Neil, "Swarm tectonics", en LEACH, Neil; TURNBULL, David; WILLIAMS, Chris [eds.] (2004) pp. 70-77.

LEACH, Neil; TURNBULL, David; WILLIAMS, Chris [eds.] (2004) *Digital Tectonics*. Londres: Wiley-Academy.

LÉVI-STRAUSS, Claude (1964) *El pensamiento salvaje*. México: Editorial Fondo de Cultura Económica.

LÉVY, Pierre (1999) *¿Qué es lo virtual?*. Barcelona: Ediciones Paidós.

LÉVY, Pierre (2007) *Cibercultura. La cultura de la sociedad digital*. Barcelona: Anthropos Editorial.

LEWIS, Richard; LUCIANA, James (2002) *Digital Media. An Introduction*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

LIPOVETSKY, Gilles; CHARLES, Sébastien (2006) *Los tiempos hipermodernos*. Barcelona: Editorial Anagrama.

LIPOVETSKY, Gilles; SERROY, Jean (2009) *La pantalla global. Cultura mediática y cine en la era hipermoderna*. Barcelona: Editorial Anagrama.

LIPPARD, Lucy (2004) *Seis años: La desmaterialización del objeto artístico. De 1966 a 1972*. Madrid: Akal.

LIPPARD, Lucy; CHANDLER, John (1968) "The Dematerialization of Art", en *Art International*, 12, nº 2, pp. 31-36.

LIU, Yu-Tung [ed.] (2002) *Defining Digital Architecture. 2001 FEIDAD Award*. Basel: Birkhäuser.

LIU, Yu-Tung [ed.] (2003) *Developing Digital Architecture. 2002 FEIDAD Award*. Basel: Birkhäuser.

LIU, Yu-Tung [ed.] (2004) *Diversifying Digital Architecture. 2003 FEIDAD Award*. Basel: Birkhäuser.

LIU, Yu-Tung [ed.] (2005) *Demonstrating Digital Architecture. 2004 FEIDAD Award*. Basel: Birkhäuser.

LIU, Yu-Tung [ed.] (2007) *Distinguishing Digital Architecture. 2006 FEIDAD Award*. Basel: Birkhäuser.

LLORCA ABAD, Germán (2005) "(In)comunicación y arquitectura. Paul Virilio: claves para un debate", en *Comunicación. Revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Literatura*, nº 3. Sevilla: Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad y Literatura. Facultad de Comunicación. Universidad de Sevilla. pp. 235-251.

LÓPEZ DE LACALLE RAMOS, Silvia (2000) "Teoría del Caos: Hacia el conocimiento de la realidad." Disponible en línea en: < <http://www.iac.es/gabinete/difus/ciencia/silbia/caos.htm> >.

LÓPEZ SILVESTRE, Federico (2004) *El paisaje virtual. El cine de Hollywood y el neobarroco digital*. Madrid: Biblioteca Nueva.

LORENZO-EIROA, Pablo; SPRECHER, Aaron [eds.] (2013) *Architecture in Formation On the Nature of Information in Digital Architecture*. Abingdon: Routledge.

LUNENFELD, Peter [ed.] (1999) *The Digital Dialectic. New Essays on New Media*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

LYNN, Greg; RASHID, Hani (2002) *Architectural Laboratories*. Rotterdam: NAI Publishers.

LYNN, Greg (2004) *Folds, Bodies & Blobs. Collected Essays*. Bruselas: La lettre volée.

LYOTARD, Jean François (1979) *La condition postmoderne*. París: Éditions de Minuit. Versión en español: (1989) *La condición postmoderna. Informe sobre el saber*. Madrid: Ediciones Cátedra.

LYOTARD, Jean-François (1985) "Les Immateriaux", en *Art and Text*. nº 17. April 1985, pp. 47-57.

- MADERUELO, Javier [ed.] (2006) *Medio siglo de arte: últimas tendencias, 1955-2005*. Madrid: Abada Editores.
- MALDONADO, Tomás (1994) *Lo real y lo virtual*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- MALDONADO, Tomás (1998) *Crítica de la razón informática*. Barcelona: Paidós Multimedia.
- MALÉ-ALEMANY, Marta; SOUSA, José Pedro (2008) "Computation and Materiality", en KOLAREVIC, Branko; KLINGER, Kevin R. [eds.] (2008) p. 131.
- MANCINI, Daniele (2002) "Sendai Mediatheque: Hyperarchitecture", en "AIB Notizie", 14 (2002), n. 10-11, pp. 9-14. Disponible en: <<http://www.aib.it/aib/editorial/n14/02-10mancini.htm>>.
- MANDELBROT, Benoît (1987) *Los objetos fractales*. Barcelona: Tusquets.
- MANDELBROT, Benoît (1997) *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona: Tusquets.
- MANOVICH, Lev (1999) "Avant-Garde as Software". Disponible en línea: <www.manovich.net>. Versión en español: MANOVICH, Lev (2002) "La vanguardia como software". Disponible en línea: <<https://www.uoc.edu/artnodes/espai/esp/art/manovich1002/manovich1002.html>>.
- MANOVICH, Lev, (2001) *The Language of New Media*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Versión en español: MANOVICH, Lev (2005) *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Madrid: Ediciones Paidós.
- MANOVICH, Lev (2006) "The poetics of augmented space", en *Visual Communication*, June 2006 vol. 5 nº. 2, pp. 219-240.
- MANOVICH, Lev (2006) "The Poetics of Urban Media Surfaces". Artículo en línea. Disponible en: <http://firstmonday.org/issues/special11_2/manovich/index.html>.
- MANOVICH, Lev (2013), *Software takes Command*. Nueva York: Bloomsbury Academic. Versión en español: (2013) *El software toma el mando*. Barcelona: Editorial UOC.
- MANTOVANI, Silvia (2009) *Tra ordine e caos. Regole del gioco per una urbanistica paesaggista*. Florencia: Alinea Editrice.
- MARCHÁN FIZ, Simón [ed.] (1974) *La arquitectura del siglo XX. Textos*. Madrid: Alberto Corazón Editor.
- MARCHÁN FIZ, Simón [comp.] (2006) *Real/Virtual en la estética y la teoría de las artes*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- MARCHESE, Angelo; FORRADELLAS, Joaquín (1998) *Diccionario de retórica, crítica y terminología literaria*. Barcelona: Editorial Ariel.
- MARCOS ALBA, Carlos Luis (2010) "Dibujo Parametrizado: un no-dibujo necesario en el EGA", en *Actas del XIII Congreso Internacional EGA*. Vol. II. Valencia: Editorial UPV, pp. 393-398.

MARCOS ALBA, Carlos Luis (2011) "New materiality: Digital fabrication and open form. Notes on the arbitrariness of architectural form and parametric design", en *Proceedings of the IMProVe 2011. International Conference on Innovative Methods in Product Design* June 15th-17th, 2011, Venice, Italy, pp. 1037-1046.

MARCOS ALBA, Carlos Luis (2012) "Beyond Literal or Phenomenal Transparency. Physical Digitality", en *Digital Physicality-Physical Digitality. Proceedings eCAADe 2012 International Conference*, Prague, pp. 551-560.

MARCZYK, Adam (2004) "Genetic Algorithms and Evolutionary Computation. What is a genetic algorithm". Disponible en: <<http://www.talkorigins.org/>>.

MARINELLI, Giuseppe (1978) *Il centro Beaubourg a Parigi: "macchina" e segno architettonico*. Bari: Dedalo Libri.

MARKOPOULOS, Leigh; McDOUGALL (2014) *Over the Water*. Catálogo del proyecto *Over the Water: Fujiko Nakaya* desarrollado en el *Exploratorium* de San Francisco del 17 de abril al 6 de octubre de 2013. Oakland: Solstice Press.

MAROTTA, Antonello (2005) *Diller + Scofidio. Il teatro della dissolvenza*. Roma: EdilStampa.

MAROTTA, Antonello (2007) "Materialità fluida. Nel lavoro di Pongratz Perbellini Architects" en Suplemento "On&Off" de la revista *L'architetto Italiano*, n° 19. Roma: Mancosu Editore.

MARZAL FELICI, José Javier; RUBIO MARCO, Salvador (2002) *Guía para ver y analizar Blade Runner*. Barcelona: Ediciones Octaedro.

MASIERO, Roberto (2003) *Estética de la arquitectura*. Madrid: Visor.

MASSAD, Fredy; GUERRERO YESTE, Alicia [eds.] (2002) *a+a arquitecturanimación*. Barcelona: COAC-ACTAR.

MASSAD, Fredy; GUERRERO YESTE, Alicia (2003) "Arquitectura en la época de la Revolución Digital", en *Experimenta. Revista para la cultura del proyecto*, n° 45, julio 2003, Madrid, pp. 52-53.

MASSUMI, Brian (2006) "Transforming Digital Architecture from Virtual to Neuro. An Interview with Brian Massumi", en *intelligent agent* vol. 5 n° 2. Disponible en: <http://www.intelligentagent.com/archive/IA5_2interviewmassumimarkussen+birch.pdf>.

MATTELART, Armand (2002) *Historia de la sociedad de la información*. Barcelona: Paidós, p. 57.

MATTELART, Armand; MATTELART, Michèle (1997) *Historia de las teorías de la comunicación*. Barcelona: Paidós.

MAU, Bruce (2004) *Massive Change*. Londres: Phaidon Press.

MAUBANT, Jean Louis; MOURA, Leonel (2002) *Architopia. Art. Architecture. Science*. Cascais: Utopia Biennial 2001.

MAYER-SCHÖNBERGER, Viktor; CUKIER, Kenneth (2013) *Big data. La revolución de los datos masivos*. Madrid: Turner.

MAYNTZ, Renate (1982) *Sociología de la organización*. Madrid: Alianza Editorial.

McLUHAN, Marshall (1964) *Understanding Media. The Extensions of Man*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Versión en español: (1996) *Comprender los medios. Las extensiones del ser humano*. Barcelona: Ediciones Paidós.

MELLO, Patrizia (2008) *Ito Digitale. Nuovi media, nuovo reale*. Roma: Edilstampa.

MÉNDEZ, Ricardo (2003) "Del diseño de objetos al diseño de procesos", *SIGraDi 2003- Proceedings of the 7th Iberoamerican Congress of Digital Graphics*, Rosario Argentina 5-7 november 2003, pp. 80-82.

MERTINS, Detlef (2007) "Where Architecture Meets Biology: An Interview with Detlef Mertins", Publicado originalmente en: BROUWER Joke; MULDER, Arjen [eds.] (2007) *Interact or Die!*, Rotterdam: V2 Publishing, pp. 110-131.

Disponible en : <http://repository.upenn.edu/arch_papers/7>

MEYER, Hannes (1928) "bauen", *bauhaus, zeitschrift für gestaltung*, Dessau, año II, no.4 (1928). Versión en castellano en: CONRADS, Ulrich (1973) pp. 176-180.

MICHAUD, Yves (2007) *El arte en estado gaseoso. Ensayo sobre el triunfo de la estética*. México: Fondo de Cultura Económica.

MIES VAN DER ROHE, Ludwig (1981) *Escritos, Diálogos y Discursos*. Murcia: Comisión de Cultura del COAAT/Galería-Librería Yerba.

MIRALLES, Enric; PRATS, Eva (1991) "Como acotar un croissant. El equilibrio horizontal", en *El Croquis 49/50, Enric Miralles/Carme Pinós, 1988/1991. En Construcción*, pp. 240-241.

