



**Universidad**  
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

**El aire como materia: sus nuevos laboratorios**

autor

Edurne Pérez Díaz de Arcaya

director

Javier Pérez Herreras

Escuela de Arquitectura

2014

## RESÚMEN

---

Los avances de la ciencia han provocado desde comienzos del siglo pasado un importante cambio sobre la visión del mundo que habitamos. La ciencia abandona los estados ideales, y se enfrenta a la explicación de fenómenos contingentes propios de una realidad compleja. Las nuevas teorías y descubrimientos se van encadenando a lo largo del S XX tratando de hacer cada vez más comprensible un mundo cambiante e imprevisible

En 1.904 el joven físico Ludwing Prandtl descubrió fruto de sus investigaciones, la alteración que otros elementos ejercían sobre el aire, un aire que ya en 1.647 la ciencia, de la mano de Pascal, había revelado como elemento material diferente al vacío. Prandtl nos muestra la existencia de un aire viscoso, fluido y susceptible de ser manipulado en presencia de un sólido. Este hallazgo ofrecerá una nueva materia de trabajo a los artistas europeos, que miran fascinados los prolijos resultados que la experimentación científica arroja sobre un mundo en permanente cambio, tal y como relata Fontana el *Manifiesto Blanco* de 1.946.

La situación convulsa que vive la sociedad europea, demanda un cambio en el arte y en su método, como ya adelantaba Ortega y Gasset en 1.929. En palabras de Lucio Fontana "se requiere un cambio en la esencia y en la forma [...] Se necesita un arte mayor acorde con las exigencias del espíritu nuevo" (*Manifiesto blanco*, 1.946). El *atelier* europeo, aquel lugar de cuidada producción artesanal se transforma en laboratorio de arte, donde el método, la investigación, primará sobre el resultado, tesis que recoge K. C. Reynolds en su ensayo sobre J. Dewey y J. A. Rice. Artistas como Jorge Oteiza, Max Bill o J. Navarro Baldeweg se referirán a su obra como trabajo de laboratorio (como *laboratorio de tizas*, *piezas de laboratorio* o *La Mesa*, respectivamente).

El nuevo objeto de trabajo -un aire material- y el método científico que emplean ahora los artistas para desvelarlo y manipularlo viajarán al nuevo continente en busca del espíritu nuevo al que Fontana se refiere. América representa la ruptura con lo conocido, con la modernidad europea, y proporciona el clima de progreso que una Europa ocupada en superar la guerra no puede ofrecer.

Los laboratorios del arte comienzan a explorar el nuevo medio material. Poco a poco los trazos que marcan los artistas abandonan el lienzo para probar a ser soportados por un aire viscoso. Las imágenes que aportan los nuevos microscopios revelan el sueño de un aire capaz de soportar estructuras y los dibujos de Paul Klee o Picasso se liberan del papel para ser construidos en el aire, por Fausto Melotti, Alexander Calder o Gego. Artistas como Fontana o Gego relatan en sus escritos la necesidad de abandonar el plano clásico en búsqueda de un arte nuevo, buscando un lugar real más allá del lienzo inerte (Nori, Joppolo, García, 1.998.).

Los nuevos laboratorios del arte se establecen en el nuevo continente, atraídos por un lugar sin herencias, sin pasado y que ha depositado toda su esperanza de construir un nuevo mundo en el método científico, en la experimentación. Surgen nuevas universidades, como el Black Mountain College en Carolina del Norte donde se impartirá la enseñanza de un método y no de una materia. La experimentación como camino comienza a dar interesantes frutos como los performances, que recorren todas las disciplinas, desde la danza hasta la arquitectura. Aunque el BMC será denominado como "la Bauhaus americana" se aleja del modelo europeo, optando por la experimentación en vez de la producción. En sus 23 años de existencia, el BMC reúne a figuras como B. Fuller, J. Cage o D. Judd.

Atraídas por la ciencia, un aire material y el método del laboratorio, otras universidades comienzan a experimentar los fructíferos resultados que este camino es capaz de aportar al arte y a la investigación de espacios habitables. El ejemplo llevado a cabo en la Universidad de Pennsylvania por Le Ricolais, Louis I. Kahn y Anne Tyng en el City Tower representa uno de los primeros trabajos de laboratorio en la arquitectura, en el que un aire material será capaz de soportar las estructuras alámbricas y ahora habitables que sus colegas europeos soñaron en los primeros laboratorios de arte. Y sumándonos a este sueño, tomamos prestada la expresión de Toyo Ito, ¡Qué atractivo sería, si existiera, una arquitectura del viento [...] que flota en el aire!

## ÍNDICE

<b>1. LA TRANSFORMACION DE LA MATERIA</b>	<b>4</b>
1.1. Un océano de aire	4
1.2. El desvelar de la nueva materia	5
1.3. Las miradas cruzadas entre el arte y la ciencia	7
<b>2. DEL TALLER AL LABORATORIO DEL ARTE</b>	<b>10</b>
2.1. Nuevas herramientas para el laboratorio del arte	10
2.2. Los primeros laboratorios del arte: del dibujo en papel al dibujo en el aire	12
<b>3. LA VISIÓN A TRAVÉS DE LA CIENCIA</b>	<b>17</b>
3.1. De la Bauhaus a la Black Mountain	17
3.2. El laboratorio	19
3.3. El método científico	21
<b>4. CONSTRUIR (en) EL AIRE</b>	<b>24</b>
4.1. Manipulaciones	24
<b>5. REFERENCIAS</b>	<b>25</b>

## 1. LA TRANSFORMACION DE LA MATERIA

### 1.1. Un océano de aire

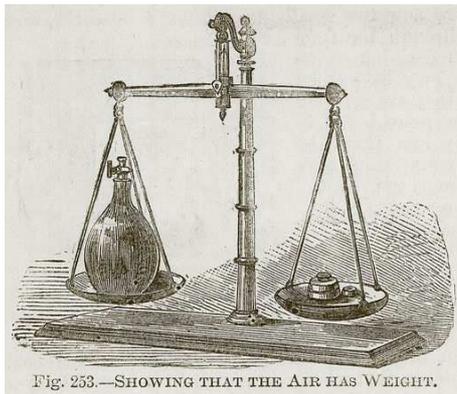


fig. 1. *Showing that the air was weight.* Ilustración, Casell (1.890)

En 1.643, el matemático Evangelista Torricelli demostró que el aire tenía peso. En el escrito “Opera geométrica”, publicado en 1.644 Torricelli, tratando de explicar por primera vez la materialidad del aire proponía una bella descripción para este recién descubierto medio material: “Vivimos en el fondo de un océano del elemento aire” (Torricelli, 1.644) y es que sobre nuestras cabezas soportamos aproximadamente dos toneladas de aire. El científico italiano vislumbraba por primera vez la respuesta a una cuestión filosófica: la existencia de un aire diferente al vacío. Años más tarde, el francés Blaise Pascal confirmaba la tesis de Torricelli al comprobar que el aire, además de tener un peso determinado, tenía también una altura finita (Pascal, 1.647), lo que resolvía una cuestión casi filosófica pendiente para la ciencia hasta el momento: la diferencia entre aire y vacío.

Estas revelaciones transformaron la visión de la ciencia hacia el invisible elemento que nos rodea. A partir de ahora sería analizado como materia y el estudio de la alteración de sus propiedades ofrecería grandes avances como la máquina de vapor y el paso definitivo a la revolución industrial. Sin embargo el aire en su estado natural y sin alteración de sus propiedades, aún durante siglos sería entendido como un conjunto de partículas volátiles y dispersas, un elemento imposible de manipular.

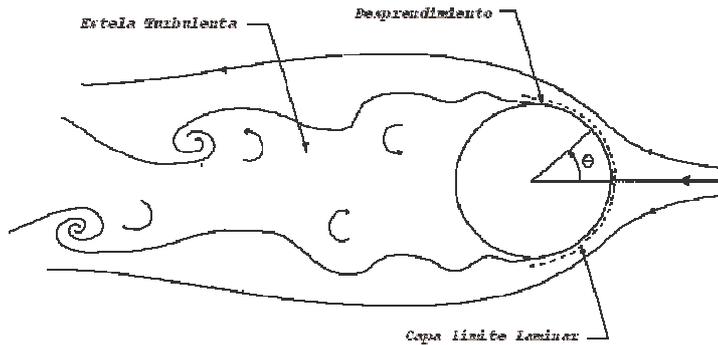


fig. 2. Representación de la teoría de Prandtl, Boundary Layer

Fue años más tarde, en 1.904 cuando el joven físico Ludwig Prandtl descubrió fruto de sus investigaciones, la alteración que otros elementos ejercían sobre el aire. En el Tercer Congreso Internacional de Matemáticas de Heidelberg, un joven Prandtl presentó por primera vez el aire como un fluido cuyas características se alteran en contacto de un sólido. Así, el aire, al igual que otros flujos, puede separarse en dos regiones (fig. 2), siendo la más próxima al sólido, la que concentra los efectos viscosos (Prandtl, 1.904). Prandtl definió esta región como la “capa límite”, aquella zona donde el fluido es perturbado por el sólido (Prandtl, 1.952).

