

Detección de oportunidades de intervención arquitectónica en áreas vulnerables a oscilaciones pequeñas del nivel del mar. Estrategias para proyectar su adaptación.

Autor: Ángel Martínez García
amg.alicante@gmail.com

Tutor: José Carrasco Hortal

Co-tutor: Joaquín Alvado Bañón

Máster de Arquitectura y Urbanismo Sostenible

Departamento de Construcciones Arquitectónicas

Universidad de Alicante
Alicante, Julio 2013

*Detección de oportunidades de
intervención arquitectónica en áreas
vulnerables a oscilaciones pequeñas
del nivel del mar. Estrategias
para proyectar su adaptación.*

*Detection of architectural intervention
opportunities in vulnerable areas
to small oscillations of sea level.
Strategies to projects its adaptation.*

Autor: Ángel Martínez García
amg.alicante@gmail.com

Tutor: José Carrasco Hortal

Co-tutor: Joaquín Alvado Bañón

MÁSTER ARQUITECTURA Y URBANISMO SOSTENIBLE

(Universidad de Alicante)

Alicante, de Julio de 2013

Dedicatoria

*A mi hija Noa, lo mejor que nunca
me ha pasado.*

*Su nacimiento coincidió con otro, el
de este Trabajo Final de Máster.*

*A mi mujer Ester, por su confianza
en mí, por su paciencia y compren-
sión. Sin ella habría sido imposible
realizarlo.*

*Ellas han sido los motores que me
han empujado a terminarlo en tiempo
y forma. Os quiero.*

*A mis padres y hermana, por confiar
ciegamente en mí...*

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mis compañeros de Máster todas las buenas vibraciones que se han producido, el compañerismo y la amistad incondicional que me llevo de ellos. Sin duda, lo mejor de esta nueva etapa.

A todos los profesores y expertos invitados a este Máster. Me llevo lo mejor de cada uno de ellos.

En especial a mi tutor, José Carrasco, por ser a la vez gran profesor, amigo y persona generosa con su tiempo. Por sus consejos y correcciones en este TFM, sin su labor no hubiera sido lo mismo.

Gracias por confiar en mi.

A Sergio Corredor, por ocuparse de nuestro estudio y regalarme el tiempo para poder terminar este TFM. Sin su apoyo, terminarlo hubiera sido imposible.

A David Serrano, siempre dispuesto a ayudar cuando le he necesitado.

Índice:

Resumen / Abstract	1
1. Introducción	2
2. Ciudades costeras y territorios expuestos al peligro de inundación	5
2.1 Shanghai	13
2.2 Londres	15
2.3 Nueva York	17
2.4 Philadelphia	19
2.5 San Francisco	21
2.6 San Petersburgo	23
2.7 Washington D.C.	25
2.8 Rotterdam	27
2.9 New Orleans	29
2.10 Venecia	31
2.11 Charleston	33
2.12 Valle y Delta del Ebro	35
2.13 L'Albufera de Valencia	37
2.14 El Saladar de Agua Amarga en Alicante	39
2.15 La Manga del Mar Menor	41
3. Técnicas digitales para cartografiar: SIG	43
3.1 Mapas de inundabilidad	50

3.2 Caso de estudio: Manhattan (NYC)	55
3.2.1 Organismos estatales: FEMA	58
3.2.2 Análisis de Manhattan a través de gv SIG	60
3.3 Caso de estudio: La Manga del Mar Menor	69
3.3.1 Generación de un simulador de variación de nivel de agua aplicado al territorio.....	73
4. Estrategias arquitectónicas para la adaptación de territorios y ciudades inundables.....	82
4.1 Utopía y futuro	87
4.2 Selección de estrategias arquitectónicas para entornos inundables.....	92
5. Catálogo de arquitecturas para entornos acuáticos (1900 - 2013)	96
5.1 Bajo el agua (sumergidos)	
5.1.1 Warren Chalk, "Underwater City Project" (1969)	98
5.1.2 Hidezo Kobayashi, "Underwater Urban Structure" (1967)	99
5.1.3 Rachel Armstrong, "Protocell" (2009)	100
5.1.4 Milorad Vidojević, Jelena Pucarević, Milica Pihler, "Lady Landfill Skyscraper" (2011).....	102
5.2 En el agua (flotantes)	
5.2.1 William Katavolos, "Floating City" (1947)	104
5.2.2 Kiyonori Kikutake, "Marine City" (1958)	107
5.2.3 Kisho Kurokawa, "Floating City Kasumigaura" (1961)	111
5.2.4 Dietmar Köring, "Floating Permaculture" (2011)	113
5.3 Encima del agua (elevadas)	
5.3.1 Los Fuertes de Maunsell (1943)	116
5.3.2 La ciudad espacial de Yona Friedman (1956)	123
5.3.3 David Georges Emmerich, "Agglomeration (Under the cupola of a space truss" (1959)	128

5.3.4 Manuel Domínguez/Zuloark "Very Large Structure" (2012)	130
--	-----

5.3.5 Laura Sempere Pomares "Paisajes de Cristal" (2013)	132
--	-----

6. Discusión	136
---------------------------	-----

7. Conclusiones	140
------------------------------	-----

Bibliografía	144
---------------------------	-----



Resumen

La presente investigación establece cómo hacer uso de herramientas digitales, para la detección, cartografía y visualización de territorios amenazados por leves oscilaciones en el nivel del mar y su posibilidad de adaptación, en contraposición a estrategias de defensa o de retirada en el territorio inundable. El cambio climático, el contexto actual y la previsión de futuro basada en datos obtenidos de agencias gubernamentales y espaciales, mediante el uso de *software* basado en SIG, será una herramienta esencial para la detección de estas áreas vulnerables.

La revisión, catalogación y estudio de *utopías arquitectónicas* que puedan adaptarse a entornos acuáticos de manera sostenible en cualquiera de sus tres posicionamientos (sumergidas, flotantes o elevadas), formará parte de los intereses y objetivos de esta investigación.

Palabras Clave: Inundación, SIG, Utopía, Aumento del nivel del mar, Futuro, Cambio Climático, Visor Digital, Estrategias de Adaptación, Permacultura, Sostenibilidad, Sumergida, Flotante, Megaestructura.

Abstract

This research establishes how to use digital tools for the detection, mapping and visualization territories threatened by slight variations in sea level and their ability to adapt, as opposed to defensive strategies or withdrawal in the flooded area. Climate change, current context and future forecast based on data from government agencies and space through the use of GIS-based software will be an essential tool for the detection of these vulnerable areas.

The review, documentation and study of architectural utopias that can adapt to aquatic environments sustainably in any of the three positions (submerged, floating or high) will be part of the interests and objectives of this research.

Keywords: Flood, GIS, Utopia, sea level rise, Future, Climate Change, Digital Display, Adaptation Strategies, Permaculture, Sustainability, Submerged, Floating, Megastructure

1. Introducción



Objeto de estudio:

Este Trabajo Fin de Máster tendrá como objeto de estudio tres líneas paralelas:

- Las ciudades cercanas a la costa, por debajo del nivel del mar o próximas a ríos, lagos, etc... vulnerables por una posible inundación, debida entre otras causas al Cambio Climático.

- El estudio de las herramientas disponibles para la detección de estos territorios vulnerables o áreas de oportunidad arquitectónica.

- Las *estrategias arquitectónicas* planteadas entre 1900 hasta la actualidad con especial interés por aquellas expresadas a lo largo del texto como *utopías arquitectónicas*, que puedan adaptarse a entornos sensibles a leves variaciones en el aumento del nivel del mar.

Antecedentes:

Las ciudades siempre han sufrido el problema de las inundaciones, desde los primeros asentamientos hasta la actualidad. Cada ciudad tiene su propia *historia negra* que justifica de manera general esta investigación. Durante la lectura del texto, se tratará de poner en antecedentes al lector y componer de alguna forma el estado del arte en cada una de las tres partes que componen el cuerpo escrito de esta investigación.

Objetivos:

Los objetivos de la investigación irán enfocados a la detección de áreas vulnerables, sensibles a oscilaciones pequeñas del nivel del mar y al conocimiento profundo de oportunidades de intervención en el medio natural inundable para las próximas décadas, mediante la recuperación de valores espaciales de proyectos apoyados en pilotis, estructuras elevadas del plano del suelo, arquitecturas sumergidas, flotantes y las últimas teorías de Rachel Amstrong para arquitecturas inundadas.

El objetivo general de este Trabajo Fin de Máster es elaborar un marco teórico y metodológico, a partir del cual poder extraer unas conclusiones que sirvan para futuras investigaciones ramificadas en las distintas temáticas y “ventanas” que irán abriéndose a lo largo del texto y que se basarán en el desastre de las inundaciones, los medios para detectarlas y las estrategias a seguir para su adaptación.

Metodología

El trabajo contiene dos metodologías claramente diferenciadas en los distintos apartados de esta investigación.

Primeramente la metodología a utilizar, se basará en el análisis a través de herramientas digitales de dos modelos de escala y geografías distintas, en las que por un lado se utilizará un análisis post-inundación a través de tecnologías SIG (Sistemas de Información Geográficos) y por el otro un análisis pre-inundación, a través de tecnologías cercanas al usuario, con las que poder crear un visor propio de inundaciones.

Más adelante, se hará uso de una metodología basada en la búsqueda y análisis bibliográfico de las propuestas encontradas hasta el momento, por el investigador y su ordenación y catalogación en orden cronológico para tratar de establecer posibles estrategias para la adaptación de estos territorios vulnerables a las inundaciones. Estrategias en las que poder apoyarse en un futuro para ampliarlas y desarrollarlas desde un punto de vista sostenible, creando nuevos entornos sumergidos, flotantes o en posiciones elevadas del plano del agua.

Una vez establecidas qué zonas son sensibles de actuación mediante un proyecto arquitectónico y basándonos en algunas de las soluciones adoptadas o imaginadas en el pasado, como planteamientos utópicos para su época de asentamientos entorno al agua, se podrían establecer una serie de estrategias estructurales, materiales y de diseño que busquen la sostenibilidad de dichas propuestas y su interacción con el medio donde se ubican para la búsqueda de sistemas autonómicos y dinámicos desde el punto de vista energético

Justificación de la investigación

Los problemas derivados de las inundaciones en entornos habitados por el hombre, donde no han sido adaptados para combatir estos procesos que por otro lado son cíclicos y naturales, se producen constantemente en el tiempo y forman parte de un problema a escala global.

Es pertinente encontrar posibles vías de solución a estos entornos, diferentes a las actuales acciones llevadas a cabo por la gran mayoría de las Instituciones que gobiernan las zonas afectadas, que utilizan como medio combativo la defensa de sus ciudades y entornos inmediatos a través de grandes obras de ingeniería a modo de barreras y esclusas.

Ante esta situación y en una previsión a largo plazo, una adaptación de las ciudades ante este tipo de fenómenos podría ser el inicio de una serie de respuestas planteadas desde diversos puntos de vista: ¿Cuáles serían sus posibilidades de crecimiento? ¿Dónde empezaría la nueva ciudad que pudiera convivir con el agua? ¿Adaptarse o defenderse, como oportunidad arquitectónica? La utopía como motor fundacional de nuevas guías e instrucciones de planeamiento para ciudades amenazadas por el nivel del mar.

Interés de la presente investigación

Como interés general se hace necesaria una nueva cartografía que indique en el espacio-tiempo cuáles son las zonas expuestas a riesgo por inundación y la elaboración de un plan de acción a diferentes escalas, mediante estrategias de futuro que puedan adaptar las ciudades a los cambios de nivel en el agua, como alternativa a la defensa mediante barreras de agua o la retirada de sus habitantes a otras zonas seguras. Encontrar las herramientas adecuadas que ayuden a esto, puede resultar interesante para posteriores investigaciones.

Como interés particular, el autor se basa en experiencias previas durante la elaboración de su Proyecto Final de Carrera, donde serán rescatadas aquí partes de su metodología y materiales, para la ampliación de los mismos y seguir investigando sobre las *utopías arquitectónicas* (en su sentido tecnológico y sostenible)

2. Ciudades costeras y territorios expuestos al peligro de inundación

Las graves inundaciones producidas en las últimas décadas, se están convirtiendo en un fenómeno global, frecuentemente sucedido en los últimos 20 años (fig.1), debido principalmente a variaciones en el nivel del mar, fuertes tormentas, crecidas en ríos, cercanos a grandes núcleos de población y otros factores de carácter climático cuya repetición, están transformando a las inundaciones en el desastre natural más frecuente.

“...En todo el mundo, las áreas urbanas en riesgo han sido particularmente afectadas por los crecientes impactos de las inundaciones. Los impactos, tanto actuales como proyectados, imprimen un sentido de urgencia a la necesidad de hacer que el manejo del riesgo de inundaciones en asentamientos urbanos tenga alta prioridad en la agenda política y las políticas. La comprensión de las causas y efectos de los impactos de las inundaciones y el diseño, la inversión en medidas para minimizar estos impactos y su implementación deben ser parte integral del pensamiento actual sobre el desarrollo y deben integrarse en las metas más amplias del desarrollo.”¹

La mayor concentración de población urbana, se ubica en ciudades cercanas a la costa donde millones de personas estarían expuestas a las consecuencias de inundaciones, debidas al aumento del nivel del mar, además de los cada vez más frecuentes agentes meteorológicos que influyen en la destrucción de parte de estas ciudades. En el *ranking* de las 20 ciudades más pobladas del mundo, (Nicholls, 2010)², se aventuran datos de población expuesta a inundación (fig. 2) y cuáles serían las consecuencias económicas (fig. 3) relativas a las

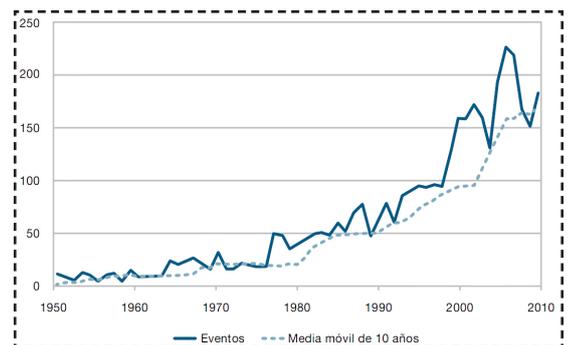


Fig.1: Número de inundaciones.

Fuente: AA.VV. (2012) Ciudades e inundaciones. Guía para la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en el Siglo 21. The World Bank

Rank	Country	Urban Agglomeration	Exposed Population Current	Exposed Population Future
1	INDIA	Kolkata (Calcutta)	1,929,000	14,014,000
2	INDIA	Mumbai (Bombay)	2,787,000	11,418,000
3	BANGLADESH	Dhaka	844,000	11,135,000
4	CHINA	Guangzhou	2,718,000	10,333,000
5	VIETNAM	Ho Chi Minh City	1,931,000	9,216,000
6	CHINA	Shanghai	2,353,000	5,451,000
7	THAILAND	Bangkok	907,000	5,138,000
8	MYANMAR	Rangoon	510,000	4,965,000
9	USA	Miami	2,003,000	4,795,000
10	VIETNAM	Hai Phong	794,000	4,711,000
11	EGYPT	Alexandria	1,330,000	4,375,000
12	CHINA	Tianjin	956,000	3,790,000
13	BANGLADESH	Khulna	441,000	3,641,000
14	CHINA	Ningbo	299,000	3,305,000
15	NIGERIA	Lagos	357,000	3,229,000
16	CÔTE D'IVOIRE	Abidjan	519,000	3,110,000
17	USA	New York-Newark	1,540,000	2,931,000
18	BANGLADESH	Chittagong	255,000	2,866,000
19	JAPAN	Tokyo	1,110,000	2,521,000
20	INDONESIA	Jakarta	513,000	2,248,000

Fig.2: Ranking 20 ciudades más pobladas expuestas a una inundación. Población en peligro.

Fuente: Nicholls, R. et al (2010) A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. Springer. Climatic Change (2011) 104:89–111

Rank	Country	Urban Agglomeration	Exposed Assets Current (\$Billion)	Exposed Assets Future (\$Billion)
1	USA	Miami	416.29	3,513.04
2	CHINA	Guangzhou	84.17	3,357.72
3	USA	New York-Newark	320.20	2,147.35
4	INDIA	Kolkata (Calcutta)	31.99	1,961.44
5	CHINA	Shanghai	72.86	1,771.17
6	INDIA	Mumbai	46.20	1,598.05
7	CHINA	Tianjin	29.62	1,231.48
8	JAPAN	Tokyo	174.29	1,207.07
9	CHINA	Hong Kong	35.94	1,163.89
10	THAILAND	Bangkok	38.72	1,117.54
11	CHINA	Ningbo	9.26	1,073.93
12	USA	New Orleans	233.69	1,013.45
13	JAPAN	Osaka-Kobe	215.62	968.96
14	NETHERLANDS	Amsterdam	128.33	843.70
15	NETHERLANDS	Rotterdam	114.89	825.68
16	VIETNAM	Ho Chi Minh City	26.86	652.82
17	JAPAN	Nagoya	109.22	623.42
18	CHINA	Qingdao	2.72	601.59
19	USA	Virginia Beach	84.64	581.69
20	EGYPT	Alexandria	28.46	563.28

Fig.3: Ranking 20 ciudades más pobladas expuestas a una inundación. Consecuencias económicas.

Fuente: Nicholls, R. et al (2010) A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. Springer. Climatic Change (2011) 104:89–111

1 AA.VV. (2012) Ciudades e inundaciones. Guía para la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en el Siglo 21. The World Bank (p. 16)

2 Nicholls, R. et al (2010) A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. Springer. Climatic Change (2011) 104:89–111

propiedades y activos económicos de las ciudades.

El desarrollo urbano de las grandes metrópolis (fig. 4) es la característica más definitoria del crecimiento demográfico mundial al que estamos sometidos, contribuyendo y complicando más el riesgo de inundaciones. Como dato demográfico, en el año 2008, por primera vez en la historia de la humanidad más de la mitad de la población mundial vivía en áreas urbanas; de esta población urbana, dos tercios se sitúan en países donde los ingresos económicos son bajos y medios. Se espera que la proporción llegue al 60% en el año 2030 y al 70% en el 2050, lo cual significará un total de 6,200 millones de personas³, o el doble de la población rural proyectada. Conforme aumente la superficie ocupada por las áreas urbanas y su población, el impacto de las inundaciones en la población será más importante.

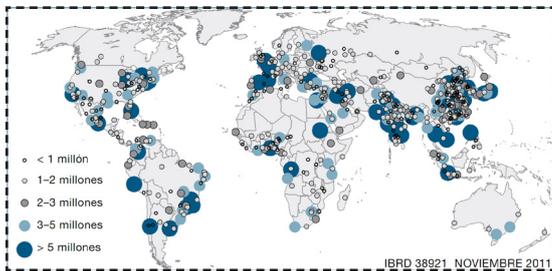


Fig.4: Aglomeraciones urbanas con más de 750,000 habitantes, 2010.

Fuente: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, División de Población; Prospectiva de la Urbanización Mundial, Revisión de 2009; Archivo 12: Población de Conglomerados urbanos con 750,000 o más habitantes en 2009, por país, 1050-2025 (miles) (Noviembre 2011)

“... The relative influence of the different factors is dependent on the individual city’s conditions. For example, the influence of human-induced subsidence due to shallow ground-water extraction and drainage is especially important in deltaic cities that are rapidly developing such as Shanghai and Ho Chi Minh City.

Collectively, climate change and subsidence contribute about one third of the increase in exposure for people and assets under the scenarios considered here, with the balance coming from socio-economic change.”

(Nicholls et al, 2010)

Las palabras de Nicholls no son muy alentadoras, y hacen pensar en una urgente reacción por parte de todos para tratar de dotar a nuestras ciudades de unos planes maestros más eficaces. Por ejemplo, las acciones realizadas en Shanghai y Ho Chi Minh City, en relación al drenaje que se ha ido produciendo en el subsuelo de su territorio para tratar de construir más y más, podrá tener sus consecuencias mediante el efecto de la *subsistencia*⁴ que es “... únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos sub-superficiales de deformación añadidas por una fuerte inundación.” Estos efectos adheridos al *Cambio Climático* sumarán fuerzas, aumentando el número

3 <http://www.worldbank.org/>

4 TOMÁS, R., GERARDO H., DELGADO J. y PEÑA, F. (2009) *Subsistencia del terreno*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. (173) 295-302. ISSN: 1132-9157

de población previsiblemente afectada en torno al año 2070 (fig. 5)

Este tipo de planificaciones urbanas basadas en la “supervivencia de la especie”, reflejan el fenómeno creciente de multiplicación exponencial de su población y es la base de muchas de las catástrofes que siguen aumentando, por no adecuar debidamente el uso del suelo y la gran expansión que sufren estas ciudades o aglomeraciones urbanas para poder acomodar a toda la población. Ejemplos de una mala planificación frente a un fuerte riesgo de inundación, son el hecho de construir en llanuras y áreas inundables tanto en la costa o cercana a ella, como en el interior.

Si además de no considerar las probabilidades de riesgo de inundación, añadimos las alteraciones en los patrones meteorológicos debidas al cambio climático⁵ encontramos que, por ejemplo en climas más cálidos, el potencial de causar más inundaciones es mucho mayor. Estos patrones de cambio climático pueden amplificar el riesgo de inundabilidad si además se produce lo siguiente: (tal y como advierte el documento del Banco Mundial con la *Guía para la Gestión Integral de Inundaciones en el siglo 21*, pp. 19-20)

“- Incremento en el ritmo de elevación del nivel del mar, que es uno de los factores que agravan los daños por inundaciones en las zonas costeras.

- Variación de los patrones de lluvia locales, lo que podría llevar a inundaciones ribereñas más frecuentes y a niveles más altos, así como a inundaciones repentinas más intensas.

- Cambio en la frecuencia y duración de los episodios de sequía que llevan a la extracción de agua subterránea y ocasionan hundimientos, que empeoran el impacto de la subida del nivel del mar (Shanghai)

- Incrementar la frecuencia de tormentas que conduce a fuertes aumentos del nivel de la marea, provocando desbordamientos en límites costeros del nivel del mar sobre el territorio.

Para ilustrar el proceso de Gestión Integrada

5 HOLMBERG, M.O. (2010) *Mapping Climate Change: Six U.S. case studies*. University of Colorado, Boulder.

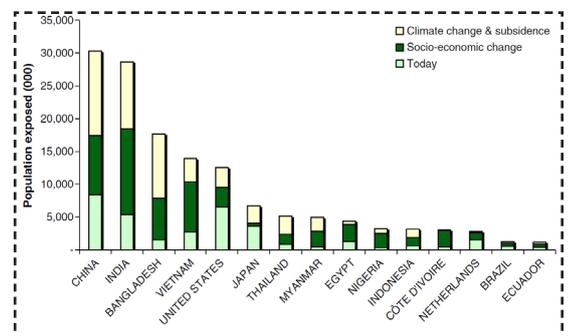


Fig.5: Población expuesta para los 15 países más afectados bajo un escenario futuro de aumento del nivel del mar, aumento en el factor de tormentas y subsidencia del terreno.

Fuente: Climatic Change (2011) 104:89-111
DOI 10.1007/s10584-010-9977-4

del Riesgo de Inundaciones definido en dicho documento, se adjunta el gráfico (fig. 6) donde se indican los 5 pasos, desde la comprensión de la amenaza de inundaciones y la identificación de las medidas más apropiadas, hasta la planificación, implementación y finalmente evaluación de la estrategia y sus medidas.

El gráfico fue realizado por GHK Consulting y Baca Architects⁶, cuyo director es el arquitecto Robert Barker quien ha dedicado la mayor parte de su trabajo profesional a diseñar espacios donde poder convivir con el agua. La idea de Barker es poder establecer los parámetros ideales de diseño y tecnología para poder adaptar territorios con alto grado de inundabilidad y convertirlos en paisajes donde el agua sea el medio donde poder desarrollar nuevos hábitats sostenibles con el agua y sus ciclos. Actualmente Barker tratar de desarrollar un innovador proyecto residencial dentro de

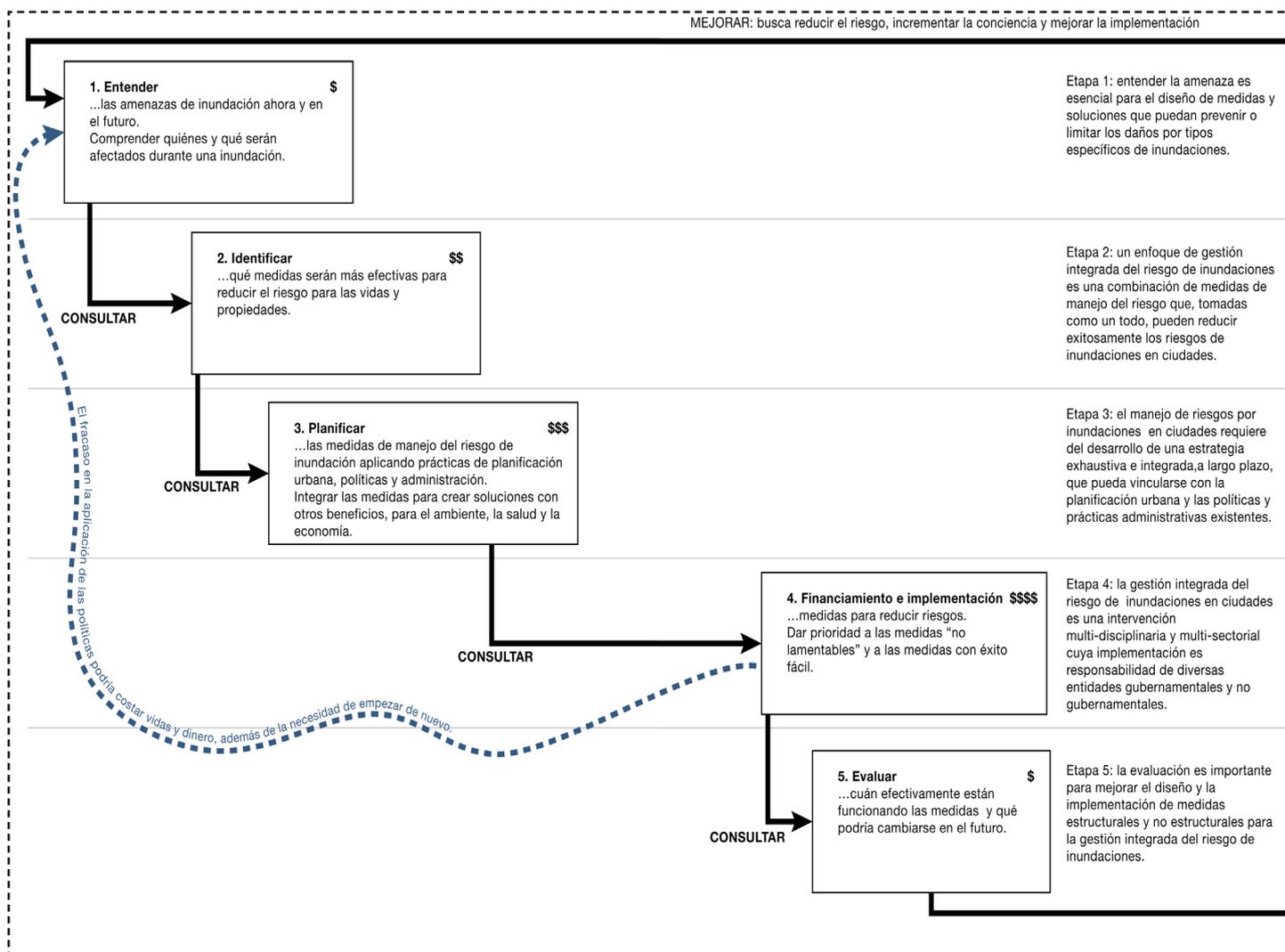


Fig. 6: Las cinco etapas de la gestión integrada del riesgo de inundaciones.
Fuente: GHK Consulting y Baca Architects.

⁶ <http://www.baca.uk.com/>

la estrategia denominada CAN (*Climate Adaptive Neighbourhoods*)⁷

Podemos afrontar la situación de inundabilidad de un territorio desde tres posibles puntos de vista amplios, que podríamos describir, como “tácticas de combate”:

- ¿Retirarse?(fig.7)
- ¿Defenderse?(fig.8)
- ¿Atacar? (fig.9)

Retirarse significa dar un paso atrás ante el problema y evitar un choque potencialmente catastrófico con la realidad. Consistiría en trasladar la infraestructura crítica y la vivienda a un terreno más seguro, permitiendo la entrada de agua en la ciudad aliviando o protegiendo los habitantes de las zonas de riesgo. Es muy diferente al hecho de abandonar y aunque el coste económico sería grande, podría ser una opción frente a por ejemplo, la construcción de costosas defensas.

Defenderse consistiría en asegurar que el agua del mar no entre en el entorno construido existente. Esto requeriría la construcción de unas defensas que aseguraran el nivel adecuado de protección frente a un aumento del nivel del mar. Aunque actualmente conlleva adoptar una política costosa, ¿podríamos diseñar una manera de hacerlas más económicas? Muchas de las defensas construidas en el siglo XX han sido criticadas por ser insostenibles, ya que reducen el acceso al agua, dañan los hábitats de costa, son costosos de mantener y mejorar... Sin embargo proporcionan una respuesta a corto plazo frente a la reducción de sufrir una inundación por aumento del nivel del mar.

Atacar es avanzar y dar un paso hacia la línea de costa actual del mar. Tiene que ver con el concepto

⁷ CAN (*Climate Adaptive Neighbourhoods*) es una iniciativa que desarrollará una propuesta innovadora para la construcción de viviendas a prueba de inundaciones en una zona concreta para la regeneración de Norwich (Inglaterra), donde se están tomando acciones de diseño integral para abordar el problema de las inundaciones. CAN establecerá las prioridades de riesgo climático y las medidas de adaptación, e identificará las acciones que pueden ser implementadas en la actualidad y en el futuro.

<http://www.baca.uk.com/Life/pages/Canproject-1.html>

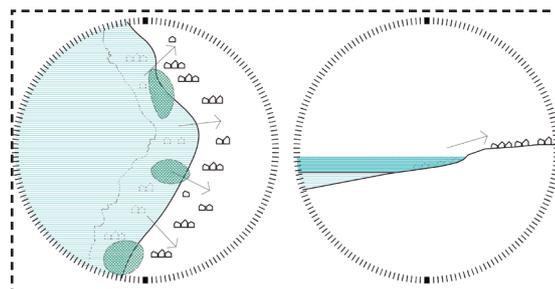


Fig.7: Retirarse
Fuente: Elaboración propia

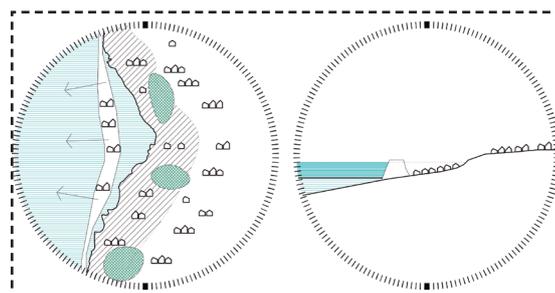


Fig.8: Defenderse
Fuente: Elaboración propia

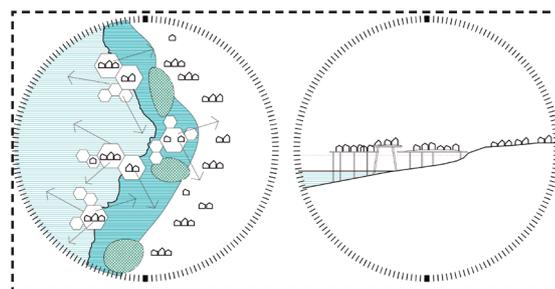


Fig.9: Atacar/Adaptar
Fuente: Elaboración propia

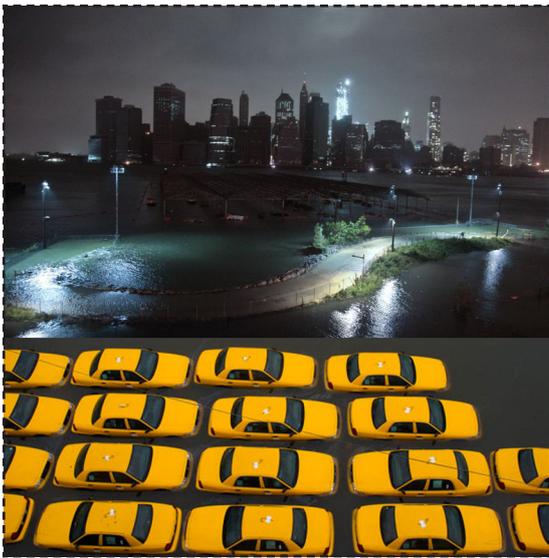


Fig.10: Nueva York.
Fuente: www.elpais.com



Fig.11: Venecia
Fuente: www.elpais.com



Fig.12: Australia
Fuente: www.efeverde.com



Fig.13: Argentina
Fuente: www.letrap.com.ar

de *adaptación*. Significa acomodar, ajustar algo (nuestro hábitat) a otra cosa (paisaje inundable), hacer que un objeto o mecanismo desempeñe funciones distintas de aquellas para las que fue construido y de manera biológica acomodarse a las condiciones de su entorno.

Se hace necesario volver la vista hacia atrás y realizar un pequeño barrido que repase las inundaciones producidas en los últimos meses que justifique la presente investigación y que ponga en valor el sentido social, económico y técnico para encontrar soluciones que consigan adaptar nuevos modelos diseñados a nuestras ciudades y *atacar-adaptar* territorios inundables.

El mundo ha seguido sufriendo una tras otra, catástrofes derivadas de inundaciones, distribuidas en todo el mundo: Desde Nueva York (Huracán Sandy en Octubre de 2012, fig.10), pasando por Venecia (una de las peores de los últimos diez años, Noviembre de 2012, fig. 11), en Australia (Enero de 2013, fig. 12), en Argentina (Abril de 2013, de consecuencias graves, fig. 13), pasando por las últimas originadas en Alemania con el desbordamiento de sus ríos (fig. 14), India (fig. 15) y España, en concreto en Navarra (fig. 16) y en general en el Valle del Ebro (fig. 17), son unos pocos ejemplos para entender que se trata de un fenómeno extendido que se repite cíclicamente.

Si todavía miramos más hacia atrás, podemos recordar fácilmente el desastre ocurrido en Nueva Orleans en 2005 con el Huracán Katrina, una catástrofe que destruyó casi por completo la ciudad y dejó miles de damnificados, donde las labores de reconstrucción todavía continúan. Blakely⁸ nos habla de la dificultad que han tenido sus habitantes para tratar de rehacer sus vidas y donde aquellos con menor poder adquisitivo están siendo "aconsejados" a tratar de establecerse en otros territorios lejos de la nueva ciudad reconstruida, debido a la imposibilidad de pagar un seguro contra inundaciones. Es el drama socio-económico-político en el que la disciplina de la arquitectura queda al margen y no sólo es necesario un cambio en las estrategias de diseño para nuevas situaciones de

8 BLAKELY, E.J. (2006) *A cry for a City: What is Happening to New Orleans.* Journal of Architecture Education (pp. 4-31)

adaptación, sino también un cambio en las políticas enfocadas a tratar de paliar futuros efectos catastróficos derivados de una inundación.

En la actualidad se están terminando en Nueva Orleans las obras de la mayor defensa contra inundaciones (fig. 18), con una primera inversión de 14.6 billones de dólares⁹, que protege casi 600 Km. de costa de inundaciones por fuertes tormentas, huracanes y aumentos del nivel del mar.

Este tipo de actuaciones conllevan un elevado gasto económico, que podrá proteger el territorio donde se ubica, pero cabría preguntarse como mínimo dos cuestiones:

¿Hasta cuándo tenemos la garantía de protección de nuestras ciudades con estos sistemas?

¿No sería más sostenible pensar en ensayar estrategias que cohabiten en el medio litoral inundable?

Un ejemplo del futuro posible que puede alcanzar a la defensa de Nueva Orleans, es el que



Fig.14: Alemania
Fuente: www.elpais.com



Fig.15: India
Fuente: www.elpais.com



Fig.17: Valle del Ebro
Fuente: www.navarra.es



Fig.16: Navarra
Fuente: www.eitb.com



Fig.18: Barrera contra inundaciones. New Orleans
Fuente: <http://texas.construction.com/>

9 <http://texas.construction.com/>

está asumiendo Londres con la Barrera del Támesis (fig. 19), concebida tras las inundaciones de 1953. Aunque fue pensada para bloquear el cauce tres veces al año, desde que empezó a estar operativa en 1982, hasta el año 2000, ha sido cerrada 119 veces (fig. 20) de las cuales 76 fueron para proteger la ciudad de aumentos en el nivel del agua y 43 por tormenta y lluvias.



Fig.19: Barrera del Támesis
Fuente: www.nbcnews.com

Este hecho ha sido advertido por la Agencia Medioambiental del Reino Unido¹⁰, gestionando una nueva agencia gubernamental para tratar de remediar inundaciones en lo que ellos han denominado *Thames Estuary 2100*: todo un programa

completo que establece las directrices necesarias para la detección de áreas inundables cercanas a los tramos urbanizados del Estuario del Támesis, principalmente aquellos más alejados de la barrera. También elabora los planes de emergencia en caso de tener que evacuar a la población y una serie de recomendaciones de carácter general a cerca de qué hacer en caso de inundación.

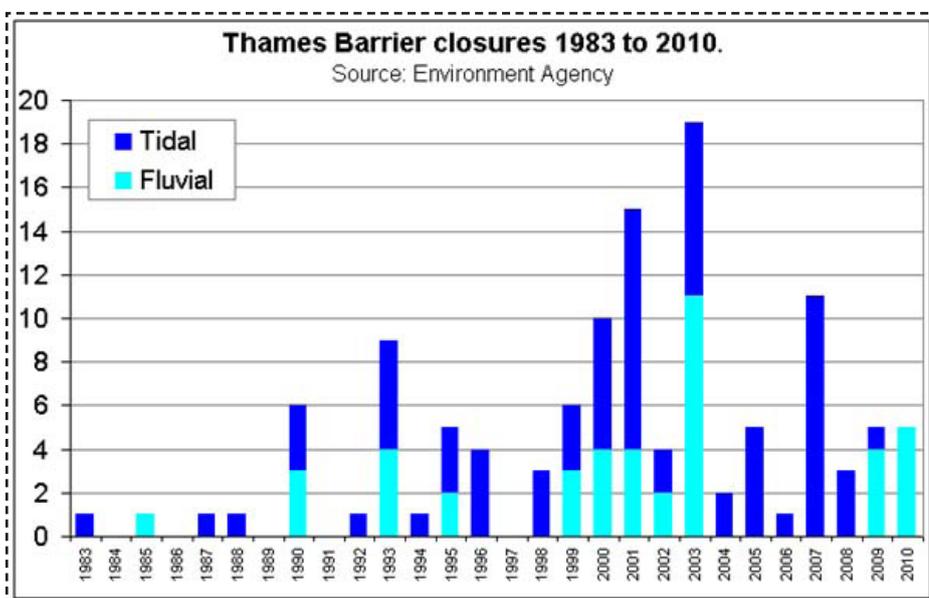


Fig.20: Número de veces cierre de compuertas
Fuente: <http://www.environment-agency.gov.uk/research/library/publications/41065.aspx>

Expuesta la magnitud del problema y el marco de referencia global, a continuación, se elabora un pequeño catálogo de ciudades en territorios próximos a zonas inundables como ríos, lagunas, litoral costero... donde se darán unas pequeñas pinceladas de las posibles afecciones y actuaciones que se están llevando a cabo en muchas de ellas, empezando por Shanghai y aproximándonos poco a poco a zonas más locales en el territorio español.

10 <http://www.environment-agency.gov.uk/>

2.1 Shanghai

Río Yangtsé

Número de habitantes: 23.470.000

Área: 5300 km²

Establecida en: 1553

Altitud media: 4 msnm

Shanghai (fig. 21) está situada en la desembocadura del río Yangtze, en el sureste de China. Tiene una de las mayores economías de rápido crecimiento urbano en el mundo, estimulada en parte por el comercio a través del puerto de Shanghai.

El área metropolitana de Shanghai en 2005 tenía aproximadamente 18 millones de habitantes y se establece una previsión de crecimiento de 30 millones para el período del 2030. Los problemas de calidad del aire y del agua plantean grandes obstáculos de sostenibilidad para el crecimiento de Shanghai.

El bombeo excesivo de aguas subterráneas

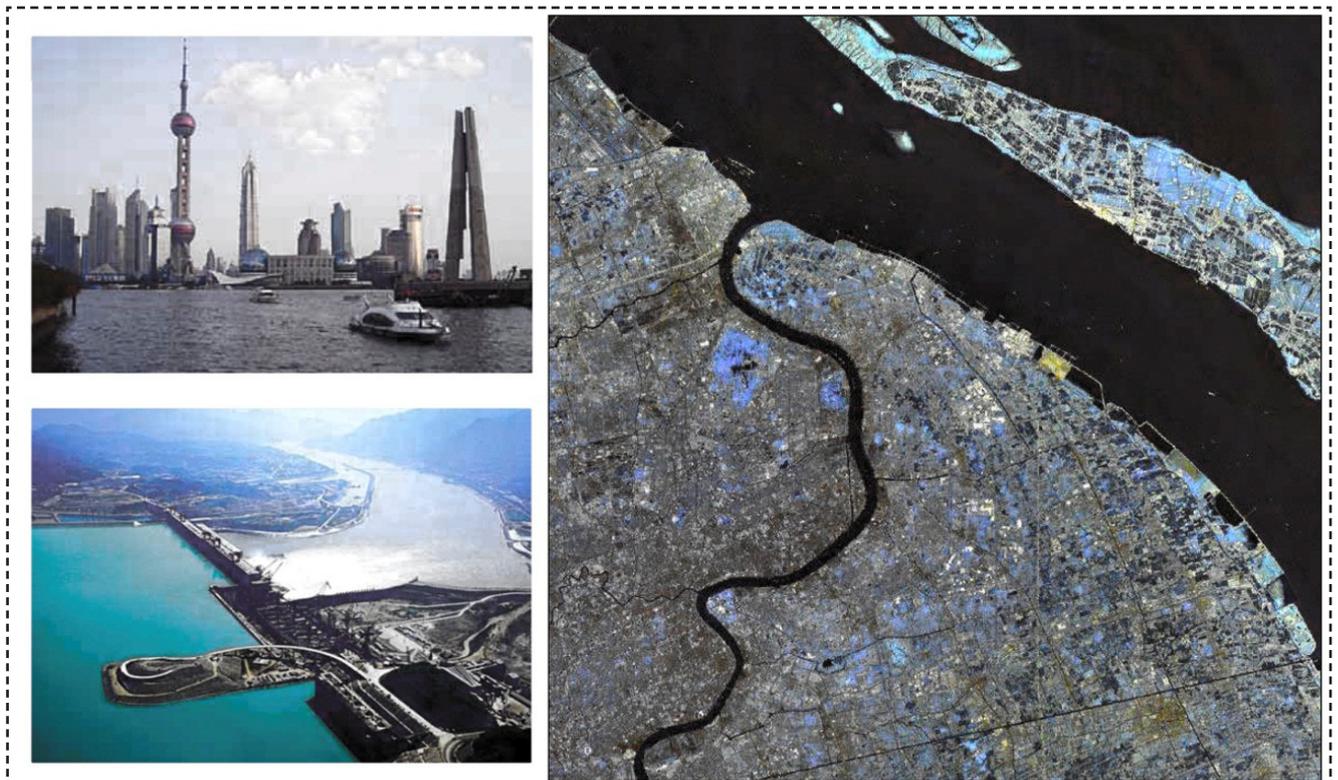


Fig.21: Shanghai
Elaboración propia

en Shanghai y cerca de las regiones agrícolas ha acentuado la peligrosidad por inundaciones a través de terreno, de forma similar a los problemas creados en Nueva Orleans por “proyectos de drenaje”.

Una obra importante para el desarrollo de línea de costa de Shanghai es el Dongtan “eco-ciudad”, que está prevista para la isla de Chongming, situada cerca de la desembocadura del río Yangtzé. Los objetivos clave de Dongtan son los siguientes: adaptarse y mitigar el cambio climático, preservar el hábitat de los humedales, crear una ciudad integrada y en evolución. Dongtan tiene una población de 50.000 en 2010 y están previstos 500.000 habitantes para 2040.

Los peligros de inundaciones debido al aumento del nivel del mar se han convertido en un importante tema en el diseño de la ciudad de baja altitud.

El enfoque de la inundación combina el desarrollo del *floodwall* tradicional, la modularización de desarrollo en las células de inundación elevadas, la construcción de canales para transporte eficiente fluvial durante los períodos de crecida (y la aportación de material de relleno para las porciones de tierra elevadas), con la ubicación de instalaciones críticas (hospitales, policía, etc.) en los lugares más elevados.

2.2 Londres

Río Támesis

Número de habitantes: 8.500.000

Área: 1577.30 km²

Establecida en: 43 D.C.

Altitud media: 10 msnm

El área urbana más grande del mundo, Londres (fig. 22), se enfrenta a la realidad del cambio climático con la subida del nivel del mar como resultado y en consecuencia, con la generación de tormentas más frecuentes e intensas, que podrían inundar la ciudad y sus áreas colindantes poniendo a unos 5 millones de residentes (así como 400 escuelas, 26 estaciones de metro, 16 hospitales y varios aeropuertos) en riesgo (Con 1.25 millones de personas, 400.000 casas y 116.55 km² sólo en La City). El río Támesis, que no sólo podría inundar la ciudad sino también producir mareas, es la mayor amenaza de Londres.

En un esfuerzo por controlar esto, la Barrera del

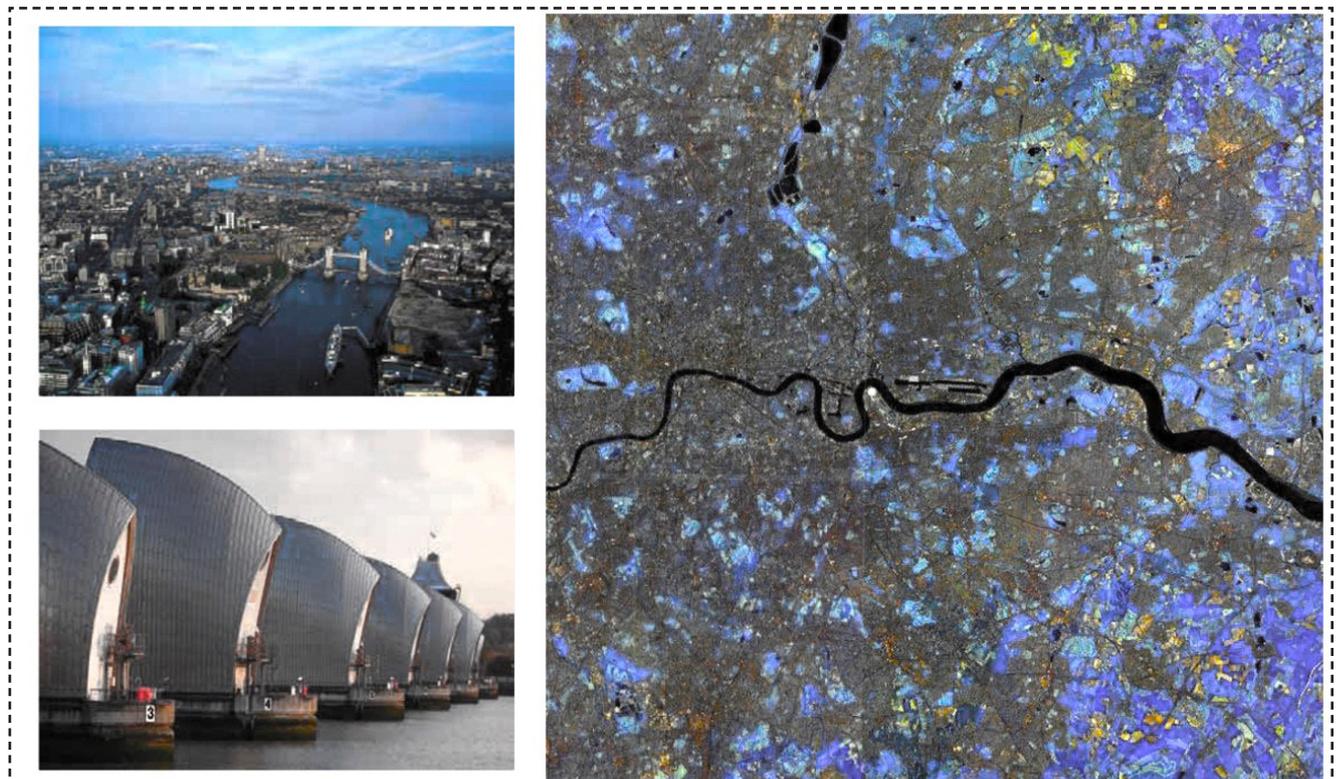


Fig.22: Londres
Elaboración propia

Támesis se completó en 1983. Se trata de la segunda barrera móvil anti-inundación más grande del mundo, que divide el Támesis en 14 tramos navegables y no navegables y opera mediante estructuras huecas de acero y de hormigón armado que rotan y sellan la entrada de agua cuando se produce una amenaza de proporción suficientemente grande. Aunque en la actualidad es efectiva, la barrera fue diseñada para durar hasta el año 2030 en el marco de la hipótesis de que habría que cerrar una vez cada dos o tres años. Ahora se requiere una remodelación de sus instalaciones, hasta el punto de valorar la construcción de una nueva barrera anti-inundación mucho más alta que permita absorber niveles de agua más elevados. La ciudad necesita pues, planificar los cambios necesarios.

El Proyecto Estuario del Támesis 2100 (TE2100):

<http://www.environment-agency.gov.uk/research/planning/109030.aspx>

está desarrollando una estrategia de gestión de riesgos contra inundación mediante un plan para la ciudad y el estuario del Támesis, que incluye un nueva planta con un sistema de compuertas para ayudar a la barrera. Londres también está planeando gastar aproximadamente 300 millones de libras durante los próximos 15 años en defensas anti-inundación.

El autor del presente documento, utilizó este contexto para proponer en su Proyecto Final de Carrera (2010), *Utopía nº100 [Londres 2100]*¹¹, un escenario de futuro inundado en la ciudad, imaginando una serie de hipótesis sobre las cuales poder proponer arquitecturas y tecnologías que adaptaran la ciudad al nuevo entorno físico y climático en un período de 100 años. Parte de su metodología es recuperada más adelante, para complementar este trabajo.

.....
11 Utopía nº 100 [Londres 2100]

Web: <http://amg10.wordpress.com/>

Video: <http://vimeo.com/11323966>

2.3 Nueva York

Ríos Hudson / East

Número de habitantes: 8.337.000

Área: 1214.70 km²

Establecida en: 1626

Altitud media: 10 msnm

Nueva York (fig. 23) posee la mayor población en los Estados Unidos, con más del doble que Los Ángeles (la segunda más grande). Se extiende a lo largo de los 5 barrios de Manhattan, el Bronx, Queens, Brooklyn y Staten Island, siendo la segunda ciudad con mayor densidad de población en el país. La mayor es Union City (Nueva Jersey), al otro lado del río Hudson.

Hoy en día, más de 20 millones de personas viven dentro de un radio de 80 km. del Puerto de Nueva York. La bahía de Nueva Jersey es el hogar del mayor complejo portuario en la Costa Este de América. En 2006, tramitó más de 149 mil millones dólares en valor de operaciones comerciales e in-

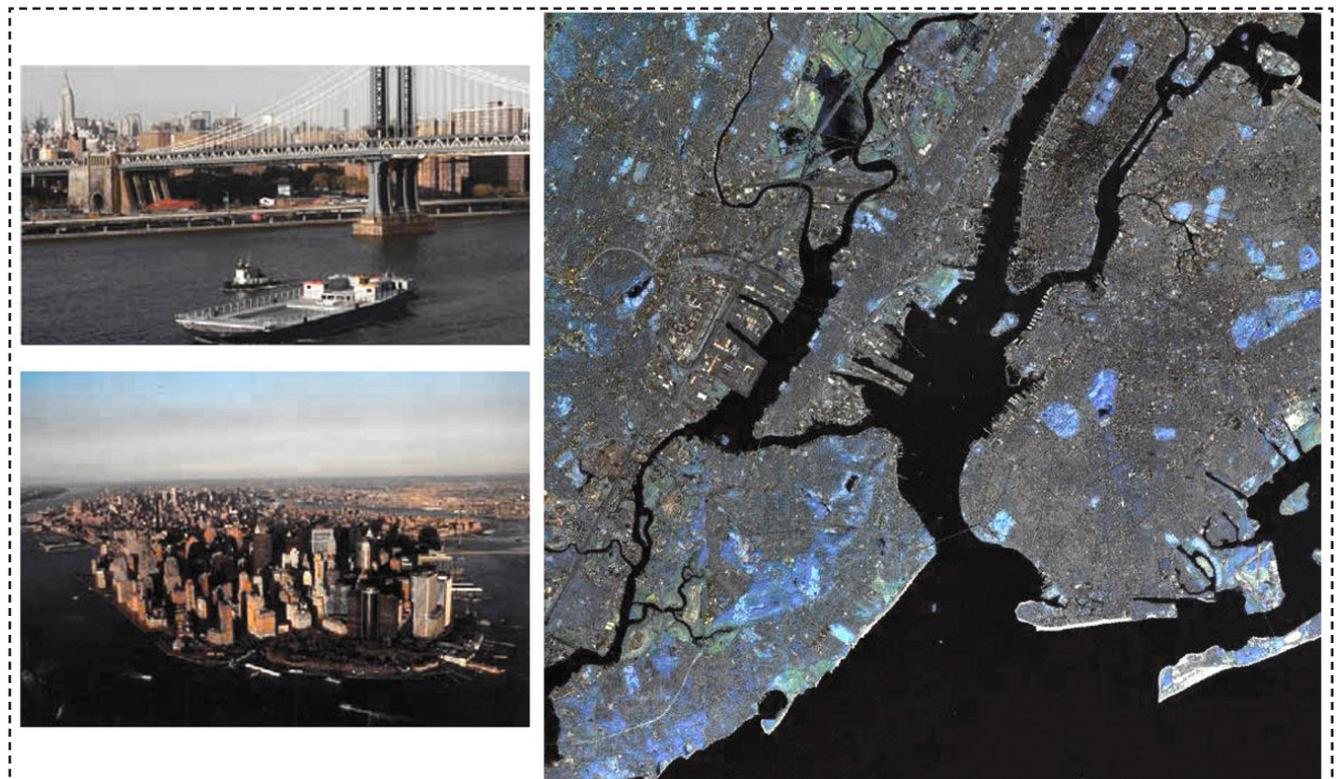


Fig. 23: Nueva York
Elaboración propia

dustriales portuarias.

El puerto es también un complejo de estuarios donde varios de ellos tienen su encuentro, convirtiéndose en una zona de alto riesgo por inundación.

Tanto la parte baja del río Hudson como el East River fluyen dentro y fuera del estuario de la bahía superior. En este nivel local, el estuario es alimentado por dos ríos adicionales en Nueva Jersey a través de Kill Van Kull y la Bahía de Newark, Hackensack y Passaic.

Un aumento del nivel del mar en 2 metros podría anegar más del 70% de la ciudad.

2.4 Philadelphia

Río Delaware

Número de habitantes: 1.536.000

Área: 370.37 km²

Establecida en: 1682

Altitud media: 2 msnm

Philadelphia (fig. 24) se fundó en el río Delaware, antes de la confluencia con el río Schuylkill. La economía de Filadelfia ha estado estrechamente vinculada con su puerto comercial. Las mayores mareas por tormentas en el Delaware, como en el caso del Potomac, se asociaron con el paso del Huracán Isabel en Septiembre 2003. El aumento de nivel del mar se traducirá en mayor riesgo de inundación para la zona donde confluyen los movimientos de agua dulce y agua salada en el Delaware, que pueden tener importantes impactos en la extracción de agua tanto potable como agua para uso comercial.

El desarrollo de la línea costera de Delaware ha

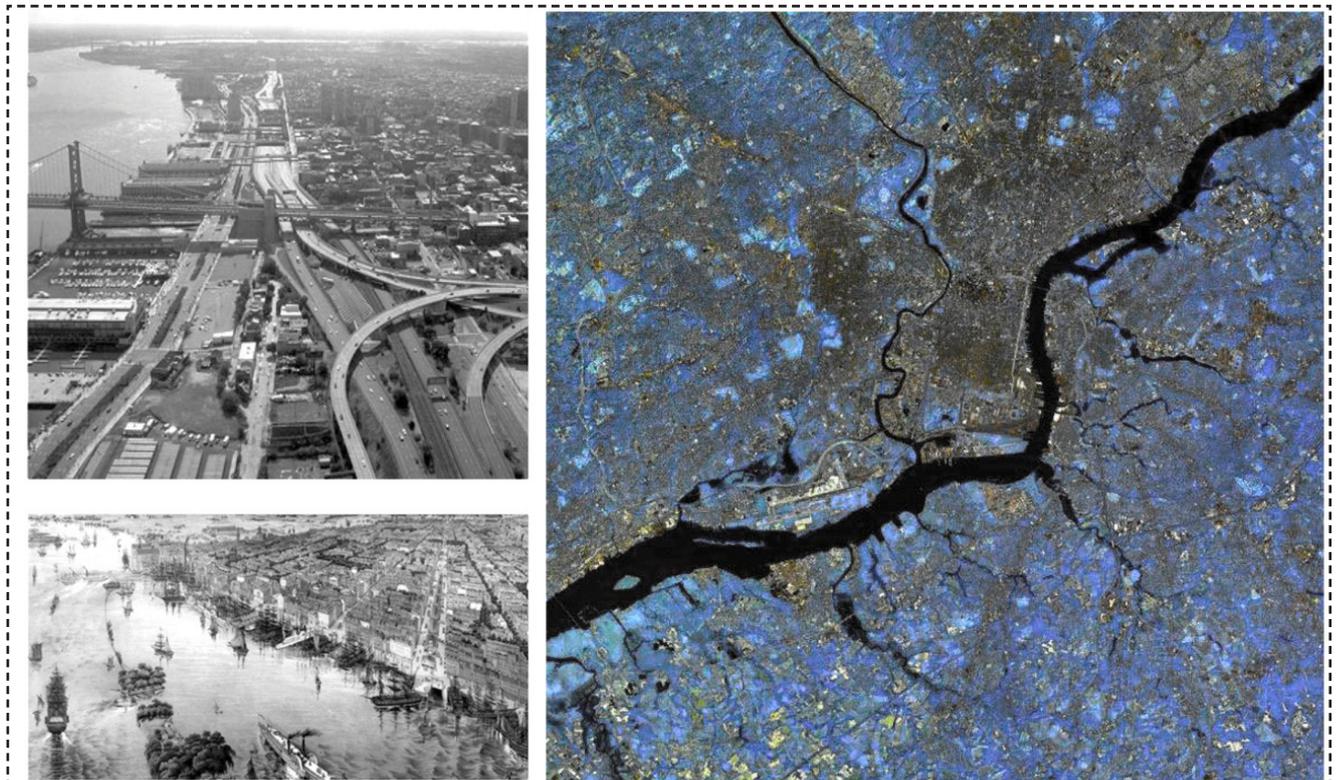


Fig.24: Philadelphia
Elaboración propia

sido objetivo prioritario durante décadas tanto en el río Pennsylvania como en el río de Nueva Jersey.

La parte de Philadelphia que da al Delaware está prácticamente obligada a crecer y desarrollarse hacia la costa, por su vinculación al corredor de transporte de la I-95. Este hecho hace factible una revisión del futuro desarrollo urbano propuesto para la zona, que tenga en cuenta la posibilidad de un aumento del nivel del agua.

El gobierno de Filadelfia ha creado una oficina para la gestión de emergencias OEM Philadelphia, encargada de dar información y establecer las directrices y recomendaciones oportunas en caso de producirse situaciones de emergencia.

2.5 San Francisco

Ríos Sacramento / San Joaquín

Número de habitantes: 812.000

Área: 121.73 km²

Establecida en: 1776

Altitud media: 16 msnm

La Bahía de San Francisco (fig. 25), formada a partir del Delta de los Ríos Sacramento-San Joaquín forma uno de los pocos deltas invertidos del mundo. Se trata de un triángulo invertido, siendo más estrecho en su salida con una estructura ramificada para el influjo de agua. A través de su historia, los puertos y canales que conforman el estuario han experimentado una amplia acción de dragado y bombeo, que ha alterado drásticamente las condiciones de la tierra y del flujo de agua y ha generado islas con forma de cuenco por debajo del nivel del mar, con diques de contención para las inundaciones en las fértiles tierras de cultivo.

Con el tiempo, la tierra se ha lavado, las mareas

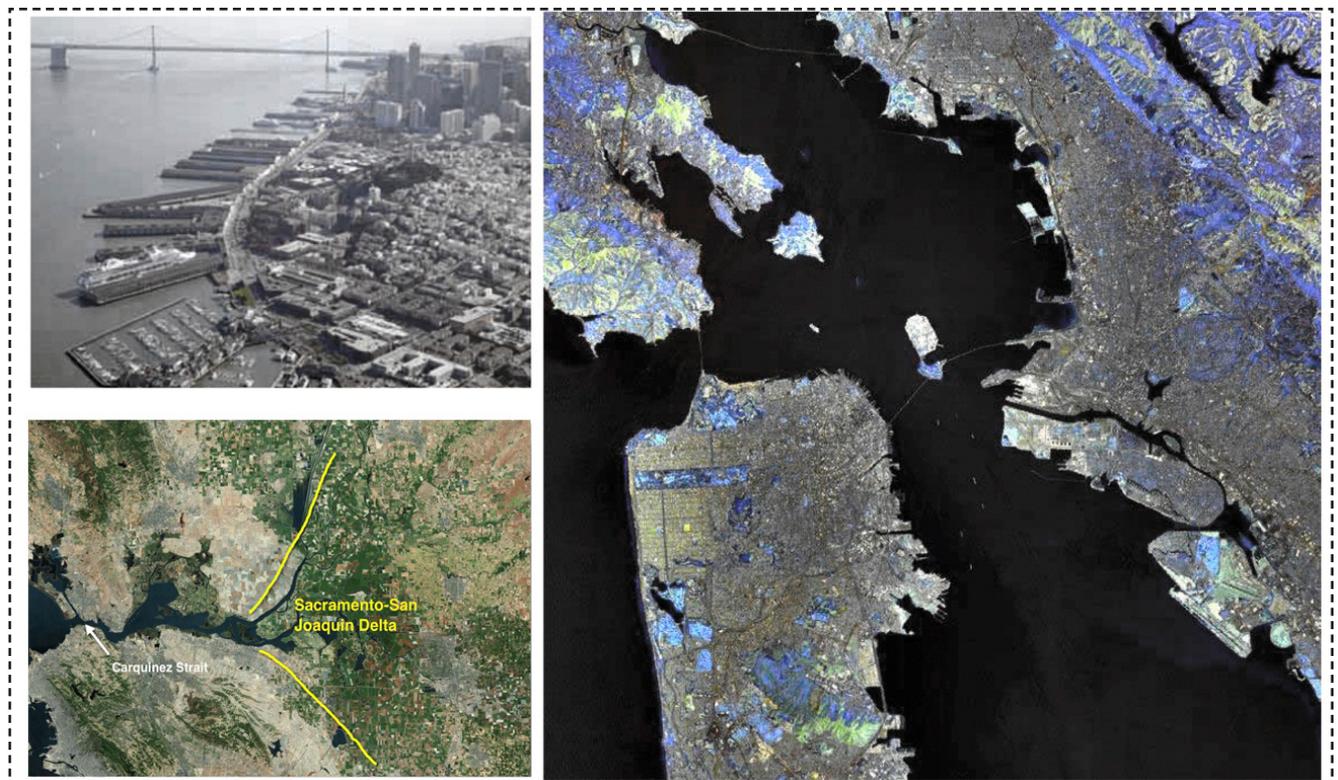


Fig.25: San Francisco
Elaboración propia

son más grandes y los diques se han hecho aún más altos. Se han llevado los diques hasta el delta y el agua ha sido desviada bombeándola para abastecer de agua a granjas del área y las comunidades, por lo que se puede bombear tan fuerte como para causar retrocesos de flujo, siendo un peligro para la vida marina más débil, ahora en peligro de extinción.

Más de 1600 km. del delta han sido apuntalados mediante diques de tierra, lo que podría alterar el agua dulce del delta en caso de que se apagasen las bombas, dejando un enorme número de californianos sin agua en caso de que se produzca durante una gran inundación o un terremoto.

Los californianos reconocieron estas amenazas y votaron a favor de destinar mil millones de dólares para el mantenimiento de los diques del delta en 2006. CALFED, una institución formada por muchos agentes gubernamentales y grupos de ciudadanos, es otra vía por la que California ha hecho intentos para proteger el delta mediante la incorporación de cuestiones medioambientales. Otros problemas a los que se enfrenta el delta son, hoy en día, el futuro desarrollo urbano y la contaminación generada por los residentes y los agricultores.

