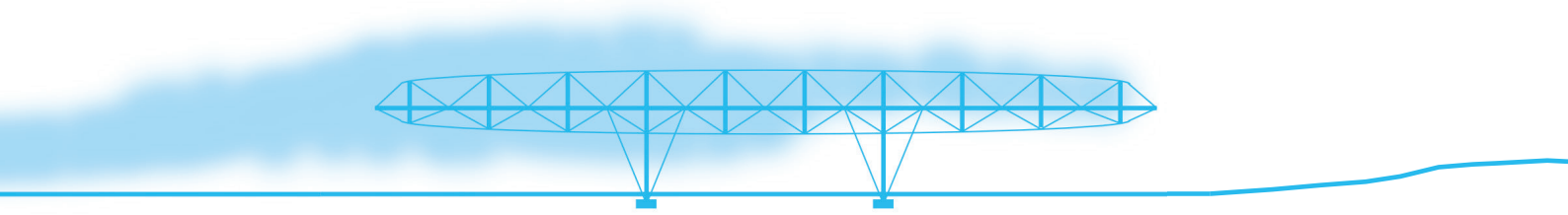
LA ARQUITECTURA TRAS LA NUBE

El tensegrity como configurador del espacio arquitectónico en el caso del Blur Building

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Johanna Díaz Herrada



Yo, Nelsy Johanna Díaz Herrada, con documento de identificación Y2304374H, y estudiante del Grado en Arquitectura de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada, en relación con el Trabajo Fin de Grado presentado para su defensa y evaluación en el curso 18/19, declaro que asumo la originalidad de dicho trabajo, entendida en el sentido de que no he utilizado fuentes sin citarlas debidamente.

Granada, septiembre de 2019

Fdo.

LA ARQUITECTURA TRAS LA NUBE

El tensegrity como configurador del espacio arquitectónico en el caso del Blur Building

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Nelsy Johanna Díaz Herrada

Tutor

Tomás García Piríz

Arquitecto

Asesora Línea de Investigación

Cármen Moreno Álvarez

Arquitecta

Septiembre de 2019

Escuela Técnica Superior de Arquitectura - ETSA - Universidad de Granada

01.INTRODUCCIÓN 9
1.1 Justificación 11
1.2 Pertinencia del trabajo 12
1.3 Objetivos 14
1.4 Metodología 16
1.5 Estructura de la investigación 18

02.EL TENSEGRITY: UNA ESTRUCTURA SINGULAR 21
2.1 Conceptualización del término: cronología de la evolución 23
2.2 El tensegrity en arquitectura 31
2.3 El tensegrity en el tiempo: ejemplos representativos del sistema 38

03.EL BLUR BUILDING 41
3.1 Consideraciones previas 43
3.2 El origen del encargo 49
3.3 Localización 53
3.4 Intervención del paisaje 57
3.5 Propuesta arquitectónica 63
3.5.1 El programa Proyectual 71
3.5.2 La experiencia 74
3.6 Del pabellón al tensegrity: lo que se esconde tras la nube 81
3.6.1 La estructura: el tensegrity y sus particularidades dentro del proyecto 81
3.6.2 La recreación de la experiencia: el tensegrity como configurador de espacio . 98
3.6.3 Controversia y fin de la Expo.02: cierre y desaparición de la nube 100

04.CONCLUSIONES 103
4.1 Conclusiones 105

05.APORTACIONES 109

06.BIBLIOGRAFÍA 113
6.1 Bibliografía citada 115
6.2 Bibliografía consultada 119

"This building comes out of architecture, but it's trying to look across disciplines"

Richard Kishalek

Gráfico 1. Detalle plataforma Blur Building. Tribune de Genève (2012)

Gráfico 2. Mirador de la escalera. Blur Building. A+U (2019)

Gráfico 3. Angel's Deck. Marotta (2011)

RESUMEN

A partir de los estudios de Robert Buckminster Fuller la estructura del *tensegrity* ha sido un tema que ha despertado la curiosidad no solo de arquitectos e ingenieros, sino de investigadores en campos como la medicina, la biología y el arte. Precisamente entre el primero y el último de estos ámbitos es donde busca situarse el proyecto *Blur Building*, mundialmente conocido como *La Nube*, del estudio Diller + Scofidio, quienes en conjunto con West 8 y W&J participaron en el concurso abierto para la creación de uno de los pabellones de la Expo.02 a realizarse en la región de los 3 lagos en Suiza.

Muchos estudiosos han analizado este proyecto desde diversos enfoques: la arquitectura, la estética, la espacialidad, la técnica, el paisaje, la experiencia, su capacidad para desmaterializar la arquitectura o su particularidad como pabellón y como objeto mediático. Complementando estas miradas, este trabajo fin de grado se pregunta justo por lo que no aparece a simple vista, aquello que permanece desdibujado tras la nube oculto tras la densa y húmeda envolvente para descubrir un espacio fruto de una estructura singular: el tensegrity, un elemento capaz de configurar un espacio arquitectónico por sí mismo y en cuya singularidad y simpleza radica su valor estético atípico.

PALABRAS CLAVE

Tensegrity, Estructura, Espacio, Pabellón, Efímero, Blur Building

1

INTRODUCCIÓN

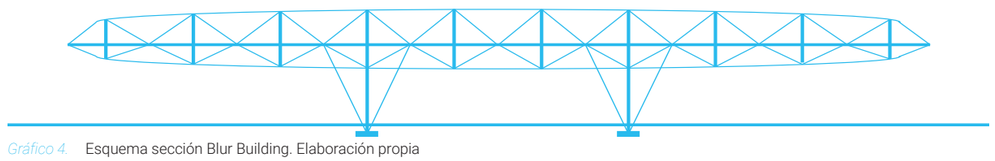


Gráfico 4. Esquema sección Blur Building. Elaboración propia

1.1 Justificación

La elección del tema tiene como origen mi interés personal en la estructura tensegrity, partiendo de un trabajo previo de investigación denominado Los sistemas de tensegrity: Prototipo de un panel interior divisorio, enfocado en los aspectos estructurales, físicos y de aplicación de este sistema a un elemento arquitectónico particular y llevado a cabo como TFM en el año 2014 en el marco del *Màster Oficial Universitari Tecnologia a l'Arquitectura, Línia de Construcció I Noves Tecnologies* de la Universidad Politécnica de Cataluña[1]; para desarrollar así una nueva visión y un nuevo acercamiento desde una perspectiva menos técnica y más proyectual.

Gracias a la investigación desarrollada sería consciente que en la mayoría de ejemplos este sistema estructural se ha aplicado como un elemento que hace parte del proyecto arquitectónico, es decir, que en mayor número de ocasiones los *tensegrity* se han estudiado para dar soluciones de cubiertas o configurar cerramientos, mientras que son muy escasos los ejemplos en los que se ha utilizado como un elemento que permita la configuración del espacio arquitectónico, de ahí que se quisiera abordar el análisis de un caso particular donde se presentara esta situación y se eligiera como mejor ejemplo de ello el *Blur Building* del estudio Diller + Scofidio.

Adicionalmente, he logrado identificar un vacío en el conocimiento, en términos del estudio de la evolución cronológica del sistema y su conceptualización, de la recopilación, ordenación y clasificación de información a nivel técnico y proyectual de propuestas arquitectónicas, lo que deriva en una oportunidad de aportar al conocimiento actual de la materia.

Finalmente, si bien se reconozco que algunos puristas del *tensegrity* no consideran este proyecto como un ejemplo que se ajuste a los requerimientos estructurales establecidos en los inicios de la experimentación con este tipo de sistemas, investigaciones posteriores han abierto el camino y la posibilidad de que este pueda considerarse un ejemplo digno del desarrollo e innovación tecnológica al servicio de la arquitectura.

1 Díaz, N. J. (2014). *Los Sistemas de Tensegrity: prototipo de un panel interior divisorio*. Universidad Politécnica de Cataluña, Màster Oficial Universitari Tecnologia a l'arquitectura. Linia de construicció i noves tecnologies. Barcelona: UPC

1.2 Pertinencia del trabajo

En el ámbito de las estructuras no convencionales en arquitectura, los *tensegrity* han mantenido un espacio especialmente reservado y tímidamente desarrollado dadas las características singulares del sistema. Tal como se podrá apreciar a lo largo de este trabajo, han sido diversas las aplicaciones que se han dado a este tipo de estructuras, desde propuestas artísticas, pasando por elementos médicos (ortopédicos sobre todo), aplicaciones de sus principios en el estudio de la naturaleza, desarrollo de prototipos para la exploración del espacio exterior, propuestas de proyectos de infraestructura hasta la implementación en proyectos de arquitectura, quedando demostrada su versatilidad como sistema y principio estructural.

Con lo anterior, el *tensegrity* se configura como el punto central de este estudio quedando enmarcada su aplicación en el ámbito de la arquitectura. Así, se describe un ejemplo singular para abordar y desentrañar lo que supuso uno de los mas destacados intentos para la integración total (y no restringido a elementos parciales tipo cubierta, cerramiento, etc…) de este sistema estructural dentro del proyecto emblemático que fue el *Blur Building*.

Adicionalmente, se aborda el estudio de este sistema estructural desde su pertinencia para la producción de arquitectura efímera ya que una de sus principales virtudes descansa en su capacidad de desmontaje y reutilización, características muy valoradas dentro de las arquitecturas temporales y particularmente dentro de las Exposiciones Universales y Nacionales, pues dado su carácter temporal se han convertido en focos para el desarrollo tecnológico y la excusa perfecta para que tanto académicos como entusiastas escenifiquen los avances tecnológicos en términos de arquitectura.

Por último, este documento pretende ser una muestra del potencial que tiene el *tensegrity* dentro de la arquitectura, no únicamente como elemento estructural sino como sistema expresivo que permite la configuración de un espacio. Así, se espera que entre las nuevas generaciones se despierte el interés por este tema y tal vez sea la excusa para que surjan otros estudios que amplíen este campo del conocimiento.

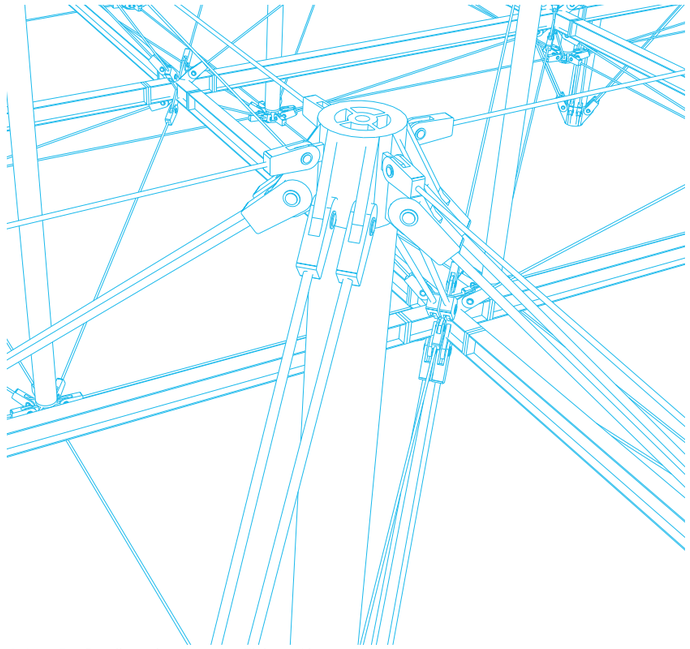


Gráfico 5. Detalle nodo tensegrity. Elaboración propia

1.3 Objetivos

Este trabajo persigue ilustrar la complejidad que supuso el desarrollo y la construcción de un proyecto de arquitectura, resultado de la experimentación con un sistema estructural singular.

En términos generales se busca reconocer el potencial que tiene el *tensegrity* como configurador espacial dentro de un proyecto arquitectónico a partir del estudio de un caso ejemplar como el *Blur Building*, resaltando sus características y particularidades, para promocionar su integración en más proyectos de arquitectura.

De esta forma se puede considerar como objetivos específicos de este estudio:

• La descripción y conceptualización del término *tensegrity*, analizando la evolución de su definición a partir de diversos autores e investigadores.

• La configuración y desarrollo de una línea del tiempo que relaciona las principales propuestas, piezas, elementos y proyectos que han tenido como eje principal este sistema estructural, permitiendo observar los momentos históricos en que más se ha estudiado y cuando más producción a nivel técnico ha existido.

• Contrastar las diferentes posiciones existentes en relación con la calificación del proyecto *Blur Building* como un ejemplo de *tensegrity* dentro del ámbito de la arquitectura.

• Identificar el origen del encargo para la Expo.02 celebrada en Suiza, describiendo en términos generales el proceso creativo del equipo diseñador.

• Describir la localización de la Expo.02, la propuesta paisajística contemplada dentro del proyecto y la propuesta arquitectónica llevada a cabo y construida en el marco de este evento.

• Reconocer el papel que desempeñó el *tensegrity* como parte integrante del pabellón *Blur Building*, destacando su carácter efímero, simpleza, ligereza, flexibilidad y capacidad de deconstrucción.

• Recopilar parte de la documentación gráfica existente del caso de estudio, para reinterpretarla y brindar una nueva propuesta cartográfica que permita establecer otro punto de vista y análisis del proyecto del equipo *Diller + Scofidio*.

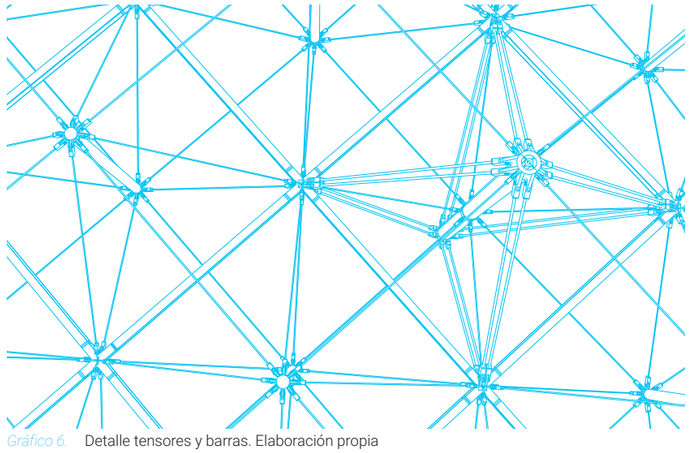


Gráfico 6. Detalle tensores y barras. Elaboración propia

1.4 Metodología

La metodología escogida para desarrollar este estudio comprende un doble marco deductivo e inductivo que se desarrolla en dos partes:

En la parte deductiva se realizó una consulta bibliográfica y se estudiaron fuentes documentales asociadas al tensegrity como principio estructural y proyecto arquitectónico. A continuación, se identificó un caso de estudio que integrara este sistema dentro de su arquitectura, para luego analizarlo y establecer la relación existente entre los conceptos de arquitectura, espacio, tensegrity y pabellón.

En la parte inductiva se tomó la documentación gráfica existente y se reinterpretó para producir una nueva mirada personal sobre el caso de estudio para generar una nueva cartografía. Entendemos que el dibujo es una forma de investigación en arquitectura, por eso hice uso de esta herramienta para recrear la experiencia de vida en el marco de la Expo.02 de una manera virtual.

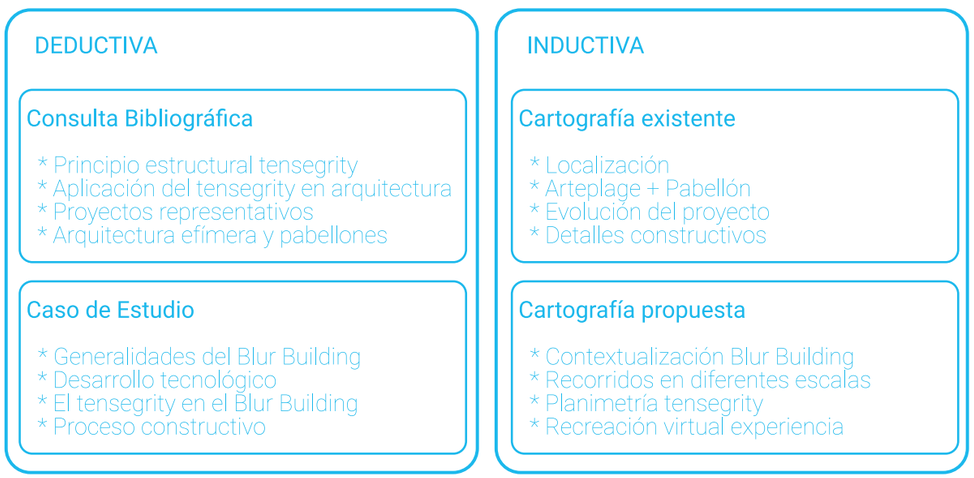


Gráfico 7. Diagrama metodología. Elaboración propia

El proceso metodológico por su parte se ha desarrollado a partir de una serie de acciones que permiten la integración de las dos partes descritas anteriormente, de modo que se puede establecer el siguiente esquema:

Gráfico 8. Diagrama proceso metodológico. Elaboración propia

1.5 Estructura de la investigación

Este estudio se estructura a partir de 6 capítulos. En el primero se describen entre otras cosas, las motivaciones que dan pie a la elección del tema, la pertinencia del trabajo, los objetivos que guían este desarrollo, la metodología utilizada a lo largo del trabajo y cómo se organiza este. El segundo capítulo denominado El tensegrity: una estructura singular permite establecer un marco teórico breve sobre el concepto del *tensegrity* como sistema estructural, su aplicación en los pabellones como propuesta y tipología arquitectónica y una cronología que relaciona tanto el tiempo como el sistema, su principio estético, estructural y arquitectónico.

El tercer capítulo designado El Blur Building: barras, nudos y nubes detalla desde el punto de vista escalar, cómo fue concebido, desarrollado y construido el pabellón de La Nube partiendo de la idea de resaltar aquello que se oculta tras su carácter borroso. Considera a partir de algunos autores el porqué este proyecto a nivel estructural no se considera como un *tensegrity*, para contrastarla con posiciones de otros autores que si lo denominan como tal, aportando mi posición personal al respecto. Describe el origen del encargo teniendo en cuenta la escala territorial de la implantación, comentando las características tanto de la localización como del paisaje que se interviene, para adentrarse en la escala del proyecto, identificando las directrices del programa que sustentan las decisiones proyectuales y que dan como resultado la experiencia vivida en la Expo.02. A continuación, se enfoca en la escala estructural para descomponer las piezas que integran el *tensegrity*, recomponiéndolas luego y recreando una simulación de la experiencia de un visitante en un escenario en el que no existe la nube, finalizando con la controversia que supuso su demolición tras el cierre de la Exposición.

El cuarto capítulo contiene las conclusiones que surgen de este trabajo, mientras que en el quinto se puede encontrar a modo de resumen, todos los aportes que realizo tanto a la materia como a la documentación gráfica del proyecto. Finalmente, el sexto capítulo contiene la bibliografía citada y un listado de documentos consultados dentro de la investigación.

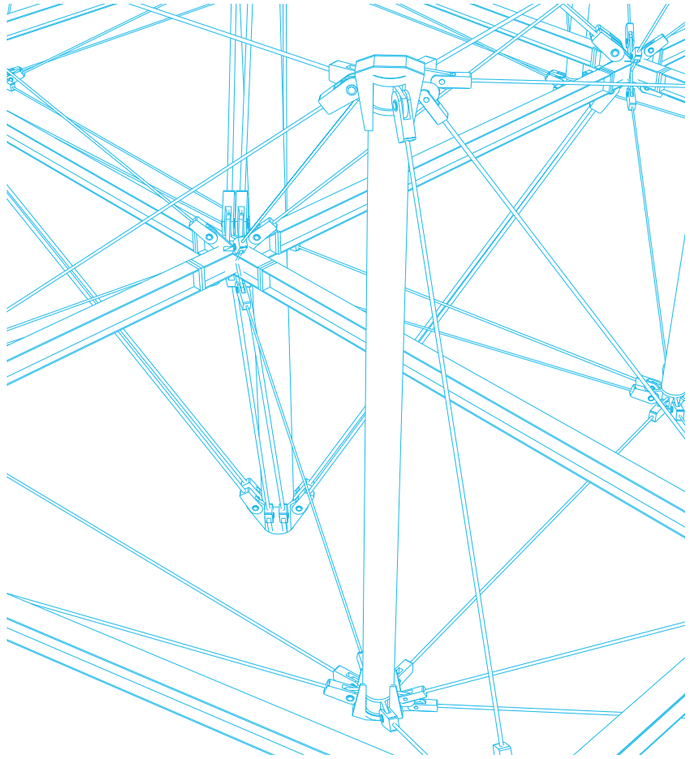


Gráfico 9. Detalle mástil y marco horizontal. Elaboración propia

2

EL TENSEGRITY: UNA ESTRUCTURA SINGULAR

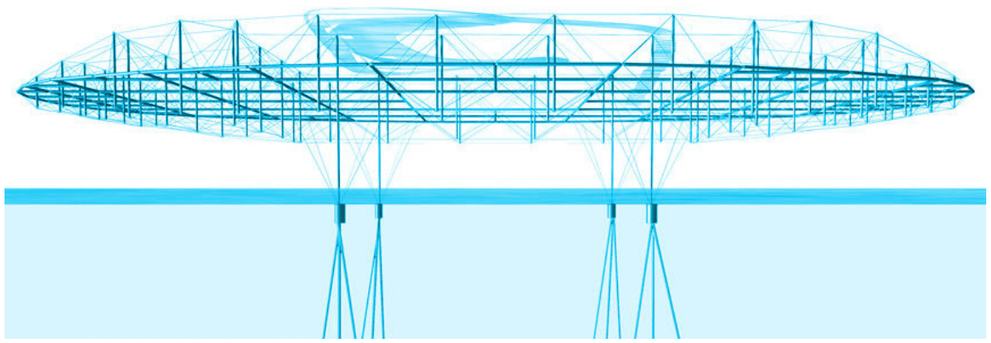


Gráfico 10. Modelo del pabellón. Furuto (2012)

2.1 Conceptualización del término: cronología de la evolución

El *tensegrity* es un sistema estructural ligero, auto portante y complejo cuyo origen aún es debatido entre académicos y entusiastas. Resulta difícil establecer una definición clara del concepto, por lo que en muchos estudios e investigaciones se puede encontrar aquella basada en las descripciones contenidas en patentes registradas.

En este apartado se busca relacionar las principales definiciones, organizadas cronológicamente para evidenciar cómo la investigación y el trabajo en este campo han podido conducir la evolución del término a lo que se reconoce actualmente en el ámbito académico como un sistema de *tensegrity*.

Algunos autores señalan que el sistema fue un desarrollo en el tiempo que vino de la mano de *Richard Buckminster Fuller*, arquitecto y visionario estadounidense que lo definiría como:

> *"La contracción de las palabras integridad y tensionalidad. Describe un principio estructural en el que la forma está garantizada por un número finito cerrado de elementos, que trabajan de forma integral con otro conjunto de elementos con tensión continua, y no por las conductas exclusivamente locales de los elementos que trabajan a compresión discontinua"*[1]

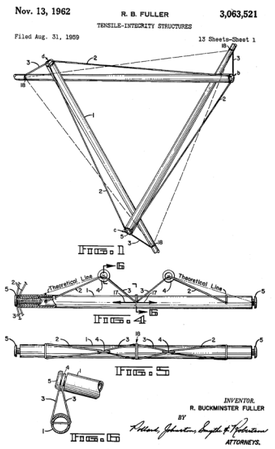


Gráfico 11. Patente de Fuller. US Patent Office (1962)

1 Fuller, R. B. (1975). *Synergetics. Explorations in the geometric of thinking*. New York, USA: Macmillan Publishing Co. Inc. Traducción del autor

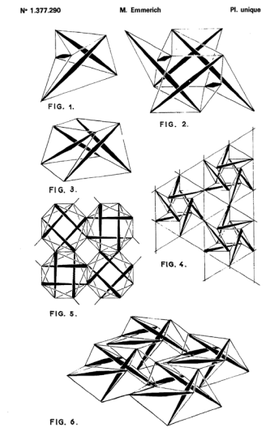


Gráfico 12. Patente de Emmerich. Service de la Propiété Industrielle (1964)

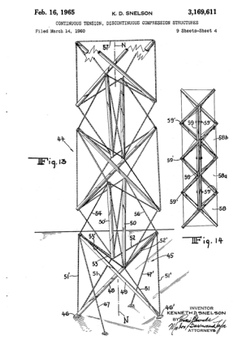


Gráfico 13. Patente de Snelson. US Patent Office (1965)

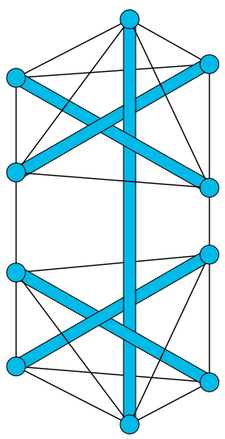


Gráfico 14. Tensegrity mástil. Elaboración propia

David Georges Emmerich, arquitecto e ingeniero francés considerado uno de los máximos representantes de la investigación en morfología estructural, define el sistema en su patente de 1964 lo describe como

> *"un invento que se realiza por la combinación de dos o de un número reducido de tipos de elementos que permiten configurar redes de estructuras de una variedad prácticamente infinita…se compone de dos o más sólidos poliédricos, cada uno constituido por un grupo de barras y tirantes…o a partir de la organización de cualquier número de poliedros planos o volumétricos, que permite la obtención de una red autotensada, que resulta en equilibrio"* [2]

Por su parte, *Kenneth Snelson* el artista, escultor y fotógrafo norteamericano reconocido también como el precursor del sistema lo detalla en su patente de 1965 en términos de

> *"una estructura novedosa y mejorada de miembros alargados dispuestos por separado, ya sea en tensión o en compresión para formar un entramado, en el que los miembros comprimidos se separan y los miembros tensionados se conectan entre sí para formar una red de tensión continua"*[3]

Anthony Pugh, en su libro *An introduction to tensegrity* explica que en cualquier sistema estructuras existe una continuidad que permite la transmisión de fuerzas de unos elementos a otros. Esta trasmisión se logra a través de los elementos que trabajan a compresión, a pesar de que ocasionalmente el sistema incorpore elementos a tracción. En un *tensegrity* esta continuidad se logra a través de una red de elementos continuos que trabajan en tensión, mientras que los elementos a compresión son discontinuos. De acuerdo con esto, su definición del *tensegrity* se podría ilustrar en estos términos:

2 Emmerich, M. D. (1964). *Francia Patente nº 931.099*. Traducción del autor
3 Snelson, K. (1965). *USA Patente nº 3,169,611*. Traducción del autor

> *"…es un sistema que se estabiliza cuando un conjunto de componentes comprimidos discontinuos interactúa con un conjunto de componentes tensionados continuos para definir un volumen estable en el espacio"*

Adicionalmente acota que no utiliza el término estructura ya que considera que el sistema tiene el potencial para ser una de las aplicaciones más importantes fuera del campo estructural[4]

Rene Motro, ingeniero civil, investigador, catedrático francés y director del Laboratorio de Mecánica e Ingeniería Civil de la Universidad de Montpellier 2, describe el sistema partiendo de las definiciones contenidas en patentes previas.[5]

> *"Los tensegrity son sistemas reticulares espaciales en un estado de auto-tensión. Todos sus elementos tienen una fibra media recta y son de tamaño equivalente. Los elementos tensados no tienen rigidez en compresión y constituyen un conjunto continuo. Los elementos comprimidos constituyen un conjunto discontinuo, cada nodo recibe uno y sólo un elemento comprimido"*

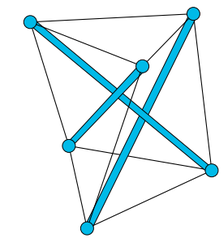


Gráfico 15. Módulo tetraedro. Elaboración propia

También propone una definición extendida, parte de que en la definición de islas de compresión en un mar de tensión existen dos tipos de componentes de acuerdo con el efecto del estado de carga: comprensión y tensión. Una segunda característica se incluye en este concepto: la compresión está dentro de la tensión. Una tercera idea supone que los elementos comprimidos son islas y que constituyen un set de discontinuidades. Con esto, los elementos en tensión están reunidos en un conjunto continuo, refiriéndose a la necesidad del equilibrio en todo el sistema.

4 Pugh, A. (1976). *An Introduction to tensegrity*. Londres, UK: University of California Press, Ltd. Traducción del autor
5 Algunos comentarios que amplían cada aspecto relacionado en esta definición se pueden consultar en el capítulo 2-2 Definiciones de (Motro, Tensegrity. Structural systems for the future, 2003, págs. 18-19)

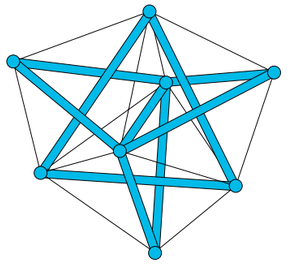


Gráfico 16. Tensegrity con marcos triangulares. Elaboración propia

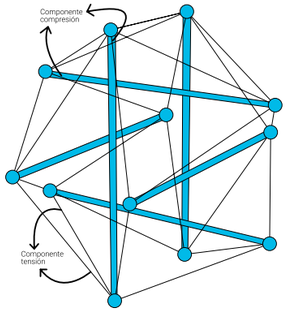


Gráfico 17. Componentes de un tensegrity. Elaboración propia

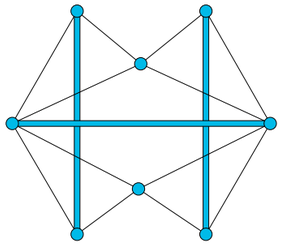


Gráfico 18. Vista en planta módulo de 6 barras. Elaboración propia

Al comparar la definición de las patentes con estas características, la descripción del concepto hecha por *Pugh* parece adaptarse para constituir la base de la definición extendida del sistema:

> *"Un sistema de tensegrity se establece cuando un set de componentes comprimidos discontinuos interactúa con un set de componentes tensionados continuos para definir un volumen estable en el espacio"*

A pesar de ello, tendría que modificarse un poco teniendo en cuenta que los componentes en compresión se incluyen dentro del set de componentes que están en tensión y que la estabilidad del sistema se corresponde con la estabilidad del auto-equilibrio. Además, los conceptos de componentes en compresión, componentes en tensión y volumen no se adaptan correctamente del todo, quedando en los siguientes términos la propuesta de definición extendida:

> *"El tensegrity es un sistema en estado de auto equilibrio que comprime un set discontinuo de elementos comprimidos, dentro de una continuidad de componentes tensionados"*

Por tanto, resulta fundamental desarrollar lo que supone en términos estructurales y en particular para el sistema esta nueva definición, pues será el criterio que sustente la elección del caso de estudio.

Motro usa la palabra sistema para diferenciar los siguientes aspectos:

• Componentes: con sus características cualitativas y en algunos casos con características cuantitativas; se identifican dos clases de acuerdo con la naturaleza de sus tensiones.

• Estructura relacional: que ofrece una descripción clara de las relaciones entre componentes. Puede ser descrita mediante la teoría gráfica.

• Estructura total: que asocia la estructura relacional con características cualitativas y cuantitativas.

• Forma: considerada como una proyección en un sistema tridimensional de referencia.