El hallazgo de Torricelli, aquel océano de aire que pesaba sobre nosotros, tomaba un nuevo sentido que abría las puertas, ahora sí, a un aire material, capaz de transformarse y deformarse en contacto con un sólido. El aire se convierte a partir de aquí en materia maleable, en fluido de viscosidad variable, apto para su uso y estudio en la ciencia y en el arte. El aire abandonará definitivamente su condición de vacío, tal y como adelantó Torricelli dos siglos y medio antes. Se abrió así un camino que marcó, a lo largo del S. XX y hasta la contemporaneidad, un nuevo modo de trabajo que ambiciona la manera de atraparlo, de desvelarlo y transformarlo. Una creciente divulgación de los avances de la ciencia, de los descubrimientos físicos, químicos y matemáticos sumados a los importantes acontecimientos históricos del S XX avocó a artistas y pensadores a replantearse la visión de una realidad que desvelaba nuevos datos.

## 1.2. El desvelar de la nueva materia

En 1.945, tras la trágica explosión de la bomba atómica en Hiroshima, la realidad conocida, su estructura y la arquitectura que lo habitaba quedaron radicalmente transformados. El inesperado impacto de aquel artefacto nuclear transformó el mundo, y nuestra forma de mirarlo. A pesar de las tragedias ya vividas hasta el momento, era inconcebible imaginar cómo con un solo impacto el mundo se alteraría obligándonos a comprenderlo de un modo diferente. Aquel artefacto, fruto de las investigaciones científicas americanas, daría por finalizado el reinado cultural de Europa, obligando a formular nuevas teorías que logran dar explicación a una realidad compleja.

La ciencia, que se descubría como aliada y enemiga al mismo tiempo, dejaría de ser axiomática y lineal, para tratar de explicar todos aquellos supuestos que se escapaban de los sistemas clásicos ideales en los que se basaban Newton o Euclides. En 1.903, apenas medio siglo antes del impacto nuclear, el matemático francés Henri. J. Poincaré expone por primera vez una teoría acorde a la complejidad de la realidad, que trata de explicar aquellos fenómenos o sistemas susceptibles de variar con el paso del tiempo o alteración de las condiciones a los que se someten, a la que denominó teoría de los sistemas dinámicos (Poincaré, 1.903). Los sistemas dinámicos, según describía el científico y filósofo francés, son aquellos que evolucionan con el paso del tiempo. Para estudiar el comportamiento de estos sistemas, se deben identificar sus límites, elementos y relaciones, de modo que se puedan elaborar modelos que representen la estructura de estos sistemas. Poincaré introdujo la posibilidad de que la ciencia pudiera estudiar fenómenos que no responden a una dinámica lineal, sistemas en los que pequeñas alteraciones en las acciones iniciales pudieran suponer grandes cambios. La ciencia deja así de lado los supuestos de la mecánica clásica o el espacio euclidiano, abandona un mundo de teóricos estados ideales a cambio de una realidad compleja.

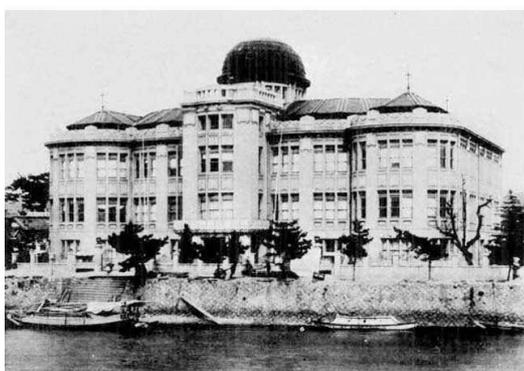


fig. 3. Prefectural Industrial Promotion Hall en Hiroshima antes de 1.945

fig. 4. Prefectural Industrial Promotion Hall en Hiroshima tras la explosión de 1.945. Fotografía de Stanley Troutman (7 de septiembre de 1.945)

Días antes a la explosión nuclear de 1.945, el edificio que albergaba el Prefectural Industrial Promotion Hall en Hiroshima se mostraba ante el río Ota como símbolo de estabilidad y progreso económico, escenario de las actividades mercantiles de Hiroshima (fig. 3). Representaba aquella realidad axiomática, lineal, en la que determinadas bases previsiblemente construirían un futuro cierto. A su derecha, la imagen tomada por el fotógrafo americano Stanley Trouman que en 1.945 dio la vuelta al mundo (fig. 4), nos descubre una nueva cara de esa misma realidad, más compleja y sin duda no lineal. La manera en la que Trouman nos muestra ahora el Prefectural Industrial Promotion Hall a través de los ojos de aquel anónimo espectador no es ya meramente descriptiva, es narrativa de una complejidad que la ciencia trata ya de argumentar.

El edificio, del que se nos muestra ahora su parte posterior, se aleja en muchos aspectos de aquella imagen tomada desde el río Ota. Su radical transformación abre la puerta a un futuro nuevo, a aquello que será, que podrá ser. El observador se detiene ante la ruina de una arquitectura decimonónica, soñando tal vez aquello que vendrá a sustituir el paisaje devastado.

La imagen de las ruinas del Prefectural Industrial Promotion Hall desvelan en su alámbrica estructura aquel aire descubierto por Torricelli, y del que Prandtl nos habló como fluído deformable. La materialidad que se mostraba en esquemas e imágenes ampliadas de probetas se desvela ante el objetivo de Trouman, y con él ante una generación de artistas que empiezan a ver en la ciencia una fuente para sus investigaciones. Aquella ciencia que resuelve cuestiones filosóficas, que trata de explicar el peso del aire, su existencia, su materialidad, sus alteraciones, y que por fin se enfrenta a la complejidad de la realidad, abandonando los estados y supuestos ideales que no tienen cabida en esta fotografía.

### **1.3. Las miradas cruzadas entre el arte y la ciencia**

El arte despierta ante una ciencia moderna que trata de adaptarse a la complejidad de la realidad, al igual que la ciencia comenzará a mirarse en un arte capaz de intuir las próximas teorías. Cada uno con sus medios, científicos y artistas trabajarán por descubrir a lo largo de la segunda mitad del S. XX la forma de desvelar, atrapar y transformar la materialidad del aire. La arquitectura, de la mano del arte, buscará también incansable la expresión y habitación de un aire matérico.

Los artistas, fascinados ante la idea del laboratorio, abandonan un arte de representación y por primera vez, el método comienza a primar sobre el resultado. Ortega y Gasset relata esta ruptura (Ortega y Gasset, 1.929), en la que los artistas, hastiados de un papel tan trascendente, abrumados de que de ellos se esperara, “poco menos que la salvación de la especie humana” (Ortega y Gasset 1.929), deciden emprender un nuevo camino en el que su arte servirá al hombre de un modo diferente. A partir de este momento, el arte toma caminos irreconocibles para gran parte de los espectadores, el arte se hace investigación, la idea prima sobre la producción, el método sobre el resultado y el conocimiento experimental reemplaza al imaginativo. Surge la conciencia de un mundo que existe y se explica por sí mismo (Fontana, 1.946).

El primer laboratorio del arte cuyo objeto es la investigación del aire como materia, será aquel que se ocupa de demostrar su propia existencia. De un modo similar a la investigación filosófica, artistas, científicos y arquitectos trabajan directamente sobre el origen, desvelando el ser o no ser de un aire matérico.

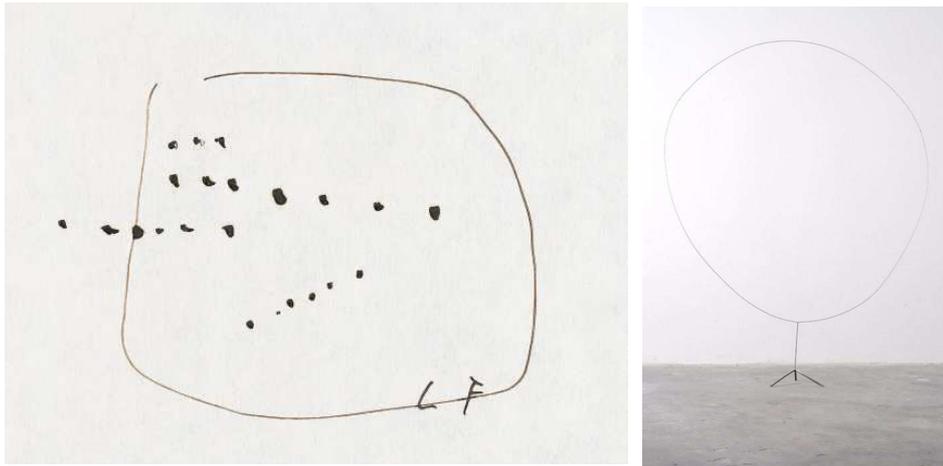


fig. 5. Lucio Fontana. *Concetto spaziale* (1966)

fig. 6. Henk Visch, *Exactly how I remembered it #1* (2008)

Entre 1.950 y 1.968, Lucio Fontana emprende un verdadero trabajo científico titulado “concetto spaziale”, en el que trata de desvelar las formas del arte en la representación de una realidad compleja, mediante la abolición del espacio ilusorio y su sustitución por el espacio real (Fontana, 1.998). Poco antes del comienzo de esta investigación, en 1.946, se publican sus ideas en el “Manifiesto blanco” y a lo largo de más dos décadas tratará de materializarlas en un auténtico trabajo de laboratorio. El propio manifiesto, redactado por sus alumnos, refleja la influencia del método científico en el trabajo de Fontana. Consciente del alcance de los descubrimientos científicos y de los cambios que están provocando en la forma aproximarse a la realidad, Fontana los describe como hallazgos desmesurados que gravitan sobre una nueva organización de la vida (*manifiesto blanco*, 1.948). Fontana trata además de implicar a artistas y científicos, en el trabajo de desvelar la materialidad de un nuevo elemento, apelando a los hombres de ciencia del mundo que saben que el arte es una necesidad vital de la especie, a que orienten una parte de sus investigaciones hacia el descubrimiento de esa sustancia luminosa y maleable. Hoy, el conocimiento experimental reemplaza al conocimiento imaginativo (Fontana, 1.948).