2.6 San Petersburgo

Ríos Neva y Moika, Golfo de Finlandia

Número de habitantes: 4.880.000

Área: 606.05 km²

Establecida en: 1703

Altitud media: 4 msnm

San Petersburgo (fig. 26), situada en el extremo oriental del Golfo de Finlandia, está frecuentemente amenazada por crecidas repentinas en la mayor parte de su territorio central, estando a pocos metros sobre el nivel del mar. La ciudad ha experimentado más de 270 grandes crecidas repentinas desde su fundación en 1703. Las causas de inundación están estrechamente relacionadas con la circulación de masas de baja presión de aire sobre el Atlántico.

El aire se mueve desde el oeste, creando a lo largo de su recorrido olas que aportan más agua en el golfo y la desembocadura del Río Neva.

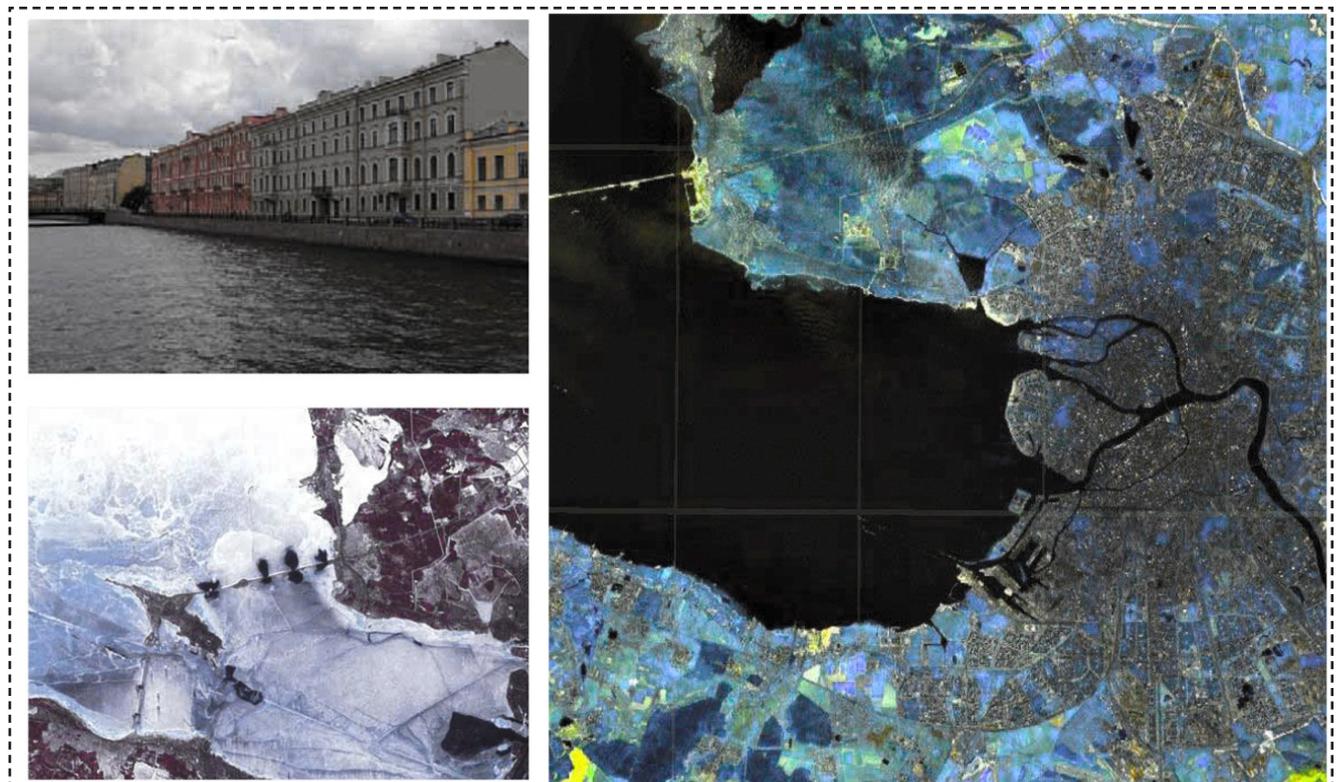


Fig.26: San Petesburgo
Elaboración propia

Los fuertes vientos del oeste y el hielo producido, bloquean el flujo de agua del río Neva y el nivel del río se ve obligado a subir inundando su ribera y la ciudad.

En 1980 comenzó la construcción de dos barreras masivas tras las oleadas de tormentas que se originó en una isla del golfo, aislando la región alrededor de San Petersburgo.

2.7 Washington D.C.

Río Potomac

Número de habitantes: 632.000

Área: 150.22 Km²

Establecida en: 1790

Altitud media: 7.6 msnm

Washington DC (fig. 27), se ubica a orillas del río Potomac, aguas abajo de la línea de desembocadura que marca el límite entre el mar y la parte del río. El estuario del río Potomac constituye uno de los principales afluentes de la Bahía de Chesapeake. Las inundaciones más graves en Washington y Virginia a la orilla del Potomac ocurrieron en 1889 y 1936. La mayor tormenta en el Potomac se produjo en Septiembre de 2003 con el huracán Isabel.

En la época colonial, la línea de costa Potomac era conocida propiamente como el “pantano de la malaria”, señalando la vulnerabilidad que desde el principio reconocían sus pobladores. Cuestiones relativas a la calidad del agua desde



Fig.27: Washington D.C.
Elaboración propia

hace mucho tiempo han sido prioritarias para la opinión pública. La calidad del agua, gravemente degradada en la década de 1960, fue motivo de una nueva legislación promovida por el Presidente Johnson para defender el medio ambiente (Ley de Agua Limpia en la década de 1970). Los avances en la calidad del agua de Potomac han llevado a la reconstitución significativa de piscifactorías recreativas a lo largo de la línea de costa en el centro de la región, y también al retorno de especies autóctonas que llevaban mucho tiempo fuera de la zona fluvial.

El río Potomac es una de las infraestructuras de transporte más importantes de Estados Unidos y se ha convertido en uno de los motores más importantes de crecimiento tanto para el fuerte desarrollo en el área metropolitana de Washington, como en la región del estado de Nueva York. Un paisaje a modo de “autopista-parque” en el que se produce un nuevo desarrollo urbano e industrial en ambas orillas. Grandes aeropuertos están estableciéndose en esta zona generando una barrera visual, territorial y acústica.

2.8 Rotterdam

Ríos Rin / Mosa

Número de habitantes: 617.000

Área: 318.57 km²

Establecida en: 1340

Altitud media: - 4 msnm

Rotterdam Europoort, un puerto artificial construido sobre el delta del río Rin y el Mosa en el Mar del Norte, sirve como puerta de enlace marítimo comercial a Bélgica, Francia, Suiza y la industrial Cuenca de Ruhr en Alemania, siendo el puerto más grande de Europa y el tercero más grande del mundo.

Ya en el año 1300, Rotterdam (fig.28) se estableció como el centro de actividad entre Holanda, Inglaterra y Alemania. La Región de Randstad, que une Rotterdam con otras ciudades holandesas, es hoy la sexta región metropolitana más grande de Europa. Presas, canales, cortes, puentes, se han construido a lo largo del río y sus afluentes a partir



Fig.28: Rotterdam
Elaboración propia

del 1200 para mantener la navegabilidad, el control de los canales en los trazados históricos de la ciudad y la prevención de formaciones sedimentarias en las profundidades.

Desde 1709, con la construcción de la Kanaal Pannerdens, la desembocadura del río Rin ha sido controlada artificialmente. Hoy en día, una división del río distribuye el Rin con la ayuda de presas artificiales: una novena parte llega al Mar del Norte a través del río Jessel, dos novenas partes a través del río Nederrijn-Lek y las restantes seis novenas partes a través del río Waal.

Bajo la dirección del Plan Delta, Holanda establece su plan contra inundaciones consistente en un conjunto desconcertante de sistemas naturales y mecánicos. Presas, esclusas, diques y barreras de contención de tormentas y mareas, como los 500 millones de euros de la barrera Maeslantkering instalada en la boca del Nieuwe Waterweg en 1997, se encuentran entre los tipos de infraestructura que dotan de protección a este complejo territorio.

2.9 New Orleans

Río Mississippi

Número de habitantes: 485.000

Área: 906.50 km²

Establecida en: 1718

Altitud media: -2 msnm

El drenaje en New Orleans (fig. 29) de más del 40% de los estados contiguos de Estados Unidos, el río Mississippi y sus afluentes forma la tercera cuenca de drenaje más grande del mundo.

En una década, tres huracanes y varias crecidas fluviales repentinas han barrido el área urbana y obligado a los habitantes a grandes esfuerzos de reconstrucción.

Históricamente se erigieron 3 diques para controlar la temporada de crecidas en primavera hasta que en 1927 el gobierno federal decidió tomar medidas. Se encargó al Ejército de los EE.UU. (el cuerpo de ingenieros, ACE) el diseño y construc-



Fig.29: New Orleans
Elaboración propia

ción de un complejo sistema de infraestructuras de protección contra inundaciones mediante la canalización de los meandros del río Mississippi.

El 30 de Agosto de 2005, el Huracán Katrina (de categoría 3) causó una gran devastación, en parte debido a la obsolescencia de las medidas contra inundación establecidas en 1965. Hoy en día todavía siguen las obras de reconstrucción, entre las que cabe destacar la barrera anti-inundación más grande del mundo (véase p. 11 de este documento)

2.10 Venecia

Ríos Po/Piave

Número de habitantes: 271.000

Área: 411.81 Km²

Establecida en: Siglo XIX

Altitud media: 3 msnm

Venecia (fig. 30 y 30-A) ha intentado dominar el nivel del agua, o la marea alta, desde su creación. Puede entenderse como una colección de islas en una laguna pantanosa. La ciudad se separa del Mar Adriático por una larga franja de islas estrechas a modo de barrera y dispone de entradas de agua.

Estas mareas altas por lo general son producidas entre los meses de Octubre y Febrero, aunque en otras épocas del año ha habido inundaciones sin precedentes. Aunque dispone de múltiples pasarelas, ésta es una solución poco eficaz para el problema de las últimas décadas.

El gobierno quiere encontrar una solución a

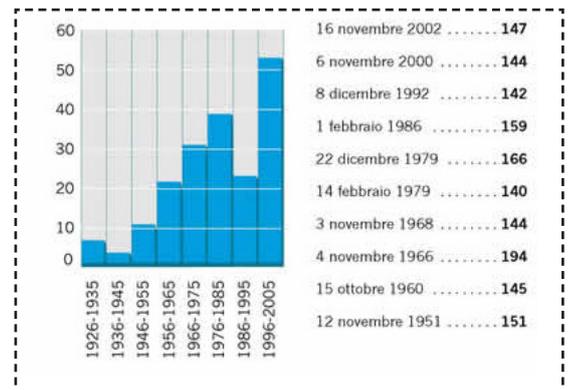


Fig.30-A: Aumento del nivel de las mareas a lo largo del tiempo.

Fuente: <http://www.venicethefuture.com/es/home>

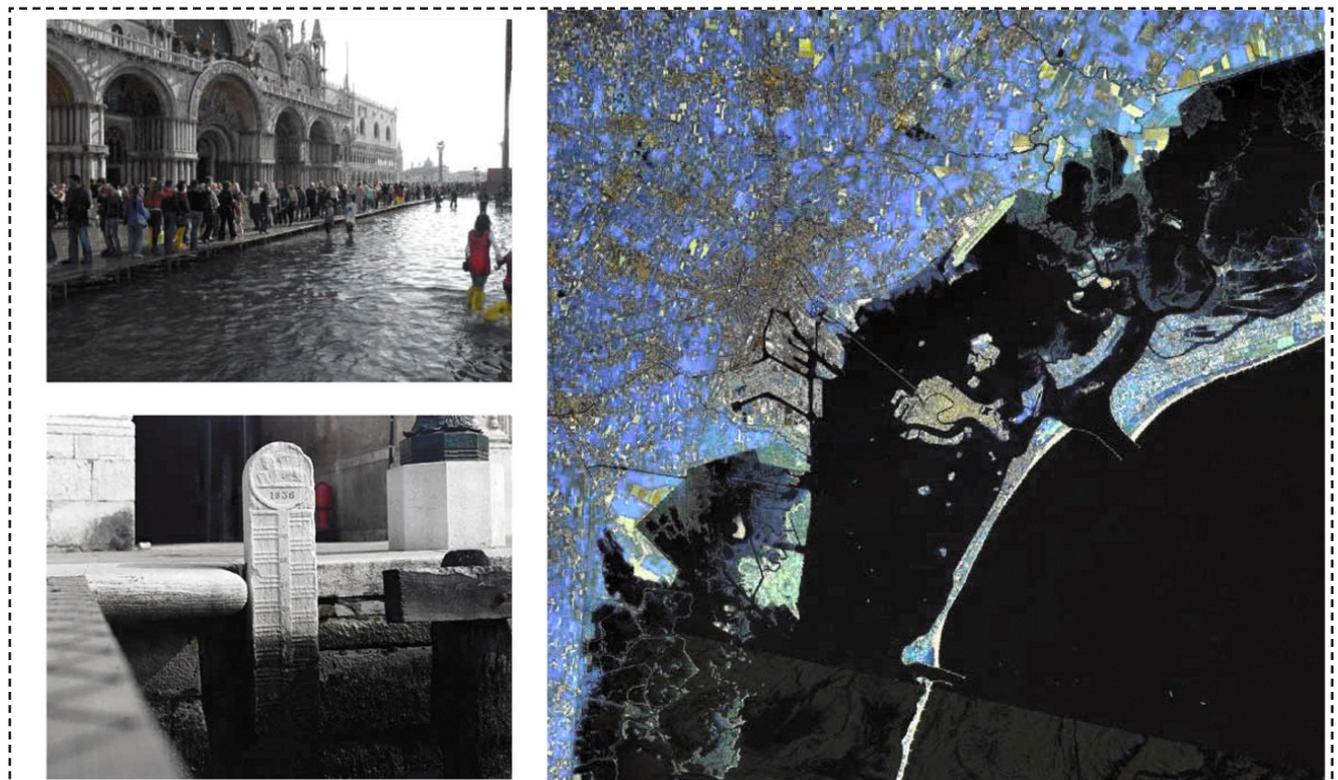


Fig.30: Venecia
Elaboración propia



Fig.30-B: Plaza de San Marcos inundada (1966)

Fuente: <http://www.aboutvenice.org/>

largo plazo para preparar la ciudad ante condiciones extremas, tales como las crecidas repentinas de 1966 cuando la marea subió 1,5 metros por encima de su nivel normal (fig. 30-B).

La propuesta actual (fig. 30-C) cuya construcción se inició en 2003, consiste en insertar una serie de compuertas para contener las inundaciones en las tres entradas de agua. Éstas normalmente permanecen latentes en el fondo del mar y se utilizan sólo durante una marea alta extrema. Cuando la marea alta es inminente, los 79 módulos, cada 30 metros de altura y 20 metros de anchura, se llenan con el aire y giran alrededor de un eje o pivote fijo con el fin de posicionarse perpendicular a la marea entrante.

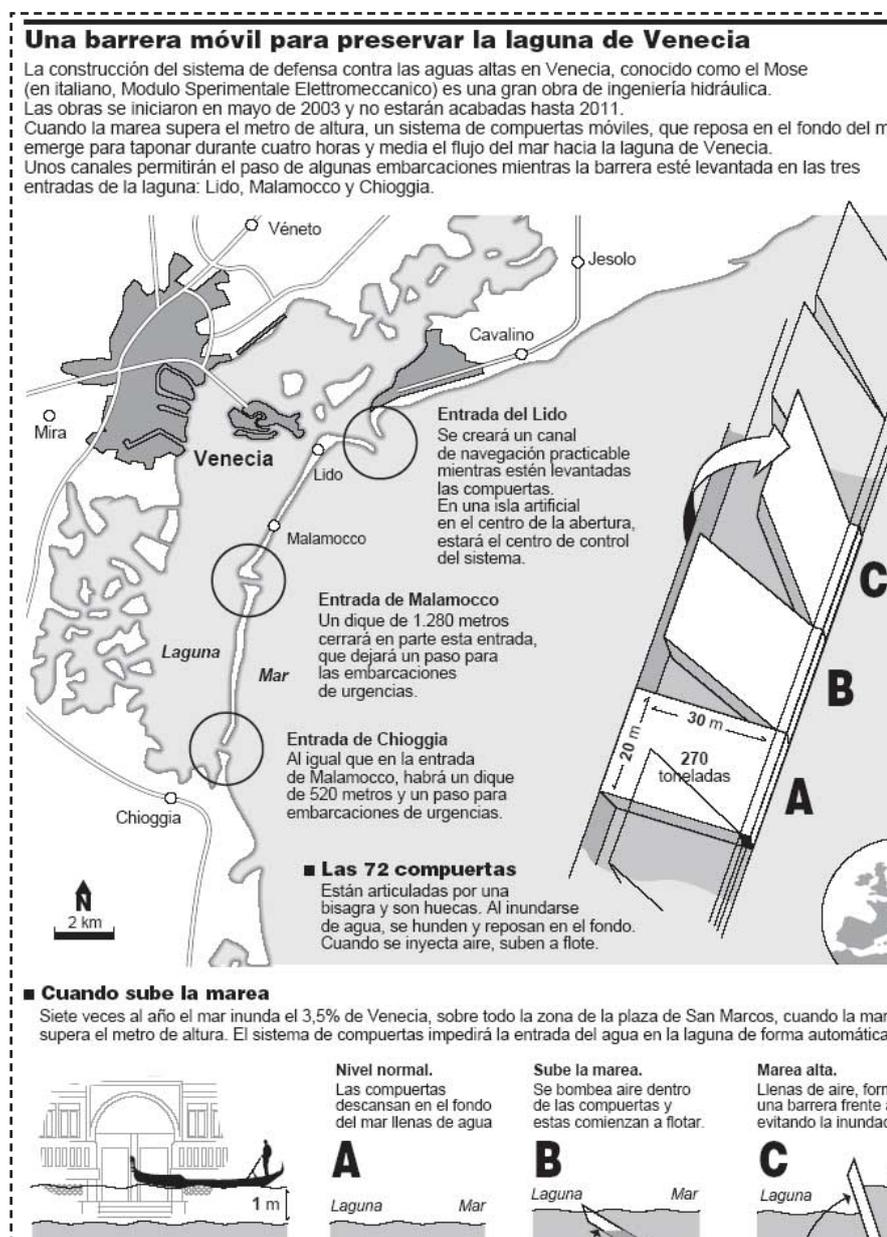


Fig.30-C: Sistema MOSE para la protección de Venecia

Fuente: <http://www.belt.es/noticias/2005/octubre/18/venecia.asp>

Para contrarrestar las inundaciones frecuentes, están en vías de actuación desde hace años algunas obras de defensa más locales en zonas litorales, a través del “realzado” de las orillas y de la pavimentación pública en las zonas urbanas más bajas respecto del nivel del mar. Esto conlleva complejos trabajos para evitar también las infiltraciones de agua del subsuelo y del rebosamiento de las alcantarillas.

El sistema MOSE está previsto concluirlo en el 2013.

2.11 Charleston

Ríos Ashley / Cooper

Número de habitantes: 122.689

Área: 461.02 km²

Establecida en: 1670

Altitud media: 4 msnm

Charleston (fig. 31), Carolina del Sur está situada en una península entre el río Ashley y el río Cooper a lo largo de varios kilómetros tierra adentro desde el Océano Atlántico. El puerto está flanqueado por una barrera de islas a lo largo de la costa, incluyendo Seabrook, Kiawah y la playa de la locura al Sur con la Isla de Sullivan y la Isla de las Palmas hacia el Norte.

Charleston fue también el lugar donde un terremoto (en 1886 el más grande registrado en el sudeste de América del Norte) causó importantes pérdidas de vidas y daños materiales. Junto con Manhattan es la ciudad más antigua, fundada en 1672, situada cerca de la punta de la península.

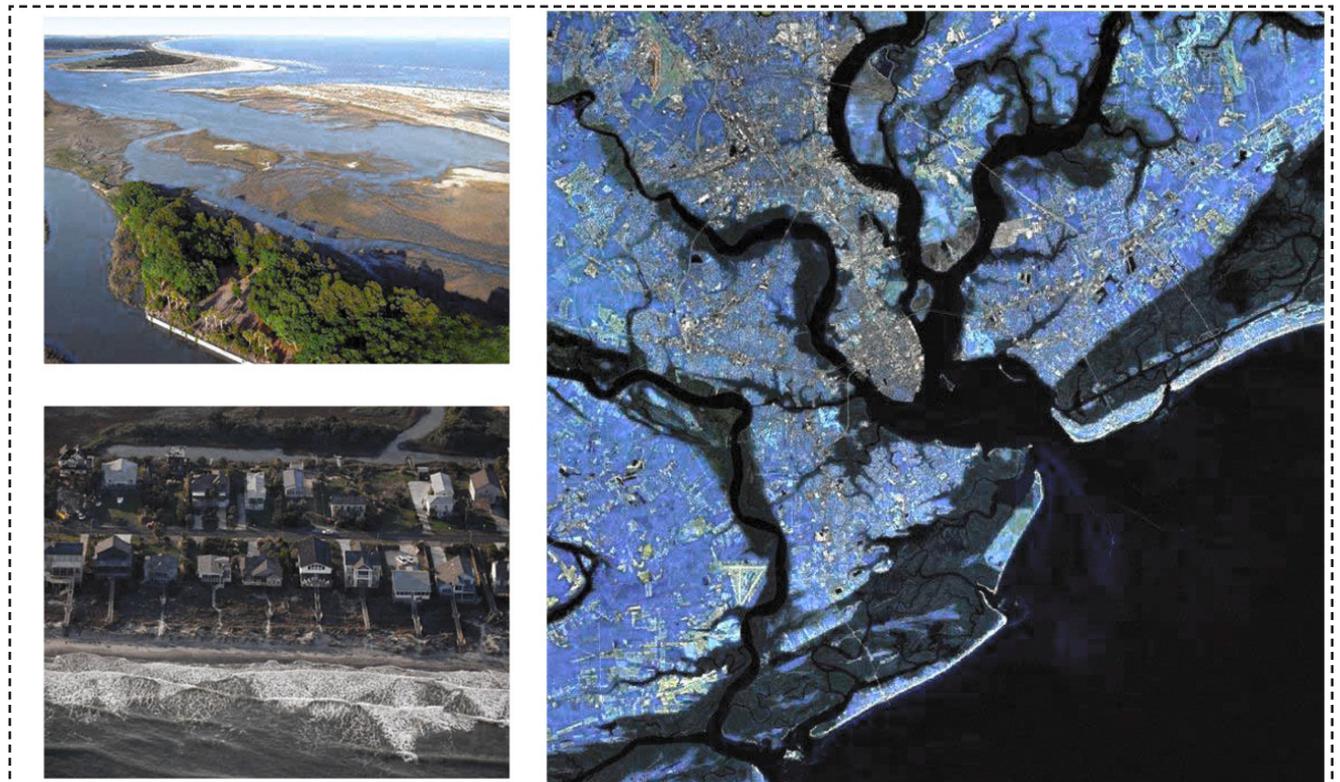


Fig.31: Charleston
Elaboración propia

El puerto de Charleston, que consta de cinco terminales, es uno de los puertos más activos en América del Norte. El mantenimiento de las vías navegables y la infraestructura portuaria de la ciudad están bajo la jurisdicción del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU., Distrito de Charleston.

En la playa Folly Beach, se está llevando a cabo el Proyecto de Protección de la orilla (2005); es un ejemplo de la labor del ACE (*Army Corps Engineers*). El ACE bombea arena en alta mar para crear una playa artificial, debido a la erosión de las playas causada por la temporada de huracanes de 2004.

En contraste con esta erosión natural, la Isla de las Palmas, al norte del puerto, se está aumentando con arena nueva de procesos naturales. Entre otras obras civiles cabría incluir a el puente sobre el río Cooper, que es el puente atirantado más grande de los EE.UU.

2.12 Valle y Delta del Ebro

Valle y Delta del Ebro

Área: 40,000 Km²

El Valle del Ebro (fig. 32) es un territorio que abarca toda la depresión del río Ebro, extendiéndose desde Cantabria, Castilla y León, País Vasco, Cataluña y Norte de la Comunidad Valenciana, terminando en el mar Mediterráneo formando el Delta del Ebro.

La preocupación es generalizada cuando cada año se repiten episodios de pequeñas y grandes inundaciones a lo largo de su recorrido, afectando a muchas de las ciudades ribereñas. El problema del riesgo de inundación por crecidas fluviales en la cuenca del Ebro se ha enfocado en las últimas décadas, del mismo modo que en el resto del Estado español, de una forma generalmente errónea, lo cual ha llevado a buscar soluciones que en la mayor parte de los casos han sido caras y poco efectivas y en todos los casos han supuesto



Fig.32: Valle y Delta del Ebro
Elaboración propia

impactos muy negativos en el sistema natural cauce-riberas. Por ello la problemática de riesgos se une a una problemática ambiental, realimentando de forma progresiva la primera a la segunda, tal como el esquema (fig. 33) en el artículo de Alfredo Ollero Ojeda¹², donde podemos ver las diferentes acciones o estrategias a la hora de enfrentarse a una problemática de inundación desde el pasado, presente y futuro. La búsqueda de soluciones no

estructurales para minimizar los riesgos de inundación, es una de las claves de futuro para tratar de adaptar las infraestructuras ya construidas y las aglomeraciones urbanas cercanas a estos territorios inundables, tratando de evitar al máximo la degradación paisajística de estos entornos hídricos ricos en fauna y vegetación autóctona, en muchos de sus casos protegidos como espacio natural.

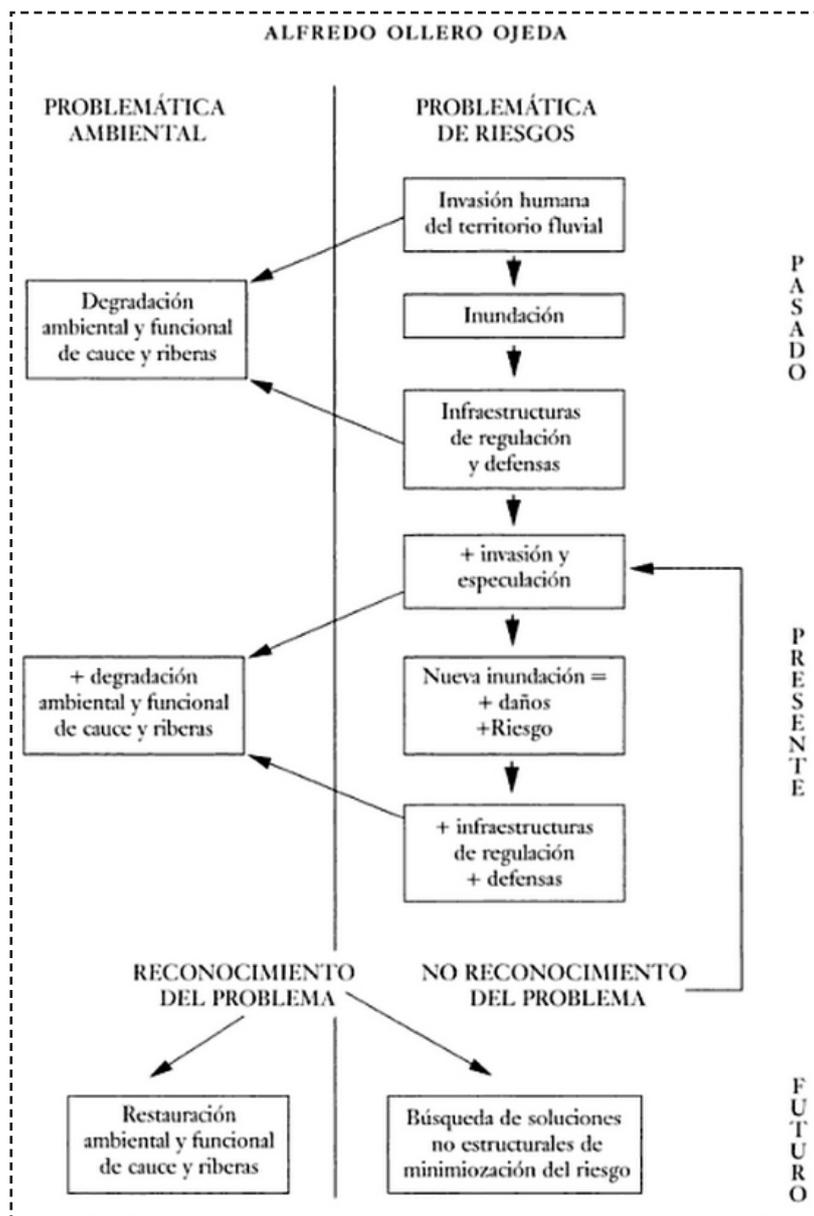


Fig.33: Esquema de acciones frente a inundación.

Fuente: OJEDA OLLERO, A. (2006) Inundaciones y ordenación del territorio fluvial en la cuenca del Ebro.

12 OJEDA OLLERO, A. (2006) *Inundaciones y ordenación del territorio fluvial en la cuenca del Ebro*.

Artículo perteneciente al documento: CHASTAGNARET, G., GIL OLCINA, A. (2006) *Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo occidental*. Edita Casa de Velázquez - Universidad de Alicante. Madrid.

2.13 L'Albufera de Valencia

L'Albufera de Valencia

Área: 211 km²

L'Albufera de Valencia (fig. 34) es un territorio próximo al mar, en realidad compuesto por una laguna costera somera, protegida y separada del mar por una restinga o cordón litoral arenoso, de dunas estabilizadas por una masa arbórea de pinos.

Rodeada de arrozales, este parque natural está enclavado entre los municipios de Albal, Alablat de la Ribera, Alfafar, Algemesí, Beniparrell, Catarroja, Cullera, Masanasa, Sedaví, Silla, Sollana, Sueca y Valencia.

Comprende una serie de unidades ambientales y paisajísticas como las malladas (depresiones intradunares), la Dehesa del Saler que abarca las desembocaduras de los ríos Júcar y Túria, siendo en la actualidad uno de los fenómenos más interesantes de flecha litoral, junto al de La Manga del mar Menor.

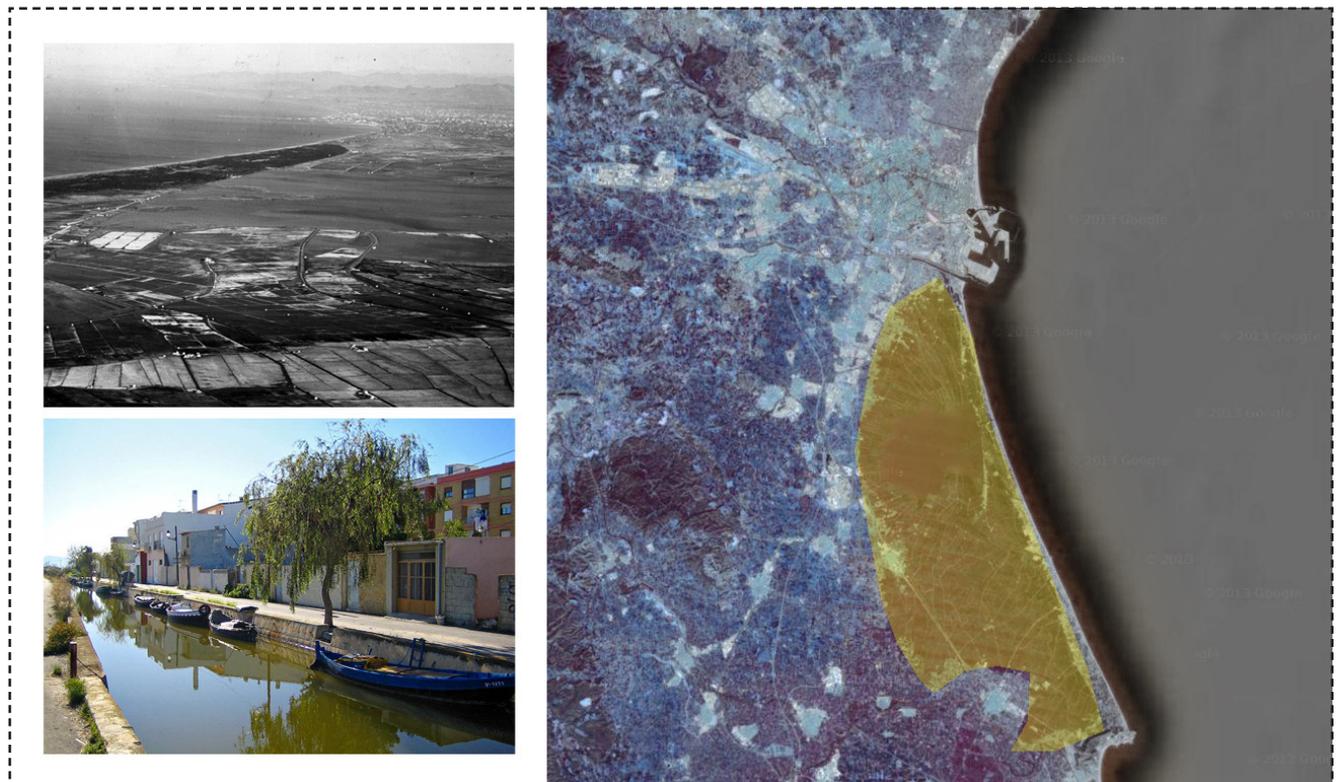


Fig.34: Albufera de Valencia
Elaboración propia

Los riesgos de inundación debidos a la proximidad de los núcleos urbanos a determinados sectores hidrográficos de L'Albufera, se contemplaron en la última revisión simplificada del Plan General de Valencia, en un informe titulado *Influencia del riesgo de inundación en los nuevos sectores urbanizables*, encargado por el Área de Urbanismo Vivienda y Calidad Urbana (Dirección de Planeamiento)

Las acciones que en el documento se contemplan son ante todo de carácter estructural, como encauzamientos de tramos de río, barrancos, cauces o *interceptores*, actuaciones para la mejora del drenaje de determinadas zonas... Estas acciones son actuaciones llevadas a cabo en los nuevos sectores urbanizables que contempla el nuevo Plan General de Valencia.

El Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), fija las directrices para el análisis y diagnóstico de la situación actual frente a riesgo de inundación, las medidas de actuación para la reducción de dicho impacto y su articulación con el planeamiento municipal y territorial, evaluando el coste a partir de las actuaciones concretas. Los proyectos derivados de una acción de defensa ante inundación en la Comunidad Valenciana deberán apoyarse en este documento.

2.14 El Saladar de Agua Amarga de Agua Amarga en Alicante

Saladar de Agua Amarga

Área: 35 Km²

El Saladar de Agua Amarga (fig.35) también conocido con el nombre de Salinas del Altet, pertenece a Elche (79 ha) y a Alicante (171 ha), siendo una primitiva albufera utilizada desde la antigüedad como salina marítima, abandonada a su suerte desde que terminó su explotación en 1967.

Hoy se encuentra incluida desde 2002 como zona inundable dentro del Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana, estando amenazada por las construcción colindantes como el aeropuerto, la desaladora y las urbanizaciones cercanas a la playa, perdiendo parte del nivel freático que contiene, por la utilización que la desaladora hace del mismo.

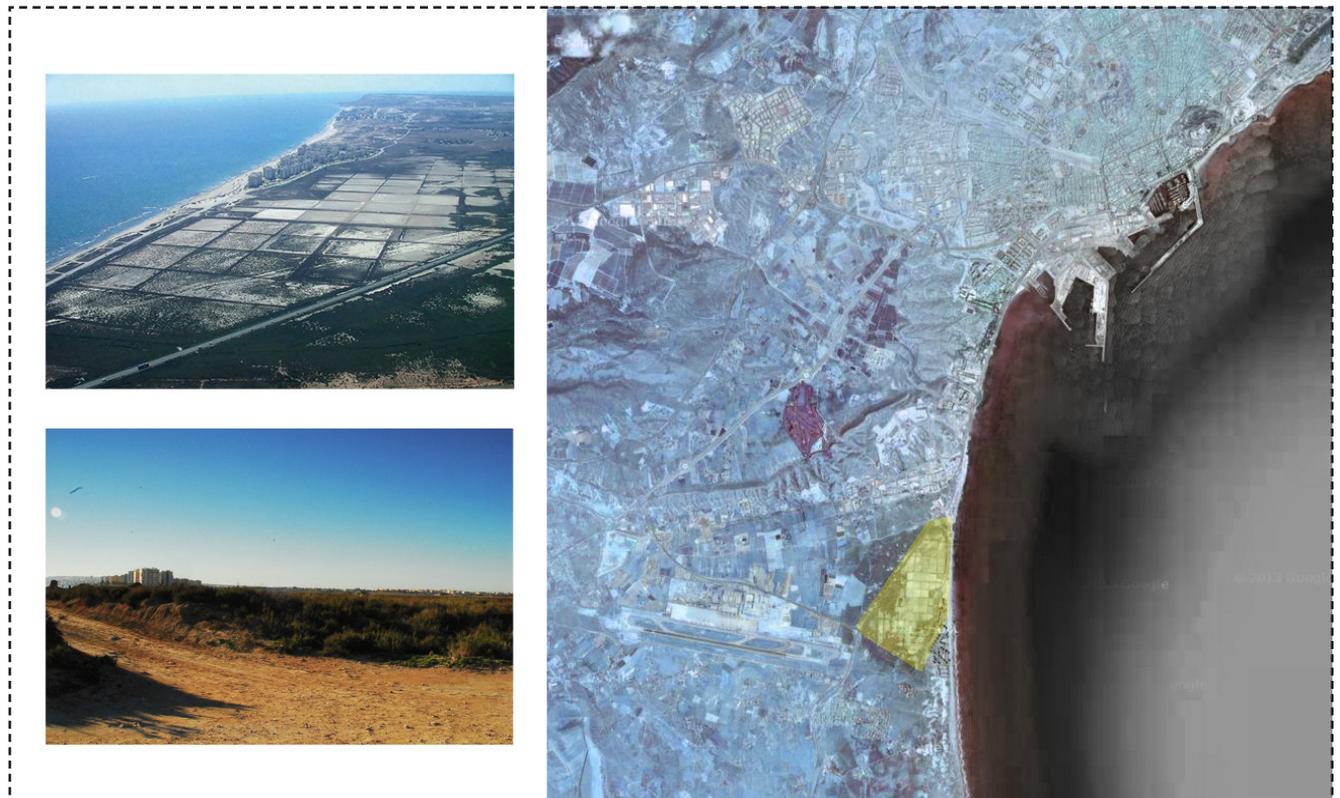


Fig.35: Saladar de Agua Amarga en Alicante
Elaboración propia

Son muchos los grupos ecologistas y asociaciones que piden proteger de una manera más estricta el entorno del saladar, proponiendo una serie de ideas o proyectos para tratar de resolver la situación de abandono.

Es pertinente mencionar, un proyecto realizado en 2013 por la arquitecta Laura Sempere Pomares¹³, (PFC, Universidad de Alicante), en el que se establecen estrategias de recuperación territorial de bajo impacto ambiental en su proyecto *Paisajes de cristal* (fig. 36):

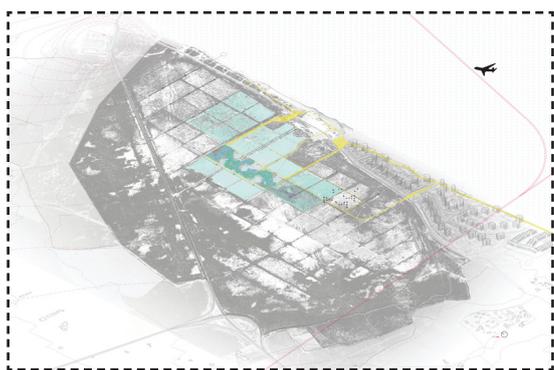


Fig.36: PFC *Paisajes de cristal*
Fuente: Laura Sempere Pomares, arquitecta.

El proyecto *Paisajes de cristal*, trata de abordar la problemática del Saladar de Agua Amarga, desde un punto de vista sostenible, en la medida en que su morfología estructural se postula desde un inicio como algo dinámico, que evoluciona en el espacio-tiempo a la velocidad en la que los cristales de sal son formados de manera natural, apoyándose en una trama estructural fina a base de cables, telas, hiladuras trenzadas, para la generación de una *arquitectura cristalizada*.

La unión de arquitectura y naturaleza en este proyecto se consigue a través de tecnologías simples basadas en los comportamientos biomorfológicos del crecimiento de estructuras cristalizadas a través de las moléculas de sal. Estas moléculas salinas son transportadas a la estructura mediante inmersión, capilaridad, condensación, filtración... a través del agua de la que forman parte y una vez evaporada el agua, los cristales de sal quedan adheridos a la estructura, que podría ser únicamente elementos de forma en los casos en que las cargas a soportar fueran únicamente su propio peso y las variaciones de cargas externas naturales, propias de la temperatura, humedad y agentes atmosféricos.

“...Se trata de un sistema de colonización del espacio salino obsoleto, creando a partir de una estructura de cables recubiertos de tejido por donde el agua circularía por capilaridad, y de pilares generados a partir de la succión de agua salina y su posterior cristalización, creando así un accidente paisajístico, un paisaje de cristal. La inserción del sistema en el escenario se lleva a cabo a través de leyes paramétricas, considerando el manto de vegetación existente como un parámetro de selección para su mínimo impacto ambiental sobre la flora halófila existente.”

“...Un paseo elevado recorre la longitud correspondiente a 3 balsas, unos 300 metros, con posibilidad de continuación sobre un conjunto de redes que se introducen en la zona de atracción de aves, generando un espacio de observación no masificado.

Se emplean dos tipos de envolventes que según su disposición en la estructura dan cabida a diferentes usos. Superficies impermeables que crean espacios protegidos para salas de exposiciones o conferencias, aulas de naturaleza, o recogen agua de lluvia como foco de atracción para las aves. Y por otro lado, redes que protegen del sol, o generan áreas de descanso y recorridos inestables y divertidos y casi inaccesibles, como forma recreativa de experimentación del lugar.

Para finalizar a nivel del terreno se crearían pasarelas flotantes, que ofrecen la posibilidad de baños salinos regenerativos, con las propiedades saludables correspondientes.” (Sempere, 2013)

13 SEMPERE POMARES, L. (2013) *Paisajes de cristal*. Universidad de Alicante

Fuente: <http://blogs.ua.es/proyectosarquitectonicos/>

2.15 La Manga del Mar Menor

Laguna del Mar Menor

*Número de habitantes: 1.654
(más de 100.000 en verano)*

Área: 35 Km²

Establecida en: 1863

Altitud Media: 2.5 msnm

La Manga del Mar Menor (fig.37) está ubicada a 20 Km al Este de la población de San Javier y a 75 Km al Sureste de la ciudad de Murcia.

La Manga es un cordón litoral de 22 Km de longitud y una anchura en sus tramos máximos de un kilómetro y medio, que cierra la Laguna del Mar Menor y la separa del Mar Mediterráneo, comunicando ambas masas de agua a través de golgas o canales, en concreto cuatro: Marchamalo, Charco, La Torre, el Venorrillo y el Estacio) en La Manga.

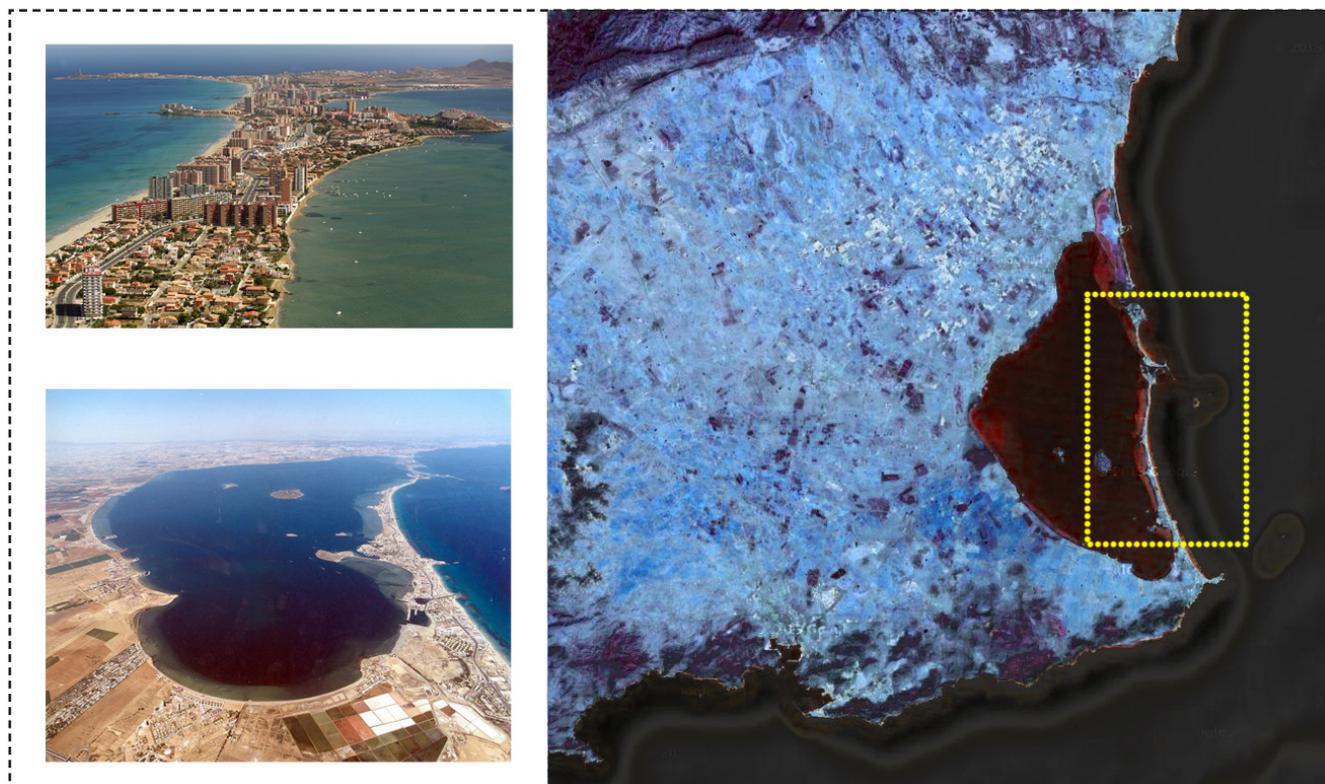


Fig.37: La Manga del Mar Menor
Elaboración propia

Se formó por acumulación de arenas sobre islotes de origen volcánico. En los años 60 se inició la construcción de miles de viviendas pensadas para habitarlas en régimen de verano.

Su territorio depende del Ayuntamiento de San Javier y se extiende desde la Hacienda Dos Mares hasta Veneziola. También hay parte del territorio que pertenece a Cartagena.

Comenzó a urbanizarse cuando Tomás Maestre¹⁴ acometió un ambicioso proyecto urbanístico, dado que era propietario de la mayor parte de los terrenos edificables y que convirtió a esta restinga de arenas blancas en un referente turístico internacional y al mismo tiempo en una:

“... galería de horrores¹⁵ que en La Manga son reconocibles como efecto directo de interpretar lo postmoderno como la más vulgar reproducción de gestos populares y clásicos, ajenos a la más mínima consideración de contexto.

[...] Pero La Manga no es un caso cerrado, es todavía un proceso desconocidamente inconcluso, de una colmatación que sigue siendo progresiva y cada vez más delirante, en ausencia de medidas correctoras de cualquier tipo y en ausencia de planificación alguna que atienda a cualquiera de los múltiples déficits infraestructurales que acumula.

(Sánchez Morales 2012, pp.88 y 89)

Entre los lugares naturales de la zona, cabría destacar las islas que salpican la Laguna del Mar Menor, por su valor paisajístico y ecológico.

La Isla Grosa está declarada ZEPA (Zona de Especial Protección para Aves) ya que alberga la tercera colonia de gaviota de Audouin más importante del mundo.

.....
14 SAN ROMÁN, R. (1997) *La Manga : breve historia*. (La Manga, 1966-La Manga, 1996). La Manga del Mar Menor.

15 SÁNCHEZ MORALES, J. A. (2012) *Región de Murcia. Autonomía en la sombra*. D.E.A. Universidad de Alicante

3. Técnicas digitales para la cartografía: SIG

Las nuevas tecnologías de teledetección y software tanto para el manejo de bases de datos, como para la combinación de información gráfica georreferenciada, aplicadas al desarrollo de cartografías digitales dinámicas, para la realización de mapas donde poder visualizar datos a veces incluso en tiempo real, han evolucionado de manera considerable en los últimos años y alcanzado a un público en general de diferentes edades, formación e intereses, de forma que se han convertido en una nueva herramienta de información globalizada, donde cada individuo o comunidad de individuos pueden realizar sus propias bases de datos y cartografiarlas con el uso de herramientas que incluso están siendo formateadas en abierto, con el software *open source* y las licencias *creative commons*, convirtiéndose en todo un fenómeno en la red, donde todos podemos tener acceso a dichos datos, crear los nuestros propios y compartirlos con el resto de la comunidad internauta.

Los Sistemas de Información Geográficos (SIG), son la consecuencia del desarrollo de estas nuevas tecnologías, para aliviar la pesada carga manual y a veces incluso mecánica, a la hora de producir información cartográfica. Uno de los primeros mapas conocidos como SIG, fue el realizado por el Dr. John Snow¹⁶ en 1854, donde georreferenció (fig.38) la situación de pozos de agua y casos de cólera que se estaban produciendo en la zona del Soho de Londres.

Pero no fue hasta la década de 1960, cuando Roger Tomlinson (fig. 39) , el *padre de los SIG*⁷,

16 El Dr. John Snow (1813-1854), fue un físico y anestésista inglés interesado en la elaboración de mapas, como parte de su trabajo de campo, a la hora de descubrir las causas de ciertos brotes de epidemias localizados en zonas concretas, realizando así la primera *geografía de una enfermedad*.

17 TOMLINSON, R. (2003) *Thinking about GIS*. ESRI Press, Redlands (California)

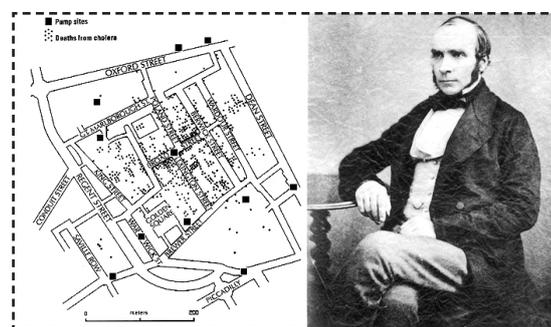


Fig.38: Mapa de los brotes de cólera y el Dr. John Snow
Fuente: <http://healthcybermap.org/>
Elaboración propia

Una de las primera aplicaciones SIG tuvo lugar en el campo de la medicina, donde los profesionales expertos en epidemiología, vieron un gran interés en esta útil herramienta en la realización de un mapeo y análisis espacio-temporal en el seguimiento de una enfermedad.

Este método fue muy útil en el caso de enfermedades infecciosas como el SIDA, la gripe, el cólera... donde se podía mapear la enfermedad sobre un territorio e intentar descubrir el foco de infección y su evolución geográfica en el espacio y en el tiempo.

Aunque el mapeo de datos sobre las enfermedades puede ser relativamente sencillo, la interpretación de los mismos referenciados espacialmente a veces puede resultar extremadamente difícil, especialmente para aquellas enfermedades no infecciosas y crónicas (por ejemplo, enfermedades coronaria y diabetes mellitus).

Un investigador, por ejemplo, podría mapear la distribución de las personas con esquizofrenia (un trastorno mental psiquiátrico) en las zonas urbanas y encontrar que tienden a residir en áreas de población con bajo nivel adquisitivo. En esta etapa, el investigador puede entender cómo se distribuyen los datos (que puede ver los patrones o clusters - mapas), pero no explica por qué se distribuyen en estas zonas y requeriría de una ampliación en la investigación.

dirigió el desarrollo del *Sistema de Información Geográfica de Canadá* (CSIG), el primer SIG computerizado del mundo.

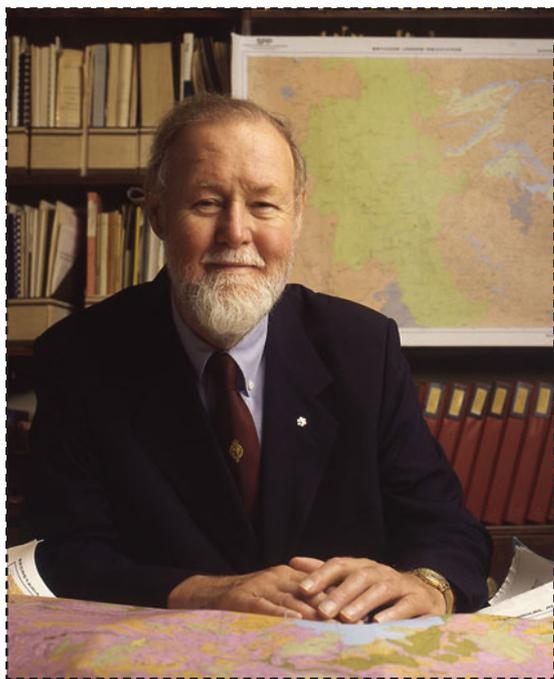


Fig.39: Roger Tomlinson, padre del SIG
Fuente: <http://ucgis2.org/ucgis-fellow/roger-tomlinson>

Roger Tomlinson, geógrafo inglés, desarrolló el primer SIG implementado en plataforma digital, para asistir en la regulación de procedimientos del uso de los recursos del paisaje y monitorizar su evolución en Canadá.

El Gobierno de Canadá lanzó en aquel momento un programa nacional para tratar de hacer un inventario de las especies vegetales de sus bosques, dado que estaban teniendo serios problemas con las semillas de algunas especies endémicas.

Actualmente dirige la empresa Tomlinson Associates Ltd.

A partir de la década de los 80, los SIG se popularizaron y comenzó la carrera por la comercialización de nuevos productos basados en las nuevas tecnologías informáticas del momento.

Actualmente, las diferentes plataformas SIG, están distribuidas globalmente siendo utilizadas tanto por entidades privadas, como públicas, así como individuos y grupos o asociaciones interesadas en la generación de nuevas cartografías temáticas georreferenciadas.

Las aplicaciones de este tipo de herramientas son muy variadas, desde el uso para el desarrollo de cartografías dinámicas automatizadas, para el análisis de redes de infraestructura, la gestión territorial, mediciones de impacto ambiental, social, político, económico, pasando por la medición de recursos mineros, movilidad, demografía, urbanismo, geomarketing, banca, planimetría, cartografía digital en 3D, hasta por ejemplo la determinación de áreas inundables...

Tal como establece el Instituto Geográfico Nacional a cerca de los Sistemas de Información Geográfica ¹⁸ y según el Departamento de Medio Ambiente (DoE), Peter Allan Burrough, Goodchild, Rhin y otros, podríamos definir los SIG de manera sintetizada en un:

“Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la Tierra.”

O también como sostienen Burrough y Bouillé¹⁹:

“Modelo informatizado del mundo real, en un sistema de referencia ligado a la Tierra para satisfacer unas necesidades de información concretas.”

La utilización de los SIG para el análisis de

18 <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do>

19 BURROUGH, P. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.

grandes conjuntos de datos georreferenciados, tiene la virtud de poder mezclar datos de variadas fuentes de información para intentar obtener resultados que tengan que ver con el territorio y la manera en cómo lo habitamos y lo modificamos.

Miguel Mesa del Castillo²⁰, describe la elaboración de estos mapas contemporáneos a través de tecnologías SIG en uno de los capítulos de su tesis:

“Los mapas contemporáneos no son documentos estables que describen relaciones topológicas, accidentes geográficos o límites políticos. Las cartografías contemporáneas son dispositivos dinámicos que reciben información en tiempo real y que desvelan tendencias, potencialidades, territorios entrópicos, oportunidades, dominación ideológica, huellas históricas, proyectos políticos o teorías económicas. De todas las herramientas desarrolladas para la elaboración de cartografías, la que ha tenido una mayor relevancia y ha modificado de forma sustancial la manera de entender y producir el espacio han sido los Sistemas de Información Geográfica (SIG)”

Las referencias constantes hacia lo dinámico en esta clase de mapas (fig. 40), se deben a su carácter cambiante y transformador de la realidad, donde muchos de los datos normalmente recabados por las agencias gubernamentales encargadas de elaborar las múltiples bases de datos de cada estado, son entendidos y utilizados como verdaderos e incuestionables, cuando la esencia misma de la realidad, es que es una realidad cambiante, transformable en el espacio-tiempo y manipulable, hasta tal punto que este tipo de tecnologías ha sufrido una explosión en su distribución, comercialización, producción de nuevas plataformas libres, que han hecho llegar a un público la realidad de poder participar en la visualización de datos georreferenciados, mediante lo que Mesa del Castillo, sugiere como *cartografía ciudadana, colectiva y transparente*, con una clara tendencia a tratar de “... desacreditar instituciones y procesos reguladores de producción cartográfica o territoriales”.

Como hemos visto, los SIG se están convirtiendo en herramientas de libre acceso, con capacidad

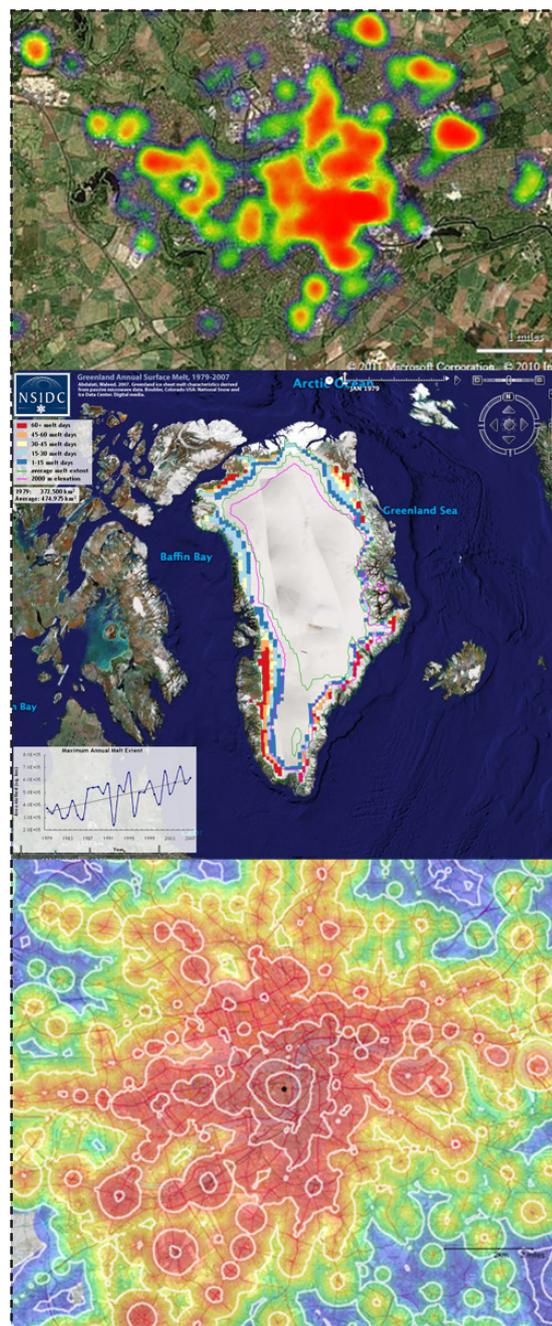


Fig. 40: Mapas dinámicos utilizando tecnología SIG, de variación de temperaturas en núcleos urbanos, evolución del deshielo en Groenlandia y dinámicas de tiempo de recorridos según la congestión del tráfico.

Elaboración propia

Fuente: <http://www.giss.nasa.gov/>
<http://mapumental.com/>

²⁰ MESA DEL CASTILLO CLAVEL, M. (2012) Tesis Doctoral: *Víctimas de un mapa: Arquitectura y Resistencia en el Tiempo de la Cultura Flexible*.

Directores: NIETO FERNÁNDEZ, E. y PÉREZ DE LAMA HALCÓN, J.

Universidad de Alicante. Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía.

de transformar nuestros mapas y ofrecernos una multitud de datos sobre temáticas ampliamente diferentes interactuando sobre ellas y obteniendo grandes cantidades de información.

Uno de los usos de estos mapas, como avanzamos anteriormente, es la posibilidad de cartografiar inundaciones y poder georreferenciar áreas de posible afectación, basándonos en modelos digitales del terreno (MDT)(fig. 41) y en las características propias del lugar y su proximidad a niveles freáticos, mar, ríos, lagos... Además, en estas cartografías se pueden georreferenciar estrategias de intervención como las que se extraen de utópicas pro-

El término *digital terrain model* tiene su origen en el Laboratorio de Fotogrametría del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en la década de los años 50. En el trabajo pionero de Miller y Laflamme (1958) se establecen ya los primeros principios del uso de los modelos digitales para el tratamiento de problemas tecnológicos, científicos y militares. La definición del MDT que se menciona en sus trabajos es una representación estadística de la superficie continua del terreno, mediante un número elevado de puntos selectos con coordenadas xyz conocidas, en un sistema de coordenadas arbitrario.

El software de uso más generalizado para el tratamiento de los MDT surgió con el contexto SIG, que incorpora la información topográfica para el manejo de cartografía digital en términos más generales. Probablemente el trabajo de mayor importancia fué desarrollado por el *Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis* que, en 1967, presentó el SYMAP; este conjunto de programas de manejo de cartografía digital incorporaba, entre otros, algoritmos de interpolación que permitían la generación de mapas de isolíneas a partir de puntos de altitud distribuidos irregularmente. SYMAP constituyó una de las primeras demostraciones de la posibilidad de manejo de la información espacial por medios informáticos.

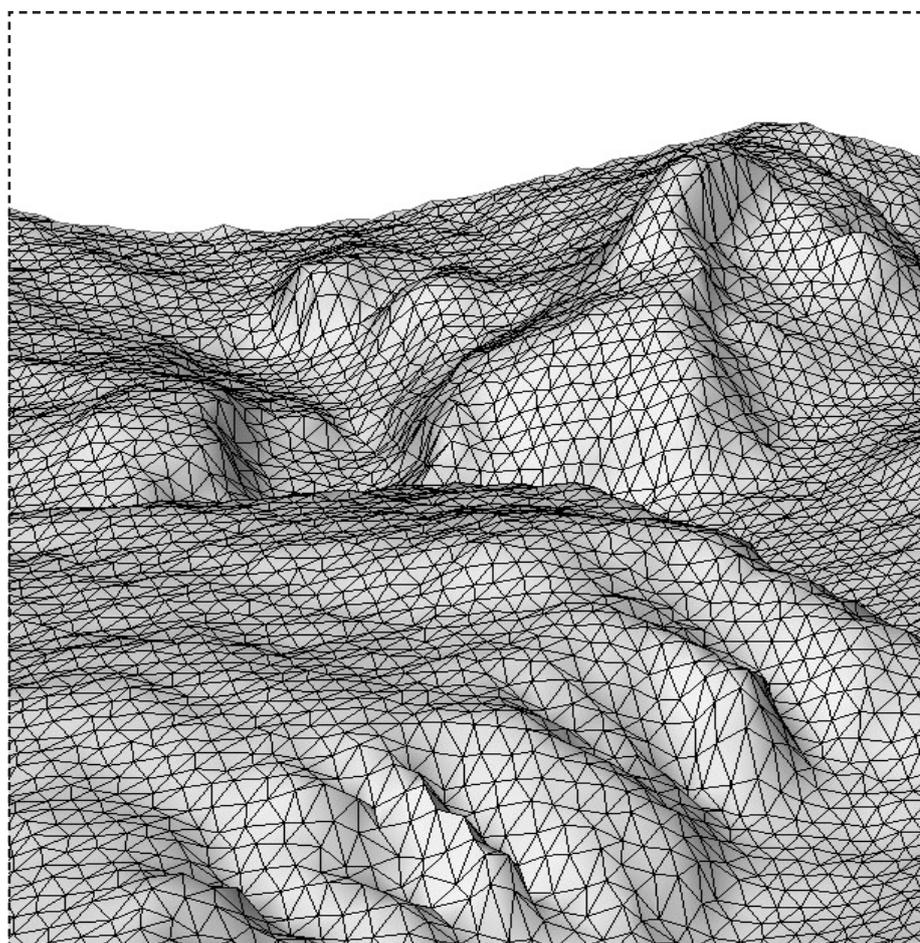


Fig.41: Modelo Digital del Terreno (MDT)
Elaboración propia

puestas anticipadas varias décadas a utilidades con sentido, como se verá en posteriores capítulos.

Para la elaboración de estos modelos digitales, tenemos la posibilidad de utilizar numerosas herra-

mientas y metodologías de trabajo digital para la consecución de los mismos. Principalmente necesitamos tener las coordenadas x,y,z de mediciones de una serie de puntos del terreno.

Para la obtención de estas mediciones existe una amplia gama de aparatos y tecnologías, entre las que cabe destacar y explicar, la tecnología basada en teledetección por láser LIDAR (Light Detection and Ranging). Se trata de una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra, produciendo mediciones exactas de coordenadas x,y,z .