MITCHELL, William J. (1996) *City of Bits: Space, Place and the Infobahn*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

MITCHELL, William J. (1999) *E-topia: "Urban life, Jim-but not as we know it"*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Versión en castellano: (2001) *e-topia: "Vida urbana, Jim, pero no la que nosotros conocemos"*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

MITCHELL, William J. (2001) "Roll Over Euclid: How Frank Gehry Designs and Builds", en RAGHEB, J. Fiona (2001) *Frank Gehry, Architect*. Nueva York: Guggenheim Museum Publications, pp. 352-363.

MITCHELL, William J. (2003) *Me++; The Cyborg Self and the Networked City*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

MITCHELL, William J. (2005) *Placing Words*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

MITCHELL, William J. (2007) "Ciudades inteligentes". Artículo en línea en UOC Papers. Nº 5. Barcelona: UOC. Disponible en: <<http://www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/esp/mitchell.pdf>>.

MITCHELL, William J.; HANSEN, Mark B. N. [eds.] (2010) *Critical Terms for Media Studies*. Chicago: The University of Chicago Press.

MIZRAJI, Eduardo (1999) *El segundo secreto de la vida*. Montevideo: Ediciones Trilce.

MOLERO, Xavier (2013) "ENIAC: una máquina y un tiempo por redescubrir", en *Actas de las XIX Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática* (Jenui 2013). Castellón, 10-12 de julio 2013. Castellón: Publicaciones de la UJI, pp. 241-248.

MOI, Toril (1986) *The Kristeva Reader*. Nueva York: Columbia University Press.

MOLINUEVO, José Luis (2004) *Humanismo y nuevas tecnologías*. Madrid: Alianza Editorial.

MONEDERO ISORNA, Javier (1999) *Aplicaciones informáticas en arquitectura*. Barcelona: Edicions UPC.

MONTAGU, Arturo; PIMENTEL, Diego; GROISMAN, Martín (2004) *Cultura Digital. Comunicación y Sociedad*. Buenos Aires: Paidós.

MONTANER, Josep Maria (1993) *Después del movimiento moderno. Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

MONTANER, Josep Maria (1997) *La modernidad superada. Arquitectura, arte y pensamiento del siglo XX*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

MONTANER, Josep Maria (1999) *Arquitectura y crítica*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

MONTANER, Josep Maria (2002) *Las formas del siglo XX*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

MONTANER, Josep Maria (2008) *Sistemas arquitectónicos contemporáneos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

MORAVÁNSZKY, Ákos (2007) "Infiltrations and Interferences: Scientific Methods in Art and Architecture", en CIRLOT, Lourdes; BUXÓ, M.J.; CASANOVAS, Anna; ESTÉVEZ, Alberto T. [eds.] (2007) pp. 133-144.

MOREIRA, Inês; YOSHIMURA, Yuji (2003) "Práticas quotidianas aceleradas, ou onde vive Kazuyo Sejima?(1)", Artículo en línea publicado originalmente en la revista estudiantil NU, Coimbra, febrero de 2003, versión digital en Arquitectos-Periódico mensual de textos de arquitetura, año 04, dic. 2003, disponible en web: <<http://www.vitruvius.com>>.

MORGANTE, Andrea (2011) "Radiolaria Pavillion", en GLYNN, Ruairi; SHEIL, Bob [eds.] (2011) pp. 232-235.

MORIN, Edgar (2001) *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa, 4ª ed.

- MORRIS, A. E. J. (1984) *Historia de la forma urbana. Desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- MOTA, Catarina (2011) "The Rise of Personal Fabrication", en *C&C '11 Proceedings of the 8th ACM conference on Creativity and Cognition*. Nueva York: ACM, pp. 279-288.
- MOUZELIS, Nicos P. (1975) *Organización y burocracia*. Barcelona: Ediciones Península.
- MOUSSAVI, Farshid; KUBO, Michael [eds.] (2006) *The Function of Ornament*. Barcelona: Actar.
- MUNTAÑOLA THORNBERG, Josep (2002) *Arquitectura, modernidad y conocimiento*. Barcelona: Edicions UPC.
- MUÑOZ COSME, Alfonso (2008) *El PROYECTO de arquitectura. Concepto, proceso y representación*. Barcelona: Editorial Reverté.
- MUÑOZ, Vicente (2011) *Formas que se deforman. La Topología*. Barcelona: RBA.
- MURRAY, Scott (2013) *Translucent Building Skins. Material Innovations in Modern and Contemporary Architecture*. Londres: Routledge.
- NANTOIS, Frédéric (1999) "Le style informationnel en architecture", en *EXTENDED PLAY gli architetti e lo spazio digitale*. Artículo en línea.
Disponible en: <<http://architettura.it/extended/19990901/>>.
- NEGROPONTE, Nicholas (1995) *Being Digital*. Nueva York: Alfred A. Knopf. Versión en español: (1996) *El mundo digital. Un futuro que ha llegado*. Barcelona: Ediciones B.
- NEGROPONTE, Nicholas (1998) "Beyond Digital". *Wired*. Issue 6 (12). December, p. 288.
- NEUMEYER, Fritz (1995) Mies van der Rohe. *La Palabra sin Artificio: Reflexiones sobre Arquitectura, 1922-1968*. Madrid: El Croquis editorial.
- NOX (2004) "NOX. Maison Folie", artículo en línea en *Arch'it. Rivista digitale di architettura*.
Disponible en: <<http://architettura.it/architettura/20040330/>>
- OOSTERHUIS, Kas (2003) *Hyperbodies. Towards an E-motive architecture*. Basel: Birkhäuser.
- OOSTERHUIS, Kas; BIER, Henriette; AALBERS, Cas; BOER, Sander (2004) "File to Factory and Real-Time Behavior in ONL-Architecture", en *Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture: Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture and the 2004 Conference of the AIA Technology in Architectural Practice Knowledge Community*, 294-305. ACADIA. Cambridge and Toronto, Ontario, Canada: University of Waterloo, Cambridge and University of Toronto, 2004. Disponible en: <http://cumincad.architecturez.net/system/files/pdf/acadia04_294.content.pdf>.
- OPPICI, Fabio; WALKER, Enrique, (1998) *12 Entrevistas con arquitectos*. Santiago de Chile: Ediciones ARQ, Escuela de Arquitectura Pontificia Universidad Católica de Chile.

ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) *La digitalización toma el mando*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

ORTEGA, Lluís (2014) *Digitalization Takes Command : el impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Tesis doctoral. Director: Iñaki Ábalos. Codirector: Jaime Coll. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes Arquitectònics.

OXMAN, Rivka (2006) "Theory and Design in the First Digital Age", en *Design Studies*, Vol. 27, Nº 3, May 2006, p. 262.

OXMAN, Rivka (2011) "Informed tectonics in material-based design", en *Design Studies*, Volume 33, Issue 5, September 2012, pp. 427–455.

OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert [eds.] (2014) *Theories of the Digital in Architecture*. Abingdon, Oxon: Routledge, Taylor & Francis Group.

PALLASMAA, Juhani (2006) *Los ojos de la piel. La arquitectura y los sentidos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

PALUMBO, Maria Luisa (2006) "Listening spaces – Espacios a la escucha", en "Organicidades", [nodo en línea]. *Artnodes*. Nº 6. Barcelona: UOC.
Disponible en: <<http://www.uoc.edu/artnodes/6/dt/esp/palumbo.pdf>>.

PANDOLFINI, Eugenio (2013) "Dispersión visual y nuevas sinestias: consideraciones sobre el *Blur Building*", en: revista *ZARCH: Journal of interdisciplinary studies in Architecture and Urbanism*, Nº. 2, 2013. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, pp. 158-171.

PANDOLFINI, Eugenio (2014) *Percepción dispersa. Arquitectura y tactilidad en la sociedad de la comunicación*. Tesis doctoral. Dirigida por: M^a Teresa Muñoz Jiménez y Fernando Quesada López. Madrid: Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA, UPM.

PANIAGUA GUTIERREZ, Virginia; ALCALÁ, José Ramón (2015) "Metáforas visuales de la ciudad digital actual, dos décadas después", en FERNÁNDEZ VICENTE, Antonio [coord.] (2015) p. 169.

PASK, Gordon (1969) "The architectural relevance of cybernetics", en *Architectural Design*, 6, vol. 7, pp. 494-496. Versión en español: (1969) "La significación arquitectónica de la cibernética", en ORTEGA, Lluís [ed.] (2009) p. 27.

PELLEGRINO, Pierre; CORAY, Daniel (1999) *Arquitectura e Informatica*. Barcelona: Gustavo Gili.

PENZEL, Christian (2012) "The Culture of Construction: Examples from the Last Fifty Years of a Remarkable Development" - "Partial Collages-Rem Koolhaas, Cecil Balmond, and the Informal Patchwork", en FLURY, Aita [ed.] (2012) pp. 50-53.

PÉREZ DE LAMA HALCÓN, José Luis (2006), *Devenires cibernético. Arquitectura, urbanismo y redes de comunicación*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

PÉREZ LÓPEZ, Héctor Julio (2004) *La naturaleza en el arte posmoderno*. Madrid: Ediciones Akal.

PÉREZ-GÓMEZ, Alberto (1994) "Chora: The Space of Architectural Representation", en *Chora. Intervals in the Philosophy of Architecture*, vol. I. Montreal: McGill-Queen University Press, pp. 1-34.

PICON, Antoine (2004) "Architecture and the Virtual. Towards a New Materiality", en *Praxis: Journal of Writing and Building* 6, Nov. 2004, pp. 114-121. Versión en español: (2004) "La arquitectura y lo virtual. Hacia una nueva materialidad", en ORTEGA, Lluís (2009) pp. 67-83.

PICON, Antoine (2010) *Digital Culture in Architecture. An Introduction for the Design Professions*. Basel: Birkhäuser.

PICON, Antoine (2013) *Ornament. The Politics of Architecture and Subjectivity*. Chichester: John Wiley & Sons.

PISCITELLI, Alejandro (2002) *Ciberculturas 2.0. En la era de las máquinas inteligentes*. Buenos Aires: Paidós.

PLA i CARRERA, Josep (2012) *Euclides. La geometría. Las matemáticas presumen de figura*. Madrid: RBA.

PONGRATZ, Christian R.; PERBELLINI, Maria Rita (2009) *Cyberstone. Innovazioni digitali sulla pietra*. Roma: EdilStampa.

PONGRATZ, Christian R.; PERBELLINI, Maria Rita (2000) *Natural Born CAADesigners, Young American Architects*. Basilea: Birkhäuser. Versión italiana: (2000) *Nati con il computer, Giovani architetti americani*. Turín: Testo&Immagine.

PONT VIDAL, Josep (2013) "Autorreferencialidad, tecnología y desarrollo sostenible: hacia la autopoiesis reflexiva", en *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, Diciembre 2013, núm. 8. Barcelona: Cátedra Unesco de Sostenibilidad, UPC, p. 43-68.

PORTER, Tom (2004) *Archispeak: An Illustrated Guide to Architectural Terms*. Londres: Routledge.

POTTMANN, Helmut; ASPERL, Andreas; HOFER, Michael; KILIAN, Axel (2007) *Architectural Geometry*. Exton: Bentley Institute Press.

PRAZ, Mario (1981) *Mnemosyne. El paralelismo entre la literatura y las artes visuales*. Madrid: Editorial Taurus.