Observando uno de sus últimos trabajos dentro de la investigación “Concetto Spaziale”, realizado en 1.968, vemos como trasmite de manera bellísima la búsqueda de una sustancia “luminosa y maleable”, aquella que Pascal diferenciaba del vacío en 1.647. Un trazo aparentemente torpe y sin embargo cuidadosamente meditado, deja su contorno abierto mostrando como parte de aquello que atrapa, parte de la sustancia, queda libre al escapar del trazo. Los puntos, que en muchas otras obras de Fontana se expresan como *buchi* (agujeros), no solo escapan a un frágil contorno, sino que tratan de independizarse del soporte, del lienzo, buscando el espacio real que ha de ocupar esta nueva sustancia. Fontana busca incansable en su laboratorio de arte a lo largo de los 22 últimos años de su carrera la expresión de un aire material al que llama la sustancia luminosa, y que trata de desvelar en un lugar real más allá del lienzo inerte (Nori, Joppolo, García, 1.998.).

Esta búsqueda continúa a lo largo de las décadas y se sucede de uno a otro laboratorio. Años más tarde, el artista holandés Henk Visch, nos desvela una visión de aquella sustancia luminosa de Fontana, la porción de un aire matérico atrapado de manera fugaz en un círculo de alambre. Con una sencillez comparable a la obra de Fontana, Visch atrapa una fracción del elemento viscoso sin ocultar la composición sincera y descriptiva del artefacto alámbrico que utiliza.

Al igual que la ciencia abandonó los estados ideales para enfrentarse a una realidad fuera de los tubos de ensayo, Visch se libera del plano clásico del arte construyendo en su laboratorio un utensilio capaz de capturar aquel aire fluido de Prandtl. *Exactly how I remembered* de Visch representa la captura de un aire que se escapa a nuestros sentidos pero que existe en nuestra percepción sensorial (For Joan, Henk Visch, 2008). Este "atrapa aire" nos recuerda a las palabras de Oteiza, describiendo al artista como "cazador del Ser" y definiendo al propio Arte como "trampa" (Oteiza, 1.996), trampa que también para Oteiza queda vinculada a la idea de hueco, de agujero. De algún modo, el artefacto de Visch parece no tener otro cometido que el de ser una trampa para el aire. Lo estático de la estructura alámbrica contrasta con el aire fluido de Prandtl. Precisamente es esto lo que Visch quiere plasmar, al tratar de atrapar la memoria de la sustancia luminosa en la quietud del objeto. Aquello que vive en quietud nunca muere (Visch, 2007).

La búsqueda constante de la expresión de una realidad compleja que la ciencia desvela, obliga a los artistas a replantearse el camino del arte, las formas de representación. Si para Fontana esta visión de la realidad requiere un cambio en la esencia y en la forma; la superación de la pintura, de la escultura, de la poesía, de la música (fontana 1.948), Visch, años más tarde y ya conociendo el trabajo de laboratorio, no renuncia a la búsqueda de una imagen para recordarnos qué es la realidad (Visch, 2.008). Y es que como ya adelantó el maestro de la Bauhaus, el arte no reproduce lo visible sino que lo hace visible (Klee, 1.920).

## 2. DEL TALLER AL LABORATORIO DEL ARTE

### 1.1. Nuevas herramientas para el laboratorio del arte

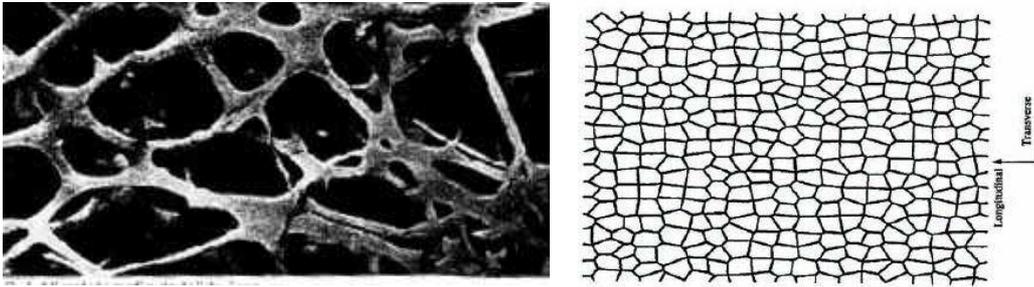


fig. 7. microfotografía de tejido óseo (hueso esponjoso)

fig. 8. estudio de tejido óseo aplicando diagrama de Voronoi . *Modelo bidimensional en elemento finito* (1.997)

Los constantes avances en la ciencia, hacen inevitablemente evolucionar el método científico y con él los laboratorios del arte. En 1.942, el físico alemán Manfred von Ardenne presenta el microscopio electrónico de barrido o SEM (Scanning Electron Microscope), una herramienta que con sus imágenes de nuevo revolucionará los laboratorios de la ciencia y el arte. A diferencia del microscopio óptico que Zacharias Janssen inventó en 1.590 y cuyo funcionamiento era similar al de una lupa, el SEM sustituye el haz de luz empleado por los anteriores aparatos por un haz de electrones, que permiten generar por primera vez una imagen del objeto analizado en tres dimensiones (fig. 7). La superficie de la muestra a analizar es barrida por un haz de electrones y un detector provisto de lentes de electroimanes mide la cantidad e intensidad de electrones que inciden en la muestra. Así, el SEM es capaz de mostrar una imagen digital que representa figuras con profundidad de campo.

Las imágenes que este haz de electrones ofrece a una generación de artistas deslumbrados por la ciencia, descubren nuevas vías de investigación que transformarán definitivamente los *ateliers* en verdaderos laboratorios de arte. Estas imágenes tridimensionales muestran por primera vez como el aire viscoso de Prandtl es capaz de soportar complejas estructuras. La ciencia, que avanza también demostrando las intuiciones que el arte desvela, revela en el reflejo de un haz de electrones aquella materia luminosa que Fontana trata de representar y que Visch captura en su trampa alámbrica.

La matemática, al igual que la física evoluciona en búsqueda de nuevas herramientas y teorías capaces de explicar una realidad compleja. Como ya hemos apuntado, en 1.903, el filósofo, físico y matemático francés Henry Poincaré comenzaba a analizar en términos científicos una realidad que supone más compleja que aquellos supuestos ideales en los que se basaba la ciencia clásica. Por primera vez planteaba la duda de si el Sistema Solar sería estable para siempre, y abría la puerta a cuestiones que hasta el momento la ciencia había rehuido, tales como el estudio de lo aleatorio o el azar. Esta nueva rama que aproxima la ciencia a un estudio más exacto de la realidad, desencadenó el desarrollo posterior de teorías que tratarían de explicar fenómenos más propios de lo contingente que de lo ideal, como la teoría del caos, turbulencias o de los sistemas oscilatorios.

Apoyándose en estas nuevas ramas que abre la ciencia muchos investigadores y artistas han tratado de descubrir o soñar en sus laboratorios la forma de materializar aquel aire que Pascal diferenciaba del vacío, el aire viscoso de Prandtl y ese que el SEM nos muestra como soporte material de estructuras naturales.

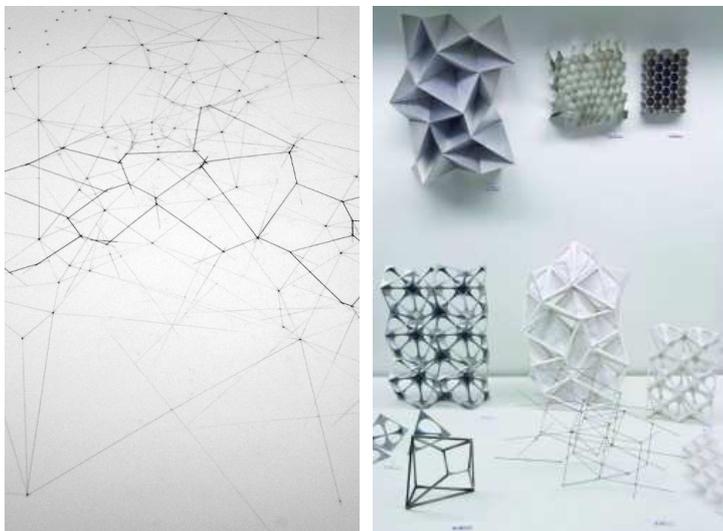


fig. 9. esquema de diagramas superpuestos de Voronoi y Delanuay

fig. 10. Barkow Leibinger Architects, *Exhibition Atlas of Fabrication*, 032c Museum (2009)

A finales del S XIX, el matemático Ruso Georgy Feodosevich Voronoy propone una forma de división poligonal del espacio euclidiano a la que se denomina diagrama de Voronoi (fig. 9). Esta forma de división espacial se usará, entre otras muchas cosas, para la simplificación y estudio de las imágenes de tejidos tridimensionales que nos descubre el SEM (fig. 8). Los descubrimientos científicos y artísticos se van encadenando, de manera que unos sentarán la base a los siguientes. La matemática, la topología, la física o la biología aportan a partir del S XX valiosas herramientas a los laboratorios artísticos, y estos devolverán a la ciencia nuevas cuestiones y el inquietante reto de resolverlas.

