



Revista de Arquitectura

ISSN: 1657-0308

cifar@ucatolica.edu.co

Universidad Católica de Colombia
Colombia

Franco Medina, Ricardo
ESTRUCTURAS ADAPTABLES
Revista de Arquitectura, vol. 11, 2009, pp. 108-119
Universidad Católica de Colombia
Bogotá, Colombia

Disponibile en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=125117408011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ESTRUCTURAS ADAPTABLES

RICARDO FRANCO MEDINA

Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá-Colombia

Grupo Estructuras Adaptables (GEA)

Franco Medina, R. (2009).
Estructuras adaptables.
Revista de Arquitectura, 11,
108-119.

Arquitecto, Universidad Nacional de Colombia, con profundización en el área de tecnología.

Especialista en gerencia de diseño, Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL) - Bogotá.

Docente para el Taller de Arquitectura de interiores: espacios temporales y estructuras adaptables, UJTL - Bogotá.

Investigador principal, Grupo Estructuras Adaptables (GEA), UJTL *Investigaciones*

La adaptabilidad arquitectónica a partir de la movilidad estructural (2002), trabajo de grado con tesis meritoria.

Estructuras adaptables a partir de procesos mecánicos y cibernéticos (2007).

Estructuras adaptables aplicadas a la vivienda (2009).

Galardones

Anual de Estudiantes de Arquitectura (2002), categoría investigación.

Bienal de estudiantes de Arquitectura (2004), en la categoría nuevos aportes tecnológicos.

Publicaciones

Franco, R. y Torres, L. (2006). *Estructuras adaptables*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

ricardo.franco@utadeo.edu.co, gearchitectura@gmail.com

RESUMEN

La investigación en estructuras adaptables manifiesta que el hábitat arquitectónico actual se presenta en su mayoría rígido, estático e inmodificable, haciendo casi imposible futuras transformaciones, así como cambios de forma y de espacio en el tiempo con fines adaptativos. El proyecto investigativo sostiene que la adaptabilidad y capacidad de transformación son una necesidad de la sociedad, y que la arquitectura y el diseño actual deben dar respuesta a esta necesidad de cambio. Es aquí donde aparecen los sistemas móviles que, incorporando el concepto de retroalimentación para su control y movimiento, se perfilan hoy como una de las formas más eficientes para producir respuestas adaptativas. Por esta razón, el grupo de investigación (GEA) ha venido explorando y experimentando en estos tres últimos años con más de 20 sistemas móviles con el objetivo de aplicar las características de estos sistemas en la construcción y el desarrollo de una arquitectura adaptable para satisfacer las necesidades del hombre actual, la sociedad y el mundo.

PALABRAS CLAVE: adaptabilidad arquitectónica, flexibilidad, movilidad estructural, retroalimentación, sistemas móviles.

ADAPTABLE STRUCTURES

ABSTRACT

The research Project suggests that the current architectural habitat is largely presented in a rigid, static and non-modifiable way, making it impossible to make future transformations. The research Project states that adaptability and transformation are vital components for society, as well as that architecture and design should give answers to current changes. It is here where the mobile systems appears, (which incorporate the feedback concept for its control and movement) and today they are outlined as a more efficient way to produce adaptative answers. For this reason, the research group (GEA) has come exploring and experimenting during the last three years with more than 20 mobile systems, aiming to apply the features of these systems in order to build and develop an adaptable architecture, satisfying the needs of contemporary man, society and the world.

KEY WORDS: Architectural adaptability, flexibility, structural mobility, feedback, mobile systems.

Recibido: abril 20/2009

Evaluado: julio 30/2009

Aceptado: agosto 20/2009

INTRODUCCIÓN

Este proyecto es la continuación de la investigación en estructuras móviles denominada “La adaptabilidad arquitectónica a partir de la movilidad estructural” (Franco y Torres, 2001), que comenzó en el año 2001 como una tesis de pregrado en la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Este nuevo desarrollo investigativo es un trabajo multidisciplinario que se realizó conjuntamente entre el Grupo de investigación en Estructuras Adaptables (GEA), del Programa de Arquitectura de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, y los Centros de Estudio de Electrónica y de Estructuras de la Escuela Colombiana de Ingeniería (centros reconocidos por Colciencias), entre los años 2006 y 2008.

En Colombia la investigación de estructuras móviles para ser aplicadas en la arquitectura y el diseño apenas comienza, pero ha originado interesantes aplicaciones arquitectónicas, planteando inquietudes y señalando caminos investigativos para la generación de una arquitectura de cambio.

PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible la generación de una arquitectura adaptable en la cual el hombre, la arquitectura y el medioambiente se encuentren en continua retroalimentación?