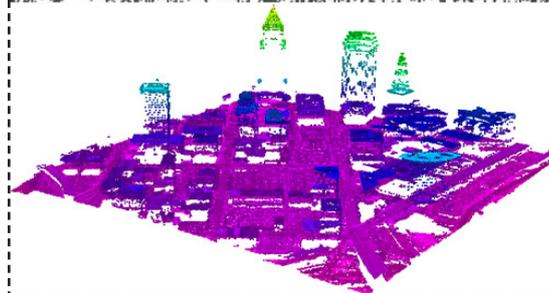
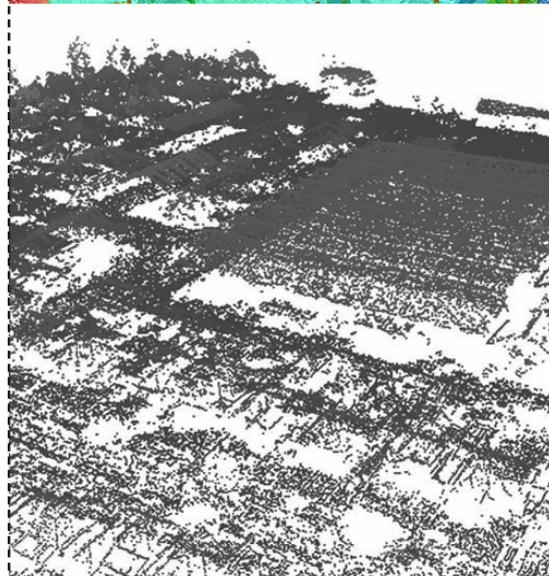
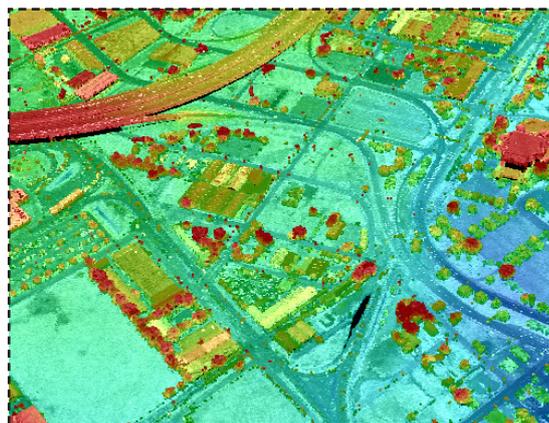
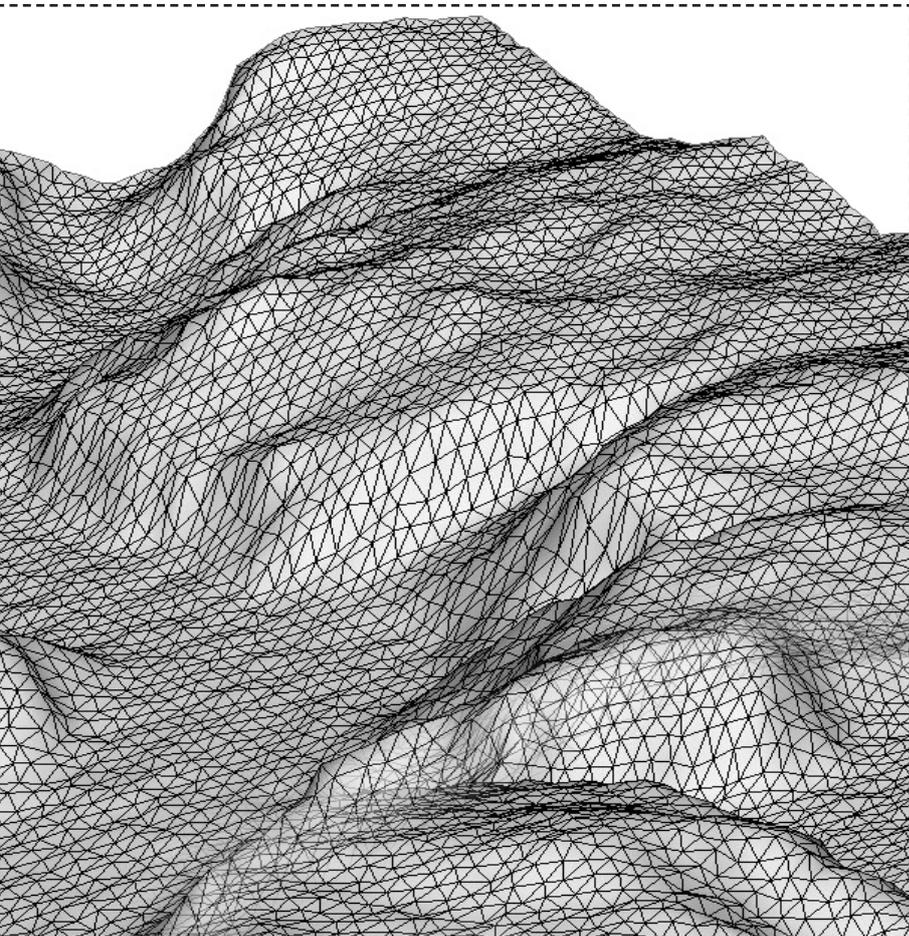


Fig.42: Nube de puntos LIDAR, remuestreada en colores RGB. Elaboración propia

La tecnología LIDAR, normalmente es utilizada para aplicaciones de representación cartográfica láser aéreas, aunque últimamente se empieza a utilizar por su rentabilidad en otras técnicas más tradicionales como la fotogrametría.

LIDAR elabora *datasets* que se utilizan para integrar espacial o temáticamente clases de entidad

Las nubes de puntos, son entidades geométricas que pueden convertirse en modelos de mallas poligonales o mallas triangulares irregulares, modelos de superficie NURBS, o modelos de CAD mediante un proceso denominado reconstrucción de superficies.

Existen varias técnicas para convertir una nube de puntos en una superficie tridimensional. Algunos procedimientos como la triangulación de Delaunay o las formas alfa construyen una red de triángulos a partir de los vértices de la nube de puntos, mientras que otros convierten la nube de puntos en un volumen de *vóxel* (el equivalente a un píxel en un objeto 3D) y reconstruyen la superficie implícita mediante un algoritmo de *marching cubes* (transforma los *vóxels* en una malla poligonal más o menos suavizada)

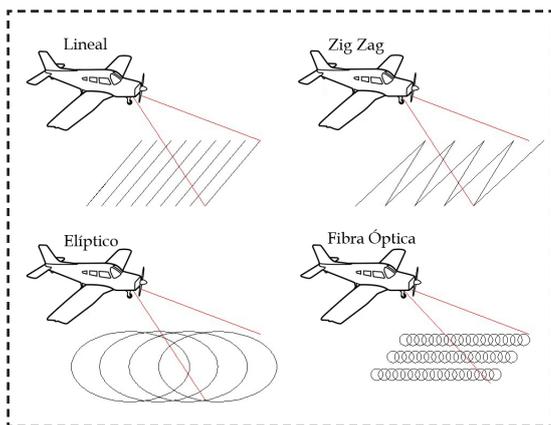


Fig.43: Tipos de barrido para teledetección LIDAR
Elaboración propia

relacionadas. Su propósito primario es organizar clases de entidad relacionadas en un dataset común para generar una topología, un dataset de red, un dataset de terreno o una red geométrica) de nube de puntos²¹ masivos (fig. 42), que podríamos definir como un conjunto de vértices pertenecientes a un objeto físico tridimensional, del que podemos obtener su morfología externa y que se pueden administrar, visualizar, analizar y compartir utilizando diversas herramientas digitales.

Los componentes de hardware principales de un sistema LIDAR incluyen un vehículo de recolección de datos (avión, helicóptero, vehículo con trípode), un sistema de escáner laser, un GPS diferencial (Sistema de Posicionamiento Global) y un INS (Sensor Inercial de Navegación). El INS mide la rotación, inclinación y encabezamiento del sistema LIDAR. Esto permite realizar un barrido de la topografía y los elementos naturales o artificiales distribuidos sobre ella (fig. 43), obteniendo un modelo más o menos preciso, dependiendo de la capacidad

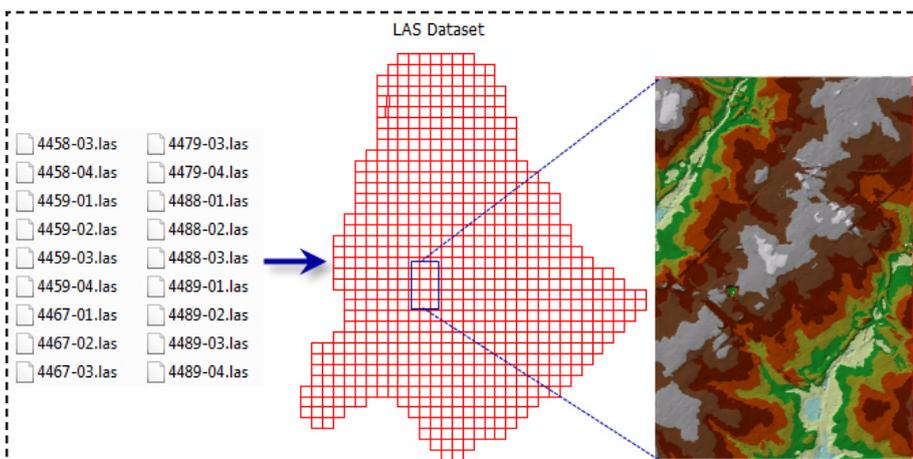


Fig.44: Archivos "Las" para el manejo de información digital de mediciones aéreas LIDAR.

Fuente: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#na/015w00000057000000/>

de los elementos de medición y el número de barridos.

El formato de archivo más habitual para su utilización digital es el *dataset LAS*²²(fig. 44) (es un formato binario estándar de la industria que permite almacenar datos LIDAR aéreos) que relaciona los datos almacenados con los

datos GPS y es capaz de georreferenciar cada uno de los puntos medidos para poder formar una nube de puntos con la que posteriormente poder realizar su mallado, mediante un tratamiento digital de la superficie que dichos puntos forman en el espacio para componer un modelo digital del terreno.

Estas serían de manera resumida las acciones a realizar para poder utilizar modelos digitales

21 AGARWAL, P. K., ARGE, L. and DANNER, A. (2006) *From Point Cloud to Grid DEM: A Scalable Approach*. Incluido en el libro del 12º Simposio Internacional de manejo de datos. RIEDL, A., KAINZ, W., ELMES, G.A.[Editores](2006) *Progress in Spatial Data Handling*. IGU-UGI Bonn.

22 KOVAC, B. and ZALIK, B. (2010) *Visualization of LIDAR datasets using point-based rendering technique*. Computers & Geosciences 36 (2010) 1443-1450. Editorial ELSEVIER.

de terreno con el objetivo de analizar el mismo, calcular elevaciones, escorrentías, líneas de máxima pendiente, geoposicionamiento de especies endémicas, nuevos elementos construidos (catastro), o cualquier otro dato que por medio de la ortoimagen no pudiéramos obtener.

La utilización de estas técnicas a la hora de obtener un modelo complejo del terreno y de los objetos ubicados en él, ha avanzado de manera cualitativa en los últimos años, con la aparición de nuevo software más potente y elementos de medición más sofisticados. Esto nos permite poder analizar el territorio de una forma cada vez más precisa, aunque está claro que siempre estaremos trabajando con modelos²³, que en mayor o menor medida tratan de ajustarse a la realidad, representando la parte de ella con la que queremos trabajar.

Si partimos de la base que la realidad (fig. 45) la simplificamos mediante un modelo (fig. 46), donde más adelante poder descomponer en entidades geométricas cuantificables (fig. 47), es fácil dilucidar que los datos que obtengamos siempre serán aproximaciones a esa realidad. Pero éstas no sólo pueden tratar de analizar el espacio y tiempo presente, sino que pueden servirnos para tratar de anticipar situaciones de futuro, implementando a estos modelos nuevas variables a su entorno.

El uso de este tipo de técnicas ayudará al investigador a aproximarse a la realidad a través de modelos, sobre los cuales, poder administrar nuevas variables que transformen su entorno en el espacio-tiempo, tal y como se explicará más adelante con el uso de modelos que simulen inundaciones y que implementen nuevas estrategias ambientales. Este *modus operandi* formará parte de la metodología general utilizada para elaborar este Trabajo Final de Máster, como veremos más adelante, donde los intereses particulares y generales de la presente investigación partirán siempre de modelos sobre los cuáles poder plantear una serie de hipótesis en base a la información que se pueda disponer para el análisis del territorio a

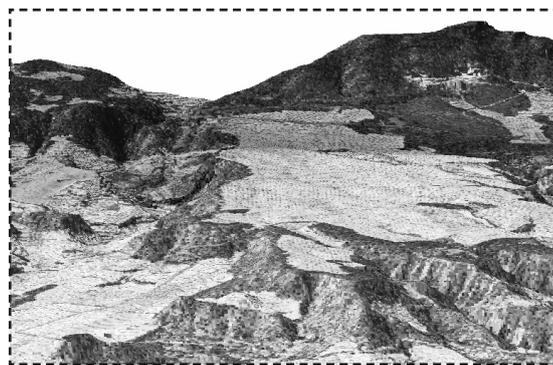


Fig.45: Realidad
Fuente: <http://www.um.es/geograf/sigmur/>

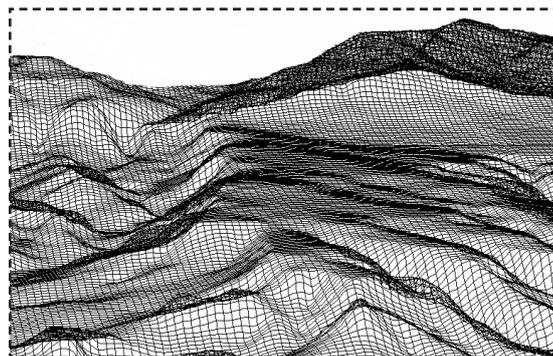


Fig.46: Modelo
Fuente: <http://www.um.es/geograf/sigmur/>

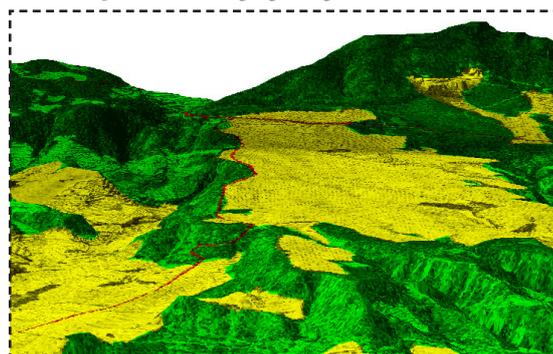


Fig.47: Entidades geométricas. Cuantificables a partir de modelos vectoriales o modelos de imagen raster
Fuente: <http://www.um.es/geograf/sigmur/>

Las entidades geométricas están implícitas en los modelos vectoriales. Éstos representan los objetos espaciales codificando sus fronteras, por lo que las primitivas gráficas en este tipo de SIG son tres: puntos, líneas o arcos y polígonos. Estos elementos vectoriales, pueden ser medibles y contener información asociada a su geometría.

El otro modelo con el que se puede trabajar en un entorno digital SIG es el modelo raster o matricial, sólo tiene una única primitiva gráfica, el píxel o celda, que está georreferenciado respecto a un sistema de coordenadas y en un sistema de proyección dado. Estos píxeles contendrán información al estar vinculados a una base de datos. Normalmente va asociado a una ortoimagen de satélite o de vuelo contratado, donde la ortoimagen, dependiendo de su resolución podemos subdividirla en píxeles de información,

.....
²³ Modelo, entendido como una representación simplificada de la realidad, basada en un conjunto de directrices que permiten la ordenación y clasificación de los entes naturales y artificiales y sus interacciones. Podemos obtener varios tipos de modelos de datos, ya sea mediante mapas planos formados por puntos, líneas y polígonos utilizando para ello dos aproximaciones: mediante un modelo vectorial o mediante un modelo matricial o raster.

través de tecnologías digitales, que consigan visualizar gráficamente, medir cuantitativamente, anticipar una posible inundación futura e identificar posibles niveles de acción territorial.

3.1 Mapas de inundabilidad

Tal y como se ha expuesto anteriormente, uno de los campos de interés en la presente investigación, a través del cual poder realizar ensayos sobre la realidad con la ayuda de modelos, son los Sistemas de Información Geográficos.

Las aplicaciones desarrolladas hasta hace poco, siempre han sido de carácter privado, y la posibilidad de utilizar software basado en SIG sólo estaba al alcance de entidades públicas o de unas pocas empresas privadas o profesionales del sector de la cartografía.

Los nuevos avances tecnológicos y la puesta en valor de las licencias *creative commons* (fig.48), el software libre, o la apertura por parte de Google de alguna de sus API's (*Application Programming Interface*)²⁴ dan al usuario nuevas herramientas para poder ampliar su conocimiento y ofrecerlo a los demás a través de la red, utilizando aplicaciones de Google para verter contenidos dinámicos nuevos en ellas.

Este es uno de los procedimientos digitales que se utilizarán para la realización de un *Visor de Inundaciones* en el presente Trabajo Final de Máster, que se explicará más adelante.

Antes de explicar dicho visor, es pertinente mostrar como ejemplos existentes en la actualidad, diferentes visores web que apoyados en los mapas de Google, son capaces de mostrarnos el aumento

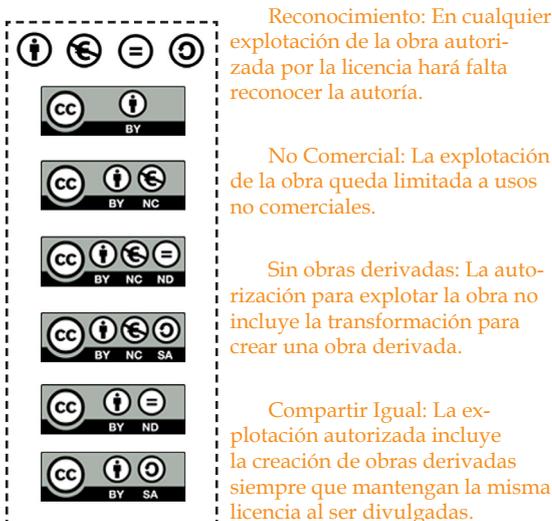


Fig.48: Licencia *Creative Commons* y sus diferentes combinaciones posibles.

Fuente: <http://creativecommons.org/>

²⁴ Conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

Fuente: <https://developers.google.com>

del nivel del mar sobre el territorio y las superficies que quedarían afectadas.

Es el caso de la herramienta *Flood Map: Water Level Elevation Map (Beta)*²⁵, implementado por el físico Alex Tingle²⁶ experto en programación C++, que ahora podemos encontrar en su versión beta.

Esta herramienta (fig.49), permite visualizar un aumento del nivel del agua mediante un indicador que se puede modificar desde el valor 0 metros hasta 10 metros obteniendo las zonas del territorio afectadas por una inundación del mar.

Claro está, que se trata de un modelo y como tal, se trata de una aproximación a la realidad. Pero no por eso deja de ser útil, dado que utiliza información basada en cálculos de la NASA y elevaciones referidas a satélites²⁷ que implementan sus datos en la elaboración de cartografías digitales de elevaciones, que Google Maps luego utiliza para desarrollar sus visores.

Poco a poco, con la apertura de las API's y los *software* que trabajan con sistemas de programación en *open source*, se han ido sucediendo poco a poco, nuevas herramientas con datos complementarios e incluso más precisos por los datos que implementan en sus visores, al utilizar datos de las últimas misiones de vuelos de radar-satélite de la NASA y otros vuelos para aquellas zonas a las que dichos sistemas no han podido tener acceso o existe un error en su medición.

Un ejemplo de estas últimas herramientas que se apoyan en datos más exactos es el *Sea Level Rise*

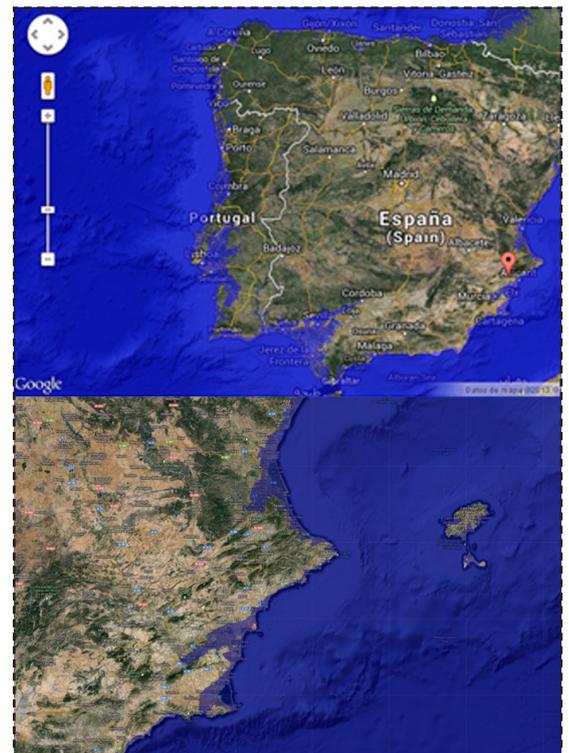


Fig.49: Imagen de la costa del Mediterráneo a la altura de la Comunidad Valenciana y Murcia.
Fuente: <http://flood.firetree.net/>

Jonathon Scott, General de División de la NASA, en una entrevista decía:

“La NASA afirma que sus datos de altura tienen una precisión de ± 9 metros con un 90% de fiabilidad.”

La NASA reunió todos estos datos por satélite desde su órbita, por lo que los edificios y los árboles provocan una sobreestimación en algunas zonas sistemática de la elevación de las zonas edificadas y boscosas. Los datos de la NASA no son extendibles más allá de latitudes $\pm 60^\circ$, por lo que su precisión se puede degradar en los extremos de su rango, sobre todo en el hemisferio Sur. La simulación no tiene en cuenta los efectos de la erosión costera, ni las posibles defensas costeras construidas para evitar inundaciones.

Pese a todo ello, no deja de ser una herramienta muy útil, que nos aproxima a una futura realidad y modeliza cuál podría ser el panorama inundable futuro.

25 *Flood Map: Water Level Elevation Map (Beta)*

Fuente: <http://www.floodmap.net/>

26 Alex Tingle, creador de la herramienta *Flood Maps*

Fuente: <http://blog.firetree.net/>

27 El *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* obtiene datos de elevación a escala mundial para generar la base de datos topográficos de alta resolución digital más completa de la Tierra. SRTM consiste en un sistema de radar especialmente modificado que voló a bordo del transbordador espacial Endeavour durante una misión de 11 días en febrero de 2000.

SRTM es un proyecto internacional liderado por la *National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)* y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA).

*Explorer*²⁸, que nos facilita y permite explorar las regiones de la Tierra que son más vulnerables a un aumento del nivel del mar en relación a un gráfico de indicación de alturas (fig. 50).

Esta clase de visores a gran escala, nos permiten visualizar en un sólo *click*, cuál sería la superficie de afectación en zonas costeras, sobre todo, donde un leve aumento en el nivel del mar (1 metro en Venecia, fig. 51), terminaría provocando graves problemas en el territorio.

La información que podría llegar a transmitir un mapa de inundaciones, tal y como apunta Masatoshi Shidawara²⁹ en su artículo, donde habla de FHM, refiriéndose a *Flood Hazard Maps* o Mapas de riesgo de inundación dice así:

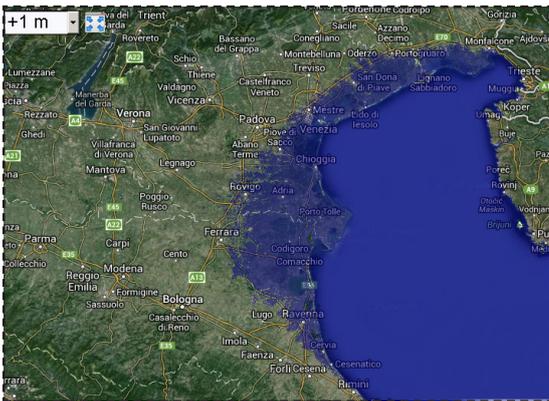


Fig.51: Afectación de Venecia ante la subida de 1 metro de agua.

Fuente: <http://geology.com/sea-level-rise/>

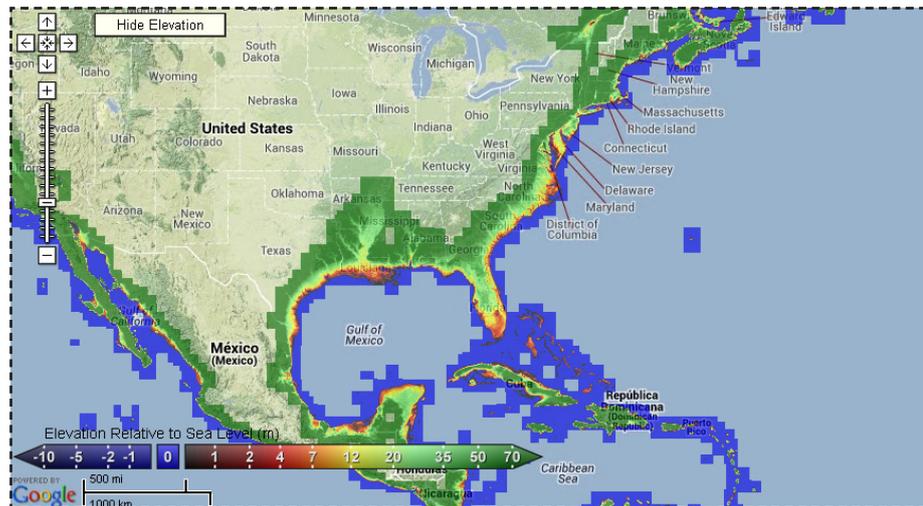


Fig.50: *Sea Level Rise Explorer*. Visor de alturas sobre y bajo el nivel del mar medias.

Fuente: <http://www.globalwarmingart.com/wiki/Special:SeaLevel>

“Los siguientes son ejemplos de información incluidos en FHM’s:

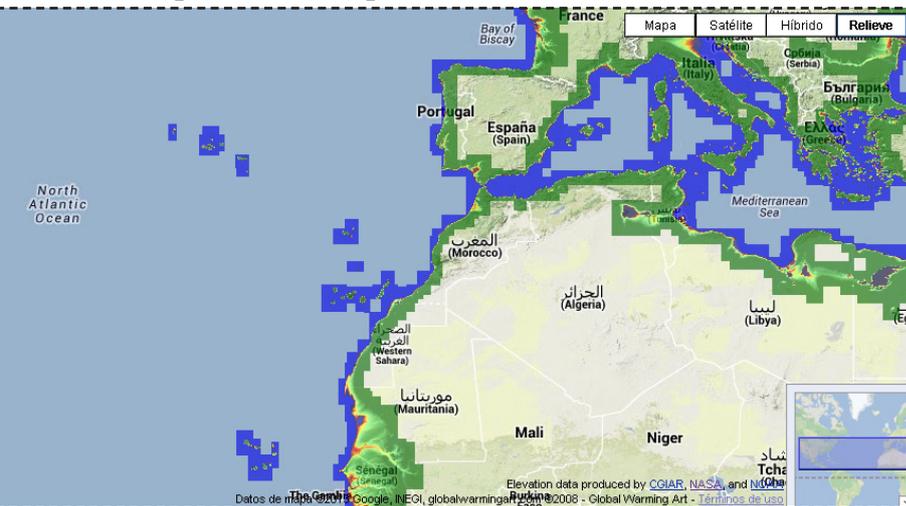
- Contornos de profundidad de una posible inundación.
- Refugios y sus números de teléfono.
- Refugios para la tercera edad, personas con discapacidad, y los niños pequeños.
- Emergencia o refugios temporales, o lugares de reunión.
- Capacidades de refugios y el número de residentes en cada zona.

28 *Sea Level Rise Explorer* es un mapa dinámico de relieve, donde puede verse por colores las diferentes elevaciones topográficas.

Fuente: <http://www.globalwarmingart.com/wiki/Special:SeaLevel>
 29 SHIDAWARA, M. (2000) *Flood hazard map distribution*. Urban Water 1 (1999) 125±129. Editorial ELSEVIER.

- Los números de teléfono de oficinas gubernamentales.
- Los números de teléfono de los hospitales.
- Patrones de sirenas o campanas que suenen a modo de alarma y cuáles serían sus significados.
- Transmitir información oficial sobre rutas y advertencias.
- Recomendaciones para la evacuación.
- Lista de comprobación de evacuación.
- ¿Qué llevar cuando huyes?
- Precauciones con los deslizamientos de tierra.
- Grabado de zonas inundables.
- Historia de las inundaciones principales de la ciudad.
- Las fotografías, hietogramas (precipitaciones en función del tiempo) e hidrogramas (gráficos de descarga de volumen de agua por unidad de tiempo) de inundaciones pasadas.
- Gráficas del tiempo de inundaciones pasadas.
- Historia y naturaleza del río.

Algunas políticas enfocadas a prevenir a la población de posibles inundaciones, como en



muchos de los estados costeros de los Estados Unidos, el Reino Unido, Japón... vienen realizando esta serie de mapas y advertencias, a la manera que relata Shidawara, en materia de prevención contra inundaciones (fig. 52).

Ésta es una forma de alertar a la población, pero al mismo tiempo y en algunos casos se utiliza como arma de doble filo por algunas aseguradoras privadas en los Estados Unidos, las cuales están haciendo partícipes a la población de este tipo de mapas, utilizándolos para justificar un valor más o menos elevado en la adquisición de un seguro según la zona donde se ubique tu propiedad.

Esto repercute en las familias con menor poder adquisitivo, de manera que muchas de las personas que viven cercanas a la costa o en entornos inun-

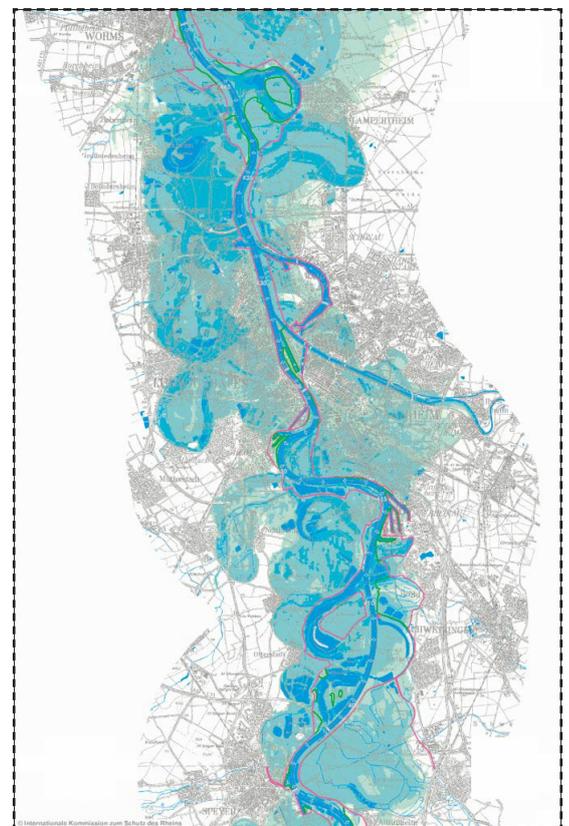


Fig.52: Río Rhin y posible afectación de las zonas colindantes, por inundación.

Fuente: <http://www.esri.com/news/arcnews/fall02articles/rhine-flood-hazard.html>

dables, son forzadas a instalarse en otro lugar, una vez han perdido su propiedad por culpa de una inundación.

Esto mapas también son utilizados por empresas inmobiliarias para la compraventa de propiedades (fig. 53) en los Estados Unidos y es una manera de presionar a los compradores sobre una u otra propiedad y la posibilidad de contratar un seguro.

A continuación se analizarán dos territorios de los catalogados en el capítulo 2. Uno exterior y otro interior perteneciente al territorio español y de menor escala para mostrar el alcance de esta investigación a dos niveles diferenciales y exponer dos métodos diferentes: uno mediante tecnología SIG y otro utilizando *software* de diseño paramétrico.

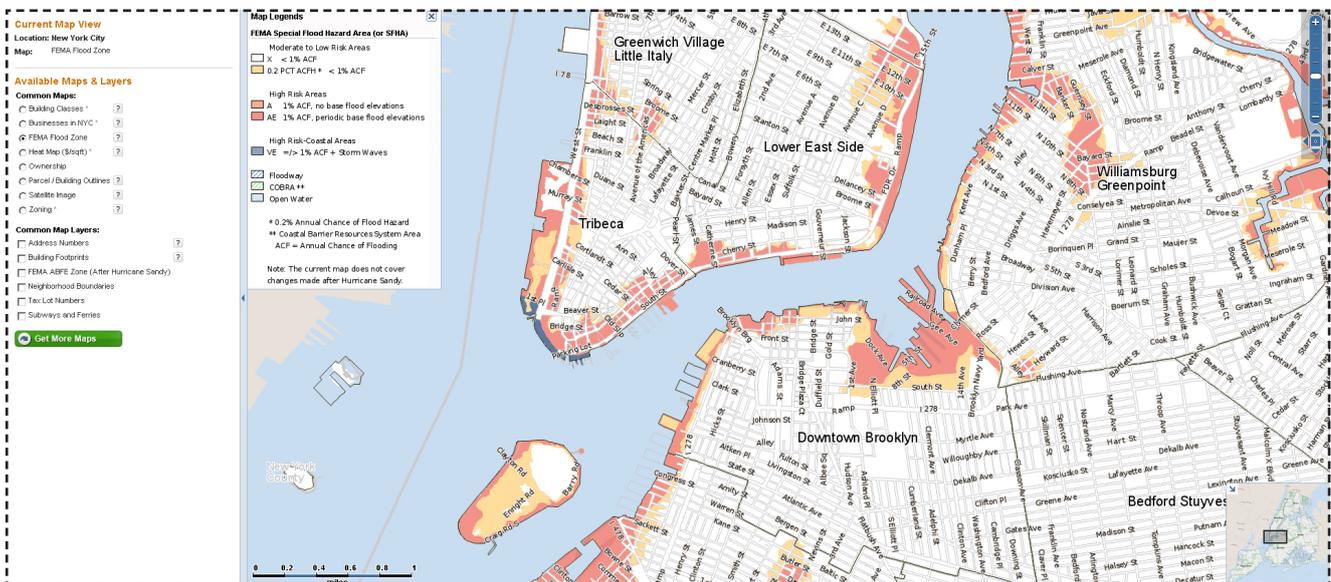


Fig.53: Mapa de inundación basado en el FEMA (Federal Emergency Management Agency)

Fuente: <http://www.propertyshark.com/mason/ny/New-York-City/Maps/FEMA-Flood-Zone>

3.2 Caso de estudio: Manhattan (NYC)

Manhattan (fig. 54 y 55), 29 de Octubre de 2012, situada en la desembocadura del río Hudson, escribió una página más en su historia negra con las catástrofes provocadas por el paso del huracán Sandy³⁰.

El nivel del agua alcanzado superó el anterior récord registrado en 1821, cuando otro huracán anegó las zonas más bajas de la ciudad.

El metro de Nueva York sufrió el peor desastre de sus más de 100 años de existencia, inundando la mayor parte de sus túneles, garajes, líneas ferroviarias, paralizando por completo cualquier transporte subterráneo.

Aunque esta situación vino provocada de un fenómeno atmosférico particular y aislado en el tiempo, existe también la posibilidad de una inundación paulatina provocada por las elevaciones en las mareas y aumento en el nivel del mar debido al cambio climático que estamos experimentando y a la variación de volumen de agua que podría producirse en nuestros océanos en los próximos años, debida al deshielo progresivo que lleva produciéndose en los polos.

La adaptación de nuestras ciudades a esta nueva situación es todo un reto y una cuestión de alto interés donde poder investigar y gestionar nuevos modos de actuar en la ciudad y en los territorios en

30 El Huracán Sandy fue el decimoctavo y el más mortífero ciclón tropical de la temporada de huracanes de 2012 y el décimo en alcanzar el nivel de huracán en dicho año. Fue el mayor de los huracanes de los que se tenga noticia y el segundo por el nivel de daños, después del huracán Katrina a fines de agosto de 2005. Afectó a Venezuela como depresión tropical a partir del 17 de octubre, es decir, antes de ser considerado como tormenta tropical, cosa que sucedió un día después y, obviamente, antes de que alcanzara el rango de huracán. Afectó poderosamente (además de Venezuela), a Haití, República Dominicana, Jamaica, Cuba, Bahamas, Bermudas, Estados Unidos y Canadá, cobrando la vida, de unas 70 personas en el Caribe, 147 en Estados Unidos y 2 en Canadá. Datos posteriores que tomaron en cuenta el número de fallecidos debidos al huracán Sandy, hicieron aumentar esta cifra a 253.

El impacto mayor lo recibió los Estados Unidos, tanto por la intensidad de los vientos, lluvias y nevadas como por las enormes dimensiones del huracán (1.800 km de diámetro) al tocar tierra en las costas orientales del país. Afectó, además del área del Caribe, a 24 de los 50 estados de los Estados Unidos.



Fig.54: Vista de la ciudad de Nueva York a oscuras, desde el Low Manhattan.

Fuente: Agencia Reuters



Fig.55: Parada de taxis anegada en Manhattan.

Fuente: <http://internacional.elpais.com/>

El alcalde de Nueva York, Michael Bloomberg, tras el desastre de Sandy, está preparando uno de sus principales retos políticos: Preparar a una ciudad que tiene más de 836 kilómetros de costa ante posibles inundaciones, con construcciones en palabras de Bloomberg “más inteligentes, fuertes y sostenibles”. Con el objetivo de proteger la zona costera, se realizará un análisis de ingeniería para elaborar las estrategias de protección que mejor se adapten a la ciudad y que mitigue el impacto de una tormenta o de la subida de la marea. También se mejorará el sistema de aguas residuales a través de un “Plan Verde”, con una inversión de 2.400 millones de dólares, que permitirá crear una infraestructura con métodos naturales de captación de agua de lluvia y evitar así inundaciones. Dado que dos tercios de las viviendas dañadas por “Sandy” estaban fuera de los actuales mapas de inundación, Bloomberg señaló que estos mapas se actualizarán y se revisará el código de construcción para reforzar las normas de protección contra inundaciones.

Otra de las medidas que incluirá este amplio plan será la de añadir nuevos requisitos para garantizar que los edificios puedan soportar vientos fuertes y olas que puedan azotar la ciudad en el futuro. “El mayor reto al que nos enfrentamos es la adaptación de nuestra ciudad a los riesgos asociados con el cambio climático. Y este reto nos obliga a dar un salto hacia el futuro”, sentenció Bloomberg.

Fuente: Agencia Reuters

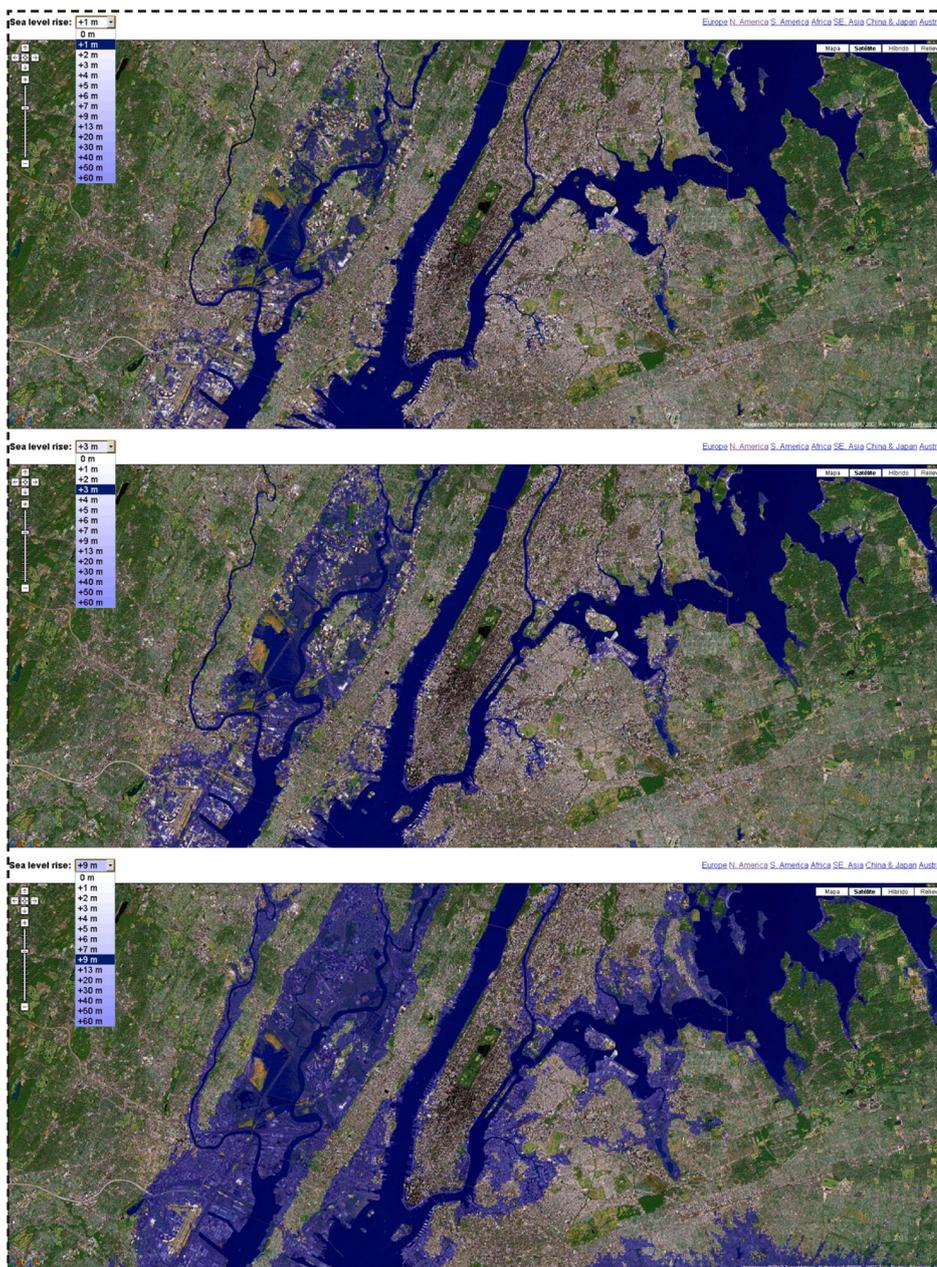


Fig.56: Visor de inundación *Google Flood Maps*
 Fuente: <http://flood.firetree.net/?ll=40.7704,-73.9655&z=5&m=0&t=1>

Aunque los datos son una estimación basados en datos recogidos por la NASA, puede darnos una información muy aproximada de las zonas más afectadas en caso de que el nivel del mar alcanzara las cotas de inundación. Estos datos podrían ser cartografiados mediante una aplicación SIG o utilizando un archivo LIDAR que nos dé información de cotas tanto topográficas como de la altura de algunas construcciones, para que la simulación sea más real.

Aquí se muestran algunas imágenes provenientes de dicha aplicación online para la visualización de inundaciones en tiempo real en mediciones de 1, 3 y 9 metros respectivamente.

peligro de inundación. La amenaza de inundación por aumento del nivel del mar³¹, no es una ficción, ya se están dando casos y estudiando sus posibles efectos en ciudades costeras, cuyas inundaciones se han ido multiplicando exponencialmente desde hace unos años.

El análisis global mediante herramientas informáticas (fig. 56), nos puede dar datos muy interesantes sobre aquellos hechos ya ocurridos, pero sobre todo ayudarnos a prever nuevos desastres o situaciones de peligro. Antes podíamos conocer datos, pero el volcado de ellos y sobre todo el cruce de estos datos, a la hora de establecer una posible revisión de los mismos, en virtud de extraer unas conclusiones, o más bien unas previsiones sobre amenazas futuras, no había sido posible hasta la implantación de nuevas plataformas software dedicadas al manejo de esta multiplicidad de datos.

Los avances en las nuevas tecnologías, hacen que las previsiones ante un desastre natural, puedan conocerse con un tiempo prudencial a la hora de establecer los planes, para situaciones de emergencia que cada ciudad haya considerado. En muchos de los casos, estos planes simplemente indican “qué hacer en caso de”, es decir, más que una previsión o una defensa o adaptación paulatina ante un problema que se conoce por el análisis de sucesos anteriores, se trata más bien de instrucciones sobre

31 CHINI, N. and STANSBY, P.K. (2012) *Extreme values of coastal wave overtopping accounting for climate change and sea level rise*. *Coastal Engineering* 65 (2012) 27-37. Editorial ELSEVIER.

cómo escapar de un desastre o protegerse hasta que las autoridades puedan facilitar un posible rescate y una reubicación de afectados.

En el caso del Huracán Sandy, las nuevas tecnologías aplicadas por ejemplo a los dispositivos *smartphones*, como la red social Foursquare³², puede darnos una idea de la magnitud de la catástrofe (fig. 57), dicha herramienta permite ver en las imágenes, los *check-ins* (palabra utilizada para determinar a los demás usuarios su propio posicionamiento, mediante el uso del GPS de sus *smartphones*)³³ que se realizaron un día antes del paso del huracán y cuatro días después.

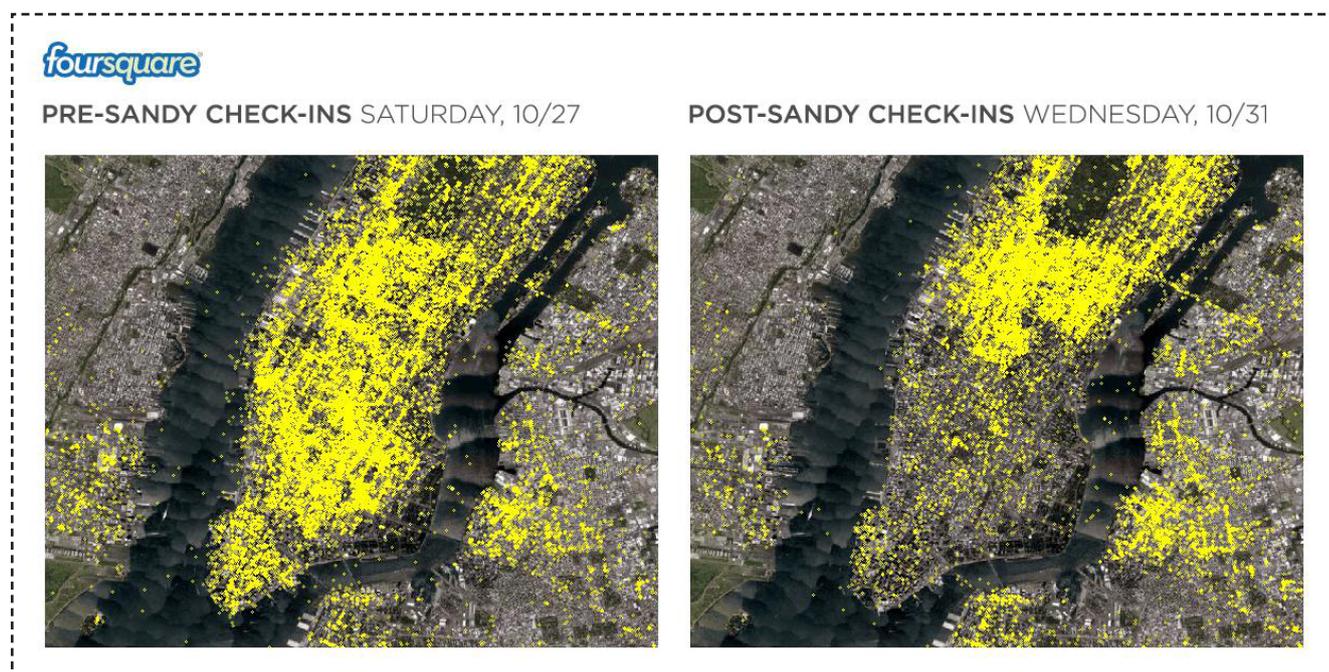


Fig.57: Visor de inundación *Google Flood Maps*

Fuente:

<http://www.businessinsider.com/foursquare-checkins-after-hurricane-sandy-2012-11>

Este tipo de acontecimientos a los que Carlo Ratti(*) llamará interacción ciudadana, a través de las tecnologías que tenemos a nuestro alcance, consiguen dibujar un nuevo mapa de la ciudad, un antes y un después.

(*) Carlo Ratti, arquitecto e ingeniero, investigador en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) afirma que la ciudad en tiempo real es ahora real ya que la difusión creciente de los sensores y los dispositivos electrónicos portátiles en los últimos años, está permitiendo un nuevo enfoque para el estudio del entorno construido.

La forma de describir y entender las ciudades se está transformando radicalmente - junto con las herramientas que utilizamos para diseñarlas y el impacto en su estructura física.

El estudio de estos cambios desde un punto de vista crítico y la anticipación a ellos, es el objetivo del Laboratorio SENSEable City*, una nueva iniciativa de investigación en el MIT.

*SENSEable City, tiene como misión repensar, analizar, sugerir y guiar a las ciudades en la promoción del uso de tecnologías de información e interacción con la propia ciudad y sus habitantes.

32 *Foursquare* es un servicio de geolocalización que permite ser utilizado a modo de red social, donde poder conocer la posición de nuestros contactos en un determinado radio de búsqueda.

33 RATTI, C. et al (2010), *Real-Time Urban Monitoring Using Cellular Phones: a Case-Study in Rome*, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.

3.2.1 Organismos estatales: FEMA

En los Estados Unidos de América, la FEMA³⁴ (*Federal Emergency Management Agency*), es la Agencia Federal para la Gestión de Emergencias que da respuesta a desastres naturales, tales como huracanes, terremotos, inundaciones y otros, tratando de elaborar las directrices necesarias para paliar sus efectos y prevenir en la medida de lo posible las consecuencias de dichos desastres a los habitantes de las posibles zonas afectadas.

El desarrollo de cartografías por parte de las agencias gubernamentales apoyándose en los estudio de la FEMA, esta consiguiendo aportar un mapeado de casi la totalidad de las zonas o territorios con alto porcentaje de inundabilidad.

La Agencia se ha encargado de localizar y definir qué áreas del territorio estadounidense, pueden estar amenazadas por un riesgo futuro de inundación (fig. 58). La información es dada públicamente, de manera que cualquier empresa, entidad pública o persona física, puede hacer uso de dicha información y usarla para la predicción de las consecuencias tanto naturales como urbanas de las zonas expuestas.

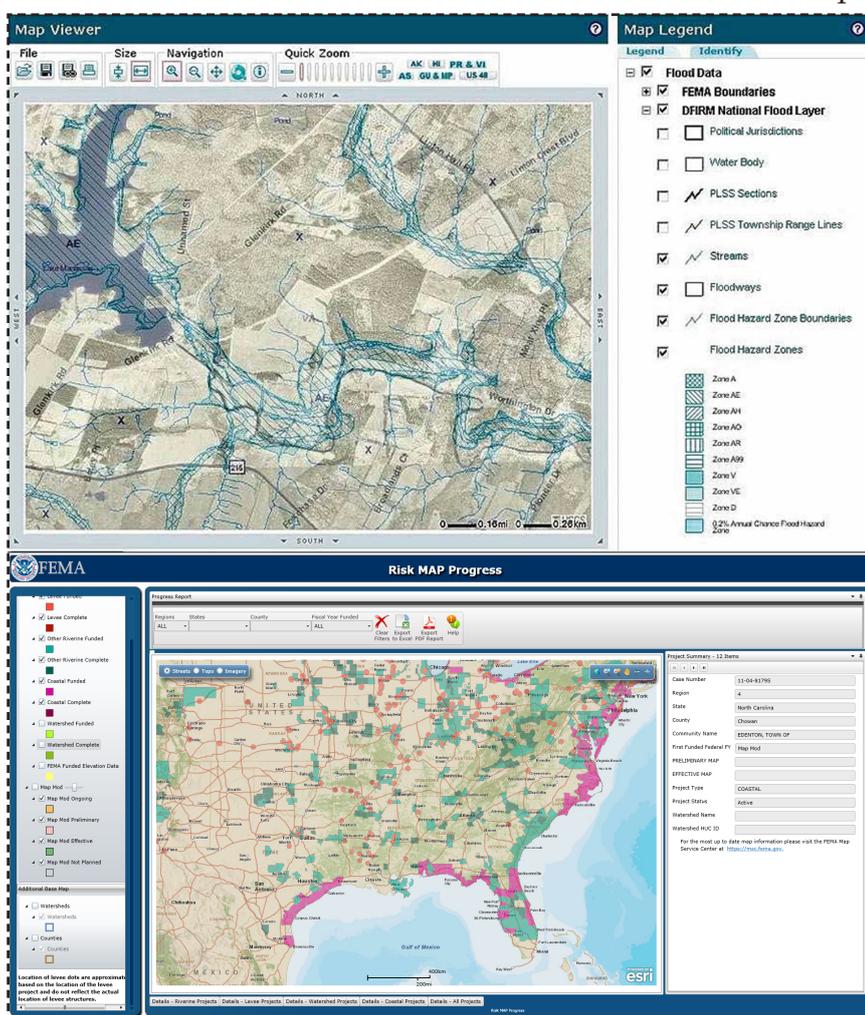


Fig.58: Visor de inundación de la FEMA

Fuente:
<http://fema.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=2f0a884bfb434d76af8c15c26541a545>

³⁴ FEMA, es la Agencia Federal para la gestión de emergencias. En 1934, se confirió autoridad a la Oficina de Caminos Públicos para proporcionar financiación para la construcción de carreteras y puentes dañados por desastres naturales. La Ley para el Control de Inundaciones, confirió al Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU. la mayor autoridad, para implementar proyectos de control de inundacione. Este enfoque poco sistemático hacia la asistencia en desastres era problemático y dio lugar a legislación que requería una mayor cooperación entre las agencias federales y autorizó al Presidente para coordinar dichas actividades.

Fuente: <http://www.fema.gov/es>

Para ello se ha elaborado un plan para todos los Estados, donde se puede visualizar la información recabada para cada estado. La FEMA establece para todos los estados, una tabla alfanumérica (fig.59) para designar qué zonas podrían correr cierto riesgo de inundación

Las zonas de inundación son áreas geográficas que la FEMA ha definido de acuerdo con diferentes niveles de riesgo de inundación. Estas zonas se representan en el mapa de una comunidad como Tasa de Seguro frente a Inundación (FIRM) o Mapa de Riesgo de Inundación de Fronteras. Cada zona refleja la gravedad o el tipo de inundación en la zona.

La tecnología SIG aplicada ahora para la geolocalización de márgenes de tierra inundables y la posibilidad de cuantificar económicamente sus consecuencias, como en el caso de los costes de seguros privados de las propiedades, explicado anteriormente.

FEMA Map Service Center - FEMA Flood Zone Designations

Map Service Center

Product Catalog | Map Search | Quick Order | Digital Post Office | Help

Home > FEMA%20Flood%20Zone%20Designations

[Log on](#)

Definitions of FEMA Flood Zone Designations

Flood zones are geographic areas that the FEMA has defined according to varying levels of flood risk. These zones are depicted on a community's Flood Insurance Rate Map (FIRM) or Flood Hazard Boundary Map. Each zone reflects the severity or type of flooding in the area.

Moderate to Low Risk Areas

In communities that participate in the NFIP, flood insurance is available to all property owners and renters in these zones:

ZONE	DESCRIPTION
B and X (shaded)	Area of moderate flood hazard, usually the area between the limits of the 100-year and 500-year floods. Are also used to designate base floodplains of lesser hazards, such as areas protected by levees from 100-year flood, or shallow flooding areas with average depths of less than one foot or drainage areas less than 1 square mile.
C and X (unshaded)	Area of minimal flood hazard, usually depicted on FIRMs as above the 500-year flood level.

High Risk Areas

In communities that participate in the NFIP, mandatory flood insurance purchase requirements apply to all of these zones:

ZONE	DESCRIPTION
A	Areas with a 1% annual chance of flooding and a 26% chance of flooding over the life of a 30-year mortgage. Because detailed analyses are not performed for such areas; no depths or base flood elevations are shown within these zones.
AE	The base floodplain where base flood elevations are provided. AE Zones are now used on new format FIRMs instead of A1-A30 Zones.
A1-30	These are known as numbered A Zones (e.g., A7 or A14). This is the base floodplain where the FIRM shows a BFE (old format).
AH	Areas with a 1% annual chance of shallow flooding, usually in the form of a pond, with an average depth ranging from 1 to 3 feet. These areas have a 26% chance of flooding over the life of a 30-year mortgage. Base flood elevations derived from detailed analyses are shown at selected intervals within these zones.
AO	River or stream flood hazard areas, and areas with a 1% or greater chance of shallow flooding each year, usually in the form of sheet flow, with an average depth ranging from 1 to 3 feet. These areas have a 26% chance of flooding over the life of a 30-year mortgage. Average flood depths derived from detailed analyses are shown within these zones.
AR	Areas with a temporarily increased flood risk due to the building or restoration of a flood control system (such as a levee or a dam). Mandatory flood insurance purchase requirements will apply, but rates will not exceed the rates for unnumbered A zones if the structure is built or restored in compliance with Zone AR floodplain management regulations.
A99	Areas with a 1% annual chance of flooding that will be protected by a Federal flood control system where construction has reached specified legal requirements. No depths or base flood elevations are shown within these zones.
V	Coastal areas with a 1% or greater chance of flooding and an additional hazard associated with storm waves. These areas have a 26% chance of flooding over the life of a 30-year mortgage. No base flood elevations are shown within these zones.
VE, V1 - 30	Coastal areas with a 1% or greater chance of flooding and an additional hazard associated with storm waves. These areas have a 26% chance of flooding over the life of a 30-year mortgage. Base flood elevations derived from detailed analyses are shown at selected intervals within these zones.

Undetermined Risk Areas

ZONE	DESCRIPTION
D	Areas with possible but undetermined flood hazards. No flood hazard analysis has been conducted. Flood insurance rates are commensurate with the uncertainty of the flood risk.

Fig.59: Cuadro de zonas de riesgo FEMA

Fuente:

<https://msc.fema.gov/webapp/wcs/stores/servlet/info?storeId=10001&catalogId=10001&langId=-1&content=floodZones&title=FEMA%2520Flood%2520Zone%2520Designations>

3.2.2 Análisis de Manhattan a través de gvSIG



Fig.60: Logo gvSIG
Fuente: <http://www.gvsig.org/web/>

El *software* utilizado para elaborar las cartografías inundadas de Manhattan tras el desastre del Huracán Sandy, es el “gvSIG”³⁵ (fig.60), una herramienta SIG de libre acceso, donde existe una comunidad más o menos amplia de usuarios que pueden conectarse a través de foros y realizar consultas o proponer temas de interés para la realización de nuevas cartografías a través de los Sistemas de Información Geográficos.

A continuación y a modo de metodología a seguir para la incorporación de datos en la plataforma, se relatan los pasos realizados:

1. Conexión a los *Web Map Services* (WMS)³⁶ a través del siguiente enlace web:

<http://www.orthos.dhSES.ny.gov/>

La conexión a este tipo de servicios se realizan a través de internet y nos permite seleccionar el cuadrante o zona del cual queremos obtener información, ya sea en formato vectorial o raster (normalmente, son raster).

De manera automática, gvSIG incorpora la información seleccionada a su visor (fig.61) para poder gestionarla como se quiera, guardarla, compartirla, modificarla, etc.

³⁵ gvSIG es un programa libre español muy potente, que trabaja con bases de datos, cartografías vectoriales y raster. Se puede descargar directamente desde su web.

Fuente: <http://www.gvsig.org/web/>

³⁶ El servicio *Web Map Service* (WMS) definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica. Este estándar internacional define un “mapa” como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador. Un mapa no consiste en los propios datos. Los mapas producidos por WMS se generan normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG, y opcionalmente como gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics) o WebCGM (Web Computer Graphics Metafile)

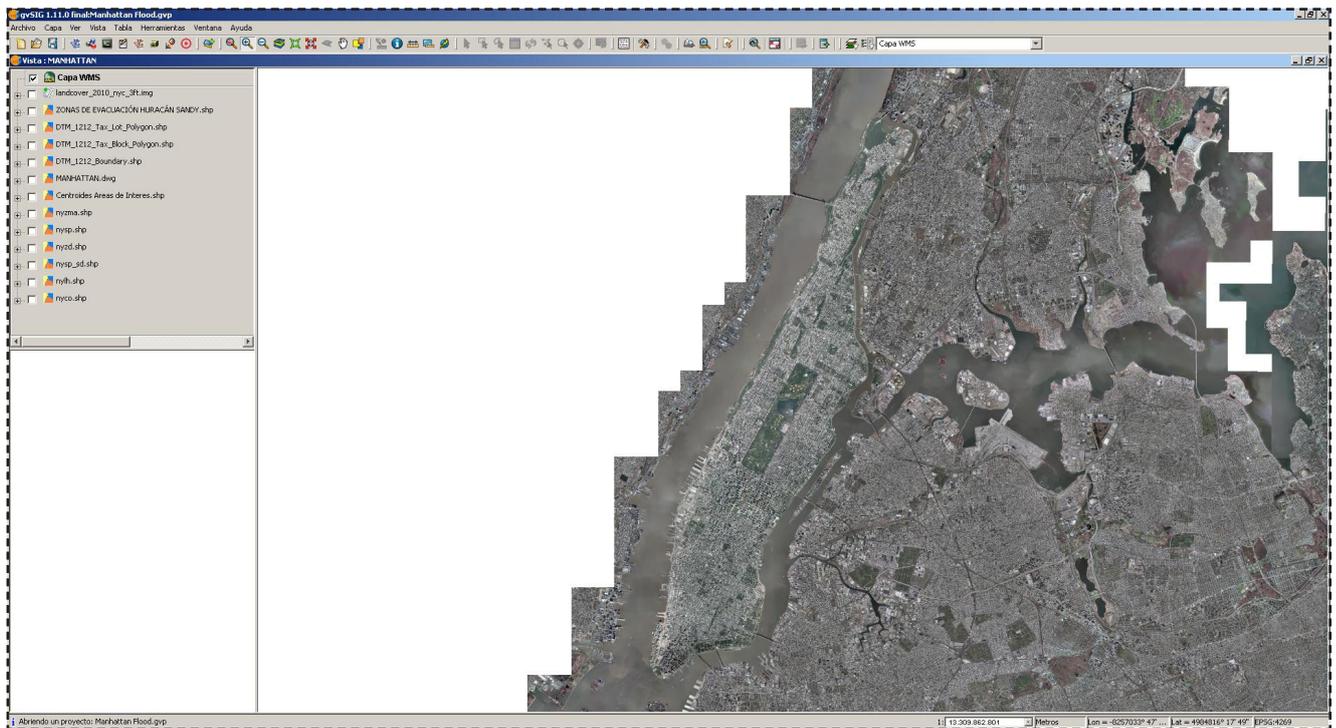


Fig.61: Ortoimagen de Manhattan a través de su conexión a los *Web Map Services* de Nueva York.

Fuente: Elaboración propia

2. Introducción del archivo en formato “.shp” (formato *shape*³⁷) de la zona de estudio (fig.62):

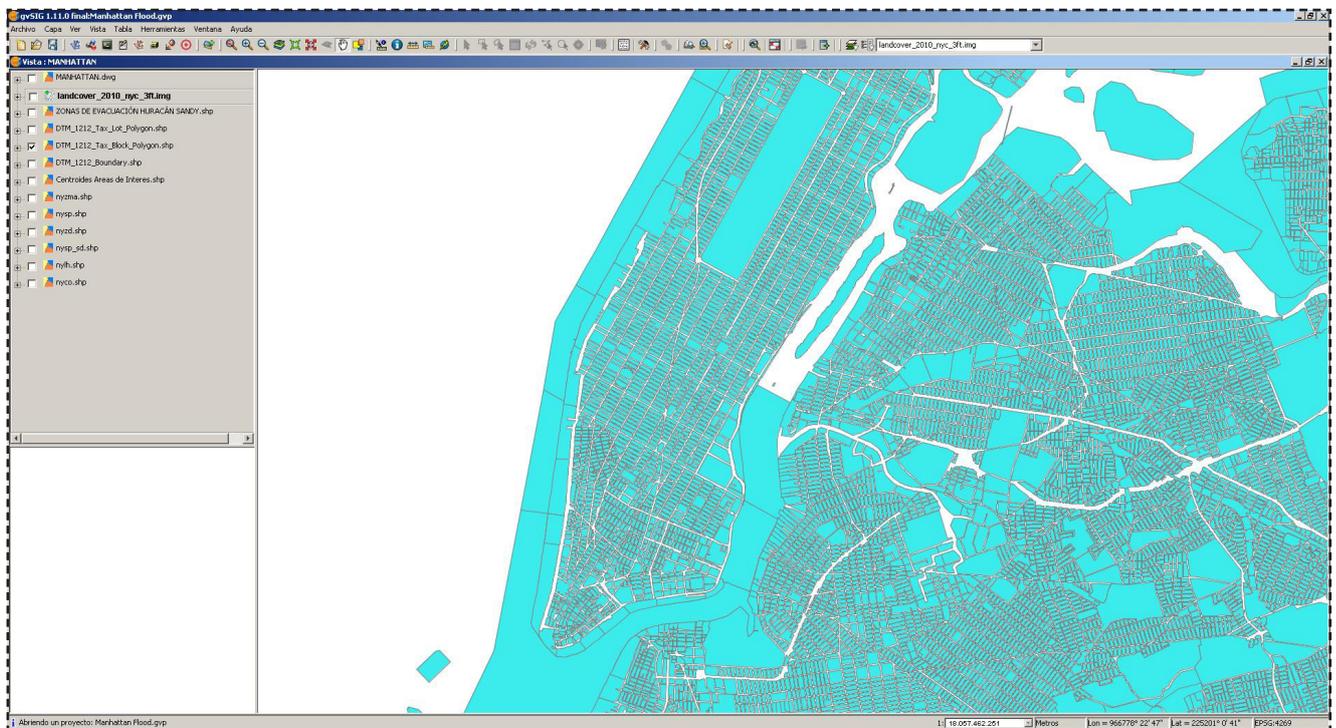


Fig.62: Incorporación de capa *shape* con información cuantificable (superficies, longitudes, alturas...)