En 1.934, el matemático Ruso Boris Nikolaevich Delone, ideó la "triangulación de Delanuay" (fig. 9): una red de triángulos en la que todas las circunferencias circunscritas de todos los triángulos de la red no pueden contener más vértices que el triángulo que las define. La malla propuesta por el matemático ruso guarda estrecha relación con el diagrama de Voronoi, ya que resulta también de la unión de los circuncentros de los polígonos de Voronoi. Aunque Delanuay ideó esta malla para trabajar en modelos espaciales bidimensionales y propios de la geometría euclidiana, su red rápidamente se adaptó a una estructura espacial, aérea, sustituyendo la circunferencia por la esfera.

Los laboratorios del arte se han visto tremendamente impactados por estas dos propuestas de división y triangulación del espacio. Aunque ambas parten de la geometría clásica inmediatamente han sido interpretadas como herramienta para trabajar un aire material, para cristalizarlo, para expresarlo. Las mallas de Delone y Voronoi parecen querer construir con sus imaginarios hilos la trampa que atrapará las partículas de aire descubiertas por Fontana (fig. 10).

## 2.2. Los primeros laboratorios del arte: del dibujo en papel al dibujo en el aire

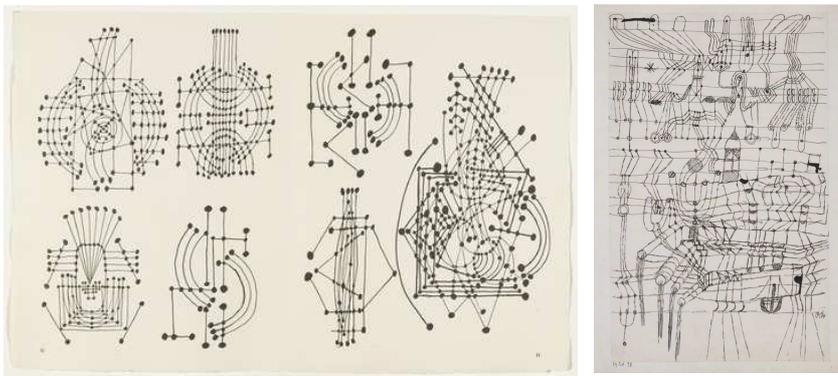


fig. 11. Pablo Picasso, *Le Chef-d'oeuvre inconnu* (1.931)

fig. 12. Paul Klee, *Drawing Knotted in the Manner of a Net* (1920)

La transformación de los talleres de producción artística a laboratorios de arte, avanza paralela a la transformación de la física y matemática clásicas hacia aquellas teorías que tratan de explicar la complejidad de la realidad. El abandono de un arte en el que priman los resultados estéticos en pro de un arte de investigación, de laboratorio, pasa por el abandono de la materia clásica en busca de una nueva sustancia capaz de expresarse en un arte nuevo, acorde a la realidad que la ciencia desvela.

Durante la década de 1.920 artistas como Picasso o Paul Klee, herederos aún de los sistemas clásicos basados en una realidad ideal, teorizaban también sobre una base ideal, definiendo los elementos primarios que debían construir el dibujo (fig. 11). Paul Klee, durante sus años de maestro en la Bauhaus, mostraba a sus alumnos como un dibujo se componía de "líneas, puntos y círculos" (Klee, 1.925). La línea, según el Klee, era generada a través del movimiento del punto, simplificando a un estado ideal la creación artística. Por supuesto, los trazos creados por puntos en movimiento se limitaban a recorrer el espacio acotado en un trozo de papel, que a diferencia de lo que sucedería en el trabajo de Fontana, se consideraba aún como parte de la obra artística.

Klee se definía a sí mismo como dibujante más que como pintor, siendo para él el color un descubrimiento tardío, un factor inicialmente ajeno a sus elementos básicos de dibujo, a través de los cuales descubría los paisajes y las figuras (Klee, 1.920). De algún modo, aquellos trazos vacíos, enlazados con el aire pretendían capturar una realidad más compleja (fig. 12). Aún en sus cuadros más coloristas, todo el espacio queda siempre definido por líneas, puntos y círculos. Klee, desde su aún taller de artista, buscaba algo que capturar entre sus trazos, algo material que de trataba de representar con color, pero que no era sino el aire que sustentaba sus líneas, puntos y círculos, la sustancia luminosa.



fig. 13. Fausto Melotti, *Città* (1.963)

fig. 14. Alexander Calder, *Snow Flurry* (1.948)

Años más tarde, tras el final de la II GM la difusión de las nuevas teorías e imágenes de la ciencia proveyó a los artistas de un nuevo material que haría transformar sus talleres productivos en laboratorios de investigación artística. La línea y el punto comenzaron a abandonar el plano de papel, en busca de un nuevo espacio donde expresar un arte nuevo. Aquel que Fontana busca, un arte más acorde con las exigencias del espíritu nuevo (Fontana 1.948).

Los dibujos de Picasso y Klee se construían gracias al hallazgo del nuevo elemento material que el mundo descubrió entre las ruinas de la modernidad en la fotografía de Troutman de 1.945, y que la ciencia divulgaba en forma de réplica gracias al continuo material producido por sus nuevos artefactos. Al observar las imágenes posteriores al impacto de la bomba atómica, y ser conscientes de la existencia de una realidad más compleja, muchos artistas comprendieron que faltaba por sumar el más importante elemento a aquellos que Klee explicaba en la Bauhaus: el aire. Sin duda, este material volátil no podía tratarse en un simple taller, sino que requería la conversión de éstos a un modelo más cercano a la investigación: el laboratorio.

Inevitablemente, el propio laboratorio transformó también el método de trabajo de los artistas, que se aproximaba al trabajo en modelos espaciales en los que pudiera intervenir un aire ahora susceptible de manipulación. El lienzo, como ya adelantó Fontana no era capaz de contener la expresión de un arte nuevo. Se determina así la necesidad de nuevos materiales técnicos que permitan llegar al objetivo buscado (Fontana, 1.946). Si bien él propuso buscar a través del plano clásico, mediante perforaciones y rasgaduras, otros artistas de su círculo, como Fausto Melotti experimentaron directamente con las cualidades del aire como elemento material. Citando a Germano Celant, refiriéndose a la obra de Melotti "en este vacío aéreo y maravillante [...] se mueven seres elegantes y sinuosos que parecen liberarse de una existencia concreta, dominada por la gravedad". La escultura pasa a ser una herramienta de trabajo más ágil y experimental. En palabras de Maria Luisa Pavanini refiriéndose a la exposición "el imperio de la luz" la escultura, en el periodo de posguerra ha perdido la fuerza y el carácter estático de sus volúmenes completos para convertirse en construcciones de hilo, como refleja la obra de Alexander Calder o Fausto Melotti que crean un sinfín de temas y variaciones de los materiales tradicionales utilizados con ligereza (Pavanini, 2.014).

el aire como materia: sus nuevos laboratorios

Fausto Melotti, formado como ingeniero eléctrico, mantenía una estrecha relación con Lucio Fontana, a partir del curso de arte que compartieron en 1.928. El trabajo y las ideas de Melotti, al igual que en el caso de Fontana evolucionan con el paso de la guerra por Europa. Ambos ven la necesidad, a partir de la década de los 50 de la búsqueda de una nueva expresión del arte.

Tras el paso de Melotti por la Accademia di Brera en Milán, comienza a impartir clases, transmitiendo a sus alumnos la idea de que el arte viene a través del arte, fruto de una intuición personal (Melotti, 1.934). Con el fin de la II Guerra Mundial, el trabajo de Melotti, quien quedó impactado por el horror, se vuelve más abstracto y metafísico, y abandona la escultura material y la idea de una creación tan intuitiva. Se orienta inmediatamente hacia un espacio irreal, donde tiende a olvidar los orígenes de los datos reales (Celant, 1.995). En 1.959, Melotti comienza un camino de investigación, y convierte su taller en laboratorio, utilizando como método de experimentación las construcciones alámbricas (fig. 13).

Aunque de un origen geográficamente lejano Alexander Calder siempre mostró gran atracción hacia los trabajos de investigación que los artistas europeos empezaban a desarrollar en sus laboratorios. Calder, también procedente de una formación técnica y conocedor de la obra experimental de Melotti o Fontana, convirtió su trabajo también en un laboratorio donde investigaría el comportamiento de los elementos básicos del dibujo en un nuevo medio, propio de un nuevo mundo (fig. 14). Tras realizar sus estudios en la Art Students League de Nueva York, Calder se traslada a París en 1.926 y recibe gran influencia de la abstracción y el surrealismo, ofreciéndole herramientas que lo alejan de sus escultura figurativas. En 1.936, Calder crea *Ritou*, una escultura que por primera vez aparece como una obra totalmente exenta, liberada del vínculo con el muro, y por tanto clave en el proceso por el que Calder altera los principios milenarios de la escultura, invirtiendo su posición tradicional en el espacio (Fernández Aparicio, 2.006).