El término auto equilibrio y estabilidad se relaciona con el estado mecánico inicial del sistema, el cual previo a la entrada en carga será de tipo gravitacional. Con esto, el sistema tendrá que tener auto equilibrio el cual será equivalente al estado de auto tensión con cualquier nivel de tensión; la estabilidad se define de acuerdo con la capacidad del sistema de establecer su posición de equilibrio después de sufrir una perturbación.

La forma de los componentes necesariamente no deben ser una línea, una superficie o un volumen: pueden ser un puntal, un cable, una membrana o un volumen de aire. Puede incluso ser la combinación de dos o más componentes elementales que se ensamblan en un orden superior de componentes. La materialidad de estos no está prestablecida: puede ser aire, acero, un compuesto, etc.

Compresión y tensión mecánicamente son efectos del estado de carga que implican que la materialidad de uno de los componentes está sujeto al efecto compresivo o al efecto tensor. Consecuentemente un componente que está comprimido requerirá rigidez a compresión, mientras que un componente en tensión requerirá rigidez a tensión. Así, será únicamente suficiente tener una rigidez unilateral, es decir, una rigidez en compresión o una rigidez en tensión. Se reconoce que tanto los cables como las membranas no tienen rigidez a compresión y que en los sistemas edificatorios los componentes en tensión normalmente son

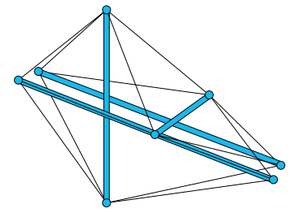


Gráfico 19. Módulo de 4 barras. Elaboración propia

Gráfico 20. Módulo de tensegrity textil. Peña (2012)

Gráfico 21. Puente tensairity. Luchsinger et al (2007)

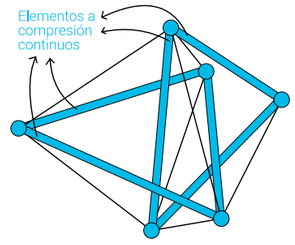


Gráfico 22. Ejemplo continuidad componentes a compresión. Elaboración propia

más delgados que los elementos en compresión, resultando que puedan presentarse fenómenos de pandeo. A pesar de ello, tecnológicamente es posible encontrar componentes asociados con un material apropiado que tengan rigidez a compresión sin rigidez a tensión, por ejemplo, dos tubos asociados uno dentro del otro, con la posibilidad de movimiento relativo en una sola dirección.

La continuidad del conjunto discontinuo se relaciona estrechamente con las palabras *islas y océano* empleadas por *Fuller*, cada componente comprimido constituye una isla; cuando un sistema estructural se define como *tensegrity* es necesario identificar cada uno de los componentes que trabajan a comprensión. Si existe más de uno esos componentes tienen que estar desconectados. Si se usa la teoría gráfica, el gráfico asociado a estos debe estar desconectado. Por tanto, los sistemas en los que existe un único componente en compresión constituyen un caso específico que pueden considerarse dentro del ámbito de este tipo de sistemas.

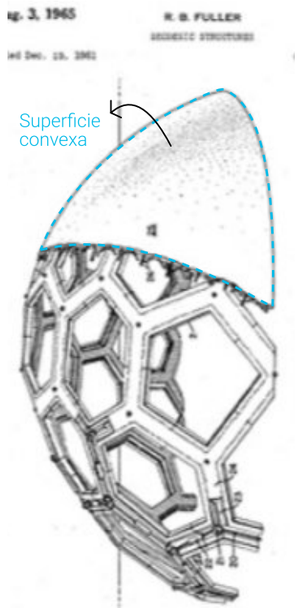


Gráfico 23. Diagrama límites matemáticos en Patente Geodésicos Fuller. US Patent Office (1965)

Con lo anterior, se puede establecer una discusión en la medida en que los componentes en tensión desde su conjunto correspondiente deben ser continuos y consecuentemente todos los componentes tensionados pueden estar definidos como componentes de orden superior. Así, la expresión continuidad del conjunto discontinuo se adapta al objetivo de la definición extendida, teniendo en cuenta que siempre será posible identificar componentes de orden inferior dentro de la continuidad.

La palabra dentro pasará a ser clave en la definición ya que permitirá diferenciar dos clases de diseño estructural: uno en el que parte de la cultura constructiva que se basa en la compresión como efecto de carga de soporte y el opuesto que se fundamenta en la tensión como soporte fundamental. Por ende, para reconocer si las *islas* de compresión están dentro

del *océano de tensión* será necesario establecer una definición clara del límite entre lo que está dentro y lo que está fuera del sistema. Esta acotación supone que todo sistema puede ser descrito por un conjunto de nodos y puede ser modelado por puntos, tal como se hace con los métodos numéricos en el método de elementos finitos, a pesar de que resulte un poco más sofisticado para los componentes continuos.

En términos matemáticos, cualquier conjunto de nodos admite una frontera que es generalmente una superficie convexa poliédrica que comprime triángulos construidos por algunos nodos del sistema. En consecuencia, se podría considerar que un componente estaría dentro de la envolvente si todos los puntos que la describen no se ubican en ella ni fuera de ella, generando que en casi todos los casos esta definición pueda ser suficiente. Sin embargo, si se requiere una definición más precisa se habrá de considerar las líneas de compresión: el final de los componentes comprimidos pertenecerá al continuo de tensión, ya sea que uno de ellos esté o no en el límite[6].

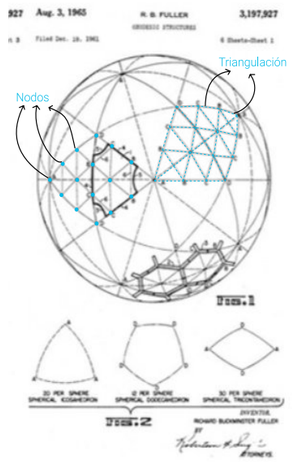


Gráfico 24. Diagrama triangulación y nodos sobre superficie en Patente Geodésicos Fuller. US Patent Office (1965)

En tiempos más recientes, *Valentín Gómez Jáuregui*, ingeniero de CCP y autor de diversos artículos que hablan sobre la tensegridad[7], propuso su definición del concepto:

> *"...un principio estructural basado en el empleo de componentes comprimidos, aislados entre sí, que se encuentran dentro de una red tensada continua, de tal modo que los miembros comprimidos (generalmente barras) no se tocan entre sí y están unidos únicamente por medio de componentes traccionados (habitualmente cables o membranas) que son los que delimitan espacialmente dicho sistema, consiguiendo que el conjunto se encuentre en un estado de autotensión y autoequilibrio estable"*[8]

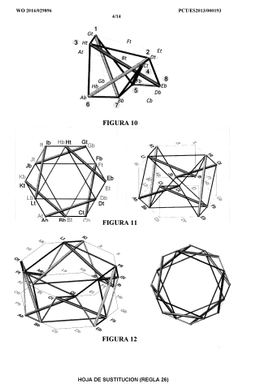


Gráfico 25. Patente Gómez-Jáuregui. Wipo (2014)

6 Motro, R. (2003). *Tensegrity. Structural systems for the future.* Londres: Kogan Page Science. Traducción del autor

7 El término tensegridad es la castellanización utilizada por el autor para referirse al concepto de tensegrity. A lo largo de este trabajo podrán aparecer indistintamente los dos términos para hacer referencia siempre a la misma definición y concepto.

8 Gómez, V. (2004). *Tensegrity structures and their application to architecture.* Belfast: Queen's University, School of Architecture.

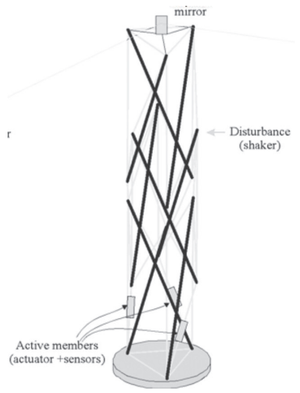


Gráfico 26. Diagrama investigación control activo. Skelton & de Oliveira (2009)

Finalmente, *Robert Skelton & Mauricio de Oliveira*, autores del libro *Tensegrity Systems* indican que estos sistemas:

> *"en ausencia de fuerzas externas, se deja que un conjunto de cuerpos rígidos en una configuración específica tenga conexiones sin torque (por ejemplo, mediante rótulas sin fricción). Entonces ésta forma una tensegridad si la configuración dada puede ser estabilizada mediante un conjunto de miembros internos a tracción, es decir, conectados entre los cuerpos rígidos. La configuración no es una tensegridad si no se requieren elementos de tracción y/o no hay un conjunto de elementos a tracción para estabilizar la configuración."*[9]

Las anteriores definiciones permiten evidenciar que el tiempo y el interés de investigadores y académicos han dado paso a la complejización del concepto ya que no solo entran en juego consideraciones básicas como estabilidad y auto-equilibrio, sino que se analizan todos los componentes del sistema, sus comportamientos aislados y en el momento de su integración en el conjunto, sus interacciones y las reacciones derivadas de las mismas.

9 Skelton, R., & de Oliveira, M. (2009). *Tensegrity systems*. New York: Springer. Traducción del autor

2.2 El tensegrity en arquitectura

Los sistemas de *tensegrity* dentro del ámbito de la arquitectura han tenido una tímida presencia como resultado de su aparente complejidad y reducida aplicabilidad. Se pueden encontrar investigaciones y propuestas que dan solución a diferentes requerimientos, normalmente, como elementos que hacen parte de la edificación, es decir, soluciones de cubierta, fachada, elementos de partición, entre otros. También, se han desarrollado propuestas y soluciones para puentes y torres en el campo de la ingeniería. Sin embargo, son pocos los ejemplos que se han podido identificar de una aplicación totalmente integrada de este sistema estructural. Por su singularidad, los casos más cercanos a ello estarían el mundo de la arquitectura efímera, los pabellones o las instalaciones.

El primero de estos, tal vez algunos académicos no lo consideren como un pabellón, pero a efectos del presente análisis y dadas sus características se considera pertinente su inclusión: el *Snowdon Aviary*, también conocido como el Aviario del Norte. Este sería un proyecto diseñado en 1960 por *Lord Snowdon* y el arquitecto *Cedric Price*, en colaboración con *Frank Newby* de *Felix Samuely and Partners Engineers* y *Margaret Maxwell & Peter Shepheard landscape architects*.

Es el aviario más grande del zoológico de Londres y fue construido como resultado del plan de reurbanización de 1958 de *Sir Hugh Casson* en reemplazo de la Gran Pajarera de 1888, cuyo sitio ahora está ocupado por los pabellones de *Michael Sobell* para simios y monos. Fue diseñado para permitir al público ver de cerca las aves en diferentes hábitats, siendo pionero en dos aspectos principalmente: es una gran estructura tensada y está hecha de aluminio[10].

La apariencia del complejo con su red, geometría y sistema estructural sugiere la influencia de *Buckminster Fuller*, cuyos proyectos y filosofía de diseño fueron muy admirados por *Snowdon* y *Price*. Ellos, junto a *Newby* parecen haber usado este tipo de estructura tensada sobre todo porque era novedosa, refrescante y emocionante para aquella época. Nadie en Gran Bretaña había probado antes este modo de estructura a tal escala. También permitió un efecto ligero y transparente en el que la distinción entre el interior y el exterior se difuminaba.

10 Historic England. (2015). *Snowdon aviary*. Recuperado el 16 de agosto de 2019, de Historic England - Pastscape: https://www.pastscape.org.uk/hob.aspx?hob_id=619105

La estructura es muy sencilla: se compone de cuatro tetraedros de aluminio tubulares, un par en cada extremo de la jaula, entre los cuales se encuentran pares interpuestos de tubos de aluminio que actúan como apoyos anclados por dos postes a compresión que recaen sobre cimientos de hormigón. Este marco soporta una red de cables de acero en tensión constante, cubierta por una malla negra de aluminio anodizado.

El suelo dentro de la jaula consta de repisas, terrazas y un muro de contención de hormigón necesario para estabilizar el banco inestable del canal anexo, que incorpora cajas de anidación y áreas de alimentación. El resultado es un proyecto aparentemente complejo, que de hecho es muy simple: el espacio tiene 25 m altura máxima, 46 m de largo y 19.5 m de ancho aproximadamente[11].

Gráfico 27. Elevación Aviario. Foster & Partners (2019)

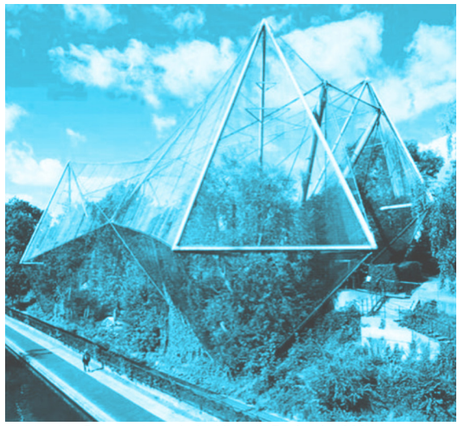


Gráfico 28. Perspectiva aviario. Historic England (1998)

Gráfico 29. Detalle barras. Historic England (1998)

11 Historic England. (2015). *Snowdon aviary*. Recuperado el 16 de agosto de 2019, de Historic England - Pastscape: https://www.pastscape.org.uk/hob.aspx?hob_id=619105

El segundo ejemplo es el pabellón efímero propuesto y diseñado por *Liapi & Kim* para los Juegos Olímpicos del 2004 realizados en Atenas, Grecia. De acuerdo con programa del concurso en el que participaron los dos investigadores, los pabellones debían ser temporales, pudiendo montarse y permanecer en un lugar sólo un tiempo limitado para luego ser desmontados y trasladados a otro espacio dentro de la ciudad.

La organización del concurso dispuso el desarrollo de 5 tipos diferentes de estructuras efímeras en las que cada una respondería a un tema específico y daría solución a determinados eventos y actividades culturales. Con esto, el pabellón entró como propuesta en la categoría de *Espacio de exposición efímero semiabierto*, cumpliendo el requisito de diseño de una estructura efímera, ligera, de fácil transporte y montaje y desmontaje. El área total del espacio de exposición, en su forma cerrada, contemplaba no exceder los 50m^2.

Este proyecto es un ejemplo de pabellón en el que el tensegrity es usado para construir un elemento particular de arquitectura: la cubierta. Esta es una cúpula abovedada compuesta por módulos desplegables interconectados. Según los autores, las metáforas y asociaciones de tensegridad con el espíritu de los Juegos Olímpicos y la naturaleza efímera de las estructuras propuestas son numerosas. Una de ellas, por ejemplo, la asociación y paralelismo entre el continuo tensión/compresión de los *tensegrity* con la interacción hueso/músculo en el cuerpo humano.

Una segunda asociación que se podía establecer se relaciona con la directriz de la organización del concurso que establece que las estructuras también debían considerarse parásitos. En este sentido, la red de cables y nudos, inherente a la expresión arquitectónica del concepto de tensegridad, generaba múltiples líneas en una cuadrícula que podía usarse para determinar la relación de la estructura con su contexto urbano. El pabellón no pretendía residir en la infraestructura urbana al abordar su forma, el volumen o las condiciones de sus límites, sino integrarse en la red de la ciudad, alinearse con una o más de de sus líneas y provocar el flujo a través de ella.

El mismo sistema de redes con sus líneas permitiría entonces, que las *estructuras de parásitos* se relacionaran entre sí con el uso de sensores montados en los nudos de la estructura. A medida que esta migrara de un paisaje urbano a otro, de una localización a otra, el número de líneas y conexiones dentro de la red seguiría aumentando, permitiendo al público rastrear localizaciones anteriores del pabellón.

En un nivel diferente de interpretación, el *tensegrity* funcionaría como un caparazón o exoesqueleto que soporta un sistema de particiones/puertas reconfigurables que extienden la estructura en dirección del flujo a través de ella configurando, además, un sistema de paneles de visualización

elevados sobre el suelo y unidos a los nudos de los módulos de tensegrity, ofreciendo la posibilidad de cambiar su configuración y ajustárse a diferentes requerimientos de uso en función de la actividad o evento que albergase[12].

Gráfico 30. Perspectiva pabellón. Liapi & Kim (2013)

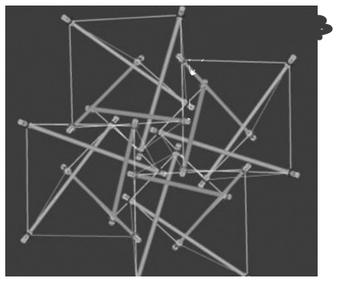


Gráfico 31. Detalle módulos tensegrity. Liapi & Kim (2013)

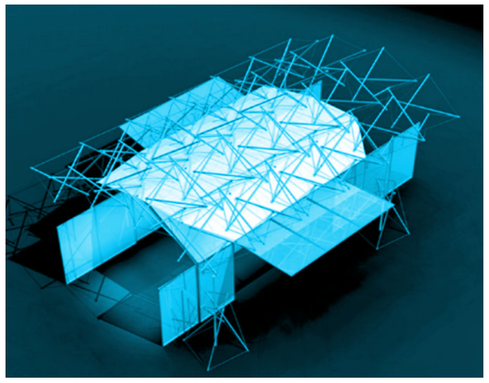


Gráfico 32. Vista superior pabellón. Liapi & Kim (2013)

El tercer ejemplo se denomina *Moom Pavillion*, un espacio temporal experimental creado a partir de un *tensegrity* textil. Este ejemplo es una tipología particular dentro de las estructuras tensegríticas en las que los elementos del continuo de tensión, que normalmente son cables, se reemplazan por una membrana o tela atirantada, manteniendo las características y particularidades del discontinuo de compresión o barras.

Este pabellón es extremadamente ligero y gracias a eso pudo ser montado de la mano de 70 estudiantes de la Universidad de *Ciencias de Tokio*. Su diseño fue creado por el *Laboratorio Kazuhiro Kojima* de la UCT en colaboración con los ingenieros de *Jun Sati Structural Engineers* y el estudio de arquitectura *Taiyo Kogyo*[13]. Cubre un área de 8 x 26 metros equivalente a aproximadamente 146m^2, está compuesto por una membrana textil de poliéster elástico con filtro UV de 0,7 mm de espesor y 100 Kg de peso; 131 tubos de aluminio de 25 mm de diámetro y longitudes variables; anclajes y fijaciones de acero con un peso aproximado de 500 Kg[14].

La construcción del pabellón se logra gracias a que las barras se fijan dentro de unos compartimentos a modo de bolsillo, que a su vez van cocidas a la membrana y que al insertarse tensan las fibras del textil. Cada barra funciona de manera independiente y algunas se fijan al suelo, en conjunto con unos tensores para crear un arco y generar

12 Liapi, K., & Kim, J. (2003). *A Parametric Approach to the Design of a Tensegrity Vaulted Dome for an Ephemeral Structure for the 2004 Olympics*. Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA 22)(22), 301-309. Traducción del autor

13 C+A. (2011). *Moom*. Recuperado el 16 de agosto de 2019, de Projects: https://www.c-and-a.co.jp/en/projects/moom/

14 Kojima, K. (2014). *MOOM*, Tokio, Japón Kazujiro Kojima, 2011. Arq (Santiago)(87), 40-43

así el espacio interior del pabellón.

Desde el punto de vista estructural, el pabellón se compone a partir de dos materiales esenciales: el tejido de poliéster y los tubos de aluminio, componentes que representan la clásica diferenciación entre componentes en compresión pura y elementos de tensión pura (una influencia mínima del momento de flexión surge en este proyecto debido a la alta rigidez relativa a la flexión de los elementos de compresión). En una consideración más profunda de la estructura, se pueden identificar tres elementos estructurales: El primero: las barras a compresión (línea punteada del gráfico); el segundo: las áreas de membrana diagonal, tensadas por las barras y débilmente curvada como una conexión de los extremos de las barras (línea discontinua del gráfico); y el tercero: en dirección del eje de las barras, áreas de membrana fuertemente curvadas (línea continua del gráfico)[15].

Gráfico 36. Levantamiento del pabellón. Efímeras (2013)

15 Ratschke, N., Bögle, A., & Lindernberg, J. (2017). *Parametric Analysis of Tensegrity-Membrane-Structures*. Proceedings of the IASS Annual Symposium 2017 "Interfaces: architecture . engineering . science" (pág. 9). Hamburgo, Alemania: IASS

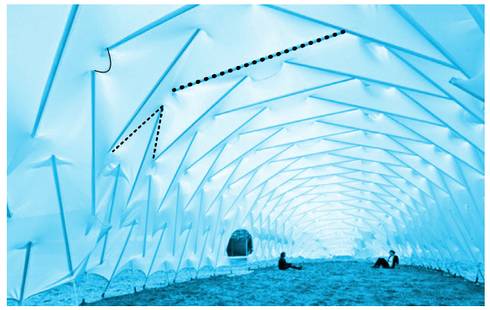


Gráfico 33. Vista interior pabellón, elementos estructurales. Efímeras (2013)

Gráfico 34. Preparación para levantamiento del pabellón. Obras y proyectos (2011)

Gráfico 37. Apuntalamiento provisional pabellón. Obras y proyectos (2011)

Gráfico 35. Vista del acceso. Obras y proyectos (2011)

Gráfico 38. Vista lateral del pabellón. Obras y proyectos (2013)

El cuarto y último ejemplo es el *Underwood Pavilion*, el primer intento exitoso de los profesores *Gernot Riether* y *Andrew Wit* de fabricar un prototipo de *tensegrity* a gran escala a través de la parametrización[16]. Este pabellón fue el resultado de un estudio de diseño digital creado en conjunto por profesores y estudiantes de la *Universidad Estatal de Ball* durante el verano de 2014. El objetivo del proyecto era desarrollar un pabellón portátil para la ciudad de Muncie, Indiana. Utilizando medios tradicionales basados en modelos para la búsqueda de la forma, los estudiantes abordaron el encargo mediante la creación de nuevas herramientas de simulación estructural dentro del software *Rhino 3D* y *Grasshopper*.

Paralelamente, se adquirieron materiales y se prepararon para la fabricación de prototipos a pequeña y gran escala. El respeto al medio ambiente, la durabilidad y la eficiencia a largo plazo fueron los criterios principales durante la selección de los materiales a emplear. Con estas condiciones, se eligieron tubos de aluminio para las barras de compresión, cables de acero galvanizado para los elementos de tensión y elastano, una membrana elástica para la envoltura.

El pabellón se construyó a partir de cuarenta módulos de *tensegridad* individuales unidos entre sí para crear una espacialidad final. La ventaja de utilizar una estructura como esta para el pabellón es que el sistema podría ser más liviano, más fuerte y rentable que las estructuras convencionales, los marcos espaciales o los sistemas de armadura. Otra ventaja es que los materiales se pudieron optimizar de manera más efectiva ya que las barras funcionan en compresión pura mientras que los cables funcionan en tensión pura.

Se eligió un módulo de 3 barras como restricción básica, lo que ayudó a minimizar el número de alternativas de solución en el diseño de los módulos individuales y el

16 Riether, G., & Wit, A. (2016). *Underwood Pavilion. A Parametric Tensegrity Structure*. En S. Adriaenssens, F. Gramazio, M. Kohler, A. Menges, & M. Pauly, Advances in Architectural Geometry (págs. 188-203). Zürich: Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

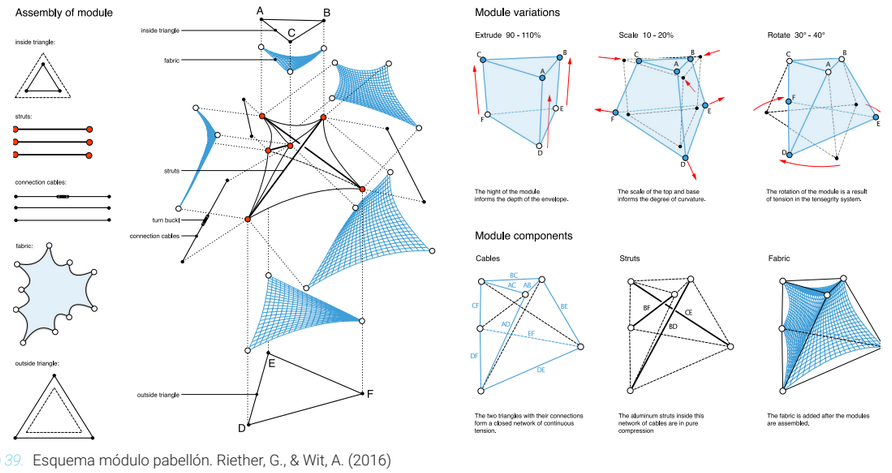


Gráfico 39. Esquema módulo pabellón. Riether, G., & Wit, A. (2016)

pabellón. El módulo base elegido constaba de dos triángulos equiláteros con caras finales de diferentes tamaños que eran paralelos entre sí. La cara superior se denominó “ABC”, mientras que la cara inferior “DEF”. Los cables conectaban los pares de nodos “AD”, “BE” y “CF”, mientras que las barras conectaban los pares de nodos “AE”, “BF” y “CD”.

Cada módulo describió un volumen que variaba entre 0.91 x 0.91 x 0.91 m y 1.21 x 1.21 x 1.21 m, permitiendo a los diseñadores moverlos todos al sitio en su forma más comprimida, manteniendo un nivel de ajuste formal mediante la manipulación de las tensiones de sus miembros atirantados[17].

Este ejemplo se diferencia del anterior en que la membrana sirve solo como dispositivo de sombreado, pues su inclusión dentro del sistema es posterior y no reemplaza los cables de tracción. Si en futuros desarrollos se contemplara el elemento textil como elemento de reemplazo de los cables, se conseguiría un conjunto mucho mas fácil de ensamblar, expandir, modificar y cambiar de escala[18].

Gráfico 40. Prototipo pabellón. Riether, G., & Wit, A. (2016)

17 Riether, G., Wit, A., & Putt, S. (2015). *The Underwood Pavillion. An investigation in parametric tensegrity structures*. Emerging Experience in Past, Present and Future of Digital Architecture, Proceedings of the 20th International Conference os the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia. CAADRIA 2015 (págs. 663-672). Hong Kong: CAADRIA

18 Riether, G., & Wit, A. (2016), *Op. cit*.

2.3 El tensegrity en el tiempo: ejemplos representativos del sistema

Hasta el momento se ha podido observar que el interés en este tipo de estructuras tan particulares ha dado fruto no solo a nivel del arte, sino también dentro de la ingeniería y la arquitectura. Este apartado del presente estudio ilustra un recorrido temporal e histórico que pone en evidencia los desarrollos y avances en este campo, enlazando así la arquitectura con el tiempo. Es una pequeña muestra que parte de modelos escultóricos y muestra cómo estos evolucionaron hacia estructuras de gran complejidad, envergadura y escala. La inclusión de una parte importante de las primeras esculturas tiene la intensión de guiar al entusiasta en el acercamiento hacia este tipo de sistemas, dando la posibilidad de que a partir de ellas se puedan desarrollar nuevas formas y estructuras aplicables a múltiples campos.

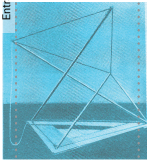
Acompaña a cada imagen incluida dentro de esta cronología una pequeña leyenda que da cuenta del año del prototipo, proyecto, escultura u obra, su autor y en la gran mayoría de los casos, la denominación que recibe cada uno de ellos.

Complementando lo anterior se señalaron los eventos históricos más importantes y se identificaron algunos proyectos de arquitectura de gran relevancia que no necesariamente están vinculados con el tema en desarrollo, pero que permiten evidenciar cómo ha sido la evolución en este campo profesional.