Fuente: Elaboración propia

³⁷ Un *shapefile* es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. No obstante carece de capacidad para almacenar información topológica. Es un formato multiarchivo, es decir está generado por varios ficheros informáticos.

3. Posteriormente, se pueden incluir archivos de imagen provenientes de LANDCOVER (2010)³⁸ junto con el *shape* anterior y la determinación de las “pastillas” de edificación o manzanas, pudiendo obtener sus dimensiones y usos. (fig.63)

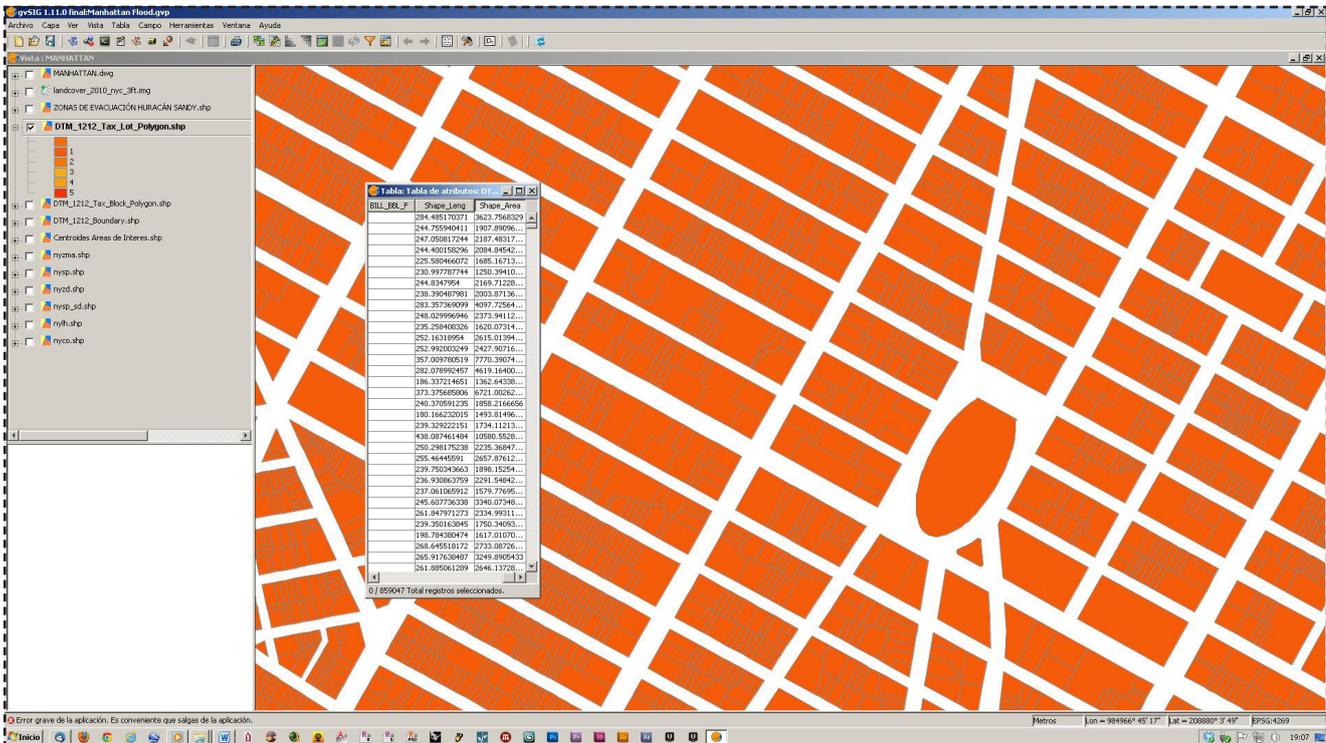


Fig.63: Incorporación de la capa de parcelación con la posibilidad de obtener dimensiones y alturas de las edificaciones.

Fuente: Elaboración propia

En el caso de Manhattan, obtenemos una medición de la superficie que ocupan las viviendas, en zonas sensibles a la inundación.

4. La superposición de las zonas afectadas por el último desastre ocurrido por el Huracán Sandy, puede darnos pistas acerca de niveles de desalojo o protección y recursos para mitigar los problemas derivados de una inundación.

5. Se realiza una clasificación por peligrosidad o afectación utilizando los valores de letra A, B y C. (fig. 64) y mediante un *geoproceso*³⁹ de recorte, se aísla la zona que se quiere analizar pormenorizadamente.

Nos quedamos pues con la capa recortada de las zonas de afectación por el huracán y el negativo de

³⁸ El proyecto CORINE (*Coordination of Information on the Environment*) Land Cover desarrolla la creación de una base de datos sobre la cobertura y uso del territorio en la Unión Europea. CORINE está dirigido por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA).

³⁹ El tipo de acciones georreferenciadas que se puede realizar a un conjunto de capas agrupadas en gvSIG, de manera que podemos obtener datos cruzados entre ellas, tales como recorte entre capas, intersección, unión, etc.

esta capa (los bloques de manzana y las parcelas o “lots” de Manhattan, fig.65). La comparación de contenidos de diversas capas permite obtener, por ejemplo, las superficies inundadas y su repercusión económica según el grado de afectación.

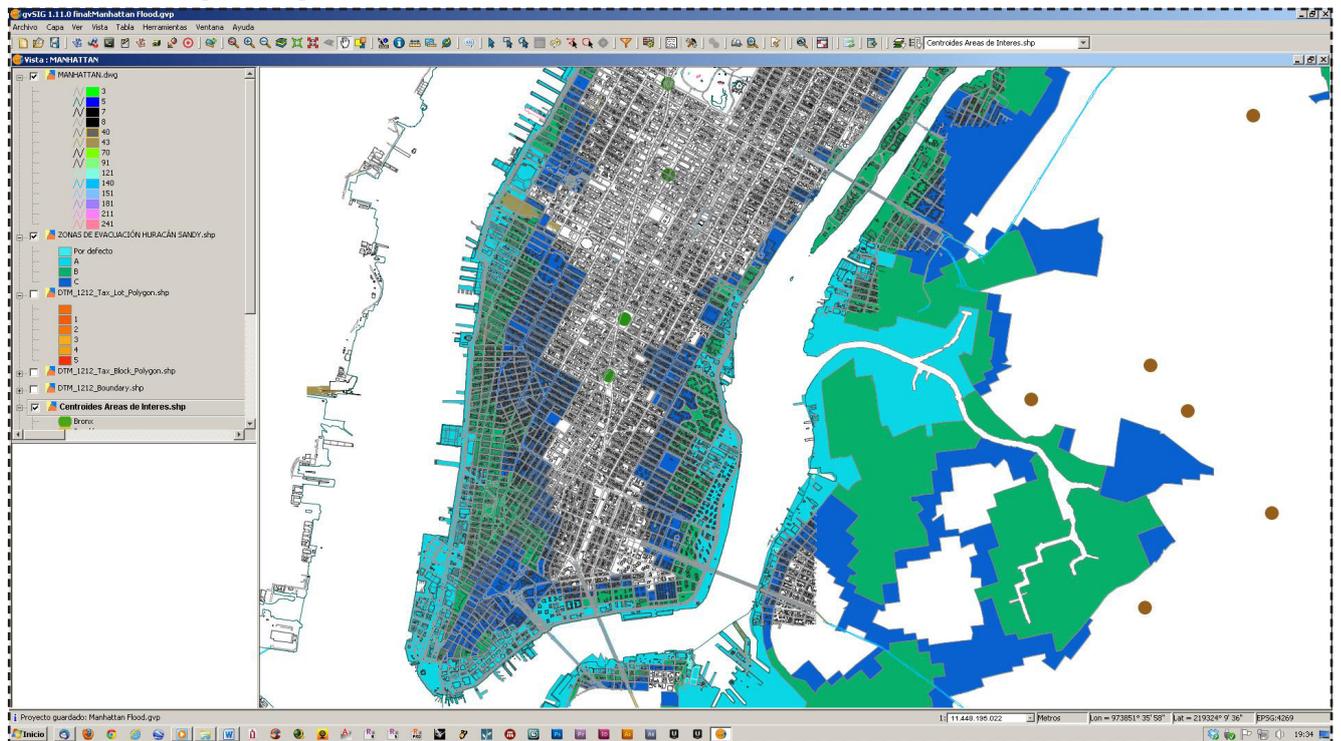


Fig.64: Zonas de afectación tras el paso del *Huracán Sandy*

Fuente: Elaboración propia

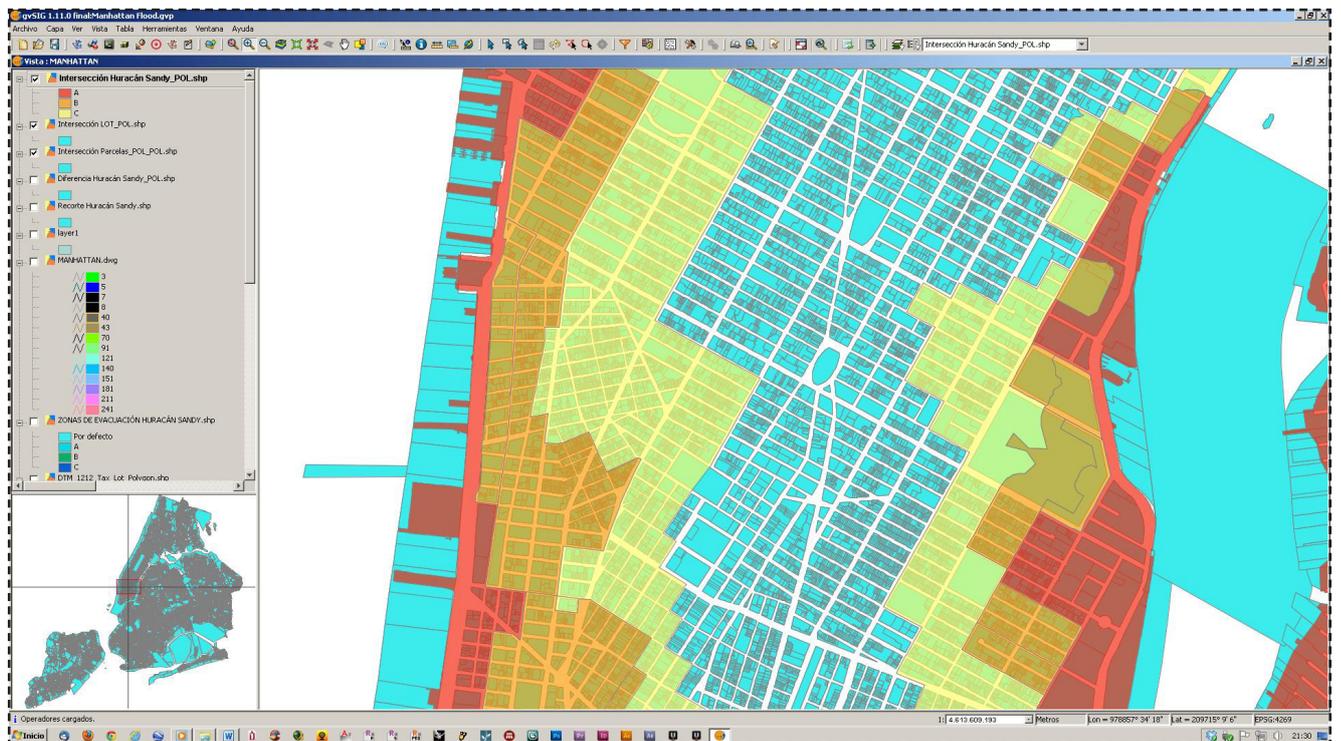


Fig.65: Cálculo de superficies afectadas por *Sandy*

Fuente: Elaboración propia

6. Previsión de inundaciones, basada en la FEMA (Federal Emergency Management Agency):

Según las zonas establecidas por la clasificación FEMA que vimos anteriormente, podemos obtener una cartografía de inundación (fig.66) con su clasificación y a qué inmuebles afectaría (fig. 67).

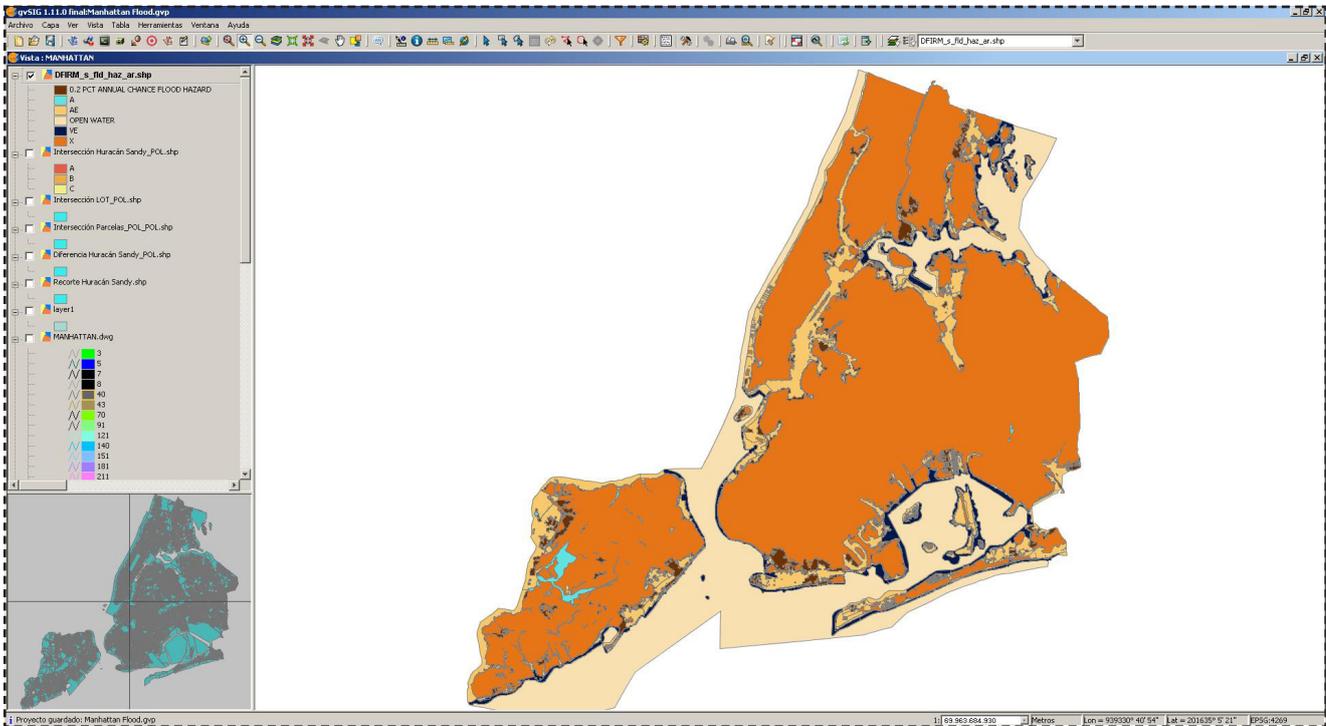


Fig.66: Zonas inundables FEMA
Fuente: Elaboración propia

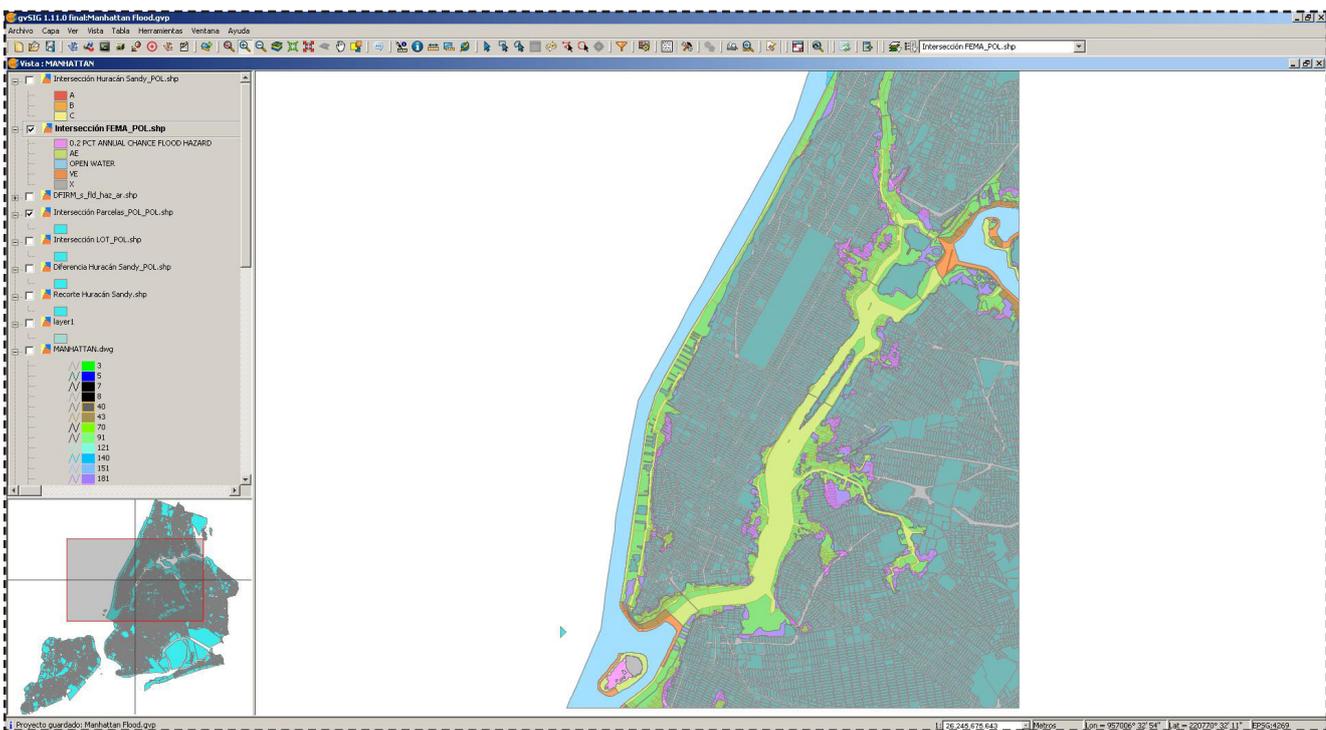


Fig.67: Superposición de la capa de la FEMA con la trama urbana
Fuente: Elaboración propia

La imagen resultante nos ofrece un dato para consideraciones de emergencia que al superponer con la capa de la FEMA sobre la trama urbana, descubrimos las parcelas e inmuebles más dañados por el Sandy.

Si superponemos las dos capas, las de afectación del huracán y las previsiones de la FEMA (como zonas de riesgo por inundaciones, fig. 68), podemos ver que la representación realizada por un modelo basado en las elevaciones de la zona a través de los datos obtenidos por satélite, se aproxima bastante a la realidad.

Este primer caso analizado mediante *software* SIG, nos da una idea de la potencia de este tipo de herramientas a nuestra disposición para analizar los territorios y georreferenciar grandes bases de datos sobre ellos.

Las autoridades de Nueva York, tras el paso de *Sandy* tienen ya una base sobre la cuál

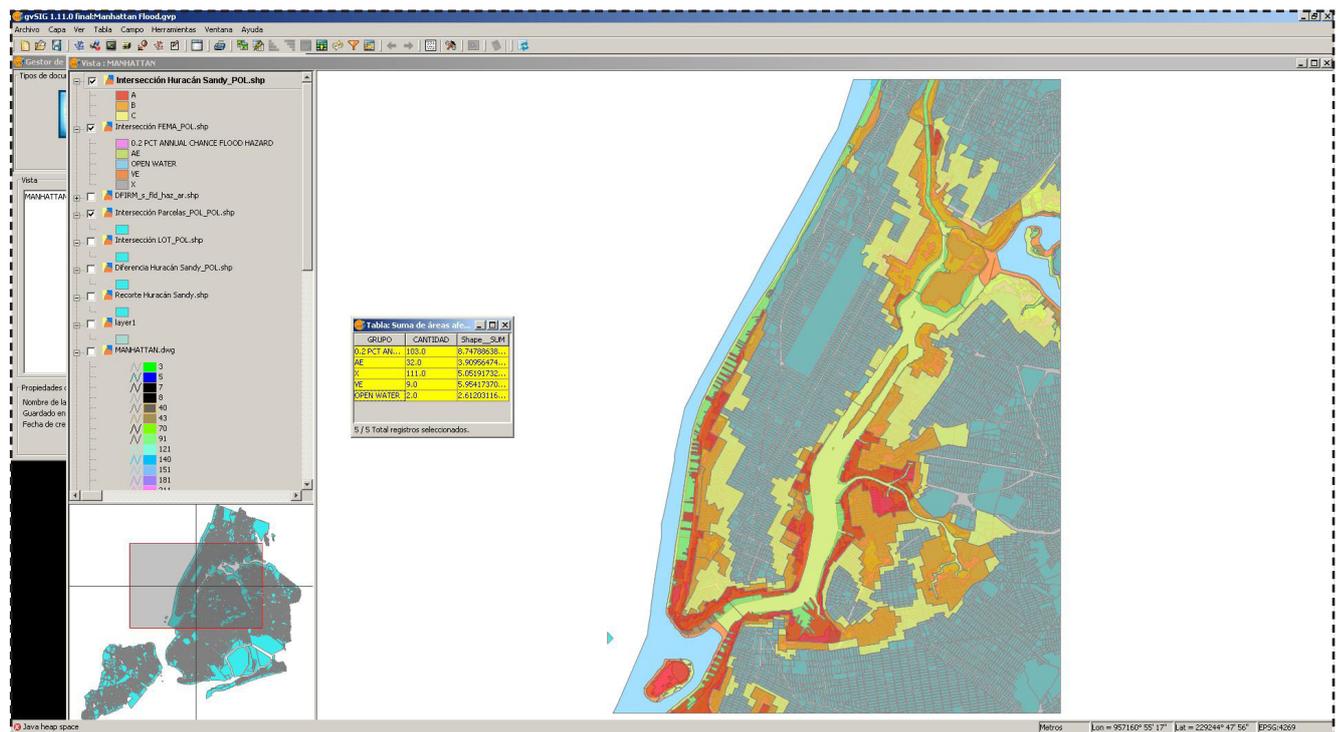


Fig.68: Superposición de la capa de la FEMA y Sandy con la trama urbana.

Fuente: Elaboración propia

poder trabajar y anticipar los efectos de nuevos fenómenos meteorológicos que puedan afectar a la ciudad.

A continuación se mostrarán imágenes a partir del gvSIG relativas a la proyección de futuro desde el año 2020 al 2080, con los datos obtenidos de la base de datos *en abierto* que ofrece el estado

de Nueva York a través de una de sus plataformas dedicadas a la elaboración de bases de datos georreferenciadas sobre la cartografía de la ciudad.

Esta base de datos es el *New York City Open Data*⁴⁰.

Los archivos utilizados contienen 3 conjuntos de datos de forma que representan las posibles áreas de peligro de inundación de la zona en el 2020, 2050 de 2080, basados en un futuro escenario en el que el deshielo de los polos forzaría a un aumento del nivel del mar. La Oficina de Nueva York de Planificación y Sostenibilidad a Largo Plazo (NYC OLTPS) sostiene que estos datos sobre las zonas de inundación de 1 en 100 años de la ciudad de Nueva York con el proyectado aumento del nivel del mar fue producido por el Instituto de Ciudades Sostenibles, Universidad de la Ciudad de Nueva York para un análisis de las áreas geográficas amplias.

Las extensiones de inundación proyectadas incluidas en estos datos reflejan una metodología de “bañera” por el que un nivel de inundación se extrapola hacia la tierra hasta que llega a la altura del contorno equivalente en tierra. Este enfoque no tiene en cuenta los efectos acumulativos de los suelos, la vegetación, la permeabilidad de la superficie, las estructuras de la batimetría, la infraestructura y la playa, la fricción, y otros factores que afectan el movimiento de las aguas resultantes de las variaciones locales de medida de las inundaciones. Las llanuras de inundación delineadas en estos datos no representan límites precisos de inundaciones sino ilustran dos áreas distintas de interés: Las zonas A que actualmente no están inundadas, pero se espera que potencialmente lo estén en el futuro)

.....
40 *NYC Open Data*, reúne datos públicos generados por diversas agencias de la Ciudad de Nueva York y otras organizaciones de la ciudad, disponibles para uso público. Como parte de una iniciativa para mejorar la accesibilidad, la transparencia y la rendición de cuentas del gobierno de la ciudad, este catálogo ofrece acceso a un repositorio producido por el gobierno, de las bases de datos que pueden utilizarse mediante aplicaciones SIG.

Cualquier persona puede utilizar estos conjuntos para participar y mejorar los datos ofrecidos por el gobierno mediante la realización de investigaciones y análisis, o la creación de aplicaciones de datos, obteniendo con ello una mejor comprensión de los servicios prestados por las agencias de la ciudad y mejorar la vida de los ciudadanos y la forma en que el gobierno les sirve.

Los conjuntos de datos están disponibles en una variedad de formatos legibles por aplicaciones SIG y se actualizan cuando se disponga de nuevos datos. Los datos se presentan por categoría, por la agencia de la ciudad, o por otra organización de la ciudad.

Fuente: <http://www.nyc.gov/>

y las zonas B que no están inundadas y que es poco probable que lo estén en la línea de tiempo de esta investigación.

Previsión de futuro. Manhattan 2020 (fig. 69):
Zonificado en A, AE y VE (según tabla FEMA).

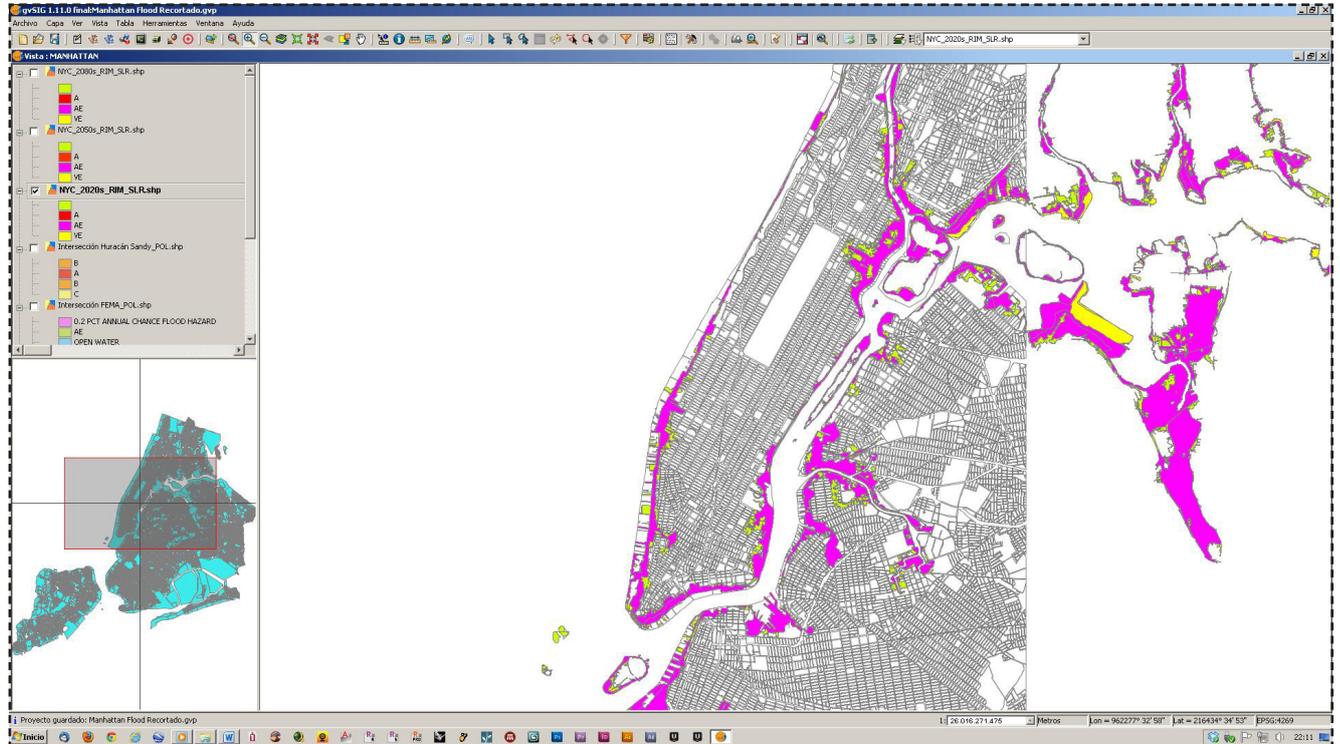


Fig.69: Escenario 1 para el año 2020

Previsión de futuro. Manhattan 2050 (fig. 70):
Zonificado en A, AE y VE (según tabla FEMA).

Fuente: Elaboración propia

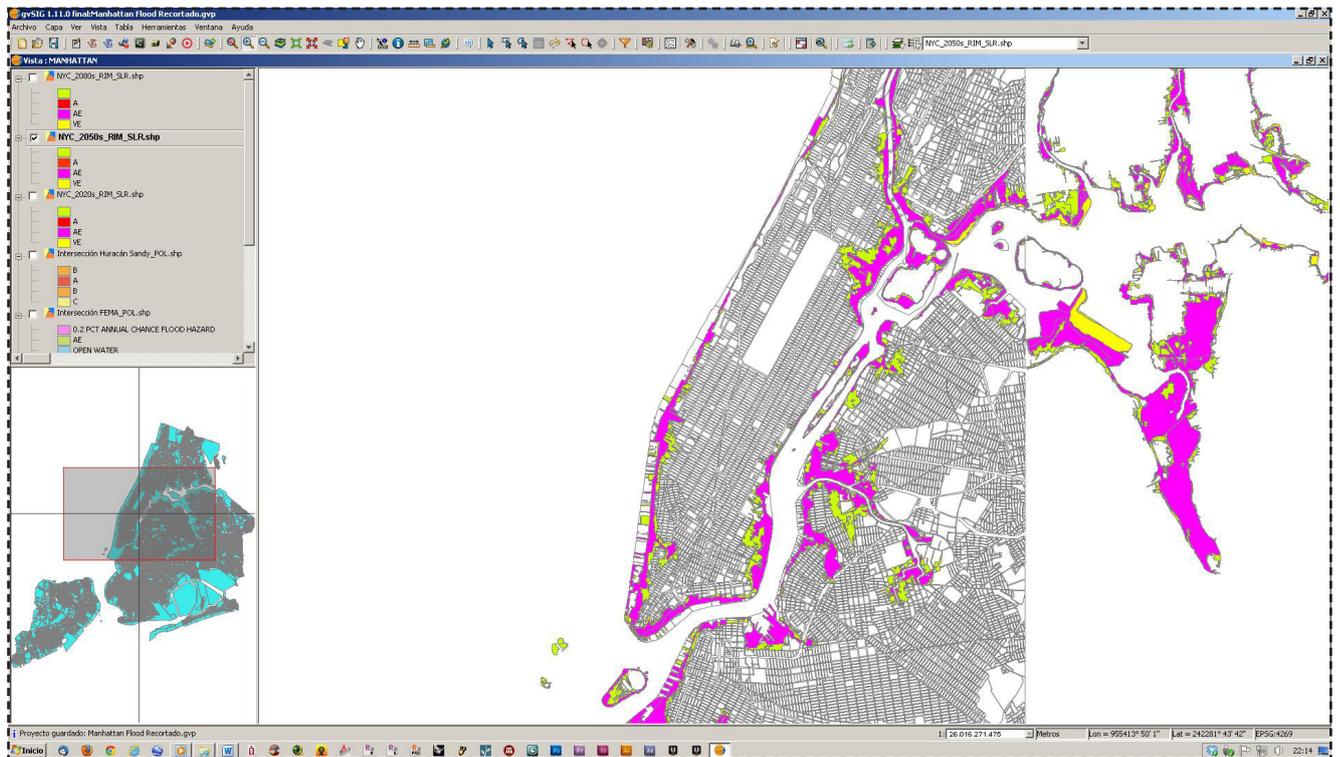


Fig.70: Escenario 1 para el año 2050

Fuente: Elaboración propia

Previsión de futuro. Manhattan 2080 (fig. 71):
Zonificado en A, AE y VE (según tabla FEMA).

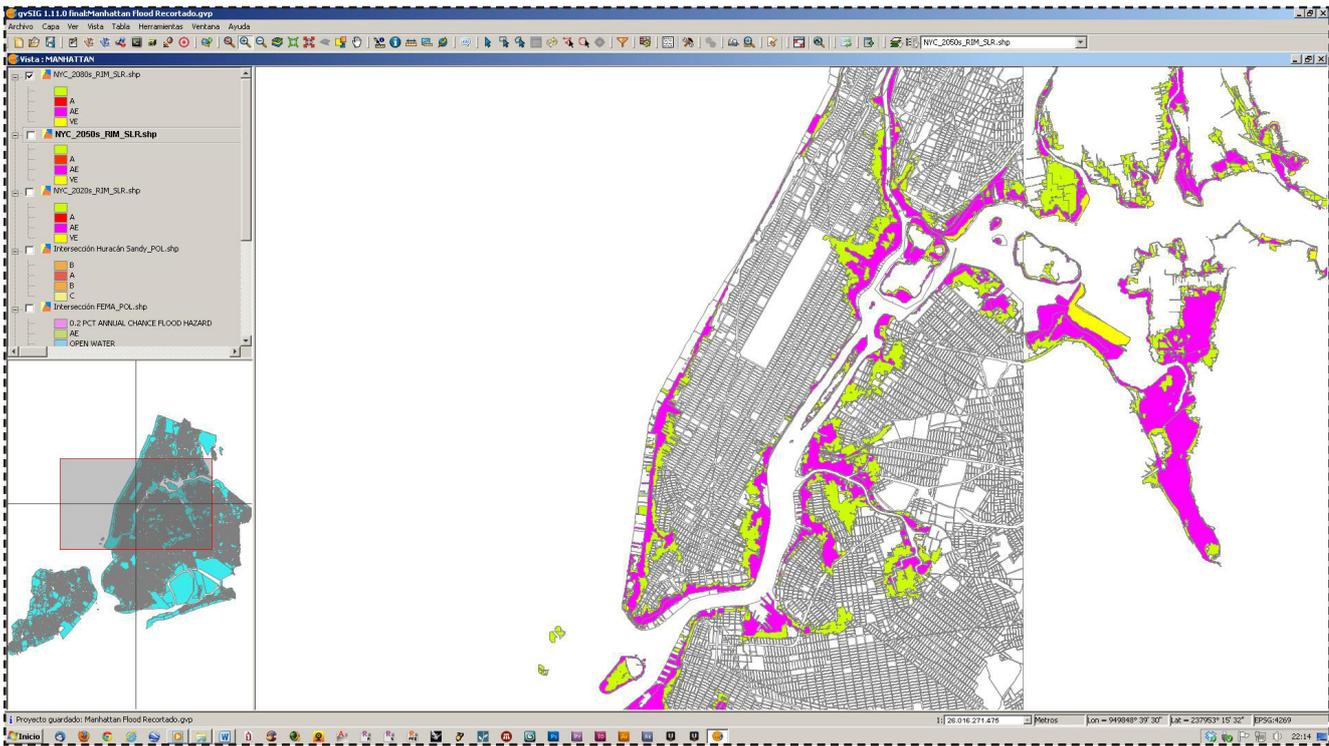


Fig.71: Escenario 1 para el año 2080

Fuente: Elaboración propia

Está claro que ante la previsión a largo plazo de un aumento paulatino del nivel del mar, es más agresivo un fenómeno aislado, por la violencia que implica en el momento que se desata y la extensión de daños colaterales que provoca.

Estos mapas de previsión permite tanto a los planificadores de planes de emergencia de las ciudades, como a los planificadores urbanos, una potente herramienta para determinar zonas de riesgo y en caso de establecer nuevos desarrollos urbanos, tener en cuenta la posibilidad real de inundación en dichas zonas y así poder seleccionar qué estrategias adoptar para mitigar un posible desastre.

3.3 Caso de estudio: La Manga del Mar Menor

A continuación se escoge como segundo caso de estudio La Manga del Mar Menor (fig. 72), un entorno marítimo localizado en la Región de Murcia repartido administrativamente entre los ayuntamientos de San Javier y Cartagena.



Fig.72: La Manga del Mar Menor, antes y después de la urbanización

Fuente: Elaboración propia

Desde el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente se está tratando de elaborar una serie de cartografías, más completa y ampliada que el PATRICOVA (perteneciente a la Comunidad Valenciana) muy similar a la estrategia llevada a cabo por la FEMA, en la producción de cartografías de zonas en peligro de inundación.

Para la búsqueda de datos correspondientes al Ministerio en España, se contactó con el Dr. Raúl Medina Santamaría(*), quien se interesó por la temática de este TFM y prestó su ayuda para la misma.

Medina, facilitó para la elaboración de este Trabajo Final de Máster, información a partir de unos enlaces web creados por su equipo, relativos a una serie de herramientas de acceso público del Ministerio y ubicadas en:

<http://www.c3e.ihcantabria.com/>

A partir de dichas herramientas se podrá obtener información de los datos sobre cambio climático mediante un visualizador que utiliza como modelo, la aplicación de *Google Earth*, y las *API's* (del

(*) El Dr. Raúl Medina Santamaría, Director General del Instituto de Hidráulica Ambiental IH Cantabria, Director del Grupo de Investigación de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (1996-2007) y Profesor Titular de Ingeniería Costera en la Universidad de Cantabria (1993), Doctor en Ingeniería Civil (Universidad de Cantabria).

Su investigación se centra en la gestión integrada de las zonas costeras y la planificación, el modelado costero, la morfodinámica de playas, la hidrodinámica de ondas, la interacción onda-estructura, etc. Ha publicado 14 capítulos de libros, más de 70 artículos en revistas científicas y más de 160 actas de conferencias sobre estos temas.

Ha sido el investigador principal en proyectos financiados por entidades españolas, de la Unión Europea, así como internacionales. También es Asesor Científico del Banco Interamericano de Desarrollo, Revisor INCO de la Unión Europea y de Proyectos MAST y ANEP, crítico de varias revistas nacionales e internacionales científicas, miembro de la Comisión Científica y de Doctorado de la Universidad de Cantabria.

inglés *Application Programming Interface*) de *Google* para la visualización de datos sobre su plataforma de mapas. Por tanto se trataría de un visor nacional donde podemos ver las consecuencias que acarrearía un aumento del nivel del mar.

Y este otro enlace:

<http://www.c3sim.ihcantabria.com/>

(*)Datos a cerca de la herramienta digital:

Visor de Cambio Climático en la Costa Española (C3E)

Fechas: 2009-2012.

Cliente: Oficina Española de Cambio Climático (MAGRAMA)

Trabajo realizado: Análisis de la variabilidad y el cambio climático presente y futuro en la dinámicas que gobiernan en la zona costera en España, así como el impacto, exposición y vulnerabilidad derivado en todo el litoral español.

Los resultados de este proyecto se presentan integrados en un visor GIS (www.c3e.ihcantabria.com) y de un simulador de impactos costeros derivados del cambio climático denominado C3sim (www.c3sim.ihcantabria.com)

Proyecto financiado por la Secretaría de Estado de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (nº de referencia 200800050084091)

en el que encontraremos información relativa a los métodos y formulación utilizados para cada una de las hipótesis que se han valorado para la elaboración del visor.

Este visor(*) (fig. 73), consiste en un simulador de los efectos de cambio climático en el mar y sus consecuencias sobre los territorios que quedarían afectados, con toda la información relativa a la formulación matemática utilizada.

El sistema costero aglutina un subsistema natural y un subsistema socio-económico, que pueden estar amenazados por afecciones externas marinas y terrestres. Se trata de un sistema altamente dinámico, que varía en el espacio-tiempo y de muy alta fragilidad, siendo muy sensible al cambio climático.

En el simulador, podemos consultar datos



Fig.73: Visor - Simulador C3E

Fuente: <http://www.c3e.ihcantabria.com/>

relativos a los tipos de peligrosidad (dinámica marina, dinámica costera e impacto), exposición,

vulnerabilidad y consecuencias (fig. 74) de todo el litoral del territorio español, con proyecciones en escenarios de inundación diferentes, relativos a los periodos 2010/2039, 2040/2069 y 2070/2100.

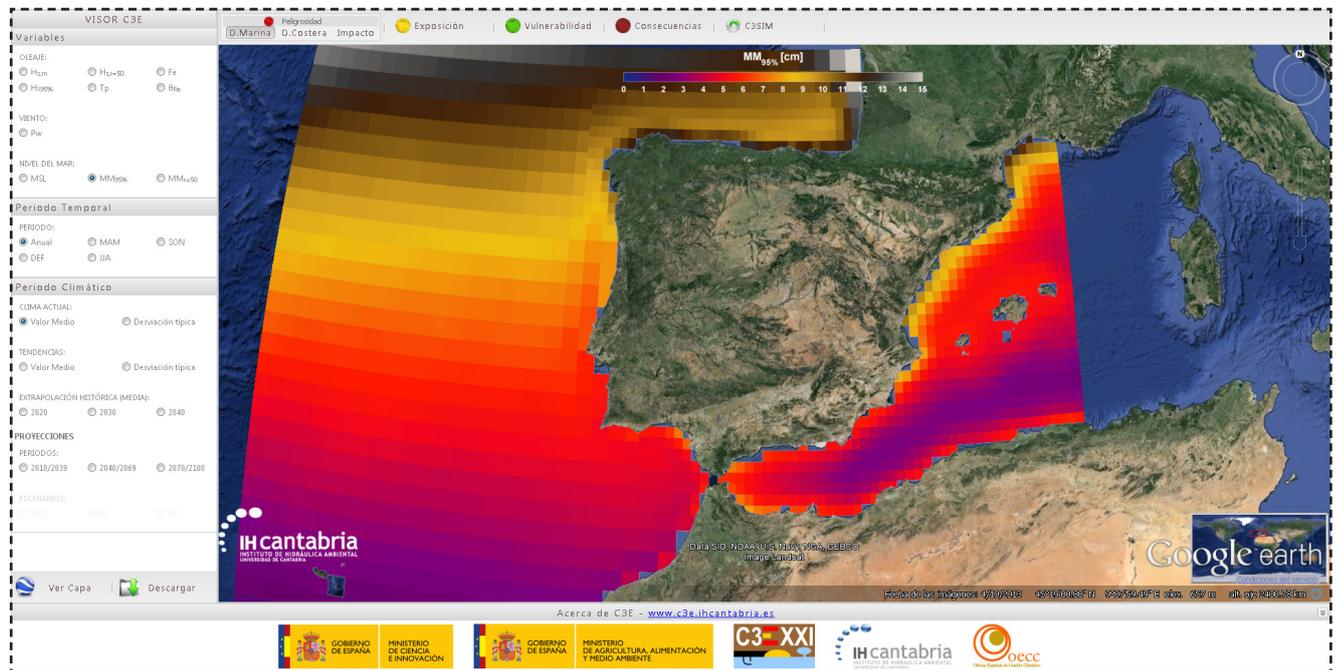


Fig.74: Visor - Simulador C3E. Cambios en las Mareas Meteorológicas

Fuente: <http://www.c3e.ihcantabria.com/>

Si consultamos la información que se puede descargar sobre el cuadrante en el que se engloba a la zona del Mar Menor, se pueden obtener datos de las consecuencias para la población de un aumento del nivel del mar. (fig. 75)

Cambio Climático en la Costa Española												
Consecuencias de Inundación												
Cota	POBLACIÓN [miles de habitantes]	SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España)									VANE (Valoración de los Activos Naturales de España) [M€/año]	
		ECOSISTEMAS [Km²]	VEGETACIÓN [Km²]	ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS [Km²]	CULTIVOS [Km²]	TURISMO [Km²]	ENERGÍA [Km²]	INDUSTRIA [Km²]	INFRAESTRUCTURAS [Km²]	URBANO [Km²]		DOTACIONES [Km²]
+1m	12,41	0,24	0,46	1,73	1,05	0,00	0,03	0,00	0,00	0,12	0,39	0,48
+2m	36,27	0,62	1,31	4,63	3,48	0,01	0,20	0,04	0,00	0,52	1,27	1,94
+3m	52,56	0,97	2,28	5,49	5,11	0,02	0,58	0,17	0,00	1,24	3,02	3,16
+4m	66,47	1,15	3,18	5,66	6,24	0,05	0,87	0,35	0,00	1,82	5,34	4,06
+5m	82,63	1,20	4,21	5,76	8,24	0,19	1,02	0,61	0,08	2,14	7,39	4,82
+6m	98,45	1,21	4,81	5,82	10,39	0,47	1,10	0,74	0,13	2,36	9,76	5,34
+7m	112,70	1,23	5,34	5,87	12,50	0,85	1,19	0,81	0,17	2,62	11,78	5,72
+8m	130,65	1,25	5,77	5,92	15,49	0,95	1,41	0,87	0,21	3,08	14,02	6,11
+9m	147,62	1,27	5,97	5,95	19,07	1,23	1,61	0,96	0,23	3,29	15,78	6,48
+10m	164,62	1,29	6,14	5,99	23,14	1,48	1,71	1,06	0,24	3,51	17,25	6,80

Fig.75: Tabla de datos de las consecuencias de una inundación

Fuente: <http://www.c3e.ihcantabria.com/>

Tras esta revisión por el principal visor que se está desarrollando en España sobre todo el litoral, se puede concluir que es una herramienta esencial para los planificadores del territorio y que las cartografías relativas a las zonas inundables que se esperan para finales de 2013, deberían incorporar los resultados de estos análisis.

Estos mapas deben entenderse como modelos basados en datos medidos en la realidad y que su exactitud irá acorde con el uso de tecnologías y aparatos más precisos. En tanto en cuanto las tec-

nologías de medición y teledetección avancen en su precisión, podremos tener una visión digital del mundo que nos rodea más elaborada y real, con la que poder ensayar nuevas variables y obtener previsiones antes de ejecutar cualquier acción sobre el territorio.

Las acciones sostenibles que puedan derivarse de este tipo de análisis, serán reforzadas gracias a esta nueva generación de herramientas digitales que tratan de volcar más y más datos sobre nuestro entorno y cada vez con mayor precisión.

A continuación, en el siguiente apartado se buscará la manera de crear un visor propio de inundaciones a partir de las herramientas que disponemos en la red y las aplicaciones informáticas que pueden ayudarnos como arquitectos a visualizar en tiempo real nuevas actuaciones sobre el territorio.

3.3.1 Generación de un simulador de variación de nivel de agua aplicado al territorio

Para la realización de este visor de inundaciones, se hace uso del proyecto NATMUR-08⁴¹(*), donde a través de éste, la Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad ha contribuido a aumentar la disponibilidad de ortoimágenes actualizadas y superar importantes déficits acumulados durante los últimos años en esta materia. NATMUR-08 ha sido íntegramente financiado con fondos propios de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, y su desarrollo fue realizado entre junio de 2008 y enero de 2009.

La información del proyecto NATMUR-08 (fig.76) es propiedad de la Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad de la Región de Murcia y se distribuye bajo licencia *creative commons* que como se explicó anteriormente en el presente documento, permite su uso y difusión bajo las condiciones determinadas por el tipo de licencia utilizada.

La metodología aplicada para el análisis de zonas inundables por aumento del nivel del mar en la zona de La Manga del Mar Menor, consiste en un primer vaciado de toda la documentación referida a archivos LIDAR, que se encuentran alojados en un FTP abierto, donde podemos descargar una a una las diferentes cuadrículas de datos, para poder así obtener el conjunto de nube de puntos necesario para poder reconstruir el modelo digital del terreno y de los objetos que se apoyan en él.

Se obtiene la hoja de referencia para los cuadran-



Fig.76 : NATMUR-08

Fuente: <http://www.murcianatural.carm.es/natmur08/>

(*) El proyecto Natmur-08 surge con la intención de cubrir la acuciante necesidad de disponer ortoimágenes actualizadas para la gestión medioambiental que, en la Región de Murcia, hasta ya iniciado 2008 seguía deteniéndose en el ortomosaico Quickbird 2003 (producido por la Dirección General del Medio Natural).

El proyecto ha sido licitado por la Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio, y adjudicado por concurso en un importe total de 298.584 € (IVA incluido) a la empresa STEREOCARTO S.A. La contratación efectiva e inicio de los trabajos tuvo lugar en Junio de 2008, y cuenta con un periodo previsto de ejecución de siete meses.

La ejecución del proyecto cuenta, además, con un control de calidad externo a cargo de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Con el fin de buscar la máxima homogeneidad, complementariedad y aplicabilidad de sus productos, el proyecto ha sido definido técnicamente siguiendo el modelo que con carácter general ha establecido el Plan Nacional de Fotografía Aérea para las ortoimágenes digitales de 0,5 m., si bien se han adoptado algunas mejoras adicionales, y se ha realizado en un año sin cobertura PNOA en la Región de Murcia.

El proyecto consiste en la realización de un vuelo fotogramétrico digital con sensores Pancromático (GSD medio de 0,4 m.) y multiespectral (bandas R,G,B,Nir), y un levantamiento LIDAR, sobre una superficie total de 12.870 Km². El sistema de referencia básico de todo el proyecto es ETRS89, apoyado en la Red REGENTE a través de las estaciones permanentes GNSS Meristum.

Finalmente, los modelos digitales del terreno no se generan por correlación automática de fotogramas, sino a partir del procesamiento de los datos del sensor LIDAR, lo que les dota de mayor precisión y resolución.

41 <http://www.murcianatural.carm.es/natmur08/>

tes sobre los cuales existe información LIDAR, realizando un vaciado de 145 archivos (fig. 77) que formarían parte de aquellos territorios cercanos a la costa (las cuadrículas que se han sombreado en color amarillo) y sus núcleos de población más próximos, del total de 1,604 archivos LIDAR que hay ahora mismo disponibles.

Tras el vaciado de la información de las zonas pertenecientes al litoral de la Región de Murcia, tenemos que algunas de ellas, en concreto las de referencia:

1274 - 1275 - 1278 - 1280 - 1282 - 1316 - 1317 - 1318 - 1319 - 1324 - 1360 - 1361

carecen de información (las que aparecen coloreadas en negro sobre la figura 77).

Para la elaboración de este visor se ha escogido una de las coloreadas en amarillo, perteneciente a la zona de La Manga del Mar Menor.

Metodología

Una vez obtenidos los archivos LIDAR, se seleccionan aquellos con los que queramos empezar a trabajar.

Los archivos LIDAR, como se explicó anteriormente, componen un conjunto de *datasets* que organizan en el espacio tridimensional una serie de puntos masivos, a lo que se denomina como nube de puntos, que puede tratarse con diferentes aplicaciones informáticas para la obtención de las mallas tridimensionales de superficie que una dichos puntos.

El *software* que se utilizará para la elaboración de este visor es *Rhinoceros 3D*⁴² (en adelante Rhino) con la ayuda de una serie de *plugins*⁴³ instalados en Rhino, como *Grasshopper*^{TM44} y su

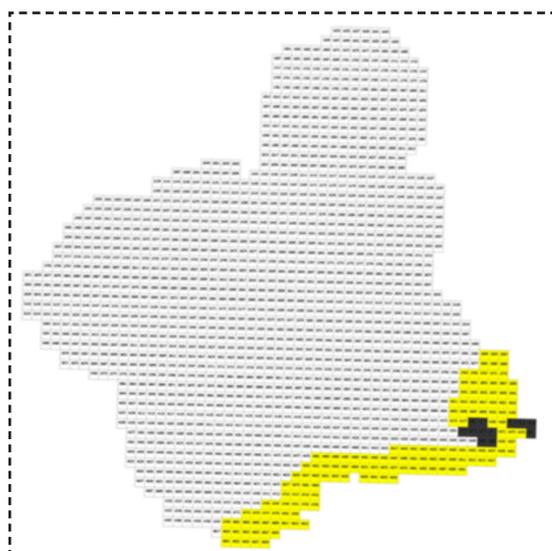


Fig.77: Hojas de acceso a los cuadrantes de archivos LIDAR

Fuente:

ftp://meristemum.carm.es/Natmur08/5.MDE/5.8%20NatMur08_MDE_las/

Los archivos marcados en amarillo, son los cuadrante de información LIDAR descargados para poder realizar modelizaciones digitales del terreno.

Los que aparecen marcados en negro, es porque en la base de datos consultada no aparecen para descargar, aunque sí tienen una numeración específica al cuadrante que corresponde.

En concreto se trata de los archivos número:

1274 - 1275 - 1278 - 1280 - 1282 - 1316 - 1317 - 1318 - 1319 - 1324 - 1360 y 1361

⁴² *Rhinoceros 3D* es una herramienta de software para el modelado en tres dimensiones basado en NURBS, creado por Robert McNeel & Associates.

⁴³ Un *plugin* es un módulo de hardware o software que añade una característica o un servicio específico a un sistema más grande

⁴⁴ El *plugin Grasshopper* es un lenguaje de programación visual desarrollado

conexión a través de programación con las API's de Google, para el visualizado a tiempo real de los entornos y elementos tridimensionales que generemos en Rhino.

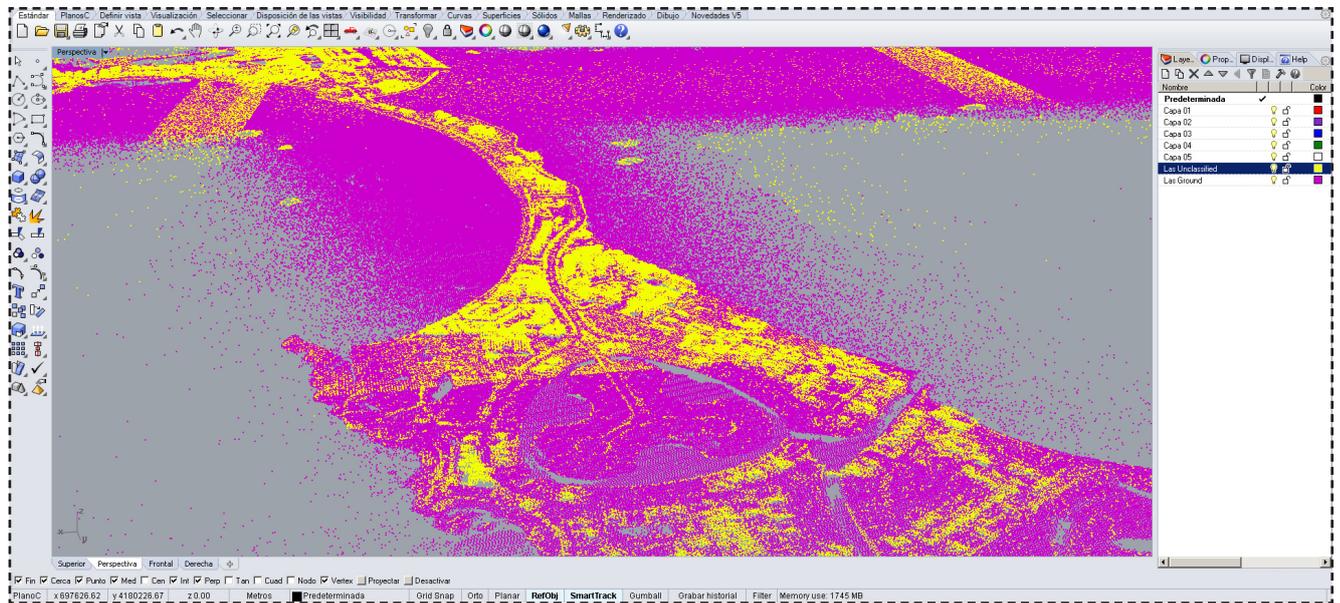


Fig.78: Nube de puntos LIDAR, correspondiente a la hoja n° 1112 - 1113 que recoge una de las zonas de La Manga del Mar Menor

Fuente: Elaboración propia

El primer paso tras la descarga de los archivos que queremos utilizar como nube de puntos (fig.78), es transformar esa nube de puntos en una entidad tridimensional a modo de superficie que contenga dichos puntos de la manera más exacta posible.

Para ello cargamos la nube de puntos y la convertimos en una superficie mallada, a base de triangulaciones entre los puntos.

Para realizar esta acción cargamos el *plugin Grasshopper* y, dentro de las opciones de mallado por triangulación, utilizamos el método de *Delaunay*⁴⁵(fig. 79) para unir la nube de puntos mediante triangulación de barras que irán formando superficies. Estas superficies intentan ser las mínimas posibles mediante un método de triangulación que se aproxima al máximo a la forma real.

Pese a que la exactitud del modelo difiere en

por David Rutten y Robert McNeel & Associates, que se ejecuta dentro de *Rhino*.
⁴⁵ Una triangulación de Delaunay, es una red de triángulos que cumple la condición que la circunferencia circunscrita de cada triángulo de la red no debe contener ningún vértice de otro triángulo. Se usan triangulaciones de Delaunay en geometría por ordenador, especialmente en gráficos 3D por computadora.

Se le denomina así por el matemático ruso Boris Nikolaevich Delone (1890 - 1980) quien lo postuló en 1934.

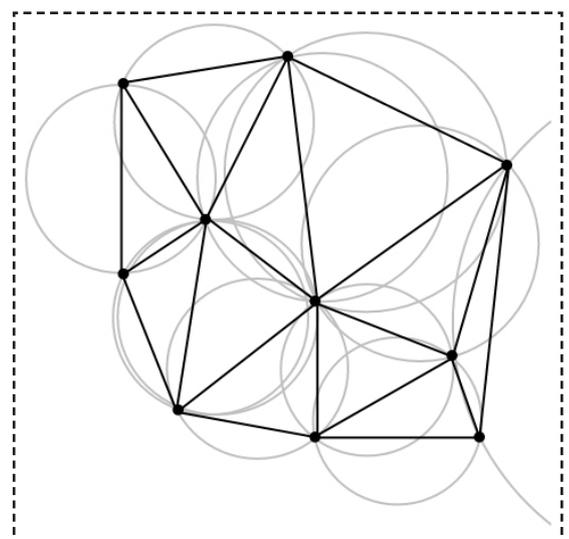


Fig.79: Triangulación de Delaunay

Fuente: Elaboración propia

mayor o menor medida de la realidad, está claro que este método tendrá que tener en cuenta la fuente de datos de nube de puntos que estamos utilizando, ya que cuanto más precisión en la medición de alturas y objetos tenga ésta, más precisión obtendremos en la malla que una dichos puntos, aspecto esencial para tratar con zonas sensibles a pequeñas variaciones en el nivel del agua.

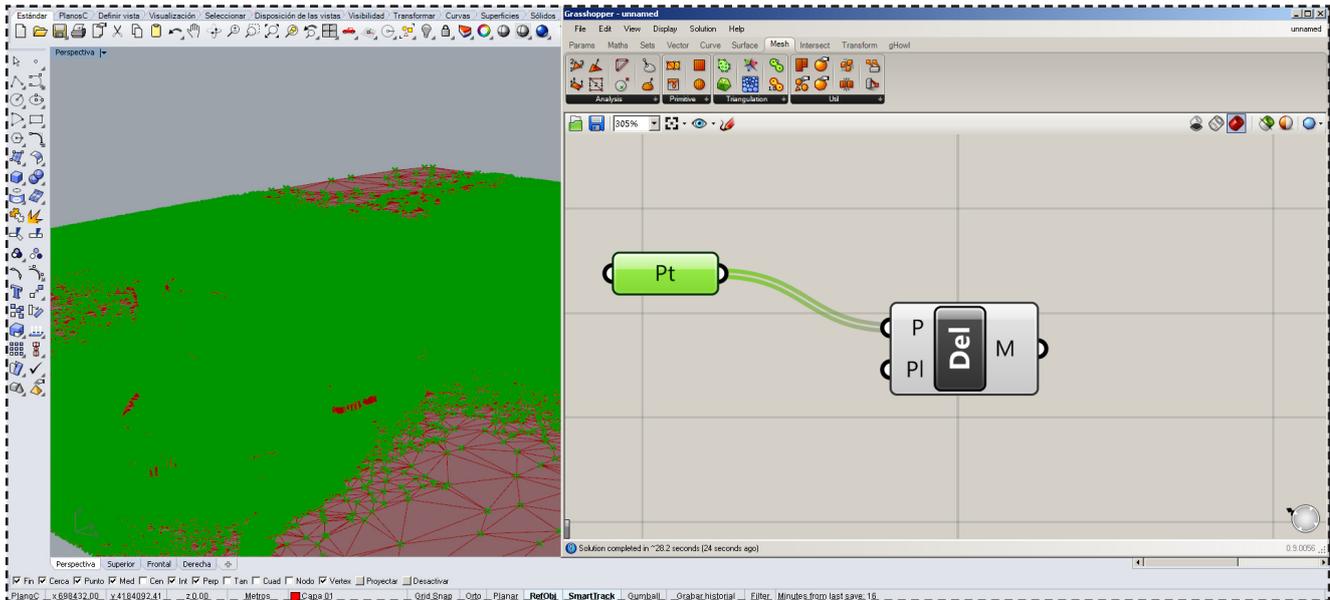


Fig.80: Grasshopper, utilidad de mallado triangular por el método de Delaunay

Fuente: Elaboración propia

Si aplicamos el mallado sobre la nube de puntos, obtendremos la superficie triangulada (fig. 80) resultado de la unión de dichos puntos; cuantos más puntos tengamos, más exacto será el modelo.

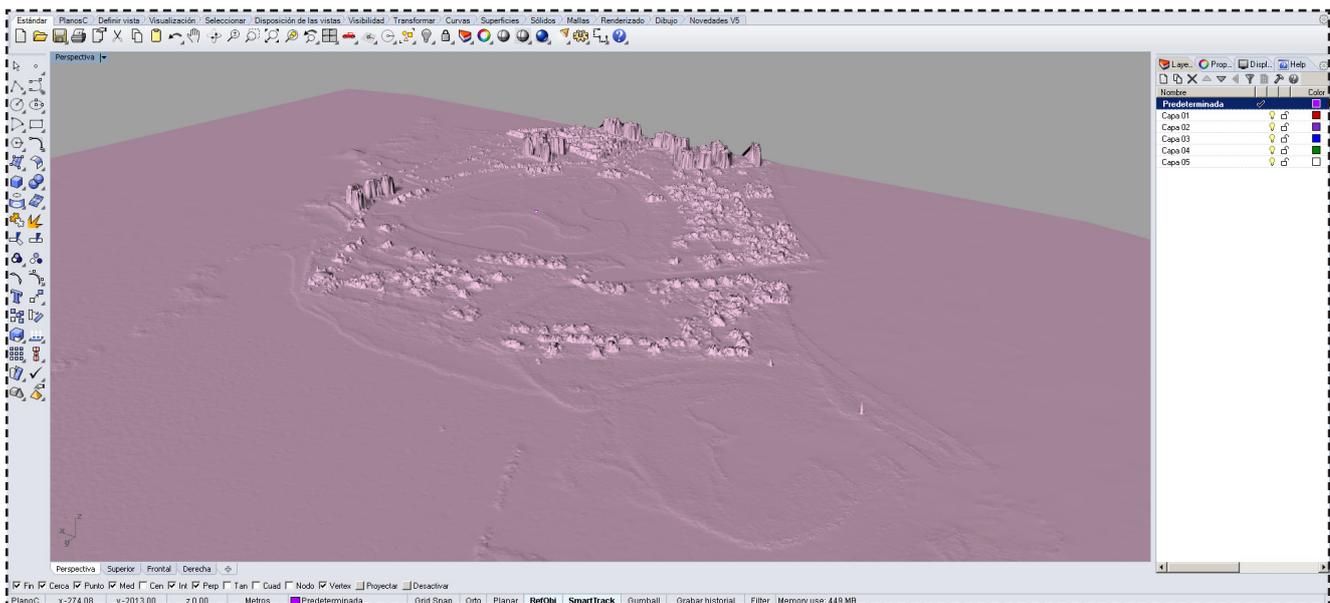


Fig.81: Modelo digital del terreno.