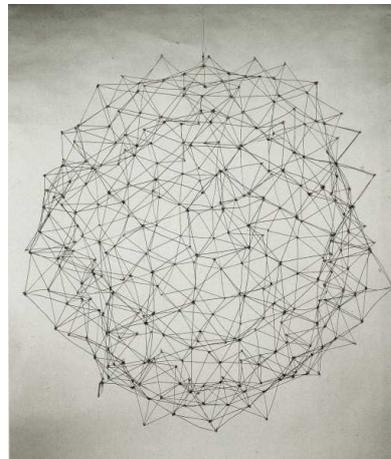
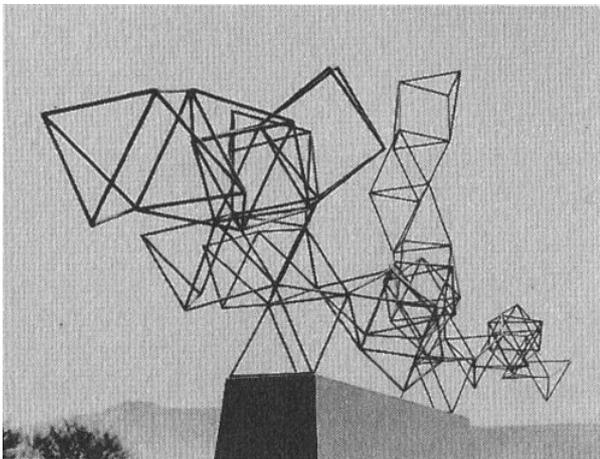


fig.15. Max Bill, *construction based on 30 identical elements* (1.938-39)

fig. 16. Gego, *reticularea* (1.975)

El ejemplo del laboratorio de arte se extiende rápidamente por Europa a raíz de la difusión de los avances de la ciencia y de lo fructífero de su método. Se ha abierto un nuevo camino en el que la obra de arte abandona el plano clásico y se dibuja alámbrica, sustentada por un aire ahora matérico. Los círculos del arte en Europa hacen coincidir a los nuevos artistas investigadores, y la idea de experimentar con construcciones alámbricas se desarrolla en diferentes obras. Max Bill, arquitecto y diseñador italiano, y miembro, al igual que Alexander Calder del grupo *Abstraction-Création*, aporta claros ejemplos del trabajo de laboratorio.

el aire como materia: sus nuevos laboratorios

La obra de Bill "construcción basada en 30 elementos idénticos" se inspira en los trazos geométricos de las tipografías de líneas verticales, horizontales y diagonales que en aquel momento desarrollaba. La obra, creada para la exposición "Konkrete Kunst" de Basilea, surge tratando de escribir una combinación de letras mayúsculas y minúsculas que hicieran referencia a la propia exposición: K, b... En este caso, la escritura abandona el plano de papel para pasar a ser sustentada por un aire matérico. La obra de Bill representa una vez más la verdadera investigación realizada en el laboratorio del arte ya que él mismo denominaba a sus esculturas como "piezas de laboratorio" (Bill, 1.939).

Estos primeros laboratorios de arte, que surgen en Europa en un clima bélico, rápidamente se trasladarán al nuevo continente, acompañando la huida de estos artistas-científicos a lugares capaces de ofrecer la esperanza de construir un nuevo mundo. Sin duda uno de los primeros exponentes de la búsqueda de nuevas oportunidades del laboratorio la encontramos en la obra de la artista germano-venezolana Gertrud Goldschmidt (Gego). Su extenso trabajo supondrá el salto definitivo de las líneas del plano de papel a un aire matérico capaz de sustentar construcciones de hilo.

Gego, formada en Alemania donde realiza estudios de ingeniería y arquitectura emigra a Venezuela un año antes del estallido de la Segunda Guerra Mundial. Queriendo abandonar, no solo el clima prebélico sino también la modernidad Europea como ella misma relató (Gego, 1.990), comenzó su carrera en un nuevo país despojada y liberada al mismo tiempo de la cultura europea. Quizá ella vio también que el paso de la guerra descubría la puerta hacia un nuevo arte y una nueva arquitectura. Sin duda sus ojos estaban también tras la mirada que observaba el Prefectural Industrial Promotion Hall vacío de materia y lleno de un nuevo aire.

La bienal de Sao Paolo de 1.957, donde Jorge Oteiza presentó su obra "propósito experimental" fue sin duda punto de partida para la proliferación de los laboratorios del arte en el nuevo continente. Los artistas y arquitectos no trataban ya solo de trabajar un objeto final, digno de exponerse o de habitarse. El hecho de investigar, de crear y desechar, comenzó a entenderse como parte visible del proceso creativo, en ocasiones casi más importante que el objeto final.

Gego, en este clima experimental y combinando siempre su labor docente con la creativa, fue sin duda uno de los exponentes de estos nuevos laboratorios. Su obra evoluciona desde un comienzo en la escultura más clásica hasta que al final de su carrera, al despojarse de todo material rígido comienza a trabajar tejiendo líneas en el aire. Así surgen algunas de sus obras más conocidas y que valdrán de inspiración a posteriores investigaciones espaciales desarrolladas en laboratorios de arquitectura. Gego parece representar en su obra lo que Junya Ishigami años más tarde buscará en sus delicadas construcciones de hilo ambicionando conquistar el cielo: "un nuevo mundo, hasta ahora desconocido, nos está esperando" (Ishigami, 2.011).

La obra de Gego supone toda ella una investigación espacial, un exhaustivo trabajo de laboratorio. Encadena uno tras otro sus proyectos de investigación que desarrolla durante años, al igual que han comenzado a hacer muchos artistas fascinados por el método científico. Entre 1.957 y 1.969, Gego realiza su primera investigación espacial basándose fundamentalmente en la elaboración de artefactos con trazos equidistantes. Esta etapa será denominada por Iris Peruga, como "líneas paralelas" y desvela ya su interés por el espacio y la estructura.



fig. 17. Gego, *Reticulárea*, 1.969

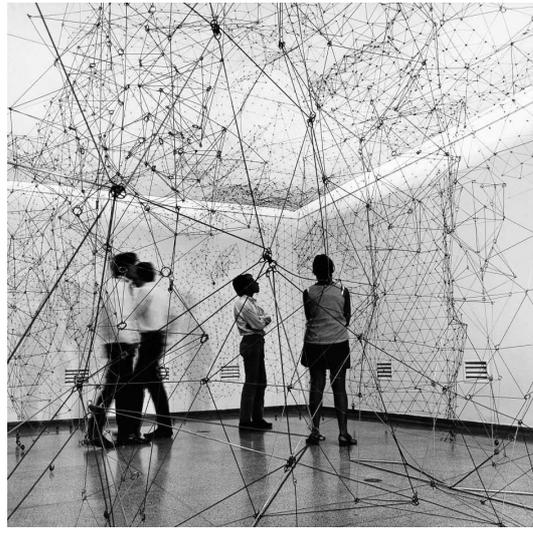


fig. 18. Gego, *Reticulárea*, 1.969

A partir de 1.969, va encadenando una serie de investigaciones que liberan cada vez más sus líneas de la rigidez geométrica impuesta en "líneas paralelas". Las series "reticulárea" (que engloba su obra más conocida) y "dibujos sin papel" se despojan a las obras de análisis previos para dibujar de manera directa trazando líneas soportadas por un aire viscoso. Por fin aquellos dibujos de Klee y Picasso se liberan del plano clásico tal y como Fontana predijo que haría el arte nuevo, para dibujarse en el aire.

Los trabajos comprendidos en su investigación "reticularea" y "dibujos sin papel" están formados por redes planas y moduladas que se unen y asocian configurando diferentes espacios. Las imágenes de estas obras nos muestran un espacio ocupable, construido por Gego desde su interior (fig. 17). Los artefactos invitan a ser ocupados, alejándose de aquellos primeros prototipos de Melotti o Calder, que sólo podían ser habitados por la imaginación. Gego crea un espacio complejo y real, ideado para experimentar las cualidades del aire que lo sustenta (fig. 18). La complejidad y la importancia de las conexiones en estas obras, se acerca más a las imágenes que la ciencia está divulgando que a aquellas sencillas construcciones de hilo que tímidamente comenzaron a conquistar un recién descubierto aire material.

### 3. LA VISIÓN A TRAVÉS DE LA CIENCIA

#### 3.1. De la Bauhaus a la Black Mountain



fig. 19. Iwao Yamawaki, *Collage of Hitler walking on the Bau* (1.932)

fig. 20. Black Mountain College, North Caroline

América se convierte tras la II GM en el nuevo continente del arte. Artistas americanos verán la oportunidad de ser ahora el motor artístico del mundo, y a ellos se sumarán aquellos que abandonaron una Europa deprimida y desolada por la guerra. Un nuevo mundo debe dar paso a un nuevo arte. Las ideas más románticas que viajaron al nuevo continente en las maletas de aquellos artistas hastiados de la vieja Europa, no tendrán aquí continuidad. América supondrá una nueva oportunidad, rompiendo los lazos con una Europa símbolo de una modernidad moribunda. Este clima energético, sin raíces, sin pasado y con la responsabilidad sabida de que el mundo había depositado en él sus esperanzas de progreso, era el clima propicio para el desarrollo de los nuevos laboratorios.