PRENSKY, Marc (2001) "Digital natives, Digital immigrants", en *Revista On the Horizon* vol. 9 nº 5, en <www.marcprensky.com>. Versión en español: (2010) "Nativos e inmigrantes digitales". Madrid: *Cuadernos SEK 2.0*.

PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1999) *HyperArchitecture. Spaces in the Electronic Age*. Basel: Birkhäuser.

PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1999) *This is Tomorrow*. Turín: Testo & Immagine.

PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (2005) "Reale o virtuale?", en TURSI, Antonio [ed.] (2005) p. 20.

PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (2008) *New Directions in Contemporary Architecture: Evolutions and Revolutions in Building Design Since 1988*. Chichester: John Wiley & Sons.

PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (s.f.) "HyperArchitettura oggi" Artículo en línea. Disponible en web: <<http://prestinenza.it/2014/03/hyperarchitettura-oggi/>>.

PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1998) *This is tomorrow. Avanguardie e architettura contemporanea*. Turín: Testo & Immagine. Introducción disponible en web: <<http://architettura.supereva.com>>.

PUEBLA PONS, Joan (2002) *Neovanguardias y representación arquitectónica. La expresión innovadora del proyecto contemporáneo*. Barcelona: Edicions UPC.

PURINI, Franco (1998) "Comporre l'architettura", en PURINI, Franco (1998) *Il disegno digitale*, «Quaderni LAR», 3, 1998, pp. 19-23.

QUÉAU, Philippe (1995) *Lo virtual. Virtudes y vértigos*. Barcelona: Ediciones Paidós.

RAGHEB, J. Fiona (2001) *Frank Gehry, Architect*. Nueva York: Guggenheim Museum Publications.

RAQUEJO, Tonia (2006) "El arte de la tierra: espacio-tiempo en el Land Art", en MADERUELO, Javier [ed.] (2006) p. 110.

RASHID, Hani (1995) "Speculations", en RASHID, Hani; COUTURE, Lise Anne (1995) *Asymptote: Architecture at the Interval*. Nueva York: Rizzoli, p. 13.

REINHOLD, Martin (2003) *The Organizational Complex: Architecture, Media and Corporate Space*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

RICHARDS, John (2006) "32kg: Performance Systems for a Post-Digital Age", en *Proceedings of the 2006 International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, París, p. 283.

RICOEUR, Paul (2001) *La metáfora viva*. Madrid: Ediciones Cristiandad - Editorial Trotta.

RIFKIN, Jeremy (2000) *La era del acceso. La revolución de la nueva economía*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.

RIFKIN, Jeremy (2004) *El fin del trabajo. Nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era*. Barcelona: Paidós.

RILEY, Terence (1996) *Light Construction. Transparencia y ligereza en la arquitectura de los 90*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

RILEY, Terence [ed.] (2002) *The Changing of the Avant-Garde: Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection*. Nueva York: The Museum of Modern Art.

ROCKER, Ingeborg (2008) "Versioning: Architecture as series?", en *First International Conference on Critical Digital: What Matters(s)?*. CDC. Cambridge (MA.): Harvard University Graduate School of Design, 2008, pp. 157-170.

Disponible en línea en: <<http://www.gsd.harvard.edu/>>.

ROJO DE CASTRO, Luis (2004) "Dominando el Domi-No", en *CIRCO*, "Boletín Técnico", nº 120, 2004, Madrid.

ROKE, Rebecca (2009) *Bits and Pieces: Crafting Design in a Post-digital Age*. Master Thesis. Melbourne: School of Architecture and Design, RMIT University.

ROSA, Joseph (2003) *Next generation architecture. Contemporary digital experimentation + The radical avant-garde*. Londres: Thames&Hudson.

ROSENBERG, Harold (1964) *The Anxious Object; Art Today and Its Audience*. Nueva York: Horizon press.

ROWE, Colin; KOETTER, Fred (1999) *Ciudad collage*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

ROWE, Colin; SLUTZKY, Robert (1963) "Transparency: Literal and Phenomenal," *Perspecta 8* (1963): pp. 45-54. Reimpresión en: GANNON, Todd [ed.] (2002) *The Light Construction Reader*. Nueva York: Monacelli, pp. 91-101.

ROWE, Colin; SLUTZKY, Robert (1971) "Transparency: Literal and Phenomenal. Part 2," *Perspecta 13/14* (1971): pp. 286-301. Reimpresión en GANNON, Todd [ed.] (2002), pp. 103-113. Versión en español: ROWE, Colin (1978) *Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos*. Colección Arquitectura y crítica. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

RUBY, Ilka; RUBY, Andreas (2006) "Groundscapes", en COLAFRANCESCHI, Daniela (2007) pp. 86-89.

RUBY, Ilka; RUBY, Andreas (2006) *Groundscapes. El reencuentro con el suelo de la arquitectura contemporánea*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 180-201.

RUÍZ ESTEBAN, Núria (2013) *En los límites de la arquitectura. Espacio, sistema y disciplina*. [Tesis doctoral] Dirigida por Héctor Mendoza Ramírez y Joan Puebla Pons. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica.

SACCHI, Livio; UNALI, Maurizio [ed.] (2003) *Architettura e cultura digitale*. Milán: Skira.

SACHS, Angeli [ed.] (2007) *Nature Design. From Inspiration to Innovation*. Zurich: Lars Müller Publisher/ Museum Für Gestaltug Zürich.

SÁDABA, Igor (2009) *Cyborg. Sueños y pesadillas de las tecnologías*. Barcelona: Ediciones Península.

SADLER, Simon (2005) *Archigram: Architecture without Architecture*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

SAGGIO, Antonino (1996) Reseña del libro: HEYER, Paul (1993) *American Architecture. Ideas and ideologies in the late twentieth century*. Nueva York: Van Nostrand, en *Domus*, n. 780, marzo 1996, pp. 96-97.

SAGGIO, Antonino (1998) "Hyper-Architecture", epílogo en PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (1998) *HyperArchitecture. Spazi nell'età dell'elettronica*. Turín: Testo & Immagine. Versión en inglés: (1999) *Hyper Architecture. Spaces in the Electronic Age*. Basel: Birkhäuser, pp. 81-86.

SAGGIO, Antonino (2000) "Manifiesto per un'architettura dell'informazione", en *Il Progetto*, nº 6, 1/2000.

SAGGIO, Antonino (2000) "Nuove sostanze. L'Informatica e il rinnovamento dell'architettura. Un manifiesto per un'architettura dell'informazione", en "*Il Progetto*" #6, January 2000, pp. 32-35. Versión en español: "Nuevas sustancias. La tecnología de la Información y la renovación de la arquitectura. Un Manifiesto para la Arquitectura de la Información". Disponible en: <<http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/articoli/it/manifiesto.html>>.

SAGGIO, Antonino (2000) "Spazi nuovi", artículo en línea en *ARCH'IT Coffee Break*. Disponible en: <<http://architettura.it/coffeebreak/20001214/>>.

SAGGIO, Antonino (2001) "Flying Carpets", prólogo en LINDSEY, Bruce (2001) *Digital Gehry. Material Resistance / Digital Construction*. Basel: Birkhäuser, pp. 5-9.

SAGGIO, Antonino (2002) "La Revolución de la Tecnología de la Información en Arquitectura", en MASSAD, Fredy & GUERRERO YESTE, Alicia [eds.] (2002) pp. 184-193.

SAGGIO, Antonino (2004) "Informazione materia prima dell'architettura", documento en línea en *Coffee Break*. Disponible en: <<http://architettura.it/coffeebreak/20040318/>>.

SAGGIO, Antonino (2003) "Other challenges", en KOLAREVIC, Branko [ed.] (2003) p. 231.

SAGGIO, Antonino (2004) "Informazione materia prima dell'architettura", disponible en: <<http://architettura.supereva.com>>.

SAGGIO, Antonino (2005) "Interactivity at the Centre of Avant-Garde Architectural Research", en *Architectural Design*, vol 75, 1, Jan/Feb 2005, Special Issue *4dspace: Interactive Architecture*, p. 23.

SAGGIO, Antonino (2007) *Introduzione alla Rivoluzione Informatica in Architettura*. Roma: Carocci Editore.

SAGGIO, Antonino (2008) "Le forme dell'acqua", prólogo en: MELLO, Patrizia (2008) p. 5.

SAGGIO, Antonino (2010) *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci editore.

SAINZ PEÑA, Rosa María [coord.] (2011) *Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas*. Madrid: Fundación Telefónica/Editorial Ariel, p.13. Disponible en: <http://www.socinfo.es/contenido/seminarios/1404smartcities6/01-TelefonicaSMART_CITIES-2011.pdf>.

SAKAMOTO, Tomoko [ed.] (2003) *Sendai Mediatheque*. Barcelona: ACTAR.

SAKAMOTO, Tomoko; FERRÉ, Albert (2008) *From Control to Design. Parametric/Algorithmic Architecture*. Barcelona: Actar.

SALA, Nicoletta; CAPPELLATO, Gabriele (2003) *Viaggio matematico nell'arte e nell'architettura*. Milán: FrancoAngeli.

SALA, Nicoletta; CAPPELLATO, Gabriele (2004) *Architetture della complessità. La geometría frattale tra arte, architettura e territorio*. Milán: FrancoAngeli.

SAMMON, Paul M. (1996) *Future Noir. The Making of Blade Runner*. Nueva York: Harper Collins Publishers. Versión en español: (2005) *Futuro en negro. Cómo se hizo Blade Runner*. Madrid: Alberto Santos Editor.

SANZ BOTEY, José Luis (1999) "El espejo electrónico", en *Astrágalo: cultura de la arquitectura y la ciudad, Revista cuatrimestral iberoamericana*. nº 11, Mayo, 1999. Alcalá de Henares: Instituto Español de Arquitectura, p. CV (105).

SCHMITT, Gerhard (1999) *Information Architecture. Basis and Future of CAAD*. Basel: Birkhäuser.

SCHODEK, Daniel; BECHTHOLD, Martin; GRIGGS, Kimo (2005) *Digital Design and Manufacturing. CAD/CAM Applications in Architecture and Design*. Nueva York: John Wiley & Sons.

SCHULZ-DORNBURG, Julia (2002) *Arte y Arquitectura: nuevas afinidades*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

SCHUMACHER, Patrik (2008) "Parametricismo como estilo - Manifiesto Parametricista", Presentado y debatido en el Club Dark Side de Londres, *XI Bienal de Arquitectura de Venecia*. Disponible en línea: <<http://arquitecturamashistoria.blogspot.com.es/2010/11/manifiesto-parametricista-patrik.html>>.

SDEGNO, Alberto (2001) "e-architecture. L'architettura nell'epoca del computer", en *Casabella*, nº 691, 2001, p. 64.

SHANKEN, Edward A. [ed.] (2009) *Art and Electronic Media*. Londres: Phaidon Press.

SHARPLES, Coren D. (2009) "Technology and Labor", en DEAMER, Peggy; BERNSTEIN, Phillip G. (2009) *Building (in) the Future. Recasting Labor in Architecture*. Nueva York: Princeton Architectural Press.

SHoP/SHARPLES HOLDEN PASQUARELLI [guest eds.] (2002) "Introduction", en (2002) *Versioning: Evolutionary Techniques in Architecture*. AD Profile 159, AD 72, September-October 2002, pp. 7-9.

