

cabo las estrategias, los proyectos que las componen y el análisis y toma de decisiones sobre los proyectos por implementar y el control sobre las actividades y el tiempo basados siempre en las necesidades de los usuarios.

Esta conferencia fue dictada por **Jorge Emilio Franco, Holby Muñoz** y **Luis Lesmes** (Universidad Autónoma de Colombia, Colombia) el martes 31 de julio en el 2º Encuentro Latinoamericano de Diseño 2007, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina.

Estructuras adaptables

Ricardo Franco Medina

Este trabajo plantea la movilidad estructural como una forma eficiente de generar respuestas adaptativas integrales; para ello se estudian algunos sistemas estructurales móviles existentes y se analiza el aparato locomotor vertebrado. La síntesis de este estudio permite proponer nuevos sistemas móviles y plantear múltiples posibilidades y campos de aplicación, con materiales y tecnologías accesibles.

Objetivo general de la investigación

Aplicar los conceptos de movilidad estructural en la generación de una arquitectura adaptable, y complementar estos conceptos a partir del análisis de los principios estructurales de los sistemas portantes naturales y las respuestas formales y mecánicas en algunos organismos móviles, deduciendo pautas constructivas y de diseño arquitectónico.

Objetivos específicos

- Establecer los principios básicos que definen la adaptabilidad arquitectónica
- Definir los principios de los sistemas estructurales dinámicos.
- Estudiar los principales sistemas móviles, estableciendo sus propiedades geométricas básicas.
- Proponer sistemas estructurales móviles a partir de los resultados del estudio de patrones formales y estructurales de algunos sistemas móviles naturales.
- Proponer aplicaciones arquitectónicas con base en los resultados de la investigación.

La presente investigación se divide en 5 capítulos:

Capítulo I: Adaptabilidad

Analiza la adaptabilidad arquitectónica como un proceso histórico de búsqueda funcional y define sus características esenciales, planteando la movilidad estructural como la forma más eficiente.

Capítulo II: Sistema móviles

Define los requisitos básicos de los sistemas estructurales móviles adaptables y estudia las características geométricas los sistemas móviles articulados.

Capítulo III: Sistemas móviles naturales

Planteado como un estudio que permita complementar los principios y características de movilidad de los sistemas Articulados a partir de entender el funcionamiento de sus homólogos naturales: los sistemas vertebrados.

Capítulo IV: Propuestas de sistemas móviles

Propuestas de sistemas nuevos y complementación a los sistemas existentes a partir de las conclusiones obtenidas en los dos capítulos anteriores.

Capítulo V: Aplicabilidad arquitectónica

Establece criterios de análisis para una aplicación de tipo arquitectónica, planteando finalmente múltiples posibilidades y campos de aplicación, y estableciendo algunas pautas para su utilización en nuestro contexto con materiales y tecnologías accesibles. El capítulo no pretende resolver la totalidad y complejidad técnica y funcional de un proyecto, sino mostrar la versatilidad del planteamiento.

Introducción

La Adaptabilidad es un concepto que surge en la arquitectura desde tiempos remotos y que actualmente define al espacio arquitectónico como un sistema capaz de ser readecuado con dos fines primordiales: responder más eficientemente a las cambiantes necesidades de nuestra sociedad, permitiendo el libre desarrollo de los individuos y sus actividades; como asimismo de la sensata utilización de los recursos empleados en la construcción y funcionamiento de dicho espacio arquitectónico.

La adaptabilidad no se plantea como un movimiento estilístico, o una búsqueda formal, es un concepto integral que abarca la totalidad de la obra arquitectónica, para la generación de edificaciones que respondan de una manera comprometida a un tiempo social, ambiental y tecnológico de grandes y urgentes exigencias.