El arte vivía la necesidad de abandonar un formalismo agotado. El lenguaje de la modernidad condujo al arte a un lenguaje excesivamente higienista y depurado, dependiente de la apariencia (Badiola, 2.013). A partir de los años 50 artistas y arquitectos comenzaron a buscar un lenguaje diferente, más intuitivo, que tratara de representar las contingencias de la vida. No es casualidad que en estos mismos años, las universidades norteamericanas trabajaran en el desarrollo de teorías físicas y matemáticas capaces de explicar también conceptos como la variabilidad o irreversibilidad de un sistema.

En 1.933, nace una innovadora Universidad ubicada en Carolina del Norte, a la que la posteriormente bautizarán como “la Bauhaus americana”. La Universidad Black Mountain (Black Mountain College, BMC) emprendía su camino con ideas rompedoras en su sistema docente, que darían fructíferos resultados en la unión entre las diferentes artes y la ciencia. Si bien es cierto que confluía con la Bauhaus en algunos aspectos, la Black Mountain estaba impregnada de espíritu americano (fig. 20). En Europa quedaron las ideas más románticas del trabajo artesanal y productivo que el artista debía desempeñar en su taller, dando paso aquí a una visión científica y experimental. La Black Mountain no se creó propiamente como una universidad del arte, sino en la búsqueda de una educación humanista, tratando de aportar al mundo lo que en ese momento necesitaba, tal y como su propio creador y primer rector, John A. Rice relataba (Rice, 1.933).

El papel que Paul Klee, Kandinski o Gropius tuvieron en la Bauhaus, sería reemplazado aquí por poetas, músicos y matemáticos. Mientras que en la versión europea se creaba un determinado estilo de muebles, tipografías o edificios de marcado estilo “bauhaus”, su colega americana no pretendió crear un lenguaje, sino un camino: el camino del laboratorio, de la investigación, que obtuvo resultados muy diversos y menos formalistas.

Tal y como defendía John Rice, primer rector de BMC, el objetivo fundamental era enseñar el método, no el contenido; fomentar la experimentación (Rice, 1.933). Su cuerpo docente, compuesto por ingenieros, matemáticos, dramaturgos, músicos y poetas, perseguía que el estudiante aprendiera el modo de enfrentarse a los hechos, más que centrarse en los propios hechos, ya que estos varían mientras el método permanece inalterable (Rice, 1.933). La Black Mountain proponía a sus estudiantes el método del laboratorio fuera cual fuera el proyecto a desarrollar, lo que propició la extensión de la forma de trabajo de aquellas primeras construcciones alámbricas y dibujos sin papel, a otras disciplinas artísticas.

El modelo americano, despojado de cualquier lazo con la modernidad, partía de un lugar sin pasado, sin herencias, a partir del cual debía construir nuevas promesas para una sociedad enérgica y con su mirada puesta en el futuro. El nuevo mundo que se estaba construyendo, más pragmático que romántico, confiaba ahora en la ciencia y en la experimentación como el mejor camino creativo. Las escuelas de arte europeas, los talleres en los que se estructuraba la enseñanza de la Bauhaus se transforman aquí en auténticos laboratorios de arte.

### 3.2. El laboratorio

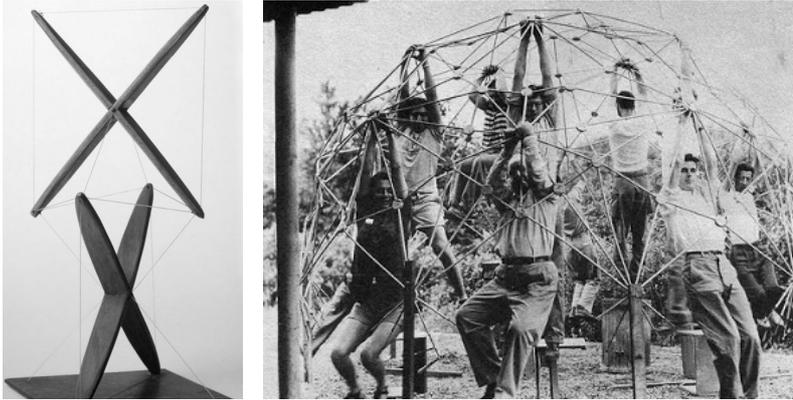


fig. 21. Kenneth Snelson, *Early X-Piece* (1.948)

fig. 22. B. fuller. (1.949)

Al mismo tiempo que Max Dehn, matemático geómetra y uno de los más brillantes profesores de BMC, formulaba el lema que llevaría su nombre, el arquitecto y también profesor de la Black Mountain Buckminster Fuller investigaba entorno a ejercicios espaciales a base de barras y cables. Fuller, atraído por la ciencia y sus investigaciones sobre las fuerzas y el equilibrio, había estudiado geometría energética-sinérgica durante los años de la II GM. Tras un periodo de fallidos trabajos y empresas, Fuller aceptó en 1.933 un puesto de trabajo en la aún desconocida universidad de Carolina del Norte y fue durante sus años como docente aquí cuando por fin consiguió aunar sus inquietudes en el estudio de aquello que bautizaría como “tensegridad”. A pesar de sus numerosas investigaciones sobre como separar los esfuerzos de tracción y compresión, no fue Fuller sino Kenneth Snelson, un joven estudiante de escultura asistente al curso que Fuller impartía junto a J. Albers, quien consiguió materializar las ideas de su maestro. Durante el verano de 1.948, Snelson trabajó en la escultura "Early X-Piece" (fig. 21), separando dos piezas de madera por cables tensionados.

Fuller, quien al parecer se adueñó en un primer momento de la exitosa materialización de sus ideas, denominó años más tarde a este tipo de estructuras “estructuras tensegrity”, término que proviene de “tensional integrity” o integridad tensional, y que expresa el equilibrio de fuerzas de tracción y compresión. Este tipo de estructuras, que trataban, en las propias palabras de Fuller, de “conseguir más con menos” (Fuller, 1.948) buscaban obtener las máximas prestaciones con el mínimo material. A diferencia de Snelson que ha desarrollado hasta al contemporaneidad su trabajo como escultor creando grandes estructuras autoportantes, Fuller experimentaría en la materialización de propuestas habitables capaces de soportar peso.

En 1.954 Fuller patentó la “cúpula geodésica” (fig. 22), desarrollada a partir de los conocidos prototipos que trabajó en la Black Mountain, donde aparecía colgado de ella en compañía de un grupo de alumnos, tratando de demostrar su capacidad de ser puesta en carga y ocupada. Fuller desarrolló sus diseños basados en el conocimiento aportado por la geometría y la matemática y sin duda fue el exponente del progreso y de la utopía hecha realidad en el nuevo mundo que representaba ahora Norteamérica.

El trabajo desarrollado de Fuller tomó un rumbo muy ligado a la ingeniería y el desarrollo de soluciones muy pragmáticas y utilitarias, pero no se puede obviar su aportación a una nueva vía de investigación en la que los “dibujos en el aire” de Gego se nutrirían de nuevas ideas propias de la ciencia. Los nuevos laboratorios de la arquitectura, comenzaban, gracias a esta visión científica, a ofrecer sus mejores resultados. Las construcciones con hilo que comenzaban a ocupar los laboratorios de arte en Europa, toman aquí un camino mucho más cercano a la ciencia y se desarrollan siguiendo un método más propio de la tradición del laboratorio que de los *ateliers* europeos. El BMC hace que el método prevalezca sobre el resultado, la investigación sobre la producción.

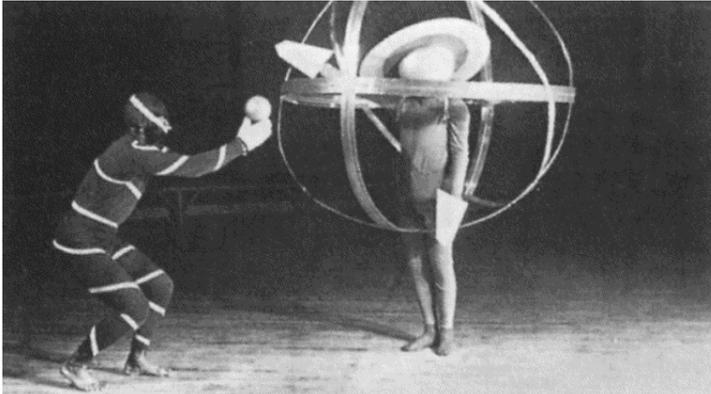


fig. 23. Happening de John Cage y Merce Cunningham en Black Mountain College. *Obra de teatro n°1* 1.952

fig. 24. Anne Tyng, *Inhabiting Geometry*, 2.011

La obra John Cage, otro ilustre alumno de BMC, representa el máximo exponente de la idea de laboratorio de arte. En 1.952 se lleva a cabo en la Universidad de Carolina del Norte uno de los primeros performances. John Cage y el coreógrafo Merce Cunningham idearon para una de sus representaciones de música y danza (obra de teatro n° 1) un curioso artefacto en el que un individuo habita una porción delimitada de aire (fig. 23). Aunque con ambición menos pragmática que las construcciones tensegrity de Fuller, las investigaciones de Cage y Cunningham buscan también la manera de habitar aquel aire encerrado entre los hilos de sus colegas europeos.