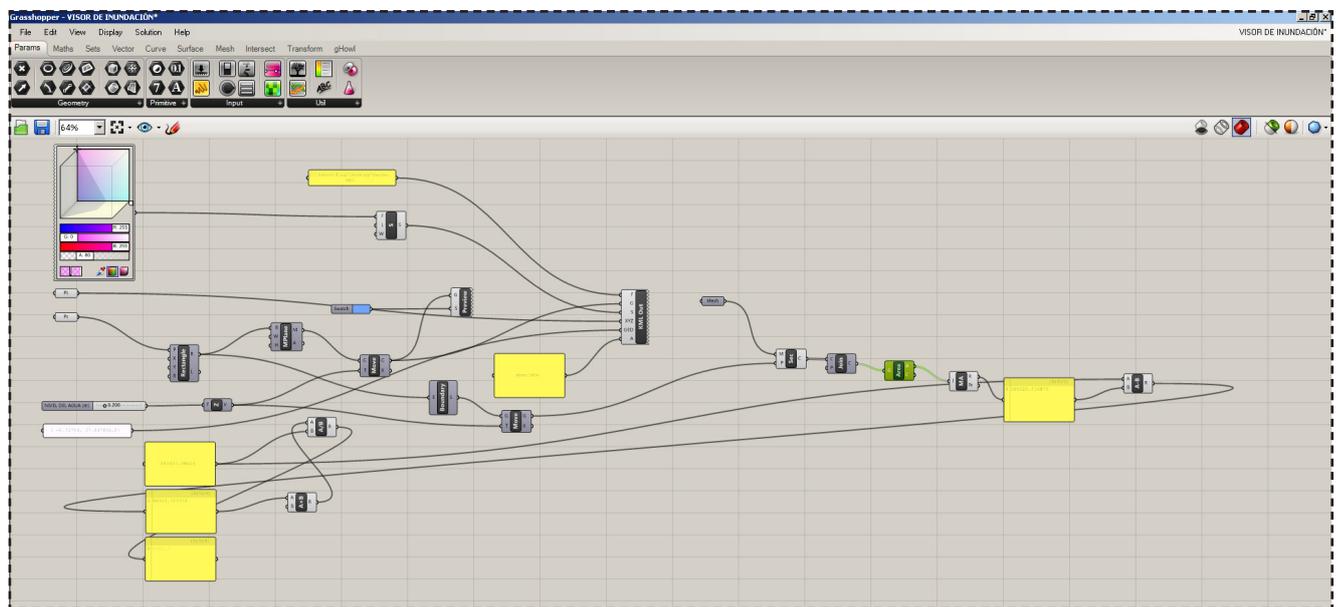
Fuente: Elaboración propia

El resultado que obtendremos es un modelo digital del terreno (fig. 81), con una serie de superficies elevadas que tienen que ver con las medicio-

nes de los edificios y masas de árboles, vegetación o elementos urbanos, sobre los que se han realizado mediciones de altura y por tanto están incluidos dentro de la nube.

El siguiente paso es la generación propia del visor y su conexión a *Google*, utilizando una de las *API's* de *Google Earth*, mediante un pequeño *plugin* llamado *gHowl*⁴⁶ que contiene una de sus pilas(*) programadas la función de poder transformar los datos y geometrías que le indiquemos en formato *“.Kml”*⁴⁷ para poder añadirlo como capa de trabajo a *Google Earth* y transformarlo en un visor de inundaciones en 3D.

(*)Las pilas, como se nombrarán en este trabajo, se refieren a las cajas de *Grasshopper*, que contienen código de programación y que permiten la entrada y salida de datos, mediante la unión entre ellas a través de conectores por donde viajan los datos que introducimos o que tomamos de los resultados que ofrecen tras aplicar la programación que contienen.



El código en *Grasshopper* generado (fig. 82) contiene una pila *gHowl* para poder transformar los datos y geometrías a un formato de lectura apropiado para *Google Earth*, al mismo tiempo que contiene el código necesario para hacer uso de las *API's* de *Google* que conectan *Rhinoceros+Grasshopper* con *Google Earth*, construyendo así un visor 3D.

Fig.82: Código en *Grasshopper* *Visor de inundaciones*

Fuente: Elaboración propia

.....
46 *gHowl* es un conjunto de componentes que amplían la capacidad de *Grasshopper* para comunicarse e intercambiar información con otras aplicaciones y dispositivos físicos. Fue desarrollado por Giulio Piacentino, Damien Alomar y Luis E. Graguada. El código de programación se puede encontrar en la siguiente dirección web:

<https://github.com/gHowl/gHowlComponents/tree/master/gHowl/gHowl>

47 KML (del acrónimo en inglés Keyhole Markup Language) es un *lenguaje de marcado* basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Fue desarrollado para ser manejado con Keyhole LT, precursor de *Google Earth* (*Google* adquirió Keyhole LT en octubre de 2004 tras lanzar su versión LT 2)

El código se explica de la siguiente manera:

Para el plano horizontal, que simulará el modelo del agua, una pila con deslizador para ir variando los diferentes movimientos que realizaremos con el plano del agua en su eje Z, un punto desde el cual dicho plano de agua se generará como un rectángulo con centro en las coordenadas que le indiquemos, teniendo en cuenta que las coordenadas deben estar en formato de longitud, latitud y altitud, en este orden.

Por otra parte necesitaremos incorporar la geometría mallada anterior, es decir, el modelo digital del terreno obtenido por la nube de puntos y la aplicación de *Delauanay*, para poder realizar cálculos en tiempo real de las superficies de afectación de la inundación.

En *Grasshopper*, se generan una serie de pilas que permitan seccionar la superficie mallada a través de los puntos de corte que vaya realizando el plano de agua al elevarse en su eje Z y obtener así curvas cerradas de corte de sección [plano de agua-modelo digital del terreno] cuya superficie se calcula automáticamente, simulando obtener cualitativa y cuantitativamente la superficie de terreno inundado, su porcentaje respecto al total y su visualización en tiempo real a través de la plataforma *Google Earth*.

Para la parte del visor en *Google*, necesitaremos la pila programada (fig. 83) de *gHowl* contiene la siguiente información implementada:

a.- En el conector "F" indicaremos mediante texto donde queremos guardar el archivo KML para su posterior lectura a través de Google Earth.

b.- En el conector "G" conectaremos la geometría que queremos exportar a Google Earth (En este caso, lo que queremos es un plano de agua que irá moviéndose en su eje Z creando el efecto de inundación al cortar la topografía)

c.- En "S" podemos darle un *estilo* de color y transparencia a la geometría exportada, de manera que podemos crear un plano de agua más o menos transparente.

d.- En "XYZ" indicaremos cuál es el punto de

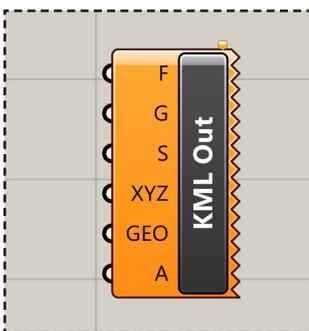


Fig.83: Pila KML out de *gHowl*

Fuente: Elaboración propia

origen de esta geometría en nuestro modelo de Rhino.

e.- En “GEO” las Coordenadas Georreferenciadas de Longitud, Latitud y Altitud (las sacaremos directamente de Google Earth)

f.- En la última posible conexión, se permite seleccionar la manera de incorporar la altitud de dicha geometría al modelo topográfico de Google Earth (En Modo Absoluto, Pegado al Terreno o Relativo al Terreno), normalmente utilizaremos en Modo Absoluto.

Una vez hecho esto, la pila “KML out” guardará automáticamente un archivo .kml en la ubicación que le hallamos dicho, que contendrá la información del plano de agua y su posicionamiento georreferenciado.

En Google Earth, iremos a la pestaña “Añadir” / Enlace de Red / Examinar y le indicamos la ruta del archivo .kml que hemos exportado con *Grasshopper*. Este archivo contiene toda la información que vayamos introduciendo en *Grasshopper* y podremos ver en tiempo real dicha información en 3D, dentro del visor de *Google*.

Al mismo tiempo, podemos cargar la malla topográfica en Rhino y referenciarla al mismo punto que hayamos tomado como referencia geográfica de longitud, latitud y altitud, para que las mediciones que obtengamos sobre el modelo tridimensional sean las mismas que podemos ver en el visor de *Google*.

Los datos que se obtienen son:

- Nivel del agua
- Superficie Total de la porción de terreno LIDAR descargada
- Superficie Inundada
- Porcentaje de terreno inundado

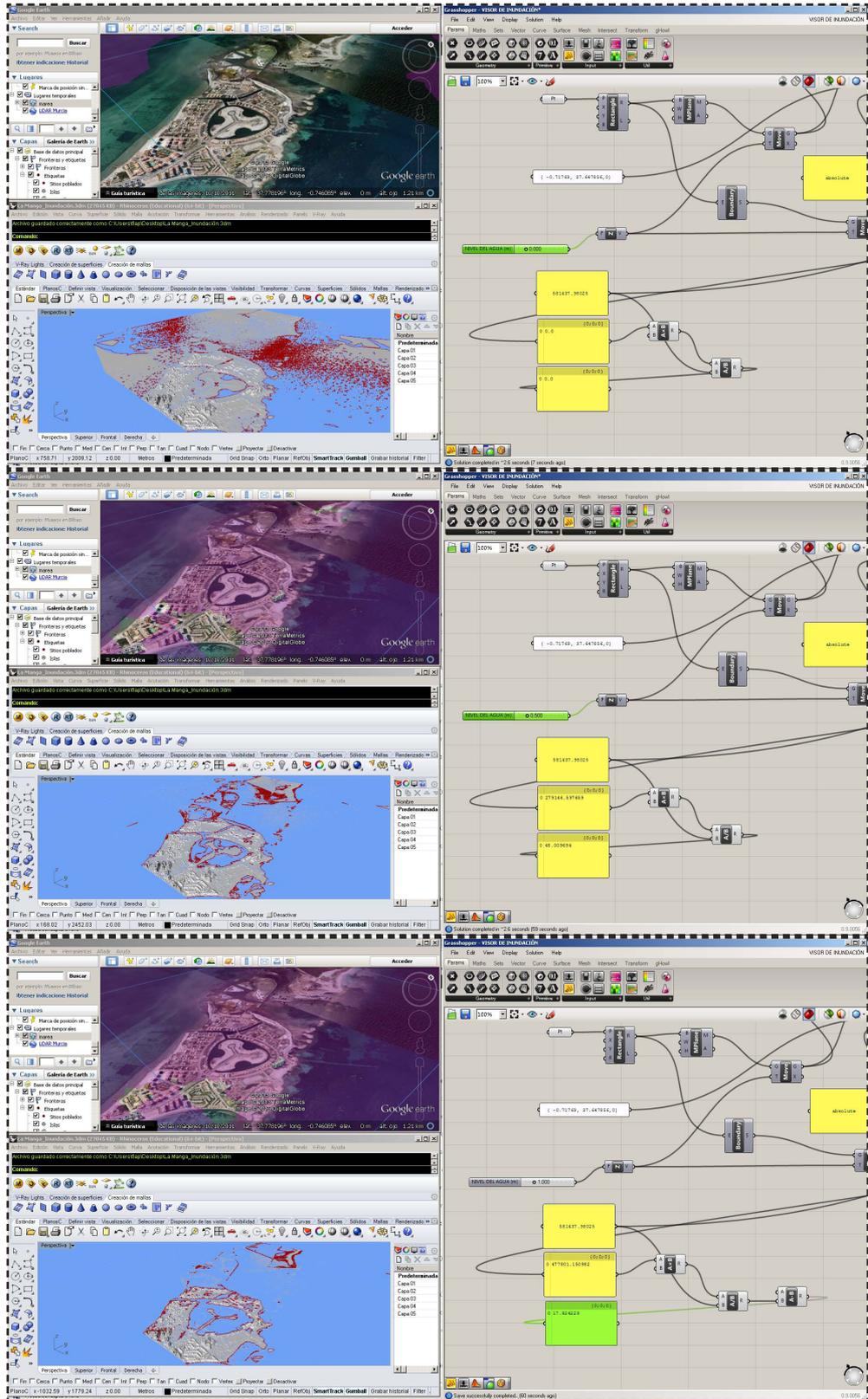
Si además incluimos información relativa a los usos del suelo, número de habitantes, superficie edificada, zonas verdes, etc... seríamos capaces de medir cuál sería el daño causado por un aumento

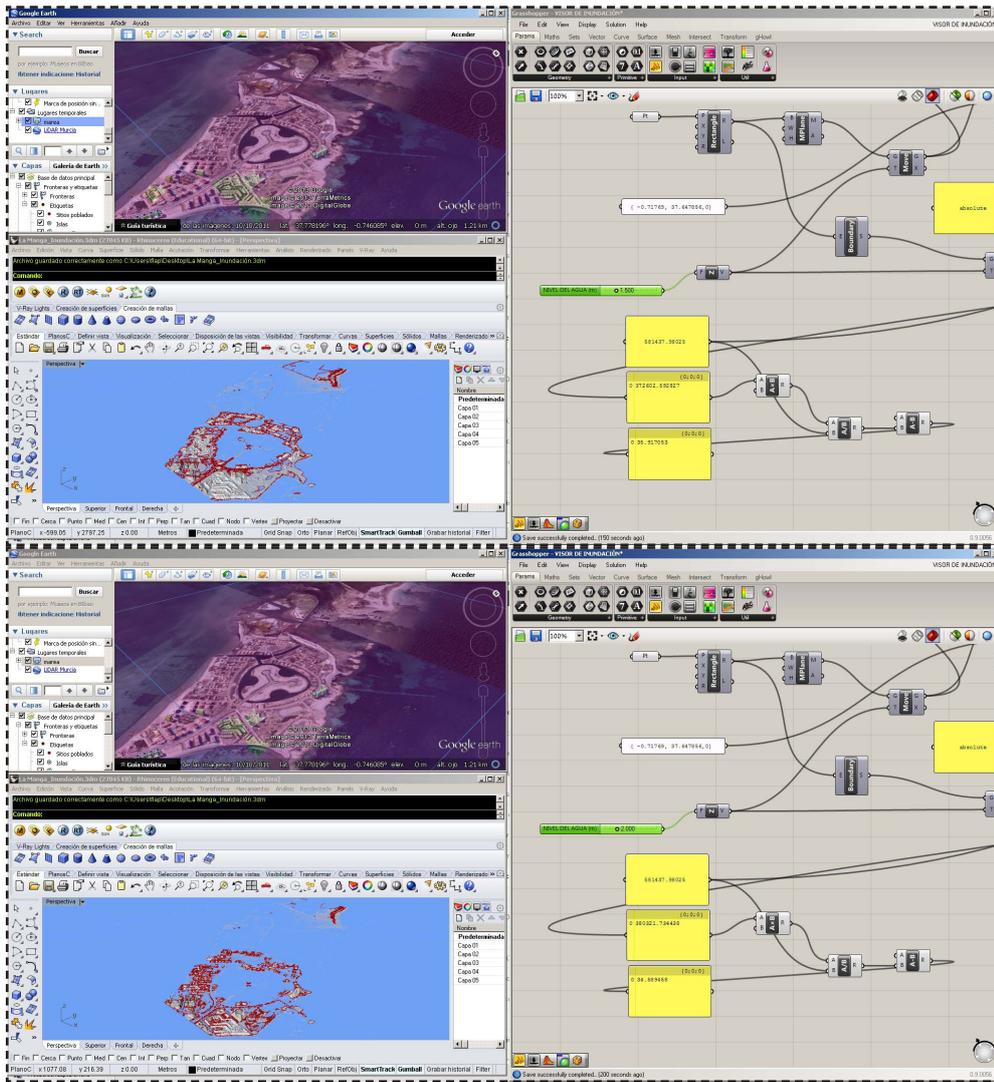
(*) Como posible línea de futuro vendría tratar de incorporar al visor y al programa 3D, archivos de SIG en formato vectorial como *shapes* y bases de datos obtenidas de los servidores de información geográfica, para por ejemplo poder conectar los datos del SIOSE (Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo) para poder calcular los usos del suelo afectados de manera automática.

La incorporación de modelos diseñados para la adaptación de los entornos inundables, podrían tener en cuenta de este modo, los diferentes datos del SIOSE y poder adaptar su forma o estructura a los mismos, en base a las predicciones de inundación visibles a través de los modelos generados por ordenador.

relativamente pequeño del nivel del agua y las zonas anegadas. (*)

A continuación unas imágenes del resultado utilizando Google Earth, Rhinoceros y Grasshopper con datos LIDAR de la zona de La Manga (Murcia) simulando el aumento del nivel del agua desde 0.5a 1.50 m (figs. 84-85-86-87-88):





Figs.84-85-86-87-88: Imágenes del proceso de inundación en *Google Earth* a través de *Rhinoceros+Grasshopper*.

Este método combina las ventajas de optimización de recursos de dos plataformas digitales:

Fuente: Elaboración propia

Por un lado tenemos la potencia de visualización de mapas y objetos 3d sencillos texturizados de los edificios de *Google Earth* y por otro la potencia de cálculo de *Grasshopper* para la obtención de datos relativos al modelo digital de terreno, que como se habló anteriormente, cuanto más número de puntos LIDAR y más precisos tengamos, más se acercará el modelo a la realidad.

4. Estrategias arquitectónicas para la adaptación de territorios y ciudades inundables

“...lo que casi nadie comprende de la arquitectura es que ésta es una mezcla paradójica entre poder e impotencia. Por eso resulta tan importante diferenciar entre las motivaciones que nos vienen impuestas desde el exterior y las nuestras propias”.

Rem Koolhaas⁴⁸

La historia de la arquitectura nos brinda el estudio de toda una serie de proyectos y estrategias arquitectónicas que quedaron relegadas con el paso del tiempo. Una amalgama de estrategias arquitectónicas capaz de construir una definición híbrida entre *arquitectura*, *paisaje* e *infraestructura*, que consiga adaptar nuestras ciudades y nuestros entornos en contraposición a lo que en términos de guerra⁴⁹ podríamos definir como retirada, defensa o ataque.

El arte de la Guerra (fig.89), escrito originalmente por Sun Tzu (Sunzi), nos desvela una filosofía aplicada a la naturaleza humana en los momentos de confrontación, que enseña soluciones ante situaciones de conflicto. Aplicado al mundo arquitectónico, cabría distinguir primero quienes son los “enemigos de la arquitectura” y luego elegir bien qué tipo de estrategia se debe utilizar para cada caso.

La cita de Rem Koolhaas al principio de este capítulo, se refería a que poder e impotencia están

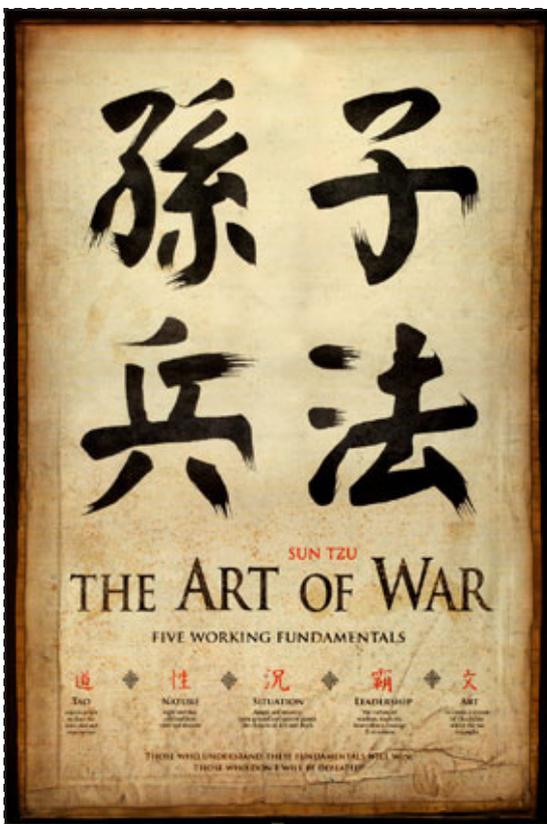


Fig.89: Portada del libro *El arte de la guerra*

Fuente: google images

48 ZAERA, A. (1995) *Finding Freedom: Conversations with Rem Koolhaas*. Entrevista de Alejandro Zaera a Rem Koolhaas. *EL CROQUIS: OMA/Rem Koolhaas 1987-1992*. Editorial El Croquis, Madrid.

49 GALVANY, A. (2012) *Sunzi. El arte de la guerra*. Traducción directa del chino antiguo. Editorial Trotta, Madrid

presentes en la arquitectura y su ejercicio profesional. Esta batalla entre *poder* (de las políticas y normas aplicadas a la arquitectura, o de las barreras mentales autoimpuestas a lo largo del tiempo) e *impotencia* (de aquellos que tratan de plantear nuevos horizontes a la hora de imaginar y plantear escenarios de futuro y quedan constreñidos por las políticas, o que a pesar de su desarrollo técnico en las propuestas, existe una impotencia económica o tecnológica) se traslada al campo de la adaptabilidad de nuestras ciudades y territorios, a la hora de trabajar sobre nuevos escenarios vinculados con el agua.

Las estrategias de diseño para la adaptación de nuestras ciudades y los territorios donde habitamos, a la hora de responder a los resultados del cambio climático que se están sucediendo, pasan sobre todo por la defensa del territorio urbanizado, anteponiendo barreras a modo de grandes infraestructuras ingenieriles que son capaces de absorber el impacto de las olas en momentos de fuertes tormentas y según la altura construida de las mismas, tratar de minimizar la entrada de agua a las ciudades por un aumento del nivel del mar.

Estas operaciones traen consigo un coste económico y ecológico de gran impacto(*), además del mantenimiento y la garantía de duración en el tiempo. Este tipo de obras requieren hoy una ampliación para tratar de asegurar la supervivencia de las mismas y de las acciones de defensa implícitas; es el caso de la Barrera del Támesis (fig. 90).

Es pertinente una relectura y recuperación de proyectos y/o estrategias arquitectónicas que tengan que ver con la generación de nuevos entornos adaptados a la nueva situación de litoral inundado en la que previsiblemente nos encontraremos con el paso del tiempo.

A medida que pasa el tiempo han ido aumentando las políticas de defensa mediante sistemas de barrera anti-inundación, tratando de luchar contra el medio natural, algo que a través de la historia se ha demostrado que poco o nada podemos hacer para evitar los desastres naturales que ocurren cuando la “madre naturaleza” se violenta.

Estas acciones, estrategias, ideas y nuevos planteamientos persiguen constituir un pequeño

(*) Aunque los términos costes y beneficios pueden definirse en términos puramente económicos, las decisiones rara vez se basan únicamente en consideraciones económicas. Algunas consecuencias sociales y ecológicas, como la pérdida de la cohesión social y la biodiversidad, no pueden medirse fácilmente en términos económicos. Por lo tanto, los administradores urbanos, las comunidades en riesgo, los planificadores urbanos y los profesionales técnicos de la gestión del riesgo de inundaciones deben hacer juicios cualitativos sobre estos temas más amplios.



Fig.90: Nueva barrera para el Támesis. Proyecto Thames HUB

Fuente: <http://www.fosterandpartners.com/profile/sustainability/case-studies/energy+-carbon-energy-infrastructure/>

manual de buenas prácticas a la hora de enfrentarse al problema. La adaptación es la manera como arquitectos para tratar de dar solución a los futuros problemas derivados de inundaciones y de “atacar” como Sun Tzu propone.

Conceptos como *permacultura* (fig. 91), *protocélulas* (fig. 92), *adaptación al medio* (fig. 93)... serán explicados más adelante, como estrategias contemporáneas sensibles a los ecosistemas inundados y acuáticos.



Fig. 91: Proyecto *Floating Permaculture* Fuente: <http://horhizon.com/main/>



Fig. 92: Desarrollo de nuevos materiales “vivos”: *Protocell*

Fuente: <http://protocellcircus.com/>

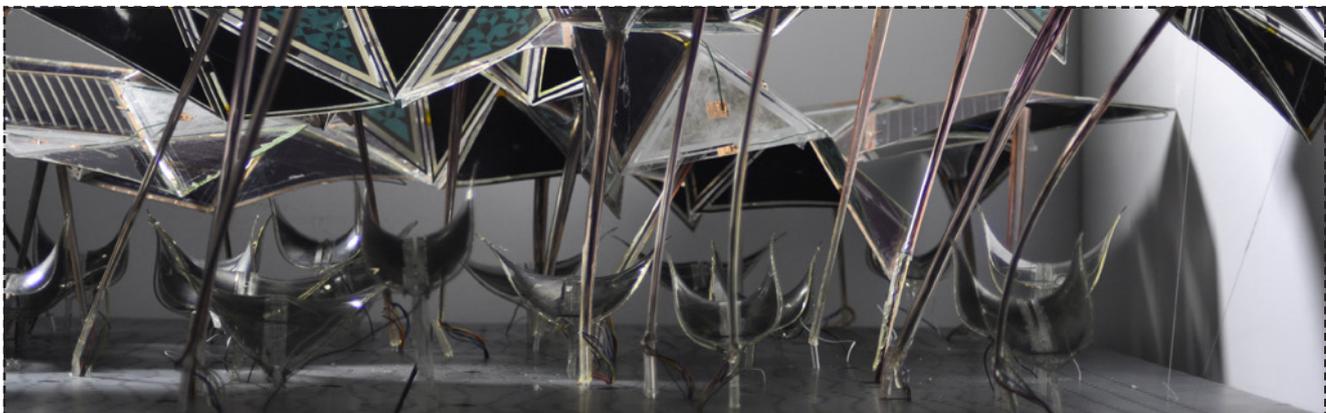


Fig. 93: Proyecto adaptativo *Phototropia*

Fuente: <http://materiability.com/>

Más adelante se realizará un breve repaso por aquellos autores que, desde un punto de vista estratégico-arquitectónico, utilizaban sus diseños, dibujos, planteamientos, tecnologías y filosofía, para la concepción de nuevos escenarios adelantados o no a su tiempo, pero que ante todo, parecían no pertenecer a ese tiempo, por varios motivos relacionados sobre todo con la economía del momento, las tecnologías disponibles, las políticas, la sociedad y pensamiento del momento.

El objetivo de esta mirada atrás, es rescatar aquellos autores que podrían formar parte de un banco de datos para estrategias arquitectónicas que pudieran utilizarse en nuestro tiempo y poder obtener herramientas para abordar el problema de la inundación desde un punto de vista propositivo-adaptativo, en contraposición a los modelos que actualmente se gestionan en las diferentes zonas con posibilidad de afectación.

Para su elaboración se recupera un mapa titulado *Metropía*⁵⁰ (2010) (fig. 94), en el cual se catalogan y ordenan 99 *proyectos utópicos* desde el último siglo XX y principios del XXI en él más ejemplos. La idea es tratar de establecer un protocolo *web* de clasificación, donde cualquier

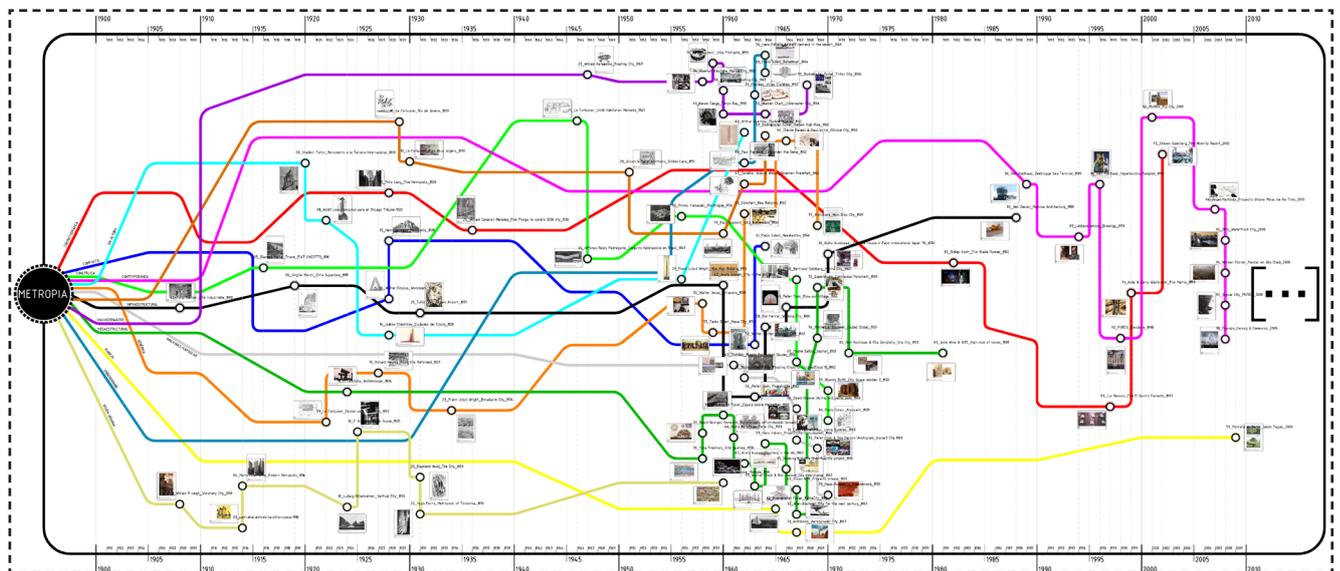


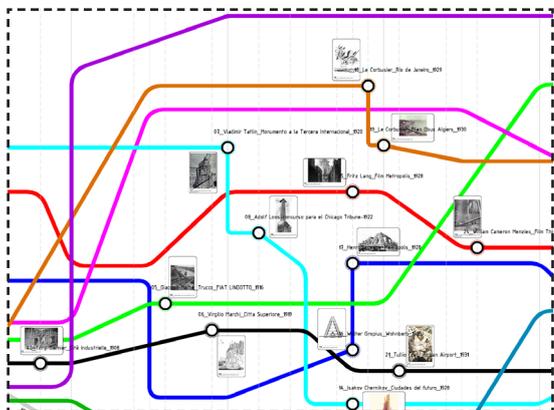
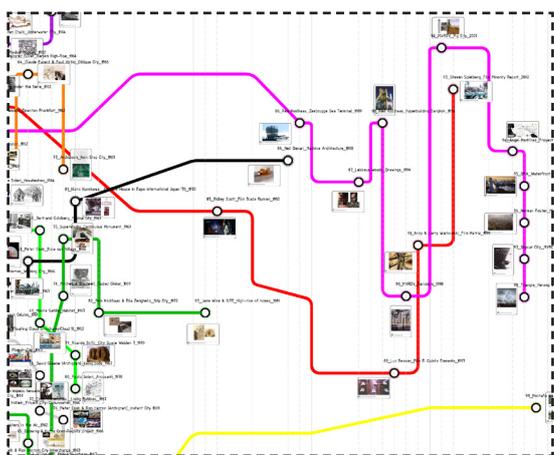
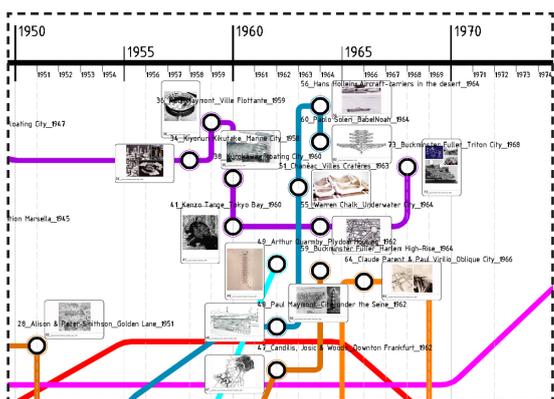
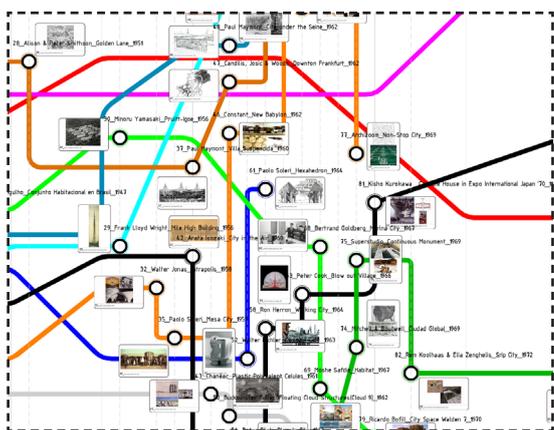
Fig.94: Metropía

Fuente: <http://amg10.wordpress.com/click-project/>

50 *Metropía*, formó parte del Proyecto Final de Carrera de título *Utopía n°100, Londres 2100* de Ángel Martínez García, en 2010.

Metropía es un mapa cronológico donde se incorporaron 99 fichas relativas a proyectos utópicos de arquitectura y cine (Utópicos en el sentido de las tecnologías y estrategias que se avanzaban a su tiempo y que no llegaron a construirse muchas de ellas), que fueron organizadas a través de diversas ramas que simulan el mapa del metro de Londres, donde cada una de las paradas es una utopía y donde el destino final es la Utopía n° 100.

Fuente: <http://amg10.wordpress.com/click-project/>



Figs. 95-96-97-98: Fichas relacionadas en *Metropía*

Elaboración propia

usuario, pueda incorporar otras fichas y construir un entorno digital llamado *Utopedia*.

Metropía (figs. 95-96-97-98) se organiza a través de una línea de tiempo desde el año 1900, hasta la actualidad. En ella hay dibujadas unas líneas que simulan los recorridos gráficos de una red de metro, donde metafóricamente, cada parada de metro, es un proyecto utópico.

Esta red de líneas dibujadas en colores diferentes, organizan el mapa a través de una serie de conexiones que se podrán implementar en su versión digital, para convertirlo en un *mapa topológico* de las utopías arquitectónicas. Estas líneas de categorías se dividían en:

- Cinematográfica, cualquier formato audiovisual, donde aparecieran nuevos entornos imaginados, o construidos, donde normalmente engloba películas de temática ciencia-ficción y de visiones futuristas.
- Compacta, para aquellos proyectos másicos, de aspecto pesado y opaco, donde la macro escala se impone a otros factores.
- Construida, para las utopías arquitectónicas construidas en parte o en su totalidad, que pretendían al mismo tiempo lanzar un modelo utópico social.
- Infraestructural, para las que funcionaban como infraestructura en la ciudad o en el paisaje.
- Radical, como su propia palabra indica, proyectos radicales que cuestionan las formas de la arquitectura y asume la utopía como lugar inicial de trabajo.
- Megaestructural, incluyendo aquellos proyectos de escala macro, que anteponian la estructura como medio principal para apoyar sus teorías.
- Hinchable / Capsular, donde se incluyen proyectos de arquitecturas hinchables y elementos capsulares que se conectaban a esqueletos de instalaciones y circulación.

Esta clasificación personal es modificable y en líneas futuras, se tratará de reorganizar este complejo mapa, añadiendo más proyectos al mismo y multiplicando la información que podrá utilizarse de él, mediante la implementación de nuevas variables que puedan transformarlo en una herramienta digital, configurando un mapa topológico de la utopía arquitectónica con relaciones entre proyectos, diferentes niveles, escalas, etc.

4.1 Utopía y futuro

“No merece ni siquiera una mirada un mapamundi en el que no se encuentre el país Utopía”

Oscar Wilde

Convendría apuntar o matizar bajo qué punto de vista se utiliza en el texto del trabajo la utopía o lo utópico.

La palabra *utopía* procede del griego y etimológicamente puede tener dos orígenes:

Según el primero, significa *buen lugar*.

Según el otro, *no lugar*.

“Ambos se refieren a un sitio; en el primer caso se trataría de uno óptimo, pero en el segundo se descubre un grave problema: es el sitio que no existe. Un lugar, un espacio que casi siempre se encuentra edificado de forma parcial o es totalmente urbano, que ha sido descrito con palabras y representado gráficamente en muchas ocasiones, teniendo configuraciones arquitectónicas y urbanísticas muy diversas, pero que sólo ha podido recorrerse en movimiento gracias a la imagen cinematográfica, televisiva o de los videojuegos.”⁵¹

El propio cine puede considerarse como una utopía un ningún lugar de la imaginación, donde el espacio es la dimensión crucial.

Lejos por tanto de utilizarse en los términos en los que fue acuñada por primera vez por Tomás Moro en su obra *Utopía*⁵² en 1516, donde relata el estado ideal de una república en la nueva isla de *Utopía* (fig. 99).

Utópico, en este TFM, se referirá a aquellos proyectos arquitectónicos (y que por tanto afectan al modo de vida de las personas) que, una vez formulados en su tiempo, no pudieron llevarse a término (es decir eran irrealizables por causas diversas: económicas, políticas, sociales...); o que su vida fue efímera, es decir, no perduraron más allá

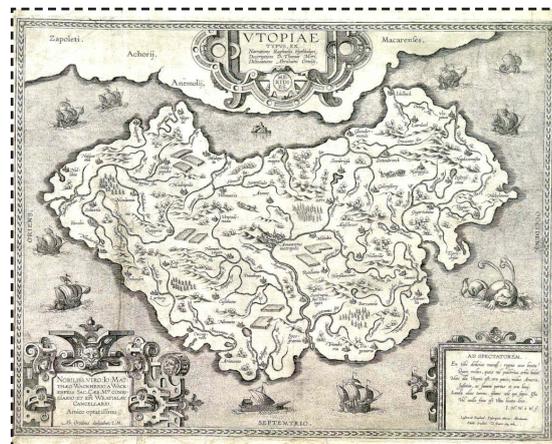


Fig. 99: Mapa de la Isla Utopía

51 DARKE, C. (2007) *Cinetopía, dimensiones utópicas del espacio cinemático, a través de paredes*. Centro Atlántico de Arte Moderno, Las Palmas de Gran Canaria.

52 MORO T., Traducido por Yajaira Tirri de Courtois(1999) *Utopía*. ESPASA LIBROS, S.L.U, Madrid. Obra original escrita en 1516

Fuente: <http://recuerdosdepondora.com/filosofia/utopia-una-isla-y-una-sociedad-ideales/>

del acontecimiento para el que estaba pensado (fig. 100); o cuya tecnología era inabordable o difícil de mantener.

Teniendo en cuenta estas relaciones, antes de continuar es necesario establecer dos premisas, la primera sobre el término distopía,

“... una palabra que al parecer fue creada por Stuart Mill a finales del siglo XIX, casi al mismo tiempo en que las utopías literarias se convertían en utopías negativas: recuérdese entre otras *Cuando el dormido despierte* (Wells, 1899), *El talón de hierro* (London, 1908), *Nosotros* (Zamiatin, 1924), *Un mundo feliz* (Huxley, 1932) y *1984* (Orwell, 1949)” (André 2005: 166)⁵³

El presente trabajo, está dedicado a la materialización de la utopía arquitectónica y urbana que tengan que ver con los contextos inundables

“no al estudio de la utopía misma, asunto que se ha abordado ya numerosas veces, sino a la presencia física, construida, que de hecho han tenido algunos planteamientos utópicos, ya sea de forma parcial o casi completamente (aunque ninguna utopía arquitectónica se ha materializado por completo, pues de haber sido así hubiera dejado de ser utopía).”⁵⁴

Resulta interesante pensar en el término utopía, desde su utilidad como herramienta mental que fomente las derivas investigadoras en proyectación.

“La utopía está en el horizonte, yo sé muy bien que nunca la alcanzaré, que si yo camino diez pasos, ella se alejará diez pasos, cuanto más la busque menos la encontraré, porque ella se va alejando a medida que yo me acerco. ¿Para qué sirve la utopía? Para eso sirve: para caminar”. (Entrevista a Eduardo Galeano parafraseando a Eduardo Birri).

También cabría puntualizar, tal y como se señala en *Edificios y sueños (Ensayo sobre Arquitectura y Utopía)*⁵⁵:



Fig. 100: Expo 1970 Osaka

Fuente: Google. Elaboración propia

⁵³ ANDRÉ, Danièle (2005) *Le cinéma-fiction américain ou l'anti-utopie*. CinémaAction, nº 115.

⁵⁴ AA.VV. (2011) *Teatro Marittimo. Revista de cine + Arquitectura. Número 1: Utopías construidas*. Edita Fundación Diego de Sagredo, Madrid.

⁵⁵ RAMIREZ, J.A. (1983) *Edificios y sueños (Ensayo sobre Arquitectura y Utopía)*. Edita Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Málaga y Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Salamanca, Málaga

“... Las utopías, como los informes de diversa naturaleza, pueden referirse a muchas cosas y niveles distintos. Tal vez por ello dice que “Cualquier lugar del globo es objeto del interés humano en tanto que eposible emplazamiento de su ciudad. Una vez llegados a ésta, está formada por los cinco elementos: naturaleza, hombre, sociedad, edificios e infraestructura -cada uno de los cuales puede estudiarse desde los varios aspectos de distintas materias: economía, ciencias sociales, ciencias políticas, técnica, arte y cultura-, o como una síntesis en *Ekistics*⁵⁶ la ciencia de los asentamientos humanos”

La utopía del artista no será, por lo tanto, idéntica a la del ingeniero o a la del psicólogo. Los ejemplos gráficos de Doxiadis sobre la utopía de un sociólogo (fig. 101) y la de Le Corbusier (fig. 102) son expresivos y revelan que la utopía total e indiferencial es otro sueño, sólo posible cuando todavía no nos hemos adentrado lo suficiente en esta problemática.

Son por lo tanto las matizaciones las que permiten poner en relación arquitectura y utopía. Porque si por lo primero (arquitectura) entendemos “el arte de construir edificios” y por lo segundo (utopía) “lo que no existe”, nos encontraríamos con dos términos casi irreductibles e incommunicables: el arte arquitectónico estaría encaminado a *lo real* mientras que la utopía apuntaría a *lo irreal*. *Eppur si muove*: existen la arquitectura utópica y las utopías arquitectónico-urbanísticas.” (RAMIREZ, 1983)

Los diagramas propuestos por Doxiadis corresponden al resultado del análisis de la utopía en un sociólogo y de Le Corbusier, organizado de la siguiente manera:

En la trama vertical de la izquierda, se situarían los elementos de nuestra utopía y en el eje horizontal se situarían las disciplinas que trasciende dicha utopía.

En el diagrama se marcan con puntos negros de menor a mayor intensidad para determinar la carga de cada uno de los elementos y de las disciplinas.

El resultado, es un gráfico que nos señala más o menos en qué zonas del diagrama se sitúa nuestra utopía y poder valorar si es válida o no su experimentación para cumplir con los objetivos que se intentaban.

Vemos por tanto que la utopía completa es imposible. Completarla desde todos los puntos de

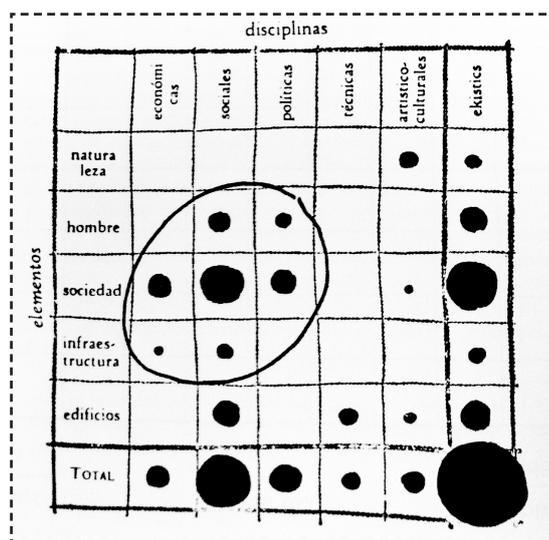


Fig. 101: Diagrama de la utopía en un sociólogo

Fuente: RAMIREZ, J.A. (1983) *Edificios y sueños (Ensayo sobre Arquitectura y Utopía)*. Edita Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Málaga y Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Salamanca, Málaga (p. 20)

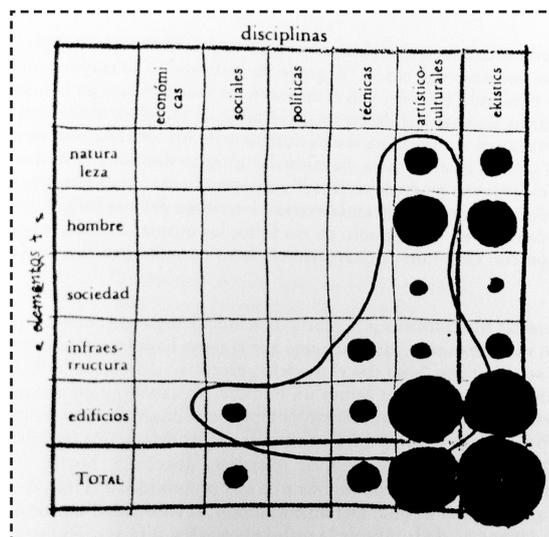


Fig. 102: Diagrama de la utopía en Le Corbusier

Fuente: RAMIREZ, J.A. (1983) *Edificios y sueños (Ensayo sobre Arquitectura y Utopía)*. Edita Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Málaga y Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Salamanca, Málaga (p.21)

vista no es viable si está formulada por un único individuo. Nos interesa el término como recuperador de una pluralidad de pensamientos positivistas hacia la adaptación de nuestra vida en las ciudades.

Con lo que respecta al futuro y la situación climática de cambio que ya se está produciendo,



Fig. 103-104: Estación Halley VI

Fuente: http://www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/

cada vez son más los arquitectos que proponen o quieren dar respuesta a futuras situaciones de clima extremo que podría llegar a producirse.

Es el caso del arquitecto Hugh Broughton artífice de la construcción de la estación británica de investigación *Halley VI* (figs. 103-104) situada en la Antártida, recuperado de estrategias proyectuales de *Archigram*, en concreto a la *Walking City* de Ron Herron (fig. 105).

Todos estos proyectos tratan de dar respuesta a cambios en nuestro territorio y ciudad a través de nuevos dispositivos, tecnologías, sistemas constructivos y estructurales, funcionales y de adaptación al medio, respuesta al entorno, etc

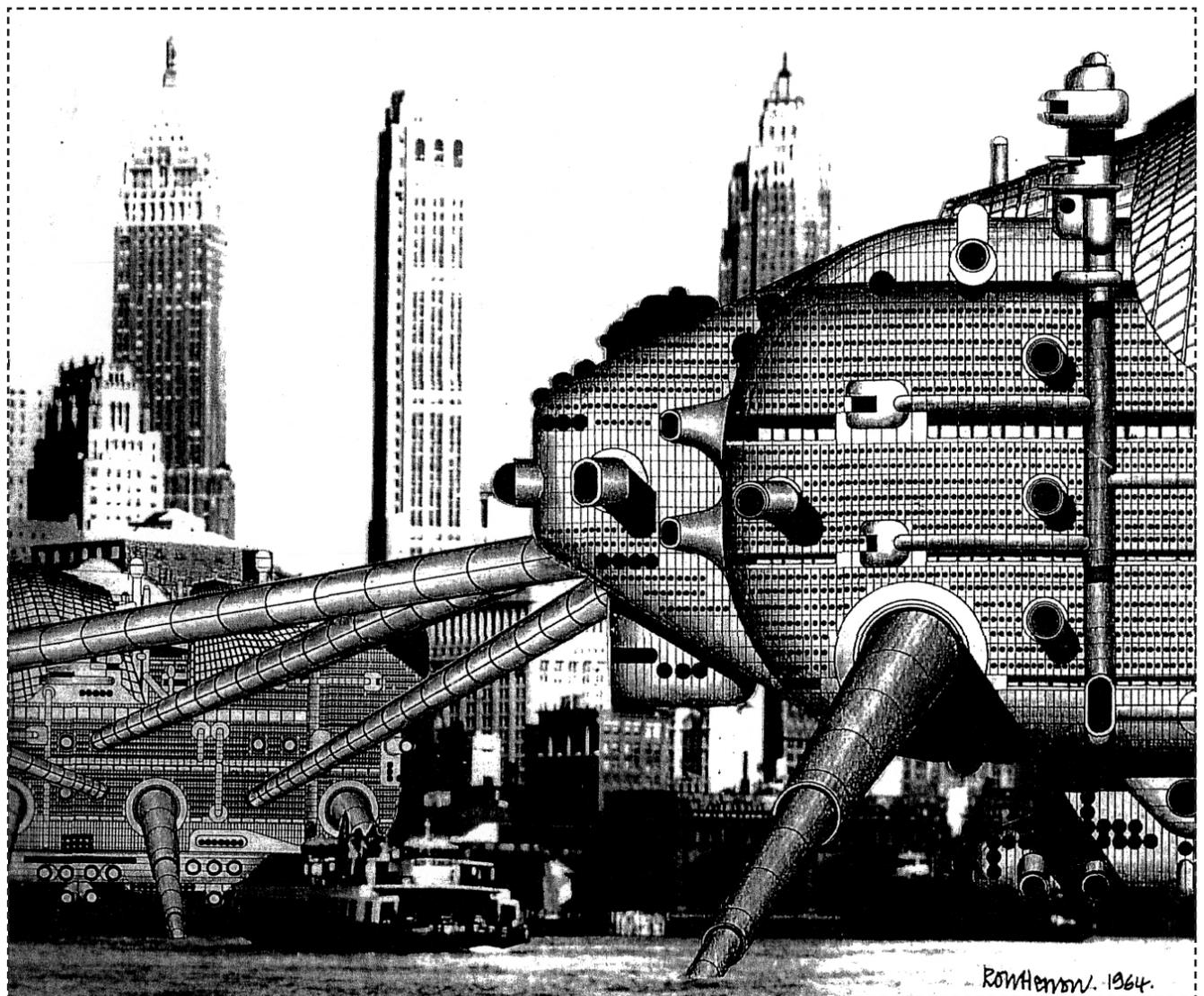


Fig. 105: *Walking City*
Fuente: <http://archigram.westminster.ac.uk/>

4.2 Selección de estrategias arquitectónicas para entornos inundables

Tras una primera pre-selección de entre más de 200 (descritos en *Metropía* (PFC 2010, *Utopía 100 [Londres 2100]*) y otras fuentes consultadas⁵⁷ para la elaboración de este TFM), se escogen 40 de ellos, excluyendo el resto por los siguientes motivos:

- En la búsqueda de una estrategia de actuación que como se decía anteriormente debe generar una definición híbrida entre *arquitectura, paisaje e infraestructura*, se apartan de esta selección aquellas operaciones megaestructurales que anulan el paisaje circundante al bloquear las relaciones que se pudieran producir (fig. 106)

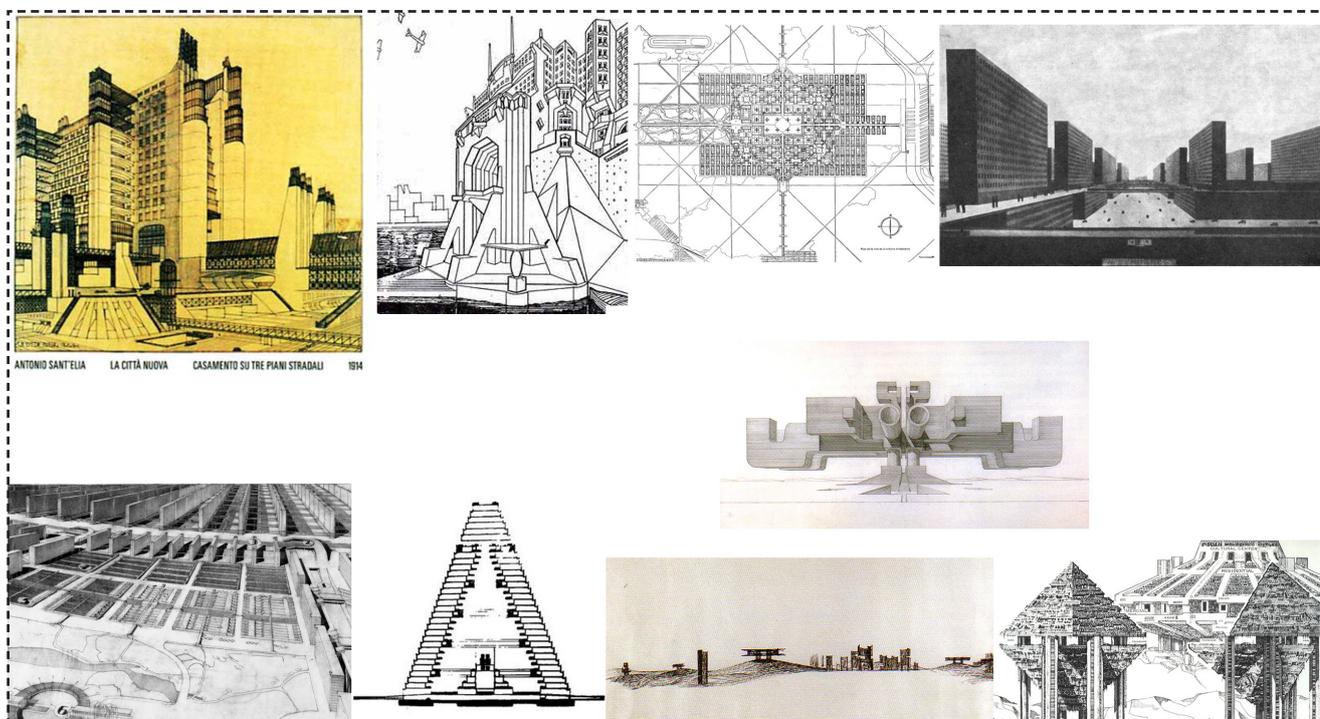


Fig. 106: De izquierda a derecha y de arriba a abajo, Antonio Sant Elia (1914) *La Città Nuova*, Virgilio Marchi (1919) *Città Superiore*, Le Corbusier (1922) *Ciudad para 3 millones de habitantes*, Ludwig Hilberseimer (1924) *Vertical City*, Richard Neutra (1927) *Rush City Reformed*, Hans Hollein (1964) *Project City-Communication*, Paolo Soleri (1964) *Hexahedron*

Elaboración propia

⁵⁷ AA.VV. (2007) *Future City: Experiment and Utopia in Architecture*. Thames&Hudson, Londres.

- A pesar de llevar implícita una gran carga crítica, visual y filosófica, son apartadas también las utopías filmicas con fuerte presencia arquitectónica (fig. 107).

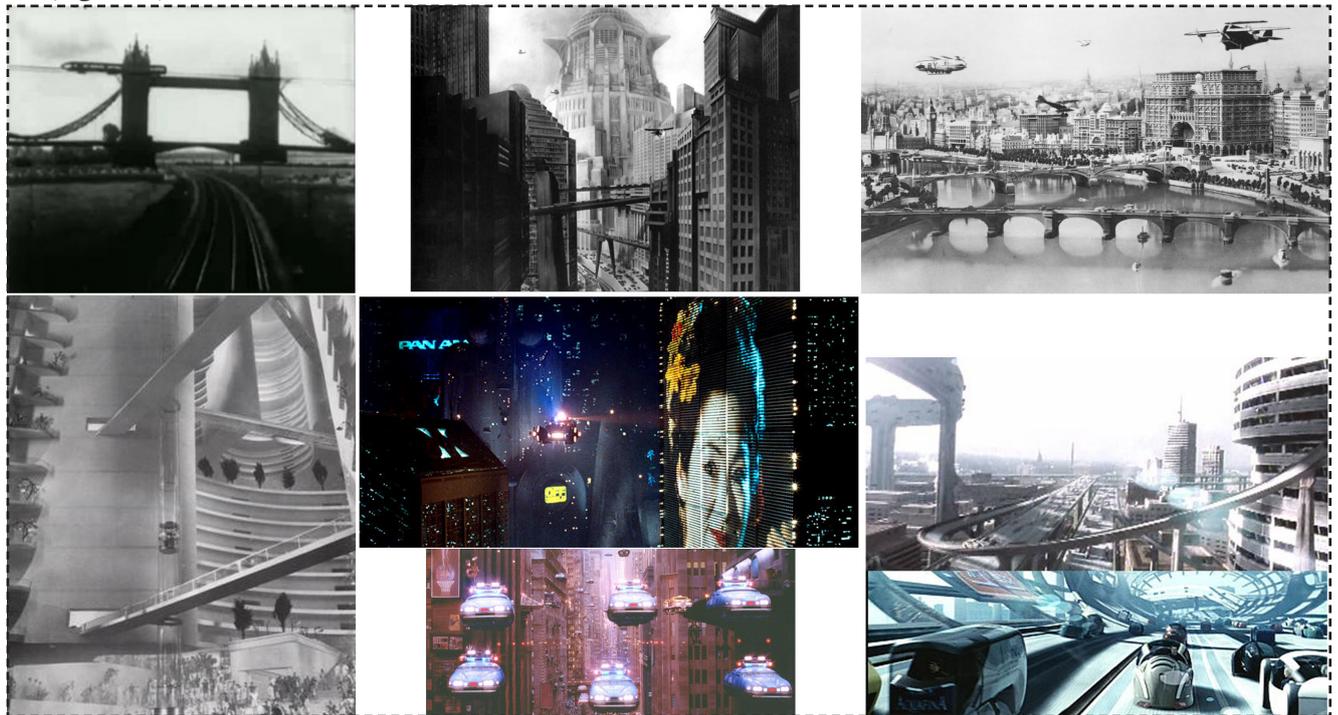


Fig. 107: De izda. a dcha. y de arriba a abajo, Gaston Quiribet (1924) *The Fugitive Futurist*, Fritz Lang (1928) *Metropolis*, Maurice Elvey (1929) *High Treason*, William Cameron Menzies (1936) *Things to come's 2036 city*, Ridley Scott (1982) *Blade Runner*, Luc Besson (1997) *El quinto elemento*, Steven Spielberg (2002) *Minority Report*.

- También se descartan las que de una manera más abstracta o literaria, tratan un razonamiento artístico y crítico con el mundo, pero que se describen casi en clave metafórica. (fig. 108)

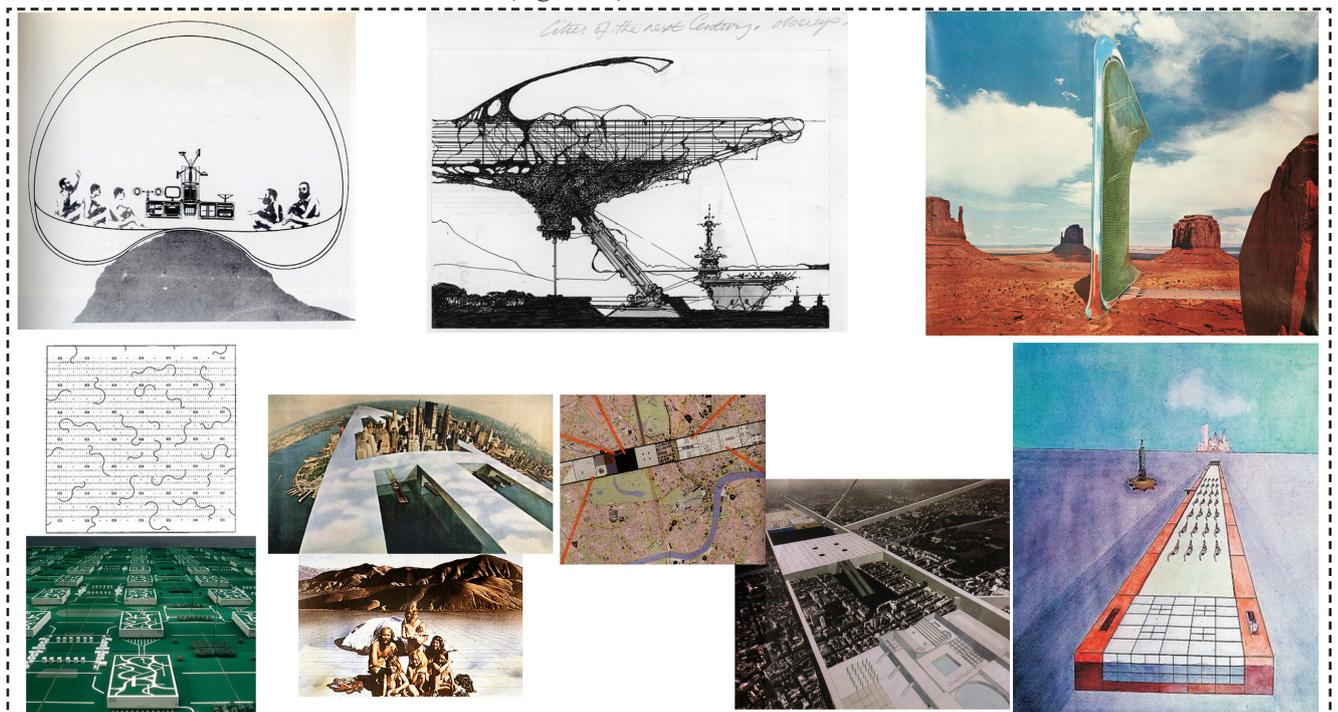


Fig. 108: De izda. a dcha. y de arriba a abajo, Reyner Banham (1965) *A home is not a house*, Alan-Boutwell (1967) *City for the next century*, Archizoom (1967) *Aerodynamic City*, Superstudio (1969) *Continuous Monument*, Archizoom (1969) *Non-Stop city*, Rem Koolhaas & Elia Zenghelis (1972) *Exodus*, Rem Koolhaas (1977) *El cuento de la piscina*

- Por último, también son descartadas todas aquellas que no sean susceptibles de ser usadas en márgenes de inundación o acuáticas. (fig. 109).

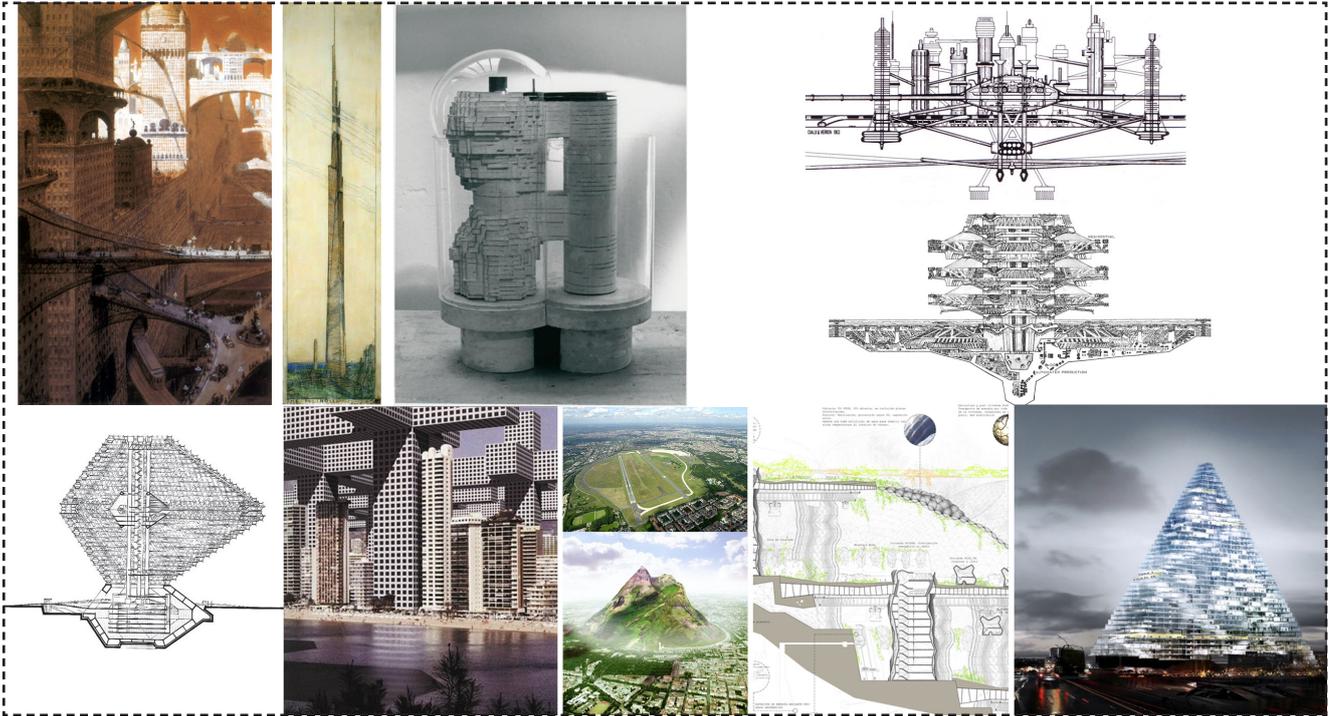


Fig. 109: De izquierda a derecha y de arriba a abajo, William R. Leigh (1908) *Visionary City*, Frank Lloyd Wright (1956) *Mile High Building*, Walter Pichler (1963) *Compact City*, Warren Chalk & Ron Herron (1963) *City Interchange*, Paolo Soleri (1964) *BabelNoah*, Kenji Ekuan (1967) *Dwelling City*, MVRDV (1998) *Benidorm*, Ángel Martínez García (2007) *Proyecto Urbano Minas de Río Tinto*, Jakob Tigges (2008) *Montaña en Berlin*, Herzog & Demeuron (2008) *Triangle*

Elaboración propia

La elección de estos ejemplos surge como herramienta para debatir acerca de los modos sostenibles con que ciertas metáforas de las artes y las ciencias, pueden cobrar sentido en el futuro.

La clasificación de estos 40 proyectos se hace en base a su relación espacial y/o constructiva con el agua, organizándolos en 3 familias o categorías diferentes, ordenados cronológicamente dentro de cada una de las familias.