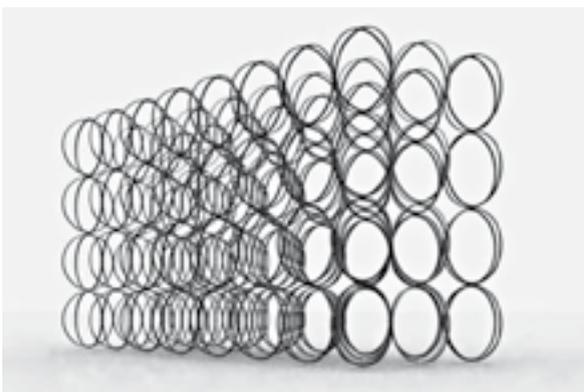
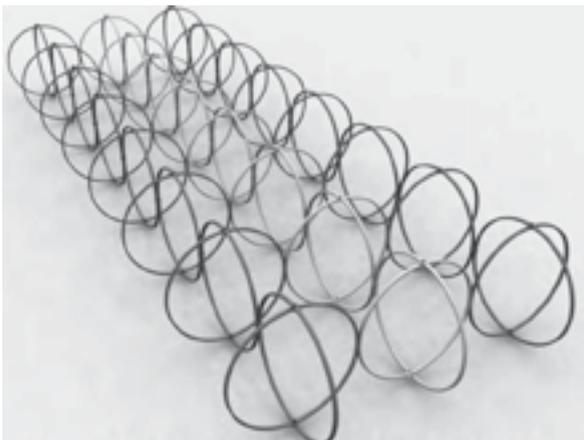
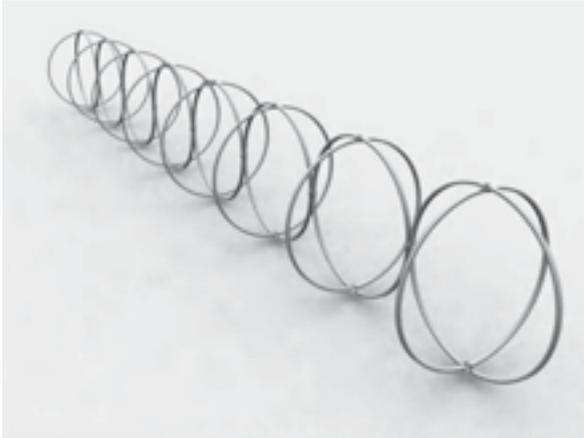
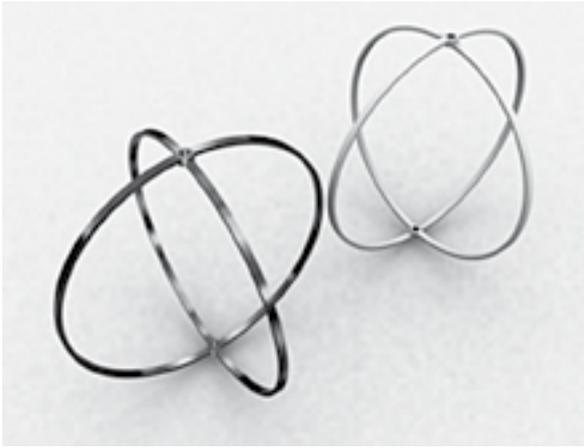
Para nadie es un secreto que actualmente es el hombre quien se adapta al espacio que habita, y no éste al hombre. La construcción masiva actual se presenta en su mayoría inmodificable, haciendo muy costosa y casi imposible la continua readecuación de espacios y formas a las variantes necesidades del individuo, la sociedad y el mundo. Los seres humanos somos criaturas flexibles y adaptables, así nuestra arquitectura y ciudades demuestren lo contrario. Hace tiempo la existencia del hombre se basaba en la capacidad de movimiento y adaptación; de hecho, a estas condiciones debemos nuestra supervivencia como especie. En la actualidad, la mayoría de las culturas llevan una vida orientada hacia lo permanente y sedentario, pero las nuevas directrices dictaminan la flexibilidad y adaptabilidad como prioridad en el desarrollo humano; igualmente, los cambios tecnológicos, sociales y económicos están exigiendo, o al menos incitando, una nueva forma de existencia nómada basada en los mercados globales, la red y el transporte económico y rápido.

En este momento es imperativo proyectar la arquitectura con un enfoque adaptable y flexible en la totalidad de nuestro entorno debido a diversos argumentos: el nuevo modelo de casa como lugar de trabajo, el cambio en el número de miembros que componen la familia y los grupos, la sostenibilidad medioambiental y ecológica de la que dependen la supervivencia de millones de seres en el mundo, la conveniencia de desplazarse diario a trabajo, los aspectos de una vida más plena, y la posibilidad de trabajar a distancia gracias a la tecnología de las comunicaciones. La adaptabilidad y la capacidad de transformación son una necesidad de la sociedad, la realidad del mundo así lo manifiesta diariamente, pero ¿cuáles son las características de



▲ Aplicación arquitectónica del sistema telescópico.

Grupo de investigación GEA.



una arquitectura enteramente adaptable a esta vida cambiante y a estos nuevos modelos de trabajo?

No todos los medios son iguales, y un medio no es igual todo el tiempo; no obstante, la mayoría de las edificaciones hoy no contempla la opción de cambio como un criterio de diseño sobresaliente a la hora de planificar arquitectura. El hábitat arquitectónico actual se plantea rígido, estático e inmodificable, haciendo casi imposible la modificación y el cambio de formas y espacios con fines adaptativos. Es aquí donde aparece el concepto de *arquitectura adaptable*, el cual define al edificio como un sistema capaz de ser readecuado con dos fines principales: responder más eficientemente a las cambiantes necesidades de nuestra sociedad, permitiendo el libre desarrollo de actividades y personas; y la utilización más racional del espacio, de los recursos y materiales destinados a la construcción y el funcionamiento de la arquitectura.

Al buscar la adaptabilidad de la arquitectura mediante procesos de retroalimentación se permite al hombre salir de la rigidez de las construcciones comunes, potenciando su creatividad y su libre desarrollo.

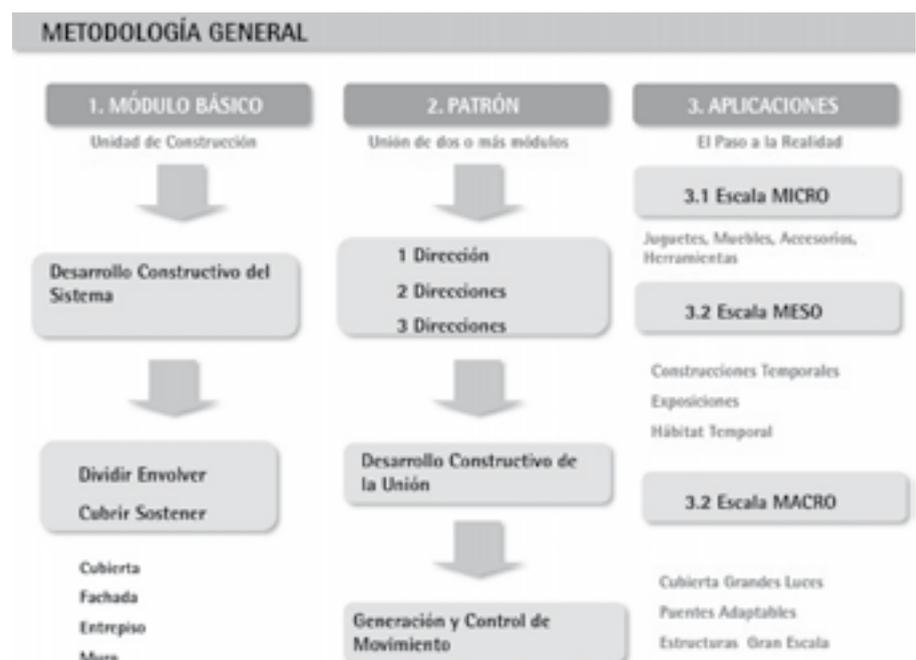
OBJETIVOS

Este proyecto pretende aplicar las características de los sistemas móviles en la construcción y el desarrollo de una arquitectura adaptable, apoyados en procesos mecánicos y cibernéticos, para satisfacer las necesidades del hombre actual, la sociedad y el mundo. Para desarrollar este objetivo general se trazaron los siguientes objetivos específicos desde la arquitectura, así como desde lo técnico-ingenieril.