El artefacto creado para *Obra de teatro n°1* será el habitáculo de aquel que representa nuestro mundo, ataviado en ambas manos con herramientas propias de la construcción. Fuera de este aire matérico que da forma a la esfera se encuentra la nada, un pequeño planeta sustentado por un individuo que representa el universo. La imagen recuerda al hallazgo de Pascal, que distinguía el aire del vacío: el aire, habitado por el constructor del nuevo mundo y contenido en un artefacto de hilo, el vacío, rallado, oscuro.

Los performances se convierten en otra útil herramienta de investigación, reuniendo todos los requisitos del método científico. El camino prevalece sobre el resultado. Cada performance es único, a diferencia de una representación teatral, que se repite buscando siempre una misma respuesta en sus espectadores. El performance cambia en cada ocasión e interactúa con un público diferente, buscando siempre una nueva reacción. Puede incluso ser creado para una única representación. La *Obra de teatro n°1* fue definida por Cage como “eventos teatrales sin trama” (John Cage, 1.952), y dentro de ella se desarrollaban una serie de actividades distintas que no tenían conexión alguna entre sí: había diversos bailarines en escena mientras él mismo y otro compañero se movían entre el público recitando poesía y dando discursos al compás de diferentes canciones (Ana Gerhard, 2.012).

El laboratorio del arte, que en América el clima propicio para su evolución y desarrollo se extiende a lo largo de las universidades del nuevo continente. La Universidad de Pensilvania, representa otro foco de investigación para artistas y arquitectos que mirarán a través de los ojos de la ciencia en su trabajo en torno a esta nueva materialidad del aire. Fue alrededor de esta Universidad donde confluyeron los investigadores Le Ricolais, Louis Kahn y Anne Tyng.

Anne Tyng arquitecta y escultora apasionada por las matemáticas y la geometría, comenzó a colaborar en el estudio de Kahn a partir de 1.945 y durante 29 años, trabajando en proyectos e investigaciones como la City Tower.

La obra de Tyng expuesta bajo el título “inhabiting geometry” en el instituto de Arte Contemporáneo de la Universidad de Pensilvania (2.011), reunía una serie de esculturas a escala humana con el propósito de ser atravesadas y habitadas por los espectadores (fig. 24). Las gruesas tiras que forman las figuras geométricas diferencian un haz y un envés, un aire acotado y delimitado del resto del aire de la sala, del vacío. Esta investigación, que en algunos aspectos nos puede recordar a aquellas geometrías de aire habitables de Gego, suponen una evolución de la misma idea experimental. Tyng parece querer transformar con la materialidad de estas tiras las características físicas del aire que encierran sus figuras geométricas. Su envés blanco, crea un espacio interior diferenciado del aire de la sala. Si comparamos aquella imagen del happening de Cage en la Black Mountain con las “geometrías habitadas” de Tyng, veremos que se trata de una misma idea que ha sido depurada en sus laboratorios trabajando no solo la expresión, sino también la manipulación de un aire matérico. La imagen de 1.952, bella por su inmediatez, rudimentaria e ideada solo para permanecer en la memoria de los espectadores presentes, ha evolucionado hacia una materialización mucho más cuidada, matizada y culta, y que permite ahora a los espectadores, participar en aquel happening ocupando el lugar del constructor de un nuevo mundo. La obra de Tyng se ha creado en un laboratorio donde el aire se trabaja y se transforma con leyes geométricas y matemáticas.

### 3.3. El método científico



fig. 25. Gego, reticularea, 1.969



fig. 26. Laboratorio de Le Ricolais

Fue Anne Tyng quien introdujo a Kahn las ideas de Robert Le Ricolais, que supusieron para él el descubrimiento de las estructuras alámbricas. En 1.954 Le Ricolais comienza a impartir cursos de estructuras en la Universidad de Pennsylvania, donde conocerá a Louis I. Kahn, y comenzará a colaborar en su taller de proyectos.

La formación de Le Ricolais en matemática, su ejercicio como físico, pintor y poeta, y su interés por los modelos espaciales, le lleva a desarrollar el auténtico método del laboratorio aplicado a estructuras habitables. Le Ricolais traslada en 1.957 su laboratorio de Europa a América con el propósito de desarrollar "experimentos en estructuras". Las imágenes de su espacio de trabajo en Pennsylvania (fig. 26) nos trasladan ese nuevo lugar donde se experimenta ya con el aire y el espacio.

La matemática está presente en todo el trabajo de Le Ricolais. Las teorías nacidas a comienzos de siglo que tratan de explicar una realidad cambiante, incierta y compleja sentarán las bases de su investigación, aportando a sus ideas un carácter marcadamente contemporáneo. Le Ricolais introduce en su laboratorio la idea de un universo cambiante, una realidad no lineal, entendiendo la noción de forma como un "concepto más fluido, a menudo unido con el parámetro de tiempo, que implica movimiento" (Le Ricolais, 1.966). Le Ricolais basará su trabajo en los conocimientos aportados por disciplinas como la biología, topología, geometría, y cristalografía. Así el matemático Poincaré quien comenzó a estudiar los sistemas no lineales o el biólogo D'Arcy Thompson, precursor del estudio matemático de la biología, serán referencias constantes en el desarrollo de su trabajo. Muchas veces, la ciencia será para Le Ricolais simplemente el origen de sus trabajos, ya que las hipótesis científicas son paradójicamente el punto de partida de la imaginación (Le Ricolais, 1973).

Durante los años 1.952-57, Louis I. Kahn y Anne Tyng trabajan en el desarrollo de una propuesta para el ayuntamiento de Philadelphia, el City Tower. Kahn, preocupado siempre por aquello que ambicionan ser los materiales y el papel que estos deben desempeñar en la formalización de las ideas, busca junto a Tyng en el laboratorio de Le Ricolais la solución a una estructura hueca sustentada por un aire denso. Una estructura que no solo soporte una pieza sobre otra (Tyng, 2.011). El material, la geometría y la estructura se enlazan con la idea y el espacio en este experimento arquitectónico.

Le Ricolais, atraído por las imágenes que la ciencia divulgaba y fascinado por los hallazgos que desde comienzos de siglo se hacían en diferentes campos, estudiaba con especial interés aquellas estructuras capaces de soportar peso con el mínimo material. Conocedor del trabajo del biólogo D'Arcy Thompson publicado en 1.917 (*On Growth and Form*), comienza a analizar las posibilidades de la estructura de soporte interna de los huesos. Le Ricolais queda fascinado por la carga que una estructura ósea es capaz de soportar, y al examinar una imagen microscópica de la textura de un hueso, descubre que se trata de una malla tridimensional compuesta por barras y vacíos. Ante este hallazgo Le Ricolais afirma que "si se piensa en los vacíos, en lugar de trabajar con los elementos sólidos, la verdad aparece" (Le Ricolais, 1.973): la estructura del hueso estaba compuesta de agujeros. Le Ricolais comienza investigar en su laboratorio la manera de construir con materia hueca, con estructuras huecas, resistentes, pero sin peso (Antonio Juarez, 1.996).

Le Ricolais comienza a elaborar artefactos, en su mayoría experimentales, que le ayudarán a desarrollar esta idea de estructuras huecas. La práctica arquitectónica ya no está restringida a formas productivas y habitables. El camino del laboratorio abre al puerta a aquellas construcciones puramente experimentales, efímeras y no ocupables que darán luego paso a nuevas ideas de habitación.

Las investigaciones de Le Ricolais entorno a estructuras huecas, le llevaron a interesarse especialmente por el concepto de cuerda, como estructura capaz de resistir tensión. Comienza a experimentar elaborando en su laboratorio artefactos que le permitan crear un acuerdo hueca que permita ocupar su interior. La reflexión de Le Ricolais era que si tu puedes hacer una cuerda a mayor escala sin nada dentro, trabajaría como si fuera una lámina extremadamente delgada, y no pandearía, pues está tensionada (Le Ricolais, 1.996).

Las construcciones de hilo de aquellos primeros laboratorios europeos, tienen ahora el reto de ser habitadas y dar solución a un programa funcional. La cuerda hueca que Le Ricolais elabora en su laboratorio materializa el reto de habitar aquellos primeros dibujos en el aire y las líneas que Gego trazaba utilizando como soporte un aire matérico buscarán la manera de ser habitadas en forma de estructura hueca.