Entra en vigor el **TRATADO DE VERSALLES**

Putsch de Múnich *1923*

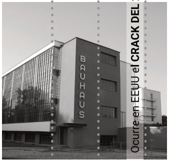
Nacimiento de la **GENERACIÓN DEL 27**



Gleichgewichtkonstruktion *Ioganson*

Creación hormigón armado *1926*

Art Déco *1920*



3º Fase Bauhaus *1929*

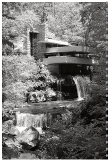
Ocurre en EEUU el **CRACK DEL 29**

Muerte de **FRANZ KAFKA**

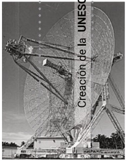
Pabellón de Barcelona M.Rohe *1929*

Proclamación **II República Española**

Apertura Empire State Building *1931*



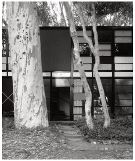
Casa de la Cascada F.L.Wright *1937*



Creación de la **UNESCO**

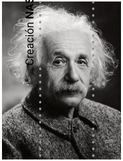
Invención del radar

DECLARACIÓN UNIVERSAL DERECHOS HUMANOS



Eames House C. & R. Eames *1950*

Notre Dame du Haut L.C. *1955*



Creación **NASA**

Muere Einstein *1955*

Fin **Guerra Civil Española**

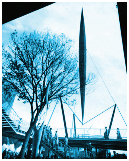
Estallido Guerra Civil Española *1936*

Humphrey Ingrid Paul
BOGART·BERGMAN·HENREID
A HAL B. WALLIS PRODUCTION
Casablanca
CLAUDE RAINS · CONRAD VEIDT · SYDNEY GREENSTREET · PETER LORRE
Directed by MICHAEL CURTIZ

Estreno Casablanca *1942*

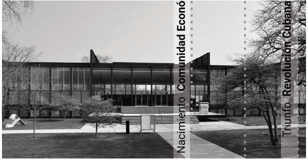
Early X-Piece *K. Snelson*

1948



Skylon Tower *F. Newby*

1951



Nacimiento **Comunidad Económica Europea**

Triunfo **Revolución Cubana**

Crown Hall M. Rohe *1956*

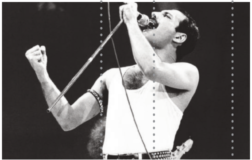
0

1940

1950

1

La Guernica de Picasso *1937*



Nacimiento Freddy Mercury *1946*

U. Habitacional Marsella L.C. *1952*

Galería Arte Yale U. L. Kahn *1954*

Seagram Building M.Rohe *1958*

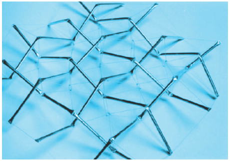
Estallido II Guerra Mundial *1939*

Batalla de **Normandía (Día D)**

Fin II Guerra Mundial *1945*

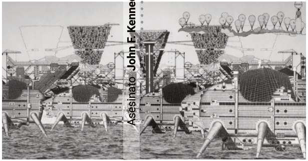
Catedral Brasilia Niemeyer *1958*

Apertura Guggenheim F.L. Wright *1959*

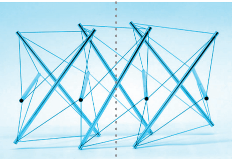


Terminal TWA E. Saarinen *1962*

Asesinato **John F. Kennedy**

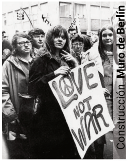


Plug-in City Archigram *1964*



X Column Variation *K. Snelson*

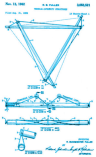
Sin nombre *K. Snelson*



Movimiento Hippie *1960*

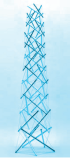
Construcción **Muro de Berlín**

1961



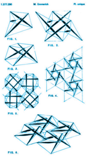
Patente *R.B. Fuller*

1962



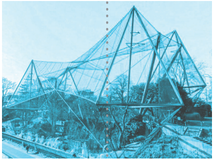
Tetra Tower *K. Snelson*

1963



Patente *D.G.Emmerich*

1964

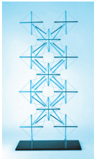


London Aviary *Snowdon & Price*

960

1965

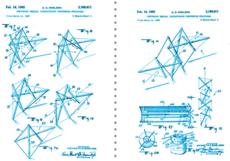
Plan de Brasilia Costa & Niemeyer *1960*



X-Planar Tower *K. Snelson*

Filarmónica de Berlín *1963*

Beatlemanía *1964*

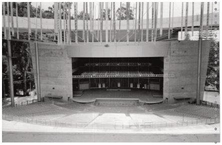


Patente US 3.169.611 *K. Snelson*

Gateway

Terremoto de Valdivia - Chile (9.5 Richter) *1960*

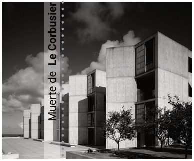
Space Needle Seattle *1962*



Anfiteatro Quinta Vergara *1963*

Unisphere Feria Universal New York *1964*

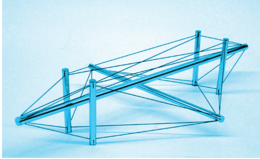
Muerte de **Le Corbusier**



Salk Institute L. Kahn *1965*

Hötorgsskraporna Suecia *1966*

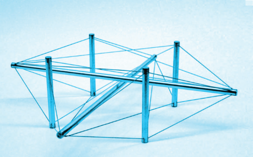
Comienzo **Revolución Argentina**


Ladle *K. Snelson*

Vortex Study *K. Snelson*

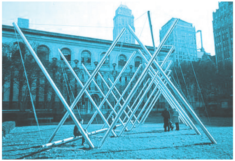
V-X *K. Snelson*

ARTISTES
REVOLU
AVEC
Mayo Fr


Sound Box *K. Snelson*

Pabellón EEUU Expo '67 *R. Buckminster Fuller*

Sun River *K. Snelson*


Avenue K *K. Snelson*

Asesinato **Martin Luther King**

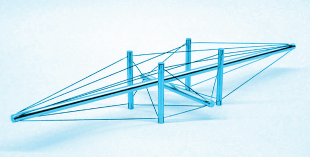
1966

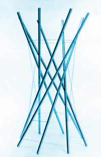
1967

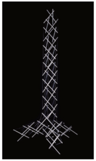
1968

Arch E. Saarinen *1966*

Edificio Girasol Coderch *1966*

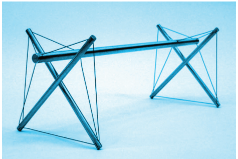

X-tend *K. Snelson*

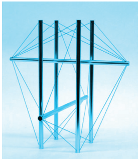

Octahelix *K. Snelson*

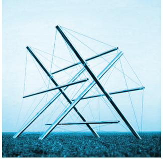

Trigonal Tower *K. Snelson*

Needle Tower *K. Snelson*

Whitney Museum New York *1966*


Double Cross Bar *K. Snelson*


Six #2 *K. Snelson*


Sun River *K. Snelson*

Nueva Galería Nacional Berlín M

INTELLECTUELS
TIONNAIRES
ES ETUDIANT

Muerte de **Walter Gropius**

rancés *1968*

Torre de Televisión Berlín *1969*

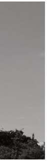
Llegada **Primer hombre a la Luna**

John Hancock Center *1970*

Exxon Building *1971*

Muere **Jim Morrison**

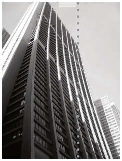
Transamerica Pyramid W. Pereira *1972*



Torre Hertz Hamburgo *1968*

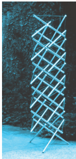
Needle Tower II *K. Snelson*

New York Plaza *1969*



Chase Tower Chicago *1969*

Easy-K *K. Snelson*



1969

1970

1971

1972

1973

Torres Blancas Sáenz de Oiza *1968*

Lake Point Tower *1968*

Festival de Woodstock *1969*

Sears Towers SOM *1970*

Edificio Grande São Paulo *1971*

Opera de Sidney U

. Rohe *1968*

Muere M. Rohe*1969*

BancSabadell

Torre Banco Sabadell *1969*

US Steel Tower *1970*

Rothko Chapel M. Rothko & P. Johnson *1971*

Nakagin Capsule Tower *1972*

Wor

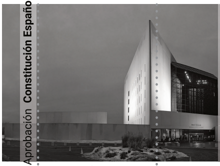
Torre BMW Munich *1973*

DBS Building *1975*

Estadio Olímpico Munich F. Otto *1976*

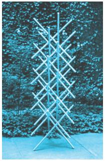
Torres de Kuwait *1977*

Aprobación **Constitución Española**


Biblioteca y Museo JFK Pei *1979*

Premio **Pritzker a Luis Barragán**

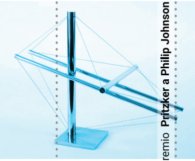
Equilateral Quivering T. *K. Snelson*


Tri-Core column *K. Snelson*

First Canadian Place *1975 [X]*

Patrón circuito *A. Pugh*

Easy Landing *K. Snelson*


Flat out *K. Snelson*

Premio **Pritzker a Philip Johnson**

1974

1975

1976

1977

1978

1979

198

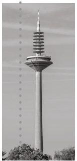
tzon *1973*

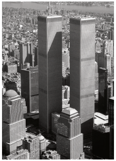
Inauguración Microsoft *1975*

Patrón diamante *A. Pugh*

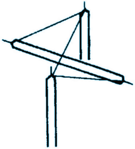
Rainier Tower *1977*

United Nations City Viena *1978*


Europaturm *1979*


ld Trade Center M. Yamasaki *1973*

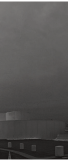
Mercedes-Benz Superdome
Mercedes Benz Superdome *1975*


Patrón zigzag *A. Pugh*

Centre Georges Pompidou Piano & Rogers *1977*

Silberturm Francfort *1978*

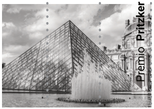
Citigroup Center *1979*



Georgia Pacific T. *1982*

Premio Pritzker a Richard Meier

Lloyd's Building Rogers *1986*



Adición pirámide Pei *1989*

Premio Pritzker a Aldo Rossi

Bank of America *1992*

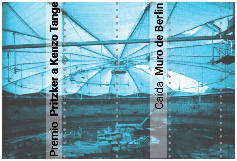
Premio Pritzker a Álvaro Siza Vieira

L'Illa Diagonal R. Moneo *1993*

Shinjuku Park Tower *1994*

Trump Tower *1983*

Torres La Caixa *1984*

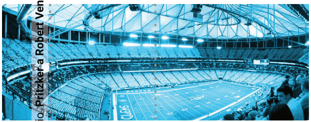


Premio Pritzker a Kenzo Tange

Caída Muro de Berlin

Gymnastic Stadium South Korea *D. Geiger*

Premio Pritzker a Robert Venturi



Georgia Dome *Weidlinger Associates*

Aronoff Center P

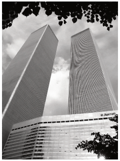
1988

1992

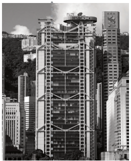
1994

0

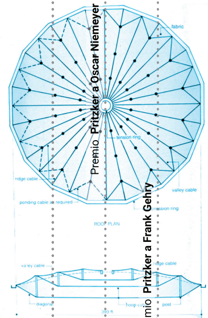
1990



World Trade Center 3 *1981*



HSBC Building N. Foster *198*



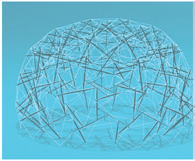
Premio Pritzker a Oscar Niemeyer

Premio Pritzker a Frank Gehry

Gymnastic Stadium South Korea *D. Geiger*

Torre Collserola Foster *1991*

Torre Montjüic *1992*

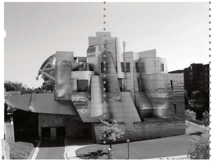


Esfera tensegrity *R. Buckhardt*

Premio Pritzker a Tadao Ando

Torrespaña *1982*

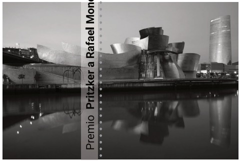
AT&T Building P. Johnson *1984*



Weisman Museum F. Gehry *1990*

Umeda Sky Building Osaka *1993*

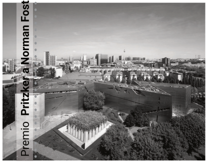
Torre Schindler Sevilla *1992*


Premio **Pritzker a Rafael Moneo**

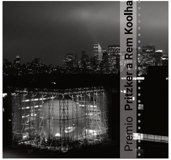
Guggenheim Bilbao F. Gehry *1997*

Premio **Pritzker a Renzo Piano**

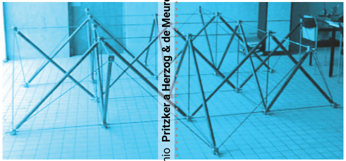
Pabellón Portugal Siza *1998*


Premio **Pritzker a Norman Foster**

Museo Judío Berlín D. Libeskind *1999*


Premio **Pritzker a Rem Koolhaas**

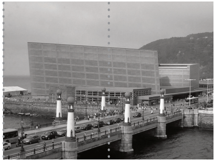
Planetario Hayden NY *2000*


Premio **Pritzker a Herzog & de Meuron**

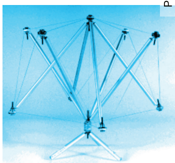
Malla bidirecciona *V. Raducanu*

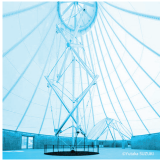
Eisenman *1996*

Red tensegrity *N. Vassart*


Kursaal Jauregia Moneo *1999*

Emirates Towers *2000*


Malla bidirecciona *V. Raducanu*



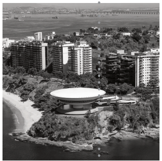
White Rhino *Kawaguchi, et al*

1997

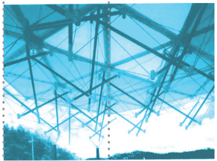
1999

2000

2001

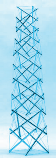

CAM Niteroi Niemeyer *1996*

Zigzag Tower *K.Snelson*



Torres de Madrid *2000*

Rainbow Arch *K. Snelson*

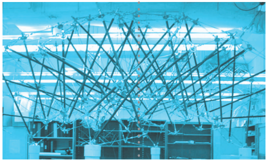

Penta Tower *K. Snelson*

Termas de Valls Zumthor *1996*

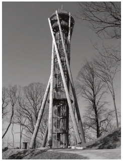
Torres Petronas C. Pelli *1998*

Malla de doble capa *Y. Kono, K. Choong et al*

London Eye *2000*

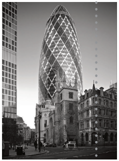

Malla esférica *K. Liapi*

Gehry Tower *2001*



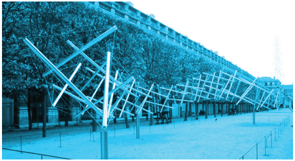
Torre Schlossberg *2002*

Taipei 101 C.Y. Lee *2003*



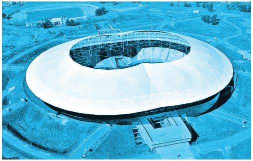
Swiss Re N. Foster *2004*

Hotel Puerta de América Madrid *2005*



Rainbow Arch *K. Snelson*

2002

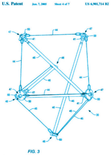


Estadio de La Plata *R. Ferreira*

2003

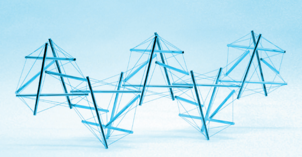
Pabellón JJOO Atenas *Liapi & Kim*

2004



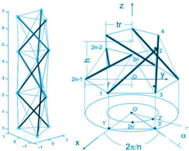
US Patent 6.901.714 *K. Liapi*

2005



QuinTetRow *K. Snelson*

Rostock Tower *Schlaich et al*



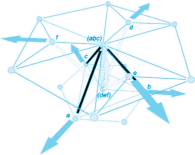
Optimización torre *Masic & Skelton*

Times Square Tower *2004*

Turning Torso *2005*

Tensegrity Spine *S.M. Levin*

L'Oceanografic *2002*



Actuated tensegrity *T. Sterk*

Premio **Pritzker a Zaha Hadid**

Rolling Bridge *2004*

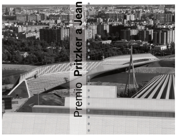
Phaeno Z. Hadid *2005*

Deutsche Bank Place *2005*

Inicio Freedom Tower *2006*

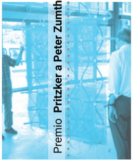
Premio **Pritzker a Richard Rogers**

NY Times Tower *2008*



Premio **Pritzker a Jean Nouvel**

Pabellón Puente Hadid *2008*



Premio **Pritzker a Peter Zumthor**

Premio **Pritzker a SANAA**

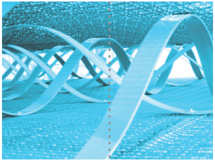
Hesperia BCN *2009*

Moom Pavilion *Kojima, Sato & Taiyo*

Cultural Capital Pavilion *K. Liapi*

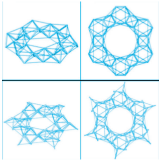
Ciutat de la Justicia

Ciudad de la Justicia Barcelona *2007*



Soft tensegrity like panel *Maurin, Motro, et al*

Burj Khalifa *2010*



Malla doble capa *V. Gómez Jáuregui*

2006

2007

2008

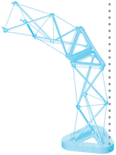
2009

2010

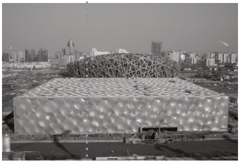
2012

Indi Home *2005*

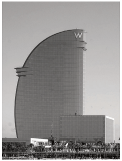
Hotel Hesperia Tower *2006*



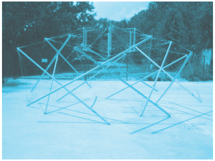
Strutture Tensegrali *L. Zoli*



Cubo de agua JJOO Beijing *2008*



Hotel W BCN *2009*

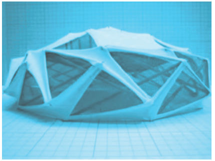


Domo tensegrity *D. Peña*

Torre Hilton Valencia *2006*

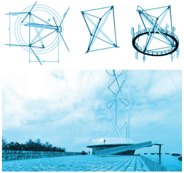
Nido de pájaros JJOO Beijing *2008*

Caja Mágica Madrid *2009*



Domo tensegrity textil *D. Peña*

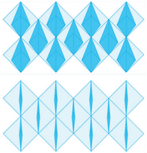
Premio **Pritzker a Toyo Ito**



Torre Antena Santiago *S. Radic et al*

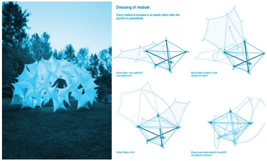
Shanghai Tower *2015*

MahaNakhon *2016*



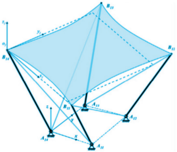
Fachada tensegrity *Cimmino et al*

Centro Botín R. Piano *2017*

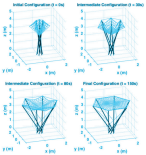


Underwood Pavilion *Gernot & Riether*

Premio **Pritzker a Frei Otto**



Modelado tensegrity textil *Yang & Sultan*


Initial Configuration (t = 0s)
Intermediate Configuration (t = 30s)
Intermediate Configuration (t = 80s)
Final Configuration (t = 150s)
z (m)
y (m)
x (m)

Tensegrity desplegable *Yang & Sultan*

2014

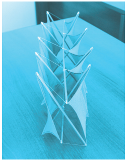
2015

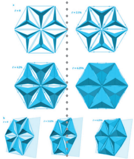
2016

2017

2018

Torre Titania *2013*



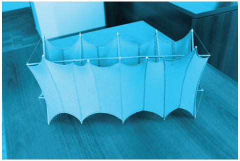


Kinetic Facades *Fraternali et al*

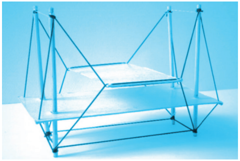
Warsaw Spire *2016*

Apple Park N. Foster *2017*

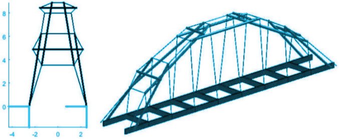
Lotto Tower Sri Lanka *2018*



Prototipo panel divisorio *J. Díaz*



Tensegrity Hammock *Hashemnejad et al*



Tensegrity footbridge *Plescan et al*

3

EL BLUR BUILDING

"The word spectacle, of course, privileges vision and vision is the central dilemma of blur"

Diller & Scofidio

Gráfico 41. Vista aérea durante la construcción. A+U (2019)

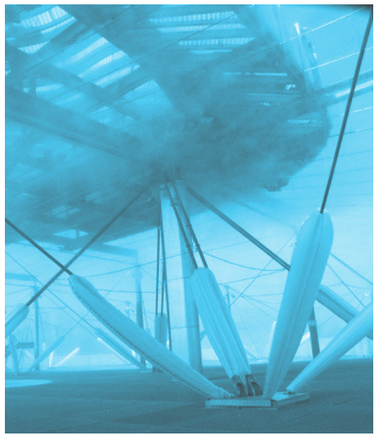


Gráfico 42. Detalle protección tensores. Structurae (2003)

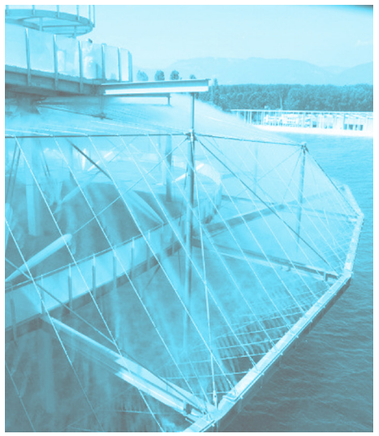


Gráfico 43. Malla donde se ubican los atomizadores de agua. Structurae (2003)

3.1 Consideraciones previas

Tras la consulta bibliográfica se ha podido identificar que son pocos los proyectos de arquitectura desarrollados a partir del tensegrity como configurador integral de una idea espacial. En este sentido, el *Blur Building* se presenta como el ejemplo más notable de un sedeo de fusionar arquitectura y estructura en un solo gesto.

Resulta pertinente entonces hacer aquí una serie de aclaraciones. El *Blur Building* dada su peculiaridad ha sido analizado desde la óptica estructural por un equipo de investigadores polacos, cuyo estudio reconoce que las estructuras de barras y cables son típicas en la ingeniería y que algunas son configuraciones tipo *tensegrity*. Como objetivo de su investigación se plantearon verificar si este proyecto podía considerarse dentro de esta tipología utilizando el método de descomposición denominado SVD (single value decomposition, por sus siglas en inglés) .[1]

Los investigadores parten de la definición propuesta por *Pugh*, es decir, aquella que relaciona estados de auto-tensión, mecanismos infinitesimales estabilizados por estos estados, componentes comprimidos discontinuos localizados dentro de los componentes tensionados y elementos a tensión sin rigidez.

Aplicando el método indicado, en primera instancia descomponen la estructura en módulos simples regulares, ubicados en la parte interna de la estructura y módulos irregulares ubicados en el borde, resultando 6 mecanismos

1 Para más información, consultar la descripción de este método en (Gilewski, Klosowska, & Obara, 2016)

por cada tipología. En segunda instancia analizan conjuntos de 4 y 7 módulos para identificar si las conexiones entre estos permiten configurar las propiedades del *tensegrity*, lo que arroja que los conjuntos se puedan considerar como finitos. Con lo anterior, concluyen que esta estructura no es un *tensegrity* pues a criterio de los investigadores se requieren cables adicionales para estabilizar toda la configuración y que su control resulta relativamente difícil[2].

Por su parte, *Motro* también realizó un análisis de este proyecto describiéndolo como un sistema basado en elementos modulares de 5 barras (de las que 4 configuran un polígono cuadrangular) y 8 cables. Indica que esta célula octaédrica por sí misma no es un *tensegrity* de acuerdo con la definición basada en las patentes.

En esta, los componentes en compresión descansan en el límite del sistema y existen mecanismos de orden superior. Sin embargo, si es posible catalogarla como una tensegridad si se toma como referencia la definición extendida[3]. De acuerdo con esta, se reconocen dos tipos de componentes comprimidos: unos postes que no se tocan (en el Gráfico 44 identificados con la letra A) y otros componentes más largos (en el Gráfico 44 identificados con la letra B) que descansan en el borde. Si se realiza un análisis mecánico se podrá encontrar uno o más estados de auto-tensión tal que todos los elementos del borde estarán en tensión. Removiendo los componentes B y reemplazándolos por cables, o al menos por componentes con rigidez tensional, todo el sistema podría calificarse como un sistema de *tensegrity*[4].

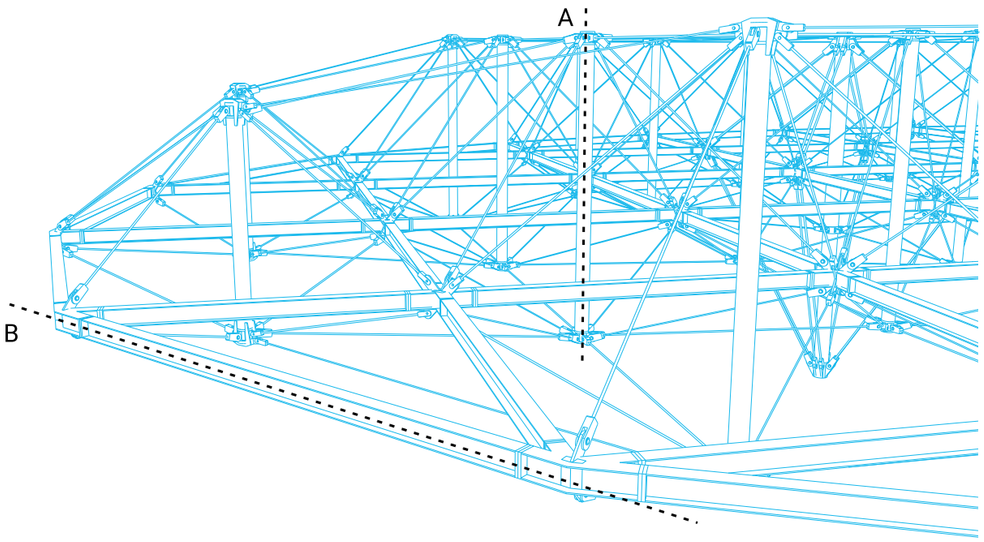


Gráfico 44. Tipología de elementos a compresión. Elaboración propia

2 Gilewski, W., Klosowska, J., & Obara, P. (2016). *Verification of tensegrity properties of Kono structure and Blur Building.* Procedia engineering(153), 173-179. Traducción del autor

3 Esta se desarrolla en el apartado Conceptualización.

4 Motro, R. (2003). *Tensegrity. Structural systems for the future.* Londres: Kogan Page Science. Traducción del autor

Retrocediendo un poco en el tiempo, *Pugh* consideró que para conocer y dominar el principio de funcionamiento del *tensegrity* resulta fundamental elaborar modelos a escala. En su libro describe cómo obtener algunas figuras sencillas, entre ellas de tipo bidimensional, figuras con barras que pasan por su centro, figuras de una sola capa, icosaedros y triangulaciones con barras. Precisamente en estas últimas es donde se encuentra otro argumento que permite denominar al *Blur Building* como un *tensegrity*.

De acuerdo con su descripción, la configuración del Gráfico 45 se puede construir agregando una barra central a la figura hexagonal de 3 barras. En esta los tensores definen los bordes de una dipirámide hexagonal. Como en otros modelos, el centro en este esquema se satura de barras, pero el modelo de 3 barras original puede ajustarse para formar un triángulo.

En esta nueva configuración desde un mástil se suspende un marco triangular, creando un espacio vacío en el centro.

Tal vez sin saberlo, esta configuración propuesta por *Pugh* fue la que dio paso a la continuidad del conjunto discontinuo que más tarde usaría *Motro* en su definición extendida. Si traslado este principio, al agregar una barra más a la base de la dipirámide se observa que su base pasa a ser cuadrada, igual que módulo que soluciona la estructura del pabellón. Cabe resaltar que, con la modificación de la longitud de los cables y por ende, la posición del mástil se logra conformar otros módulos

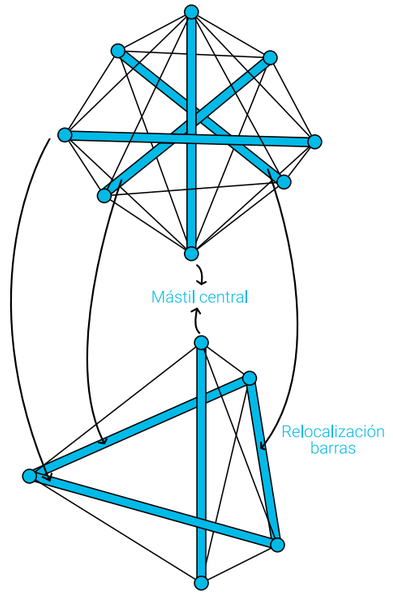


Gráfico 45. Modificación de la ubicación de las barras para generar una nueva configuración. Elaboración propia

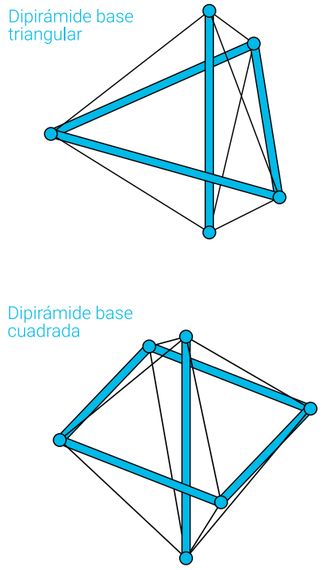


Gráfico 46. Comparativa módulo Pugh y módulo Blur Building. Elaboración propia

para construir el borde de la plataforma, tal como se describirá más adelante.

Skelton & de Oliveira, por su parte, consideran dentro de su definición que la existencia de un conjunto de tensores que estabilizan la configuración en ausencia de fuerzas externas determinará si se puede o no considerar un *tensegrity*. Es decir, si una configuración de cuerpos rígidos (a compresión) no se puede estabilizar con ningún conjunto de tensores (a tracción), entonces la configuración no es un *tensegrity*. Esto se puede aclarar a partir del Gráfico XX, en este el diagrama de configuración de la izquierda no es una tensegridad, mientras que el diagrama de la mitad si lo es. Si este sistema se construyera realmente sin tensores todavía podría considerarse *tensegrity*. Al agregar los tensores que conectan los vértices tanto del plano como de la barra en el diagrama de la derecha, se construye una configuración estable en si misma y por lo tanto, un sistema de *tensegridad*, pues como se ha venido describiendo, este es un conjunto de cuerpos rígidos conectados por un conjunto de tensores.[5]

Nuevamente, estos diagramas me permiten establecer por comparación que el módulo a partir del cual se construye el pabellón puede considerarse un *tensegrity*: en el esquema de los autores el plano horizontal se puede reemplazar por un marco de cuatro barras, manteniendo los tensores conectados a cada vértice de este, para obtener de esta forma el módulo base de la estructura del *Blur Building*.

Así, teniendo en cuenta la definición extendida, el análisis realizado por *Motro*, la conclusión a la que él llega, y el análisis geométrico a partir de *Pugh* y de *Skelton & de Oliveira* propuesto, considero que el *Blur Building* puede calificarse como un *tensegrity*, característica que justifica la elección de este proyecto como caso de estudio, con lo cual, en los próximos apartados se podrá encontrar su análisis escalar y espacial, particularmente desde su estructura

5 Skelton, R., & de Oliveira, M. (2009), *Op. cit.*

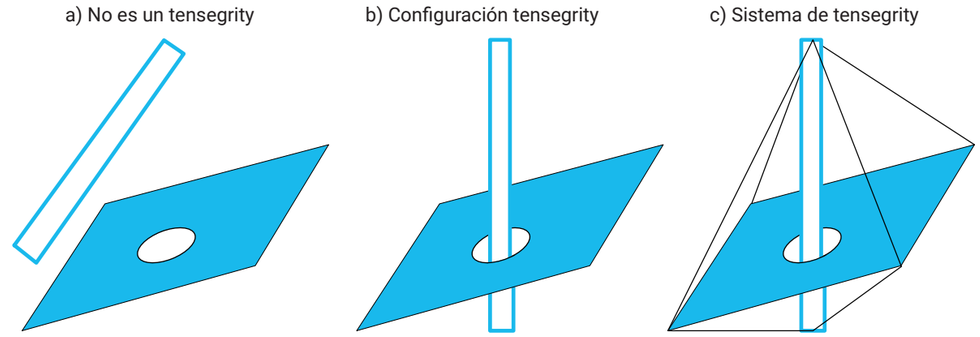


Gráfico 47. Definición de un sistema de tensegrity. Elaboración propia

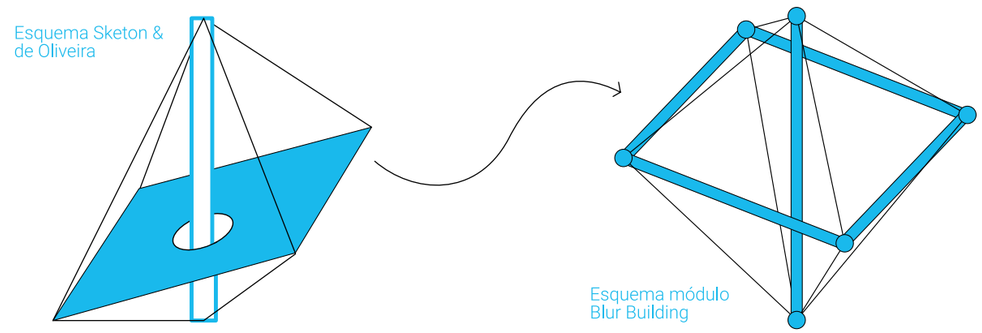
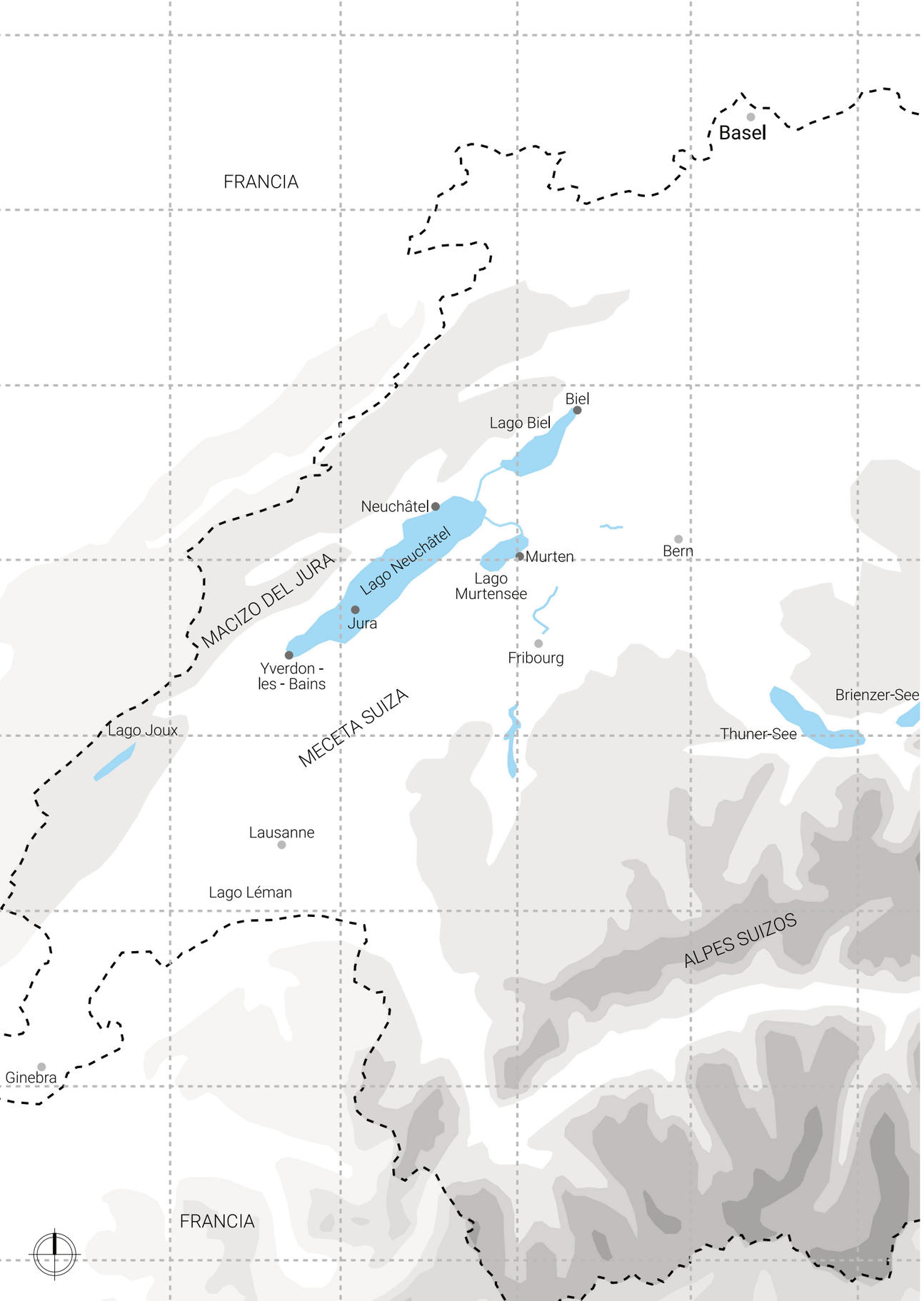


Gráfico 48. Comparativa módulo Skelton & de Oliveira y módulo Blur Building. Elaboración propia



3.2 El origen del encargo

como configurador de espacio.