SILVA SUÁREZ, Manuel [ed.] (2013) *Técnica e Ingeniería en España. VII. El Ochocientos. De las profundidades a las alturas*. Zaragoza: Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas de la Universidad de Zaragoza.

SILVA, Camile A. (2005) *Liquid Architectures: Marcos Novak's Territory of Information*, Tesis doctoral. Baton Rouge: Louisiana State University.

SILVER, Nathan (1994) *The Making of Pompidou. A Building Biography of the Centre Pompidou*. Paris - Cambridge (MA.): The MIT Press.

SIMON, Herbert (1996) *The Sciences of the Artificial*. Cambridge (MA.): The MIT Press. Versión en español: (2006) *Las ciencias de lo artificial*. Granada: Editorial Comares.

SLOTERDIJK, Peter (2006) *Esferas III (Espumas)*. Madrid: Ediciones Siruela.

SOLÀ-MORALES, Ignasi (2001) "Arquitectura Líquida", en *DC papers/Revista de Crítica y Teoría de la Arquitectura*, nº 5-6, "El presente en construcción". Barcelona: Departament de Composició Arquitectònica, UPC, pp. 25-33.

SOLÀ-MORALES, Ignasi; LLORENTE, Marta; MONTANER, Josep M.; RAMÓN, Antoni; OLIVERAS, Jordi (2000) *Introducción a la arquitectura. Conceptos fundamentales*. Barcelona: Edicions UPC.

SORIANO, Federico (2004) *Sin_tesis*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 30-37.

SPILLER, Neil (2006) *Visionary Architecture. Blueprints of the Modern Imagination*. Londres: Thames & Hudson.

SPILLER, Neil [ed.] (2002) *Cyber_Reader. Critical writings for the digital era*. Londres: Phaidon Press.

SPILLER, Neil [ed.] (2009) *Digital Architecture Now: A global survey of emerging talent*. Nueva York: Thames & Hudson.

SPILLER, Neil; ARMSTRONG, Raquel [eds.] (2011) *ProtoCell Architecture*, AD profile 210, AD 81 March_April. Nueva York: Wiley.

SPUYBROEK, Lars (2004) *NOX: machining architecture*. Londres: Thames & Hudson.

STEELE, James (2001) *Arquitectura y revolución digital*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

STEWART, Ian (1989) *Does God Play Dice? The Mathematics of Chaos*. Oxford: Blackwell. Versión en español: (1991) *¿Juega Dios a los dados? La nueva matemática del caos*. Barcelona: Crítica.

SUSTERSIC, Paolo (2001) "Siglo XXI. Arquitectura en la era de la información", en *DC papers/Revista de Crítica y Teoría de la Arquitectura*, nº 5-6, "El presente en construcción", Barcelona: Departament de Composició Arquitectònica, ETSAB, UPC, p. 34-49.

SUZUKI, Akira [ed.] (2005) *Toyo Ito. Conversaciones con estudiantes*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

SZALAPAJ, Peter (2005) *Contemporary Architecture and the Digital Design Process*. Oxford: Architectural Press.

TAFURI, Manfredo (1973) *Progetto e Utopia. Architettura e sviluppo capitalistico*, Bari: Laterza. Versión en inglés: (1976), *Architecture and Utopia: Design and Capitalist Development*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

TAKI, Koji (1999) "Maturity and Freedom", en ITO, Toyo (1999) *Blurring Architecture*. Milán: Edizioni Charta, p. 43. Citado en: MELLO, Patricia (2008) *Op. cit.*, pp. 14-16.

THOMAS, Karin (1994) *Diccionario del arte actual*. Barcelona: Editorial Labor.

THOMPSON, Edward P. (1979) *Tradición, revuelta y conciencia de clase*. Barcelona: Crítica.

THOMSEN, Christian W. (1994) *Visionary Architecture. From Babylon to Virtual Reality*. Munich: Prestel-Verlag.

TOFFLER, Alvin (1981) *La tercera ola*. Barcelona: Plaza y Janés.

TOFFLER, Alvin (1982) *El shock del futuro*. Barcelona: Plaza y Janés.

TOFFLER, Alvin; TOFFLER, Heidi (1997) *La creación de una nueva civilización. La política de la tercera ola*. Barcelona: Plaza y Janes.

TORRA, Vicenç (2011) *Del ábaco a la revolución digital. Algoritmos y computación*. Barcelona: RBA.

TORRES CUECO, Jorge (2004) *Toyo Ito Arquitecto de la era microelectrónica*. Valencia: ETSA.

TORRES, Esteban (2013) "El concepto de flujos en Manuel Castells", en *Revista Estudios Sociales Contemporáneos* N°9 / IMESC-IDEHESI-CONICET Octubre 2013/ pp. 55-64.

TOURAINE, Alain (2005) *Un nuevo paradigma para comprender el mundo de hoy*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.

TRAVI, Valerio (2001) *Advanced Technologies. Building in the Computer Age*. Basel: Birkhäuser.

TURSI, Antonio [ed.] (2005) *Mediazioni. Spazi, linguaggi e sgggettività delle reti*. Milán: Costa & Nolan.

ULRICH, Conrads (1973) *Programas y manifiestos de la arquitectura del siglo XX*. Barcelona: Editorial Lumen.

UNALI, Maurizio (2001) *Pixel di Architettura*. Roma: Edizioni Kappa.

ÚRIZ, María Jesús; BALLESTERO, Alberto; BISCARRET, Juan Jesús; URSUA, Nicanor (2006) *Metodología para la investigación*. Pamplona: Ediciones Eunete.

VENTURI, Robert (1996) *Iconography and Electronic upon a Generic Architecture. A view from the Drafting Room*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

VIDAL, Luis (2011) *Richard Rogers*. Madrid: Unidad Editorial.

VIDLER, Anthony (1992) "Homes for Cyborgs", en VIDLER, Anthony (1992) *The Architectural Uncanny: Essays in the Modern Unhomely*. Cambridge (MA.): The MIT Press.

VIRILIO, Paul (1998) *Estética de la desaparición*. Barcelona: Editorial Anagrama.

VIRILIO, Paul; LOTRINGER, Sylvère (1983) *Pure War*. New York: Semiotext(e). Versión en portugués: (1984) *Guerra pura. A militarização do cotidiano*. Sao Paulo: Editora Brasiliense.

VIRILIO, Paul (2000) "Verso il Ventunesimo secolo. I dieci ostacoli da superare", en *Domus*, gennaio, 2000, nº 822, p. 4.

WAGENSBERG, Jorge (1998) *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets Editores.

WAGENSBERG, Jorge (2000) "Complejidad contra incertidumbre", en periódico *El País*, 12/01/2000.

Disponible en: <http://www.galeon.com/fierasysabandijas/enlaces/wagensberg.htm>

WATERS, John K. (2003) *Blobitecture: Waveform architecture and digital design*. Londres: Rockport Publishers.

WEBB, Michael (2003) "Gehry sigue en la brecha", en *El Croquis*, nº 117, p. 34.

WEIBEL, Peter (1998) "El mundo como interfaz", en *Revista El Paseante, La Revolución Digital y sus dilemas*, nº 27-28, 1998. Madrid: Ediciones Siruela, p. 112.

WHITFORD, Frank (1984) *Bauhaus*. Londres: Thames and Hudson. Versión en español: (1991) *La Bauhaus*. Barcelona: Ediciones Destino.

WIENER, Norbert (1956) "Pure Patterns in a Natural World," en KEPES, Gyorgy (1956) pp. 274–276.

WIENER, Norbert (1989) *The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society*. Londres: Free Association Books.

WILES, Will (2014) "The Control Room is a Highly Charged Mythic Space", en *dezeen magazine* (20/11/2014). Disponible en: <http://www.dezeen.com/2014/11/20/will-wiles-opinion-control-room-interior-highly-charged-mythic-space/>.

WITTGENSTEIN, Ludwig (1999) *Tractatus Logico-Philosophicus*. Madrid: Alianza Editorial.

WRIGHT STEENSON, Molly (2014) *Architectures of Information: Christopher Alexander, Cedric Price, Nicholas Negroponte and MIT's Architecture Machine Group*. Tesis doctoral. Princeton: Princeton University's School of Architecture.

YOO, Youngji; BOLAND, Richard J.; LYTTINEN, Kalle (2008) "Digital Transformation of the AEC Industry: An Innovation Perspective", en *AECbytes Viewpoint #36* (March 13, 2008). Artículo en línea. Disponible en: http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_36.html.

ZELLNER, Peter (1999) *Hybrid Space: New Forms in Digital Architecture*. Londres: Thames & Hudson.

ZUMTHOR, Peter (2004) *Pensar la arquitectura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

8.1.1 PUBLICACIONES DEL AUTOR VINCULADAS A LA INVESTIGACIÓN

Esta tesis forma parte de un trabajo de reflexión sobre el papel de la información y las nuevas tecnologías digitales en el ámbito de la arquitectura así como acerca de las interrelaciones entre arte, ciencia y tecnología que ha sido reflejado en varias publicaciones presentadas en diversos congresos y revistas.

8.1.1.1 Comunicaciones y ponencias en congresos

(2008) "El papel de lo digital en la representación gráfica arquitectónica: herramienta *versus* medio". Ponencia presentada en el IX Congreso APEGA-Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación, Gerona, 2008.

(2009) "*Building with bits, not bricks... The Design of a Virtual Architecture in Cyberspace*", en 1st International Conference on Construction & Building Research. Madrid, June 24th, 25th and 26th, 2009. Internacional (científico). 2009. Universidad Politécnica de Madrid.

(2010) "Piel y pantallas. Hacia una arquitectura interactiva", en XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Valencia, 27,28 y 29 de mayo, 2010. Internacional (científico). Universidad Politécnica de Valencia.

(2010) "De las Arquitecturas Virtuales a la Realidad Aumentada: un nuevo paradigma de visualización arquitectónica", en X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Alicante, 2, 3 y 4 de diciembre, 2010. Internacional (científico). Universidad de Alicante.

(2012) "Diseño y Fabricación Digital: Geometrías Inteligentes para construir Formas Complejas", en XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Valencia, 29 y 30 de noviembre y 1 de diciembre, 2012. Internacional (científico). Universidad Politécnica de Valencia.

(2014) "Desarrollo de estrategias *bottom-up* en la implantación de BIM en la universidad: el modelo BIM CAMPUS", en 2º Congreso Nacional BIM-EUBIM 2014 Encuentro de Usuarios BIM. Valencia, 23 y 24 de mayo, 2014. Universidad Politécnica de Valencia.

(2014) "Más allá del píxel: de la representación a la fabricación digital", en XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Madrid, 26 y 27 de noviembre, 2014. Internacional (científico). Universidad Europea de Madrid.

8.1.1.2 Artículos publicados en revistas

(2007) “Seis ideas para una nueva Geometría...¿Descriptiva?”, en *Revista EGE nº 5 Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, diciembre, 2007, pp. 38-52.

(2009) “De las Arquitecturas de Papel a las Arquitecturas *in vitro*: los 'monumentos no construidos' y las herramientas de visualización de Takehiko Nagakura”, en *Revista EGE nº 6 Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, junio, 2009, pp. 71-79.

(2014) “Cabalgando la nube. Información y representación arquitectónica en la era post-digital”, en *Revista EGE nº 8 Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, junio, 2014, pp. 95-105.