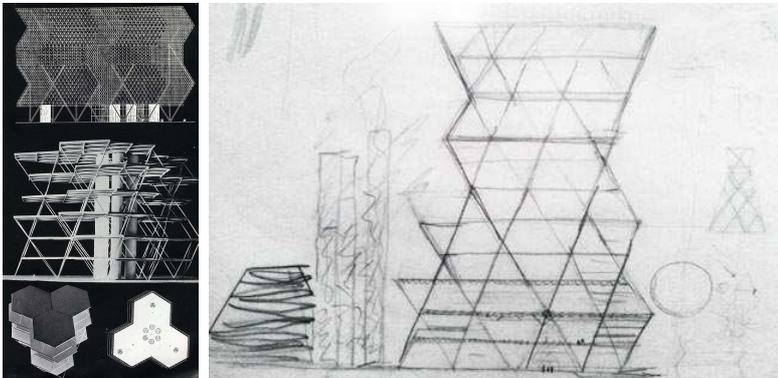


fig. 27. City Tower. Kahn y Anne Tyng. Philadelphia

Tyng y Kahn fascinados por los experimentos y artefactos que Le Ricolais desarrollaba, tratan en el City Tower de ordenar usos y circulaciones en el interior de una estructura hueca (fig. 27). Kahn pronto hace suya la idea de Le Ricolais, y describe el proyecto como una estructura cuyos elementos son tan importantes como los propios espacios. La arquitectura gótica se construía con piedras sólidas, ahora podemos construir con piedras huecas (Kahn, 1.953).

También las ideas de cambio y movimiento de la ciencia contemporánea que trata de aproximarse a una realidad compleja toman en este proyecto forma habitable. Para Tyng, el City Tower es una estructura geométrica fluida, que aparentara ser un organismo vivo (Tyng, 2.011). Le Ricolais entenderá también la forma "como la vemos en los organismos vivos, conectando lo estático y lo dinámico, que se hace comprensible por la relativamente reciente mecánica ondulatoria, y por la comprensión del movimiento vibratorio" (Le Ricolais, 1.968).

La ciencia, a lo largo del S XX, tanto en sus hallazgos como en su método ha conquistado el espíritu creativo de artistas y arquitectos. El *atelier* europeo y sus ideas de producción artesanal quedan ya lejos, en forma y concepto, de los nuevos laboratorios donde se crean artefactos que participan en una nueva visión del mundo, más compleja, más real. Inevitablemente se construye y se crea para una sociedad que conoce la teoría del caos, el microscopio electrónico de barrido o el peso del aire. El material de trabajo de estos laboratorios, aquel que artistas y arquitectos tratan primero de desvelar, comprender y luego transformar, no es otro sino un aire material.

## 4. CONSTRUIR (en) EL AIRE

### 4.1. Manipulaciones

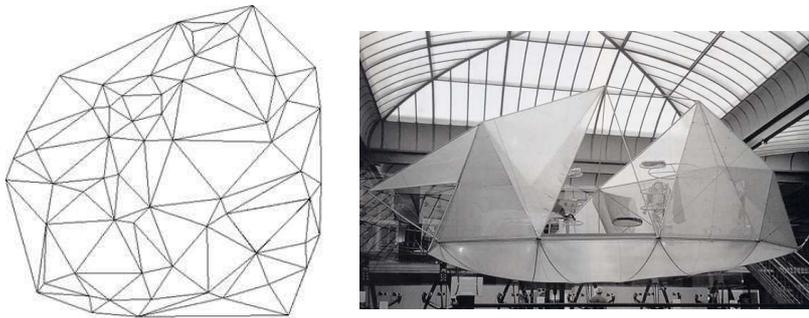


fig. 28. Triangulación de Delanuy

fig. 29. Toyo Ito, Pao para la chica nómada de Tokyo, 1.985

A partir del descubrimiento del aire como nueva materia arquitectónica, y del uso del laboratorio como lugar y método donde trabajarlo, comienza un fructífero desarrollo de artefactos, instalaciones y arquitecturas que tratarán de expresarlo, manipularlo y habitarlo. A medio camino entre el arte y la arquitectura, la instalación se convierte en el medio de experimentación y representación predilecto de muchos arquitectos.

Partiendo de los "dibujos sin papel" y "reticulareas" de Gego, estas construcciones efímeras y cargadas de contenido conceptual, ocuparán museos y galerías como adelanto de las más novedosas ideas de habitación para nuestra compleja realidad. Los laboratorios de la arquitectura, a partir del último cuarto del S. XX comienzan a mostrar con el mismo orgullo que sus obras construidas aquellos artefactos, maquetas y experimentos espaciales que sirven al desarrollo de las más novedosas ideas.

En 1.985, Toyo Ito exponía su investigación sobre el modo de habitar contemporáneo en una serie de estudios a los que denominó "morada para la chica nómada de Tokyo" (fig. 29). El actor (actriz en este caso) que escogía Ito representaba un modo de vida a modo de collage, citando sus propias palabras, en el que la chica nómada componía su espacio con fragmentos de todos aquellos lugares que vivía en su compleja realidad (Ito, 1.985). Casi también a modo de collage, Ito componía para ella el espacio mínimo para su intimidad. Este artefacto que Ito expone como instalación efímera, nos recuerda a los esquemas de Boris Delone de 1.934 (fig. 28), en los que el aire ya de algún modo, jugaba ya un papel imprescindible para mantener la estructura de su famosa triangulación. Indudablemente Ito va mucho más allá, y reconstruye la malla del matemático ruso utilizando ahora el aire como material arquitectónico. ¡Qué atractivo sería, si existiera, una arquitectura del viento, como un asceta del viento que flota en el aire! (Ito, 2.000)

Resulta también interesante el contraste entre el continente y el contenido que nos muestra la imagen. La relación entre la envolvente y el objeto expuesto guarda algo de aquello que nos mostró la imagen del Prefectural Industrial Promotion Hall tomada tras la explosión nuclear. Mientras el pabellón de cristal, imagen de progreso a principios del S. XX contiene un aire quieto, vacío y estático, el moderno artefacto con el que Ito trata de representar la contemporaneidad del habitante de Tokio, comprende un aire muy diferente. Se trata de un aire viscoso, con peso, y susceptible de manipulación, que se muestra a través de triángulos vacíos y membranas traslúcidas, tratando de llamar nuestra atención sobre su nueva condición material.

## REFERENCIAS

- AAVV, *Manifiesto blanco*. Escuela de Arte de Altamira. Buenos Aires (1.946)
- AAVV, *La invención concreta. Reflexiones en torno a la abstracción geométrica latinoamericana y sus legados*. Colección Patricia Phelps de Cisneros. Turner Español, Madrid (2.013), p 124-135
- CALVO SERRALLER Francisco, MARCHAN FIZ Simón, GONZÁLEZ GARCÍA Ángel, *Escritos de arte de vanguardia. Paul Klee, Confesión creativa (1.920)*, Itsmo (1.999), p. 361-365
- HERRERA, Rosa Maria. *Historia del experimento barométrico*. Pensamiento matemático (2.012), p. 4
- HESS, Barbara. *Lucio Fontana (1.899, 1.968) Un hecho nuevo en escultura*. Taschen. Alemania (2.006), p. 7, 21, 37
- ISHIGAMI, Junya, *Another scale of architecture*. Seigensha. Kyoto ( 2.011), p. 135
- ITO, Toyo, *Escritos. Colección de Arquitectura 41*. Artes gráficas Soler , Valencia (2.000), p. 37, 61-64
- JOVANOVIC, Srdjan, (mayo 2.011) *Anne Tyng, the life geometric*, Revista Domus, nº 947, p. 96-103
- KAHN, Louis I., *Toward a plan for the midtown Philadelphia*. Revista Perspecta, The Yale Architectural Journal, Nº 2, (1.953), p. 24
- KLEE, Paul, *Pedagogical sketchbook*. Frederick A. Praeger Inc Publisher, New York (1.972), p.16-20
- KLEE, Paul, *Paul Klee Notebooks, Volume 1. The thinking eye*. Jürg Spiller, Land Humpires, London (1.961). p. 49, 433-435
- LE RICOLAIS, Robert, *Introduction to the Notion of Form*. Directions in Art, Theory and Aesthetics, New York Graphic Society Ltd. Greenwich, Connecticut (1968), p. 48
- LE RICOLAIS, Robert, *Interview: Things themselves are lying, so are their images*, (1.973) p. 88
- NORI Franziska, JOPPOLO Giovanni, GARCÍA Aurora, *Lucio Fontana, entre materia y espacio*, Fundación la Caixa y Museo Reina Sofía, Barcelona: (1.998)
- ORTEGA Y GASSET, José, *La deshumanización del arte*. Revista de Occidente en Alianza Editorial, Madrid (2.000), p. 50
- PERUGA Iris, BOIS Yve-Alain, AMOR Mónica, BRETT Guy, *Gego, desafiando estructuras*, MACBA / Museu de Arte Contemporânea de Serralves (2.006), p. 24
- OTEIZA, Jorge, *Quousque tandem...!* Fundación Museo Oteiza, Pamplona (2.007), p. 65, 340
- PASCAL, Blaise, *New Experiments Concerning Vacuums*, (1.647)
- PRANDTL, Ludwig, *Zur torsion von prismatischen stäben*. Physik Zeitschrift, (1903), p. 758-770.
- PRANDTL, Ludwig), *Resistance of Bodies. Essentials of Fluid Dynamics*. Blackie & Son Limited, Londres y Glasgow (1.952), p. 175.
- REYNOLDS, Katherine C. (1.997) *Progressive Ideals and higher education: the example of John Dewey and Black Mountain College*, Vol XIV nº 1, p. 5
- VISCH, Heink For Joan, <http://www.henkvisch.nl/text.php?uid=43>
- VISCH, Heink , Biographical notes from 1975-2007, <http://www.henkvisch.nl/text.php?uid=37>