Las tres categorías son:

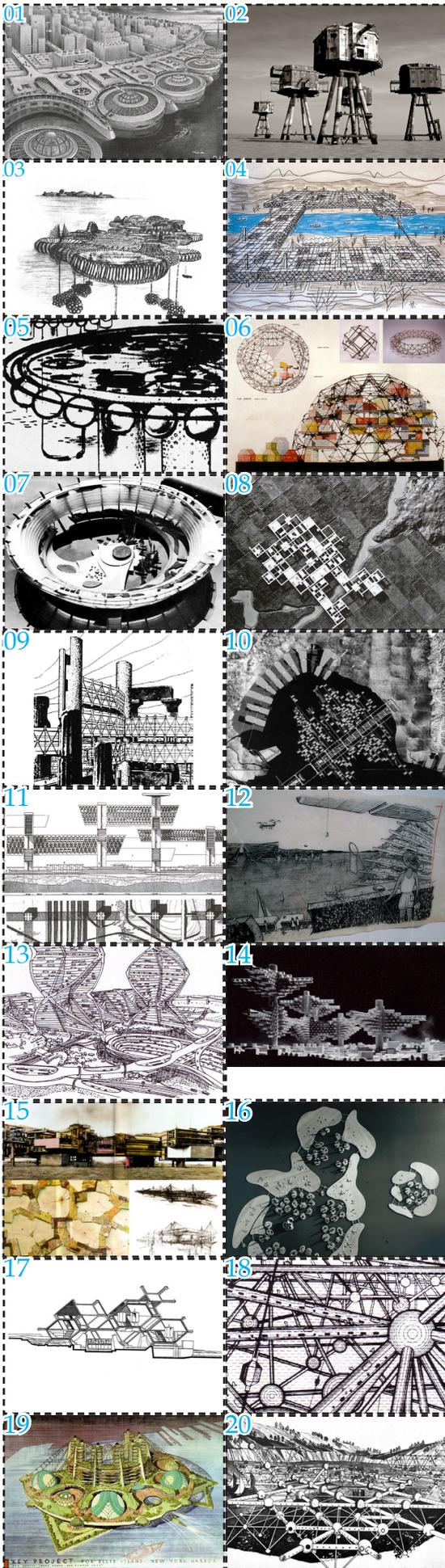
- Bajo el agua o sumergidas
- Sobre el agua
- En el agua o flotantes

De esta selección, se explicarán aquellos más relevantes que de algún modo definan las teorías generales de su autor y que por su grado de concreción al ser planteados o dibujados, o que fueron construidos para otros fines (guerra), pero cuya geometría, estrategias de disposición y unión entre las partes y su potencial espacial, podrían extrapolarse y plantear así nuevos horizontes en la pro-

yectación de asentamientos humanos en márgenes de tierra inundables o en *la conquista* de nuestros mares y océanos para la generación de nuevos hábitats más sostenibles.

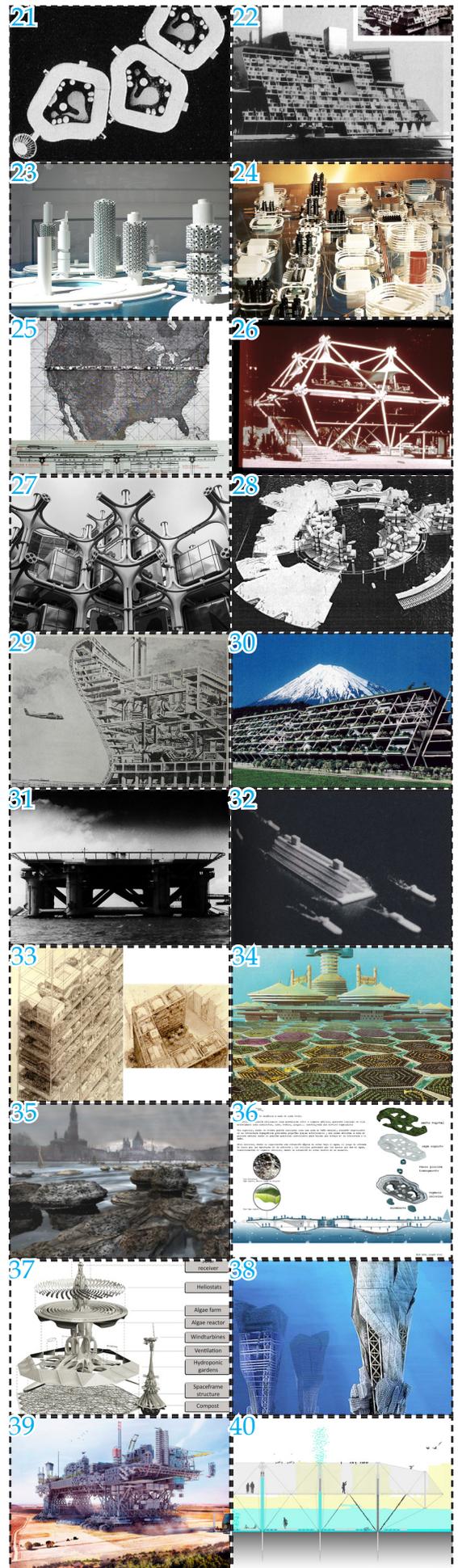
Es esencial que en el marco de la disertación e investigación, estos diseños sean examinados para determinar cómo los modelos actuales y metáforas de la ciencia y las artes pueden penetrar en la arquitectura y formar parte de nuevas estrategias para planeamientos urbanos a pequeña y gran escala.

5. Catálogo de arquitecturas para entornos acuáticos (1900 - 2013)



- 01.- Alexander Weygers, *Discopter* (1945)
- 02.- Guy Maunsell, *Maunsell Sea Forts* (1946)
- 03.- William Katavolos, *Floating City* (1947)
- 04.- Yona Friedman, *Ville Spatiale* (1958)
- 05.- Kiyonori Kikutake, *Marine City* (1958)
- 06.- D. Georges Emmerich, *Agglomeration* (1959)
- 07.- Paul Maymont, *Ville Flottante* (1959)
- 08.- Kisho Kurokawa, *Agricultural City* (1960)
- 09.- Arata Isozaki, *City in the Air* (1960)
- 10.- Kenzo Tange, *Tokyo Bay* (1960)
- 11.- Kenzo Tange & Isozaki, *Office Buildings* (1960)
- 12.- Kisho Kurokawa, *Helix City* (1961)
- 13.- Kisho Kurokawa, *Floating City* (1961)
- 14.- Arata Isozaki, *Clusters in the Air* (1962)
- 15.- Constant, *New Babylon* (1962)
- 16.- Kiyonori Kikutake, *Marine City* (1963)
- 17.- Tortoise House, *Ekuan* (1964)
- 18.- Warren Chalk, *Underwater City* (1964)
- 19.- Frank Lloyd Wright, *Ellis Island* (1965)
- 20.- Hidezo Kobayashi, *Underwater Urban Structures* (1967)

- 21.- Kisho Kurokawa, *Hawaii Dreamland* (1967)
- 22.- Buckminster Fuller, *Triton City* (1968)
- 23.- Kiyonori Kikutake, *Ocean City* (1968)
- 24.- Kisho Kurokawa, *Floating Factory* (1969)
- 25.- Mitchell & Boutwell, *City for 1 million* (1969)
- 26.- Kisho Kurokawa, *Drive-in Restaurant* (1969)
- 27.- Kisho Kurokawa, *Takara Beautillion Expo'70* (1970)
- 28.- Kiyonori Kikutake, *Marine City Hawaii* (1971)
- 29.- Hall Moggridge, *Sea City* (1971)
- 30.- Kiyonori Kikutake, *Stratiform Structure Module* (1972)
- 31.- Kiyonori Kikutake, *Aquapolis* (1975)
- 32.- Kiyonori Kikutake, *KIC* (1975)
- 33.- Jame Wine & SITE, *High-rise of homes* (1981)
- 34.- Walt Disney, *Sea City of the future* (1984)
- 35.- Rachel Armstrong, *Protocells* (2009)
- 36.- Ángel Martínez García, *Utopía 100 [Londres 2100]* (2010)
- 37.- Dietmar Köering, *Floating Permaculture* (2011)
- 38.- Milorad Vidojević, Jelena Pucarević, Milica PihlerLady, *Landfill-Skyscraper* (2011)
- 39.- Manuel Domínguez (Zuloark), *Very Large Structure* (2012)
- 40.- Laura Sempere Pomares, *Paisajes de Cristal* (2013)



En los siguientes apartados explicaremos algunas de estas arquitecturas para encontrar en ellas posibles puntos de apoyo que nos ayuden a plantear nuevas estrategias de futuro en entornos acuáticos.

5.1 Bajo el agua (sumergidas)

5.1.1 Warren Chalk, "Underwater City Project" (1964)

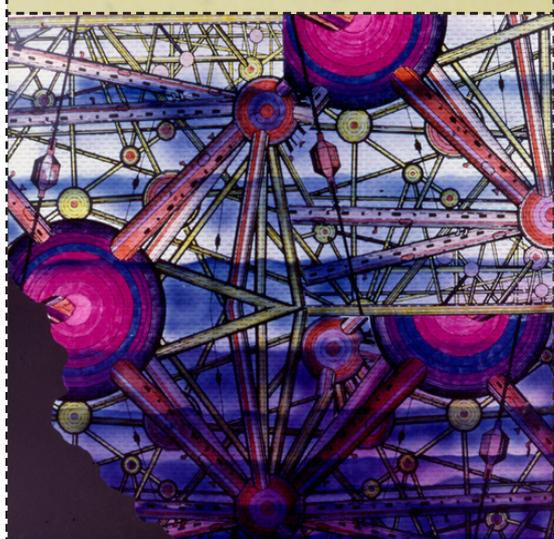
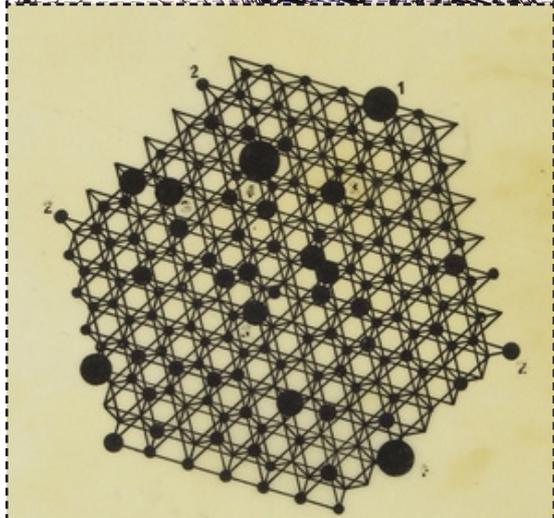
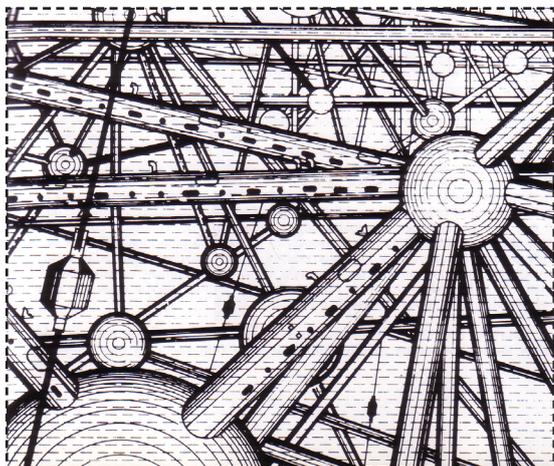


Fig. 110: Warren Chalk (Archigram), *Underwater City* (1964)

Fuente: <http://archigram.westminster.ac.uk/project.php?id=55>

En el año 1964, Warren Chalk⁵⁸ miembro fundador de *Archigram*, junto a Peter Cook, Ron Herron, Dennis Crompton, Michael Webb y David Greene, vuelve emocionado tras visitar el centro de control de la NASA en Houston y presenciar el segundo aterrizaje en la Luna de la *Surveyor* a través de los monitores de la *Jet Propulsion Laboratories* en Los Angeles, que se encontraba recogiendo pequeños fragmentos de la superficie lunar.

“...todo esto fue un presagio, el técnico que me asignaron, sentado en frente de un banco de 39 monitores de TV de circuito cerrado viendo la operación en la Luna, fue como estar viendo el Show de Johnie Carson en el canal 4.”

(Warren Chalk, 1964)

La fascinación de Warren por los desarrollos aeroespaciales, estaba presente en muchos de sus trabajos. En aquel momento fue testigo de la puesta en marcha de la más alta tecnología del momento, donde la *era espacial* traía consigo promesas de desarrollo global mediante nuevas tecnologías que harían de este mundo, un mundo mejor.

Tras su regreso, realiza el proyecto que tituló *Underwater City Project* (fig. 110) pensado para ser construido en el futuro con tecnología de la NASA.

Se trataba de una megaestructura flotante a base de esferas y barras conectadas entre sí, habitables, que organizaban parte de la distribución en la plataforma superficial y parte en la sumergida, protegidos del agua por la estructura.

⁵⁸ AAP (*The Archigram Archival Project*), web donde se recogen más de 200 proyectos de *Archigram*

Fuente: <http://archigram.westminster.ac.uk/>

5.1.2 Hidezo Kobayashi, "Underwater Urban Structure" (1967)

Hidezo Kobayashi, plantea en 1967 una propuesta en la que planteaba una arquitectura sumergida que llamó *Underwater Urban Structure* (fig. 111).

Tiene un gran parecido a la anterior de Warren Chalk, con una serie de tuberías y esferas comparables escalarmente con los veleros que aparecen en el dibujo. El sistema vuelve a ser una red de tubos y esferas donde se distribuirían los espacios pensados para diferentes usos que estaban comunicados por las barras cilíndricas huecas que servían de conexión y transporte por toda la red.

En este caso, la red de comunicaciones se distribuye en planos horizontales salvo en la capa externa a la superficie del agua donde a modo de objetos elevados aparecen recorridos diagonales que conectan varias de las esferas en el espacio. Todo el conjunto estaba conectado espacialmente por una serie de barras de menor dimensión.

Aunque si hay que encontrar una referencia anterior a las de Chalk y Kobayashi, sin duda tuvo su presencia en la Exposición Universal de Bruselas con el diseño del *Atomium* (fig. 112) de André Waterkeyn⁵⁹ en 1958, que sería un símbolo para la capital de Bélgica y un referente para el resto del mundo. Waterkeyn imaginó una gran cristal de acero, aumentado 165.000 millones de veces, como metáfora del uso pacífico de la energía nuclear.

Estas macroestructuras imaginadas en ocasiones, bajo el agua, componen una temática visionaria más cerca de la ciencia ficción que de la realidad, pero como veremos a continuación, a veces realidad supera con creces a la ciencia ficción.

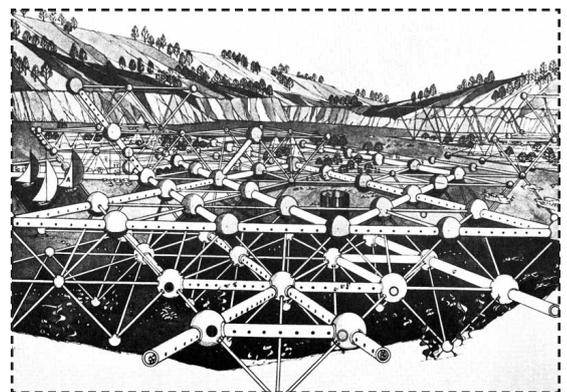


Fig. 111: Hidezo Kobayashi, *Underwater Urban Structure* (1964)

Fuente: http://arqueologiadel futuro.blogspot.com.es/2012_07_01_archive.html

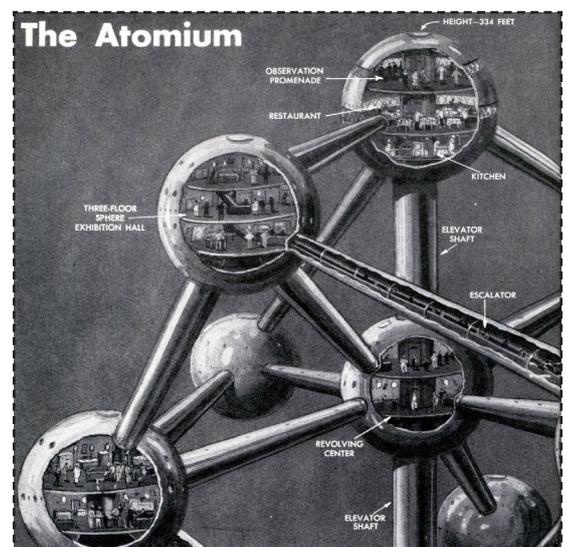


Fig. 112: André Waterkeyn, *Atomium* (1958)

Fuente: <http://www.nelson-atkins.org/mobileguide/ivesmaes/14tn.html>

⁵⁹ André Waterkeyn (1917-2005) era ingeniero civil, conocido como el creador del *Atomium* de Bruselas. Su trayectoria profesional quedó marcada en 1954, cuando el comisario general para la Exposición Universal de 1958 celebrada en Bruselas, le encargó el diseño y construcción del que sería principal símbolo de la ciudad.

(*) Transcripción de partes de la conferencia de Rachel Armstrong en TED (2009):

“Todas las construcciones de hoy tienen algo en común: Están hechas con tecnología victoriana.

Esto significa el uso de planos, manufactura industrial y la construcción de objetos utilizando equipos de trabajadores. Todo este esfuerzo concluye en un objeto inerte. Y eso significa que hay transferencia de energía en una sola dirección, desde nuestro entorno hacia nuestras casas y ciudades. Esto no es sostenible. Creo que el único modo de que sea posible para nosotros construir casas y ciudades genuinamente sostenibles, es conectándolas con la naturaleza, no aislándolas de ellas. Ahora, para hacerlo, necesitamos el tipo de lenguaje adecuado.

Los sistemas vivos están en diálogo constante con el mundo natural, gracias a conjuntos de reacciones químicas llamadas metabolismo y esto es la conversión de un grupo de sustancias en otro, ya sea mediante la producción o la absorción de energía; ésta es la manera en que los materiales vivos aprovechan al máximo sus recursos locales de un modo sostenible. Por lo tanto, estoy interesada en el uso de materiales metabólicos para la práctica de la arquitectura, pero lamentablemente no existen, así que hay que producirlos. Estamos trabajando con el arquitecto Neil Spiller en la Escuela de Arquitectura Bartlett, colaborando con científicos internacionales para generar estos nuevos materiales a partir de un enfoque “ascendente”, lo que significa que estamos generandolos desde cero. Uno de nuestros colaboradores es el químico Martin Hanczyk, y él está muy interesado en la transición de materia inerte a viva. Ahora, ése es exactamente el tipo de proceso en el que estamos interesados, cuando pensamos en materiales sostenibles.”

“(…) Lo que estamos intentando es presionar estas nuevas tecnologías hacia la creación de enfoques “ascendentes” de construcción para la arquitectura, lo que contrasta con los habituales, métodos victorianos “descendentes” que imponen a la estructura sobre la materia. Eso no puede ser energéticamente sostenible.

Los materiales “ascendentes” realmente existen en la actualidad y han sido utilizados por la arquitectura, desde la antigüedad. Si deambulan por la ciudad de Oxford, donde estamos hoy y echan un vistazo a la mampostería, lo cual he disfrutado haciéndolo en el último par de años, en efecto, verán que gran parte de ella está hecha con piedra caliza. Y si miran aún más cerca, verán en esa caliza, que hay pequeñas conchas y pequeños esqueletos que están apilados unos sobre otros y que luego son fosilizados durante millones de años. Ahora bien,



Fig. 113: Cultivo de protocélulas en laboratorio.
Fuente: ARMSTRONG, R. & SPILLER, N. (2011) Architecture Design Review Vol 81, No 2: *Protocell Architecture*. Editorial WILEY, Londres.

5.1.3 Rachel Armstrong, “Protocell” (2009)

(*) Las notas presentes en los márgenes de este apartado, se refieren a la transcripción, que se ha tratado de traducir de partes de la conferencia de Rachel Armstrong en el congreso anual de Tecnología, Entretenimiento y Diseño (TED) de 2009, que se ha considerado pertinente incluir para entender sus investigaciones y aplicaciones que se tratarán a continuación.

“Los científicos tienen que trabajar fuera de sus áreas de experiencia para que sean pertinentes las nuevas tecnologías del siglo XXI y colaboren con otras disciplinas tanto científicas como de las artes y las humanidades.”

Rachel Armstrong

Una de las estrategias que se están llevando a cabo para la generación de nuevos materiales que ayuden por ejemplo, a salvaguardar las cimentaciones de Venecia, es la investigación en protocélulas⁶⁰ (fig. 113) que está realizando la arquitecta Rachel Armstrong⁶¹ y su equipo, en una de las líneas de investigación de la Escuela de Arquitectura de Bartlett, en Londres.

Estas investigaciones giran en torno a la posibilidad de producir mediante tecnología avanzada de biología sintética (ingeniería racional de los sistemas vivos) y la química inteligente, soluciones innovadoras y sostenibles para el entorno natural y construido.

Su investigación (tras una reevaluación de la forma en que pensamos y diseñamos nuestras casas y ciudades, según sus palabras, a la manera *victoriana*, y de enfoque “descendente”) se centra en la creación de protocélulas, que básicamente son bolsas de grasa sin contenido de ADN y que funcionan mediante una batería química, de forma que se mantienen a sí mismas respondiendo como

⁶⁰ Las *protocélulas*, vienen de las décadas de los 50 y 60, cuando Sidney W. Fox (1912-1998), bioquímico estadounidense, estudió la formación espontánea de estructuras peptídicas bajo condiciones que posiblemente pudieran haber existido en eras tempranas en la historia de formación de la Tierra. Pudo demostrar que los aminoácidos podían formar espontáneamente pequeños péptidos estimulados para formar membranas esféricas cerradas, llamadas microesferas. Este tipo de formaciones, fueron denominadas por Fox como *protocélulas*.

⁶¹ Rachel Armstrong es arquitecta Co-Directora de AVATAR (*Advanced Virtual and Technological Architectural Research*) en la Escuela de Arquitectura de Bartlett, dirigiendo el proyecto *Protocell*, junto con un equipo investigador de científicos internacionales, para el desarrollo de nuevos materiales “vivos” para la arquitectura del próximo siglo.

un material vivo. Estas protocélulas son capaces de reproducirse a sí mismas y generar nuevas estructuras.

Armstrong junto con Neil Spiller⁶² arquitecto decano de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Greenwich y el químico Martin Hanczyk, han conseguido generar formaciones protocelulares capaces de desplazarse por un entorno acuático, seguir gradientes químicos, experimentar reacciones complejas (algunas de las cuales son afortunadamente arquitectónicas). Una de sus prontas aplicaciones podría darse lugar en la histórica ciudad de Venecia, mediante la experimentación de un método, por el cual sería posible a través de tecnología protocelular, recuperar de modo sostenible las estructuras sumergidas de Venecia.

El arquitecto Cristian Kerrigan, colaborador del proyecto, se ha acercado con una serie de diseños (fig. 114) que nos muestran cómo sería posible, en efecto, hacer crecer un arrecife de piedra caliza debajo de la ciudad. Esta tecnología es capaz de crear una coraza, como sus antepasados de caliza, depositándola en un ambiente muy complejo contra materiales naturales, como en este caso las cimentaciones de pilotes de madera.

un bloque de caliza, en sí mismo, no es particularmente interesante, pero imaginen lo que las propiedades de este bloque de caliza podrían ser si la superficie estuviera realmente en diálogo con la atmósfera, quizás se podría extraer el dióxido de carbono. ¿Esto le otorgaría nuevas propiedades al bloque de caliza? Bueno, lo más probable es que lo haría, podría ser capaz de crecer, de autorrepararse, e incluso responder a cambios en el entorno inmediato.

Pero los arquitectos nunca están felices con sólo un bloque de un material interesante, ellos piensan en grande ¿Ok? por lo tanto, cuando pensamos en escalar materiales metabólicos, podemos comenzar pensando en intervenciones ecológicas como la reparación de atolones, o la recuperación de partes de una ciudad que están dañadas por el agua.

“(…) las protocélulas pueden depositar su caliza en zonas muy específicas, alrededor de las cimentaciones de Venecia, efectivamente petrificándolas. Ahora, esto no va a ocurrir mañana. Va a tomar un tiempo. Va a tomar años afinar y monitorizar esta tecnología a fin de que podríamos tenerla lista para ensayarla, con base en cada caso, en los edificios más dañados y estresados dentro de la ciudad de Venecia.”

“(…) Bien, en resumen, estamos generando materiales metabólicos en contraposición a tecnologías victorianas y edificando arquitectura a partir de un enfoque “ascendente”. Estos materiales metabólicos tienen algunas propiedades de los sistemas vivos, lo cual significa que pueden actuar de modos similares y de ellos puede esperarse que tengan una gran variedad de formas y funciones dentro de la práctica de la arquitectura. Un observador en el futuro podrá maravillarse frente a una hermosa estructura protocelular que podría encontrar casi imposible especificar si ha sido creada por un proceso natural o uno artificial.”



Fig. 114: Protocélulas en Venecia, por Christian Kerrigan
Fuentes: Architectural Design Review 2011 (Vol 81, N°2)
<http://thisisalive.com/future-venice-growing-an-artificial-reef-under-the-city/> Elaboración propia.

62 ARMSTRONG, R. & SPILLER, N. (2011) *Architecture Design Review Vol 81, No 2: Protocell Architecture*. Editorial WILEY, Londres.

5.1.4 Milorad Vidojević, Jelena Pucarević, Milica Pihler “Lady Landfill-Skyscraper” (2011)

Milorad Vidojević, Jelena Pucarević y Milica Pihler, son tres arquitectos de origen serbio, que en 2011 realizaron un proyecto para un concurso promovido por una revista internacional de arquitectura, que titularon *Lady Landfill-Skyscraper* (fig. 115).



Fig. 115: Proyecto *Lady Landfill-Skyscraper*

Fuente: <http://www.evolo.us/competition/lady-landfill-skyscraper/>

Este proyecto explica la necesidad de establecer nuevas estrategias de actuación para combatir lo que se ha llamado *The Great Pacific Garbage Patch*, (La Gran Mancha de Basura del Pacífico)⁶³, que amenaza con la vida de los ecosistemas donde se acumulan por el movimiento de las corrientes oceánicas. Muchas de las aves y animales marinos, quedan contaminadas por la química de estos productos plásticos o mueren al tragarlos por accidente.⁶⁴

El proyecto consiste en lo que ellos denominan como una serie de *underwaterscrapers* (similar a un rascacielos invertido, situado en el agua) que flotan en el mar, asomando a modo de isla parte de su estructura y que son utilizadas para la eliminación y reciclaje de la gran mancha de basura.

Se trata de estructuras autosuficientes organizadas jerárquicamente según su función, a través de cuatro núcleos de comunicación que conectan sus tres programas principales (los colectores del fondo, la planta de reciclaje en los niveles medios y las viviendas y niveles recreativos por encima de la línea de flotación)(fig. 116).

Teniendo en cuenta que el tamaño de la *isla de basura flotante* varía constantemente, la organización estructural de los rascacielos debe reflejar estas variaciones. Los huecos principales en la estructu-

⁶³ La Gran Mancha de Basura del Pacífico, es una acumulación de plástico que flota en la parte norte del Océano Pacífico. En la actualidad, esta mancha pesa más de 3,5 millones de toneladas, 80% de las cuales son residuos de plástico que llega a más de treinta metros de profundidad.

⁶⁴ BOERGER, C. M., GWENDOLYN, L. L., SHELLY, L. M. and MOORE, C. J. (2010) *Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre*, Marine Pollution Bulletin, Volume 60, Issue 12. Editorial ELSEVIER

ra se irían ajustando para compensar la masa del objeto manteniendo un volumen constante.

Las fluctuaciones en la cantidad de basura que se recogería en el vertedero (situado en la parte inferior de la estructura) se pueden ajustar mediante la adición o liberación de agua, de modo que la relación de peso a volumen sería el apropiado para favorecer la estabilidad del conjunto y mantener su línea de flotación.

Debido a que la mayor parte de las moléculas que se encuentran en la basura plástica tienen alto poder energético, los residuos pueden calentarse en las cámaras de reciclado y convertir el gas emanado en fuente de energía.

Esta área del Océano Pacífico (fig. 117) es una región relativamente tranquila, que recibe la acumulación de basura flotando en grandes agrupaciones (fig. 118) que van moviéndose lentamente por las aguas, contaminando la zona y los seres vivos que la habitan.

Su eliminación podría tener un coste económico muy elevado y ninguno de los países que circundan esta zona del Pacífico están por la labor de asumirlos de manera unilateral. Se precisa por tanto un acuerdo entre todos para tratar de resolver el problema.

Posiblemente ésta, si se llevara a cabo, podría ser una inteligente solución.

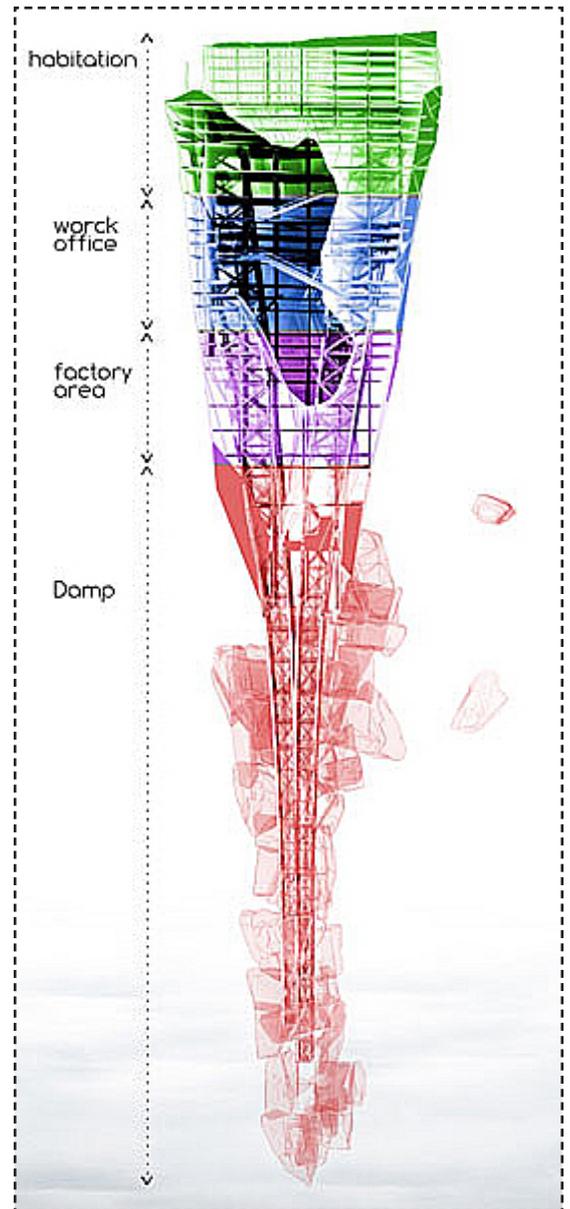


Fig. 116: Diferentes programas en la estructura.

Fuente: <http://www.evolo.us/competition/lady-landfill-skyscraper/>



Fig. 118: Mancha de plástico

Fuente: <http://www.cookiesound.com/2011/08/the-great-pacific-garbage-patch/>

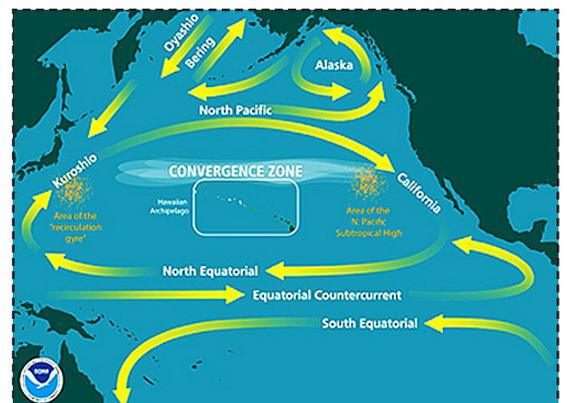


Fig. 117: Ciclo de corrientes marítimas en el Pacífico

Fuente: <http://marinebris.noaa.gov/>

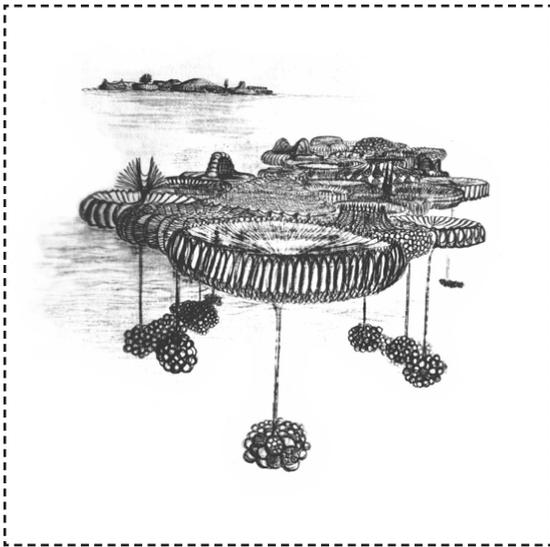


Fig. 118: *Floating City*

Fuente: <http://bombsite.com/issues/97/articles/2860>

(*) “Una nueva arquitectura es posible a través de la matriz de la química. El hombre debe dejar de fabricar y manipular, y permitir en su lugar que la arquitectura suceda.

(...) La arquitectura debe liberarse de los patrones tradicionales y ser orgánica.

Los nuevos descubrimientos en la química han dado lugar a la producción de materiales en polvo y líquidos que cuando se tratan apropiadamente con ciertos agentes de activación se expanden a gran tamaño y tras su catálisis pueden llegar a ser rígidos. Estamos ganando rápidamente el necesario conocimiento de la estructura molecular de estas sustancias químicas, así como las técnicas necesarias que conduzcan a la producción de materiales que tendrán un programa específico de comportamiento incorporado en ellos, mientras tanto seguimos en la etapa submicroscópica. En consecuencia, será posible tomar pequeñas cantidades de polvo y hacer que se expanda en formas predeterminadas, tales como esferas, tubos y toroides.

Visualizar el nuevo crecimiento de la ciudad moldeándose en el mar, a través de grandes círculos de sustancias aceitosas que producen el modelo en el cual los plásticos fluyen para formar una red de tiras y discos que se amplían en esferas y toroides, que va perforándose para variados propósitos. Paredes dobles de huecos perforados con formas nuevas que contienen productos químicos para calentar, enfriar y limpiar, patronaje de techos creados como cristales, suelos formados como los corales, las superficies estructuralmente decoradas con patrones de estrés que se muestran casi sin peso delante de nosotros. Las plantas fijas proporcionan todo lo necesario para vivir, una gran variedad de compartimentos disponibles conectados a las redes celulares más permanentes.

Discutamos los principios de la materia orgánica en cómo podría afectar a algo tan simple y tan complicado como una silla. Para estar cómodo una silla debe vibrar, debe ser flexible, debe masajear, debe estar alta con respecto al suelo para permitir sentarse fácilmente o levantarse. También debe estar baja con respecto al suelo, para que cuando estés sentado, se alivie la presión

5.2 En el agua (flotantes)

5.2.1 William Katavolos, “Floating City” (1947)

(*) A la luz de los acontecimientos actuales en nanotecnología, vida artificial, robótica modular y arquitectura interactiva, es conveniente por su relevancia, reproducir aquí parte de su texto que se ha tratado de traducir para incorporarlo a este TFM y aparece en los márgenes de este apartado.

“Nosotros no inventamos una nueva arquitectura cada lunes por la mañana. Se tarda unos 33 años para refinar un elemento nuevo. No es el trabajo de un hombre joven.”

Mies Van der Rohe

William Katavolos⁶⁵, arquitecto americano nacido en 1924, es profesor en el Pratt Institute (Brooklyn, Nueva York) desde los años 60 y co-director del Centro de Estructuras Experimentales, donde ha ido desarrollando sus teorías sobre la arquitectura líquida.

En 1961, lanzó un gran texto visionario titulado *Organics*⁶⁶, publicado en Holanda; un Manifiesto que sentaba su base teórica acerca de la arquitectura química.

Katavolos se interesa por el desarrollo tecnológico para la producción de una *arquitectura líquida*. Para explicar esto nos referiremos a parte de una entrevista que le realizaron para la revista *BOMB 97/Fall 2006*:

“Le Corbusier dijo que la arquitectura debe contener masa, superficie y espacio. Ahora bien, la única

⁶⁵ Katavolos, empezó su carrera a finales de los años 40, después de tiempo dedicándose a la pintura. Junto con sus compañeros en el Instituto Pratt, Ross Littel y Douglas Kelley produce una línea de muebles, incluida la silla “T”, que se encuentra actualmente en la colección permanente del MoMA y el Louvre. Ha compartido su experiencia con Frederick Kiesler, Eva Zeisel, John Nichols, John Moran, Mark Rothko y Robert Motherwell.

⁶⁶ KATAVOLOS, W. (1961) *Organics*. Editorial Steendrukkerij de Jong & Co. Hilversum, (Holanda)

diferencia entre las dos arquitecturas, la suya y la mía, es que yo creo en la *licuefacción* de la masa, la *gasificación* del espacio y la *solidificación de la superficie*. Así fue como empezó todo.”

(William Katavolos, 2006)

Katavolos en 1947 planteó su *Floating City*, una serie de estructuras poliméricas flotantes, que eran capaces de contener a sus habitantes en una especie de sacos amnióticos que les aportaban todas las necesidades de confort y placeres para el cuerpo y los sentidos bajo las condiciones de un entorno acuático. La posibilidad de construir una arquitectura líquida utilizando como medio el agua, es el sueño que lleva persiguiendo toda su vida y que experimentación tras experimentación en el Instituto Pratt, poco a poco está desarrollando modelos que cada vez se acercan más a estas metas.

Los últimos desarrollos que Katavolos está llevando a cabo, es la posibilidad de crear estructuras realizadas mediante paredes dobles de materiales plásticos que contengan líquidos capaces de proteger pequeños entornos frente a una inundación o la acción de un huracán mediante un método

sobre las zonas del cuerpo que se contraen con facilidad. También debe ser capaz de educar a su ocupante, de producir sonidos estereofónicamente a sus oídos, debe crear campos iónicos correctos, debe tener la habilidad de desaparecer cuando no está en uso y, sobre todo, debe ser hermosa. Una silla como esta no existe. Mis investigaciones han dado lugar a estas necesidades una y otra vez. Podríamos crear un artilugio mecánico que haga todas estas cosas, pero desde mi propia experiencia con este tipo de máquinas en las que poder sentarse, no quedas satisfecho plenamente ni se deleita el ojo del espectador. Ahora esto se vuelve muy posible utilizando métodos moldeados por soplado de plástico con una doble pared, que podría ser llenada con los productos químicos de diversas densidades, que podría permitir que la superficie exterior se acanalara estructuralmente mediante un bello patrón, lo que permitiría flexionar a la carcasa interior y poder recibir el cuerpo, una silla que podría fácilmente refrescar o calentar a través de la acción química, las vibraciones y la flexión, una silla que podría incorporar dispositivos electrónicos para los sonidos, y también para la creación de campos iónicos correctos. Una silla que sería una afirmación de todo lo que ha pasado antes y lo que ahora es necesario. Esto lo podemos hacer sin la mecánica, orgánicamente, de la misma manera que las acciones similares, como la respiración, el peristaltismo, los ritmos del pulso que se producen en muchas formas de la naturaleza.

Llevar estos principios más lejos que para la creación de muebles, con la idea de fabricar contenedores para alimentos, para líquidos, nos encontramos con que una vez más la doble pared estructuralmente acanalada en su superficie, lisa en el interior, podría eliminar la necesidad de refrigeración por enfriamiento introduciendo dentro una sustancia química, o cuando se activara o se abriera un envase de este tipo pudiera tras cocinarse la sopa química, proporcionar el mismo recipiente desechable para beber, y de ese modo hacer que la cocina, los lavabos para la limpieza y áreas para el almacenamiento fueran innecesarios, tal como los conocemos.

Una vez más el proceso orgánico crea una inmensa simplificación y permite una gran libertad para el posicionamiento de las áreas dentro del medio ambiente. También en el caso del baño y de la ducha nos encontraríamos con el recipiente de doble pared, que contiene la forma del cuello y vaporiza químicos al ocupante, que limpian el cuerpo y luego lo secan. (fig. 119)

Para llevarlo un punto más hasta el individuo, podría entonces crear sus propias telas plásticas mediante el vertido placentero alrededor de un molde situado en la base del pedestal, lo que le permitiría catalizarse y endurecerse en contenedores continuos para utilizarlos en nuevas formas.

(...) Casas como ésta crecerían con determinados tamaños, se subdividirían o fusionarían para cumplir con funciones más grandes. Se generarían grandes bóvedas a través de chorros que se catalizarían en formas parabólicas al entrar en contacto con el aire. Explotar los patrones de una arquitectura instantánea transformable, en las densidades deseadas, en direcciones conocidas, para duraciones determinadas.

Por la mañana podrían unirse en los suburbios para crear ciudades, y por la noche se moverían como música a otros puntos de espera para las necesidades culturales o para producir los patrones socio-políticos de las nuevas exigencias de la vida.

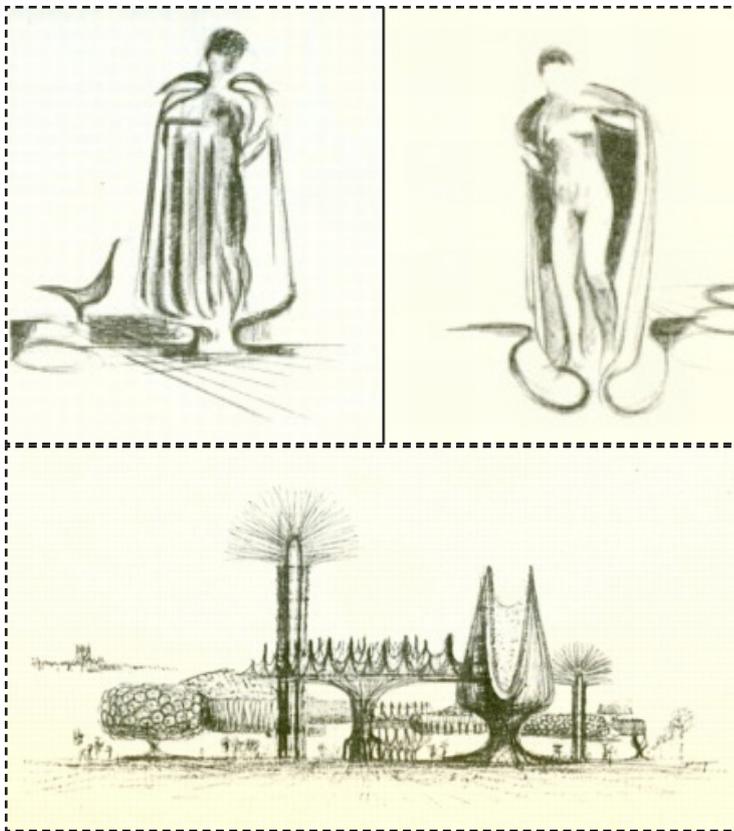


Fig. 119: Recipiente de doble pared para la ducha y ciudad.

Fuente: http://www.lumen.nu/rekveld/wp/?page_id=522

que ha ido ensayando con diversos modelos, consistente en la utilización de masas de agua para desalojar el aire ocupado en cámaras contiguas y permitir así crear una estructura de vacío, que proteja del agua a través del aire. De momento son experimentaciones pendientes de su publicación, pero que estarían encaminadas a la defensa de lugares situados en franjas litorales con amenaza de inundación.

Como guía para la elaboración de este subcapítulo se ha consultado una serie de vídeos⁶⁷, en los cuales aparece Katavolos impartiendo docencia en alguna de sus sesiones en el Pratt Institute, que son muy recomendables, dado que la información publicada sobre él es muy escasa.

También se ha elaborado a partir de las series de bocetos que realizó para su Manifiesto de 1961 (fig. 120) que visualizan la mayor parte de su discurso escrito en el texto *Organics*.

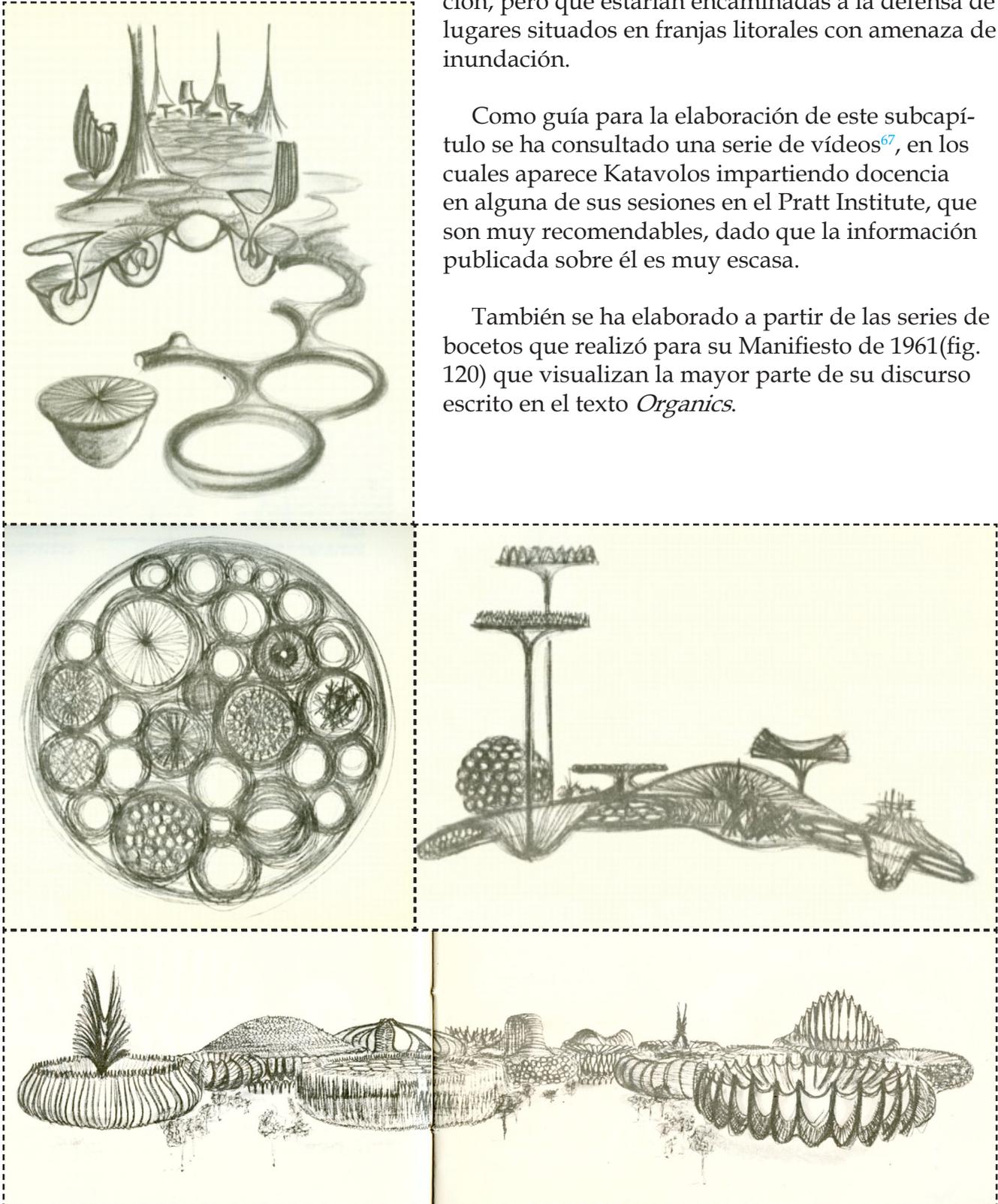


Fig. 120: Bocetos de su ciudad flotante

Fuente: http://www.lumen.nu/rekvelld/wp/?page_id=522

⁶⁷ <http://www.pratt.digitalfutures.info/?s=William+Katavolos&paged=2>

5.2.2 Kiyonori Kikutake, “Marine City” (1958)

“Mi arquitectura fue mi protesta, como antiguo propietario, contra el desmantelamiento de todo el sistema terrateniente...”

Kiyonori Kikutake

Kiyonori Kikutake (Kurume, 1928) es uno de los arquitectos integrante del *Movimiento Metabolista*⁶⁸(*) junto con sus co-fundadores a finales de 1959, Noboru Kawazoe y Kisho Kurokawa, quienes tras conversaciones en repetidas ocasiones, descubren puntos en común que reúnen en lo que llamaron Metabolismo. Pronto se unen a este grupo Fumihiko Maki y Masato Osaka y deciden publicar un Manifiesto en 1960 que se titulará *Metabolism 1960 - The Proposals for New Urbanism*, donde reunían proyectos de los distintos integrantes.

En 1958 Kikutake antes de emprender el Metabolismo como grupo, proyectó lo que más tarde sería la primera propuesta para el Movimiento Metabolista, que tituló *Marine City* (fig. 121).

“The Marine City is moveable, autonomus, and climate controlled” (Kikutake, 1958)

Se trataba de grandes plataformas capaces de flotar por medio de torres de hormigón que eran sumergidas bajo el mar, comportándose como boyas a gran escala y tratando de imitar la estructura y patrones de comportamiento de las medusas.

Los planteamientos de Kikutake, provenían de su protesta contra el desmantelamiento de todo el sistema terrateniente. Afirma que los terratenientes ayudaron mucho al país, creando escuelas, construyendo esclusas, manteniendo las granjas, favoreciendo el cultivo de alimentos...

“... ser propietario es mantener la infraestructura. En el sistema actual, el Ayuntamiento, ya que es el nuevo propietario del suelo público, tiene que considerar qué tipo de infraestructura pública se puede construir. Incluyendo su mantenimiento y uso, el Ayuntamiento

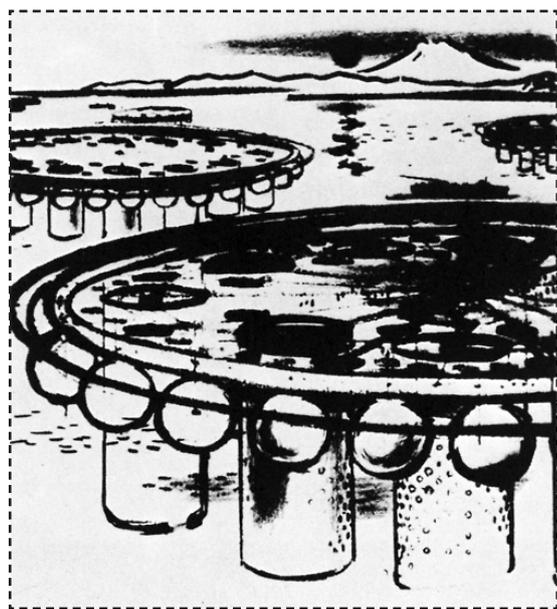


Fig. 121: Marine City

Fuente: KOOLHAAS, R., ULRICH OBRIST, H. (2011) *Project Japan. Metabolism Talks...* Editorial TASCHEN, Colonia.

(*)El Movimiento Metabolista se dio a conocer finalmente en la World Design Conference de 1960 en Tokyo, donde sus propuestas urbanísticas y arquitectónicas llegaron a un gran público entusiasmado por el gran desarrollo económico que se experimentaba en aquella época y que más tarde llegaría a su punto más álgido con la Exposición Universal de 1970 en Osaka.

El término metabolismo fue adoptado de la terminología biológica, que se define como el conjunto de reacciones químicas que efectúan constantemente las células de los seres vivos con el fin de sintetizar sustancias complejas a partir de otras más simples, o degradar aquellas para obtener éstas.

Aplicado a la arquitectura, querían comparar las construcciones y las ciudades que formaban, con los procesos energéticos de los seres vivos. Imaginaban cómo serían las ciudades en el futuro, con grandes aglomeraciones de habitantes, llenas de edificios de gran escala, como gigantescos contenedores de vida urbana con estructuras flexibles, móviles, intercambiables y extensibles mediante un tipo de crecimiento similar al del mundo orgánico.

68 KOOLHAAS, R., ULRICH OBRIST, H. (2011) *Project Japan. Metabolism Talks...* Editorial TASCHEN, Colonia.

tiene que considerar qué tipo de estrategias serían necesarias poner en marcha, con el fin de restituir el antiguo uso que proporcionaban los terratenientes. (Kikutake, 2009)

Kikutake codificó su obsesión por la arquitectura vanguardista basada en el agua, inspirándose en los nenúfares, medusas, boyas y otras criaturas marinas, imaginando esferas flotantes y sistemas en red para alojamientos en general, cilindros hundidos como si fueran excavaciones circulares en el mar, torres flotantes hexagonales que se agregan para formar islas, elementos que se aprovechan del movimiento de las olas y sistemas para el cultivo de alimentos en el mar...(fig. 122) (*)

(*) 1. Como un nenúfar, una superficie flotante que se extiende por todas partes sobre el agua y está compuesta de tubos triangulares de hormigón perfectamente combinados. Se trata de un suelo artificial para la construcción de una ciudad. Los edificios pueden ser construidos sobre ella conectando soportes en los centros o unidades. Para hacer que la estructura sea flotante, las unidades se extienden hacia abajo en el mar hasta que alcancen la flotabilidad necesaria. Otras características impiden que el suelo artificial se balancee en exceso.

2. Al igual que las algas marinas, una cadena expansible y alterna de esferas y cilindros, hechos en hormigón flotarían en el mar. El sistema puede ser utilizado para la producción de alimentos o como una unidad de almacenamiento, sin necesidad de arar o fertilizar la tierra.

3. Al igual que las medusas, los cilindros (patas de hormigón) flotan en el mar, en su mayoría sumergidos y ofrecen un espacio protegido en su interior. En la superficie de la plataforma, ligeros cilindros de hormigón se extienden formando las membranas de la losa. Con la tensión superficial y la flotabilidad, las membranas se pueden llenar de tierra artificial y proporcionar un lugar similar al espacio de una "plaza urbana". El cilindro puede permanecer en las profundidades del mar o en superficie, dependiendo de la población de la ciudad. Dentro de la pared del cilindro, se podrán conectar las unidades de vivienda, cada uno con la luz del sol en una de las ventanas, y puntos de vista hacia las criaturas marinas en la otra.

4. Con el fin de defenderse de las olas del mar, una unidad compuesta de soportes hexagonales, como pilotes, deja la superficie abierta al mar. Las unidades pueden ser combinadas entre sus diferentes puntos de conexión: soportes, forjados o paredes. Cada soporte hexagonal puede elevarse al menos 20 metros sobre el nivel del mar, y se elevan por la liberación de aire.

5. Al igual que una boya, la parte inferior de una esfera se queda flotando en el agua y extiende su tronco hacia la superficie. La esfera tiene un tanque de control en la parte inferior para ajustar su flotabilidad. La estructura es adecuada para utilizarla como una fábrica (especialmente un sistema automatizado), un faro, o para el almacenamiento de alimentos, materiales, o energía. Haciendo un conglomerado similar al desove de una rana, las unidades flotantes pueden lograr una alta estabilidad. Y puesto que la estructura es tan estable, puede introducirse a bastante profundidad en el mar, donde poder evitar las mareas, las olas, o el cambio climático. Esta estructura también se puede personalizar para producir agua dulce, que es crucial para la vida y la fabricación.

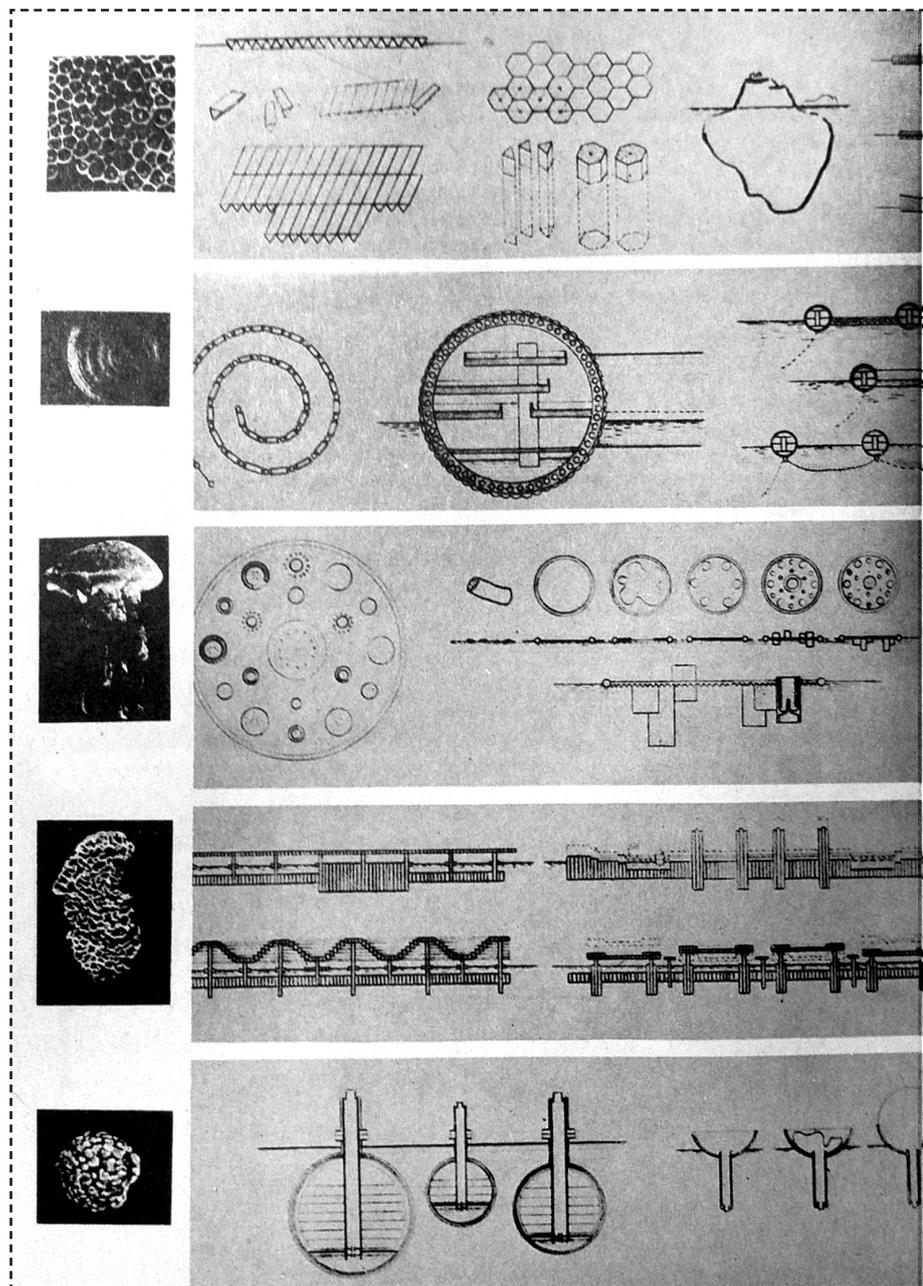


Fig. 121: Algunas estrategias de Kikutake

Fuente: Project Japan: Metabolism Talks

En cuanto a la metodología que utiliza para sus proyectos, Kikutake explica:

“... Me puse a pensar en los métodos de diseño, cuando estaba tratando de crear una arquitectura que satisficiera el programa que se creó para el diseño de “Cho-no-ya” (el edificio de la administración del Santuario Izumo). Sin embargo, me di cuenta de que un programa no es necesariamente inmutable. Entendí la dificultad en el diseño de una arquitectura basada estrictamente en el programa del Santuario. ¿Qué iba a hacer entonces? Me acordé de lo que en la cultura japonesa representa el concepto de “Ka” (Enfoque Visional). Pensé que “Ka” debe identificarse durante el proceso de diseño. Reflexioné sobre los temas de “Ka” (Enfoque Visional) y “Katachi” (el enfoque funcional).”⁶⁹

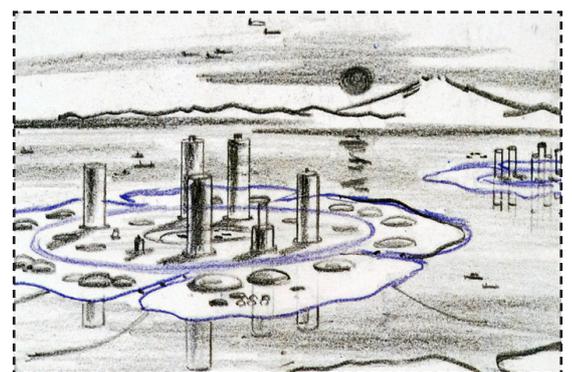
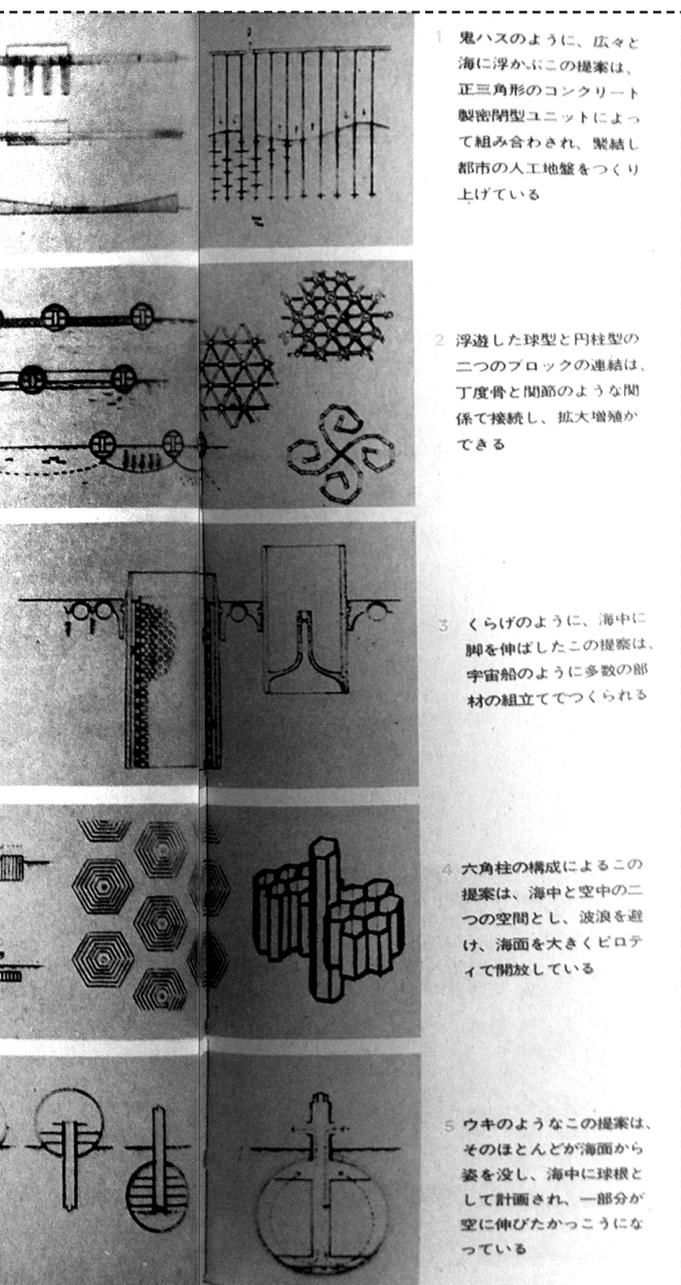


Fig. 122: Marine City

69 KIKUTAKE, K. (200) *From Tradicion to Utopia*. Colección editada por Maurizio Vitta. Editorial Director USA, Impreso en Italia.

Fuente: <http://www.japanfocus.org/-Vivian-Blaxell/3386>

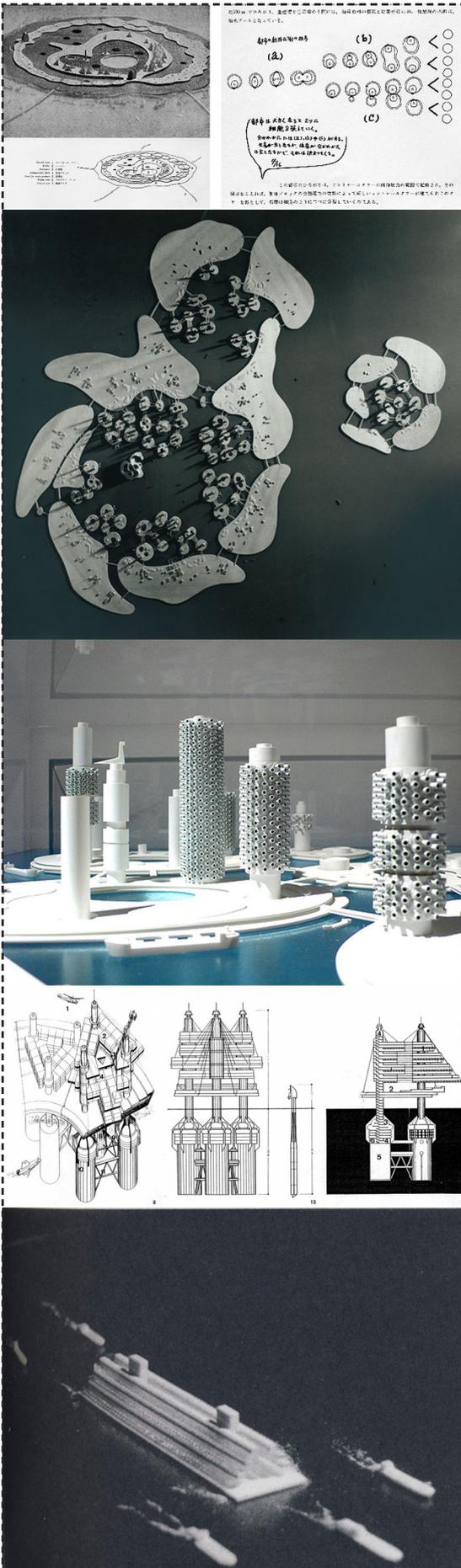


Fig. 123: Algunas estrategias de Kikutake

Fuente: Project Japan: Metabolism Talks

Su arquitectura no trata de mimetizarse con el paisaje sino copiar su configuración. De hecho, su unión con el entorno inmediato nace en realidad del respeto recíproco de sus identidades: la arquitectura y la naturaleza penetran una dentro de la otra, sin mezclarse. El acto de abrazar la tierra se encuentra simbólica en gran parte de sus proyectos. Es, en cierto modo, un gesto conceptual, y es signo de la arquitectura de la expresividad; los procesos como fronteras inciertas entre el artificio humano y la espontaneidad natural, revelan su realidad abstracta.