09_IMAGES

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Fuentes

INDEX_Capítulo 08_IMAGES¹

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Capítulo 00_INDEX

Ilustración portada índice. C.A.E., Collage, 1997.

Fuente: Revista El Paseante, nº 27-28, 1998.

Capítulo 01_FRAME

Ilustración portada capítulo. 2001, *A Space Odyssey*..... 001

Fuente: <https://highteadreams.files.wordpress.com/2015/04/2001-a-space-odyssey-1968-005-keir-dullea-red-interior-spacecraft-1000x750.jpg>

Ilustración 1 FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, *Arquitecturas fantásticas*, 2005..... 003

Fuente: elaboración propia.

Capítulo 02_MATRIX

Ilustración portada capítulo. Daniel LIBESKIND, *Macchina della memoria*, 1985. 013

Fuente: <http://libeskind.com/related/venice-biennale/>

Ilustración 1 Peter COOK; Colin FOURNIER, *Kunsthau*, Graz, Austria, 2003. 016

Fuente: <http://blog.visualarq.com/es/2015/09/03/arquitectura-flotante/>

Ilustración 2 Woody ALLEN, "Annie Hall", 1977. 020

Fuente: <http://pyxurz.blogspot.com.es/2011/12/annie-hall-page-2-of-6.html>

Ilustración 3 William CAMERON MENZIES, *Things to Come*, 1936. 021

Fuente: <http://www.pantopicon.be/blog/2009/04/08/patrick-gyger-history-of-the-future/>

Ilustración 4 Feria Mundial, vista de la feria, con el Unisphere en el centro y el Shea Stadium a la izquierda de la imagen, Nueva York, 1964 022

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/1964_New_York_World's_Fair

Ilustración 5 Fred M. Wilcox, *Forbidden Planet*, 1956. 025

Fuente: <http://www.traileraddict.com/forbidden-planet/poster>

Ilustración 6 J. R. Wharton Eyerman, portada revista LIFE, Diciembre de 1952. 027

Fuente: <http://time.com/3878055/3-d-movies-revisiting-a-classic-life-photo-of-a-rapt-film-audience/>

Ilustración 7 Tamara Munzner, *Internet MBone topology*, 1996 028

Fuente: <http://www.infovis.info/>

Ilustración 8 Viñeta de El Roto, 31/03/2008 034

Fuente: Diario El País.

Ilustración 9 Anuncio publicitario, *Automatic Picture Control TV*, 1953 035

Fuente: <http://www.makingthemodernworld.org/>

¹ EN LA PÁGINA ANTERIOR: Aby M. WARBURG, *Mnemosyne-Bilderatlas*, 1928-29. Aby Warburg (1866-1929) Historiador del arte alemán. Su proyecto más ambicioso fue el denominado *Atlas Mnemosyne*, constituido por una colección de imágenes mediante la cual pretendía narrar la historia de la memoria de la civilización europea. Fuente: RUBY, Andreas; RUBY, Ilka; URSPRUNG, Philip (2004) *IMAGES. A Picture Book of Architecture*. Munich: Prestel Verlag, p. 152.

Capítulo 03_CYBER

Ilustración portada capítulo. "The ENIAC Girls"	047
Fuente: http://www.maximumpc.com/the-15-most-important-women-in-tech-history/	
Ilustración 1 HERZOG & de MEURON, <i>National Stadium</i> , Beijing, 2008.....	054
Fuente: http://www.nodolab.com/martin-nunez_persepcion_nodo-b/ficha-estadio-nacional-de-pekín/	
Ilustración 2. Toyo ITO + Cecil BALMOND, <i>Serpentine Gallery Pavilion</i> , Hyde Park Kensington, London, UK, pabellón temporal, julio-septiembre 2002.....	055
Fuente: http://balmondstudio.tumblr.com/page/9	
Ilustración 3 HERZOG & DE MEURON, Panel ornamental de la fábrica Ricola Europe, Mulhouse, Francia (1993).....	057
Fuente: http://www.mimoo.eu/projects/France/Mulhouse/Ricola%20Europe%20Mulhouse/	
Ilustración 4. JDS Architects + BIG, <i>People's Building Project</i> , Shanghai, 2010.....	060
Fuente: http://www.eikongraphia.com/?p=818	
Ilustración 5 Bjarke INGELS, <i>Yes Is More</i> , 2011.....	061
Fuente: http://www.amazon.es/Yes-more-Evergreen-Bjarke-Ingels/	
Ilustración 6. Máquina tabuladora de Hollerith (1908).	065
Fuente: http://www.snipview.com/q/Hollerith_Census_Tabulator	
Ilustración 7. El sistema de Hollerith en la portada de " <i>Scientific American</i> " (1890).	066
Fuente: http://history-computer.com/	
Ilustración 8. Imagen ' <i>Metropolis</i> ' (1927) Fritz Lang, sala de control	068
Fuente: http://www.technovelgy.com/	
Ilustración 9. Ken ADAM, <i>situation room</i> , Dr. Strangelove, (1964) de Stanley KUBRICK.....	069
Fuente: http://situationroom.hackitectura.net/	
Ilustración 10 Ken ADAM, Dibujo, 1962-63, <i>Dr. Strangelove</i> , Stanley KUBRICK, 1964.....	070
Fuente: https://one1more2time3.wordpress.com/tag/ken-adam/	
Ilustración 11. Dispositivo medidor de cabezas del Mayor A. J. N. TREMEARNE (1913).....	071
Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Head-Measurer_of_Tremearne_(side_view).jpg	
Ilustración 12. (Izquierda) Catálogo de Sears, Roebuck & Co. (1918). (Derecha) Sears Magnolia Model Kit House. Sears Modern Homes Catalog (1921).....	072
Fuente: https://commons.wikimedia.org/ + http://www.searshomes.org/	
Ilustración 13 Huesos de Napier.	074
Fuente: http://www.computerhistory.org/revolution/calculators/1/45/190	
Ilustración 14. Modelo de "Pascalina".	075
Fuente: http://www.computerhistory.org/revolution/calculators/1/47	
Ilustración 15. Aritmómetro de Colmar construido por Louis Payen en 1887.	076
Fuente: https://es.wikipedia.org/	
Ilustración 16. [Izquierda] Telar de Jacquard. [Derecha] Retrato de Jacquard tejido en seda (1839).	078
Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Jacquard_loom	
Ilustración 17 Sistema de tarjetas en el telar de Jacquard, 1810.....	079
Fuente: http://www.let.rug.nl/koster/musicbox/musicbox1.htm	

Ilustración 18 Imagen del <i>Difference Engine</i> de Babbage.....	080
Fuente: http://www.cbi.umn.edu/about/babbage.html	
Ilustración 19 Babbage. <i>Analytical Engine</i>	081
Fuente: http://imgkid.com/analytical-engine.shtml	
Ilustración 20. Claude E. Shannon con el ratón que resuelve laberintos " <i>Theseus</i> " (1952).	083
Fuente: http://cyberneticzoo.com/tag/maze-runner/page/2/	
Ilustración 21 Esquema de funcionamiento de la "Máquina de Turing".	086
Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Turing_machine_1.JPG	
Ilustración 22. (Izquierda). Máquina "Enigma". (Derecha). Máquina "Enigma" sobre un vehículo militar alemán (1940).....	087
Fuente: http://defense-and-freedom.blogspot.com.es/2010_10_01_archive.html	
Ilustración 23. Dos operarias manipulan la versión Mark 2 de <i>Colossus</i> , la primera computadora programable (1943).	088
Fuente: http://www.tnmoc.org/explore/colossus-gallery	
Ilustración 24. Las operadoras Kay McNulty, Alyse Snyder y Sis Stump utilizando el analizador diferencial en la Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, circa 1942-1945.	089
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Analizador_diferencial#/media/	
Ilustración 25. Jean Jennings (izquierda) y Frances Bilas programando el ENIAC en 1946.	090
Fuente: http://nursingclio.org/2014/10/14/women-in-tech-from-eniac-to-mom/	
Ilustración 26. Ester Gerston y Gloria Gordon trabajando con el ENIAC en 1946	091
Fuente: http://women-in-cs.tumblr.com/	
Ilustración 27. Sistema UNIVAC. <i>Fortune Magazine</i> , 1954; <i>Time</i> , 1955.	094
Fuente: http://ds.haverford.edu/bitbybit/bit-by-bit-contents/chapter-five/5-10-univac-part-ii-commercialization/ + http://www.smecc.org/univac.htm	
Ilustración 28 Operador del sistema SAGE (1959).	096
Fuente: http://www.computerhistory.org/revolution/real-time-computing/6/120	
Ilustración 29 Esquema y vista de edificios de control del sistema SAGE.	097
Fuente: https://scottlocklin.wordpress.com/2013/03/28/the-largest-computer-ever-built/	
Ilustración 30 Norbert Wiener hacia 1949 en el MIT.....	099
Fuente: http://bdupc.blogspot.com.es/2011/08/logros-y-contribuciones-cientificas-de.html	
Ilustración 31. Fotograma de la película " <i>Metrópolis</i> " (Fritz Lang, 1926).....	102
Fuente: http://cdn23.us3.fansshare.com/photos/metropolis1927/	
Ilustración 32 (Izquierda) Fotograma de la película <i>Der Golem</i> (Paul Wegener, 1920) Paul Wegener y Loni Nest. (Derecha) Fotograma de la película <i>Frankenstein</i> (James Whale, 1931) con Boris Karloff y Marilyn Harris.	103
Fuente: http://passouline.blog.lemonde.fr/2012/11/02/le-numerique-est-il-le-golem-de-lecriture-classique/ + http://www.doctormacro.com/movie_star_pages/Karloff, Boris-Annex.htm	
Ilustración 33. <i>Galaxy Science Fiction</i> , 1954. <i>Marvel Science Stories</i> , 1939.	104
Fuente: https://sciencefictionruminations.files.wordpress.com/ + https://en.wikipedia.org/	

Ilustración 34. "Amazing Stories" (1928), "Popular Science", (1969). *Manned Maneuvering Unit*, transbordador espacial *Shuttle* en 1984. 105
 Fuente: <http://www.theverge.com/2011/11/3/2504531/jetpack-history-future-passed>

Ilustración 35. Brigitte Helm en el papel del robot María, *Metropolis* (1927) 106
 Fuente: <http://cdn23.us3.fansshare.com/photos/metropolis1927/>

Ilustración 36 (Izquierda) Imagen de la sala de control del NORAD. (Derecha) Sala de control de vuelo del transbordador *Shuttle* de la NASA, Houston, Texas. 107
 Fuente: <http://www.libertysafe.com/blog/2015/06/the-best-that-billion-can-buy/> +
https://en.wikipedia.org/wiki/Control_room

Ilustración 37. Portada revista *LIFE* (10/05/1969), imagen de la Tierra desde el *Apollo 8*.....108
 Fuente: http://www.greenpolicy360.net/w/File:Apollo_8,_Life_Jan10,1969.png

Ilustración 38 Penguin Pool, 1933-1934. Berthold Lubetkin, Lindsay Drake, Tecton. 111
 Fuente: <http://design.designmuseum.org/design/berthold-lubetkin>

Ilustración 39. Ilustración de Gyorgy Kepes, *The New Landscape in Art and Science* (1956)... 115
 Fuente: REINHOLD, Martin (2003)

Ilustración 40 Eero SAARINEN, *IBM Manufacturing and Training Facility*, 1958. 117
 Fuente: REINHOLD, Martin (2003)

Ilustración 41. IBM System/360 Model 85 configuration (1968)..... 118
 Fuente: REINHOLD, Martin (2003)

Ilustración 42. Cedric PRICE, *The Fun Palace*, 1961-1966. 119
 Fuente: <http://www.leoniewelling.nl/portfolio-view/fun-palace/>

Ilustración 43. Generator Project, 1976-79. Revista *Architectural Design*, Octubre 1970. 120
 Fuente: http://arqueologiadelfuturo.blogspot.com.es/2009_11_01_archive.html +
<http://www.architectural-review.com/essays/troubles-in-theory-part-i-the-state-of-the-art-1945-2000/8620015.article>

Ilustración 44. Dennis CROMPTON, *Computer City*, 1964..... 121
 Fuente: <http://prostheticknowledge.tumblr.com/post/53306821706/computer-city-1964-by-dennis-crompton>

Capítulo 04_COMPLEX

Ilustración portada capítulo. Romanesco Broccoli", fractal natural125
 Fuente: FOSTER GAGE, Mark (2012) *Disheveled Geometries II*.