Desde el 15 de mayo hasta el 20 de octubre de 2002 se desarrolló la Expo.02 en Suiza. Este evento no estuvo restringido en una sola ciudad, sino que se escenificó en una región en la zona noroeste del país en la que confluyen los cantones de *Bern, Fribourg, Jura, Neuchâtel* y *Vaud*. Como concepto principal del evento, los promotores quisieron que este fuera un espacio concebido como laboratorio de ideas para un espectacular festival nunca visto en la región.

Como objetivo se estableció instaurar hitos no sólo a nivel cultual sino a nivel económico y social derivado de un complejo trabajo de comisariado articulado a partir de la identificación de la ética, estándares morales, códigos de conducta y acercamientos a las experiencias sensoriales propios del inicio del nuevo milenio. Con esto, la Expo.02 ofreció una visión del universo contenida en cinco parejas de palabras, enlazadas a través de temas comunes, yuxtaposiciones, asociaciones y preguntas[6]:

Poder y libertad en *Bienne*; Instantes y eternidad en *Morat*; Naturaleza y artificialidad en *Neuchâtel*; Yo y el universo en *Yverdon-les-Bains*; Sentidos y movimiento en el pabellón itinerante de *Jura*[7].

Después de un concurso por invitación cuatro equipos de arquitectos, paisajistas y escenógrafos fueron elegidos para diseñar las instalaciones del evento. La dirección

6 Diller, E., & Scofidio, R. (2002). *Blur: the making of nothing.* Harry N. Abrams, Inc. Publishers.
7 Nelly Wenger Associates. (2002). *Expo 02. Swiss National Exhibition*. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de Nelly Wenger Associates: http://www.nellywengerassociates.com/uploads/pdf/nwa_projet_expo.02_e.pdf

Gráfico 49. Emplazamiento Expo.02. Elaboración propia

ARTEPLAGE DE MORAT

"Instants and eternity"

Jean Nouvel (Paris)

GauerItten-Messerli-Maria (Berna)

Desvigne et Dalnoky (Paris)

ARTEPLAGE DE BIEL

"Power and freedom"

Coop Himmelb (l) au architect's office (Viena) - Foro

Schmid Architekten AG (Biel) - Expopark

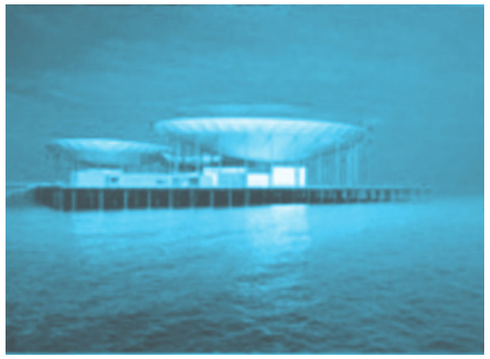
ARTEPLAGE DE NEUCHATEL

"Nature and artifice"

Atelier Jaques Sbriglio (Marsella)

GMS Architectes (Neuchatel)

Atelier Oi (La Neuveville)



PABELLÓN ITINERANTE DE JURA

"Sense and movement"

Bureau des Mesarchitectes (Paris)

Didier Faustino

Pascal Mazoyer

Gráfico 50. Foros de la Expo. Nelly Wenger Associates (2002)

artística definió la creación de cuatro *Arteplages*, espacios construidos en los bordes de los lagos y que contarían con un parque de exposiciones en la orilla y un foro[8] en el agua. Los cuatro lugares se dedicaron a diferentes temas que se reflejaron tanto en la arquitectura como en las múltiples pantallas distribuidas en todo el complejo[9]. De forma indirecta la Expo.02 también se presentó como la excusa para el debate sobre la identidad helvética y el futuro del país alpino[10] dado el momento privilegiado en la que se llevó a cabo[11]. Cada uno de estos espacios se concibió como un mundo en sí mismo, diferenciándose de los demás en forma y contenido, en carácter y color, resultando reforzados por el sonido propio de cada foro. A pesar de ello existió desde el principio un hilo conector que amarraba las playas: el agua.

En el caso de *Yverdon-les-Baines*, el grupo *Extasia*, conformado por los arquitectos neoyorquinos *Diller & Scofidio*, junto al equipo de paisajistas holandeses *West 8* y la dupla de arquitectos suizos *Vehovar & Jauslin*, fue elegido responsable del desarrollo del proyecto gracias a su imaginación y valentía. Dado que la intervención contemplaba dos escenarios (*arteplage* y foro en el agua) fue un reto definir cual sería su propuesta de entrada al concurso. El equipo acordó que la idea general del proyecto sería la creación de un paisaje mediático que incorporara un programa de exhibición en el escenario del foro, con una arquitectura ausente y con el tema de la sexualidad/sensualidad como guía para el desarrollo espacial de ambos escenarios. Tras esto se consideró que el potencial del proyecto residía en el foro por lo que pasó a convertirse en la pieza en la que se involucraría todo el equipo de trabajo en la fase de concurso, permitiéndoles posteriormente ganar su participación en la Expo[12].

Como resultado de la incompatibilidad de criterios el equipo termina dividiéndose las responsabilidades del encargo pasando *West 8* a definir el proyecto del arteplage y *D+S*[13] el proyecto del foro: aquí nace el Blur Building[14].

8 Es destacable que en este particular la propuesta de la construcción del Foro se relaciona con la herencia romana: el foro como espacio extramuros, donde se posibilitaba el desarrollo de la vida social en la época del imperio y lugar donde se albergan funciones comerciales, religiosas, administrativas y económicas.

9 Detail. (diciembre de 2001). Expo.02 in Switzerland. *Detail. Serie Experimental building* (8), 1474-1476

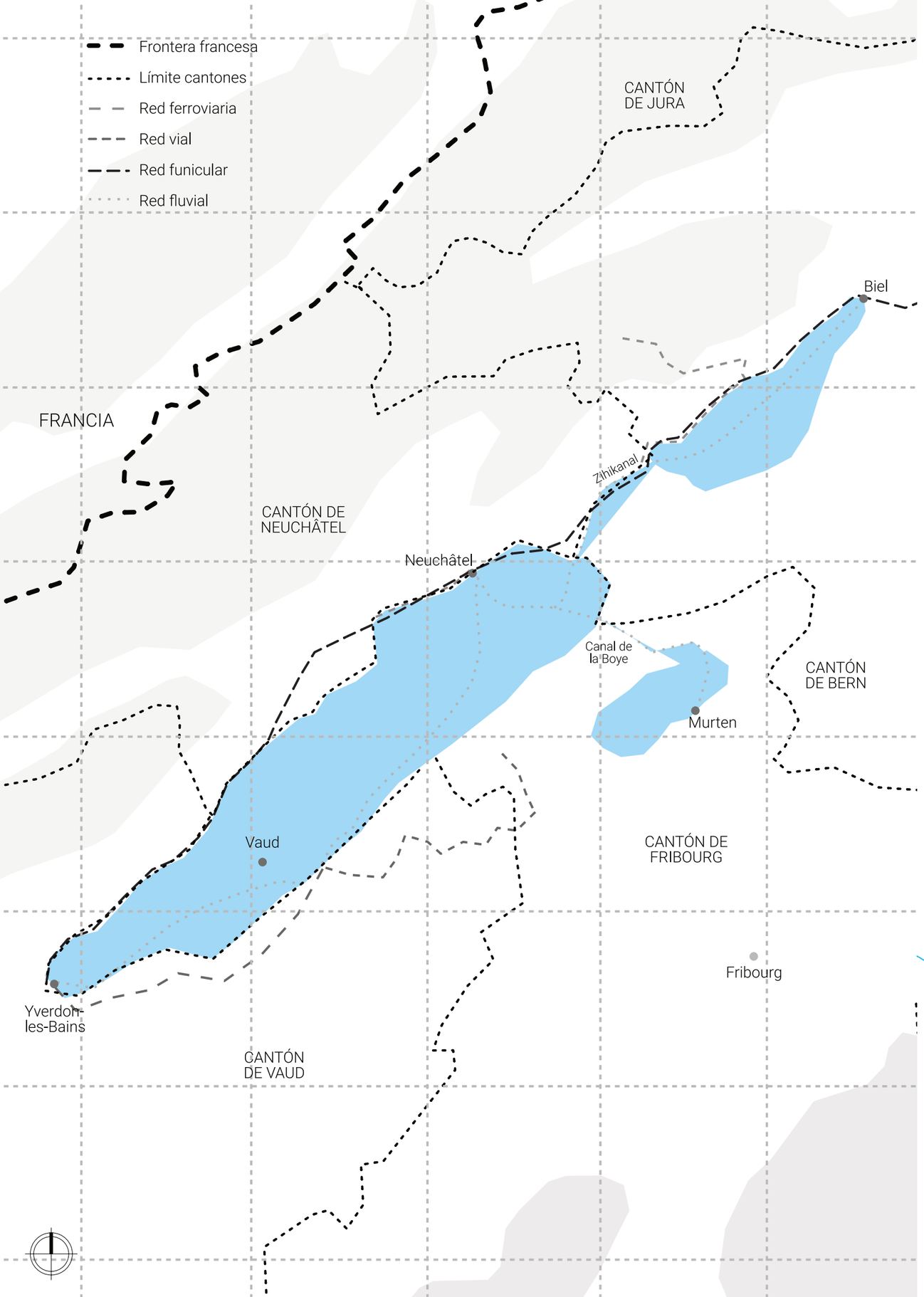
10 En este punto cabe señalar que desde el siglo XIX las exposiciones mundiales han servido para cohesionar países multiculturales y multilingües pues son eventos característicamente simbólicos a nivel cultural y político, en tanto que la Expo.02 no fue la excepción y se consolidó como el espacio para debatir acerca del progreso, su calidad y su significado para el hombre, permitió promocionar descubrimientos, relaciones novedosas y productos innovadores, se configuró como una plataforma para las nuevas ideas y las nuevas tecnologías, fue la vitrina perfecta para productos desarrollados específicamente para el evento, para aquellos lanzados durante el tiempo de su apertura y para aquellos que se lanzarían a conquistar el mundo más adelante. (Diller & Scofidio, 2002).

11 Nelly Wenger Associates. (2002), *Op. cit.*

12 Diller & Scofidio (2002), *Op. cit.*

13 Se utilizarán las iniciales D+S para hacer referencia al equipo diseñador *Diller + Scofidio*.

14 Detail (2001), *Op. cit.*



3.3 Localización

La Expo 02 se localizó en la región de los Tres Lagos, donde la Suiza franco parlante se encuentra con la Suiza germano parlante. Este territorio limita por el noroeste con Francia, de ahí que esté fuertemente influenciada por esta. Se reconoce por el lago *Neuchâtel*, el más grande al interior del país (cuenta con una superficie de 218.3 km^2) y que es compartido por los cantones de *Vaud, Friburgo* y *Berna*. Se conecta a través del *Canal de la Broye* con el lago de *Morat* (*Murte* en alemán), el cual se comporta como una cuenca de compensación; y a través del *Zihikanal* con el lago de *Biel*, particularidad que será aprovechada dentro del programa general del evento.

Cada lugar intervenido en el evento se denominó, como se ha mencionado anteriormente, *arteplages*, un neologismo creado a partir de la conjunción de las palabras arte y plage (playa). El total del área intervenida abarcó más de 475.000m^2, siendo casi equivalente al área de 70 campos de futbol[15]. Estas playas de adecuaron en la orilla de los lagos de *Biel, Murte, Neuchâtel* e *Yverdon-les-Bains*, lugares separados apenas por unos kilómetros de distancia, permitiendo así percibir el efecto de una línea de playas concebidas como una unidad de arte, litoral, ciudad, lago, cultura y naturaleza[16].

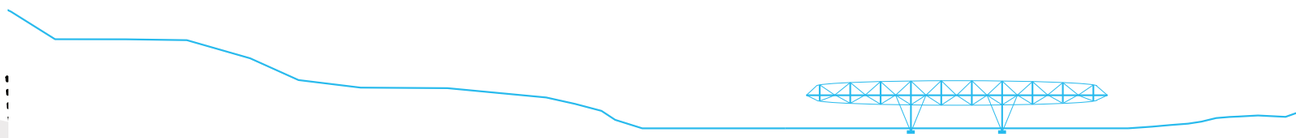


Gráfico 52. Sección longitudinal Lago Neuchâtel y estructura Blur Building

15 Nelly Wenger Associates. (2002), *Op. cit.*
16 Detail (2001), *Op. cit.*

Gráfico 51. Itinerario de recorridos de la Expo.02. Elaboración propia

"Materia, espacio e información entran en la dimensión virtual. Lo formal se ha disuelto en el sentido. El paisaje, al volverse líquido, adquiere una vida autónoma e inquietante, vibrante y palpitante"

Antonello Marotta

Gráfico 53. Canal de Yverdon-les-Bains. My Switzerland (2019).

Gráfico 54. Elevación del Schloss. My Switzerland (2019)

Gráfico 55. Vista aérea Yverdon-les-Bains. My Switzerland (2019)

Gráfico 56. Fachada Ayuntamiento. My Switzerland (2019)

Gráfico 57. Vista del lago Neuchatel. My Switzerland (2019)

Yverdon-les-Bains es una pequeña ciudad de origen celta enclavada entre el Jura, las colinas de *Broye* y el Lago *Neuchâtel*, destaca por su riqueza natural (a lo largo de la orilla meridional del lago se extiende la reserva natural de *Grande Cariçaie*, un santuario de más de 1.000 especies de plantas y 10.00 especies animales) y por su larga tradición termal (gracias a las fuentes de agua sulfúrea y de magnesio desde la época romana se ha considerado un centro del arte médico, lo que queda reflejado en las ruinas de los baños romanos, los menhires de tiempos primitivos y los palacios y castillos medievales) con una historia de más de 6.000 años[17].

17 My Switzerland. (2019). *Yverdon-les-Bains*. Recuperado el 01 de agosto de 2019, de Destinos Región del Lago Leman (Vaud): https://www.myswitzerland.com/es/destinos/yverdon-les-bains/

3.4 Intervención del paisaje

La intervención del espacio donde se implantó la arteplage de *Yverdon-les-Bains* partió de la idea de crear un paisaje mediático en el cual la sexualidad/sensualidad sería el hilo conductor del desarrollo espacial[18], enmarcado en el tema Yo y el Universo. En los inicios del proceso de proyección el equipo *Extasia* imaginó y propuso un paisaje surrealista, una visión psicodélica del erotismo y del elemento agua como símbolo del deseo, y más tarde, de la composición esencial. Dentro de este paisaje, un registro evoca la ausencia de la sustancia de la vida, como si cada uno tuviera que despertar sus sentidos antes de ingresar a este territorio de sensaciones[19]. Se buscaba que el visitante se sintiera seducido y atraído, acentuando el poder de sus sentidos, de forma que la proximidad, la pérdida del sentido de la orientación le permitieran sucumbir a sus deseos, dando paso a una entrega total a la pasión y a la sed por una nueva aventura, total y completamente diferente[20].

De acuerdo con *Holzer Kobler*, uno de los colaboradores externos de *West 8*, su interpretación del tema asignado a *Yverdon-les-Bains* se relaciona con el jardín de la tentación. La escenografía cubre doce etapas de la seducción, desde el encuentro casual hasta la aventura de una noche y la mañana siguiente, a través del estado irracional del enamoramiento. Cada elemento de esta escenografía junto con el paisaje y la arquitectura juega un papel integral en la creación de la atmósfera; todo se une para crear una montaña rusa emocional que busca perturbar a los visitantes.

De esta forma, cada asistente al evento inicia su viaje en medio de grandes dunas artificiales de 6 metros de altura que construyen la geografía del lugar. Estas ondulaciones se recubrieron con coloridas flores, a modo de esculturas vegetales que emitían fragancias, hablaban o cantaban. E incluso, a modo de contraste también podía encontrarse colinas recubiertas únicamente con gravas y materiales secos, que daban como resultado una experiencia que combinó emociones visuales, corporales y sensibles.

Bajo las dunas artificiales se instalaron terminales multimedia, espacios expositivos, bares y restaurantes completando el programa

18 Diller & Scofidio (2002), *Op. cit.*
19 Loriers, M. C., & Pousse, J.-F. (2001). Instants durables. Chaumont-sur-Loire, Expo 02, Villa Mèdicis. Techiniques & architecture(456), 81-87. Traducción del autor
20 Diller & Scofidio (2002), *Op. cit.*

Gráfico 58. Implantación Arteplage Yverdon-les-Bains. Elaboración propia

del *arteplage*. Así, el *Theatre Mondial* acogido bajo una de estas ondulaciones daba la bienvenida a artistas de todo el mundo, mientras que la música, la cocina y las imágenes de diferentes países se unían para enriquecer el intercambio cultural.

Por su parte, el *Bar Rouge* entraba en escena brillando intensamente como una roja linterna china y tan fluorescentemente como una lámpara antimosquitos, pasando a ser el faro surrealista que iluminaba cada una de las noches en que la Expo se mantuvo abierta al público. De igual manera, pero bajo otra de estas dunas las bebidas afrodisíacas, los dulces *Premier-Baiser* y los chocolates *Premier-Amour* se combinaban con la música y baile para elevar la temperatura y el ánimo de cada persona que pasaba por allí[21].

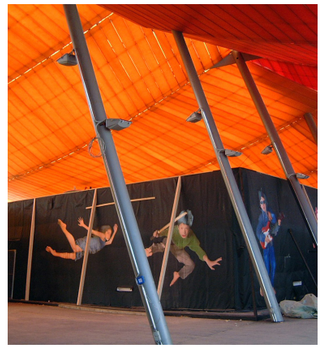
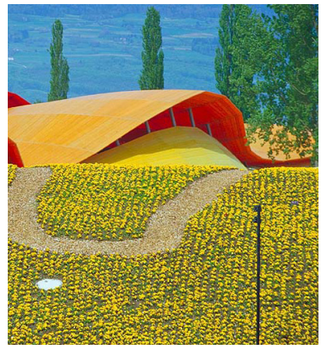
Según *Loriers & Pousse* este diseño de paisaje se podían enmarcar dentro del movimiento de exposiciones de jardines en la línea de *Chaumont-sur-loire* que para 2002 tuvo como tema erotismo y jardines. Con esto, el nuevo paisaje construido se integraba con el *Blur Building*, resultando en una extensión del paisaje el cual, mediante la nube artificial, pasaba a ser el nuevo objeto de deseo[22].

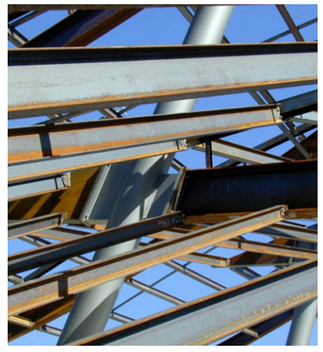
"In the Expopark, landscape an media technology are synthesized to dissolve distinctions between the natural and the artificial"

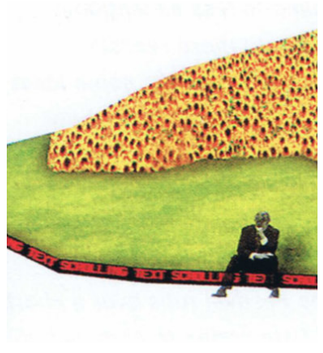
Elizabeth Diller

21 Holzer Kobler Architekturen. (2002). *Arteplage Yverdon-les-Bains.* Recuperado el 01 de agosto de 2019, de Projects: https://holzerkobler.com/project/arteplage-yverdon-les-bains
22 Loriers, M. C., & Pousse, J.-F. (2001), *Op. cit.*

Gráfico 59. Itinerario recorridos Arteplage. Elaboración propia





SCALELESS

FORMLESS

COLORLESS

DIMENSIONLESS

WEIGHTLESS

ODORLESS

CENTERLESS

FEATURELESS

DEPTHLESS

MEANINGLESS

SPACELESS

TIMELESS

SURFACELESS

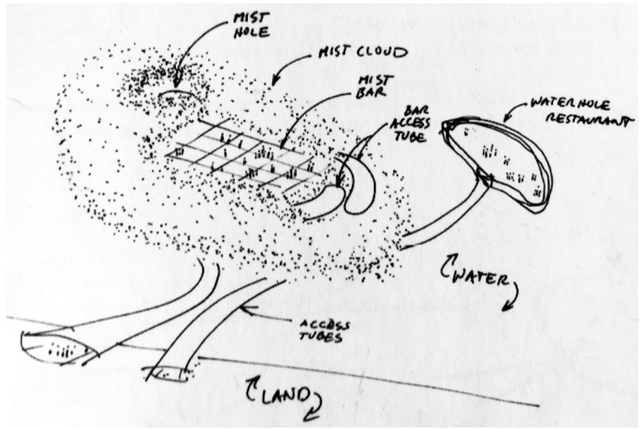


Gráfico 60. Sketch ideas preliminares proyecto. Diller + Scofidio (2002)

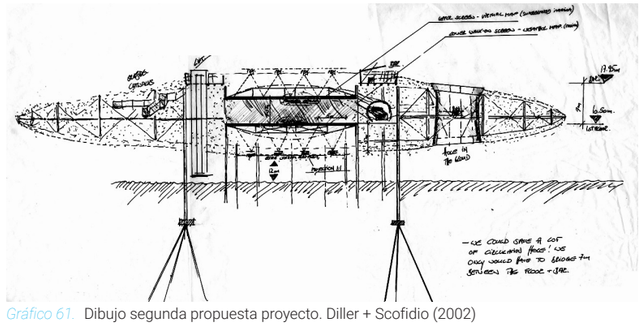


Gráfico 61. Dibujo segunda propuesta proyecto. Diller + Scofidio (2002)

3.5 Propuesta arquitectónica

A manera de introducción se considera oportuno comentar que existe un número significativo de fuentes bibliográficas que permiten reconocer las etapas de desarrollo del *Blur Building* y que son el reflejo de los cambios en los requerimientos técnicos, del programa e incluso de los recortes presupuestales sufridos durante el proceso. Sin embargo, este análisis se centra en el proyecto construido y abierto al público principalmente, aunque en determinados momentos se haga referencia a algunos elementos que hicieron parte de alguna de las etapas previas del proyecto.

Con lo anterior aclarado, el análisis se puede centra ahora en la pieza que constituye el caso de estudio propuesto para este Trabajo de Fin de Grado: el *Blur Building*.

En respuesta al requerimiento de la organización de la Expo.02 de construir un foro que complementara el programa desarrollado en el *arteplage*, *D+S* consideró que sería más interesante desarrollar una infraestructura en el agua en lugar de utilizar el lago únicamente como un escenario, de manera tal que este fuese la localización y a la vez, el material principal de la edificación. Después de uno de los tantos workshops realizados con el equipo *Extasia* en la fase de concurso, vieron la luz los primeros bocetos que posteriormente darían la forma final al pabellón.

Es así como la interacción entre la niebla generada artificialmente y las fuerzas de la naturaleza (velocidad y la dirección del viento, humedad prevaleciente, temperatura del aire), dio lugar a formas impredecibles para este proyecto calificado por algunos autores como no-espacial[23]. La niebla cambiaba constantemente respecto al edificio, alterándolo continuamente, a veces haciendo aparecer una proa, una terraza, un puente o simplemente nada. *"Sin la lectura e interpretación de las condiciones ambientales, el proyecto habría sido una plataforma esquelética, bella en sí misma, a lo Buckminster Fuller"*, tal como lo reconoce *Marotta*[24].

23 Detail (2001), *Op. cit.*
24 Marotta, A. (2011). *Diller + Scofidio. Blurred Theater*. Roma: Edilstampa

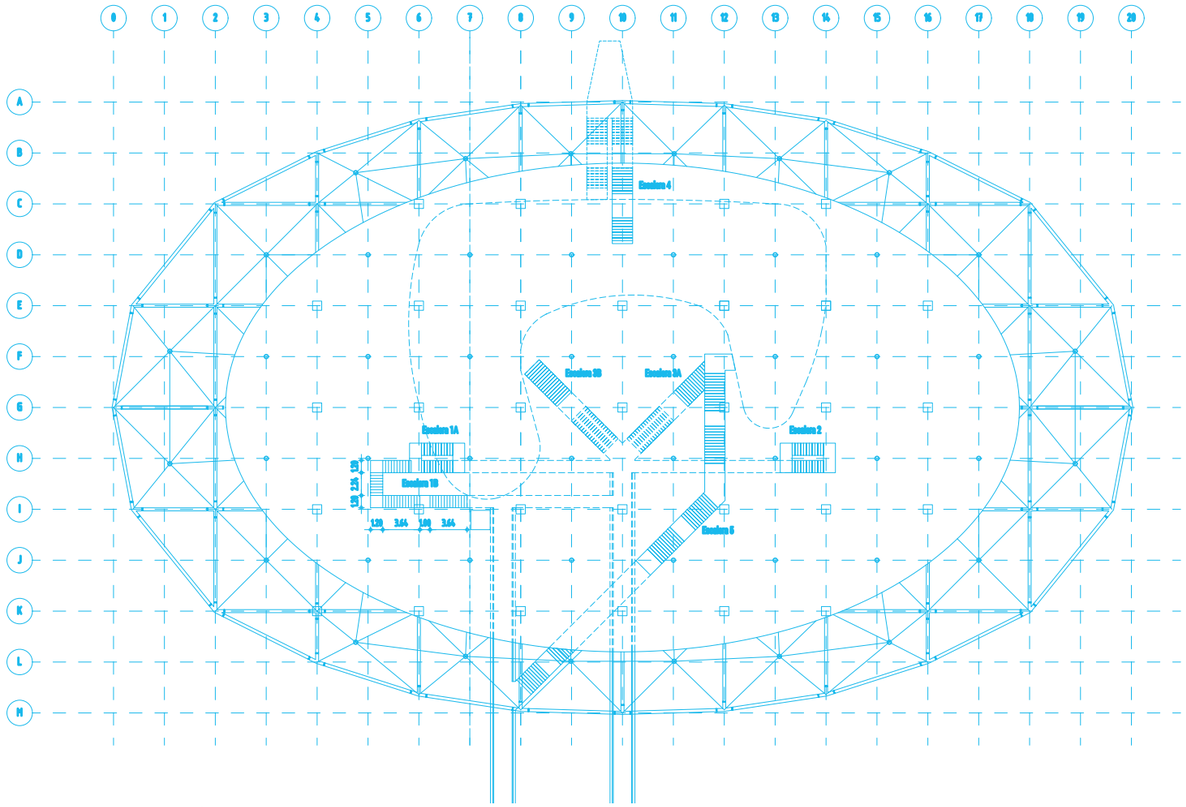


Gráfico 62. Versión final de la planta del pabellón. Elaboración propia

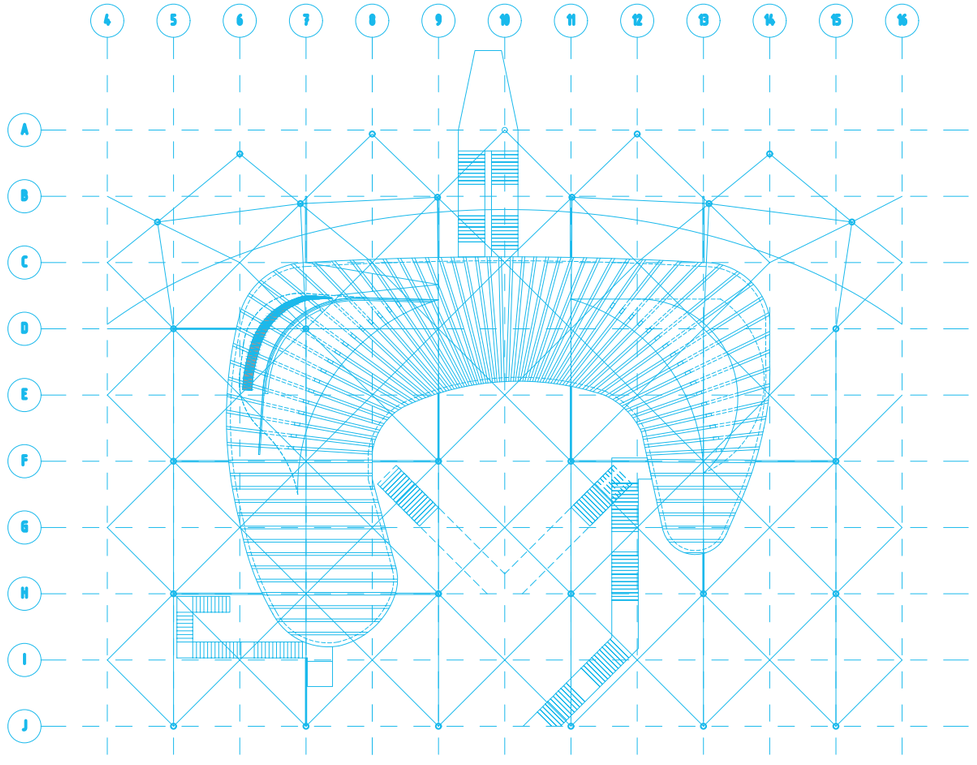


Gráfico 63. Planta Angel's deck. Elaboración propia

De esta manera, el edificio pasa a ser un elemento en continua transformación. Cambia cuando se cambian las condiciones de su contexto, al igual que el programa, decidiendo que input tomar (por ejemplo, en el caso de las variaciones climáticas) y cuál output generar (por ejemplo, la presión con que el agua era eyectada) para producir cambios. Por tanto, resultaba posible alterar tanto los inputs como los outputs, o en otros casos se dejaban constantes unos y otros indefinidos, dotando al pabellón de capacidad para mediar entre las diferentes situaciones posibles.