Los objetivos arquitectónicos son: definir las características básicas de los sistemas móviles y el concepto de adaptabilidad arquitectónica; esta labor nos permitió elaborar una matriz que reúne el estado del arte de los sistemas móviles con base en el tipo de articulación, el grado de libertad, la generación y el control de movimiento. Por último, permite precisar los sistemas móviles más eficientes para aplicarlos a la arquitectura y al diseño, generando una nueva arquitectura y una nueva forma

Figura 2
Agrupación del módulo básico de círculos móviles en una, dos y tres direcciones.

Figura 1
Metodología para la experimentación y exploración de sistemas móviles.



de abordar y pensar el diseño, que incluye el movimiento y el cambio como premisas de proyección.

Los objetivos técnicos-ingenieriles son: realizar un análisis del comportamiento estructural de los sistemas móviles. Simular una estructura móvil que se adapte mediante el proceso de retroalimentación, realizando el análisis estructural en diversas posiciones de su desarrollo dinámico. Determinar el sistema de actuadores simulando aplicación de fuerzas en diferentes secciones o cuerpos que componen la estructura, y determinar la capacidad de carga de la misma mediante el análisis estructural consistente en conocer la rigidez del sistema mecánico en diferentes posiciones espaciales de las secciones compuestas.

HIPÓTESIS

Esta investigación plantea que la inclusión de sistemas móviles (junto al concepto de retroalimentación para su control y movimiento) en el diseño y la construcción puede generar una arquitectura adaptable. “La retroalimentación implica un intercambio de información, una interacción constante entre el objeto proyectado y su medio, y una evaluación permanente de resultados para generar procesos. Bajo este concepto puede entenderse la propuesta adaptativa como resultado de adquirir información y procesarla inteligentemente para producir una solución” (Franco y Torres, 2006).

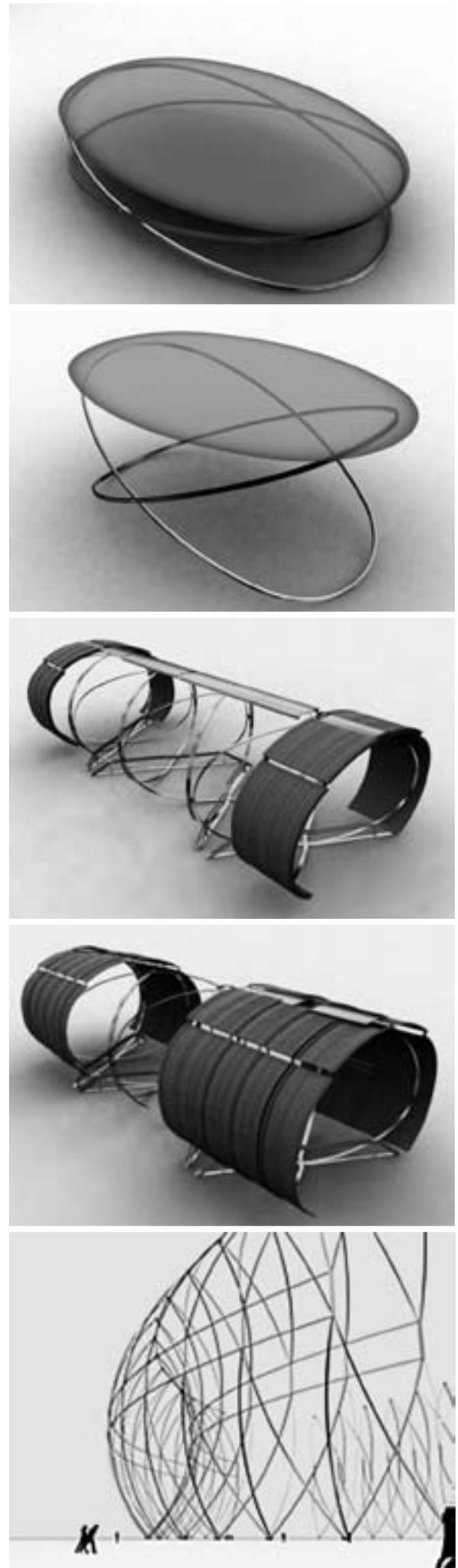
Este concepto, entendido desde la arquitectura y el diseño, implica la toma de información del exterior o interior, para generar actuaciones eficientes en la generación de procesos adaptables. En este desarrollo participan mecanismos de control que transforman la estructura para reacomodar el espacio, la piel y los objetos.

METODOLOGÍA

La metodología para la experimentación y exploración de sistemas móviles se compone de tres fases fundamentales (figura 1):

La primera fase es el *desarrollo del módulo básico*, entendida como el desarrollo de una unidad de construcción o módulo para repetir, lo que permite la racionalización de la construcción y, por supuesto, la economía en costos, materiales, producción y montaje. Es necesaria la construcción de modelos y maquetas a escala que luego se reproducen en plataformas gráficas de modelado en 3d en escala real, permitiendo la evaluación de proporciones, volúmenes de material, densidades y, por último, peso.

La segunda fase es el *desarrollo del patrón*, entendida como la repetición del módulo básico, primero en una dirección —una agrupación lineal del módulo básico componente del sistema—, luego en dos direcciones —una agrupación superficial—, y finalmente, la repetición del módulo básico en tres direcciones —una agrupación espacial— (figura 2). Durante el desarrollo de estas tres agrupaciones existe un proceso de fundamental importancia que es determinante para el éxito y el correcto funcionamiento de cada agrupación, *el desarrollo adecuado de la articulación*, ésta es la pieza fundamental que permite el movimiento, a la vez que liga las piezas estructurales del sistema según sea el tipo de agrupación (en una, en dos o en tres direcciones). Este proceso permite verificar el potencial del módulo en cuanto a la calidad de espacios generados, así como su estabilidad estructural en los diferentes estadios del movimiento.



▲ Figura 3
Aplicaciones del sistema de círculos móviles en tres escalas: mesa plegable (micro), pabellón (meso) y macroestructura (macro).