Ilustración 1. REISER + UMEMOTO, *West Side Convergence*, New York, 1999..... 129
 Fuente: GREGORY, Paola (2003) *Territories of Complexity*.

Ilustración 2 Frank O. GEHRY, *Museo Guggenheim*, Bilbao, 1997..... 130
 Fuente: <http://www.facebooktimelinecovers.org/places/>

Ilustración 3 Ridley SCOTT, *Blade Runner*, 1982. 133
 Fuente: <http://web.stanford.edu/dept/HPS/Bruno/bladerunner.html>

Ilustración 4 Louis I. KAHN, estudio del tráfico de Filadelfia, Perspectiva, c. 1953. 136
 Fuente: <http://www.columbia.edu/itc/architecture/>

Ilustración 5 Marcos NOVAK, <i>4Dwxy</i> , Bienal de Venecia, 2000.....	138
Fuente: http://www.mat.ucsb.edu/~marcos/transvergence.pdf	
Ilustración 6 Karl S. CHU (X-Kavya), <i>X Phylum project</i> , 1998.....	141
Fuente: PRESTINENZA (2008)	
Ilustración 7 HERZOG & de MEURON. Biblioteca, Eberswalde, 1999.....	149
Fuente: http://jaumeprat.com/always-leave-wanting-less/	
Ilustración 8 Benoit MANDELBROT, <i>Fractal Set</i> , 1979.....	156
Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Mandelbrot_set	
Ilustración 9 Walter DE MARÍA, <i>The Lightning Field</i> , New Mexico, EE UU (1977).....	160
Fuente: http://www.theguardian.com/artanddesign/jonathanjonesblog/2013/jul/29/walter-de-maria-art-lightning	
Ilustración 10 [IZQUIERDA] Jean Nouvel, <i>Fondation Cartier</i> , Paris, (1991-1994). [DERECHA] Bernard Tschumi, <i>Glass Video Gallery</i> , Groningen (1990).....	163
Fuente: http://www.jeanouvel.com/ + http://news-groningen.blogspot.com.es/	
Ilustración 11 DILLER + SCOFIDIO, <i>Slow House Project</i> , Scale model 1/4"=1', (1988-90).....	164
Fuente: http://www.moma.org/	
Ilustración 12 ASYMPTOTE, 3DTF, Bolsa de Nueva York, 1999.....	166
Fuente: http://www.floornature.com/projects-interior-design/project-asymptote-architecture-virtual-trading-floor-4818/	
Ilustración 13 Bernard TSCHUMI, Tourcoing, Le fresnoy, 1997.....	168
Fuente: http://www.lefresnoy.net/en/school/concept	
Ilustración 14 Karl S. CHU (X-Kavya), <i>X Phylum</i> , 1998.....	170
Fuente: http://www.grahamfoundation.org/grantees/5214-archaeology-of-the-digital-series	
Ilustración 15 [IZQUIERDA] Peter EISENMAN, Iglesia del año 2000, Roma, 1996. [DERECHA] Reima PIETILÄ, iglesia de Kaleva, Tampere, Finlandia (1959-1966).....	171
Fuente: GALOFARO, Luca (1999) Digital Eisenman. + https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kaleva_church_in_Tampere_Finland.jpg	
Ilustración 16 Gianni RANAULO, <i>Liquid Square</i> , Caserta, Italia, 2001.....	172
Fuente: http://host.uniroma3.it/progetti/design/OLD/3_RICPROG/CORSETTI/c	
Ilustración 17 Steven HOLL, <i>Kiasma Museum</i> , Helsinki, Finlandia, (1992-1998).....	173
Fuente: http://www.stevenholl.com/	
Ilustración 18 GEHRY, Museo Guggenheim, maqueta, Bilbao, 1997. Richard MEIER, MACBA, Barcelona, 1991-1995.	174
Fuente: http://eadic.com/blog/topd-richard-meier-seis-decadas-de-exitos/	
Ilustración 19 Günther DOMENIG, <i>Steinhaus</i> , Steindorf, Austria, 1984-1986.....	175
Fuente: http://www.azw.at/	

Capítulo 05_HYPERARCH

Ilustración portada capítulo. Toyo ITO, Senadai Mediatque, maqueta.....	177
Fuente: https://dctait.wordpress.com/	
Ilustración 1 KIERAN Y TIMBERLAKE, Modulor vs. Codebar,2004.....	181

Fuente: Kieran; TIMBERLAKE (2004).

Ilustración 2 IZQ. Steve Jobs, Macintosh 128K, 1984. DCHA. Interfaz de *Hypercard*. 186

Fuente: <http://www.cultofmac.com/> + <http://boston.conman.org/>

Ilustración 3 PIANO + ROGERS, *Centro George Pompidou*, París, 1972-1977..... 198

Fuente: <http://www.oguiadeparis.com.br/2015/02/centro-pompidou-o-museu-de-arte-moderna.html>

Ilustración 4. Sir Basil SPENCE. *Sea and Ships Pavilion, Festival of Britain*, 1949. 199

Fuente: <http://www.basilspence.org.uk/work/buildings/festival-of-britain>

Ilustración 5 PIANO + ROGERS, *Centro George Pompidou*, París, 1972-1977..... 200

<http://architecturemadefun.blogspot.com.es/>

Ilustración 6 PIANO + ROGERS, *Centro George Pompidou*, París, 1972-1977..... 201

Fuente: PRESTINENZA (1999)

Ilustración 7 Rem KOOLHAAS, ZKM, Karlsruhe, 1989. 203

Fuente: KOOLHAAS, R. MAU, B. (1995) *S, M, L, XL*.

Ilustración 8 Rem KOOLHAAS, ZKM, maqueta, Karlsruhe, 1989..... 204

Fuente: KOOLHAAS, R. MAU, B. (1995) *S, M, L, XL*.

Ilustración 9 Rem KOOLHAAS, ZKM, Karlsruhe, 1989. 205

Fuente: KOOLHAAS, R. MAU, B. (1995) *S, M, L, XL*.

Ilustración 10 Rem KOOLHAAS-OMA, Biblioteca Universitaria de Jussieu, París, 1992..... 207

Fuente: KOOLHAAS, R. MAU, B. (1995) *S, M, L, XL*.

Ilustración 11 Toyo ITO, Proyecto para la Biblioteca Universitaria, París, 1992.....207

Fuente: PRESTINENZA (1999)

Ilustración 12 Toyo ITO, Biblioteca Universitaria de Jussieu, Maqueta, París, 1992. 208

Fuente: PRESTINENZA (1999)

Ilustración 13 Toyo ITO, Biblioteca Universitaria de Jussieu, maqueta (detalle), París, 1992...209

Fuente: <http://www.bta.it/txt/a0/02/bta00289.html>

Ilustración 14 Toyo ITO, "Dreams", Exposición "Visions of Japan", Londres, 1991-1992..... 210

Fuente: <http://www.bta.it/txt/a0/02/bta00289.html>

Ilustración 15 Toyo ITO, Egg of Wind, Okawabata River City, Tokyo, 1988-1991.211

Fuente: <http://www.bta.it/txt/a0/02/bta00289.html>

Ilustración 16 Toyo ITO, PAO 1 (1985) PAO 2 (1986), Alojamiento Mujer Nómada, Tokyo. 212

Fuente: <http://jonbeldarrain.blogspot.com.es/>

Ilustración 17 Toyo ITO, PAO 1, Alojamiento para la Mujer Nómada de Tokyo, 1985. 213

Fuente: <http://www.bta.it/txt/a0/02/bta00289.html>

Ilustración 18 Toyo ITO, PAO 1, Alojamiento para la Mujer Nómada de Tokyo, 1985. 214

Fuente: Revista El Croquis, nº 71. <http://www.metalocus.es/content/es/blog/toyo-ito-pritzker-para-un-arquitecto-inteligente>

Ilustración 19 Toyo ITO, Torre de los Vientos, Yokohama, 1986. 216

Fuente: <http://www.bta.it/txt/a0/02/bta00289.html>

Ilustración 20 Toyo ITO, Torre de los Vientos, Vistas diurna y nocturna, Yokohama, 1986.....217

Fuente: <http://schwarz-gerat.tumblr.com/post/40161525735/toyo-ito-tower-of-winds-1986-yokohama-via-el-croquis> + <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-244421/torre-de-los-vientos-toyo-ito>

- Ilustración 21 Toyo ITO , Sendai Mediatheque, Sendai, 1997-2001 218
Fuente: <http://www.harvarddesignmagazine.org/issues/3/what-goes-up-must-come-down>
- Ilustración 22 Toyo ITO , Sendai Mediatheque, Sendai, 1997-2001. 219
Fuente: <http://www.designboom.com/architecture/toyo-ito-designboom-interview/>
- Ilustración 23 Toyo ITO , Sendai Mediatheque, Bocetos conceptuales, Sendai, 1997-2001 220
Fuente: <http://www.designboom.com/architecture/toyo-ito-designboom-interview/>
- Ilustración 24 Toyo ITO , Sendai Mediatheque, Sendai, 1997-2001 (Bocetos)..... 221
Fuente: <http://gdemontfort.tumblr.com/>
- Ilustración 25 Toyo ITO , Sendai Mediatheque, Planta Baja, Sendai, 1997-2001. 222
Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-243658/clasicos-de-arquitectura-mediateca-de-sendai-toyo-ito/>
- Ilustración 26 Toyo ITO , Sendai Mediatheque, Biblioteca Tercera Planta, 1997-2001. 223
<http://www.designboom.com/architecture/toyo-ito-designboom-interview/>
- Ilustración 27 Toyo ITO , Sendai Mediatheque, Fachada principal, Sendai, 1997-2001..... 224
<http://www.designboom.com/architecture/toyo-ito-designboom-interview/>
- Ilustración 28 Caricatura de Peter Steiner, (05/07/1993). Caricatura de Kaamran Hafeez, (23/03/2015) 228
Fuente: <http://www.newyorker.com/cartoons/>
- Ilustración 29 Diller + Scofidio + Renfro, Facsimile, San Francisco (2004) 231
Fuente: <http://www.dsny.com/projects/facsimile>
- Ilustración 30 Chaos Computer Club (CCC), Blinkenlights, Haus des Lehrers, Berlín (2001) 232
Fuente: <http://www.archdaily.com.br/> + <http://www.berlindesignblog.de/>
- Ilustración 31 Kunsthaus, Peter Cook & Colin Fournier, Graz, Austria, 2003. 232
Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Kunsthaus_Graz + <http://openbuildings.com/buildings/kunsthaus-graz-profile-38574>
- Ilustración 32 *realities:united*, Berlín (2005) C4, Córdoba (2008-2009) 233
Fuente: <http://medialab-prado.es/> + http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-175907/fachada-de-luz-c4-realitiesunited/realu_ecac_infront
- Ilustración 33 Uniqua Tower, Viena (2004). Electrablel's Power Station (2005) 233
Fuente: http://www.strategies-research.ufg.ac.at/english/archive/seminar0708_VL1.html + <http://www.mediaarchitecture.org/power-station-brussles/>
- Ilustración 34 TheGreenEyl+Sengewald, "Aperture", University of Arts de Berlín, (2004) 234
Fuente: <http://www.kikk.be/2013/aperture/> + <http://www.fredericeyl.de/aperture/>
- Ilustración 35 Paul Verschure, ADA - *The Intelligent Room*, Zurich, 2002 235
Fuente: BULLIVANT, Lucy (2005)
- Ilustración 36 Electroland, *Enteractive*, (2006). ART+COM, *Duality*, (2007)..... 236
Fuente: <http://openbuildings.com/buildings/enteractive-profile-43276> + <http://blogs.btk-fh.de/mraum/>
- Ilustración 37 Ridley Scott, "1984", spot comercial para el Apple Macintosh, (1984). 237
Fuente: http://www.wired.com/2011/11/ff_stevejobs_sidebars/
- Ilustración 38 "Architects Building Castles in the Clouds" *The New York Times* (23/05/2001) 245
Fuente: <http://www.nytimes.com/2001/05/23/arts/architects-building-castles-in-the-clouds.html>