Los diseñadores reconocieron más tarde que su reto fue asumir la responsabilidad de apelar a una audiencia masiva, por lo que su propuesta debía funcionar para cada grupo de edad, condición económica y social, lográndolo tras desafiar las expectativas.

Como bien se sabe, es tradición que las personas que visitan este tipo de exposiciones esperan encontrar grandes muestras de la cultura nacional y de progreso tecnológico[25], por lo que el Blur *Building* no fue la excepción. La Expo.02 fue precedida por la *Expo de Hanover* en la cual hubo una gran demostración de los últimos desarrollos de pantallas de alta definición, por lo que en contraste la propuesta de D+S resultó de entrada una demostración y decididamente una experiencia de baja resolución[26], a pesar de que la tecnología jugó un gran papel en todo su trasfondo[27].

También es tradición que los asistentes a las exposiciones esperen ver lo que allí se alberga. Teniendo en cuenta que el tema en *Yverdon-les-Bains* era Yo y el Universo, los diseñadores consideraron interesante darle un giro a lo que hasta el momento se había visto: quisieron enfocar su estrategia en la imposibilidad de ver, enlazando el tema con la relación que establece el individuo con su entorno inmediato. Así, propusieron un pabellón donde el sentido de la visión era negado al espectador, un espacio donde no había nada que ver ni nada que hacer. *"El Blur Building terminó siendo un edificio sobre la nada, sobre nada en particular"*[28].

En palabras de *Joel Robinson*, se reconoce que el pabellón como tipología arquitectónica en este caso particular, pasó a ser un laboratorio para la experimentación, para mostrar nuevas formas, materiales y técnicas constructivas; una muestra que se exhibe así misma y al potencial que alberga la

25 A partir de finales del siglo XIX las naciones que participaban en las exposiciones mundiales fueron representadas por sus propios pabellones, los cuales fueron construidos en una amplia gama de estilos destinados a reflejar determinadas características de su imagen, identidad o cultura. Con esto, el tamaño de las edificaciones se volvió importante, no solo para acomodar las exhibiciones en el interior, sino para impresionar y trasmitir la autoridad, la legitimidad, la superioridad o la identidad del país representado. El pabellón se relacionó entonces de manera más estrecha con las exhibiciones que albergaba que con su principio de contenedor del espacio arquitectónico, quedando en algunos casos relegado al papel de simple escenografía teatral. Sin embargo, existieron y aún existen ejemplos que robaron la atención de las Expo volviéndose mucho más memorables que lo contenido en su interior (Robinson, 2014), como sucede en el caso de estudio.

26 En palabras de *Elizabeth Diller: "Desenfocar (to blur en inglés) es hacer indistinto, atenuar, envolver, nublar, hacer vago, ofuscar. El Blur Building se equipara con lo dudoso…para nuestra cultura obsesionada visualmente con la alta resolución y la alta definición, que mide la satisfacción en píxeles por pulgada, el desenfoque se entiende como una pérdida. Sin embargo, esta acción también se puede pensar positivamente. Con este proyecto podemos vivir creativamente sin desterrar lo indistinto y lo poco claro, lo efímero y lo inestable"* (Diller & Scofidio, 2012).

27 A+U. (2019). *Democratizing Space. An interview with the partners of DS+R. A+U.* Architecture and Urbanism, 06(585), 7-17. Traducción del autor

28 A+U. (2019), *Op. cit.*

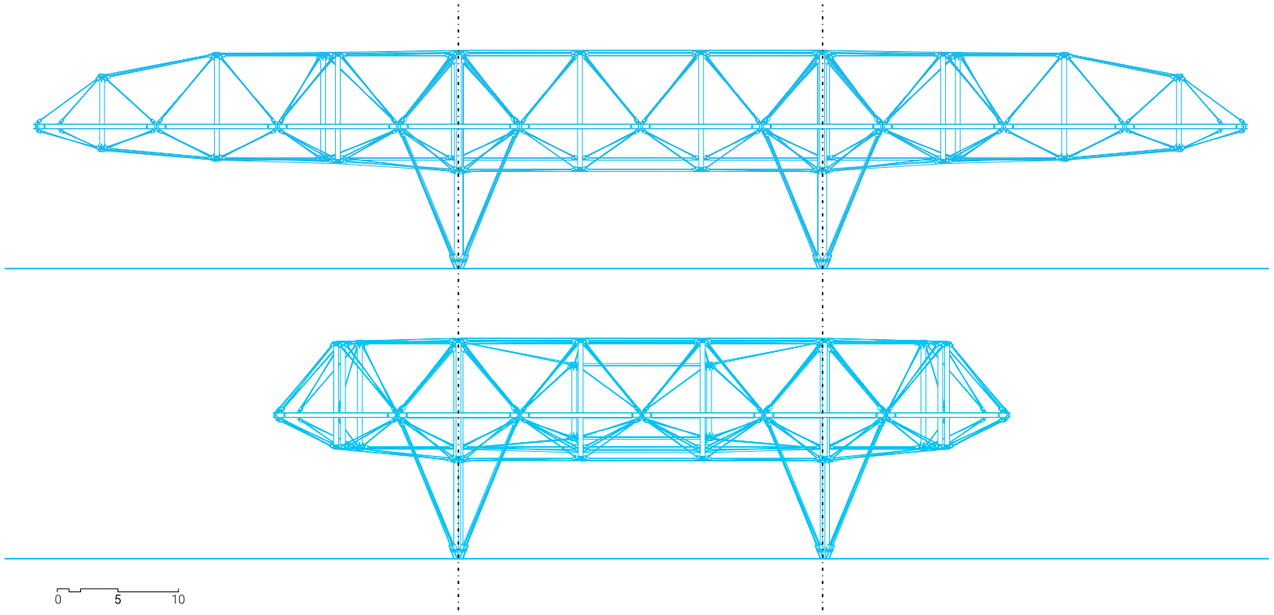


Gráfico 64. Sección longitudinal y transversal. Elaboración propia

arquitectura para ser algo más[29].

Por su parte *Richard Koshalek* comenta que este edificio surge en la arquitectura, pero trata de insertarse transversalmente en diferentes disciplinas: por un lado, aparece en las artes y el *performance*, y por el otro, la arquitectura, el paisaje terrestre y el paisaje marino[30].

Gracias a todo esto, el *Blur Building* como proyecto es reconocido entre diversos autores como una de las principales referencias de lo difuso en el campo de la arquitectura, lo cual puede ser entendido como una atmósfera en lugar de un edificio, donde la potencialidad de

"Visual and acoustical references are slowly erased until only an optical white-out and the white noise of pulsing fog nozzles remain"

Ricardo Scofidio

29 Robinson, J. (2014). *Introducing pavilions: Big worlds under little tents*. Open Arts Journal(2), 1-22. Traducción del autor
30 Architecture. (abril de 2000). *Diller + Scofidio. Blur Building*. PA 2000 Award. Architecture

Gráfico 65. Vista desde pasarela de salida. Un dia una arquitecta (2015)

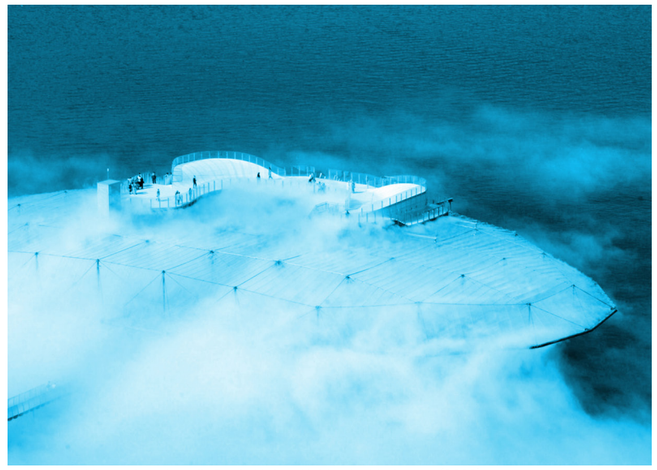


Gráfico 66. Vista aérea Angel's Deck. Holzer Kobler Architekturen (2002)

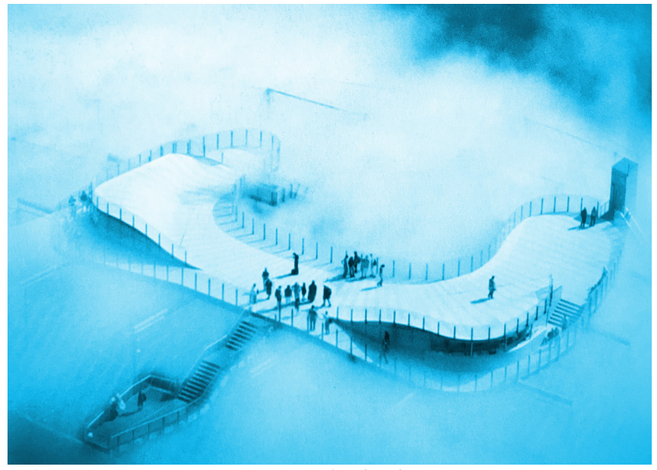
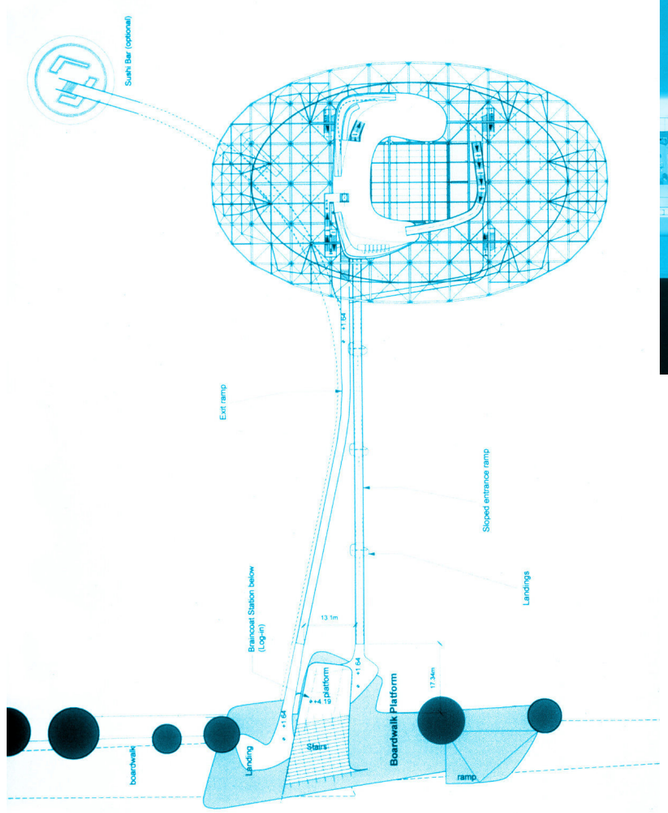
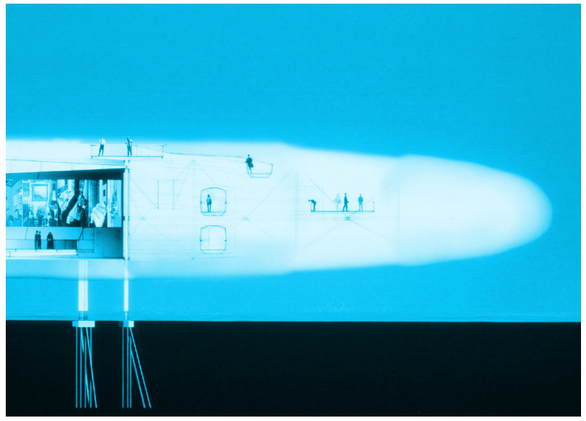
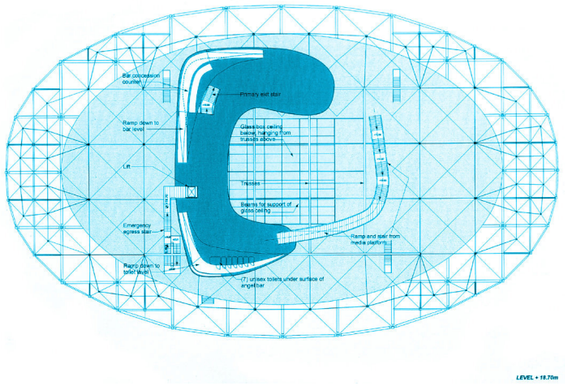
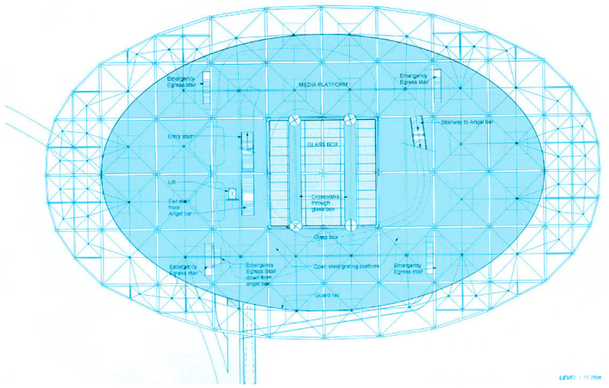


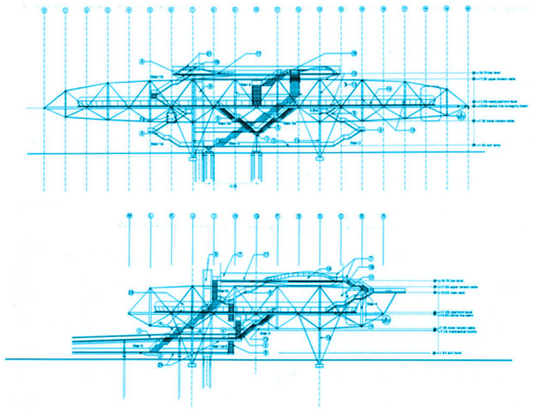
Gráfico 67. Vista aérea Angel's Deck. Diller & Scofidio (2002)

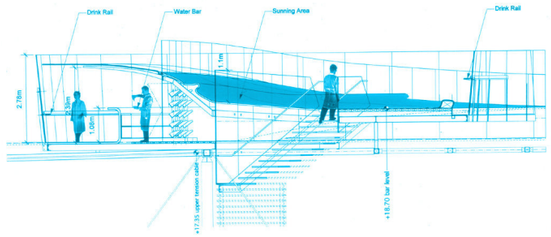

Sushi Bar (optional)
Exit ramp
Sloped entrance ramp
Landings
Braincoat Station below (Log-on)
13.1m
+1.54
+4.4 platform
17.34m
Boardwalk Platform
Stairs
Landing
+1.54
boardwalk
ramp

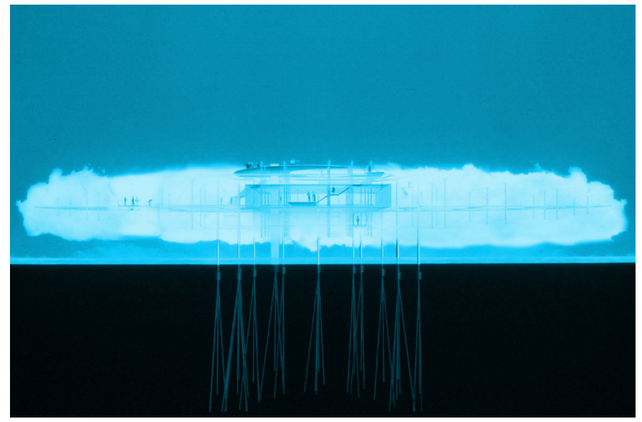


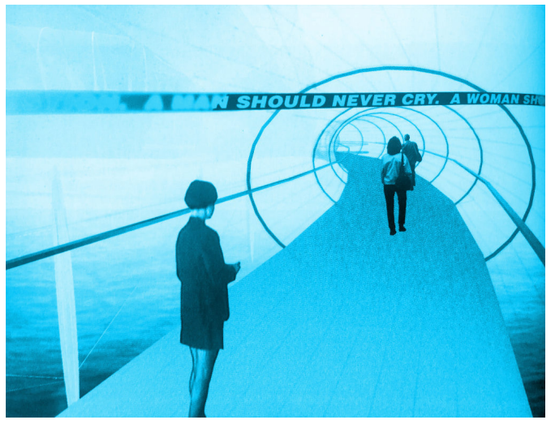

Bar provision counter
Primary exit stair
Ramp down to bar level
Glass box ceiling below, hanging from trusses above
Lift
Trusses
Beams to support LP glass ceiling
Emergency egress stair
Ramp and stair from media platform
Ramp down to splash deck
-77 unisex toilets under surface of amphitheatre
LEVEL + 18.70m

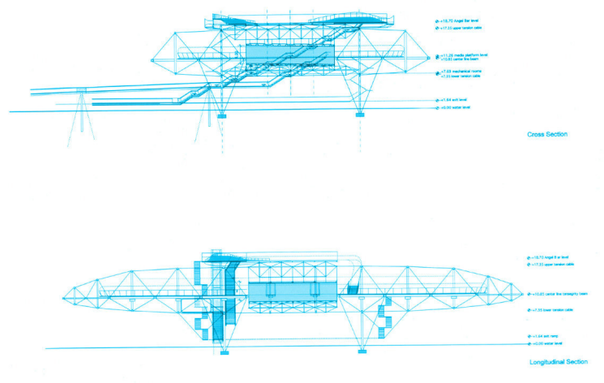

Emergency Egress stair
MEDIA PLATFORM
Emergency Egress stair
Entry stair
GLASS BOX
Stairway to Angel bar
Lift
Exit stair from Angel bar
Crossovers through glass box
Glass box
Emergency Egress stair
Emergency Egress stair down from Angel bar
Open steel grating platforms
Emergency Egress stair
Queue bar

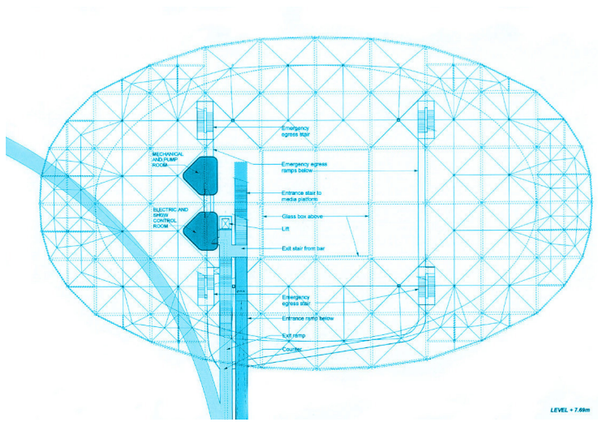



Drink Rail
Water Bar
Sunning Area
Drink Rail
2.78m
1.5m
1.08m
+17.55 upper tension cable
+18.70 bar level




N SHOULD NEVER CRY. A WOMAN SH


Cross Section
Longitudinal Section


MECHANICAL AND PUMP ROOM
ELECTRIC AND SWISH CONTROL ROOM
Emergency egress stair
Emergency egress ramps below
Entrance stair to media platform
Glass box above
Lift
Exit stair from bar
Emergency egress stair
Entrance ramp below
Exit ramp
Courts
LEVEL + 7.68m

TO THROW SHO

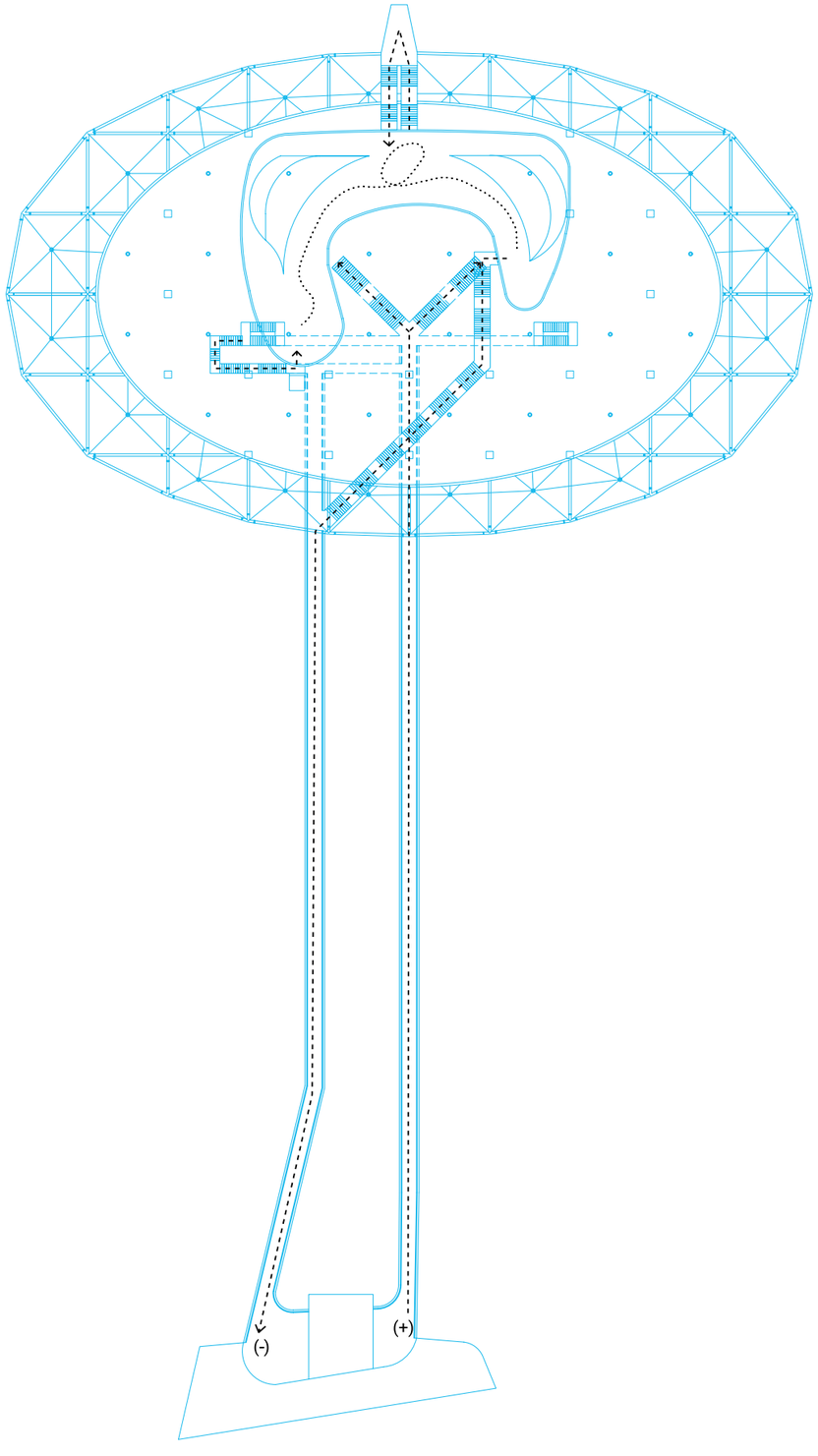


Gráfico 68. Itinerario recorridos pabellón. Elaboración propia

3.5.1 El programa Proyectual

lo difuso se examina a través de la escala ambiental[31].

Elizabeth Diller reconoce en entrevista que este proyecto no es un edificio típico, no desarrolla un programa como tal, por lo que recae en la inusual escala de la instalación ambiental, a pesar de tener las características de una edificación. Por ello, resalta en tono irónico, que las autoridades les obligaron a instalar un sistema de aspersores a pesar de que el edificio en sí estaba hecho de agua.

Comenta que, personalmente, estaba interesada en llevar a cabo un pabellón en el que no se pudiese ver nada e incluso en el que no se realizase nada, excepto pensar sobre la dependencia del ser humano en su sentido de la visión[32], una posición totalmente contraria si tiene en cuenta que el imaginario de las exposiciones contempla la exposición de algo[33]. Así, el proyecto se concibió como una especie de éter en el que era posible habitar:

> *"una gran nube que evitaba que pudieras ver en qué dirección ibas. Debías prestar atención a tus otros sentidos – olfato, el sonido en el espacio, el tacto – e intercambiar interacciones con otras personas en el espacio, basados en el compromiso limitado a la percepción"*[34].

En la nube los diseñadores combinaron dos utopías incongruentes como el tiempo que han dedicado a la investigación en los últimos años. Para la estructura metálica se recurrió a un experimento que comenzó entre los años 40

31 Dinçer, D., & Aydınlı, S. (2016). *Blurring limits in architecture.* Design + Theory Journal, 12(21), 48-60.
32 Architecture. (abril de 2000). *Diller + Scofidio. Blur Building*. PA 2000 Award. Architecture
33 Dinçer, D., & Aydınlı, S. (2016), *loc. cit.*
34 A+U. (2019), *Op. cit.*

y 50 de la mano de *Buckminster Fuller*, una estructura que contiene espacios vacíos en su interior: el *tensegrity*.

Antonello Marotta, en el análisis que realiza del proyecto plantea que el *Blur*[35] implica estar fuera de foco, describiendo una dimensión no distinguible, en tanto que los conceptos como cercano/lejano, interior/exterior pierden sus significados. Por su parte, *Diller* reconoce que el trabajo más complejo llevado a cabo por parte de su equipo de trabajo fue alterar aquello que a lo largo de la historia de la humanidad ha definido su capacidad para sobrevivir: el sentido de la visión[36].

Para el tema asignado a su emplazamiento, se recurrió a la forma circular cuyo origen se sitúa en estudios renacentistas, investigaciones que consideraban al universo como una forma concluida, contenida y circunscrita, tal como en la tradición Neoplatónica de las circunferencias, quedando reflejada esta en la forma de la plataforma principal. Con esto, también definieron que esta estructura debía desaparecer en una nube que fuera visible desde la distancia por los visitantes de la Expo.

Otra lectura que se realizó del proyecto fue la publicada por *Felicity Scott*, quien proponía que el *Blur* podía entenderse menos como un edificio antiespectacular que como un proyecto que plantea la cuestión de la relación de la arquitectura con el espectáculo. Si, por un lado, la inestabilidad de la nube perpetuamente mutante desafía la certeza de la forma, ya que la visión borrosa y la incapacidad para juzgar la escala y la distancia al mismo tiempo perturban la capacidad del sujeto para ver el objeto, la iluminación interior nocturna revela una espectacular contraparte que complica la lectura

35 El mismo autor indica que *Toyo Ito*, reconocido arquitecto japonés, en 1999 lanzó una teoría acerca de la *Blurring architecture*. Esta propone que la arquitectura se caracteriza por su carácter difuso, por carecer de un distintivo o ser poco clara y definida, quedando definida como *"la arquitectura con límites imprecisos"*, aquella cuyos límites se presentan como líneas sinuosas y oscilantes, *"semejantes a los bordes de los objetos sumergidos en las aguas turbulentas de un lago"* (Marotta, 2011).
36 Marotta, A. (2011), *Op. cit.*

del proyecto[37].

Eugenio Pandolfini[38] por su parte, considera que este pabellón constituye uno de los niveles más avanzados en la hibridación entre la tecnología y la arquitectura, por lo que realizar un análisis perceptivo del mismo resulta más apropiado, es decir, aproximarse a cuestiones como la relación psicológica del hombre con la arquitectura, el miedo al espacio y las patologías vinculadas a la percepción.

Con esto, el aspecto fundamental que plantea el proyecto son las relaciones que se crean entre los visitantes y el pabellón y entre los visitantes mismos, relaciones que definitivamente son más de tipo táctil que visual. Al reducir e incluso impedir la percepción visual, el proyecto impone al usuario una relación física con la estructura en la que se cuestionan las propias facultades perceptivas y que permite recobrar la conciencia del valor de los otros sentidos que contribuyen a realizar más profunda la experiencia sensitiva[39].

En el ámbito de la relación entre la percepción y la psicología del espacio, la nube y sus distintos niveles perceptivos recuerdan la importancia de la relación entre el cuerpo y la arquitectura para vencer la agorafobia. Al preguntarle a algunos visitantes sobre su experiencia dentro del pabellón, muchos reconocieron que resultó un poco aterradora, la sensación de aparición y desaparición de los demás y del edificio mismo supuso algo siniestro.

Lo cierto es que, teniendo en cuenta que las exposiciones mundiales suelen desarrollarse asociadas a ciertas ideas de progresos tecnológicos, el *Blur Building* mantuvo la línea, permitiendo que tanto lo virtual como lo digital introdujesen nuevas dimensiones que envolvían y modificaban las expectativas, creando sorpresas. De esta manera, un trabajo artístico interactivo logró que *"la sustancia del lago vibrase, generando*

Gráfico 69. Detalle subestructura atomizadores agua. Diller Scofidio + Renfro (2002)

Gráfico 70. Angel's Deck. Diller & Scofidio (2002)

37 Scott, F. D. (octubre de 2003). *Involuntary prisoners of architecture.* October Magazine(106), 75-101.
38 Pandolfini, E. (2013). *Dispersión visual y nuevas sinestesias: consideraciones sobre el Blur Building.* ZARCH: Journal of interdisciplinary studies in Architecture and Urbanism(2), 158-171
39 Este particular se ampliará y se desarrollará más a fondo en el apartado La Experiencia

40 Marotta, A. (2011), *Op. cit.*

3.5.2 La experiencia

Se puede considerar que las ferias mundiales y las exposiciones nacionales, como las zonas de entretenimiento urbano son terrenos de competencia para las tecnologías de inmersión más avanzadas: espectáculos nocturnos, espectáculos multimedia y propuestas de simulación. Al igual que los medios impresos y de difusión, estas grandes demostraciones de destreza tecnológica alimentan el insaciable apetito del público por imágenes de mayor tamaño y mayor virtuosismo tecnológico. Esta sobre estimulación visual, sin embargo, tiene un efecto desensibilizante: cuantos más estímulos tenemos ante nuestros ojos, menos vemos.

Tomando esta premisa como punto de partida, en el *Blur Building* la materialización tecnológica no se entiende a través de la presencia del *hardware*, sino mediante la estrategia de hacer palpable aquello que en algunas ocasiones se deja invisible, por ejemplo, la omisión de algunas tecnologías[41].

Normalmente, la visión domina nuestro comportamiento en el espacio público y establece la base de las relaciones sociales. Usamos la visión para evaluar la identidad; un rápido vistazo de otra persona nos permite identificar su género, edad, raza y clase social. Este marco visual precede a cualquier interacción social. Dentro de la nube, sin embargo, tal identificación visual no es posible. La atmósfera brumosa, combinada con los visitantes ataviados con impermeables idénticos, produce la condición de anonimato.