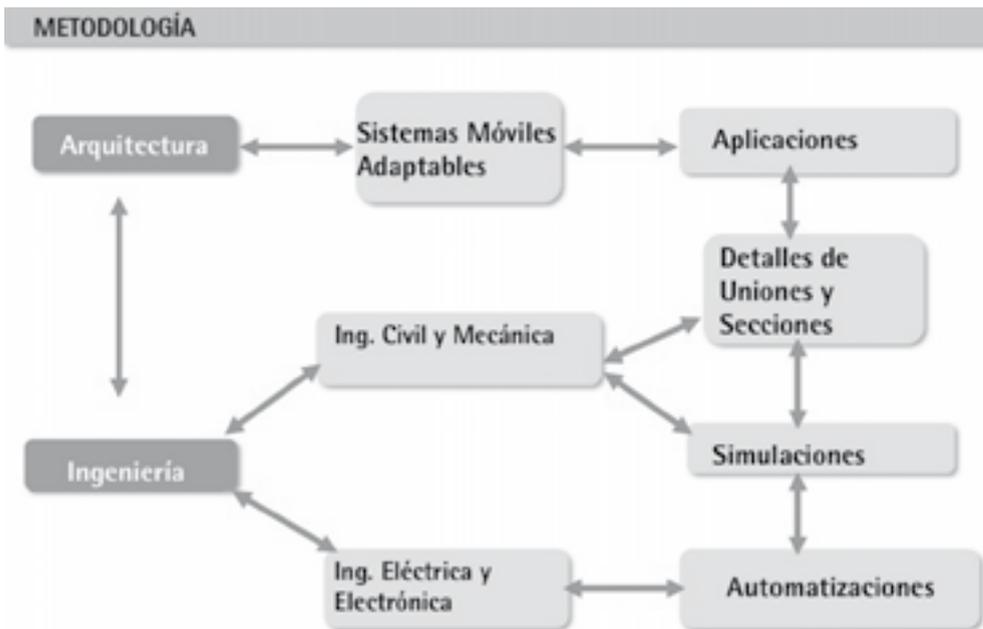
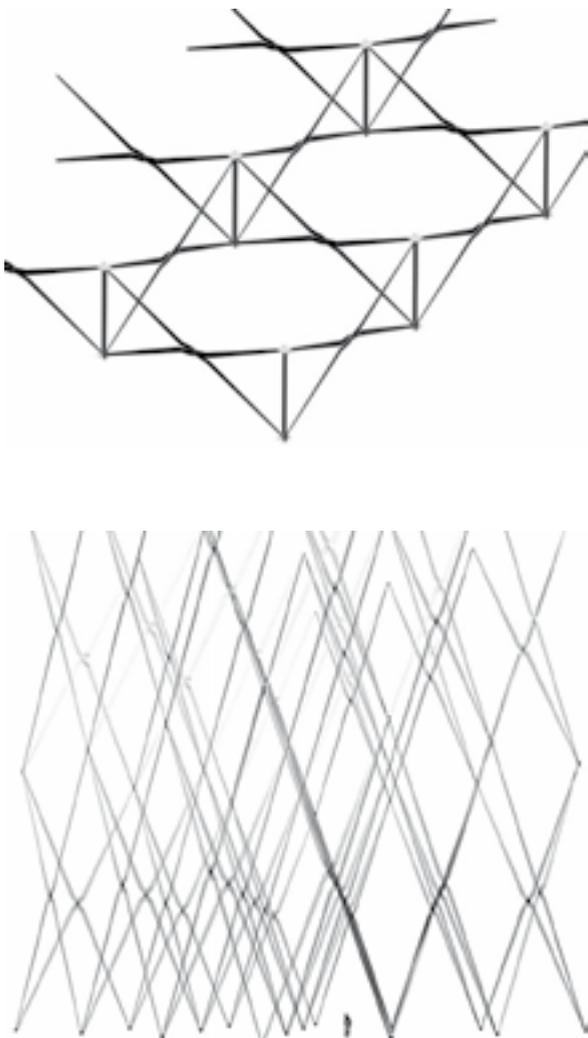


Figura 4
Síntesis de la relación entre arquitectura e ingeniería.
Proyecto de Investigación Estructuras Adaptables (GEA), Bogotá, 2007.

Figura 5
Sistemas estructurales móviles basados en el sistema tipo tijera.
Proyecto de Investigación Estructuras Adaptables (GEA), Bogotá, 2007.



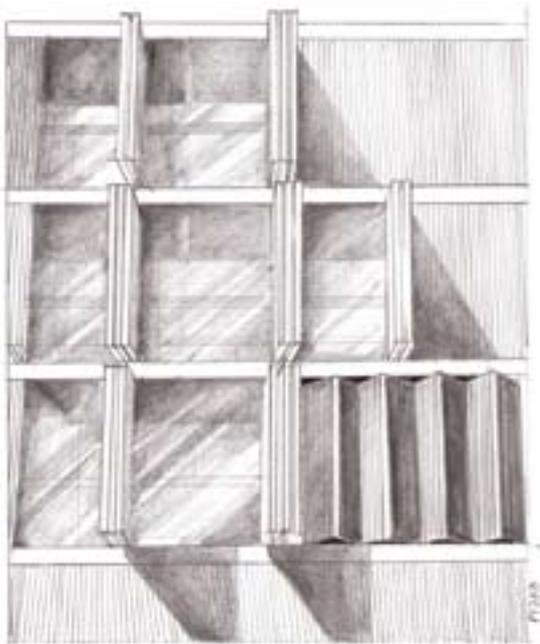
La tercera fase, *desarrollo de la aplicación*, es el paso a la realidad, se inicia al definir la escala de aplicación comprendida dentro de una de estas tres escalas planteadas por la investigación: estructuras micro (mobiliario), estructuras meso (escala habitable) y estructuras macro (grandes luces) (figura 3). La definición de escala de aplicación obliga a proporcionar y dimensionar los elementos componentes del sistema, y a escoger el material idóneo, que por sus propiedades físicas y mecánicas cumpla con los requerimientos constructivos del sistema.

Cabe mencionar que los sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos, electromecánicos y electrónicos usados en la actualidad como medios para la automatización, tienen cabida a la hora del desarrollo de las aplicaciones a toda escala. Sus dimensiones y diversos requerimientos son determinantes para la resolución final de toda aplicación, y tienen incidencia directa sobre los costos de cada sistema.