Ilustración 39 Richard LONG, <i>A line in the Himalayas</i> , 1975.....	246
Fuente: http://www.richardlong.org/Sculptures/2011sculpupgrades/himalaya.html	
Ilustración 40 WEST 8, Swamp Garden, 1997. Borneo Sporenburg, 1993-1996.	247
Fuente: http://www.west8.nl/projects/	
Ilustración 41 ADRIAAN GEUZE / WEST 8, Arteplage Yverdon-les-Bains, Expo 02, (2002).	248
Fuente: http://www.west8.nl/projects/	
Ilustración 42 Arteplage Yverdon-les-Bains, vista aérea del Expopark, Expo 02, (2002).	248
Fuente: http://www.west8.nl/projects/	
Ilustración 43 Masao YAMAMOTO, <i>Kawa=Flow #1614</i> , 2004. <i>Kawa=Flow #1533</i> , 2008.....	249
Fuente: http://www.yamamotomasao.jp/	
Ilustración 44 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , bocetos iniciales, 1998.....	250
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 45 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , Modelo 3D, imagen concurso, 1999.	251
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 46 Fujiko NAKAYA, PEPSI Pavilion, 1970. Foggy Forest, 1992.	252
Fuente: http://www.uncubemagazine.com/blog/13753251 + http://palaisdetokyo.com/en/conference/programmation-litteraire/rencontre-exceptionnelle-avec-fujiko-nakaya	
Ilustración 47 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , Planta, 2000.	253
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 48 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , Sección longitudinal, 2000.	254
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 49 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , sección transversal, 2000.....	255
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 50 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , Water Bar, 2000.....	255
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 51 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , Test de niebla. Apertura, 2002.	256
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 52 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , vistas aéreas, 2002.....	257
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 53 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , pasarela de acceso, 2002.	258
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 54 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , interior del pabellón, 2002.	259
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 55 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , vista nocturna, 2002.	260
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 56 DILLER + SCOFIDIO, <i>Blur Building</i> , Microdifusor Tipo 1, 1999.....	261
Fuente: DILLER + SCOFIDIO (2002) <i>blur: the making of nothing</i> .	
Ilustración 57 Olafur ELIASSON, <i>Thoka</i> , Hamburgo, Alemania, 1995	262
Fuente: http://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101783/thoka	
Ilustración 58 Olafur ELIASSON, <i>The Weather Project</i> , Tate Modern, 2003-04.....	263
Fuente: http://olafureliasson.net/archive/exhibition/EXH101069/the-weather-project	
Ilustración 59 Olafur ELIASSON, <i>The Weather Project</i> , Tate Modern, 2003-04.....	263

Fuente: <http://materia.nl/article/olafur-eliasson/>

Capítulo 06_CODEX

- Ilustración portada capítulo. Iris van Herpen, Spring/Summer collection, 2010..... 267
Fuente: <http://www.dezeen.com/2010/08/11/crystallization-by-iris-van-herpen-daniel-wright-and-mgx-by-materialise/>
- Ilustración 1 AAG_PARIS_2012. SG1013, Londres. 275
Fuente: <http://blog.visualarq.com/2012/09/20/advances-in-architectural-geometry-2012-paris/> + <http://smartgeometry.org/>
- Ilustración 2 Joseph PAXTON, *Crystal Palace*, Londres, 1851 280
Fuente: <https://recreodeinteriores.wordpress.com/tag/guggenheim/>
- Ilustración 3 Frank GEHRY, *Museo Guggenheim*, Bilbao, 1997..... 281
Fuente: <http://www.viajero-turismo.com/>
- Ilustración 4 [IZQUIERDA] Andrea PALLADIO, *Basilica Piazza dei Signori*, Vicenza, 1617.
[DERECHA] Escena de construcción naval, 1942..... 283
Fuente: <http://www.epalladio.com/pages/source/basilica.htm> +
- Ilustración 5 Buckminster Fuller, [IZQUIERDA] *The Dymaxion House*, 1946. [DERECHA] *The Dymaxion Car*, 1933. 283
Fuente: <https://www.fulltable.com/vts/f/fortune/menub.htm> + <http://porelpiano.blogspot.com.es/2010/09/el-visionario-arquitecto-disenador.html>
- Ilustración 6 Future Systems, *NatWest Media Centre*, Lord's Cricket Ground, Londres, 1999.
Frank GEHRY, Conference Hall, DG Bank, Berlín, 2001. 284
Fuente: <http://eumake.com/> + http://www.erco.com/projects/work/dz-bank-berlin-branch-1232/en_gb/
- Ilustración 7 [IZQUIERDO] BJARKE INGELS GROUP, *Astana National Library*, Kazakhstan, 2009.
[DERECHA] Vincent CALLEBAUT, *Taiwan Arts Centre*, 2013 286
Fuente: <http://www.dezeen.com/2009/08/25/astana-national-library-by-big/> + <http://es.phaidon.com/agenda/architecture/articles/2013/june/18/m-bius-strip-proposed-for-taiwan-arts-centre/>
- Ilustración 8 LE CORBUSIER, "La Roma Antigua", *Vers une architecture*, 1923. 287
Fuente: Le Corbusier (1978) *Hacia una arquitectura*.
- Ilustración 9 Kotaro IDE ARTechnic architects, *SHELL House*, Karuizawa, Japon, 2008..... 288
Fuente: <http://www.e-architect.co.uk/architects/kotaro-ide>
- Ilustración 10 Daniel GILLEN, [IZQUIERDA] *Workshop*, Beijing, 2010. [DERECHA] *Non-Linear Parametric Workshop 11 – "Scale Fail: Pavilion to Product"*, 2011 289
Fuente: http://www.dgillendesign.com/pdf/dgillen_portfolio.pdf + <http://arquitectura.estudioquagliata.com/socializarq/non-linear-parametric-workshop-11-scale-fail-pavilion-to-product>
- Ilustración 11 Enric Ruíz-Geli, *Villa Nurbs*, Empuriabrava, Gerona, 2009..... 290
Fuente: <http://barbotina.blogspot.com.es/2009/05/villa-nurbsmuseo-de-ceramica-de.html>
- Ilustración 12 Frank GEHRY, [IZQUIERDA] *Üstra Office Building*, Hannover, (1999-2001).
[DERECHA] *Dr. Chau Chak Wing Building*, University of Technology, Sydney, 2012-2014. 291

- Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Gehry_Tower + <http://newsroom.uts.edu.au/media-centre/stock-photos/utss-dr-chau-chak-wing-building-designed-by-frank-gehry>
- Ilustración 13 HG-Architecture/Live Components, *Part to Whole*, Exhibition, MMCA(National Museum of Modern and Contemporary Art), Seoul, Korea, 2014..... 292
- Fuente: <http://livecomponents-ny.com/>
- Ilustración 14 Greg LYNN (con Jeffrey KIPNIS), *Embryological House*, [GL Form], Los Angeles, 1998-99. 293
- Fuente: <http://glform.com/exhibits/sfmoma-embryological-house/>
- Ilustración 15 John FRAZER, [IZQUIERDA] Universal Constructor, 1990. [DERECHA] John FRAZER + Walter SEGAL, *Self Builder*, 1995 294
- Fuente: <http://dds.caup.washington.edu/sp01/DDB/4.Kinetic-art/D.Computation.html> + http://os.typepad.com/my_weblog/2006/08/an_evolutionary.html
- Ilustración 16 Karl CHU, *X Phylum*, 1998..... 294
- Fuente: <http://t62009.blogspot.com.es/2009/05/hypothese-dune-cellule-souche.html>
- Ilustración 17 Future Systems, *Project ZED*, análisis CFD del flujo de viento y maquetas, Londres, 1995..... 296
- Fuente: http://www.techniker.co.uk/projects/detail.cfm?iProject_id=121 + <http://www.chapmanbdsp.com/our-work/r-and-d/project-zed.html#.VgHAI5fHQTU>
- Ilustración 18 Foster & Partners, Greater London Authority Headquarters, Estudio solar y vista exterior, 2002..... 297
- Fuente: <http://www.building.co.uk/keeping-ken-cool/1012409.article> + https://es.wikipedia.org/wiki/Ayuntamiento_de_Londres
- Ilustración 19 Sydney Pollack, *Sketches of Frank Gehry*, 2006. 298
- Fuente: <http://trazosybosquejos.blogspot.com.es/2011/02/frank-gehry-y-el-guggenheim-en-el.html>
- Ilustración 20 Caricatura sobre la forma de proyectar de Frank Gehry aparecida en el episodio 349 de la serie de animación *The Simpsons* titulado *The Seven-Beer Snitch* (03/04/2005). 299
- Fuente: <http://blog.miragestudio7.com/frank-gehry-and-the-simpsons/113/>
- Ilustración 21 [IZQUIERDA] Benjamin Cheverton, Máquina para reproducir esculturas, 1826. [DERECHA] Digitalización de una maqueta física con un escáner de brazo..... 300
- Fuente: CALLICOTT, Nick (2001) + KRASNY, Elke (2008)
- Ilustración 22 Frank GEHRY, *Nationale Nederlanden Building*, Praga, 1992-1996 300
- Fuente: <https://palmaypallium.wordpress.com/2012/07/23/the-dancing-house/>
- Ilustración 23 *Walt Disney Concert Hall*, Frank GEHRY, Los Angeles, 2003 *Experience Music Project* (EMP), Frank GEHRY, Seattle, 2000..... 301
- Fuente: <http://www.e-architect.co.uk/losangeles/walt-disney-concert-hall> + <http://www.azahner.com/portfolio/emp>
- Ilustración 24 Frank Gehry, *The Fish*, 1992. Modelos digitales y maqueta..... 302
- Fuente: <https://mafana.wordpress.com/2011/10/03/how-does-technology-impact-architecture/>
- Ilustración 25 Mathieu LEHANNEUR, Iglesia St. Hilaire, Melle, Francia, 2011..... 303
- Fuente: <http://www.designboom.com/design/mathieu-lehanneur-st-hilaire-church-in-melle/>