A lo largo del tiempo, Kikutake ha continuado su trabajo, creando varias versiones de su primera *Marine City*:

- *Ocean City Unabara* (1959)
- *Marine City* (1963)
- *Ocean City* (1968)
- *Marine City Hawaii* (1971)
- *KIC* (1975) (fig. 123)
- (...)

Kikutake termina escribiendo en el Manifiesto de 1960 sobre el Movimiento Metabolista:

“... La civilización de los continentes ha acumulado luchas sangrientas en las relaciones humanas establecidas dentro de los territorios limitados ... una historia sin fin, de guerras ... El mar está a la espera de un nuevo descubrimiento que promete la felicidad verdadera para los seres humanos ...”

Kikutake 1960

Esta conquista de los océanos de la que habla Kikutake, es extensible a la mayor parte de los proyectos que ha realizado en su carrera y una fuente de inspiración para otros arquitectos e ingenieros que también sueñan con estos lugares marítimos.

5.2.3 Kisho Kurokawa, “Floating City Kasumigaura” (1961)

“Los arquitectos vivían en un mundo tan pequeño que pensé que esto era una tontería...”

Kisho Kurokawa

Kisho Kurokawa (Nagoya, 1945) fue el arquitecto más joven que formó parte del Movimiento Metabolista, convirtiéndose con el tiempo en el más prolífico.

En 1961 proyectó la *Floating City*, en el Lago Kasumigaura. (fig. 124)

“Este proyecto ha sido planteado como un proyecto de viviendas que se construirá en la superficie de un lago, en relación con la planificación del nuevo aeropuerto internacional de Tokio en Narita.

La separación vertical de tráfico vehicular y peatonal, sobre las azoteas de la estructura, se proporciona a través de las autopistas y paseos de un sistema de transporte que conecta todas las estructuras de la ciudad. Se proporciona un puerto a cada unidad para el uso de los artesanos en su superficie. Un sistema de escaleras mecánicas en espiral proporcionan el medio de transporte vertical entre los sistemas de transporte de las azoteas y el lago.

Cada dueño de las viviendas es libre de usar cualquier material de construcción que prefiera para la construcción de sus hogares en cada planta que tiene una configuración en espiral y está provista de amplias terrazas.

Una ciudad que se expresa a través de sus habitantes.

La estructura de la ciudad debe ser planificada por el sistema de transporte multiplanar que se centra en las actividades de la vida diaria. En particular, el sistema espiral, o la estructura de hélice, probablemente llevar la tercera dimensión del espacio urbano.

La unidad con forma de hélice espacial es el prototipo de una ciudad con un potencial de crecimiento tridimensional.”⁷⁰

Kisho Kurokawa

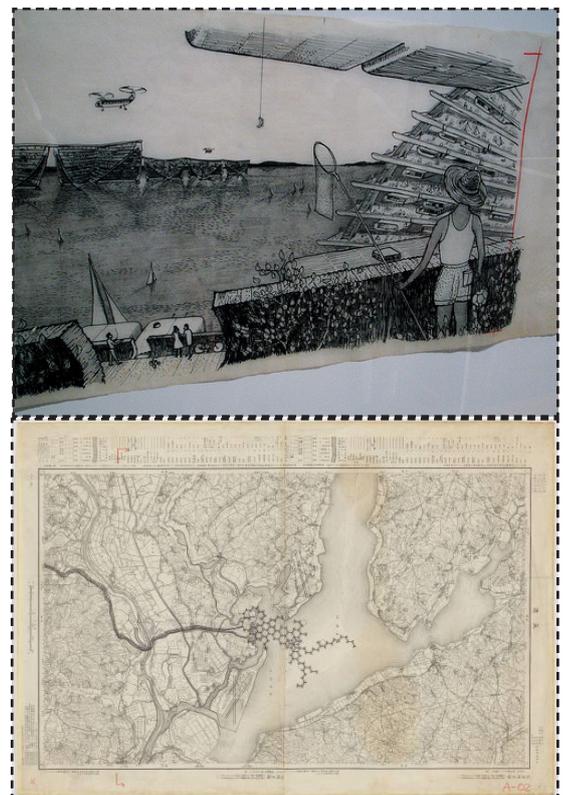


Fig. 124: Floating City

Fuente: <http://www.kisho.co.jp/>

70 Memoria sobre el proyecto *Floating City*

Fuente: <http://www.kisho.co.jp/>

En contraposición al desarrollo que está produciéndose en las inmediaciones de Kasumigaura, un lago al noreste de la capital, propone una suerte de hélices flotantes como la solución ideal para la integración de la vida moderna con la naturaleza.

Kurokawa decide que las estructura helicoidales, originalmente diseñadas como megaestructuras para la ciudad de Tokyo (*Helix City*, fig. 125), pueden también flotar (fig. 126)

Otro de sus proyectos flotantes es la *Floating City Factory Metabonat* (fig. 127):

Publicado por el periódico Asahi Shimbun para el Día de Año Nuevo en el suplemento n° 1970, Kurokawa hace un modelo de las fábricas flotantes que, según él, tienen que acompañar a las ciudades flotantes del futuro.

“La humanidad nació en los océanos y tendrá que volver allí.”

Kurokawa, 1970

Metabonat se compone de módulos flotantes cuadrados para dar cabida a la expansión y renovación de las fábricas. El nombre proviene de el término soviético *Kombinat*, que significa una “zona de industrial estatal-planificada.”

Kombinat de hecho está ahora comúnmente utilizándose en Japón para nombrar los complejos industriales (los cuales están por lo general situado en la costa). Kurokawa metaboliza el concepto soviético / japonés, colocando la industria directamente en el mar (fig. 117)

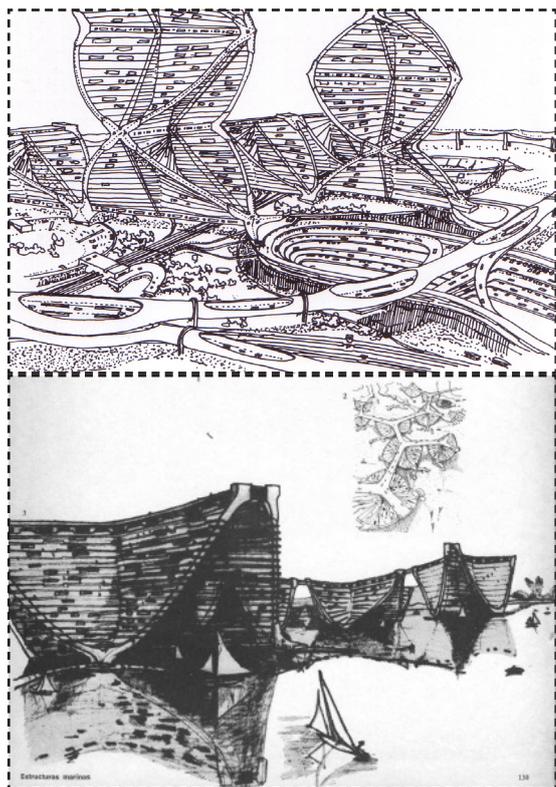


Fig. 125-126: Helix City y Floating City Kasumigaura

Fuente: <http://www.kisho.co.jp/>

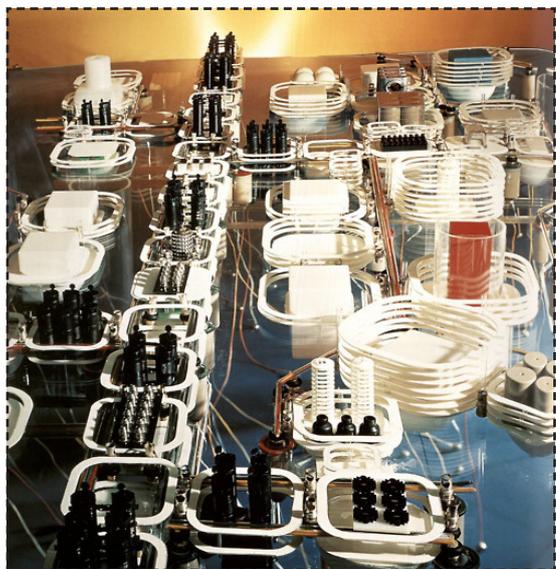


Fig. 127: Floating City Factory

Fuente: <http://www.kisho.co.jp/>

5.2.4 Dietmar Köring, “Floating Permacultura” (2011)

Existen varias definiciones de la palabra *permacultura* (fig. 128), pero nos quedaremos con la que propone Bill Mollison⁷¹ “padre de la permacultura” a quién se le atribuye la invención y práctica de la misma:

“*Permacultura*, es la ciencia del mejor posicionamiento relativo de los componentes en un plan o un modelo para incrementar los recursos, conservar o crear energía y reducir o eliminar la contaminación y los residuos. Es un estudio interdisciplinario que se basa en la riqueza de información, que atraviesa todas las fronteras y está siempre abierta hacia las tecnologías y las informaciones que le asistan en el proceso de conseguir sus objetivos. La Permacultura acoge bajo su paraguas tanto la sabiduría antigua como las modernas tecnologías.”

En una conferencia realizada en Tokyo, Mollison trata de desvelar los “secretos” del por qué se está extendiendo por todo el mundo creando nuevas redes sociales y comunidades, que tratan de conseguir un cambio en el mundo globalizado.

“... Les diré cual es el secreto de la permacultura, por qué se ha propagado así, por qué tiene tanto éxito, por qué desarrolla tanta actividad en todas partes. La primera razón de todas es que no somos expertos. Nos limitamos a ir a los países y decir: “aquí estamos, no venimos de parte del gobierno ni de la industria, estamos aquí para ayudaros si podemos, por favor ayudarnos a ver si os podemos ayudar”. Y la mayoría de la gente reacciona muy positivamente ante esto.

Luego, impartimos un curso de setenta y dos horas de duración y decimos: “vale, aquí tenéis vuestro certificado explicando que habéis disfrutado de setenta y dos horas de nuestra docencia y cualquiera que disfrute con ello merece un certificado, adiós, lo más probable es que nunca regresemos, si deseáis organizar otro curso tendréis que impartirlo vosotros”. Contrastad esto con el sistema de expertos: llegan, hacen algo por alguien y se van. Y nadie sabe nada de cómo completar ese sistema o mantenerlo en buen funcionamiento, ni desde luego de cómo ponerlo en marcha.

Bill Morrison, 1996

71 MCKENZIE STEVENS, S. (2009) *The official rhetoric of permaculture: Motivating behaviour change through environmental communication*. Australian Journal of Communication, Vol 36 (2)



Fig. 128: Mandala de la Permacultura

Fuente: Graham Burnett <<http://www.grahamburnett.net/>>

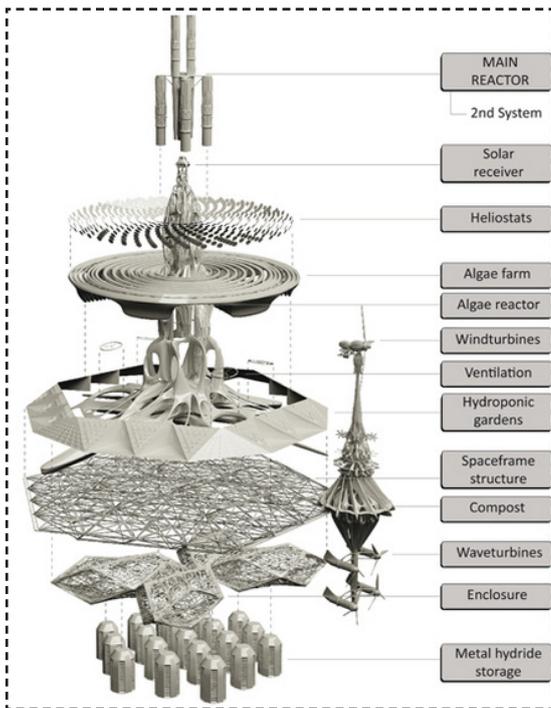


Fig. 129: Sistema metabólico, *Floating Permaculture*

Fuente: <http://www.floating-permaculture.com/>

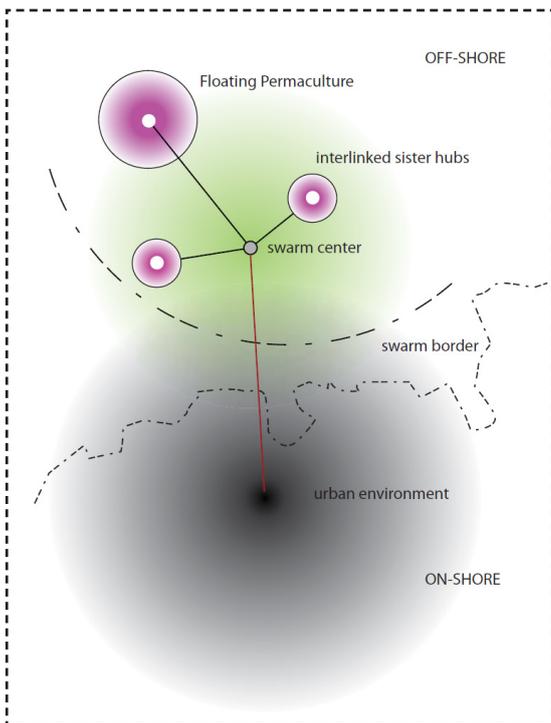


Fig. 130: Ubicación del conjunto con respecto al litoral

Fuente: <http://www.floating-permaculture.com/>

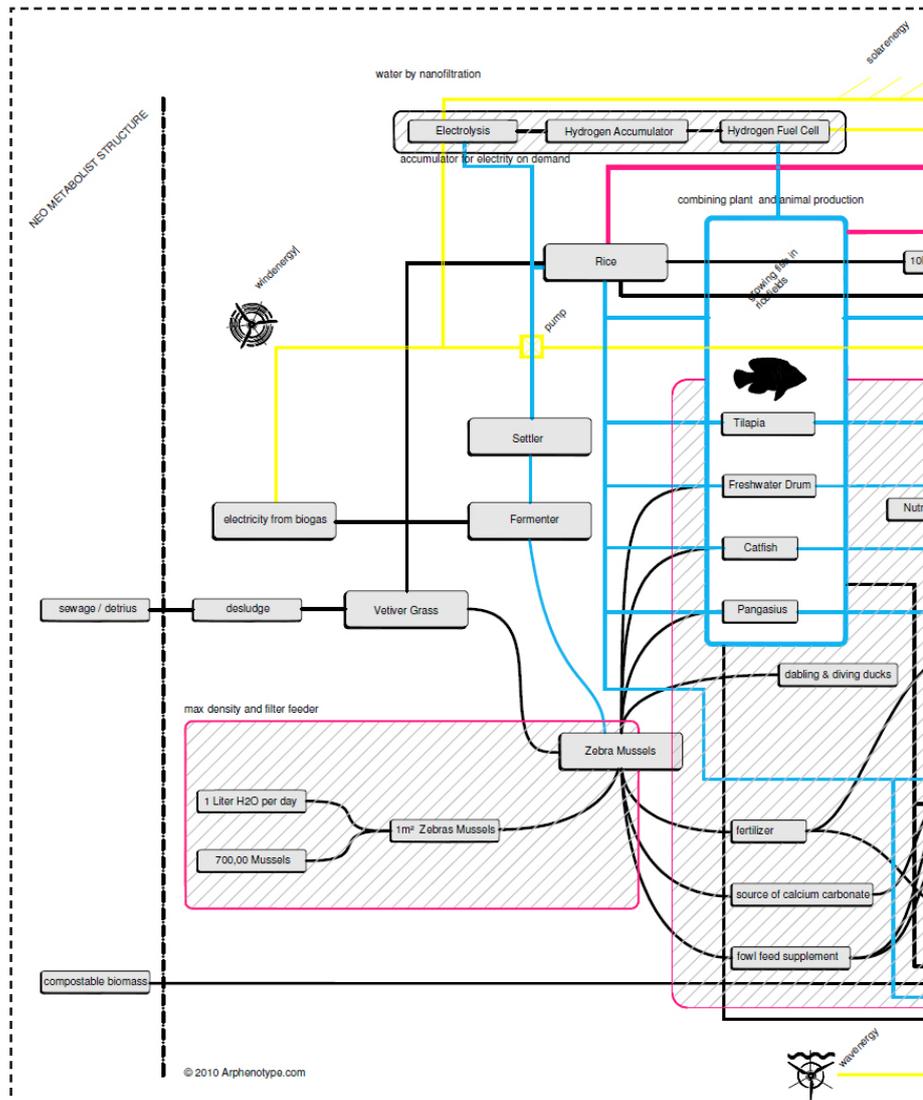
Fig. 131: En el centro, diagrama de funcionamiento del sistema.

Fuente: <http://www.floating-permaculture.com/>

Una vez expuesta a grandes rasgos qué es la permacultura introduciremos a Dietmar Köring.

Dietmar Köring⁷², es arquitecto, investigador y actualmente profesor en las ciudades de Colonia y Berlín. Forma parte de la línea de investigación CHORA City & Energy en la TU Berlín⁷³. Su proyecto de investigación *Floating Permaculture* (fig. 129), fue premiado por NAI (Instituto de Arquitectura de Holanda).

Floating Permaculture es un proyecto que trata de desdibujar los límites entre la creación de megaestructuras flotantes para albergar habitantes interesados en la permacultura, mezclando las ideas y visiones de los metabolistas a través de un proceso de producción de energía y alimentos que se basa en la cibernética, una ciencia desarrollado por Norbert Wiener⁷⁴ en aproximadamente el



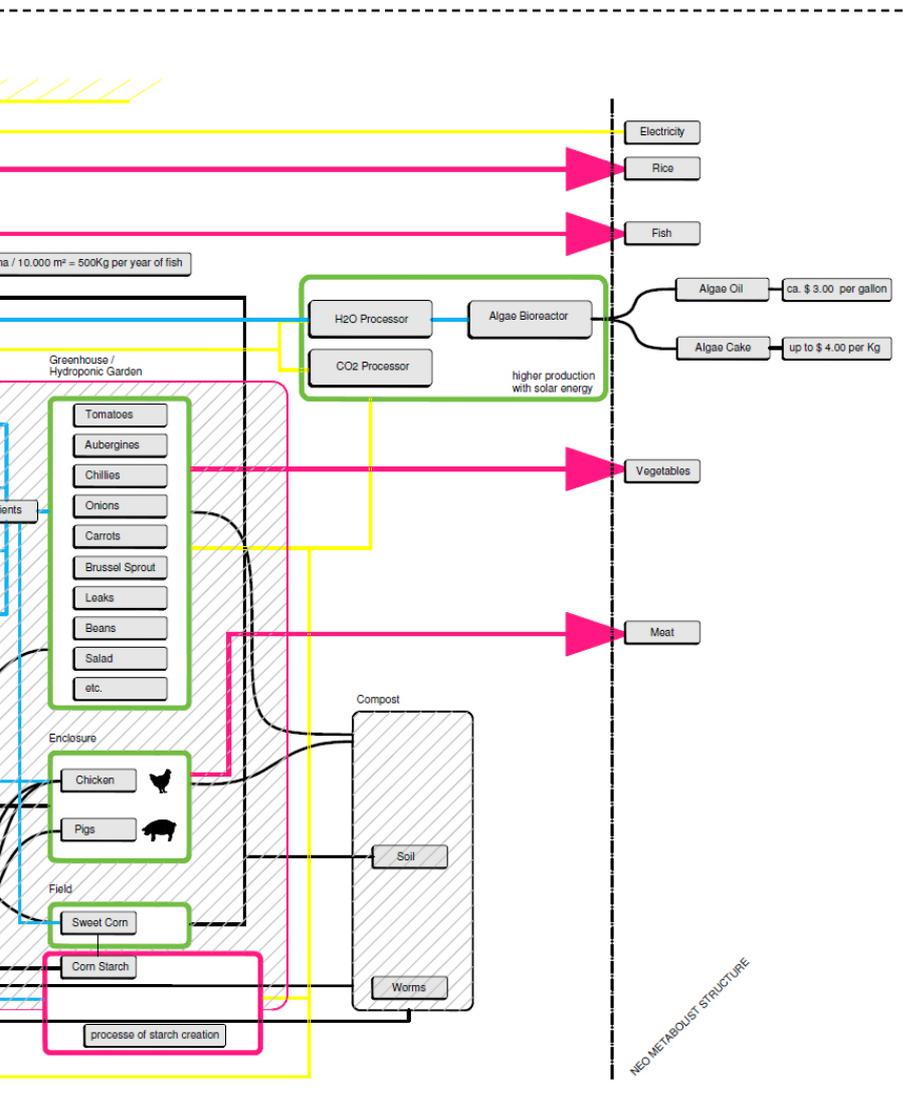
74 Norbert Wiener (1894 - 1964) fue un matemático estadounidense conocido como el fundador de la cibernética, donde acuñó el término por primera vez en su libro *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas*, publicado en 1948.

mismo período que el metabolismo.

“La cibernética abre el camino para combinar con eficacia la ecología y la tecnología en la permacultura flotante, crear balances dinámicos y la eliminación de bucles de retroalimentación negativa.”

Dietmar Köring, 2011

La ubicación y funcionamiento del sistema (*) (fig. 130), busca combinar la energía sostenible y la agricultura en un circuito cerrado. En el proyecto (fig. 131) la entrada de recursos se divide en alimentadores naturales y de residuos. Los alimentadores naturales recogen las aportaciones de los recursos del viento y del sol, mientras que los alimentadores de residuos obtienen el aporte energético de las aguas residuales y la biomasa generada por la megaestructura (fig. 132).



(*) ALIMENTADORES DE RESIDUOS

Los detritos o aguas residuales se bombean a los pastos de vetiver (zizanioides Vetiveria, una planta de la familia de las gramíneas) y luego sobre una capa de mejillones cebra (*Dreissena polymorpha*). El mejillón cebra, que normalmente está considerado como parásito en los lagos, son parte de un sistema cerrado en el que actúan como alimentadores del filtro. Por otra parte, se utiliza la carne y rallado cáscara de los mejillones cebra como una fuente de alimento para los peces y el calcio para la alimentación de pollos. Después de limpiar la biomasa, se pre-purifica en el fermentador. Entonces, después de pasarlos a través de una máquina de deshidratación y un biorreactor, los residuos terminan en un sedimentador, que está vinculado a la de base de compostaje, que puede ser utilizado como fertilizante en los campos de arroz o invernaderos. En los campos de arroz se utilizan combinaciones de pescado (pez gato, tilapia, pangasius y el tambor de agua dulce) para aumentar la producción agrícola en los arrozales.

El beneficio positivo es que el excremento de los peces funciona como un fertilizante natural para el arroz. El agua enriquecida con el fertilizante de los arrozales es introducida luego en los sistemas hidropónicos de los invernaderos. Sistemas hidropónicos tienen mucho éxito en la producción ilegal de cannabis. Un ejemplo de una aplicación legal es la granja vertical en el zoológico de Paignton (2009).

Estos grupos de animales combinados con plantas, ya se utilizan en la *Science Barge*, en Nueva York, donde los excrementos del siluro se utilizan como fertilizante natural en pequeños sistemas hidropónicos. El invernadero se enfría mediante el uso de paneles compuestos con vetiver, por lo que el agua de riego enfría el aire. Además, una vez que el panel se pudra con la hierba, se elimina como residuo natural a un área de compostaje. En invierno, los invernaderos se calientan por medio de energía solar pasiva. El área de compostaje transforma la biomasa en el suelo utilizando bacterias y gusanos. Más abajo, en la línea de producción, los gusanos se utilizan como alimento para los peces. Este uso de compost está conectado a la salida de la biomasa compostable de las megaestructuras. El suelo generado desde el compost se utiliza en los campos de maíz mencionados y arroz.

Otro alimento compuesto y fuente de nitrógeno para el sistema es almidón del maíz, que puede ser almacenado y usado ante la posible demanda, y que cierra el ciclo uniendo de nuevo los animales y la producción de cultivos.

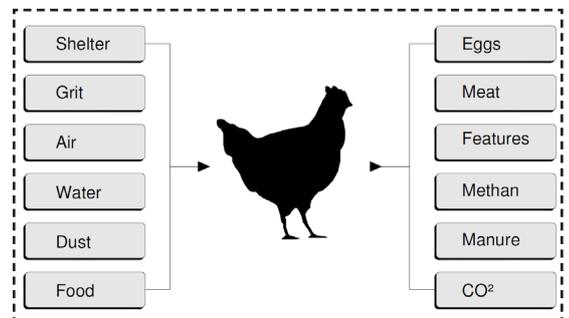


Fig. 132: Entrada y salida de recursos en un pollo
Fuente: <http://www.floating-permaculture.com/>

5.3 Encima del agua (elevadas)

5.3.1 Los Fuertes de Maunsell (1943)

El 13 de Mayo de 1940, Wiston Churchill condensó en un discurso la resistencia por parte de Inglaterra de caer en manos del poder alemán, con aquellas palabras que quedaron grabadas por siempre:

“No tengo nada más que ofrecer que sangre, esfuerzo, lágrimas y sudor.” (Churchill, 1940, Cámara de los comunes)

Inglaterra asumió para siempre la defensa por la democracia, sin temer al hecho de poder quedarse prácticamente sola, tal y como caricaturizó David Low con las flotas aéreas alemanas en posición de ataque, mientras una gran tormenta marina azota la figura de un soldado inglés con su fusil y el puño levantado, desafiante en la costa inglesa gritando *Very well, alone* (“Muy bien, sólo”) (fig. 132).



Fig. 132: En el centro, viñeta de David Low (<http://www.johndclare.net/wwii5.htm>) junto con Red Sand Towers <http://www.flickr.com/groups/81478685@N00/pool/>

Elaboración propia

Podemos imaginar por un instante, lo difícil de la vida de estos soldados ingleses aislados en estos fuertes marítimos, protegiendo la costa inglesa de los ataques aéreos de los Nazis. El campo de batalla se situaba de este modo, en una posición estratégica lejos de la costa donde poder detectar y batir los aparatos de guerra alemanes, antes de su llegada a la costa.

“Un campo de batalla es una gran descarga de energía instantánea (un despliegue de fluidos y energía) que cataliza todas las proyecciones en el tiempo sobre un lugar. Actúa en términos culturales como la explosión de un volcán lo hace en términos biológicos, polarizando irreversiblemente el espacio y el tiempo... una suma de secuencias que es en definitiva un film, la

construcción de un paisaje de la memoria, de un guión de guerra en el que los fantasmas se nos confunden con los largos 10 minutos de la secuencia inicial de *Salvad al soldado Ryan*⁷⁵

La construcción de estas piezas, destinadas a la defensa inglesa en La Segunda Guerra Mundial, fue liderada por el ingeniero británico Guy Maunsell (1884-1961) (fig. 133).

En 1940, Londres era el puerto más activo del mundo y por supuesto un objetivo mundial para todas las fuerzas de asedio exteriores. Era primordial defender las posiciones costeras en defensa de estos puertos. Para ello el Almirantazgo solicitó a Maunsell la tarea de diseñar una serie de fortalezas marítimas para el Ejército que se irían situando estratégicamente en los estuarios de Mersey, en las cercanías de Liverpool y más tarde en el estuario del Támesis.

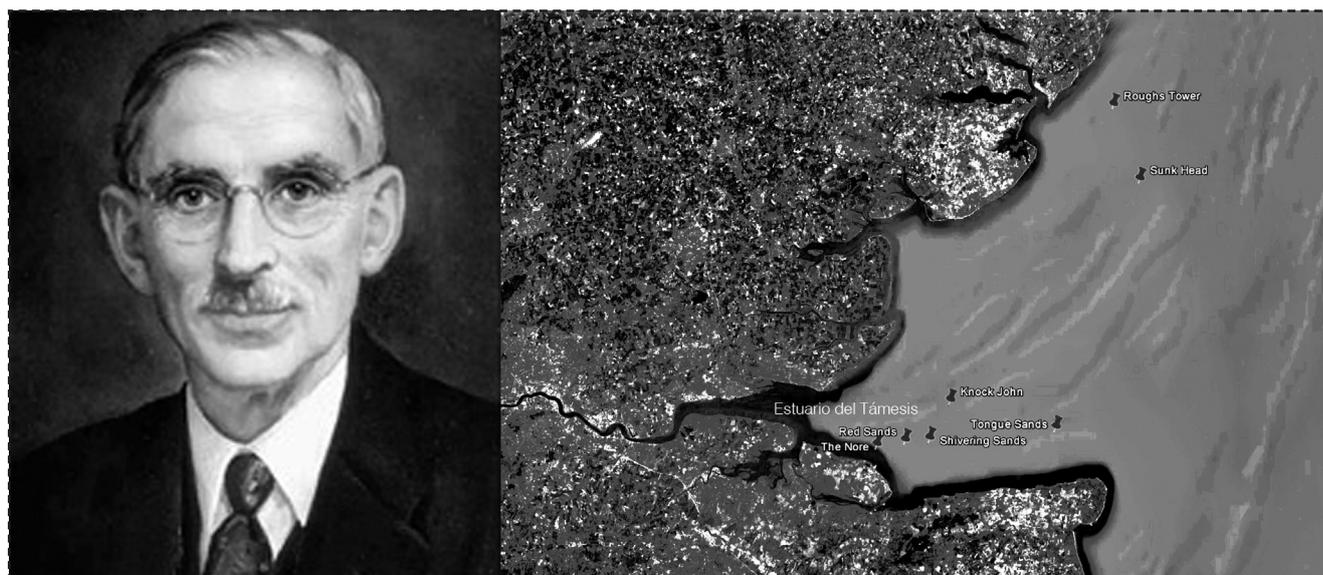


Fig.133: Guy Maunsell <http://www.engineering-timelines.com/who/Maunsell_G/maunsellGuy7.asp> y ubicación de algunas de las estructuras militares.

Elaboración propia

En el mapa podemos ver la ubicación de algunas de las construcciones encontradas tras la revisión de diferentes mapas y localizaciones:

Sunk Head Naval Fort “U2” (AKA “Churchill One”)

(51°49'14.29"N – 1°31'41.10"E)

Tongue Sands Naval Fort “U3” (51°27'34.19"N – 1°19'39.57"E)

Great Nore Army Fort “U5” (51°26'6.77"N – 0°54'41.47"E)

Red Sands Army Fort “U6” (51°29'04.00"N – 1°08'09.06"E)

Shivering Sands Army Fort “U7” (51°26'39.16"N – 1°2'3.03"E)

Knock John (51°29'58.76"N – 1°4'57.39"E)

75 ÁBALOS, I. (2005). *Campos de batalla*. Barcelona: Edita Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.

Roughs Tower (51°55'46.08"N - 1°28'4.32"E)

Las agrupaciones de torres de defensa fueron Red Sands, Great Nore y Shivering Sands. El resto que aparecen en el mapa son destacamentos navales formados por grandes columnas de hormigón a modo depósitos donde se albergaban los camarotes y demás estancias para el abastecimiento y funcionamiento de la base. Se centrará el discurso en el que todavía mantiene sus siete torres en pie, ya que las otras dos tuvieron diversos ataques y accidentes por parte de barcos que durante la oscuridad de la noche chocaban contra ellas.

Las tres son estructuras modulares de acero, con programas diferenciados de almacenaje, centro

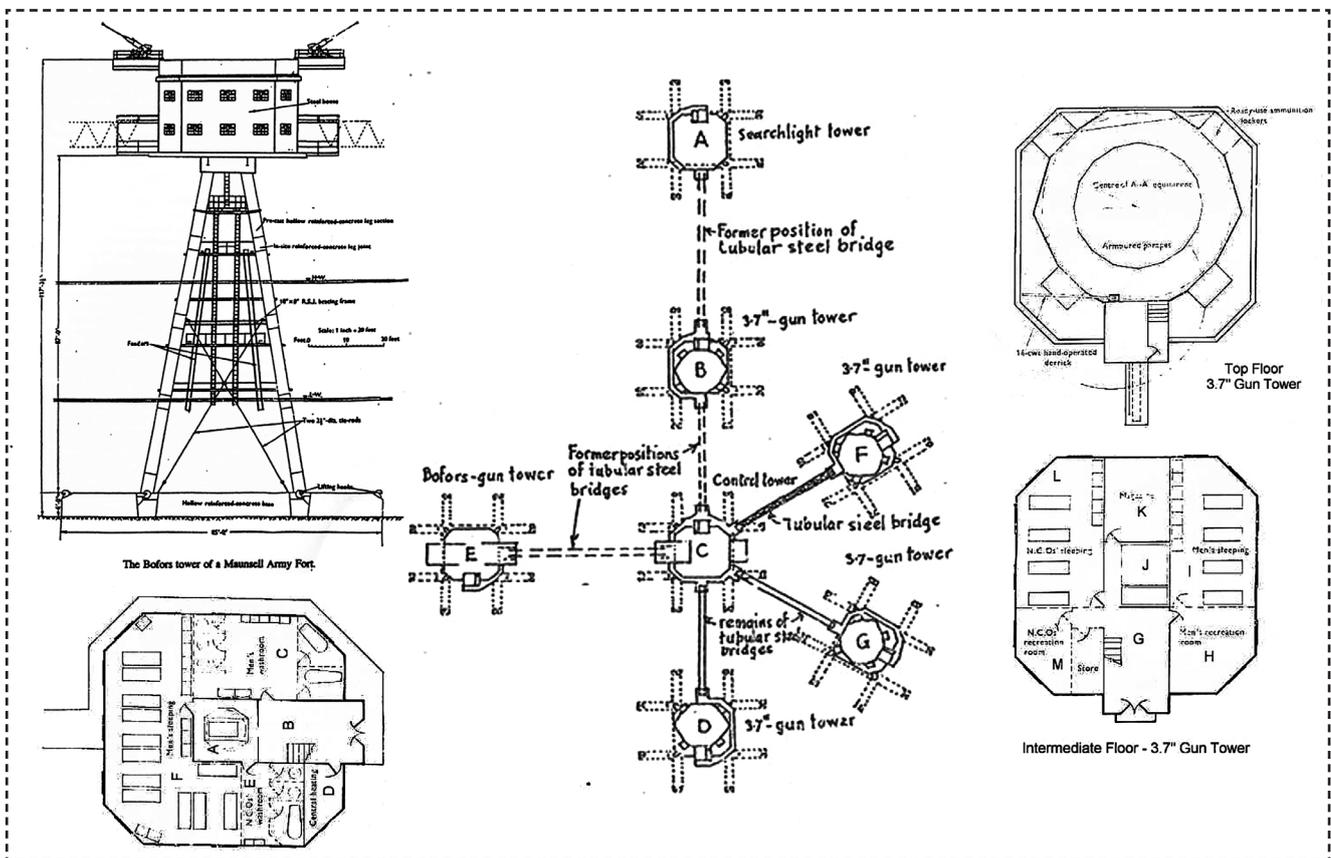


Fig.134: Alzado y plantas de distribución.
Fuente: <http://www.bobleroi.co.uk>

Elaboración propia

de comunicaciones, dormitorios, zonas de ducha, cocina, para conseguir perdurar las estancias de los soldados que ocuparían estos centros de defensa.

Para el Támesis, Maunsell optó por utilizar el diseño que había desarrollado para el Mersey, aunque las torres no iban a ser tan altas ya que el estuario del Támesis no es tan profundo. El plan era construir siete fuertes de siete torres (fig. 134).

Sin embargo, sólo tres fueron construidas, con un coste de 724.000 £:

HM Fort Nore (U5) se desplegó entre el 20 de mayo y el 4 de julio de 1943. HM Fort Red Sands (U6, en la foto arriba) entre el 23 de julio y 3 de septiembre. HM Fort Shivering Sands (U7) se desplegó entre los días 18 de septiembre y 13 de diciembre. Todos fueron localizados en aguas de menos de 30 metros de profundidad, y todavía están en su lugar, excepto Fort Nore, que fue desmantelado en 1959-60. Cada uno de estos fuertes marítimos portaba cuatro cañones QF de 3,75 pulgadas y dos cañones Bofors de 40 mm. A finales de los años 50 fueron todas desarmadas.

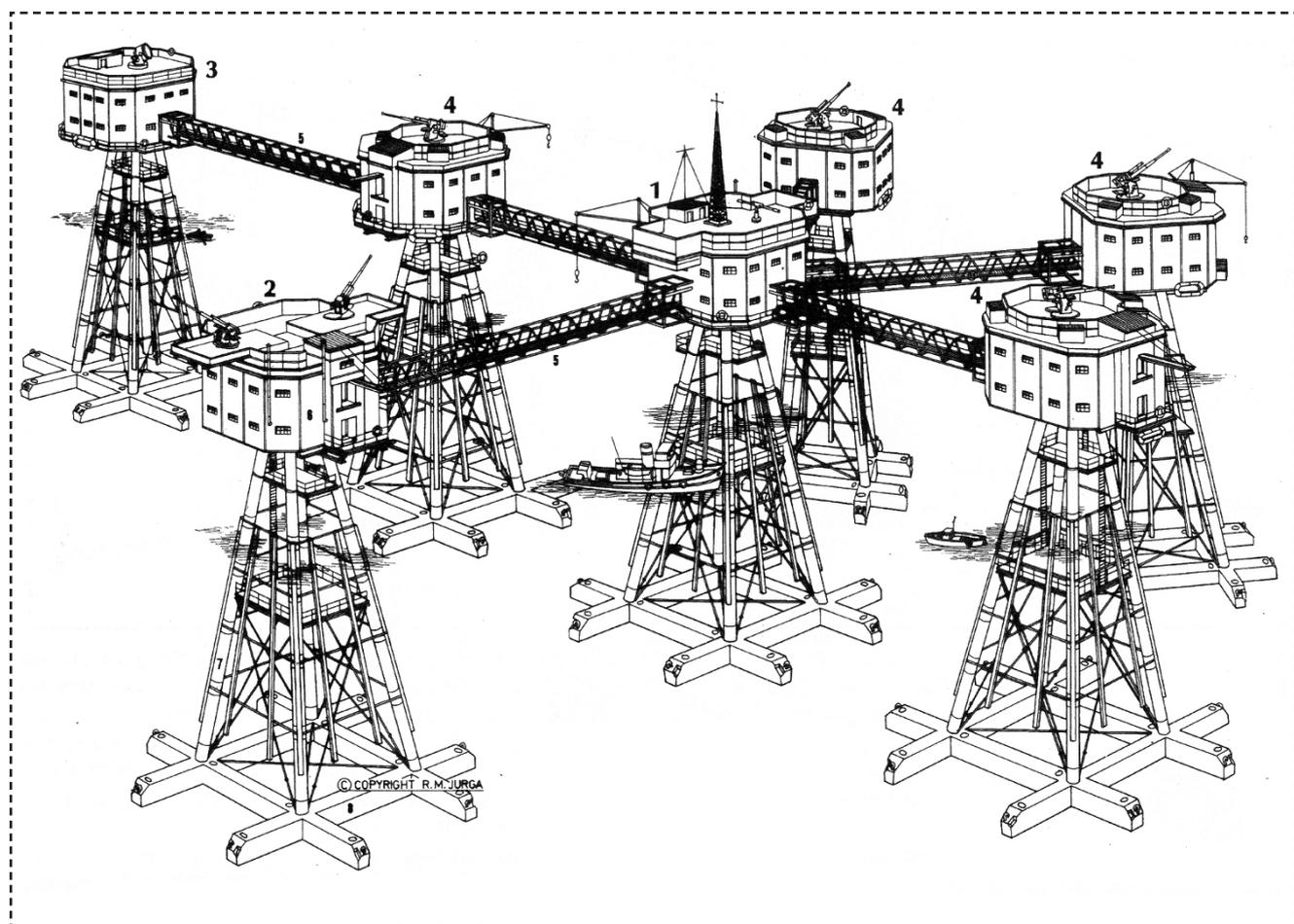


Fig.135: Perspectiva del conjunto.

Fuente: R.M. Jurga

En la perspectiva (fig. 135), los números indican cada uno de los usos para los cuales estaban destinadas las torres. La número 1, era la torre de control y comunicaciones. La número 2, la llamaban "La torre Bofors" puesto que era la que portaba los cañones Bofors de 40 mm. La número 3, era la que portaba el reflector. Las torres marcadas con el número 4 son las que portaban los cañones QF de 3,75 pulgadas, formando un arco de manera estratégica que cubrían todo el rango Norte-Es-

te-Sur y respaldadas por los cañones Bofors. La fortaleza de Shivering Sands, al igual que Fort Nore que sí fue desmantelada, estuvo involucrada en un accidente, durante la ocupación por una radio pirata durante la década de 1960. Este accidente tuvo que ver también con el choque de navíos que durante la noche chocaban contra las estructuras, sobre todo en días de niebla. De Shivering Sands quedan seis torres en pie.

Red Sands, también fue utilizada por varias estaciones de radio piratas durante la década de 1960 y a día de hoy es la que está en mejor estado de conservación, con sus siete torres todavía en pie.

De Maunsell a Sealand

¿Se puede crear un país de la nada en un entorno acuático? Parece que sí, aunque pueda sonar a utopía, Paddy Roy Bates⁷⁶ lo consiguió.

Roy ocupó el fuerte naval de Knock John e instaló Radio Essex, luego rebautizada BBMS - Britain's Better Music Station - pero es más conocido por sus actividades post-pirata. Para él su sueño de poder tener su propio país, (en este caso un micro-país) fue realizado tras tomar Roughs Tower donde vive desde 1964, como el Principado de Sealand (fig. 136).

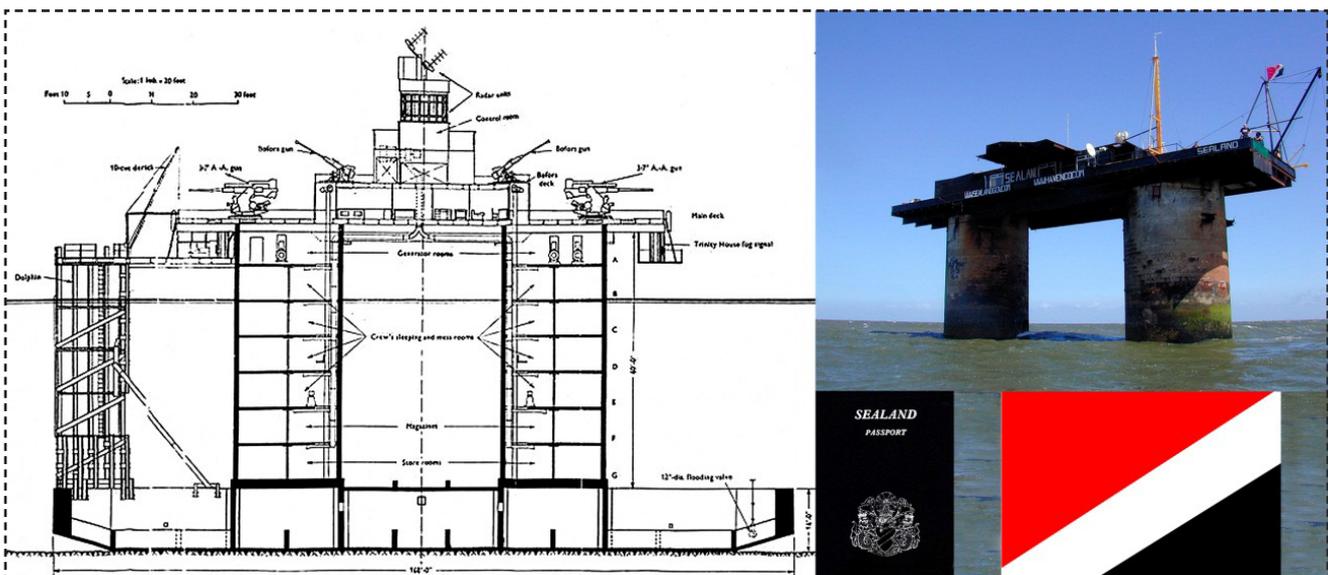


Fig.136: Principado de Sealand. Sección de Roughs Tower, bandera y pasaporte.

Fuente: <<http://www.sealandgov.org/>>

76 <http://www.sealandgov.org/about>

Rough Towers forma parte del grupo de estructuras militares que diseñó Guy Maunsell. En este caso se trataba de dos grandes cilindros de hormigón a modo de pilares huecos, donde se albergaban los destacamentos militares, que servían de soportes para una gran plataforma de acceso y control, provista de armamento antiaéreo. La ubicación de esta estructura se sitúa a una distancia aproximada de 7 millas náuticas de la costa, que es más del doble de la entonces aplicable ley territorial de aguas de 3 millas. Por tanto se encuentra en aguas internacionales en el Mar del Norte. Fue desertada y abandonada, *'res derelictae y terra nullius'*. El 2 de septiembre de 1967 Roy Bates se mudó con su mujer y su hijo fundando el "Principado de Sealand". Creó un escudo y una bandera, una moneda (el dólar de Sealand equivalente al estadounidense), un idioma oficial (inglés) y un lema "E Mare Libertas".

El autor de este TFM en 2010, utilizó estas estructuras marítimas como estaciones de vigilancia y control del nivel de las mareas, en un proyecto ideado para la ciudad de Londres; Red Sands, volvía a funcionar no como radio pirata (estuvo durante unos años ocupada por varias radios piratas), sino como vigilante marítimo encargado del envío de una señal a la torre de control de la Barrera del Támesis, para el cierre de compuertas y poder salvaguardar Londres de una posible inundación por aumento del nivel del mar (fig. 137).



Fig.137: Red Sands <<http://intheboatshed.net>> y gráfico para Utopía n°100 [Londres 2100] de Ángel Martínez <<http://amg10.wordpress.com/click-project/>>

Elaboración propia

El sueño y/o utopía que hizo realidad Roy Bates, es uno más de los muchos que subyacen en la mente de arquitectos, que sueñan con construir en el mar ciudades, creando todo tipo de islas artificiales que convivan con el agua.

Parece que la misión de los Fuertes de Red Sands tras la guerra, no ha terminado y están como a la espera de poder servir para otro tipo de fin. Parecen pertenecer a otro mundo, pero están ahí formando parte de un paisaje inusual en el mar y que es muy posible que se repita y reconstruya de otra manera en otros lugares. Este tipo de estructuras evocan la conquista de nuevos asentamientos fuera de tierra firme, donde poder elevarse por encima de niveles de agua amenazantes

A continuación unas imágenes de las estructuras de Maunsell (fig. 138)

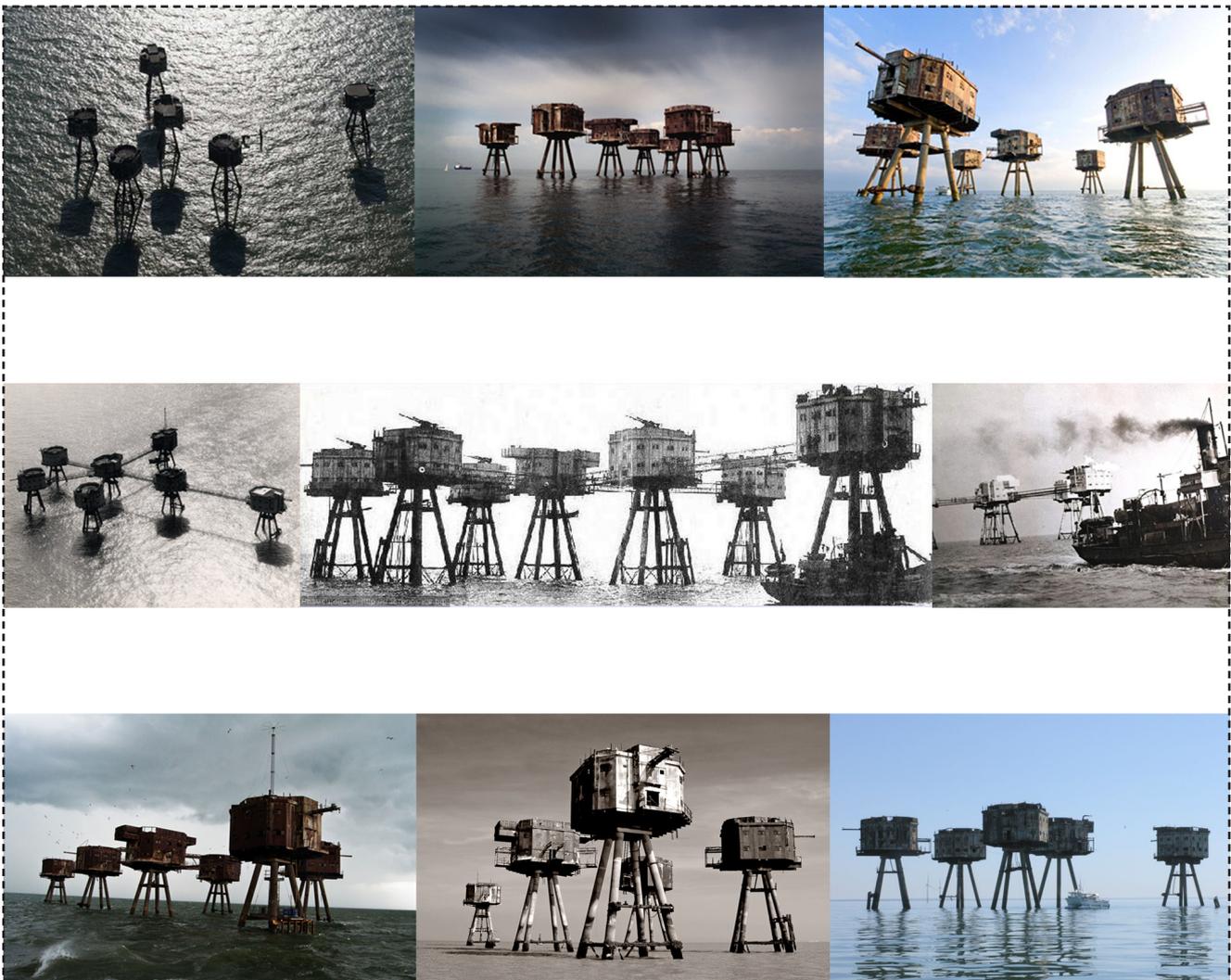


Fig.138: Fuertes de Maunsell

Fuente: <<http://www.project-redsand.com/project.htm>>, <<http://subterrain.org.uk/maunsell/>>, <<http://www.artificialowl.net>> y otras
Elaboración propia

5.3.2 La ciudad espacial de Yona Friedman (1956)

“A finales de los años cincuenta y durante los años sesenta, algunos me consideraban un utópico. Pero yo me veo como un realista. Toda mi obra trata de demostrar que todo aquello que la gente experimenta como utópico puede hacerse realidad. Así que imagino que mi papel es el de alguien que proporciona ideas sobre las que reflexionar. Hacer pensar a la gente. Y cuando lo logro, ¡me siento muy feliz!”

Yona Friedman

Yona Friedman (fig. 139), arquitecto nacido en Budapest (1923-2010) y autor de entre otros, de textos tan emblemáticos como *L'Architecture mobile* (1956) o *Pour une architecture scientifique* (1971), comenzó su trabajo profesional en Haifa (Israel) intentando que los futuros habitantes de un conjunto de viviendas proyectado, participaran de forma activa tanto en su concepción como en la planificación de las mismas. Allí conoció a Konrad Wachsmann⁷⁷, cuyos trabajos teóricos sobre las técnicas de prefabricación y las estructuras tridimensionales (fig. 140) tuvieron una gran influencia en la gestación de sus propuestas y su discurso teórico.

A partir de este primer trabajo, desarrolló su teoría sobre la “arquitectura móvil” que presentó al X Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM) (Drubrovnik, 1956).

Más adelante, en los años 60 empieza a interesarse por el cine de animación, creando una película animada titulada *Films d'animatio* (1960 - 1963)

La *arquitectura móvil* es un pensamiento teórico-arquitectónico, plasmado en dibujos, esquemas y escritos, donde apostaba por la generación de “entornos cambiables”, mediante dispositivos arquitectónicos flexibles que pudieran transformarse



Fig.139: Yona Friedman

Fuente: <http://www.telecapita.org/artes/images/yona.jpg>

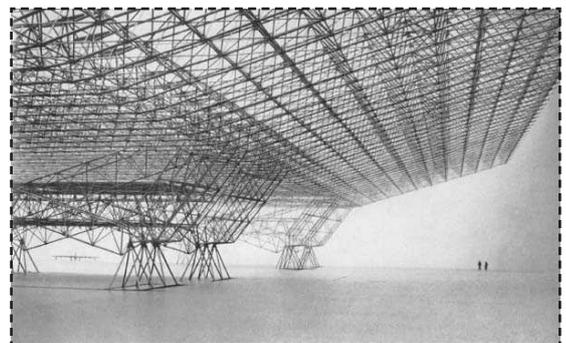


Fig.140: Konrad Wachsmann, Estructura para hangar (1945)

Fuente: http://www.axxio.net/waxman/content/usaf/usaf_hangar.htm

⁷⁷ Konrad Wachsmann, arquitecto norteamericano de origen alemán. Se trasladó a EE UU y fundó en Nueva York, con W. Gropius (1941-1948), la General Panel Corporation para la producción de elementos prefabricados. En 1946 patentó el sistema Modular Structure. Resumió sus búsquedas teóricas en *Un giro en las construcciones* (1961). Fue profesor del Instituto de Tecnología de Illinois (Chicago) y director del Departamento de Investigación de Arquitectura Avanzada, y también impartió clases en Japón, Israel, Austria y Alemania

en función de los gustos, intereses y necesidades de sus futuros usuarios (fig. 141 - 142).

Estos conceptos de arquitectura adaptativa, reconfigurable, en permanente construcción, indeterminada... basan su potencia en el proceso y no en la construcción final. Se trata por tanto, de una "arquitectura elástica" capaz de adaptarse mediante pequeñas variaciones en su geometría indefinida a las necesidades reales de usuarios reales, en contra de los modelos rígidos e impositivos tradicionales que a juicio de Friedman se confeccionan para configurar el urbanismo del último siglo.

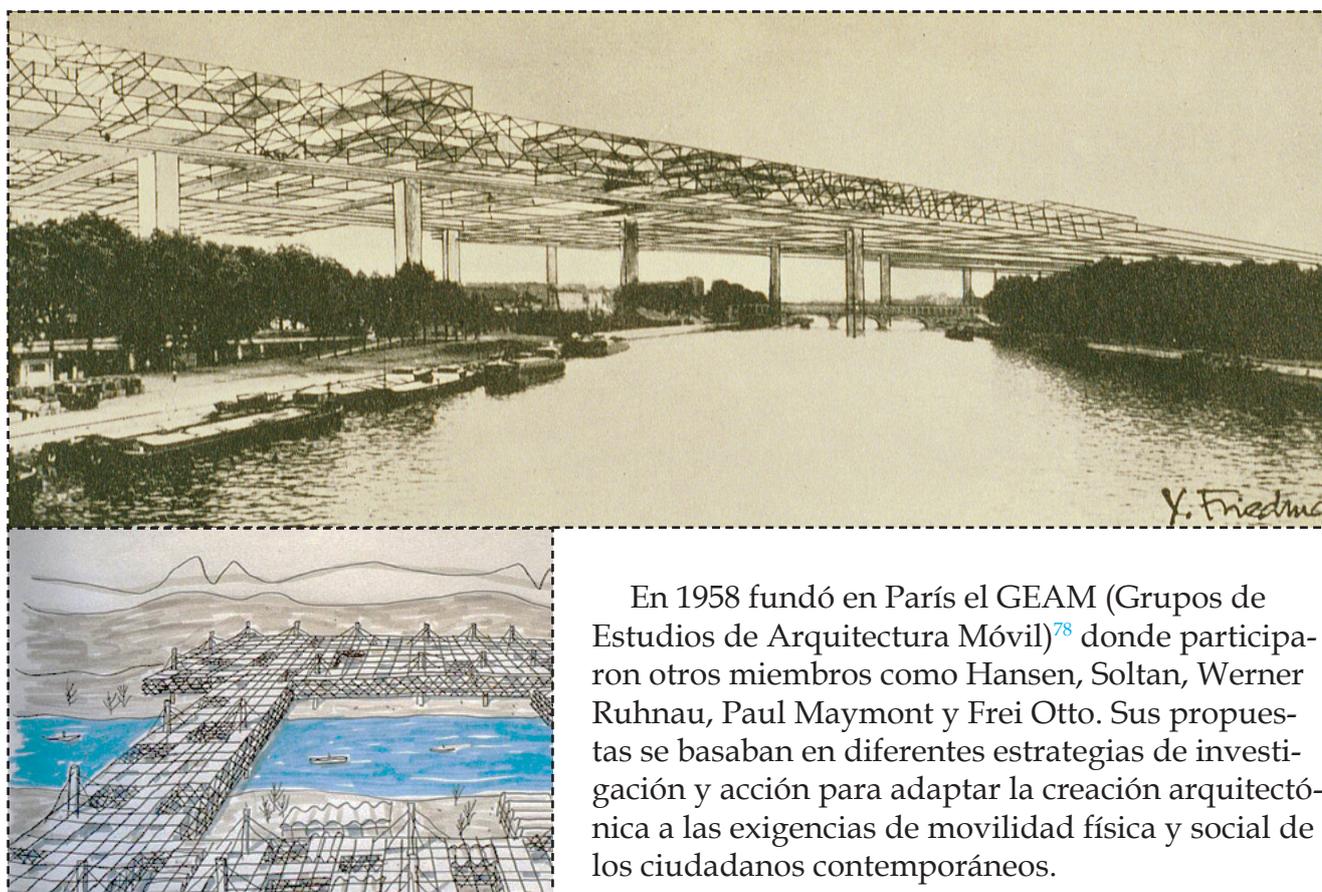


Fig. 141 - 142: Ciudad Espacial de Yona Friedman

Fuente: FRIEDMAN, Y. (2006) *Pro Domo*. Editorial Actar, Barcelona

En 1958 fundó en París el GEAM (Grupos de Estudios de Arquitectura Móvil)⁷⁸ donde participaron otros miembros como Hansen, Soltan, Werner Ruhnau, Paul Maymont y Frei Otto. Sus propuestas se basaban en diferentes estrategias de investigación y acción para adaptar la creación arquitectónica a las exigencias de movilidad física y social de los ciudadanos contemporáneos.

Friedman ante todo se mostraba como un arquitecto comprometido con la sociedad, hasta tal punto que rechazaba frontalmente la idea de que el conocimiento arquitectónico sólo fuera propiedad exclusiva de profesionales y especialistas que antepusieron sus preferencias de índole técnica o estética

.....
78 Fundada en 1958 como un grupo de jóvenes arquitectos europeos, el GEAM (Groupe d'Études d'Architecture Mobile) y su programa, contemporáneos al *TEAM X* daban soporte a la *arquitectura móvil* que podía adaptarse de forma flexible a las necesidades de sus habitantes. El *GEAM* asume una posición central basada en nuevas arquitecturas visionarias, pero en lugar de convertir su discurso en un cúmulo más de imágenes arquitectónicas y de ciencia ficción, los diseños del *GEAM* debían entenderse como un intento de localizar la arquitectura en un nuevo contexto.

a los deseos y necesidades reales de las personas. Para ello desarrolló una serie de “manuales” que trataban de forma didáctica sus pensamientos y teorías arquitectónicas para hacerlas llegar a más personas. Más tarde estos manuales se adaptaron para publicar su libro *Pour une architecture scientifique*, donde describe su “método científico” en formato de viñeta al estilo cómic (fig. 143)

La principal materialización de la teoría de la “arquitectura móvil” de Yona Friedman sería su concepto de “ciudad espacial” (*ville spatiale*). Esto es, estructuras flotantes tridimensionales (en las que la disposición de sus elementos puede variar) que se incorporan al trazado urbano de ciudades, o también a zonas no urbanizables, como embalses, marismas o terrenos agrícolas, puentes (fig. 144) o ciudades con problemas demográficos.

Estas mallas modulares elevadas del terreno ayudarían a paliar los endémicos problemas de habitabilidad y convivencia que sufren las grandes urbes contemporáneas, pues según Friedman, permitirían multiplicar la superficie habitable

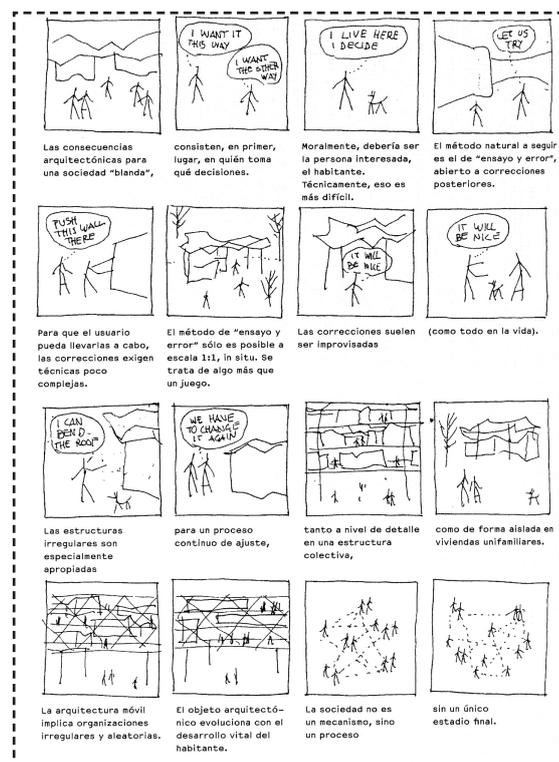


Fig.143: Viñetas donde Yona Friedman trata de explicar gráficamente parte de su pensamiento teórico

Fuente: FRIEDMAN, Y. (2006) *Pro Domo*. Editorial Actar, Barcelona

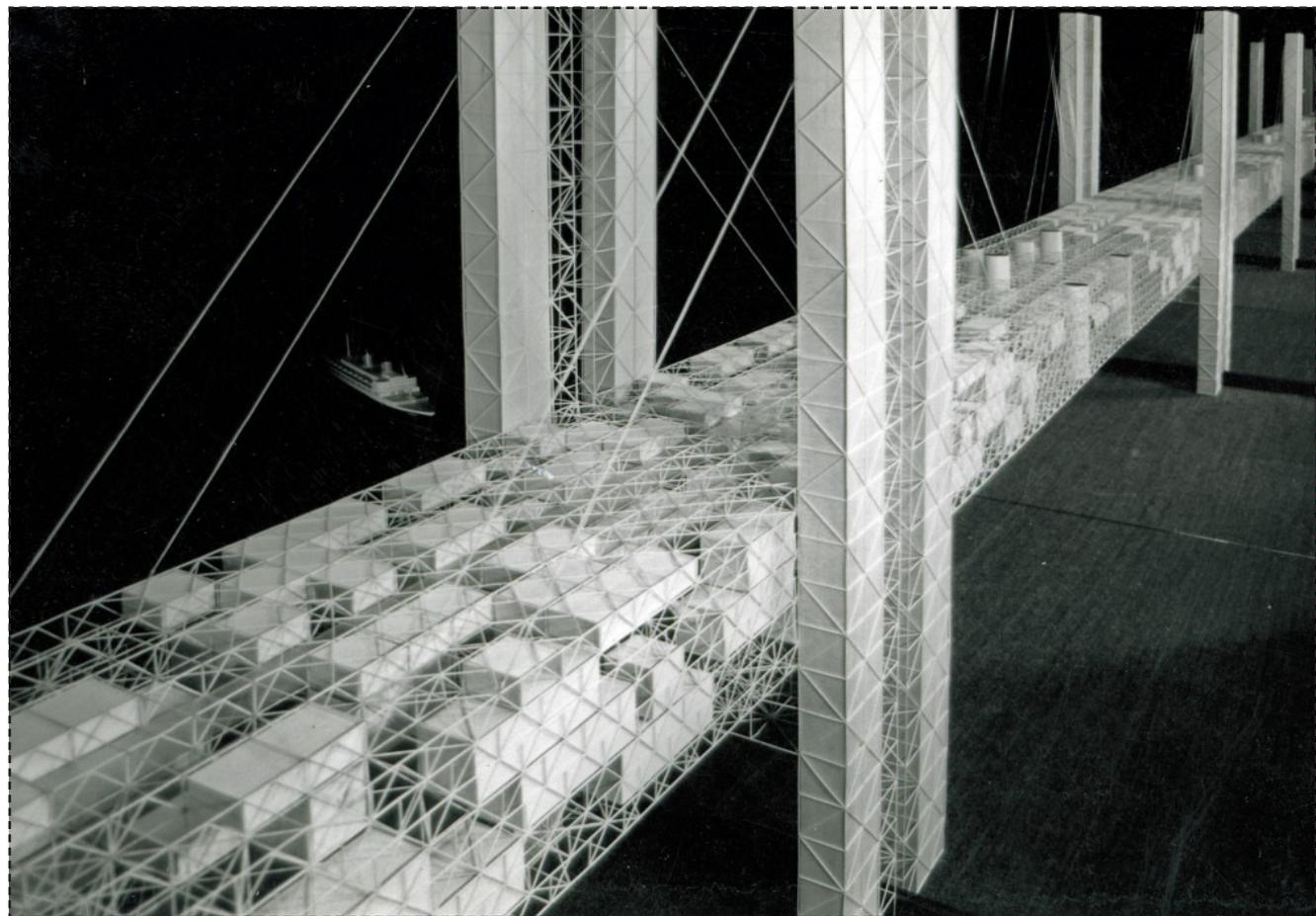


Fig.144: Yona Friedman con Eckhard Schulze-Fielitz, *Bridge Town over the english channel*(1963)

Fuente: <http://megaestructuras.tumblr.com/page/20>Barcelona

en ciudades y zonas metropolitanas colapsadas, creando varios niveles urbanos independien-

tes entre sí, tanto desde un punto de vista estético como funcional, que quedarían conectados por una serie de grandes pilares en cuyo interior habría diversos mecanismos (ascensores, escaleras) que posibilitarían la circulación vertical.