DESARROLLO Y APLICACIÓN DE SISTEMAS MÓVILES

Como premisa es importante entender que las posibles aplicaciones de los sistemas móviles a la arquitectura y al diseño en general se enmarcan dentro de dos grandes grupos clasificados así:

- Los sistemas móviles aplicados como *sistemas estructurales*: se constituyen en primera instancia a partir de matrices espaciales que tienden hacia el infinito dadas las tres posibilidades de agrupación (lineal, superficial y espacial), permitiendo en segunda instancia la variación de las proporciones y medidas de un espacio interior, observando dos consecuencias fundamentales: la primera, el cambio de la experiencia vital del habitante en el espacio (lo que permitiría a un mismo espacio contener diversas actividades), y la segunda, el cambio de la imagen exterior del sistema (generando un cambio de carácter, en términos arquitectónicos).
- Los sistemas estructurales móviles se aplican a la función de *sostener*, estos sistemas configuran placas de entpiso desplegables, columnas móviles y muros portantes plegables. La aplicación de los sistemas estructurales móviles en la construcción y ejecución de la arquitectura tiene tres ventajas: facilidad en el montaje y la construcción, ya que todo el sistema viene listo para armar (solo se pliega para su montaje),



◀ Figura 6
 La fachada de este hotel para nómadas urbanos permite modular la cantidad de luz hacia el interior por sus ocupantes, pasando de un lugar totalmente cerrado a otro enteramente abierto.
 Blue Moon Groning Apasthotel. Países Bajos, 2001. Foreign Office Architects.

esto redundando en el empleo de menor tiempo en la construcción y desmontaje, y a su vez posibilita reciclar toda la estructura.

- Los sistemas móviles aplicados como *sistemas no estructurales*, que se emplean en tres funciones arquitectónicas, así:

Envolver: sistemas móviles aplicados a la piel arquitectónica, y sistemas denominados pieles móviles o pieles adaptables (figura 6). La aplicación de estos sistemas en la arquitectura tiene repercusiones directas sobre tres condiciones fundamentales de un espacio interior: variación en los grados de iluminación, de apertura y de ventilación; la aplicación eficiente y correcta de un sistema de fachada móvil genera simultáneamente estas tres variaciones alterando completamente las condiciones lumínicas, sonoras, espaciales y formales de un espacio interior.

Las fachadas móviles (pieles adaptables) (figura 7) pueden plantearse así mismo como mecanismos capaces de responder ante las variantes condiciones atmosféricas como el viento y el sol permitiendo, además del control climático de los recintos, interactuar con el medio para sacar mayor ventaja de los agentes naturales como fuentes generadoras de energía.

Dividir: sistemas móviles aplicados a las divisiones del espacio interior, generando gran facilidad para maximizar o reducir el espacio según las necesidades habitacionales que así lo exijan (figura 8). Estas divisiones se emplean para distribuir el espacio interior y pueden ser reacomodadas para satisfacer nuevas necesidades funcionales del espacio.

Cubrir: sistemas móviles aplicados a cubiertas plegables, cielo rasos móviles. La aplicación de estos sistemas tienen consecuencias sobre tres condiciones fundamentales de un espacio interior: variación en los grados luz, de apertura y ventilación (figura 9); la aplicación eficiente y correcta de un sistema de cubierta móvil genera simultáneamente estas tres variaciones alterando completamente las condiciones: lumínicas, sonoras, espaciales y formales de un espacio interior.

Las cubiertas móviles pueden plantearse así mismo como mecanismos capaces de responder ante las variantes condiciones atmosféricas como el clima, el viento y el sol, permitiendo además del control climático de los recintos, interactuar con el medioambiente para sacar mayor ventaja de los agentes naturales como fuentes generadoras de energía (figura 10).

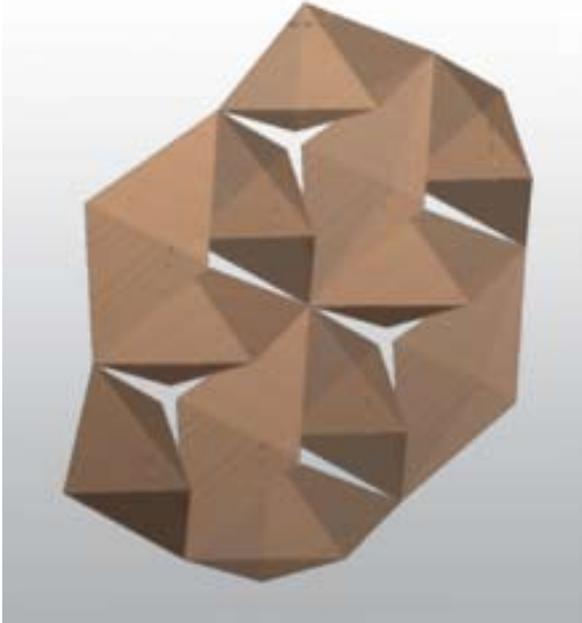


▲ Figura 7
 Aplicaciones arquitectónicas del grupo de investigación del sistema de láminas articuladas en fachadas móviles que controlan el paso de viento y luz.

▼ Figura 8
 Propuesta de vivienda para el Concurso Corpacero, 2008. En este proyecto se hace uso de paneles móviles para la división del espacio interior.
 Estudiantes Santiago Hernández y María Paula Sala.



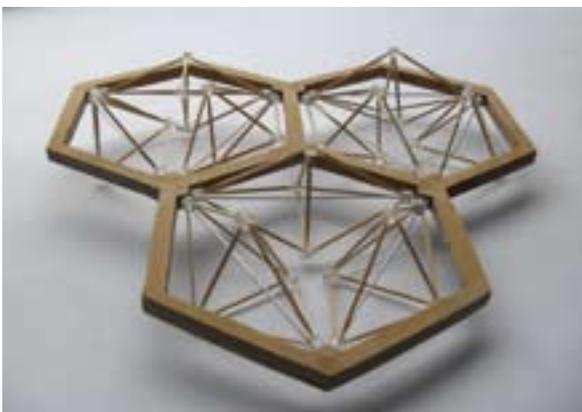
DISCUSIÓN



Desde la perspectiva arquitectónica e ingenieril las estructuras están en reposo. Los puentes, los edificios y las cubiertas en general se espera que se mantengan en su posición original y mantengan su forma. Aun el análisis dinámico utilizado para analizar estructuras bajo fuerzas sísmicas y de viento supone que las deformaciones son pequeñas y que la estructura mantiene su forma. En consecuencia, los métodos de análisis corrientes parten de supuestos como deformaciones pequeñas e invariabilidad de la forma. Las estructuras móviles, por el contrario, como las seleccionadas para la experimentación, no solo sufren grandes desplazamientos y cambios de forma sino que, en muchos casos, son estáticamente inestables durante la fase de plegamiento, por lo cual los métodos corrientes de análisis estructural —incluyendo los métodos matriciales y de elementos finitos— no se pueden aplicar directamente. Se debe entonces acudir a consideraciones especiales para usar los métodos de análisis estructural corrientes en el análisis de sistemas móviles, como los desarrollados por investigadores como Gantes, y evaluar su aplicabilidad a los sistemas móviles aquí planteados.