- Ilustración 26 Mark FOSTER GAGE, *Disheveled Geometries Seminar*, Estudiantes: Mary BURR y Katie STRANIX, Yale School of Architecture, 2013. (Robot KUKA) 304
Fuente: <http://blog.archpaper.com/2013/08/disheveled-geometry/>
- Ilustración 27 [IZQUIERDA] RepRap Project, 3D Printer, Version 1.0 (Darwin), 2007. [DERECHA] RepRap Project, 3D Printer, Version 2.0 (Mendel), 2009..... 305
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_RepRap
- Ilustración 28 Behrokh KHOSHNEVIS, “Contour Crafting” Technology. 306
Fuente: <http://www.contourcrafting.org/>
- Ilustración 29 [IZQUIERDA] Enrico DINI, *Radiolaria Pavilion, D-Shape System*, 2008. [DERECHA] *Freeform Construction Project*, Loughborough University, 2011..... 306
Fuente: <http://www.archdaily.com/527927/why-3d-printing-is-not-as-sustainable-as-its-defenders-say> + <http://aecmag.com/software-mainmenu-32/367-smartgeometry-2010-report>
- Ilustración 30 [IZQUIERDA] Enric MIRALLES, Como acotar un croissant, 1991. [DERECHA] LE CORBUSIER, Capilla de Notre-Dame-du-Haut, maqueta, Ronchamp, 1951-1955 309
Fuente: El Croquis, 49/50 (1991) + <http://arquilatria.tumblr.com/post/81572216922/capilla-de-notre-dame-du-haut-colina-de>
- Ilustración 31 J. MAYER H., (Structural Design: ARUP)*Metropol Parasol*, Plaza de la Encarnación, Sevilla, 2005-2011 310
Fuente: <https://aehistory.files.wordpress.com/2012/10/met-par-2.jpg>
- Ilustración 32 [IZQUIERDA] SHoP Architects, *PS1/Dunescape*, New York (2001). [DERECHA] Alvaro Siza + Eduardo Souto de Moura, Ingeniero estructural: Cecil Balmond, Serpentine Pavillion Gallery, Londres, 2005 311
Fuente: <http://www.shoparc.com/projects/dunescape-at-moma-ps1/> + <http://viewoncanadianart.com/2008/07/21/news-frank-gehrys-serpentine-pavilion/>
- Ilustración 33 [IZQUIERDA] Sello dedicado a Buckminster Fuller,(basado en una portada de Time Magazine, 1964), 2003. [DERECHA] Iwamoto Scott Architecture, *Voussoir Cloud*, 2008 312
Fuente: <http://pialogue.info/definitions/Bucky.php> + <http://www.dwell.com/house-tours/article/cut-it-out-work-lisa-iwamoto>
- Ilustración 34 GRAMAZIO & KOHLER, The ProgRammed Wall, ETH Zurich, 2006 313
Fuente: <http://www.gramaziokohler.com/>
- Ilustración 35 [IZQUIERDA] *Manifold*, Andrew Kudless/MATSYS, AA Projects Review, 2004. [DERECHA] *Digital Origami*, Chris Bosse/University of Technology, Sydney, 2007 314
Fuente: <http://matsysdesign.com/2009/06/18/honeycomb-morphologies/> + <http://www.theloop.com.au/chris.bosse/portfolio/digital-origami/6461>
- Ilustración 36 sixteen+(makers), 55/02, Kielder Water and Forst Park, 2009 315
Fuente: http://bartlettdesignresearchfolios.com/media/folio_docs/sixteenmakers_01_55-02_S05.pdf
- Ilustración 37 Bernard Cache, *Objectiles*, Exposition Archilab, 1999..... 317
Fuente: <http://www.archilab.org/public/1999/artistes/obje01en.htm>
- Ilustración 38 [IZQUIERDA] Sky Rail, SUM Arch/Andrew Kudless/MATSYS, Final Prototype, 2007-2008. [DERECHA] Laszlo Files, Office dA, Graduate School of DesignHarvard University, (2002) 317

Fuente: http://matsysdesign.com/tag/collaboration/ + http://arquitecturaenred01.blogspot.com.es/2009/11/caso-de-estudio-cnclaszlo-files.html	
Ilustración 39 Greg LYNN, <i>Pretty Good Life Showroom</i> , Estocolmo, Suecia, 1999.	318
Fuente: LYNN, Greg (2002)	
Ilustración 40 [IZQUIERDA] <i>Hi_Lo</i> , Pongratz & Perbellini, 2006. [DERECHA] <i>Hyperwave</i> , Pongratz + Perbellini, 2005	318
Fuente: http://www.pongratz-perbellini.com/	
Ilustración 41 Andrew Kudless/MATSYS, <i>P_Wall</i> , 2006-2009.....	320
Fuente: http://matsysdesign.com/category/projects/p_wall2009/	
Ilustración 42 Andrew Kudless/MATSYS, <i>P_Wall</i> , 2009.....	320
Fuente: http://matsysdesign.com/category/projects/p_wall2009/	
Ilustración 43 Geoffrey KLEIN/Dave EASTON/Michael WETMORE, <i>Living Bridge</i> , Giza- Tsukishima, 2011.....	322
Fuente: http://cargocollective.com/gklein/Living-Bridge	
Ilustración 44 Marc Fornes/theverymany, <i>processes of growth</i> , 2006. <i>Fluidity</i> , Ferrofluid Art, Sachiko Kodama, 2008.	323
Fuente: http://theverymany.com/propos-specus/06-royal-academy/ + http://www.trendsnow.net/2009/04/ferrofluid.html	
Ilustración 45 Zaha Hadid, Arquitecta, Entrevista en EL PAÍS 15/11/2011.....	324
Fuente: Diario El País	
Ilustración 46 Nordpark Cable Railway, Zaha Hadid Architects, Innsbruck, 2004.	325
Fuente: http://www.zaha-hadid.com/architecture/nordpark-railway-stations/	
Ilustración 47 Evan DOUGLIS, <i>Choice Market Café</i> , detalle del techo, Brooklin, 2010.....	326
Fuente: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/14.157/5398 + http://www.arch.rpi.edu/2011/09/douglis-choice-market/	
Ilustración 48 BKK Architects, <i>Cellular Pavilion for New Architecture</i> , Monash University Museum of Art, 2005.	327
Fuente: http://cargocollective.com/roryhyde/Pavilion-for-New-Architecture	
Ilustración 49 Architecture 00/Alastair PARVIN, <i>WikiHouse 4.0</i> , 2013.....	328
Fuente: http://www.wikihouse.cc/	
Ilustración 50, Philip BEESLEY, <i>Hylozoic Ground</i> , instalación (con las "protocells" de Rachel ARMSTRONG), 2010.	329
Fuente: http://www.architecturenorway.no/questions/cities-sustainability/armstrong/ + http://archleague.org/2014/02/speculative-science/	
Ilustración 51 Theo Jansen, <i>Strandbeest</i> , 2007. Gerhard Mantz, <i>Peligro inevitable nr. 3</i> , Alemania, 2007.	330
Fuente: http://www.gerhard-mantz.de/wp/work/ocean/ + http://www.notodo.com/galeria_fotos/335_2252_maquinas__almas_museo_reina_sofia_madrid	
Ilustración 52 Ivan Sutherland utilizando el programa Sketchpad en la consola TX-2 en el Lincoln Laboratory del MIT ca. 1963.	332
Fuente: http://www.computerhistory.org/tdih/May/16/	

- Ilustración 53 Zaha Hadid Architects, *Kartal-Pendik Masterplan*, Istanbul, Turkey, 2006. *One North Masterplan, Network – Fabric – Buildings*, Singapore, 2001-2003..... 333
Fuente: <http://www.patrikschumacher.com/>
- Ilustración 54 NOX/Lars Spuybroek, *D-tower*, Doetinchem, (NL), 1999-2004..... 336
Fuente: <http://www.nox-art-architecture.com/>
- Ilustración 55 Lars Spuybroek/NOX, *Maison Follie*, Wazemmes, Lille, 2001-2004..... 337
Fuente: <http://www.nox-art-architecture.com/>
- Ilustración 56 ARANDA/LASCH, *Rules of Six*, instalación en el MoMA, NY, 2008. 341
Fuente: <http://arandalasch.com/works/rules-of-six/>
- Ilustración 57 Neri OXMAN, [IZQUIERDA] *Monocoque 2*, MoMA, NY, 2007. [DERECHA] *Gemini*, [Strata Connex Technology], 2014. 343
Fuente: <http://web.media.mit.edu/~neri/site/projects/monocoque1/monocoque1.html>
- Ilustración 58 Metápolis, *The Media House Project*, Barcelona, 2001. 345
Fuente: <http://www.guallart.com/projects/media-house>
- Ilustración 59 Chris ANDERSON, portada, 2012. Cory DOCTOROW, portada, 2009..... 346
Fuente: ANDERSON (2012) + DOCTOROW (2009)
- Ilustración 60 "El fabricante soy yo", artículo en periódico El País, 19/02/2012..... 349
Fuente: Diario El País
- Ilustración 61 Iris van Herpen, Amsterdam Fashion Week, 2010 (with MGX by Materialise). *Skeleton Dress*, Paris, 2012. 350
Fuente: <http://www.dezeen.com/2010/08/11/crystallization-by-iris-van-herpen-daniel-wright-and-mgx-by-materialise/>
- Ilustración 62 *Thing-O-Matic*, MakerBot Industries, 2011. Frankenstein Head, *3DP1000*, 3DP Unlimited..... 351
Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/MakerBot_Industries + <http://3dprint.com/21613/3dp-unlimited-frankenstein/>
- Ilustración 63 Self-Assembly Lab MIT, *Logic Matter*, 2010. *Self-folding Truncated Octahedron*, 2014..... 353
Fuente: <http://www.suckerpunchdaily.com/tag/mit/> + <http://cloudtweaks.com/2014/09/4d-printing-could-change-everything/>
- Ilustración 64 Self-Assembly Lab MIT + Stratasys, *Fluid Crystallization*, 2013. *Wireframe Cube*, 2013..... 355
Fuente: <http://www.sjet.us/>
- Ilustración 65 Softkill Design, ProtoHouse, Londres, 2012.....356
Fuente: <http://www.dezeen.com/2013/09/25/3d-printed-buildings-to-become-reality-in-the-not-too-distant-future/>

Capítulo 07_TARGET

- Ilustración portada capítulo. Anuncio publicitario..... 357
Fuente: revista *Computer Artist Magazine*.

Capítulo 08_LINKS

Ilustración portada capítulo. RUBIN, Ben; HANSEN, Mark (2001-2003) "Listening Post" 369
Fuente: <http://thehuorns.tumblr.com/post/108400765938/listening-post-is-an-art-installation-by-mark>

Capítulo 09_IMAGES

Ilustración portada capítulo. Aby M. WARBURG, Mnemosyne-Bilderatlas, 1928-29..... 405
Fuente: RUBY, Andreas; RUBY, Ilka; URSPRUNG, Philip (2004) IMAGES. A Picture Book of Architecture. Munich: Prestel Verlag.