Sinner or Saint

Beauty or Beast

Puccini or Prince

Most or Least

Saunter or Minca

Fight or Faint

One love or Two

Old World or New

Satin or Burlap

41 Pandolfini, E. (2013), *Op. cit.*

Y es que la privación sensorial estimula, paradójicamente, un aumento sensorial y un cambio en la percepción: la densidad del aire inhalado con cada respiración, la temperatura más baja del agua, el sonido delicado y omnipresente del rociado del líquido, y el aroma particular de este al ser atomizado estimula los sentidos[42]. De esta forma, tal como lo expresa *Ricardo Scofidio*, la nube cambia las reglas en cuanto a la operación personal, forzando al visitante a aceptar una condición ambiental diferente y que no había experimentado antes[43].

Con lo anterior, en el plano de la percepción se pueden identificar tres niveles diferentes, a saber[44]:

• La observación lejana: los visitantes toman como base la recepción óptica del pabellón, la cual, sin embargo, no proporciona mucha información

• La observación cercana: los visitantes al comenzar el recorrido en las plataformas de enlace comienzan a establecer una visión háptica[45] de la nube, lo que consecuentemente les permite orientarse y adquirir confianza mientras van sumergiéndose e ingresando al pabellón.

• La observación inmersiva: ocurre cuando el usuario cruza y se sumerge en la nube, debido a la dispersión de la visión establece una relación realmente háptica con la niebla, es decir, una percepción basada en el sentido del tacto, en el movimiento y en la no visión.

Retomando el aspecto tecnológico, a pesar de la simpleza

"El espacio interior y la experiencia multimedia deben ser tan emoocionantes como el resto del proyecto"

42 Diller & Scofidio (2002), *Op. cit.*
43 A+U. (2019), *Op. cit.*
44 Pandolfini, E. (2013), *Op. cit.*
45 La percepción háptica como reconoce *Pandolfini*, es un proceso de reconocimiento de los objetos a través del tacto que se produce a partir de la combinación de la percepción táctil causada por el contacto de un objeto con la superficie de la piel; y la propiocepción que proporciona información sobre la posición de la mano o el cuerpo, como en el caso de estudio, en relación con este (Pandolfini, 2013).

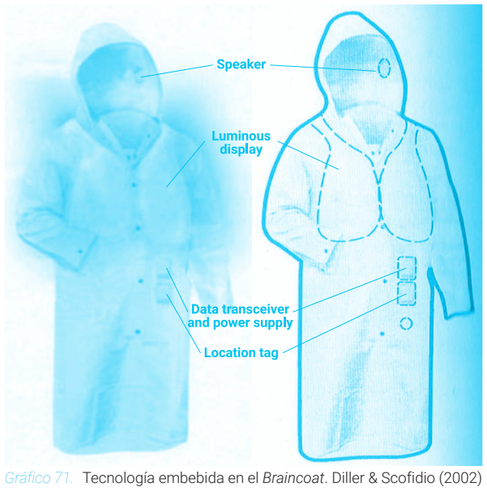


Gráfico 71. Tecnología embebida en el *Braincoat*. Diller & Scofidio (2002)

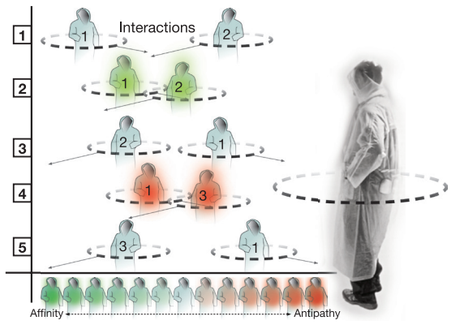


Gráfico 72. Esquema posibles interacciones entre visitantes. Barret (2010)

aparente del proyecto, este también se puede considerar como una pieza tecnológica de vanguardia. Por ejemplo, el proyecto contaba con una estación meteorológica instalada en la estructura que analizaba las condiciones ambientales (viento, temperatura, humedad, punto de rocío, dirección del viento) y que respondía en tiempo real, condicionando el comportamiento de la nube y aprendiendo de los registros en la medida en que estos ocurrían[46].

También, la propuesta implicó el desarrollo de un sistema de geolocalización por GPS para ser utilizado en el ámbito del proyecto. Partiendo de que este eliminaba de facto el sentido de la visión para desplazarse y comunicarse, un sistema de estimuladores se instaló en los impermeables que se distribuían entre los visitantes previo a su ingreso al pabellón. Estos vibraban y emitían luz y sonido ante la proximidad de otro visitante que estuviese en la plataforma. Gracias a un algoritmo desarrollado por ordenador, se determinaba una coincidencia estadística o una no-coincidencia en la plataforma, en tiempo real y durante toda la estancia del visitante. Esta activaba o desactivaba los estimuladores en función de la proximidad o lejanía que se tenía con la persona con quien se coincidiera. Tales coincidencias se determinaron a través de un cuestionario resuelto por cada visitante[47].

Por otra parte, se previó que el público circulara a través de la niebla[48], descubriendo pequeños eventos mediáticos distribuidos en su interior, para luego ingresar a un espacio multimedia interactivo en su centro y subir por una escalera hasta el *Bar de los Ángeles* en la cima. Con esto, la sensación de emerger a través de la niebla resultaba similar a perforar una capa de nubes en el cielo abierto durante un vuelo en avión. Luego, una escalera y una rampa directas devolvían al público a la orilla. Mas tarde, al caer la noche, se proyectaban

46 *Ibídem*

47 *Ibídem*

48 Una muestra de lo que fue la experiencia vivida por los visitantes se puede observar en el video del enlace: https://www.architectureplayer.com/strips/diller-scofidio-renfro-anatomy-of-architecture. También se puede consultar una nota televisiva del proyecto en: https://www.dailymotion.com/video/x2tfrh

Gráfico 73. Área de acceso. Telesubjektiv (2002)

Gráfico 74. Recorrido en el Angel's Deck. Telesubjektiv (2002)

programas de video en la niebla, los cuales podían ser vistos desde el paseo marítimo.

Así, el brillo del pabellón iluminado en la noche se podía considerar una respuesta al ruido visual que lo rodeaba, es decir, al ruido visual generado por el entorno. Desde el exterior, la masa de niebla fue sin duda, un ícono visual seductor, pero desde su interior casi todas las referencias visuales contenidas en él se borraban. De esta manera, el proyecto desafió la dependencia de la visión como el sentido dominante, el sentido que gobierna las actividades cotidianas desde la navegación hasta la interacción social. Lo que se exhibió en este pabellón fue la visión misma o su ausencia y el efecto de su ausencia.

Gráfico 75. Vista nocturna del pablellón. Tribune de Genève (2012)

En cuanto al evento mediático pensado para llevarse a cabo en el entorno del pabellón, se considera que este terminó integrado gracias la niebla envolvente. *Diller* comenta que su objetivo era unir la arquitectura y las tecnologías digitales, pero intercambiar las propiedades de cada una por la otra. Por lo tanto, la arquitectura se desmaterializaría y requeriría tecnologías sofisticadas que serían completamente invisibles, dejando solo sus efectos para conservar aún el carácter arquitectónico.

Pasando a otro de los espacios que hicieron parte de las etapas más tempranas del proyecto, el restaurante denominado *Sushi Bar* surge como desarrollo del principio que considera que el comer es una extensión del tema de la sexualidad. Esta pieza al aire libre se sumerge en las aguas del lago para formar parte integral de la exposición, permitiendo así al visitante, poder observar el lago en una cuasi sección trasversal, una vez

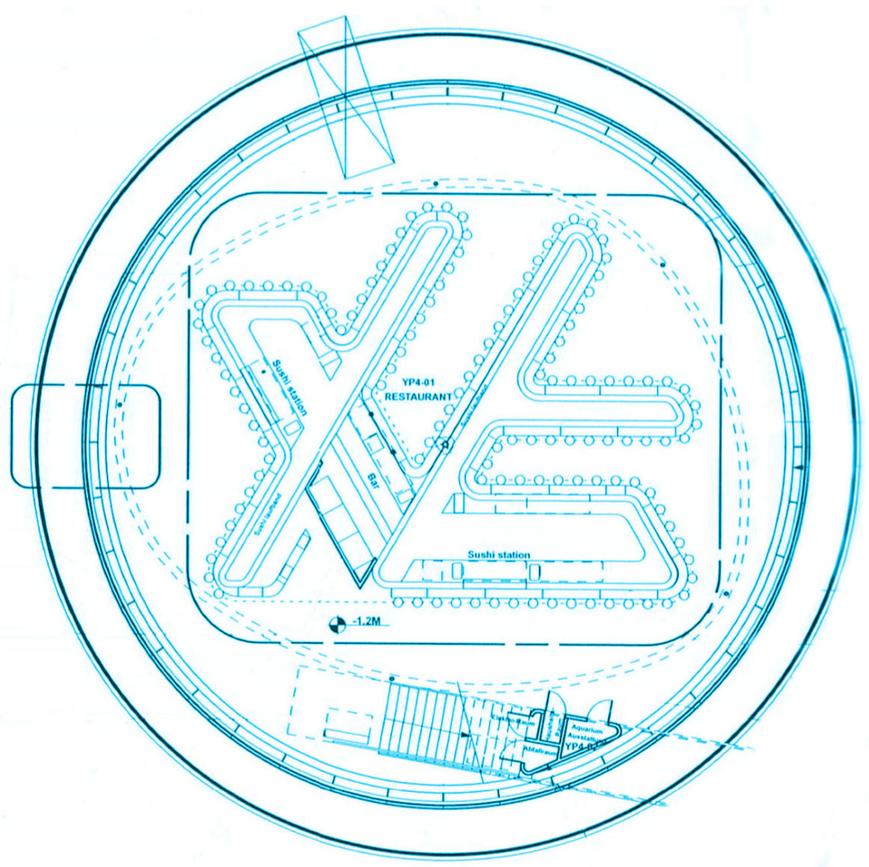


Gráfico 76. Planta Sushi Bar. Diller & Scofidio (2002)

este se sentase y su nivel visual se alineara con el nivel del agua circundante.

Rodeando la pared de vidrio que contenía este espacio sumergido, un letrero LED incomodaba a los comensales mediante un mensaje cíclico:

> *"la tentación conduce al pecado, conduce a la culpa, conduce a la redención, conduce a la tentación".*

Acompañando a esta, una segunda pared de vidrio concéntrica contendría un acuario de 1 m de ancho que permitiría observar algunas especies acuáticas de lago. Con ello, el público se encontraría en un agujero en el lago rodeado de naturaleza artificial: un acuario de dentro hacia afuera.

> *"El espacio interior y la experiencia multimedia deben ser tan emocionantes como el resto del proyecto".*

Complementando la experiencia y reconociendo que el agua es el material dominante en el *Blur Building*, se puede comentar también que el agua no solo definía el lugar a orillas del lago, sino que también fue una fuente de placer culinario. Bajo la cubierta del *Bar de los ángeles*, justo debajo de una zona donde se podía observar el nacimiento del sol a diario, los visitantes descubrían el *Bar del Agua*. En él se encontraban a disposición una gran variedad de aguas de diversas fuentes mundiales, incluida una selección de aguas de manantial embotelladas disponibles comercialmente, aguas artesanales, aguas minerales y aguas de grifo municipales de diversas ciudades a nivel mundial. Una colección exclusiva de aguas glaciales y polares complementaban la oferta del lugar. Y dado que se pretendía con el proyecto seducir a todo tipo de visitantes, en este espacio fue posible organizar degustaciones para los amantes del agua[49].

Gráfico 77. Bar del Agua. Aargauer Zeitung (2019)

49 Diller & Scofidio (2002), *Op. cit.*

"Insoutenable légèreté de l'etre"

Diller & Scofidio

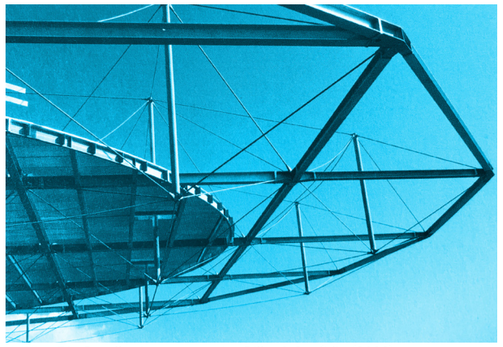


Gráfico 78. Detalle vigas tensegrity. Diller & Scofidio (2002)

Gráfico 79. Módulo tensegrity de cimentación. Besista (2002)

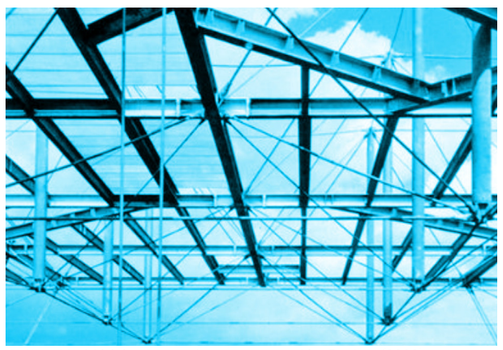


Gráfico 80. Módulos tensegrity en construcción. Besista (2002)

3.6 Del pabellón al tensegrity: lo que se esconde tras la nube

3.6.1 La estructura: el tensegrity y sus particularidades dentro del proyecto

Dentro de los requerimientos del proyecto en relación con la estructura se tuvo que toda ella debía ser temporal y estar diseñada para ser desmontada y reutilizada en cualquier otro lugar y en cualquier otra forma al final de la Expo. Esto supuso la elección de una estructura modular, ligera, relativamente pequeña, fácilmente trasportable, montable y desmontable y con gran versatilidad en su uso. Algo muy similar a las prestaciones del kit *Meccano* que cuentan con unos pocos elementos base que permiten construir una variedad estética y técnica de formas[50].

Fue así como el pabellón *Blur Building*, teniendo en cuenta lo anterior, se construyó a partir de una plataforma elipsoidal de 100 x 60 metros situada a 15 metros sobre el nivel del lago, compuesta por unidades de *tensegrity* bipiramidales, que compartían una base común y un mástil a compresión, sustentados sobre 4 columnas asentadas en el fondo del lago[51].

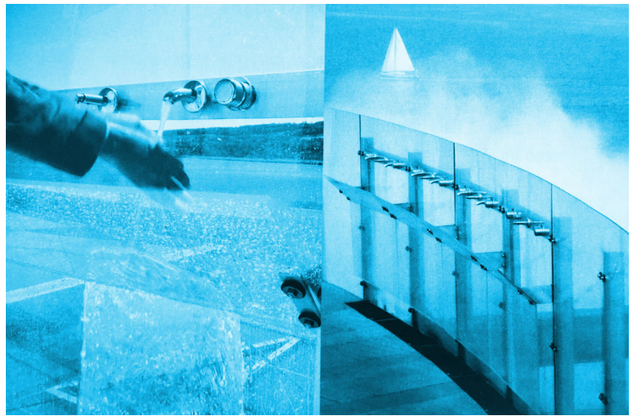
En la primera etapa del desarrollo, el equipo de proyecto prescribió dos sistemas estructurales diferentes para el pabellón: la primera consistía un marco espacial que conformaría la plataforma y un sistema *tensegrity* a modo de cubierta. Consideraba que el uso de la estructura espacial supondría un rápido montaje y desmontaje, repercutiendo en una reducción de los costes económicos y favoreciendo la reutilización de los materiales[52].

Tal como lo reconoce *Mauro Pedretti*, su equipo partió del módulo *tensegrity* más básico: el de 3 barras. Este tiene la ventaja de ser ligero y significativamente sencillo de construir, sin embargo, dadas las dimensiones contempladas para el pabellón su aplicación se veía condicionada por los problemas de pandeo que experimentan los elementos a compresión de gran longitud.

50 Pedretti, M. (1998). *Smart tensegrity structures for the Swiss Expo 2001*. SPIE 3330, Smart Structures and Materials 1998: Sensory Phenomena and Measurement Instrumentation for Smart Structures and Materials (págs. 378-386). San Diego, California: SPIE

51 *Ibídem*

52 Diller & Scofidio (2002), *Op. cit.*



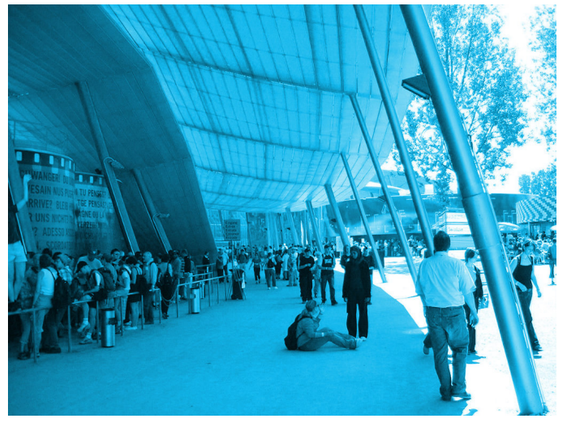
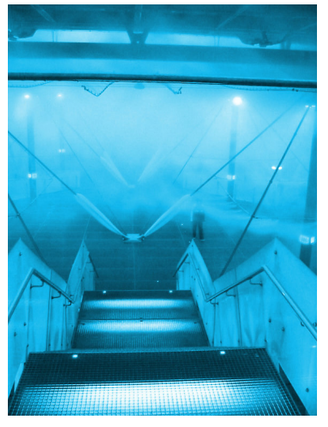



Gráfico 81. Deformación de las barras al someterlas a esfuerzos. Elaboración propia

En otro momento de la fase de diseño llegaron a una propuesta que se diferenciaría del módulo inicial gracias a la presencia de un nodo central que contenía un gato hidráulico que permitía la regulación del estado auto-tensión de todo el módulo[53]. Este gato hidráulico tenía una doble función: por un lado, tensar la estructura de manera segura y por el otro, monitorearla y controlarla activamente mientras estuviese en servicio. Con esta solución se reducía casi a la mitad la longitud de pandeo, lo que a su vez reducía en gran medida el peso y el coste de la estructura. Variando la inclinación de los mástiles, también era posible modificar fácilmente la forma del módulo y, por lo tanto, de toda la estructura[54].

Finalmente, en una comunicación enviada en abril de 2000, el equipo de diseño estructural confirma que encontró una solución con el mismo principio resolviendo el esquema de una forma relativamente sencilla: se integran 48 módulos para configurar una malla central cuyos bordes exteriores ensamblan un gran anillo a compresión, que trabajan en correspondencia con los mástiles principales, mientras que otros dos anillos construidos a partir de los cables atirantados ubicados arriba y abajo del anillo central, trabajan en correspondencia con los mástiles menores. Para terminar de configurar la elipse de la plataforma se agregan 8 barras horizontales de la misma sección prevista para los marcos de cada módulo[55].

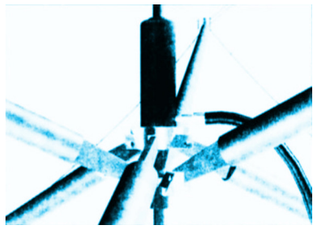


Gráfico 82. Gato hidráulico - actuador. Pedretti (1998)

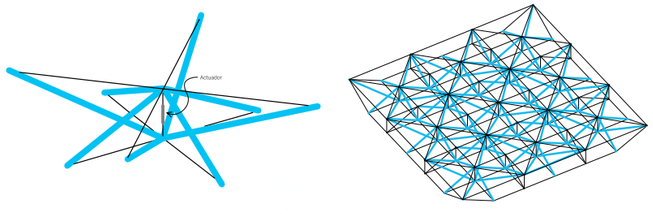


Gráfico 83. Módulo tensegrity con actuador. Posible configuración de la malla a partir de los módulos. Elaboración propia

53 El Gráfico 83 ilustra la hipótesis de cómo puso ser ese módulo propuesto con un gato hidráulico. Si bien el artículo de *Pedretti* incluye algunas imágenes del prototipo, estas no resultan claras para reconocer fielmente la solución hallada. En el mismo gráfico se observa una hipótesis de configuración de una malla tensegrity propuesta a nivel personal.

54 Pedretti, M. (1998), *Op. cit.*

55 Diller & Scofidio (2002), *Op. cit.*

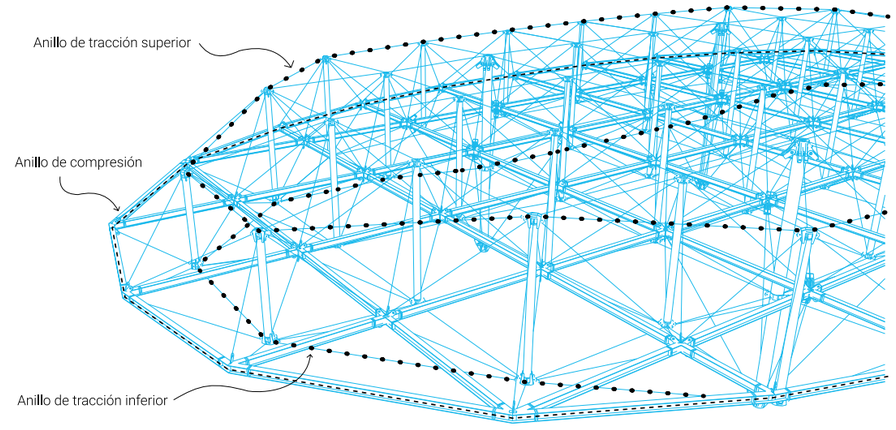


Gráfico 84. Anillo de compresión central y anillos de tracción superior e inferior. Elaboración propia

Si se analiza con detalle el esquema, la elipse se puede dividir en 4 cuadrantes en el cada uno son el reflejo de su opuesto. Emulando el proceso realizado por *Gilewski, Klosowska & Obara* al descomponer el esquema en sus partes integrantes, se puede ver que cada cuadrante está compuesto por 12 módulos de *tensegrity*, distribuidos en 9 tipos diferentes: 1 módulo tipo 1 (M1), 3 módulos tipo 2 (M2), 1 módulo tipo 3 (M3), 1 módulos tipo 4 (M4), 1 módulo tipo 5 (M5), 2 módulos tipo 6 (M6), 1 módulo tipo 7 (M7), 1 módulo tipo 8 y 1 módulo tipo 9 (M9).

Desde la vista de planta del pabellón el número de estos módulos podría reducirse a 5, si sólo se tiene en cuenta la posición de las barras horizontales. Al repetir el análisis, pero en la elevación el número se reduce a 4 módulos si se tiene en cuenta únicamente la longitud del mástil. Vale la pena aclarar que al integrar todos los módulos algunas

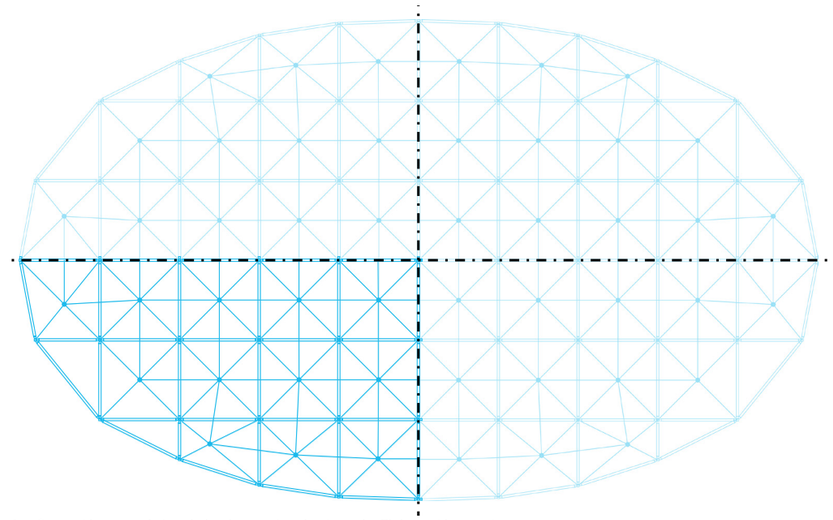


Gráfico 85. Configuración geométrica de la planta: ejes de simetría. Elaboración propia

barras que existirían en un módulo individual se suprimen para evitar la duplicidad de los componentes, quedando compartidas las aristas de las bases de las dipirámides.

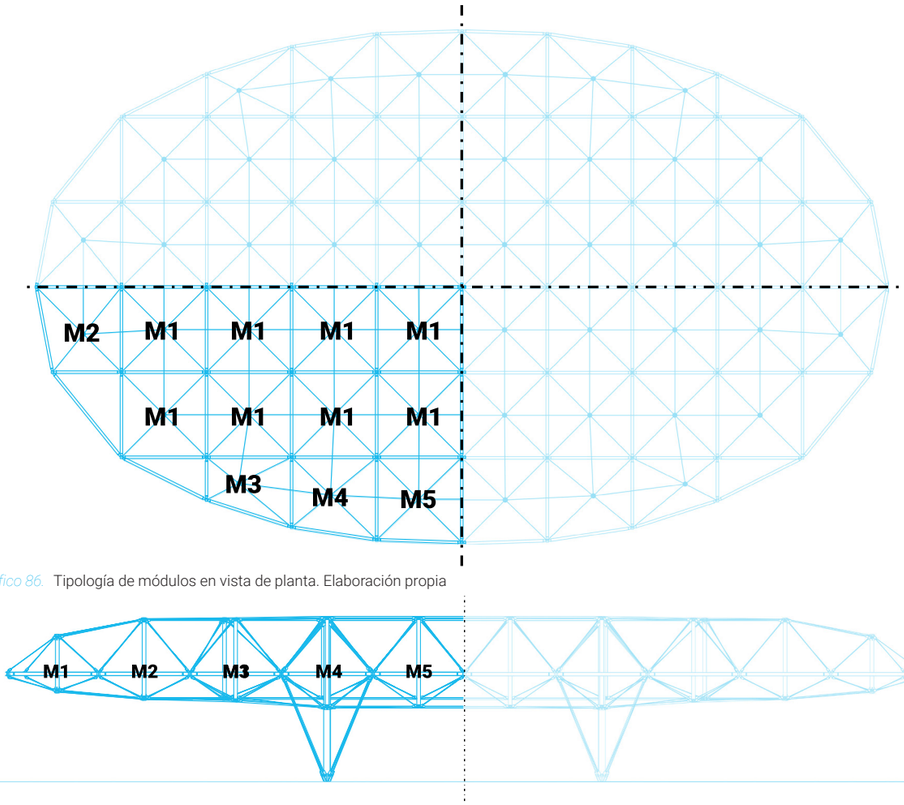


Gráfico 86. Tipología de módulos en vista de planta. Elaboración propia

Gráfico 87. Tipología de módulos en vista de alzado. Elaboración propia

Estudiando individualmente cada módulo, se podría decir que el sistema se completa con 8 componentes a tracción (cables) que unen los vértices de las barras comprimidas mediante un nodo especial. Como resultado de la variación geométrica de los módulos, se observa que todos los tensores no tienen la misma longitud, lo que conlleva que se haya tenido que solucionar el problema de los nodos a través de varias alternativas. Adicionalmente, cada módulo cuenta con 4 pares de cables estabilizadores que unen los módulos en los ejes X e Y.

El módulo M1 tiene un mástil central de aproximadamente 18 metros de longitud y un marco cuadrado de vigas horizontales de 10 metros de longitud, construido con perfiles HEA-400. Este es particular ya que es el que conecta a la plataforma con la cimentación, porque es el único dentro de todo el proyecto que tiene 3 nodos diferentes para conectarse con los cables, porque el diámetro de su mástil central es de 75 cm aproximadamente y porque implementa

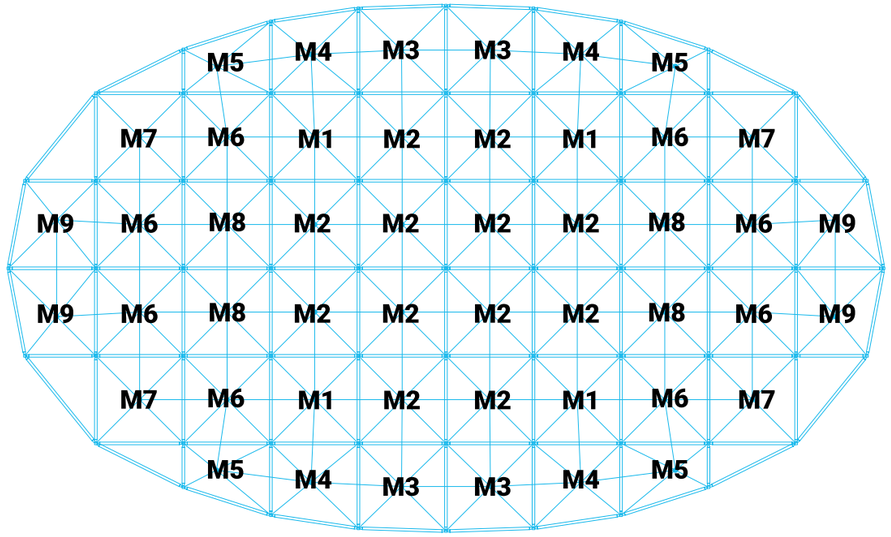
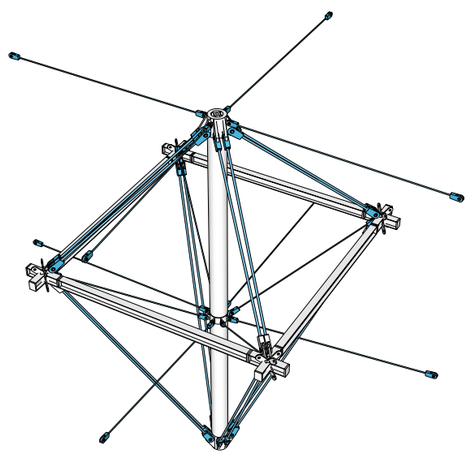


Gráfico 88. Nomenclatura de los módulos. Elaboración propia

cables dobles en las diagonales que se conectan al marco horizontal. Se cree que los cables del módulo en estado de tensión podrían tener una longitud de 9.30 metros, mientras que los cables estabilizadores superiores (los que conectan los vértices superiores de los mástiles) podrían tener una longitud de 9.45 metros. La longitud de los cables centrales en estado de tensión se reduce aproximadamente hasta los 7.90 metros, mientras que los que conectan los vértices del marco con el nodo inferior del mástil aumenta hasta los 13.55 metros .



El M2 es el que conforma mayoritariamente la estructura de la plataforma, está construido a partir de un mástil de 10 metros de longitud y 40 cm de diámetro y por un marco cuadrado similar al del M1. Cuenta con 4 cables superiores de aproximadamente 9.35 metros de longitud y 4 cables inferiores de aproximadamente 7.95 metros para conformar el módulo. Este se estabiliza con sus adyacentes a partir de otros 4 segmentos de cables superiores e inferiores de 10 metros de longitud.