Aparte de estas consideraciones, hay que estudiar las relacionadas con los elementos actuadores dado que, de acuerdo con la estructura, capacidad y resistencia, se pueden usar distintos elementos de acción; también se deben considerar los transductores de posición, fuerza o deformación que permiten realizar la retroalimentación.



El primer paso consiste en realizar un modelado de las estructuras para poder simularlas y evaluar la dinámica del despliegue de la estructura. Todo esto se hace con el fin de establecer las mejoras estructurales, no solo desde el punto de vista arquitectónico sino desde el ingenieril, que en conjunto posibilitan que el diseño que se va a implementar sea el más adecuado. Para llegar a esta respuesta se realizan dos tipos de simulaciones: el análisis estructural a nivel estático, donde se involucran factores tales como capacidad, demanda, reacciones, deformaciones y fuerzas internas; y su comportamiento dinámico debido a una fuerza aplicada en un punto determinado. Conocer el comportamiento dinámico de la estructura es crítico para la selección de materiales, actuadores, especificaciones de los mismos, y los controles que mejor se adaptan a la estructura.

CONCLUSIONES

La aplicación de sistemas móviles facilita en la arquitectura la interacción constante entre el objeto proyectado y su medio, proporciona a su vez la posibilidad de reacomodar el espacio y la estructura para generar procesos de adaptación del objeto arquitectónico a las necesidades del hombre, debido a que la movilidad tanto estructural como no estructural permite:

- Cambio de forma del sistema durante la ejecución para facilitar los procesos constructivos.
- Modificación de la distribución espacial en un recinto de acuerdo con las necesidades de los habitantes o usuarios.
- Generar la posibilidad de movilizar y transportar el edificio, si éste lo requiere, respondiendo a requerimientos funcionales y ambientales.

Como consecuencia de la aplicación de la metodología descrita se enuncian las siguientes conclusiones:

1. Todo sistema móvil parte de un punto estático. Este punto estático le sirve como apoyo estructural, y es el punto desde donde se aplica la fuerza que genera el movimiento.



2. A toda pieza móvil corresponde una articulación. La unión o articulación garantiza a toda pieza móvil su interacción correcta con las demás piezas del sistema.
3. Todo movimiento del sistema debe ser guiado. Las guías aseguran la precisión del movimiento del sistema móvil preservándolo de posibles desgastes y bloqueamientos.
4. Para las aplicaciones arquitectónicas solo hay dos tipos de movimiento: rotación y deslizamiento.
5. Todo movimiento tridimensional se garantiza a través de ejes constructivos coplanares.
6. Cuando se resuelve una articulación se resuelve todo el sistema móvil.
7. El movimiento aplicado a un sistema estructural genera cambios de proporción en el espacio interior.
8. El movimiento aplicado a un sistema no estructural genera cambios en las condiciones de un espacio interior.

Como desarrollo de la investigación en estructuras adaptables, se han obtenido los siguientes resultados

- Dirección de trabajo final de pregrado: Módulo adaptable para espacios abiertos, Estudiante Emmy Lucía Rojas, 2006.
- Construcción de una matriz que clasifica 22 sistemas móviles, y que incluye todo el trabajo exploratorio de cuatro sistemas móviles que propuso el Grupo de Investigación Estructuras Adaptables, con aplicaciones a la arquitectura y el diseño.
- Ponencia del proyecto de investigación en un evento internacional de diseño como fue el Segundo Encuentro Latinoamericano de Diseño, Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina, 2007.
- Publicación de las *Actas de Diseño*, vol. 4, Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina, 2008.
- Seminario de estructuras adaptables, Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia, 2008.
- Video promocional del grupo (GEA) para el día mundial del medioambiente y la sostenibilidad, expuesto en el capitolio de la República, 2008.
- Publicación resumen de la investigación Estructuras adaptables para los resultados de investigación, dirección de investigación, UJTL, 2008.
- Presentación de ponencia para el IV Encuentro Latinoamericano de Diseño, Buenos Aires, Argentina, 2009.
- Publicación de la cartilla *Estructuras adaptables*, Dirección de Investigación, UJTL, 2009.
- Producción de una página web que comunica y expone los resultados obtenidos por el proyecto de investigación, así como la exploración formal y espacial de los diversos sistemas estudiados hasta la fecha. www.utadeo.edu.co/gea

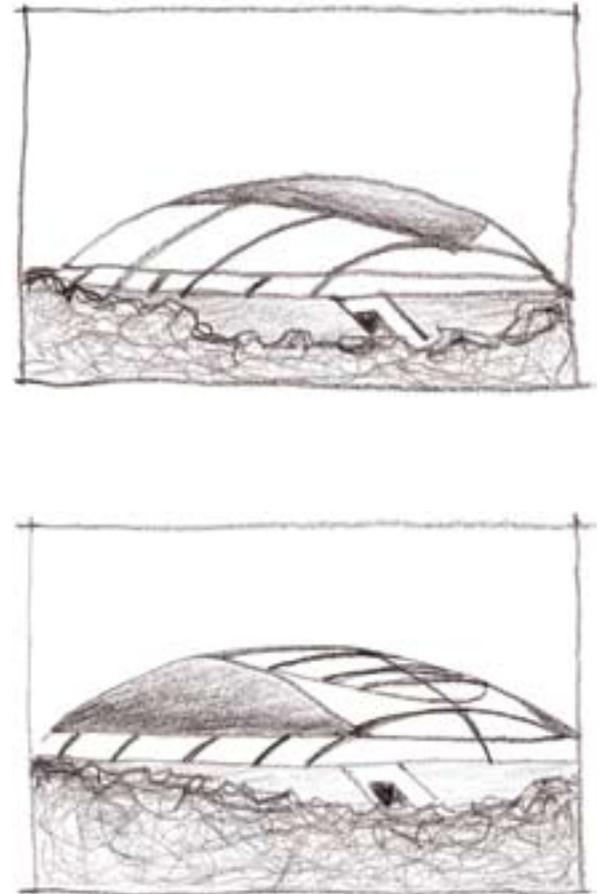


Figura 10

El Estadio de Oita, erigido para el mundial de fútbol del año 2002, es llamado "Big Eye", por su forma sugestiva, y porque, como un ojo, puede abrir y cerrar los párpados. Big Eye, Japón, 2001. Arquitecto Kisho Kurokawa.