“Me interesan los elementos que se pueden cambiar libremente, asegura Yona Friedman, las ciudades en las que lo que hay arriba es independiente de lo que hay abajo (...) y en la que la vida urbana no esté necesariamente a ras del suelo” (entrevista realizada por el arquitecto holandés Winy Mass, julio de 2003)⁷⁹

Las “ciudades espaciales” de Friedman, cumplirían tres características fundamentales: la primera de ellas sería tratar de tocar la mínima superficie de suelo posible (fig. 145); luego deberían ser desmontables, desplazables (es decir móviles) y por último ser modificables según los deseos de sus habitantes.

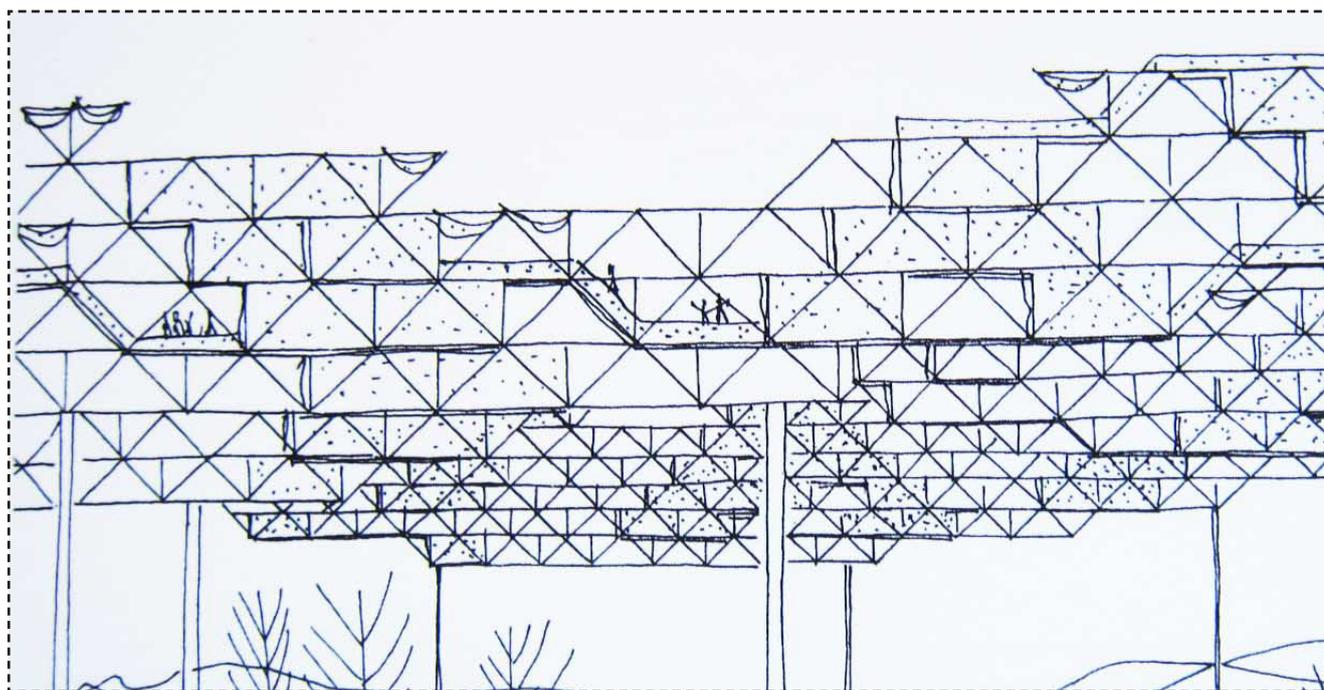


Fig.145: Yona Friedman, *Villa Espacial*

Fuente: <http://megaestructuras.tumblr.com/page/20>Barcelona

Todas estas estrategias preliminares de diseño, mínima ocupación en el territorio, independencia entre niveles, coexistencia de diferentes programas, desmontable, desplazable (móvil), hacen de ello una verdadera declaración de intenciones, a la hora de proyectar el imaginario de

79 MVRDV (2003) *KM3 Excursions on Capacities* del estudio de arquitectura. Editorial ACTAR, Barcelona

Friedman en nuestras ciudades.

“...en opinión de Friedman (que ha imaginado aplicaciones específicas de este concepto para urbes como Túnez, París, Venecia o Nueva York), esa superposición de capas independientes pero permanentemente interconectadas propiciaría la coexistencia no conflictiva de espacios industriales, comerciales, administrativos, culturales y residenciales. Todo ello en una extensión de territorio abarcable, de modo que el crecimiento demográfico no obligaría a trasladar a amplios sectores de la población (normalmente, los más desfavorecidos) fuera del entramado urbano, encierrándolos en barrios periféricos con escasos equipamientos y muy mal comunicados con el resto de la ciudad.”⁸⁰

Friedman se interesó y trabajó durante un tiempo en el continente africano, donde pudo llevar a cabo varios proyectos e ideó propuestas continuando con el modelo de la “ciudad espacial”. Una aplicación posible en ciudades con alta densidad y escaso territorio donde poder construir, es el caso extremo de la ciudad de Lagos, en la que Koolhaas a través de su libro *Mutaciones*⁸¹ nos disecciona y explica la transformación que está experimentando:

(...)La carencia de un *zoning* claro, (...) y el incesante cercado de la ciudad, ha empujado al mercado de trabajo a ocupar los límites de la propiedad privada y de las infraestructuras urbanas. Los terraplenes de las carreteras, los “debajos” de los viaductos, la vía del tren, (...) Bajo los viaductos tienen lugar todo tipo de actividades, desde la industria hasta el almacenaje (...) representa una ocupación del suelo temporal pero legal, un recubrimiento habitual del tejido urbano.”

Este “recubrimiento habitual del tejido urbano”, es la vida misma que se abre paso entre el caos y las bases de los planteamientos teóricos de las propuestas de Friedman, donde ante el caos impuesto por la imposición de normas entre lo legal e ilegal, él sueña con una sociedad más libre, que habite, colonice, utilice una infraestructura tridimensional que se levanta ante el territorio para alojar todo tipo de industria, servicios, agricultura, manufacturas, zonas recreativas, viviendas... una ¿utopía realizable?, como diría Friedman.

.....
⁸⁰ Centro Andaluz de Arte Contemporáneo. Exposición *Yona Friedman. Utopías realizables*. Comisariada por Jean Louis Maubant

⁸¹ KOOLHAAS, R., AA.VV. (2001) *Mutaciones*. Editorial ACTAR, Barcelona.

5.3.3 David Georges Emmerich, “Agglomeration (Under the cupola of a space truss” (1959)

David Georges Emmerich (1925 - 1996) fue un arquitecto e ingeniero húngaro (aunque la mayor parte de su vida vivió en Francia), representante de los estudios de morfología estructural en arquitectura.

Desarrolló los *tensegrity* (fig. 146) de manera paralela a Fuller y Snelson, aunque su inspiración la tuvo con el trabajo de Karl Ioganson⁸² (fig. 147) para desarrollar sus trabajos a los que denominó estructuras “auto-tensionantes” (“autotendantes”) en 1958, en las cuales “tracción y compresión se equilibraban para formar una configuración poliédrica ligera, indeformable y autoestable, preludio para una arquitectura sin cimentación, desarrollada a partir de la combinación geométrica de sus componentes. Colaboró activamente con René Motro⁸³, profesor de Ingeniería civil en la Universidad de Montpellier II.

El principio de estas estructuras autotensionantes es el de la *morfogénesis*: las formas son unos *seres geométricos en el espacio* que se organizan según sus propias leyes. Su auto constitución se desenvuelve dentro del principio de la autoconstrucción y la utopía de una sociedad dentro de la cual cada uno podría construir su propio hábitat.

“... ellas se pueden recoger y desplegar, transportarse: un nomadismo abierto a múltiples culturas. Estos trabajos tienen muchas posibilidades para un nuevo arte de ocupar el espacio más por el deseo de construir e instalarse en cualquier lugar, que por el deseo de poseer”.

David Georges Emmerich

En 1959, desarrolló un modelo basándose en sus trabajos sobre estructuras de tensegridad, que tituló

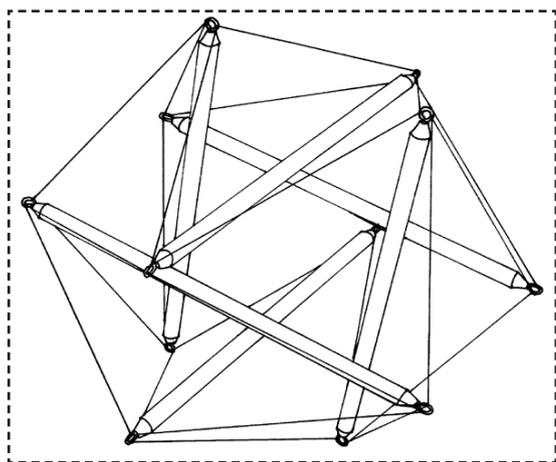


Fig.146: Modelo de tensegridad

Fuente: http://www.trip.net/~bobwb/ts/tenseg/book/chap2_3.xml

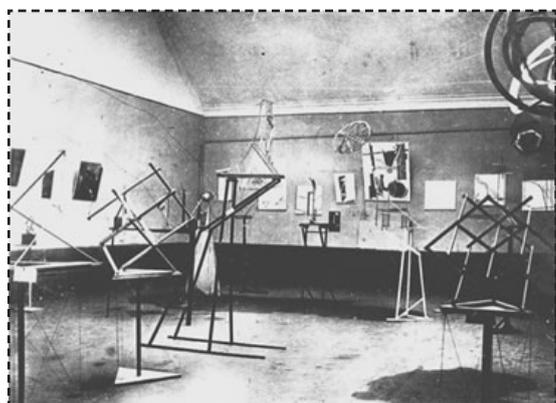


Fig.147: Modelos de tensegridad de Karl Ioganson.

Fuente: <http://www.incorn.eu/styles.html>

⁸² Boris Ioganson, artista ruso fue el primero en mostrar un modelo de tensegridad en 1920, en pleno constructivismo ruso, que llamó *Gleichgewichtkonstruktion*

⁸³ R. Motro (2003) *Tensegrity: Structural systems for the future*, Kogan Page Science, London

Agglomeration (Under the cupola of a space truss) para el alojamiento de viviendas (fig. 148) a diferentes alturas.

La estructura envolvente consistía en una serie de barras a compresión y cables a tracción que conseguían mantener el sistema en equilibrio y en teoría, soportar el peso y disposición de las viviendas alojadas entre los huecos libres de estructura.

Este tipo de estructuras aparecieron con la idea de utilizar el menor número de cimentaciones posibles, de forma que apoyándose en una serie de puntos para mantener la estabilidad, era suficiente para construir la malla tridimensional.

El estudio de la morfología estructural⁸⁴ de este tipo de soluciones es un campo de continua investigación en el que Emmerich estuvo colaborando con Motro hasta el final de su vida. Las posibilidades espaciales de estas estructuras son muy interesantes, por su bajo peso y el espacio libre que generan.

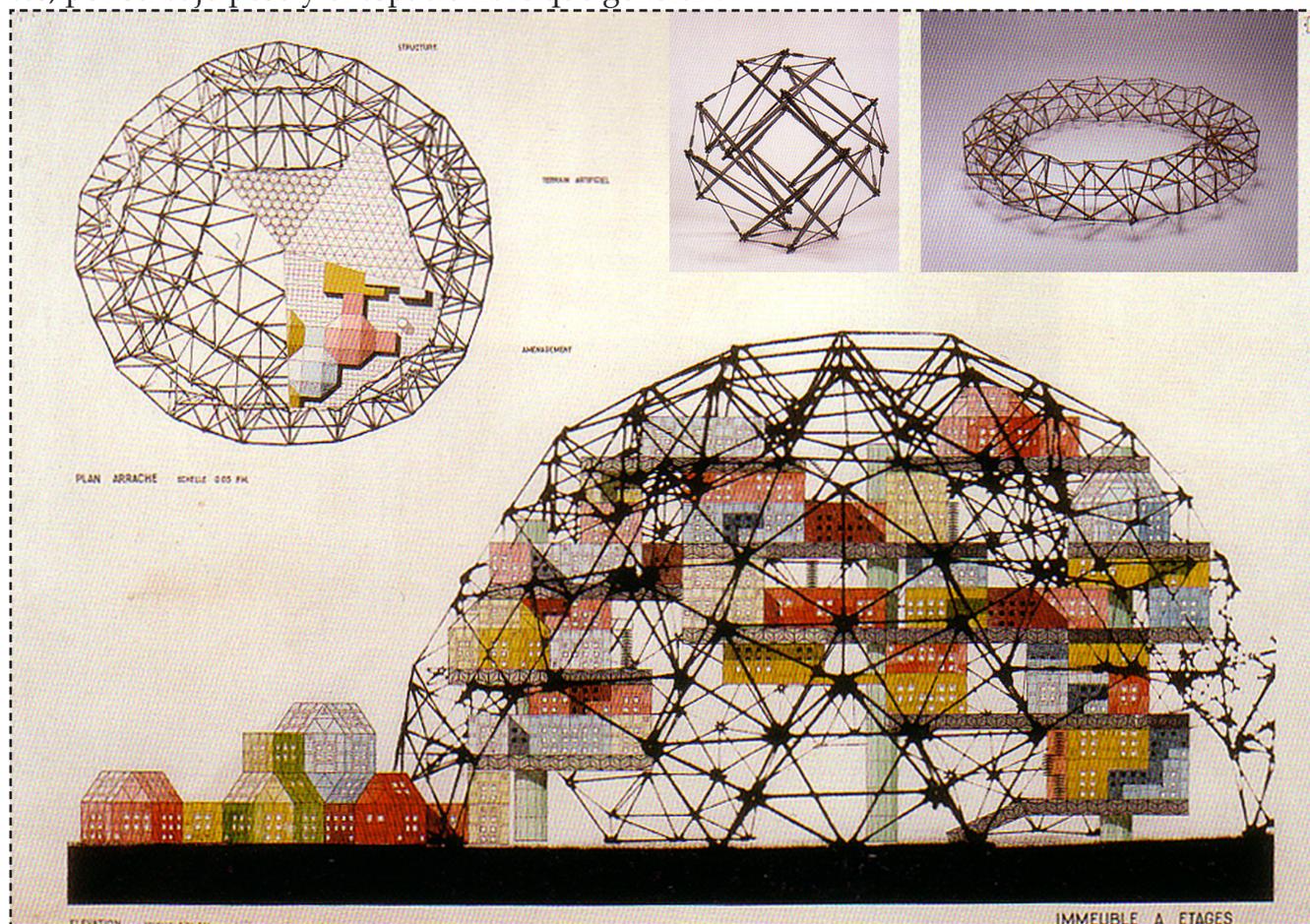


Fig.147: Modelos de tensegridad de Karl Ioganson.

Fuente: <http://www.incorn.eu/styles.html>

84 MOTRO, R. (2011) *Structural morphology of tensegrity systems*. Meccanica (2011) 46: 27-40. Editorial Springer.

5.3.4 Manuel Domínguez/Zuloark “Very Large Structure” (2012)

Manuel Domínguez es arquitecto por la ETSAM (2012) terminando sus estudios de arquitectura con el Proyecto Final de Carrera titulado *Very Large Structure*⁸⁵ (fig. 148)

Domínguez, interesado por el proceso de construcción de una utopía, trata de llevarlo al máximo generando mediante su lenguaje gráfico un sin fin de evocadoras imágenes acerca de las posibilidades funcionales, espaciales y socioeconómicas que plantea con este modelo.

“Actualmente asistimos al deterioro y abandono de los pequeños núcleos urbanos y a la desaparición de sus modelos productivos, por otro lado el paradigmático crecimiento urbano de los últimos años ha terminado por agotarse.

Dos factores que están desequilibrando el tejido económico-social del territorio. Se debe promover la opción rural para que resulte rentable y estimulante, mediante políticas alternativas de restauración y promoción del turismo y las economías locales de pequeña escala, facilitándolo gracias a una conexión física y virtual de municipios que garanticen su desarrollo económico-social.”

Manuel Domínguez, 2012

Very Large Structure (VLS en adelante), es un modelo de plataforma productiva en constante movimiento, basado en la repoblación forestal y que opera en 4 diferentes vías de desarrollo, en función de las necesidades de los territorios de Castilla y León por donde se mueve:

- 1.- Medio rural
- 2.- Medio urbano
- 3.- Producción energética
- 4.- Gestión de residuos

La VLS es un sistema inclusivo, que admite la



Fig.148: Perspectiva de *Very Large Structure*

Fuente: <http://afasiaarq.blogspot.com/2013/02/manuel-dominguez-zuloark.html>

85 <http://afasiaarq.blogspot.com/2013/02/manuel-dominguez-zuloark.html>

incorporación de diferentes proyectos dado que su organización general es como infraestructura cambiante y no como un proyecto acabado.

VLS (fig. 149) se proyecta con la idea de reforestar el paisaje abandonado del territorio de Castilla y León y ofrece la generación de energía y gestión de residuos a través de los diferentes sistemas que incorpora, construyéndolos y posicionándolos en el territorio, al mismo tiempo que reforesta los campos de secano y consigue repoblar aquellos núcleos urbanos que han sido abandonados por sus habitantes (fig. 150).

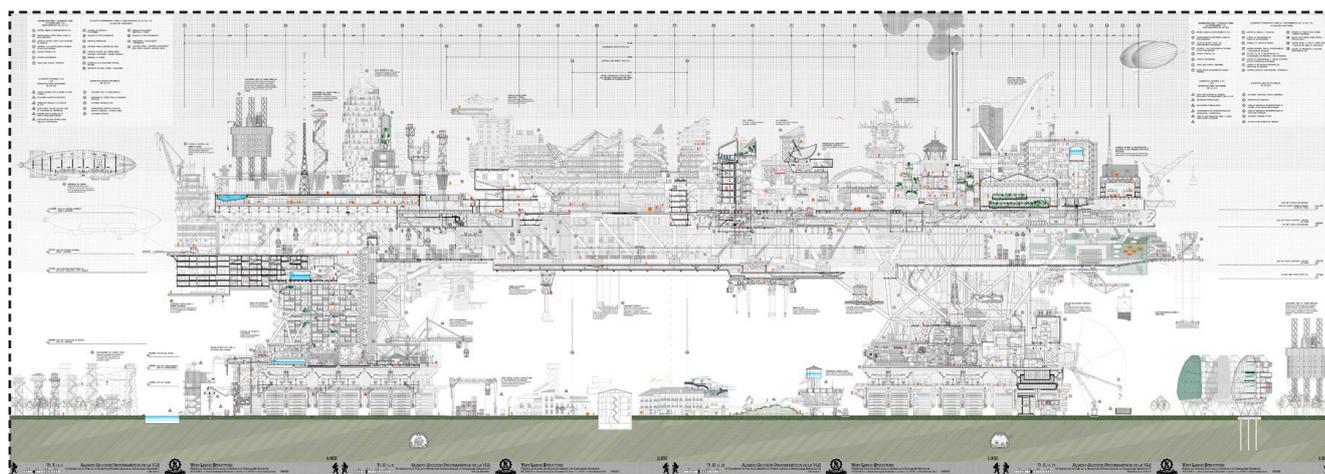


Fig.149: Sección de la megaestructura VLS

Fuente: <http://afasiaarq.blogspot.com/2013/02/manuel-dominguez-zuloark.html>

VLS, se ha escogido por el interés que tiene para la intervención en aquellos territorios donde el desastre de las inundaciones ya ha sucedido.

Las VLS's podrían en un futuro ser los repobladores de nuevos entornos adaptados a territorios destruidos por causas naturales

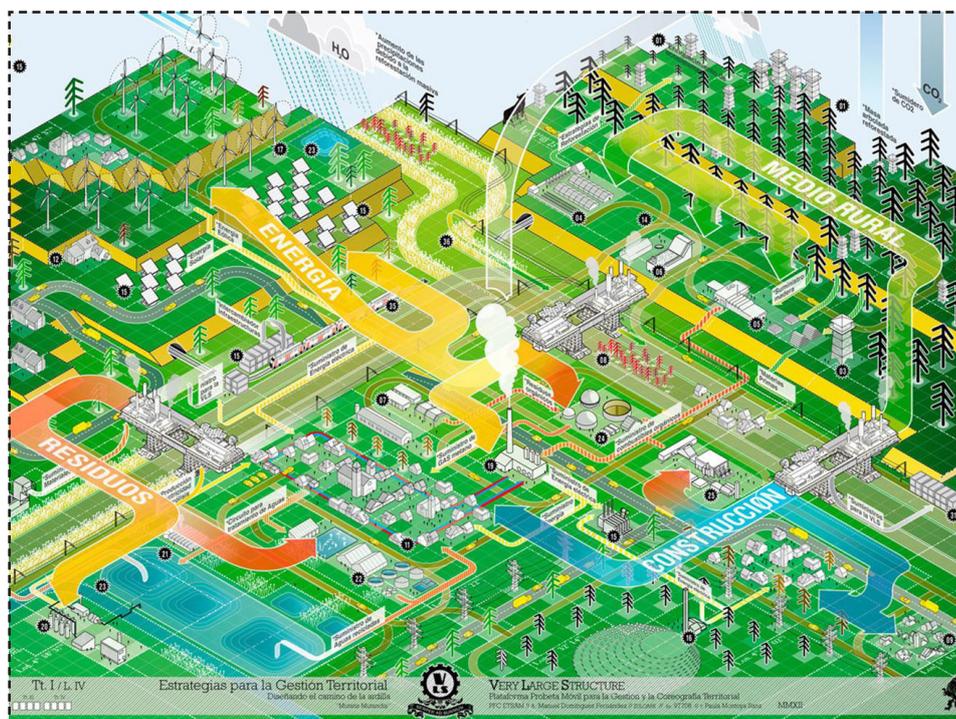


Fig.150: Perspectiva esquemática de los procesos de repoblación de VLS

Fuente: <http://afasiaarq.blogspot.com/2013/02/manuel-dominguez-zuloark.html>

5.3.5 Laura Sempere Pomares "Paisajes de Cristal" (2013)

Laura Sempere Pomares, es arquitecta por la EPSA (Universidad de Alicante) en 2013, con su Proyecto Final de Carrera titulado *Paisajes de Cristal* (fig. 151)

Se trata de un proyecto concreto para un escenario peculiar, la Saladera de Agua Amarga (Alicante), que se presenta como un paisaje abandonado tras el frenado de su explotación salinera.

Sempere detecta cómo tras haber parado su explotación, la naturaleza se vuelve a abrir paso en un espacio aparentemente sin vida. La estructura morfológica del terreno a base de balsas para la producción de sal, es colonizada por especies vegetales halófitas que van tupiendo el paisaje.

Paisajes de cristal plantea desde puntos de vista sostenibles, la posibilidad de respetar los procesos naturales que se producen en un paisaje tan

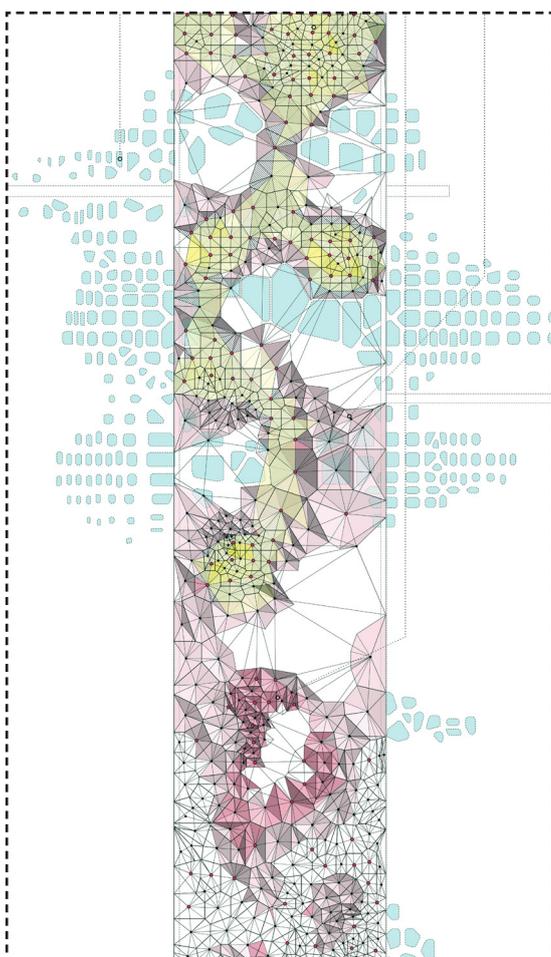


Fig.151: Ensayos de cristalización y formación de envoltentes.

Fuente: Laura Sempere Pomares

peculiar, casi como de ecosistema propio, presentándose aquí como:

“... una metáfora del conflicto socioambiental hombre-medio dónde se trata de mostrar esa tensión constante entre el la naturaleza y el dominio tecnológico que sobre ella se cierne, vislumbrando al final ese intento de desdibujar los límites entre ambos, permitiendo la creación de un sistema único.”

Sempere, 2013

Así comienza un periodo de experimentación con lo natural y lo artificial, mediante procesos de cristalización de la sal para la formación de nuevas estructuras vivas, capaces de transformar el paisaje. (fig. 152)

Aparece entonces la propuesta, un sistema de colonización del espacio salino obsoleto, creando a partir de una estructura de cables recubiertos de tejido por dónde el agua circularía por capilaridad, y de pilares generados a partir de la succión de agua salina y su posterior cristalización, creando así un accidente paisajístico, un paisaje de cristal.

La estructura (fig. 153) se concentra de forma paralela al mar, sobre 5 balsas parcialmente colonizadas por la vegetación. Un paseo elevado recorre la longitud correspondiente a 3 balsas, unos 300, con posibilidad de continuación sobre un conjunto de redes que se introducen en la zona de atracción

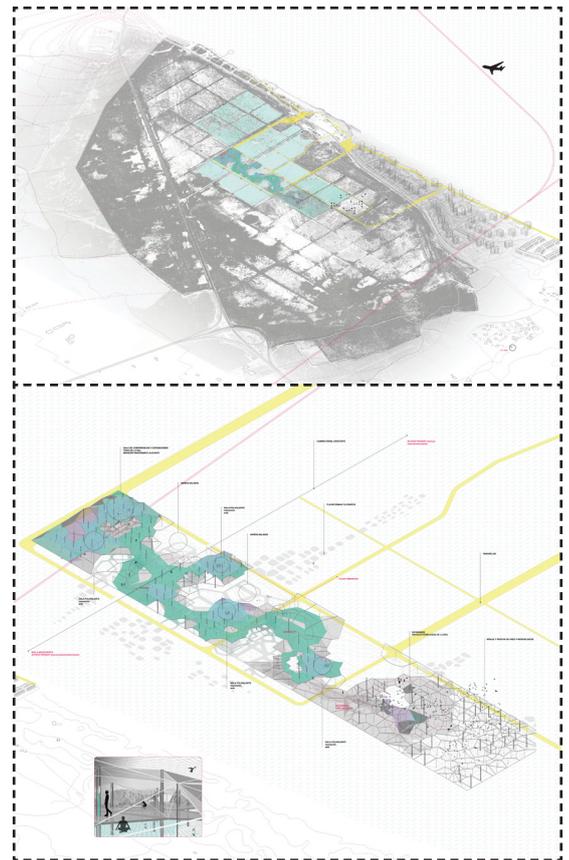


Fig.152: Propuesta de transformación paisajística como parque público natural

Fuente: Laura Sempere Pomares

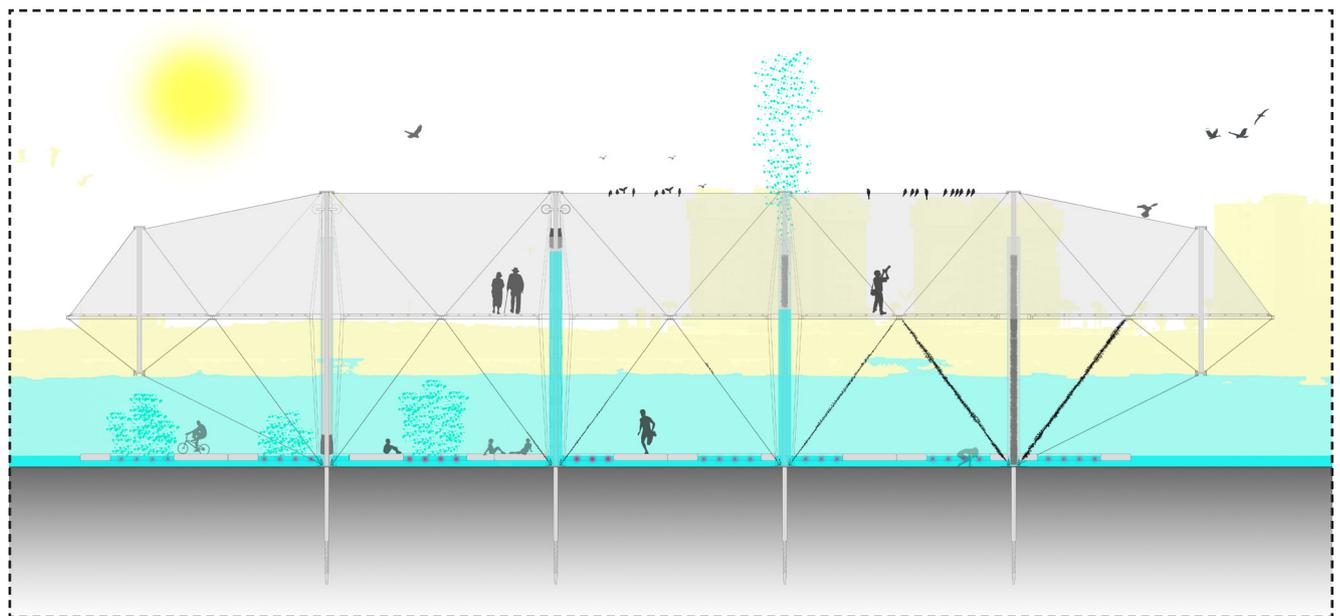


Fig.153: Sección por una de las plataformas saladas.

Fuente: Laura Sempere Pomares

de aves, generando un espacio de observación no masificado.

Este clase de proyectos sensibles a las variaciones en el paisaje, provocadas por la acción o no acción (cuando cesa una intervención industrial) del hombre, generan nuevas vías de investigación, enfocadas a la viabilidad para desarrollar nuevos materiales arquitectónicos, que ayuden a adaptar nuestros diseños a la naturaleza del entorno en el que se quieren construir. Sólo a través del estudio de nuevos materiales, seremos capaces de conseguirlo.

Es el caso y con éste último se da fin a este pequeño catálogo de estrategias arquitectónicas para territorios amenazados por inundación, de las últimas investigaciones en la ETH de Zurich sobre nuevos materiales adaptativos⁸⁶ a cargo de Manuel Kretzer en la unidad CAAD.

Phototropia (154), así se llama uno de los proyectos desarrollados por el equipo de Kretzer, encuentra su inspiración en los sistemas participativos y transitorios, propuestos por visionarios

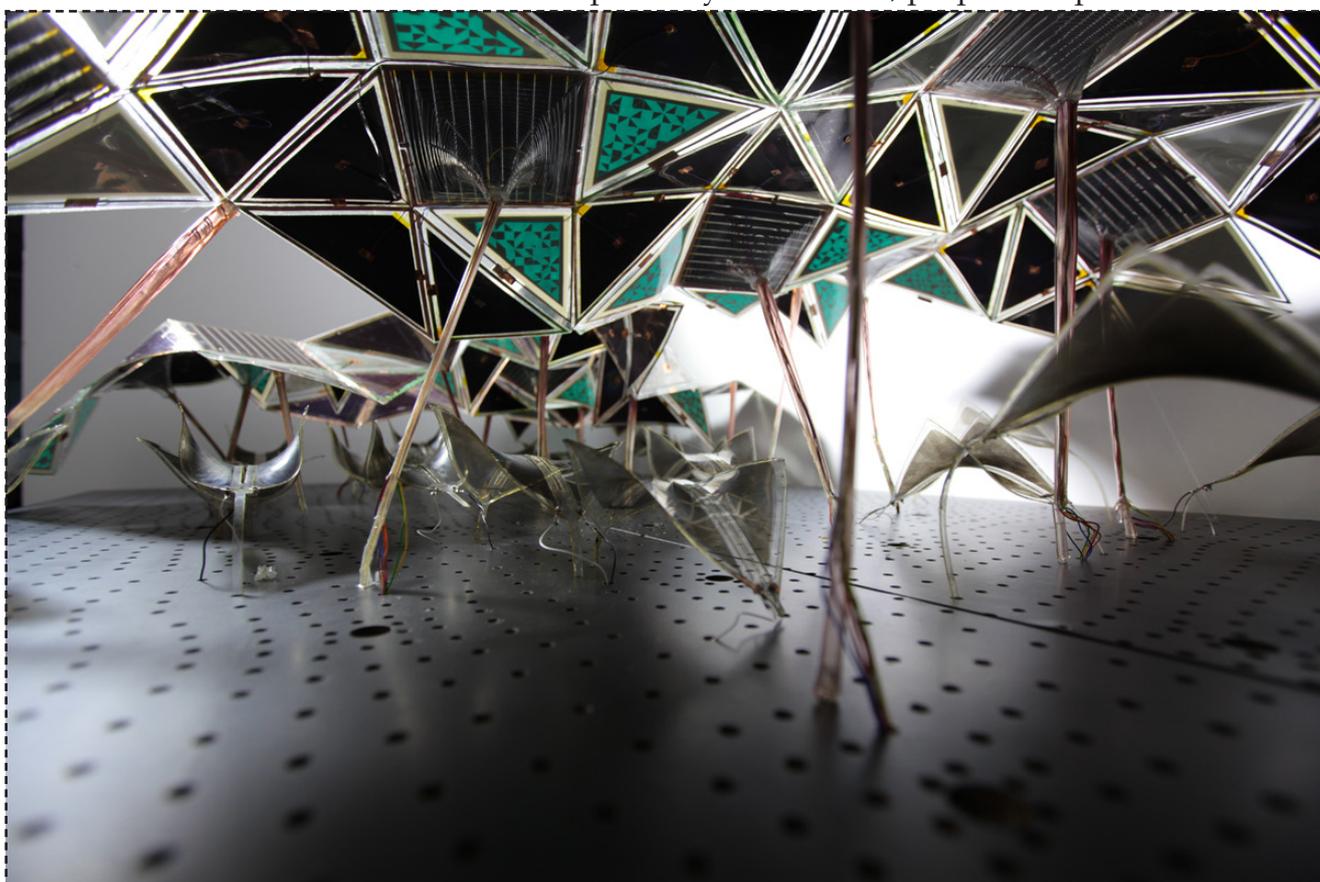


Fig.154: Proyecto *Phototropia*

Fuente: <http://materiability.com/>

86 Red de investigación MATERIABILITY

Enlace web: < <http://materiability.com/> >

como Yona Friedman o Constant Nieuwenhuys y el interés por la fabricación de materiales inteligentes, rechazando frontalmente los sistemas cinéticos mecanicistas.

El modelo realizado, reacciona simulando los mecanismos de la piel humana encogiéndose o extendiéndose mediante impulsos eléctricos por las tensiones superficiales de las membranas que forman una estructura de protección solar.

Al mismo tiempo, puede transmitir datos digitalmente, dándonos algún tipo de información programada. Se tratan de experimentos a pequeña escala, como los que plantea Sempere (fig. 155), naturaleza, arquitectura e infraestructura son hibridados teniendo en cuenta el paisaje en el que se ubica para establecer las nuevas bases de una arquitectura más sostenible que tenga en cuenta el reciclaje de territorios abandonados tras su explotación. En palabras de Aleksandar Ivančić⁸⁷:

“Lo que resulta aplicable al patrimonio arquitectónico industrial es generalizable a casi todos los fenómenos de reciclaje. Sin embargo, en algunos episodios de la cadena energética, los edificios propiamente dichos no siempre son dominantes y, a veces, ni siquiera están presentes. (...) Conviene hacer una breve reflexión sobre las diversas técnicas de planificación territorial y, en concreto, sobre la disyuntiva entre las técnicas coercitivas y las propositivas.”

Ivančić, 2010

La recuperación de estos paisajes abandonados mediante estrategias propositivas que lo activen y repongan casi de manera natural la anterior morfología y recuperación de fauna y flora, antes de su explotación, son esenciales para encaminar las propuestas hacia la sostenibilidad.

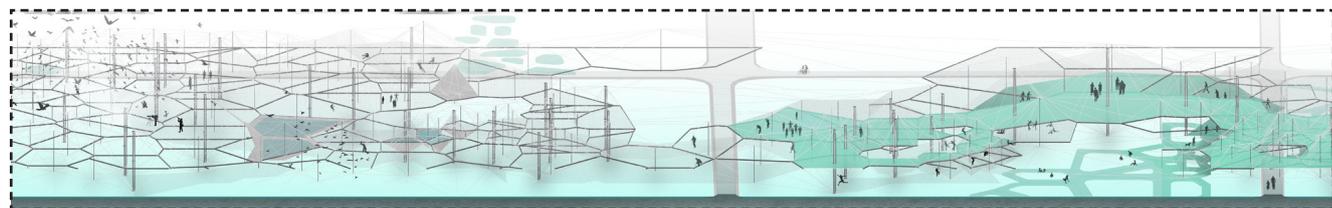


Fig.155: *Paisajes de Cristal*, sección de parte del conjunto

Fuente: Laura Sempere Pomares

87 IVANČIĆ, A. (2010) *Energyscapes*. Colección Land&ScapeSeries, Gustavo Gili, Barcelona.

6. Discusión

El Cambio Climático es una realidad compartida por la comunidad científica, siendo además un tema de relevancia en las políticas para nuevos desarrollos sostenibles en la sociedad global. Una de las consecuencias de este cambio en el clima mundial es el problema de las inundaciones en nuestras ciudades y los cambios que se están produciendo en territorios litorales como por ejemplo, el aumento del nivel de las mareas.

Como documento gráfico se trae a este apartado unas fotografías de Michael Marten⁸⁸ sobre las mareas, que apoyan la pertinencia sobre la elección del tema y sus múltiples líneas de investigación en las que puede derivar.

Marten explica tras su experiencia a través de la fotografía, que los cambios de marea varían enormemente de un lugar a otro. En el Mediterráneo, las alturas de marea se pueden medir en centímetros. En Gran Bretaña hay oscilaciones desde 1 metro en las zonas litorales del Mar del Norte, hasta 15 metros siendo la tercera más alta del mundo cerca del canal de Bristol.

Las inundaciones debidas a los aumentos de marea, fenómenos atmosféricos y otros desastres naturales, dejan claro que a pesar del poder que tenemos los seres humanos para dar forma, manipular y transformar (también dañar) el planeta, los ritmos de la naturaleza permanecen mucho más allá de lo que nuestra influencia es capaz de ejercer.

Bajo criterio de quien escribe, uno de los resultados que pueden obtenerse de la presente investigación, es la relevancia del uso de las nuevas tecnologías aplicadas al estudio cartográfico de los territorios, que favorecen la creación de nuevos mapas temáticos más dinámicos y conectados a la realidad, mediante el uso de las redes globales

⁸⁸ Michael Marten es un fotógrafo británico, experto en fotografiar los cambios en las mareas a lo largo del mundo.

<http://www.michaelmarten.com/>



de información, la liberación de grandes bases de datos para uso público y una nueva generación de aplicaciones informáticas de libre acceso y de código abierto capaces de implementarse a través de nuevos *plugins* generados por los usuarios, que podríamos ver como una forma de empoderamiento tecnológico de la sociedad. Esta forma de empoderamiento se traduce en la capacidad de muchos usuarios a la hora de diseñar nuevas plataformas digitales, pero que sin el apoyo y el reconocimiento de las instituciones es muy complicado que lleguen a un público más amplio, fuera de estas redes que se tejen a través de internet.

Los modelos que utilizan estas herramientas se basan en datos recogidos a través de aparatos de teledetección y se asume que pueden contener errores. A pesar de esto, son modelos que cada vez más se ajustan a la realidad y se convierten en herramientas muy potentes para los arquitectos y planificadores del territorio, a la hora de proyectar las estrategias de crecimiento de nuestras ciudades.

El visor dinámico generado a través de diversas herramientas explicadas en el documento, contendrá los errores propios de los datos que sobre él se vierten, pero como metodología y posible campo de investigación, se trata de una herramienta muy válida con la que seguir trabajando para poder introducir datos más complejos y más ajustados a la realidad. El poder evocador de la herramienta-visor siempre ha sido un objetivo interiorizado en todo arquitecto que quiera posibilitar la visualización de ideas, proyectos o estrategias a corto y largo plazo sobre una realidad virtualizada a través de las máquinas informáticas. La pretensión de este visor sería convertirse en una herramienta pública para la detección de áreas vulnerables y ofrecer posibles estrategias arquitectónicas acordes con los datos recabados, que pudiesen ser visualizadas en tiempo real a través de la máquina-espectador-paisaje.

Esta hibridación entre arquitectura-paisaje-infraestructura, es la clave de todo proceso de adaptación a una nueva situación sostenible que ataque el problema de las inundaciones desde un punto de vista resiliente, adaptándonos a una situación contra la que cada vez más será más difícil defenderse.

Dado que la situación actual de muchos de los territorios edificados en los que pesa la amenaza de una inundación, han ido construyéndose en el tiempo, se hace muy difícil retroceder (retirarse) y volver atrás para reconstruir una nueva situación; es por esto que la mayoría de estrategias generales que se llevan a cabo suelen estar del lado de la defensa y muy pocas suelen plantear la adaptación como estrategia fundamental.

Las actuaciones en materia de defensa ante las inundaciones, al modo de ver del presente autor, son en el tiempo insostenibles e inútiles, puesto que la historia nos ha enseñado una y otra vez que la naturaleza siempre es más fuerte y cualquier acción que trate de oponerse a este hecho, será de todas todas inútil.

Frontalmente a este tipo de acciones o estrategias, podemos contar con otras más sostenibles económica y socialmente hablando, que traten de unir los recursos arquitectónicos, con las nuevas tecnologías en el desarrollo de materiales cada vez más inteligentes que favorezcan la realización de algunas de las visiones y utopías arquitectónicas que se han convertido en anecdotario arquitectónico en la mayoría de Escuelas de Arquitectura, cuando a juicio del autor de este documento muchas de ellas son además de brillantes, técnicamente posibles en la actualidad y algunas transmiten enseñanzas muy enriquecedoras sobre otras posibles maneras de habitar la Tierra más sostenible y menos perjudicial para todos.

Por esto, se ha tratado de traer parte de ese anecdotario utópico (o no tan utópico), en los términos descritos sobre la palabra utopía utilizada en este Trabajo Final de Máster, que revise a través de la explicación de alguno de ellos a modo de ejemplos, las estrategias arquitectónicas que utilizaron en su momento aunque no llegaran a construirse muchas de ellas y que de alguna manera en próximos desarrollos puedan reutilizarse parte o la totalidad de las mismas para diseñar el futuro de nuestras ciudades.

En cuanto a las estrategias arquitectónicas para la adaptación de nuevos entornos construidos en zonas amenazadas por inundación y la metodología seguida a partir de la búsqueda bibliográfica en diversas fuentes de aquellas propuestas y

visiones de arquitectos del último siglo hasta hoy, se concluye que de los ejemplos seleccionados, encontramos similitudes en muchos de ellos de cronologías separadas, tanto en los planteamientos como en las soluciones formales, estructurales o funcionales que determinan una búsqueda cíclica de los mismos valores y sueños acerca del mundo y de los entornos construidos, que se repiten también en la actualidad, lo que nos lleva a pensar en la utilidad positiva que tiene la revisión de este tipo de propuestas para tratar de avanzar apoyándonos en ellas y no andar por el camino ya andado, hacia un futuro mejorado.

Este futuro podrá arrancar a partir de las ideas ¿por qué no? más imposibles y tratar a través de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías transformar esa imposibilidad (muchas veces tecnológica) en una realidad.

7. Conclusiones

A la vista de los datos aportados en la investigación sobre las aplicaciones (que tratan de aparecer como ejemplos de un gran número de éstas) utilizadas para la elaboración de cartografías que ayuden a detectar y visualizar áreas sensibles a pequeñas oscilaciones del nivel del mar (como puede ser el caso del Mediterráneo, donde un aumento de 50 centímetros a 1 metro sería suficiente para anegar una gran superficie construida y modificada por el hombre), se está de acuerdo en que éstas arrojan una multiplicidad de datos, hasta antes de la aparición de las tecnologías SIG imposibles de imaginar y extremadamente útiles para estudiar de una manera global, la complejidad de los cambios producidos en los territorios amenazados por inundación.

Tras el análisis de los resultados obtenidos con la información recabada en diferentes fuentes de datos *SIG*, agencias gubernamentales, medioambientales y otras, se acuerda que las metodologías basadas en los Sistemas de Información Geográficos nos aportan datos siempre basados en unos modelos. Estos modelos, que normalmente se utilizan para virtualizar porciones de territorios a partir de los *MDT's* (Modelos Digitales del Terreno), tienen la precisión que les da los aparatos con los cuáles se realizan las mediciones y por tanto no ofrecen en el sentido más amplio de la palabra real, un espejo de esa realidad. A pesar de esto, se confía en la capacidad de la tecnología a la hora de avanzar en el campo de la teledetección con las nuevas herramientas *LIDAR* y ofrecer a medida que éstas se desarrollen, modelos cada vez más precisos.

La construcción de un visor propio de inundaciones (consciente de la existencia de otros seguramente más precisos) a través del uso de diferentes herramientas y aplicaciones informáticas, es una pequeña aportación a esta investigación que podrá ser retomada y mejorada. Este visor se convierte en una parte fundamental dentro de la metodología que se ha seguido para la detección, visualización y cálculo de los resultados de una inundación ya producida o en la anticipación de las posibles con-

secuencias de una futura.

Durante el tiempo de elaboración de esta investigación se ha llegado a programar el visor para que pueda calcular la superficie de área inundada en un territorio determinado. Las posibles líneas derivadas del aumento en la capacidad de dar respuesta a este tipo de visor, pasan por la opción de proyectar en el territorio (modelo “real”), nuevas estrategias de *adaptación* a estos entornos bajo unos escenarios y periodos de predicción en el tiempo, que sean calculados a través de diferentes patrones obtenidos, del crecimiento de las mareas y el aumento del nivel del mar, junto con las previsiones sobre la velocidad en el deshielo de los polos por las consecuencias derivadas del cambio climático, o la erosión que se produce en el litoral por el paso de las olas...

Se concluye que los modelos digitales de terreno pueden complejizarse más pero siempre serán eso: modelos con mayor o menor error de precisión, pero que no obstante pueden considerarse herramientas fundamentales para elaborar mapas de inundación y detectar oportunidades de intervención arquitectónica en márgenes de tierra inundables, donde *adaptarse* al entorno sea la respuesta más sostenible.

A modo de conclusión, sobre la metodología aplicada al modelo que se ha ensayado de Manhattan, éste nos da información de las consecuencias y áreas que fueron afectadas por el paso del Huracán Sandy y los problemas por inundación que se produjeron. Por otra parte, el utilizado en La Manga del Mar Menor, es un modelo basado en una metodología de análisis preventivo que trata de visualizar un posible escenario en el que poder plantear futuras intervenciones que adapten la zona a las futuras inundaciones en el espacio-tiempo.

De las arquitecturas seleccionadas para poder apoyarnos en sus estrategias y adaptarlas a nuestras ciudades y territorios inundables, se concluye que la utilidad en la elaboración de un catálogo de arquitecturas utópicas (en sus términos tecnológicos) ha sido positiva tanto para el autor como para esta investigación en la medida en que es aportada como un pequeño catálogo ampliable en el tiempo y que consigue relacionarlas entre sí a

través de su relación espacial con el agua (sumergidas, flotantes o elevadas del agua).

Respecto a las estrategias sobre arquitecturas sumergidas, concluimos un avance positivo en las tecnologías desarrolladas hasta hoy que empiezan a reflejarse en la actualidad arquitectónica, pasando de las megaestructuras sumergidas, planteadas en los años 60 que se encontraban inmersas en plena era espacial, a las nuevas e interesantes investigaciones de Rachel Armstrong y su equipo científico a cerca de la arquitectura protocelular, con la que en un futuro, se espera que pueda convertirse en un sistema inteligente para la construcción en entornos sumergidos.

En cuanto a las estrategias utilizadas en la construcción de mundos arquitectónicos flotantes, sus autores hacen especial incidencia en la posibilidad de moverse, una arquitectura realmente móvil en un medio acuático, el uso de materiales para la construcción de una *arquitectura líquida* con las visiones de William Katavolos, las teorías del Movimiento Metabolista o las últimas estrategias sobre una arquitectura de la permacultura, hacen de este tipo, una de las más interesantes y actuales para su desarrollo posterior por su posibilidad de ser sostenibles en el tiempo y las diferentes ramificaciones para su estudio interdisciplinar.

Por último, concluir que con respecto a las estrategias utilizadas para elevarse del plano del suelo, muchas de ellas son extrapolables a entornos acuáticos, siempre y cuando, exista la posibilidad de apoyarse en suelo sumergido. Las posibilidades abiertas en esta familia de modelos espaciales, pasan por las realizadas por el Movimiento Metabolista, sobretodo para la Exposición de 1970 en Osaka y los desarrollos en paralelo de Yona Friedman con su *ciudad espacial*, donde se tratan de encontrar estrategias más sostenibles como las buscadas por Emmerich con sus modelos de tensgridad, aplicados posteriormente por arquitectos actuales en modelos más sostenibles, donde lo interesante, aportado en esta investigación, son las líneas que se están llevando a cabo por diferentes autores en la búsqueda de arquitecturas que respondan al entorno como *Phototropia*, que a pesar de ser un modelo experimental, abre nuevos intereses en el campo de la investigación.

Consciente del número de propuestas que quedan aún por incorporar a este catálogo, se pone la mirada en futuras investigaciones que tratarán de retomarse para ir poco a poco completando este catálogo de utopías arquitectónicas para entornos inundables.

Concluimos afirmando que al final de esta investigación, se han alcanzado los objetos previstos al inicio, a través de las diferentes metodologías utilizadas, analizando y detectando áreas de oportunidad para tratar de encontrar y catalogar posteriormente soluciones o estrategias arquitectónicas que puedan adaptarse a nuestras ciudades y territorios sensibles a pequeñas oscilaciones en el nivel del agua, siendo éstas, estrategias en las que poder apoyarse en un futuro para ampliarlas y desarrollarlas desde un punto de vista sostenible, creando nuevos entornos sumergidos, flotantes o en posiciones elevadas del plano del agua.

Glosario

Adaptación:

Adaptación al cambio climático

Un ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados o sus efectos los cuales moderan el daño o explotan las oportunidades beneficiosas.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) la adaptación al cambio climático se define como al ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada.

Comentario: Esta definición aborda el cambio climático y su fuente es la secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). El concepto de adaptación en su sentido más amplio también se aplica a factores no climáticos, tales como la erosión del suelo o la subsidencia de la superficie. La adaptación puede ocurrir de forma autónoma, por ejemplo mediante los cambios experimentados en los mercados, o como resultado de políticas y planes intencionales de adaptación. Muchas medidas para la reducción del riesgo de desastres pueden contribuir de forma directa a lograr una mejor adaptación.

Amenaza

Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales

Comentario: Tal como se señala en la nota al pie de página 3 del Marco de Acción de Hyogo, las amenazas relevantes en el campo de la reducción del riesgo de desastres son "...amenazas de origen natural y desastres y riesgos ambientales y tecnológicos conexos". Tales amenazas surgen de una gran variedad de fuentes geológicas, meteorológicas, hidrológicas, oceánicas, biológicas y tecnológicas que algunas veces actúan de forma combinada. En contextos técnicos, se describen las amenazas de forma cuantitativa mediante la posible frecuencia de la ocurrencia de los diversos grados de intensidad en diferentes zonas, según se determinan a partir de datos históricos o análisis científicos.

Véase otros términos relacionados con las amenazas dentro de esta terminología: amenaza biológica, amenaza geológica, amenaza hidrometeorológica, amenaza natural, amenaza socio-natural, y amenaza tecnológica.

Amenaza hidrometeorológica

Un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Comentario: Entre las amenazas hidrometeorológicas se encuentran los ciclones tropicales (también conocidos como tifones y huracanes), tempestades, granizadas, tornados, tormentas de nieve, fuertes nevadas, avalanchas, marejadas, inundaciones (entre éstas las inundaciones repentinas), sequías, olas de calor y de frío. Las condiciones meteorológicas también pueden representar un factor para otras amenazas, tales como aludes, incendios forestales, plagas de langosta, epidemias, y el transporte y la dispersión de sustancias tóxicas y material de erupciones volcánicas.

El Cambio climático:

(a) El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) define al cambio climático como un “cambio en el estado del clima que se puede identificar (por ejemplo mediante el uso de pruebas estadísticas) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede obedecer a procesos naturales internos o a cambios en los forzantes externos, o bien, a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo”.

(b) La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) lo define como un “cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

Comentario: Para propósitos de la reducción del riesgo de desastres, cualquiera de estas dos definiciones puede ser adecuada, dependiendo del contexto particular. La definición de la CMNUCC es más restringida, puesto que excluye el cambio climático que puede ser atribuible a causas naturales. Por su parte, la definición del IPCC puede parafrasearse de la siguiente forma para utilizarla en comunicaciones e información popular: “Un cambio en el clima que persiste durante décadas o períodos más prolongados y que surge ya sea de una causa natural o de las actividades humanas”.

Desarrollo sostenible:

Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

Comentario: Esta definición, creada en 1987 por la Comisión Brundtland, es sucinta pero deja varias preguntas sin responder sobre el significado de la palabra “desarrollo”, y los procesos sociales, económicos y ambientales relacionados a éste. El riesgo de desastres está vinculado a elementos insostenibles del desarrollo tales como la degradación ambiental, y por otro lado, la reducción del riesgo de desastres puede contribuir a alcanzar el desarrollo sostenible por medio de la reducción de pérdidas y la mejora de prácticas de desarrollo.

Desastre

Una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos.

Comentario: Con frecuencia, se describe a un desastre como el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad presentes, y capacidades o medidas insuficientes para reducir o hacer frente a las posibles consecuencias negativas. El impacto de los puede incluir muertes, lesiones, enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social humano, conjuntamente con daños a la propiedad, la destrucción de bienes, la pérdida de servicios, trastornos sociales y económicos y la degradación ambiental.

Evaluación del riesgo

Una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen.

Comentario: Las evaluaciones del riesgo (y los mapas afines de riesgo) incluyen una revisión de las características técnicas de las amenazas, tales como su ubicación, intensidad, frecuencia y probabilidad; el análisis del grado de exposición y de vulnerabilidad, incluidas las dimensiones físicas, sociales, de salud, económicas y ambientales; y la evaluación de la eficacia de las capacidades de afrontamiento, tanto las que imperan como las alternativas, con respecto a los posibles escenarios de riesgo. A veces, a esta serie de actividades se le conoce

como proceso de análisis del riesgo.

Medidas estructurales y no estructurales

Medidas estructurales: Cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas.

Medidas no estructurales: Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación. 21

Comentario: Las medidas estructurales comunes para la reducción del riesgo de desastres incluyen las represas, los diques para evitar inundaciones, las barreras contra las olas oceánicas, las construcciones antisísmicas y los albergues en casos de evacuación.

Entre las medidas no estructurales se incluyen los códigos de construcción, legislación sobre el ordenamiento territorial y su cumplimiento, investigaciones y evaluaciones, recursos informativos y programas de concientización pública. Tenga presente que en ingeniería civil y estructural el término “estructural” se utiliza en un sentido más estricto para denotar únicamente la estructura que lleva la carga, mientras para otras partes, como el revestimiento de paredes y el acondicionamiento de interiores, se utiliza el término “no estructural”.

Resiliencia

La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

Comentario: Resiliencia significa la capacidad de “resistir a” o de “resurgir de” un choque. La resiliencia de una comunidad con respecto a los posibles eventos que resulten de una amenaza se determina por el grado al que esa comunidad cuenta con los recursos necesarios y es capaz de organizarse tanto antes como durante los momentos apremiantes.

Riesgo

La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

Comentario: Esta definición es muy similar a la de la Guía 73 de la ISO/IEC. La palabra “riesgo” tiene dos connotaciones distintas: en el lenguaje popular, por lo general se hace énfasis en el concepto de la probabilidad o la posibilidad de algo, tal como el “riesgo de un accidente”, mientras que en un contexto técnico, con frecuencia se hace más énfasis en las consecuencias, en términos de “pérdidas posibles” relativas a cierta causa, lugar y momento en particular.

Se puede observar que la gente no necesariamente comparte las mismas percepciones sobre el significado y las causas subyacentes de los diferentes riesgos.

Vulnerabilidad

Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.

Comentario: Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Entre los ejemplos se incluyen el diseño inadecuado y la construcción deficiente de los edificios, la protección inadecuada de los bienes, la falta de información y de concientización pública, un reconocimiento oficial limitado del riesgo y de las medidas de preparación y la desatención a una gestión ambiental sensata o prudente. La vulnerabilidad varía considerablemente dentro de una comunidad y en el transcurso del tiempo.

Bibliografía

- AA.VV. (2012) *Ciudades e inundaciones. Guía para la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en el Siglo 21*. The World Bank.
- AA.VV. (2007) *Future City: Experiment and Utopia in Architecture*. Thames&Hudson, Londres.
- AA.VV. (2011) *Teatro Marittimo. Utopías construídas* Revista de cine + Arquitectura. Número 1. Edita Fundación Diego de Sagredo, Madrid.
- ÁBALOS, I. (2005). *Campos de batalla*. Barcelona: Edita Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.
- ARMSTRONG, R. & SPILLER, N. (2011) *Architecture Design Review Vol 81, No 2 : Procell Architecture*. Editorial WILEY, Londres.
- AGARWAL, P. K., ARGE, L. and DANNER, A. (2006) *From Point Cloud to Grid DEM: A Scalable Approach*. Incluido en el libro del 12º Simposio Internacional de manejo de datos. RIEDL, A., KAINZ, W., ELMES, G.A.[Editores](2006) *Progress in Spatial Data Handling*. IGU-UGI Bonn.
- ANDRÉ, Danièle (2005) *Le cinéma-fiction américain ou l'anti-utopie*. CinémAction, nº 115. Paris
- BOERGER, C. M., GWENDOLYN, L. L., SHELLY, L. M. and MOORE, C. J. (2010) *Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre*, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 60, Issue 12. Editorial ELSEVIER.
- BLAKELY, E.J. (2006) *A cry for a City: What is Happening to New Orleans*. *Journal of Architecture Education*.
- BURROUGH, P. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. Oxford.
- CHINI, N. and STANSBY, P.K. (2012) *Extreme values of coastal wave overtopping accounting for climate change and sea level rise*. *Coastal Engineering* 65 (2012) 27-37. Editorial ELSEVIER.
- DARKE, C. (2007) *Cinetopía, dimensiones utópicas del espacio cinematográfico, a través de paredes*. Centro Atlántico de Arte Moderno, Las Palmas de Gran Canaria.
- GALVANY, A. (2012) *Sunzi. El arte de la guerra*. Traducción directa del chino antiguo. Editorial Trotta, Madrid
- FRIEDMAN, Y. (2006) *Pro Domo*. Editorial ACTAR, Barcelona.
- HOLMBERG, M.O. (2010) *Mapping Climate Change: Six U.S. case studies*. University of Colorado, Boulder.

- IVANČIĆ, A. (2010) *Energyscapes*. Colección Land&ScapeSeries, Gustavo Gili, Barcelona.
- KATAVOLOS, W. (1961) *Organics*. Editorial Steendrukkerij de Jong & Co. Hilversum.
- KIKUTAKE, K. (200) *From Tradiciton to Utopia*. Colección editada por Maurizio Vitta. Editorial Director USA, Impreso en Italia.
- KOOLHAAS, R., AA.VV. (2001) *Mutaciones*. Editorial ACTAR, Barcelona.
- KOOLHAAS, R., ULRICH OBRIST, H. (2011) *Project Japan. Metabolism Talks...* Editorial TASCHEN, Colonia.
- KOVAC, B. and ZALIK, B. (2010) *Visualization of LIDAR datasets using point-based rendering technique*. Computers & Geosciences 36 (2010) 1443-1450. Editorial ELSEVIER.
- NICHOLLS, R. et al (2010) *A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes*. Springer. Climatic Change (2011) 104:89-111
- McKENZIE STEVENS, S. (2009) *The official rhetoric of permaculture: Motivating behaviour change through environmental communication*. Australian Journal of Communication, Vol 36
- MESA DEL CASTILLO CLAVEL, M. (2012) Tesis Doctoral: *Víctimas de un mapa: Arquitectura y Resistencia en el Tiempo de la Cultura Flexible*.

Directores: NIETO FERNÁNDEZ, E. y PÉREZ DE LAMA HALCÓN, J. Universidad de Alicante.

Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía.
- MORO T., Traducido por Yajaira Tirri de Courtois (1999) *Utopía*. ESPASA LIBROS, S.L.U, Madrid. Obra original escrita en 1516.
- MOTRO, R. (2003) *Tensegrity: Structural systems for the future*. Kogan Page Science, London.
- MOTRO, R. (2011) *Structural morphology of tensegrity systems*. Meccanica (2011) 46: 27-40. Editorial Springer.
- MVRDV (2003) KM3 *Excursions on Capacities del estudio de arquitectura*. Editorial ACTAR, Barcelona
- OJEDA OLLERO, A. (2006) *Inundaciones y ordenación del territorio fluvial en al cuenca del Ebro*. Artículo perteneciente al documento: CHASTAGNARET, G., GIL OLCINA, A. (2006) Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo occidental. Edita Casa de Velázquez - Universidad de Alicante. Madrid.

- RAMIREZ, J.A. (1983) *Edificios y sueños (Ensayo sobre Arquitectura y Utopía)*. Edita Universidad de Salamanca y Universidad de Málaga.
- RATTI, C. et al (2010), *Real-Time Urban Monitoring Using Cellular Phones: a Case-Study in Rome*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.
- SAN ROMÁN, R. (1997) *La Manga : breve historia*. (La Manga, 1966-La Manga, (1996). La Manga del Mar Menor.
- SÁNCHEZ MORALES, J. A. (2012) *Región de Murcia. Autonomía en la sombra*. D.E.A. Universidad de Alicante. Director: Pablo Martí Ciriquián.
- SHIDAWARA, M. (2000) *Flood hazard map distribution*. Urban Water 1 (1999) 125±129. Editorial ELSEVIER.
- TOMÁS, R., GERARDO H., DELGADO J. y PEÑA, F. (2009) *Subsidencia del terreno*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. (173) 295-302. ISSN: 1132-9157
- TOMLINSON, R. (2003) *Thinking about GIS*. ESRI Press, Redlands(Califonia)
- ZAERA, A. (1995) *Finding Freedom: Conversations with Rem Koolhaas*. Entrevista de Alejandro Zaera a Rem Koolhaas. EL CROQUIS: OMA/Rem Koolhaas 1987-1992. Editorial El Croquis, Madrid.