Gráfico 89. Módulo 1. Elaboración propia

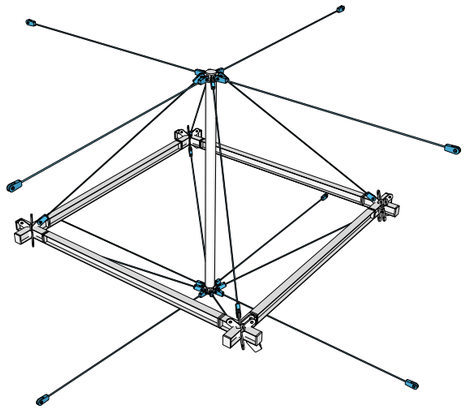


Gráfico 90. Módulo 2. Elaboración propia

El módulo M4 está adyacente al módulo M3 y se diferencia del anterior porque dos de las cuatro vigas son de diferente longitud: una de 8.35 metros y otra de 10.15 metros. También porque los cables superiores del módulo tienen una longitud aproximada entre los 8.30 y 9.53 metros, mientras que los cables inferiores varían entre los 6.48 y 8.00 metros de longitud. Por su parte, dos de los dos pares de cables estabilizadores tienen una longitud de 10 metros y un tercer par de ellos tiene una longitud de 10.90 metros.

El módulo M3 se ubica a lado y lado del eje Y de simetría. Se construye a partir de una barra vertical de 40 cm de diámetro y longitud aproximada de 8.80 metros; un marco cuadrado con 3 lados de 10 metros de longitud y un cuarto de 10.15 metros ; y un conjunto de 4 cables superiores de 9.15 metros de longitud, 4 cables inferiores de 7.35 metros de longitud y 6 cables estabilizadores superiores e inferiores de 10 metros de longitud.

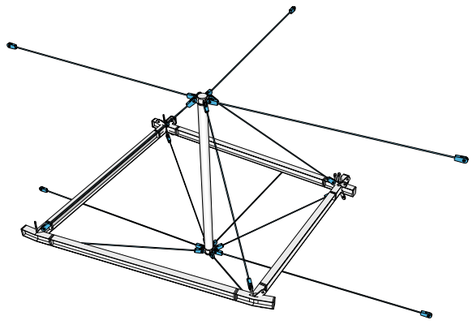


Gráfico 92. Módulo 4. Elaboración propia

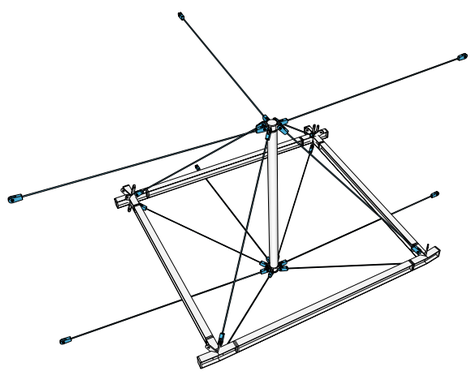


Gráfico 91. Módulo 3. Elaboración propia

En el M5 el mástil tiene la misma sección y longitud que en el M4, las vigas que conforman el marco horizontal tienen longitudes entre los 5.00 y los 10.50 metros y los cables superiores longitudes entre los 7.22 y 9.95 metros. Los cables inferiores cuentan con longitudes entre 5.00 y 8.50 metros y los estabilizadores entre 10 y 11.95 metros de longitud.

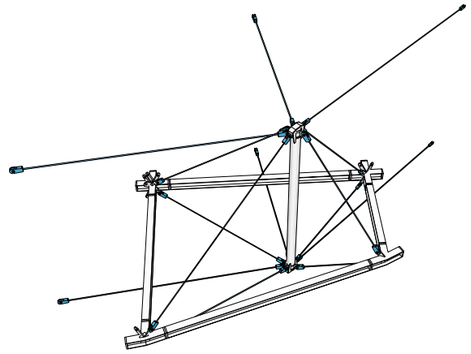


Gráfico 93. Módulo 5. Elaboración propia

El módulo M6 tiene un marco horizontal idéntico al del M2 y su mástil central es el mismo que el de los módulos M3, M4 y M5. Tanto los cables superiores del módulo como los inferiores tienen una longitud similar al de los del M2, al igual que los cables estabilizadores superiores e inferiores. Dicho de otra forma, este módulo combina elementos de los módulos M2 y M3.

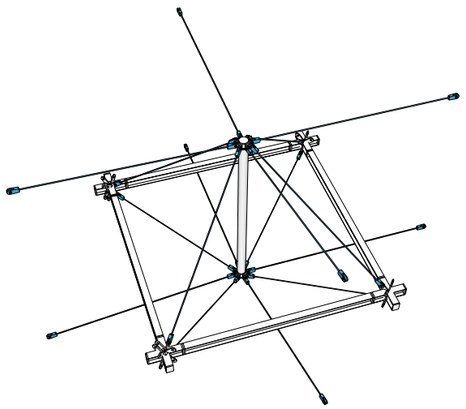


Gráfico 94. Módulo 6. Elaboración propia

El M7 formalmente es similar al M6 diferenciándose únicamente en que tiene 3 cables estabilizadores superiores y otros 3 inferiores con longitudes entre los 10 y 13.55 metros de longitud.

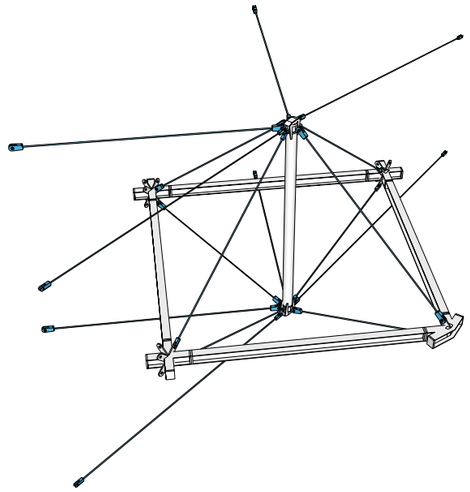


Gráfico 95. Módulo 7. Elaboración propia

El M8 formalmente se asemeja al M2 variando la longitud de su mástil central (9.20 metros) y la longitud de sus cables principales (9.22 metros), manteniendo la longitud de sus cables estabilizadores en 10 metros.

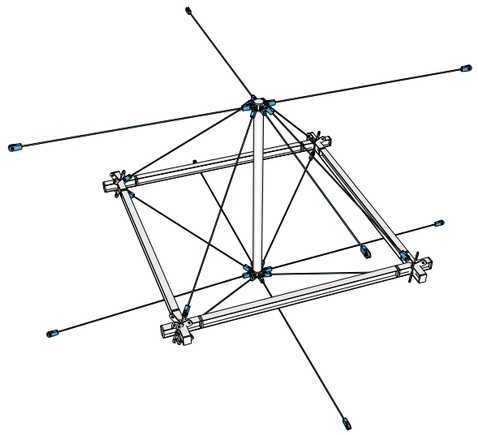


Gráfico 96. Módulo 8. Elaboración propia

Finalmente, el módulo M9 se localiza adyacente al eje de simetría X, se compone por un mástil de 40 cm de diámetro y 6.20 metros de longitud; por un marco de vigas con longitudes entre los 8.00 y los 10.15 metros; por un conjunto de 4 cables superiores con longitudes entre los 7.15 y 8.80 metros; por otros 4 inferiores con longitudes entre 6.05 y 8.05 metros y 3 pares de cables estabilizadores superiores e inferiores de 10 y 13.52 metros de longitud.

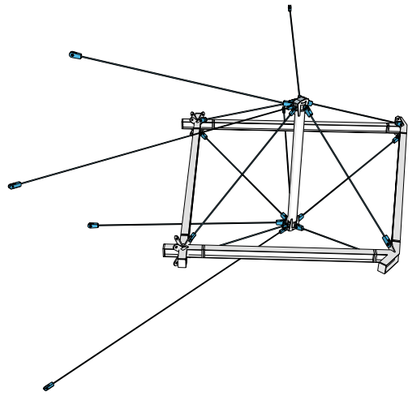


Gráfico 97. Módulo 9. Elaboración propia

La geometría ovalada de la plataforma la complementan 4 vigas de 12.87 metros de longitud y otras 4 vigas de 11.20 metros de longitud.

Como se anticipó, se tuvo que recurrir a varias alternativas para solucionar los nodos donde confluyen barras y tensores. Dentro de la estructura de todo el pabellón se identificaron 7 nodos diferentes para conectar los mástiles y 14 nodos para conectar las vigas. De los primeros se pueden agrupar en 5 categorías, dos de ellas ligadas al mástil que conecta la plataforma a la cimentación, otros dos que varían en función del ángulo que genera la conexión con los cables, el número de conexiones que permite y otro que incorpora una pieza especial apra conectar los cables estabilizadores. Los segundos se pueden agrupar en dos categorías: interiores y exteriores, variando todos, igualmente, en función del ángulo que genera la conexión con los cables y el número de conexiones que permite.

El nodo N1 del módulo de cimentación se sitúa en los extremos del mástil unido mediante soldadura, conecta 4 pares de cables que conforman el módulo, en conjunto con 4 cables estabilizadores en el caso del extremo superior. Tiene una altura aproximada de 85 cm y el mismo diámetro que la barra vertical.

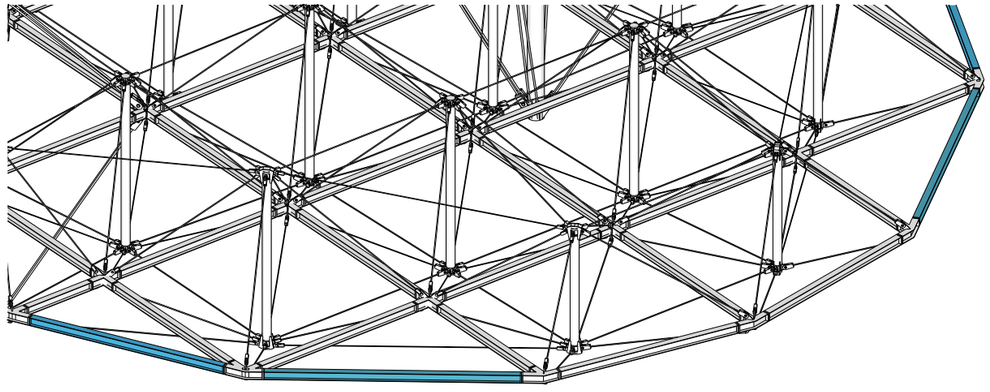


Gráfico 98. Esquema vigas complementarias. Elaboración propia

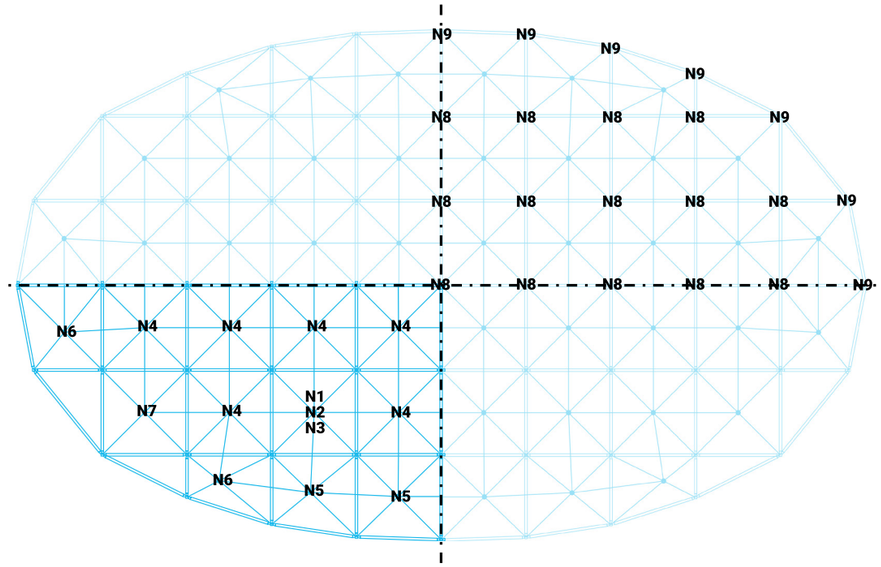


Gráfico 99. Localización nodos de la estructura. Elaboración propia

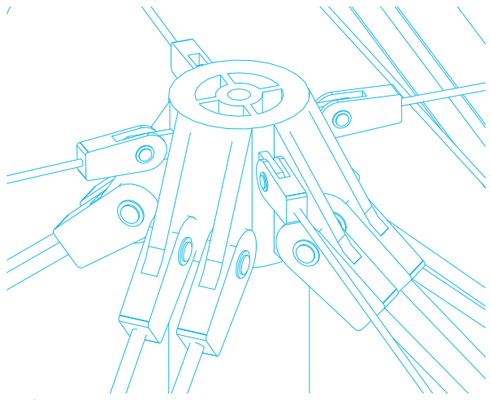


Gráfico 100. Nodo 1. Elaboración propia

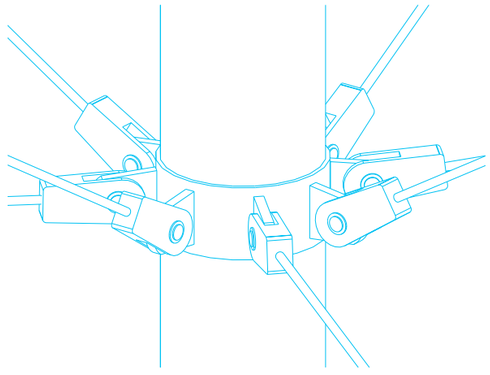


Gráfico 101. Nodo 2. Elaboración propia

El nodo N2 del mismo módulo se sitúa a 10 metros por debajo del extremo superior del mástil, tiene forma anular y conecta los 4 cables que configuran la pirámide inferior del módulo, junto con 4 cables estabilizadores.

El nodo N3 se localiza en los extremos inferiores de las barras verticales del módulo de cimentación. Conecta 4 pares de cables que conforman la dipirámide inferior. Está soldado a la base del tubo y a la estructura de transición a la cimentación, por tanto queda a nivel de la lámina de agua del lago.

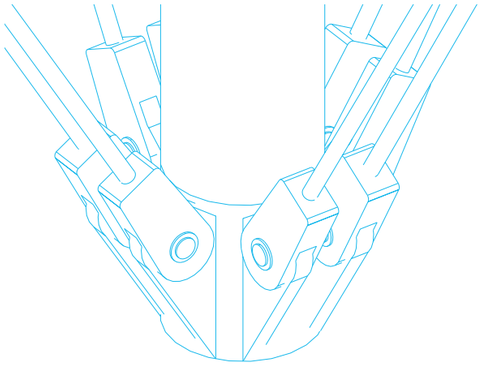


Gráfico 102. Nodo 3. Elaboración propia

El nodo N4 está soldado en los extremos del resto de barras verticales del sistema. Permite la conexión de 4 cables que conforman las aristas de la pirámide y de otros 4 cables que estabilizan el módulo en los ejes X e Y. Tiene un diámetro igual al del mástil (40 cm) y una altura aproximada de 35 cm. Al cuerpo de este se encuentran soldados los extremos de los anclajes, que dependiendo del módulo al que pertenezcan, variarán su ángulo de rotación.

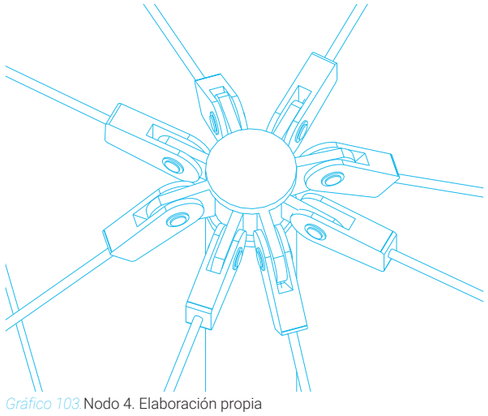


Gráfico 103. Nodo 4. Elaboración propia

El nodo N5 al igual que el anterior está soldado a la barra vertical, tiene las mismas dimensiones pero únicamente permite la conexión de 7 cables.

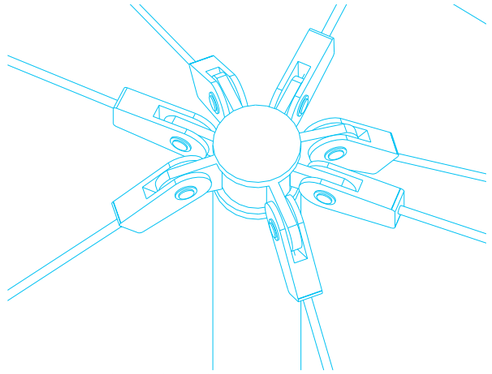


Gráfico 104. Nodo 5. Elaboración propia

El nodo N6 se integra de la misma forma a la barra, permite la conexión de 6 cables y cuenta con un accesorio adicional que permite la unión de uno los cables estabilizadores, aquellos que configuran tanto el anillo superior, como el inferior de tracción que equilibra toda la estructura (lo que se denomina, según la teoría, como componentes de orden superior).

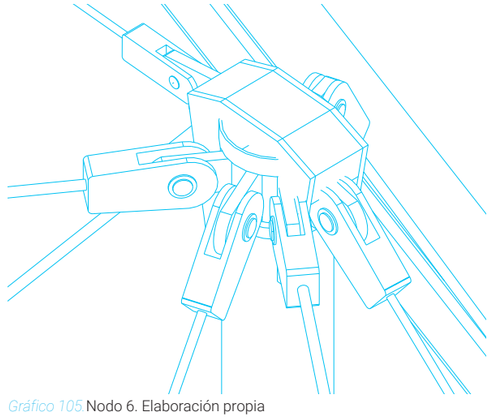


Gráfico 105. Nodo 6. Elaboración propia

El nodo N7 es similar al anterior pero su pieza especial permite la conexión de dos cables estabilizadores.

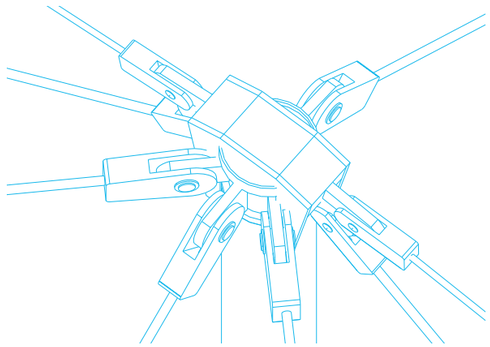


Gráfico 106. Nodo 7. Elaboración propia

Los nodos N8 pertenecen a la categoría de nudos interiores, hacen parte de la estructura horizontal (vigas) de la plataforma y se pueden identificar 14 de estos por cada cuadrante de la elipse. Dentro de este tipo se reconocen 7 diferentes con variaciones en los ángulos de los anclajes. A través de ellos es que se produce la configuración del tensegrity: permiten que los componentes en tracción (los cables) integren sus esfuerzos con los componentes en compresión (barras) y se estabilice todo el sistema.

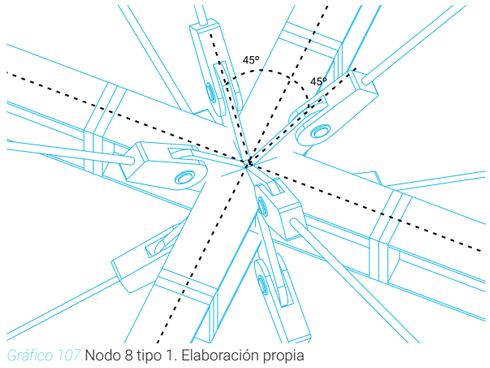


Gráfico 107. Nodo 8 tipo 1. Elaboración propia

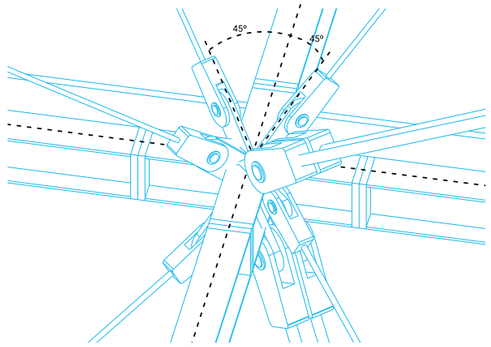


Gráfico 108. Nodo 8 tipo 2. Elaboración propia

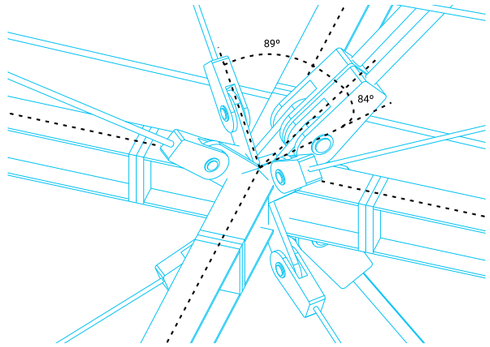


Gráfico 109. Nodo 8 tipo 3. Elaboración propia

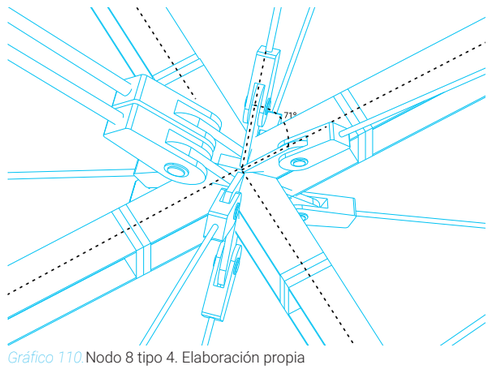


Gráfico 110. Nodo 8 tipo 4. Elaboración propia

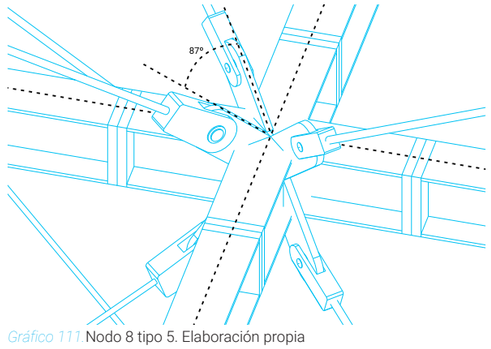


Gráfico 111. Nodo 8 tipo 5. Elaboración propia

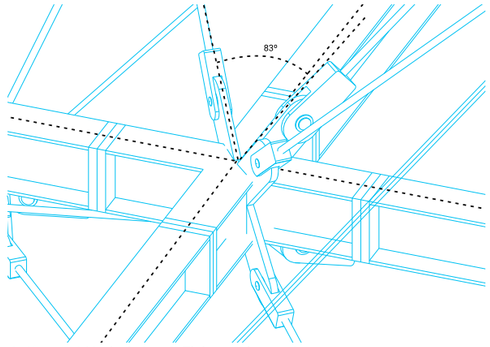


Gráfico 112. Nodo 8 tipo 6. Elaboración propia

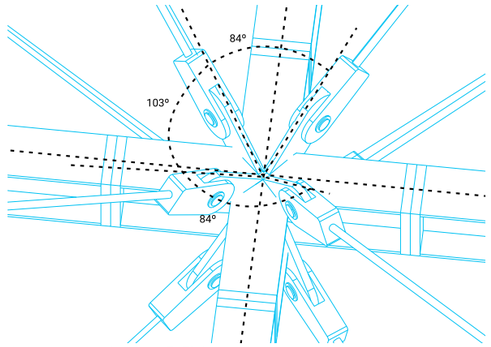


Gráfico 113. Nodo 8 tipo 7. Elaboración propia

Los nodos exteriores N9 serán de 7 tipos diferentes en todos los cuadrantes y colaboran en la conformación del anillo de compresión de la plataforma. Entre ellos existen unos que permiten el anclaje de 4 cables y otros que únicamente integran 2.

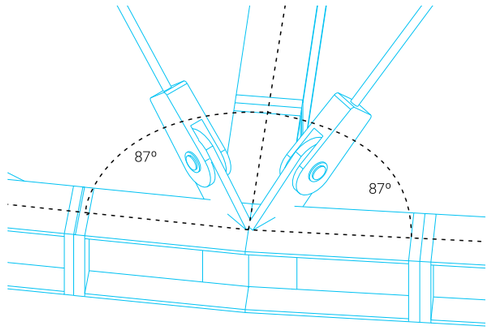


Gráfico 114. Nodo 9 tipo 1. Elaboración propia

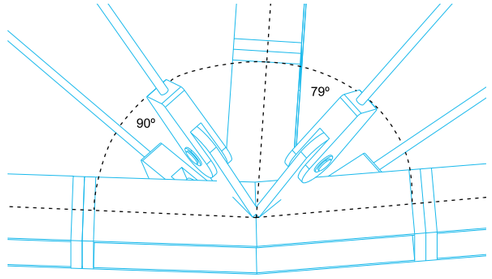


Gráfico 115. Nodo 9 tipo 2. Elaboración propia

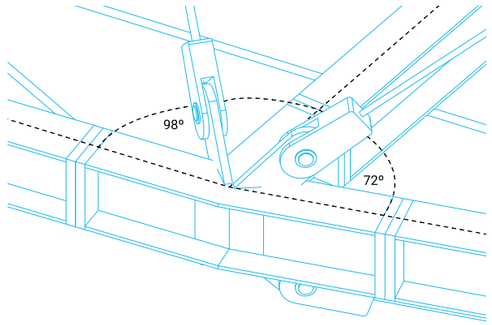


Gráfico 116. Nodo 9 tipo 3. Elaboración propia

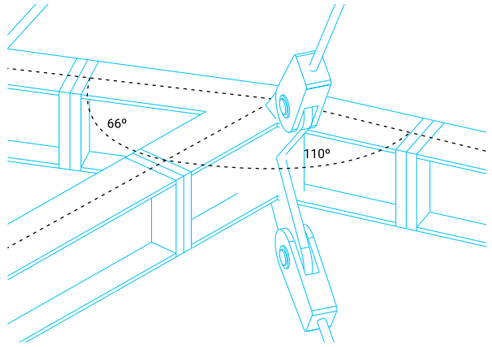


Gráfico 117. Nodo 9 tipo 4. Elaboración propia

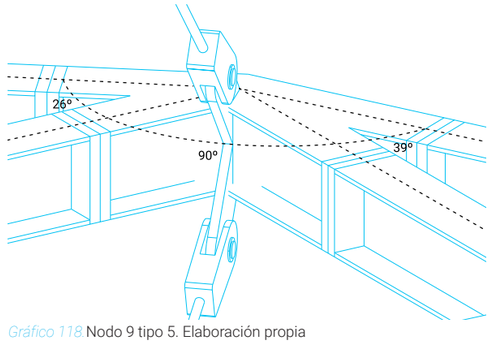


Gráfico 118. Nodo 9 tipo 5. Elaboración propia

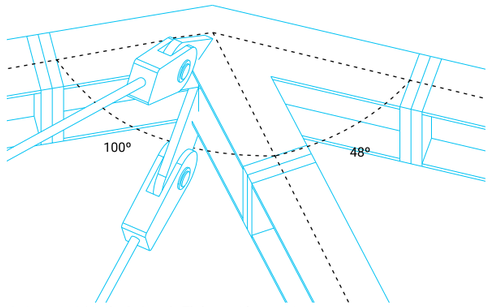


Gráfico 119. Nodo 9 tipo 6. Elaboración propia

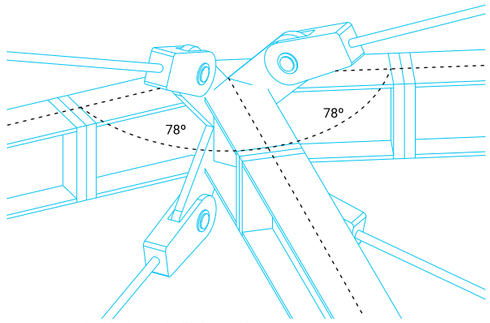


Gráfico 120. Nodo 9 tipo 7. Elaboración propia

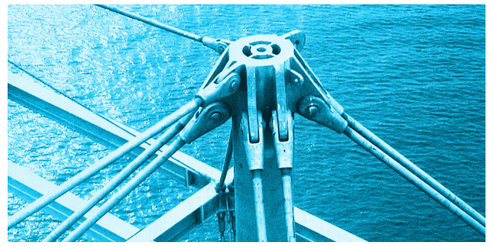


Gráfico 121. Nodo 1. Diller & Scofidio (2002)

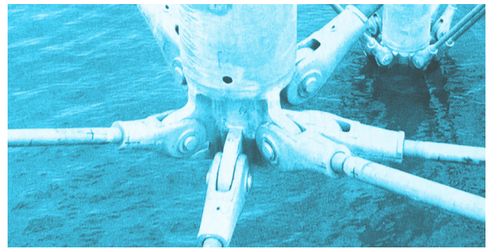


Gráfico 122. Nodo 3. Diller & Scofidio (2002)

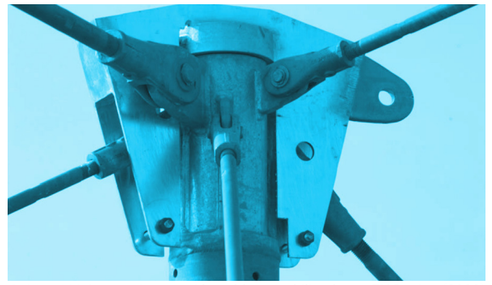


Gráfico 123. Accesorio conexión cables estabilizadores. EK Design (2002)

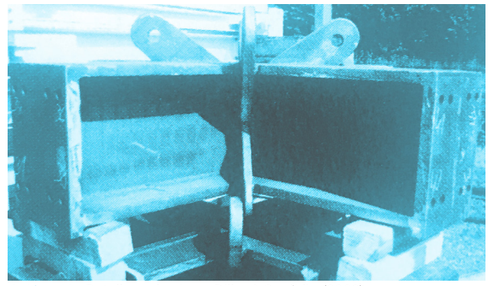


Gráfico 124. Detalle nodo vigas. Diller & Scofidio (2002)

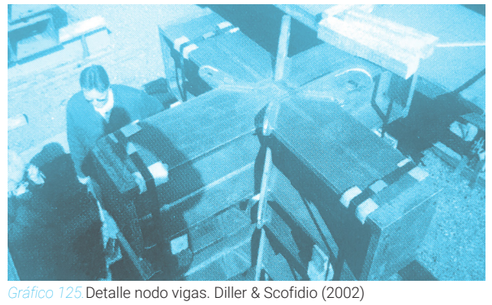


Gráfico 125. Detalle nodo vigas. Diller & Scofidio (2002)

Finalmente, cabe reconocer que el pabellón integra además otros elementos tales como la plataforma de circulación, un deck elevado sobre la plataforma principal, un sistema de aspersores que recrean la nube y un conjunto de escaleras que se construyen a partir de perfiles de acero y se descuelgan de la estructura principal de la plataforma, proporcionando una visual atractiva, como si de hilos que se tejen en la estructura se tratase, para en algunos casos proporcionar incluso, un contrapeso a la estructura principal . Sin embargo, dado el enfoque de este trabajo, la descripción de estos elementos no está contenida pues excede el alcance de este.