Figura 9

El sistema de dipirámides móviles es utilizado en este caso para proyectar un cielo raso con el objetivo de crear diversos juegos de luz en el espacio interior. Proyecto para el seminario Estructuras Adaptables. Estudiante David Clavijo.

REFERENCIAS

Calatrava, S., Candela, F., Pérez, E., Escrig, F., Pérez, J. (1993). *Arquitectura transformable*. Sevilla: Escuela Superior de Arquitectura de Sevilla.

Franco, R. y Torres, L. (2001). La adaptabilidad arquitectónica a partir de la movilidad estructural. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Escuela de Arquitectura y Urbanismo.

Franco, R. y Torres, L. (2006). *Estructuras Adaptables*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes.

Otto, F. (1974). *Seminario Internacional de Arquitectura Adaptable*. Barcelona: Gustavo Gili.

Kronenburg, R. (2007). *Flexible*. Barcelona: Blume.

Gantes, C. J. (2001). *Deployable Structures: Analysis and Design*. Athens: National Technical University of Athens.

Tipos de sistemas	Identidad gráfica por	IGL	Tipos de	Movimiento de	Control de Movimiento	Publicaciones Formales	Tipos de					
SISTEMAS ESTRUCTURALES												
BARANDILLAS		Resaca horizontal	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							
PERGOLADOS		Superficie a partir de un punto de apoyo y un punto de articulación por un mecanismo de fuerza.	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							
REJILLAS		Resaca horizontal	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							
SISTEMAS NO ESTRUCTURALES												
SUPERFICIES REGULADAS MÓVILES		Se articulan en los extremos móviles y se relacionan en el centro.	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							
LABORIOS ARTICULADOS		Se articulan en los puntos.	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							
LABORIOS ARTICULADOS		Se articulan en el centro de los puntos.	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							
LABORIOS ARTICULADOS		Se articulan en el centro de los puntos.	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							
LABORIOS ARTICULADOS		Se articulan en los puntos.	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							
LABORIOS ARTICULADOS		Se articulan en los puntos.	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.							

Matriz de sistemas móviles aplicados a la vivienda. Sistemas estructurales y no estructurales.

Matriz general de las estructuras adaptables.

Tipos de sistemas	Identidad gráfica por	IGL	Tipos de	Movimiento de	Control de Movimiento	Publicaciones Formales
ARTICULACIONES EN EL EXTREMO						
SUPERFICIES REGULADAS MÓVILES		Se articulan en los extremos móviles y se relacionan en el centro.	LINEAL	Separación o acercamiento de los puntos extremos por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones. Geometría de las barras.	
FIGURAS DESPLAZABLES		Estación de Polígonos	LINEAL	Identificación de los puntos articulados por un mecanismo de fuerza.	Figuras de los apoyos. Figuras de articulaciones.	
SISTEMA TIPO FALANGE		La relación de apoyo entre las barras.	LINEAL	Tercera: unidas a mecanismos de fuerza que mantienen las distancias fijas.	Geometría de las barras. Geometría de las articulaciones. Figuras de los apoyos.	
SISTEMA TIPO BUADE		La relación de apoyo entre las barras.	LINEAL	Identificación de los puntos articulados por un mecanismo de fuerza.	Geometría de las barras. Geometría de las articulaciones.	
PIRÁMIDES Y DIFRÁCTOS ARTICULADOS EN EL EXTREMO		La relación de apoyo entre los polígonos y difracción por mecanismos de fuerza.	RELACIONAL	Identificación de los puntos articulados por mecanismos de fuerza.	Figuras de los apoyos. Geometría de las articulaciones.	

PROFESIONALES A CARGO DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURAS ADAPTABLES (GEA)



Por parte de la Universidad Jorge Tadeo Lozano:

- Ricardo Franco Medina, Arq., Investigador principal
- Pablo Insuasty, Arq., Co-investigador
- César Cortés, Arq., Co-investigador
- Miguel Hincapié, Arq., Co-investigador

Por parte de la Escuela Colombiana de Ingeniería:

- Pedro Nel Quiroga, Ing. Civil, Investigador Principal
- Enrique Estupiñán, Ing. Electrónico, Co-Investigador
- Héctor Pérez, Ing. Civil, Co-Investigador
- Mauricio Parra, Ing. Electrónico, Auxiliar de Investigación
- Jasón Camargo, Ing. Electrónico, Auxiliar de Investigación

A continuación se nombran los estudiantes que han hecho parte del semillero de esta investigación en la Universidad Jorge Tadeo Lozano y el programa al cual están inscritos:

Programa de Arquitectura:

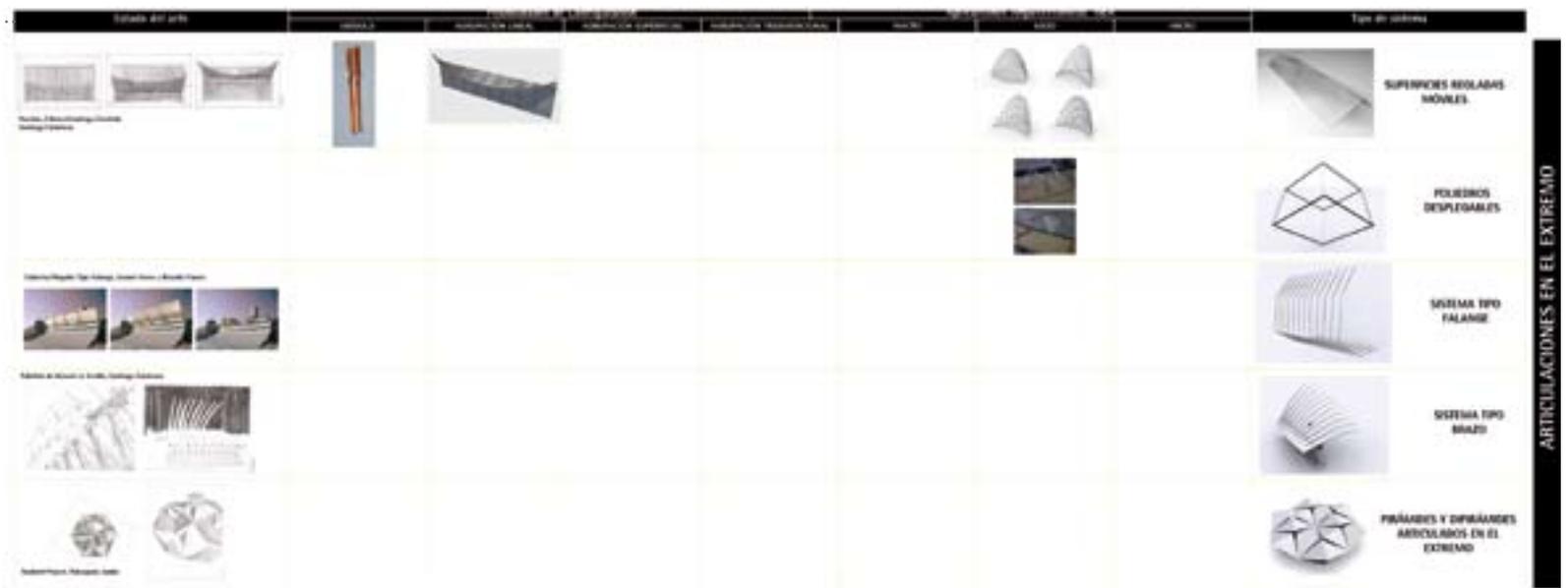
- Jaime Gómez, Emmy Rojas, Santiago Hernández, María Paula Salas, Paulina Arias, Mauricio Méndez, Rafael Díaz, Citlalli Fernández, Alexandra Luque.