Gráfico 128. Estructura escaleras de emergencia. Diller & Scofidio

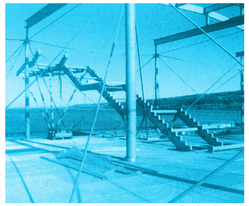


Gráfico 126. Estructura escaleras mirador. Diller & Scofidio (2002)

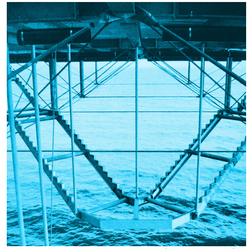


Gráfico 129. Estructura escaleras acceso plataforma. Diller & Scofidio (2002)

Gráfico 127. Proceso constructivo escaleras. Diller & Scofidio (2002)

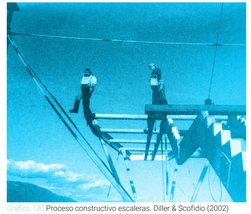
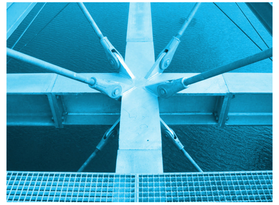
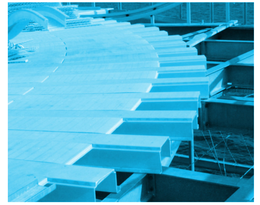
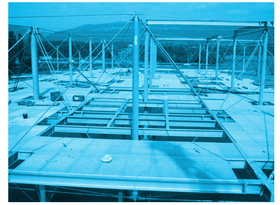
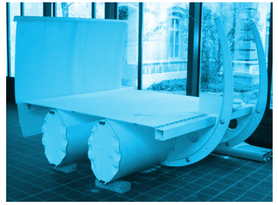


Gráfico 130. Proceso constructivo escaleras. Diller & Scofidio (2002)

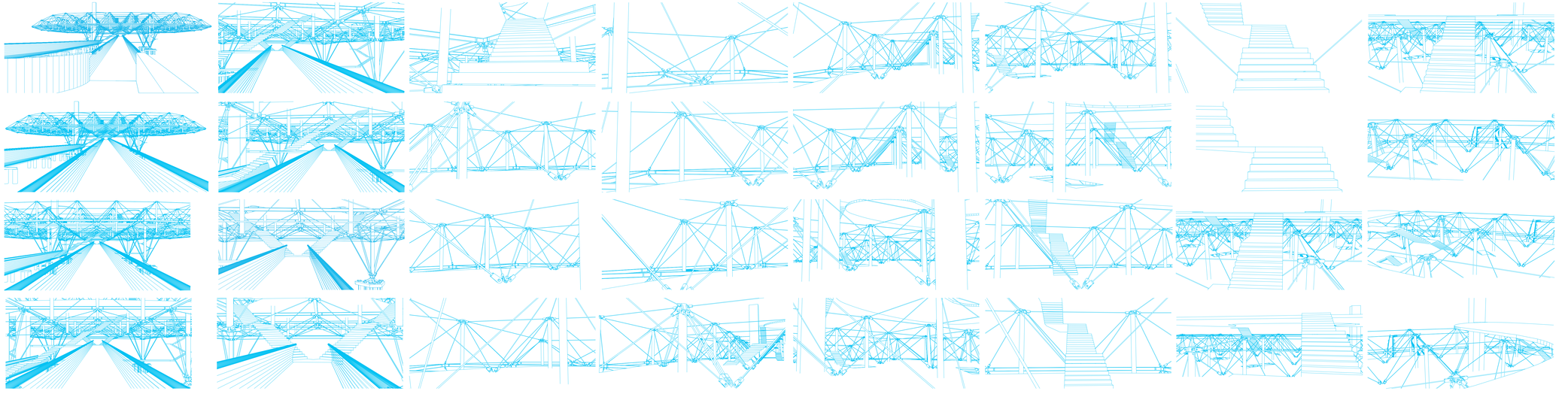






3.6.2 La recreación de la experiencia: el tensegrity como configurador de espacio

Según se ha descrito, la intensión del equipo diseñador del *Blur Building* fue recrear la noción de espacio a través de la construcción de una nube artificial producto de la inyección de partículas de agua sobre una plataforma que podía ser recorrida por el visitante de la Expo. A pesar de ello, considero posible que esta noción de espacialidad puede lograrse sin la necesidad de la presencia de la nube, pues la integración del *tensegrity* en el proyecto y su singularidad, dotarían a este lugar configurado de unos nuevos valores espaciales, estéticos y con capacidad de albergar una experiencia particular.

Como muestra de ello, propongo seguir el mismo recorrido descrito en el apartado de Intervención del paisaje, a través de una simulación virtual que elimina la nube y resalta la presencia del *tensegrity* dentro del pabellón. Con este fin a continuación se pueden observar las escenas que compondrían el recorrido propuesto.



3.6.3 Controversia y fin de la Expo.02: cierre y desaparición de la nube

Como muchos de otros proyectos públicos la Expo.02 no estuvo exenta de controversia[56], su apertura estuvo presidida de discusiones entre los patrocinadores, los organizadores y el gobierno del país helvético que supusieron posponer la fecha de apertura en varias oportunidades y el cambio del equipo administrativo durante la preapertura. A pesar de ello, se registró una masiva asistencia, más de 10'.300.000 visitantes se dieron cita en los cinco escenarios dispuestos por la organización. Los medios concluyeron que el evento fue el espejo del país y de la vida moderna y celebraron la arquitectura singular que lo caracterizó[57]. El evento cerró sus puertas al público a mediados de octubre de 2002, dejando entre sus visitantes la sensación de haber tocado el cielo, de haber sido la oportunidad para sentir y reflexionar acerca de esas sensaciones y sentimientos.

Aún después de su cierre el pabellón ya sin su nube continuó siendo controvertido. La plataforma se mantuvo en pie sin acceso al público hasta el 27 de mayo de 2004, día en el que nuevamente reapareció La Nube, pero esta vez no materializada a partir del millar de gotas de agua con que fue concebida, sino a partir del millar de partículas de polvo que surgieron de la implosión controlada[58] que literalmente *dinamitó* la existencia y borró definitivamente su presencia del lago.

Y considero que se puede tildar de controversial su final ya que la administración de la Expo desatendió los lineamientos que rigieron precisamente la idea del proyecto: fácil montaje y desmontaje y capacidad de reutilización. Lo que durante el proceso de diseño fue un condicionante importante se olvidó con el tiempo y dejó en el aire una inquietud sin respuesta: ¿valió la pena el esfuerzo de hacer de la estructura un sistema desmontable?

56 Se pueden consultar los comentarios y los recortes de prensa respecto al revuelo y crítica de la prensa que se dio en torno al desarrollo, gestión y financiación de la expo y en particular al *Blur Building* en los apartados *press/correspondence* contenidos en el libro Blur: the making of nothing (2002) de *D+S*.

57 Swissinfo. (14 de mayo de 2012). *Exposiciones: Suiza se autoconfirma*. Recuperado el 25 de agosto de 2019, de Swissinfo: https://www.swissinfo.ch/spa/exposiciones--suiza-se-autoconfirma/32668936

58 Existe un video alojado en *YouTube* en el que se puede observar cómo fue el derribo del pabellón, el cual puede consultarse en el siguiente link: https://www.youtube.com/watch?time_continue=11&v=iipd64JTvMY

Gráfico 131. Demolición del pabellón. Tribune de Gèneve (2012)

Gráfico 132. Demolición. Perret (2004)

Gráfico 133. Demolición del pabellón. Tages Anzeiger (2012)

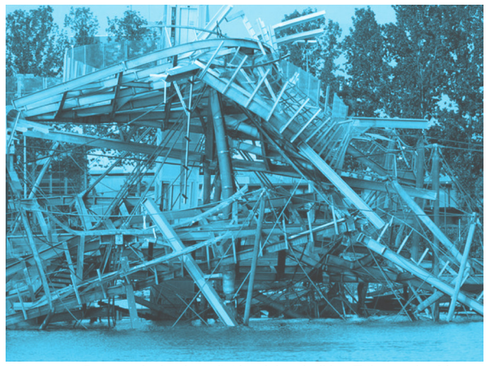


Gráfico 134. Restos de la demolición del pabellón. Tribune de Gèneve (2012)

Gráfico 135. Escenas del proceso de demolición del pabellón. Perret (2004)

4

CONCLUSIONES

"Construir nada: un objeto sin forma, sin color, sin peso, olor, sin escalas, y sin significado aparente. La visión de una masa informe suspendida, esa nada, sin embargo de una sofisticada... estructura ligera que se apoyaba en cuatro columnas asentadas sobre imponentes pilotes anclados en la superficie del lago"

Diller & Scofidio en López-Ujaque (2019)

4.1 Conclusiones

A partir de lo descrito en esta investigación se ha podido evidenciar que han sido diversas las definiciones del concepto de *tensegrity* que han surgido a lo largo del tiempo. Gracias a los avances tecnológicos y al interés de académicos, ingenieros y arquitectos, se ha podido llegar a definir de manera más compleja y mas profunda este tipo de sistemas, previéndose que en un futuro nuevas consideraciones en relación con la búsqueda de la forma, materialidad, formalidad y geometría alteren o complementen las conceptualizaciones existentes.

De la misma forma se pudo evidenciar que son pocas las propuestas y proyectos que se han desarrollado integrando dentro de su arquitectura al *tensegrity*, sin embargo, esta pequeña muestra refleja diversas alternativas con potencial dentro de la arquitectura temporal y arrojan una luz en relación con el camino que está tomando la investigación y aplicaciones de este tipo de estructuras no convencionales.

Queda reflejada en la cronología propuesta que la investigación en torno al *tensegrity* han tenido momentos en donde confluyen muchos estudios y otros donde se ha dejado aparcada su investigación. Cabe apuntar que dentro de esta línea del tiempo se procuró hacer énfasis a propuestas, modelos y proyectos relacionados con la arquitectura y la ingeniería, por lo que se considera la posibilidad de que el numero de ejemplos aplicados en otras áreas del conocimiento pueda ampliar significativamente la extensión de esta.

Por otra parte, considero que es válido el análisis formal y geométrico propuesto a partir de *Pugh* y *Skelton & de Oliveira*, para determinar si es factible catalogar al *Blur Building* dentro de los sistemas de *tensegrity*. Tal como se pudo observar, esta consideración es viable si se toma en cuenta la definición extendida (y más completa, a mi juicio, al involucrar no solo el comportamiento de todo el conjunto, sino el comportamiento de cada componente de forma aislada) propuesta por *Motro*.

En relación con la intervención del paisaje que supuso la creación tanto del arteplage de *Yverdon-les-Bains*, como del *Blur Building*, se puede considerar que el pabellón como tipología arquitectónica aún está

muy ligado a reclamaciones paisajísticas y territoriales, de acuerdo con lo expresado por *Robinson*[1].

Por otra parte, si bien en la literatura académica se ha considerado el pabellón como un tipo de arquitectura menor e intrascendente, estos espacios arquitectónicos han venido siendo concebidos como estructuras más experimentales que intervienen dentro de una política de representación cultural. Al igual que *Robinson* este documento también propone que dicha tipología arquitectónica sea reconocida por lo que es: obras que pueden parecer insignificantes, pero que a menudo son estructuras relacionadas con reclamos de poder, estatus e identidad, y por lo tanto albergan ideales[2] que han trascendido en el tiempo como vestigio del pasado cultural de la humanidad.

Tal como reconoce *Dorrian*, no cabe duda de que el Blur Building en su particularidad, fue un logro reconocido y propiamente arquitectónico: fue uno de los proyectos más reflexivos y estimulantes de los últimos tiempos, pues proporcionó una idea crítica e ingeniosa sobre la arquitectura expositiva y de forma más amplia, una idea del deseo visual[3]. Y se puede considerar un logro arquitectónico, pues a pesar de que su diseñadora y otros autores lo localicen dentro de una intervención artística, es su programa o, mejor dicho, su ausencia de programa lo que lo ancla a este ámbito: la intensión de recrear una realidad alterada que incomoda al visitante, la ausencia de un uso específico pero el gesto de construir un recorrido y con este una experiencia, lo dota de un carácter indistintamente arquitectónico.

De esta forma y estableciendo la relación con la experiencia, en palabras de *Pandolfini*[4] se puede considerar

1 Robinson, J. (2014), *Op. cit.*
2 Robinson, J. (2014), *Op. cit.*
3 Dorrian, M. (2007), *Op. cit.*
4 Pandolfini, E. (2013), *Op. cit.*

que la dispersión formal de la nube determina consecuencias a nivel psicológico: la ausencia de una forma precisa y de la posibilidad de comparación con otros proyectos existentes hacen que el proyecto se abstraiga de cualquier tipo de relación de proximidad y contexto, tanto físico como cultural.

En términos del desarrollo del proyecto, la historia recogida sobre todo en el libro de *D+S* pudo ilustrar y evidenciar que dentro de la arquitectura una idea no permanece inmutable en el tiempo: esta se adapta, se altera, se transforma para adecuarse a condicionantes de diversas índoles, no solo técnicas y estéticas, lo que permite también comprender y evidenciar que la arquitectura como disciplina transciende el campo del diseño para alimentarse del conocimiento generado en la biología, la pscicología, la medicina, la sociología y la antropología, por no mencionar otros campos del saber humano.

Considerando la estructura como respuesta tecnológica a un problema dentro de la arquitectura se puede concluir que los sistemas de *tensegrity* albergan un gran potencial dentro de sí mismos y una gran capacidad de integración, cuando se utilizan como elementos aislados dentro de los proyectos. La tecnología implementada en el diseño del *Blur Building* no solo ofrece un nuevo formato para la forma en que se puede utilizar el espacio, sino que cambia toda la disciplina de lo que se puede considerar una materialidad arquitectónica. Su envolvente está literalmente en un estado de flujo constante, también respira, cambiando gradualmente el espacio circundante. Este uso de la tecnología permite que la arquitectura se integre lentamente con la naturaleza, a la vez que brinda la posibilidad al visitante de vivir en su interior de una forma reinterpretada gracias a su aplicación[5].

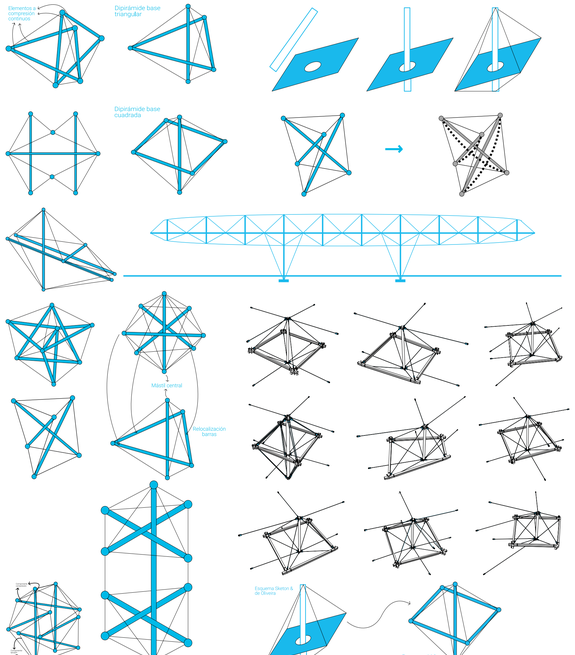
5 van de Worp, M. (21 de enero de 2016). *Oliver Chiu – TS Week 1*. Recuperado el 02 de agosto de 2019, de No cloud in the sky: https://nocloudinthesky.files.wordpress.com/2016/01/week-1.pdf

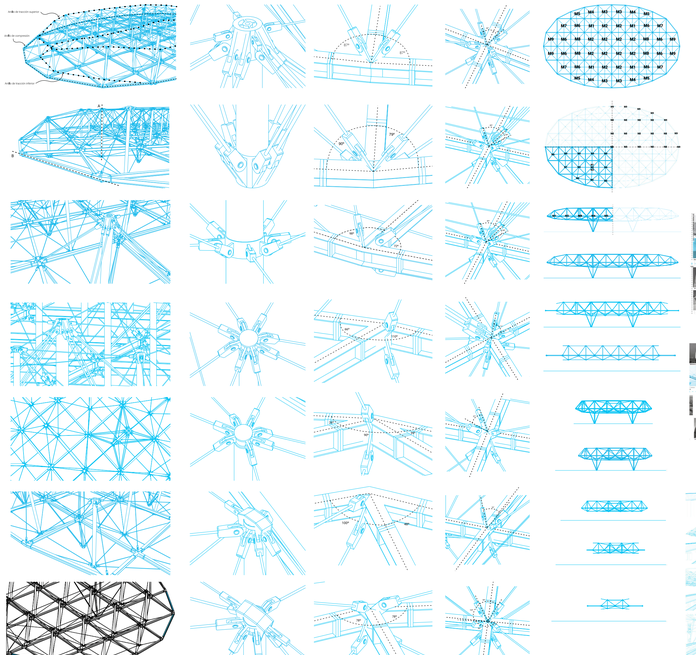
5

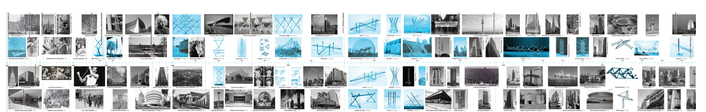
APORTACIONES

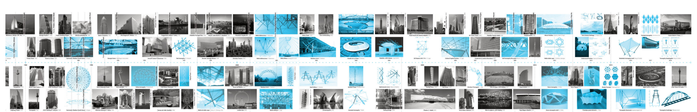
La elección de un caso de estudio fue la excusa para continuar la investigación sobre los sistemas de *tensegrity* y su aplicación en la arquitectura. Si bien este ha sido documentado extensamente, pocas, por no decir ninguna, había analizado el *Blur Building* desde su concepción espacial al integrar la estructura en el proyecto.

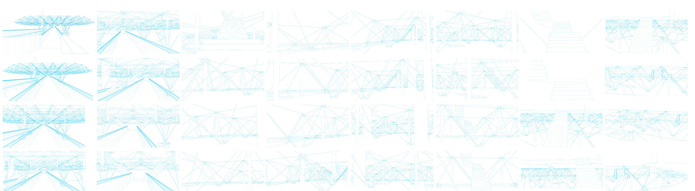
A modo de cierre, se recoge una compilación gráfica de los aportes que nacen de este trabajo y que se espera puedan ser el inicio de investigaciones futuras que continúen alimentando de conocimiento un campo tan singular.





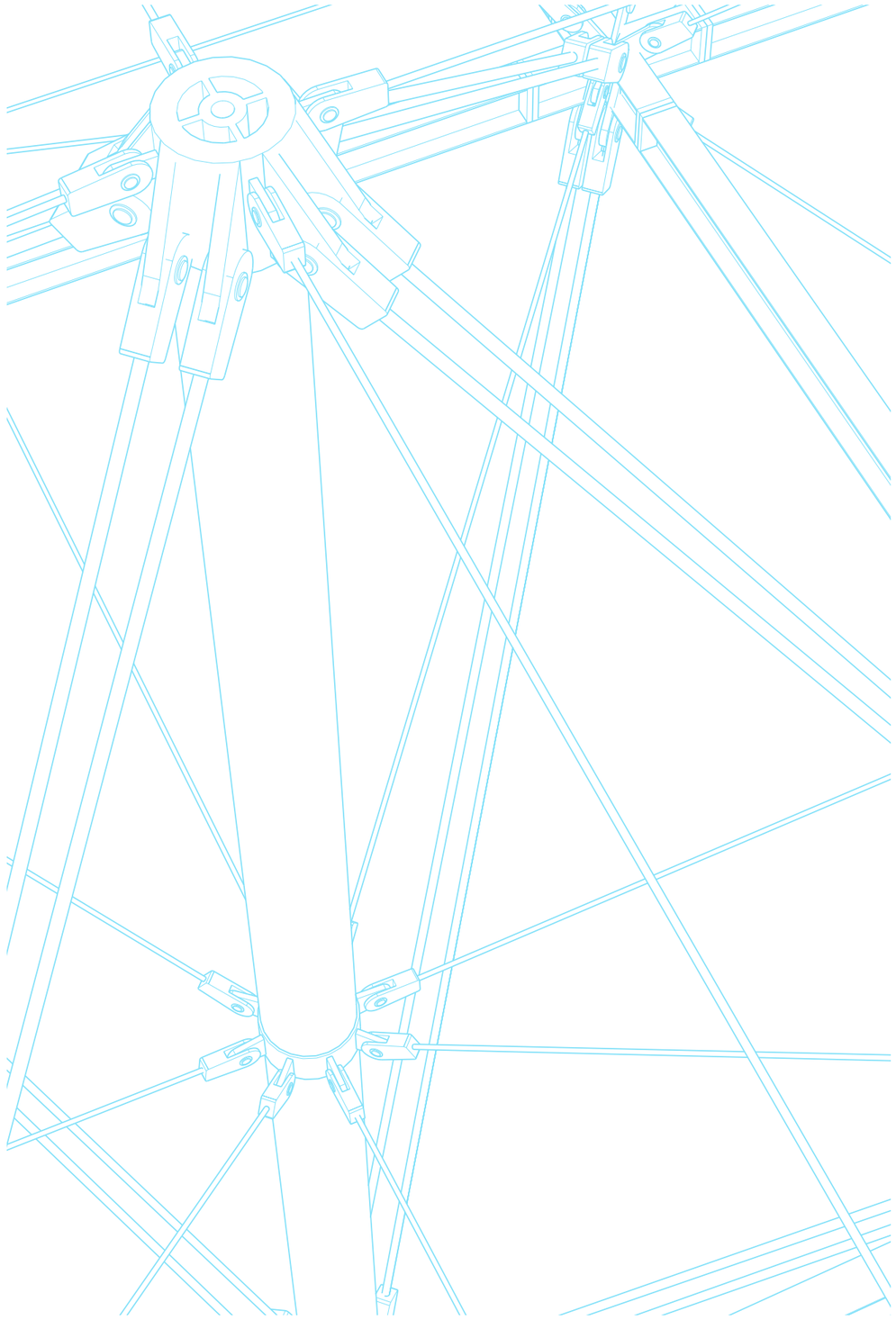






6

BIBLIOGRAFÍA



6.1 Bibliografía citada

A+U. (2019). Democratizing Space. An interview with the partners of DS+R. A+U. Architecture and Urbanism, 06(585), 7-17.

Architecture. (abril de 2000). Diller + Scofidio. Blur Building. PA 2000 Award. Architecture.

C+A. (2011). Moom. Recuperado el 16 de agosto de 2019, de Projects: https://www.c-and-a.co.jp/en/projects/moom/

Detail. (diciembre de 2001). Expo.02 in Switzarland. Detail. Serie Experimental building(8), 1474-1476.

Díaz, N. J. (2014). Los Sistemas de Tensegrity: prototipo de un panel interior divisorio. Universidad Politécnica de Cataluña, Màster Oficial Universitari Tecnologia a l'arquitectura. Linia de construicció i noves tecnologies. Barcelona: UPC.

Diller, E., & Scofidio, R. (2002). Blur: the making of nothing. Harry N. Abrams, Inc. Publishers.

Diller, E., & Scofidio, R. (2012). En J. L. Kosky, Arts of Wonder: Enchanting secularity - walter de maria, diller + scofidio, james turrell, andy goldsworthy (págs. 59-89). Chicago: The University of Chicago Press.

Dinçer, D., & Aydınlı, S. (2016). Blurring limits in architecture. Design + Theory Journal, 12(21), 48-60.

Dorrian, M. (2007). Clouds of Architecture. Radical Philosophy(144), 9-14.

Emmerich, M. D. (1964). Francia Patente nº 931.099.

Fuller, R. B. (1962). EEUU Patente nº 3.063.521.

Fuller, R. B. (1975). Synergetics. Explorations in the geometric of thinking. New York,

USA: Macmillan Publishing Co. Inc.

Gilewski, W., Klosowska, J., & Obara, P. (2016). Verification of tensegrity properties of Kono structure and Blur Building. Procedia engineering(153), 173-179.

Gómez, V. (2004). Tensegrity structures and their application to architecture. Belfast: Queen's University, School of Architecture.

Historic England. (12 de junio de 1998). Snowdon Aviary London Zoo. Recuperado el 16 de agosto de 2019, de Historic England - Overview: https://historicengland.org.uk/listing/the-list/list-entry/1323695

Historic England. (2015). Snowdon aviary. Recuperado el 16 de agosto de 2019, de Historic England - Pastscape: https://www.pastscape.org.uk/hob.aspx?hob_id=619105

Holzer Kobler Architekturen. (2002). Arteplage Yverdon-les-Bains. Recuperado el 01 de agosto de 2019, de Projects: https://holzerkobler.com/project/arteplage-yverdon-les-bains

Kojima, K. (2014). MOOM, Tokio, Japón Kazujiro Kojima, 2011. Arq (Santiago)(87), 40-43.

Liapi, K., & Kim, J. (2003). A Parametric Approach to the Design of a Tensegrity Vaulted Dome for an Ephemeral Structure for the 2004 Olympics. Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA 22)(22), 301-309.

Loriers, M. C., & Pousse, J.-F. (2001). Instants durables. Chaument-sur-Loire, Expo 02, Villa Mèdicis. Techiniques & architecture(456), 81-87.

López-Ujaque, J. M. (2019). Caras B: 4 casos de arquitectura eficiente en la ciudad de Nueva York. Recuperado el 25 de mayo de 2019, de Fundación Arquia: https://fundacion.arquia.com/es-es/convocatorias/investigacion/p/Participacion/FichaProyecto/?idparticipacion=7

Marotta, A. (2011). Diller + Scofidio. Blurred Theater. Roma: Edilstampa.

Motro, R. (2003). Tensegrity. Structural systems for the future. Londres: Kogan Page Science.

Motro, R. (2011). Chapter 8: Tension Structures Section 8.3: Tensegrity Structures. IASS Jubilee Book, 14.

My Switzerland. (2019). Yverdon-les-Bains. Recuperado el 01 de agosto de 2019, de Destinos Región del Lago Leman (Vaud): https://www.myswitzerland.com/es/destinos/yverdon-les-bains/

Nelly Wenger Associates. (2002). Expo 02. Swiss National Exhibition. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de Nelly Wenger Associates: http://www.nellywengerassociates.com/uploads/pdf/nwa_projet_expo.02_e.pdf

Pandolfini, E. (2013). Dispersión visual y nuevas sinestesias: consideraciones sobre el Blur Building. ZARCH: Journal of interdisciplinary studies in Architecture and Urbanism(2), 158-171.

Pedretti, M. (1998). Smart tensegrity structures for the Swiss Expo 2001. SPIE 3330, Smart Structures and Materials 1998: Sensory Phenomena and Measurement Instrumentation for Smart Structures and Materials (págs. 378-386). San Diego, California: SPIE.

Pugh, A. (1976). An Introduction to tensegrity. Londres, UK: University of California Press, Ltd.

Ratschke, N., Bögle, A., & Lindernberg, J. (2017). Parametric Analysis of Tensegrity-Membrane-Structures. Proceedings of the IASS Annual Symposium 2017 "Interfaces: architecture . engineering . science" (pág. 9). Hamburgo, Alemania: IASS.

Riether, G., & Wit, A. (2016). Underwood Pavilion. A ParametricTensegrity Structure. En S. Adriaenssens, F. Gramazio, M. Kohler, A. Menges, & M. Pauly, Advances in Architectural Geometry (págs. 188-203). Zürich: Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.

Riether, G., Wit, A., & Putt, S. (2015). The Underwood Pavillion. An investigation in parametric tensegrity structures. Emerging Experience in Past, Present and Future of Digital Architecture, Proceedings of the 20th International Conference os the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia. CAADRIA 2015 (págs. 663-672). Hong Kong: CAADRIA.

Robinson, J. (2014). Introducing pavilions: Big worlds under little tents. Open Arts Journal(2), 1-22.

Scott, F. D. (octubre de 2003). Involuntary prisoners of architecture. October Magazine(106), 75-101.

Skelton, R., & de Oliveira, M. (2009). Tensegrity systems. New York: Springer.

Snelson, K. (1965). USA Patente nº 3,169,611.

Swissinfo. (14 de mayo de 2012). Exposiciones: Suiza se autoconfirma. Recuperado el 25 de agosto de 2019, de Swissinfo: https://www.swissinfo.ch/spa/exposiciones--suiza-se-autoconfirma/32668936

van de Worp, M. (21 de enero de 2016). Oliver Chiu – TS Week 1. Recuperado el 02 de agosto de 2019, de No cloud in the sky: https://nocloudinthesky.files.wordpress.com/2016/01/week-1.pdf

6.2 Bibliografía consultada

Benjamin, A. (2006). Style and Time. Essays on the politics od appearance. Illinois: Northwestern University Press.

Blasco, C. (2012). Efimeras. Alternativas habitables. Pasajes arquitectura y crítica(124), 14-19.

Casals, G. (abril de 2001). Ladrillos + pixels. Summa(48), 68-73.

Crespillo, L. (julio de 2017). Luz , desmaterialización y transversalidad narrativa: la instalación artística de luz contemporánea y la catedral gótica. Eviterna. Revista de humanidades, arte y cultura, 25-36.

Diller, E. (enero de 2005). Blur Building Yverdon-les-Bains, Swiss Expo. 02. Recuperado el 25 de julio de 2019, de BBSR: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/EN/Publications/IzR/2005/DL_Heft01_BlurBuilding.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Farah, S. (2014). Arquitectura efímera interactiva. Evidenciando el uso de las nuevas tecnologías en la arquitectura. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Fischer, O. W. (2007). Atmospheres – Architectural Spaces between Critical Reading and Immersive Presence. Field. A free journal for architecture, 1(1), 24-41.

García-Piríz, T. (2015). Arquitectura y meteorología. Atmósferas construidas como paisajes de aire y cielo. Granada: Universidad de Granada.

Giedion, S. (1982). Espacio, tiempo y arquitectura. Madrid: Dossat S.A.

Hampton, L. (19 de noviembre de 2015). Performative architecture: optical effects produced by natural and artificial elements. Recuperado el 2 de agosto de 2019, de Highnewtechblog: https://highnewtechblog.wordpress.com/2015/11/19/performative-architecture-optical-effects-produced-by-natural-and-artificial-elements/

Hann, R. (2012). Blurred Architecture: Duration and performance in the work of Diller Scofidio + Renfro. Performance research, 17(5), 9-18.

Kietzmann, N., & Schaum, K. (s.f.). Elizabeth Diller. Diller Scofidio + Renfro. Recuperado el 25 de julio de 2019, de Baunetz: https://www.baunetz.de/talk/crystal/pdf/en/talk22.pdf

Pandolfini, E. (2014). Percepción dispersa. Arquitectura y tactilidad en la sociedad de la comunicación. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Peñín, A. (2012). Procesos de desmaterialización. El centro Pompidou de Paris y la Mediateca de Sendai. Palimpsesto(5), 10-11.

Rabé, B. (2013). Un acercamiento a Espacio, tiempo y Arquitectura de Sigfried Giedion. Revista Avance, 3(3), 7-10.

Ruíz-Esteban, N. (2013). En los límites de la arquitectura. Espacio, sistema y disciplina. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Sánchez-de-Plasencia, N. (2016). La desmaterialización de la arquitectura. La disolución del límite. La experiencia japonesa. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Salgado, M. A. (2009). Dreamt Spaces. SEAM Symposium: Spatial Phrases (pág. 9). Sydney, Australia: SEAM Symposium 2009. Obtenido de Archivo digital UPM: http://oa.upm.es/10169/

Sinno, Y. (2011). Interstitial liminal. Between recreation and trasgression. Milan: Politecnico di Milano.

Solá-Morales, I. (2001). Arquitectura líquida. DC: revista de crítica arquitectónica(5-6), 24-33.

UNIVERSIDAD
DE GRANADA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
ARQUITECTURA GRANADA