Programa de Diseño Industrial:

- Steven Uribe, Andrés Clavijo, Sebastian Riveros, Diana Serpa, Marcela Salgady, Grace Mateus.

Programa de Diseño Gráfico:

- Jael Rincón



Matriz general de las estructuras adaptables.
Continuación ...

	Tipo de sistema	Movilidad de forma por	DOF	Tipo de Movimiento	Movimiento por Movimiento	Control de Movimiento	Possibilidades Formales
ARTICULACIONES INTERMEDIAS	TUBAS RECTAS	Resortes Deformables	1	LINEAL SUPERFICIAL	Separación o acercamiento de dos puntos extremos por un momento de fuerza.	Unión de dos puntos por medio de tramos o juntas.	
	TUBAS ANULADAS	Resortes Deformables	1	LINEAL SUPERFICIAL ESPACIAL	Separación o acercamiento de dos puntos extremos por un momento de fuerza.	Figuras de los agujeros	
	TUBAS CON ARTICULACIÓN ESPACIAL	Resortes Deformables	1	LINEAL SUPERFICIAL	Separación o acercamiento de dos puntos extremos por un momento de fuerza.	La cubierta tipo el sistema de plegado.	
	PIRAMIDES Y DIFUSORES MOVILIZADAS POR TUBAS	Resortes Deformables	1	LINEAL SUPERFICIAL	Separación o acercamiento de dos puntos extremos por un momento de fuerza.	Figuras de los agujeros Movimiento de los tubos y tipos de movimiento.	
MIXTO	SISTEMA COMPLEJO	Triángulos Deformables	1	LINEAL	Movimiento del apoyo deslizante sobre un elemento guía.	Figuras del apoyo deslizante.	
				SUPERFICIAL		Unión de dos puntos por tramos o juntas.	
ARCOS, OVALES Y CÍRCULOS MÓVILES	ARCOS MÓVILES	Arco articulado por cables	DOF + 1	LINEAL	Separación o acercamiento de dos puntos extremos por un momento de fuerza.	Figuras del apoyo deslizante. Unión de 2 puntos por tramos o juntas.	
		Arco articulado por cables articulados	1	LINEAL	Separación o acercamiento de dos puntos extremos por un momento de fuerza.	Figuras del apoyo deslizante. Unión de 2 puntos por tramos o juntas.	
	CÍRCULOS Y OVALES MÓVILES	Resortes Deformables	DOF + 1	LINEAL SUPERFICIAL	Separación o acercamiento de dos puntos extremos por un momento de fuerza.	Figuras de los agujeros Unión de 2 puntos por tramos o juntas.	
IZADOS	SISTEMAS IZADOS DE MEMBRANAS	Movimiento según el momento de fuerza y cables.	DOF + 1	LINEAL	Movimiento deslizante mediante momentos de fuerza.	Figuras de la membrana y puntos de apoyo.	
				SUPERFICIAL		Definición de los puntos extremos de despliegue.	
SUPERFICIES DESLIZABLES	ESTRUCTURAS TUBILES TELESCÓPICAS	HORIZONTAL	1	LINEAL	Desplazamiento de la superficie por un momento de fuerza sobre una guía.	Tipos de movimiento Figuras de los agujeros	
		DESDE ARRIBA	1	LINEAL	Desplazamiento de la superficie por un momento de fuerza sobre una guía.	Tipos de movimiento Figuras de los agujeros	
		MUCHOS DESLIZABLES	1	LINEAL	Desplazamiento de la superficie por un momento de fuerza sobre una guía.	Tipos de movimiento	
	PLEGADINAS MÓVILES	La articulación de la superficie plegada Resortes deformables	1	LINEAL	Desplazamiento de la superficie plegada por un momento de fuerza sobre una guía.	Figuras del apoyo deslizante. Tipos de movimiento	
LÁMINAS ARTICULADAS	LÁMINAS ARTICULADAS INTERMEDIAS	La articulación intermedia de los paneles	DOF + 1	LINEAL SUPERFICIAL	Separación o acercamiento de puntos extremos por momentos de fuerza.	Tipos de movimiento Figuras de los agujeros Unión de dos puntos por medio de tramos o juntas.	
	LÁMINAS ARTICULADAS ARTICULACIONES EN EL EXTREMO	La articulación en el extremo de los paneles	DOF + 1	LINEAL SUPERFICIAL	Aplicación de fuerza sobre el panel	Figuras del apoyo articulado. Tipos de movimiento	
	LÁMINAS MOVILIZADAS POR TUBAS RECTAS	Resortes deformables que movilizan las líneas rectas	1	LINEAL SUPERFICIAL	Separación o acercamiento de puntos extremos por momentos de fuerza.	Tipos de movimiento Figuras de los agujeros Unión de dos puntos por medio de tramos o juntas.	
	LÁMINAS MOVILIZADAS POR TUBAS RECTAS CON ARTICULACIÓN INTERMEDIAS	Resortes deformables que movilizan las líneas rectas y la articulación intermedia de los paneles	DOF + 1	LINEAL SUPERFICIAL	Separación o acercamiento de puntos extremos por momentos de fuerza.	Tipos de movimiento Figuras de los agujeros Unión de dos puntos por medio de tramos o juntas.	