El concepto moderno de adaptabilidad surge a partir de un largo proceso histórico y esta ligada a los comienzos de la Arquitectura Humana, y busca constructivamente:

- Estructuras ligeras (Fácil transporte y montaje)
- Eficiencia (minimalización - utilización eficiente de los recursos y energía)
- Modulación e industrialización (sistematización y fácil producción de componentes)

La movilidad estructural se perfila como una manera más eficiente para producir respuestas adaptativas ya que permite generar una readecuación integral de la forma para nuevos usos, y posibilita el cambio de configuración y expansión del sistema en el tiempo. La movilidad Estructural no es simplemente un concepto aplicado a

una arquitectura existente, es una forma completamente nueva de concebir y construir arquitectura, donde el usuario, el edificio, y el medio se encuentran en constante retroalimentación con fines específicos, benéficos y determinados.

Los sistemas móviles presentan requisitos específicos:

- Estructurales: entendidos en forma diferente al diseño convencional: rigidez, estabilidad, equilibrio y resistencia.
- Funcionales: transformabilidad y transportabilidad del sistema.
- Técnicos: modulación de componentes, liviandad del sistema y facilidad de ensamble entre elementos.

Los sistemas móviles articulados presentan un alto potencial de aplicación debido a sus características inherentes: alta plegabilidad, facilidad de transportable debido a su bajo peso, y posibilidad de generar múltiples configuraciones a partir de componentes estandarizados (barras y articulaciones). Se elaboró una clasificación general de los sistemas a partir del punto de ubicación de las articulaciones respecto a las barras, ya que este aspecto determina muchas de las propiedades de movilidad y esfuerzos de los elementos rígidos: articulaciones intermedias y articulaciones en los extremos. Se complementa cada grupo proponiendo un sistema para cada uno (tijeras con angulación espacial para sistemas de articulaciones intermedias y sistema falange de articulaciones en los extremos), y se estudia un mecanismo que combine propiedades de los: el sistema compuesto.

La investigación contempla 3 aspectos claves en los sistemas existentes y propuestos:

- Configuraciones geométricas. Se analizaron tres posibles agrupaciones en cada sistema: lineal, superficial y espacial, relacionadas con los elementos de diseño (la línea - el plano - el volumen).
- Mecanismos de generación y control de movimiento: Definidos en gran parte por el grado de libertad del sistema (GLS). Se plantearon mecanismos elementales aplicables teóricamente a cualquier configuración. Este tema es posible complementarse a partir de un análisis constructivo más detallado de cada tipo de mecanismo y clases de movimiento.
- Elementos constructivos. Se analizó en forma básica los componentes de los sistemas estudiados, planteando la posibilidad de hacer uso de materiales propios de nuestro país y de amplio manejo y tradición, como son la madera y la guadua, y de bajo costo como los tubos de papel. Es necesario indagar en un acercamiento más profundo en este punto, el cual que permita formular principios constructivos más específicos y que evalúe a nivel práctico la posibilidad real de aplicación de los materiales mencionados en este tipo de estructuras.

La escogencia de un sistema determinado para un planteamiento arquitectónico se basa en tres puntos fundamentales, definidos por la función, la escala y la dinámica de uso a que va a ser sometido.

- Geométricos: potencial de uso definido por las posibilidades formales del sistema.
- Técnicos: referida a la facilidad de construcción, al

tipo de material y la tecnología disponible donde se piensa implantar.

- Funcionales: Se presenta como la facilidad de producir y controlar el movimiento, lo cual esta regido en gran parte por los grados de libertad.

Dentro de los sistemas analizados, los que poseen articulaciones intermedias (sistemas tipo tijeras y sistema compuesto) presentan importantes cualidades que permiten pensar en su aplicación en diferentes usos y escalas:

- Gran variedad de configuraciones formales plegables o variables. En el sistema compuesto la libertad de la conformación geométrica permite variar la posición de los elementos según necesidades espaciales y de movimiento,
- Presenta elementos fácilmente modulables y de relativa sencillez en su producción: Articulaciones de un grado de libertad (GL) en la mayoría de los casos y barras de secciones cuadrangulares o redondas homogéneas.
- Fácil producción y control de movimiento, siendo posible movilizarlos y rigidizarlos aplicando fuerza en dos puntos exclusivamente (característica dada por el grado de libertad del sistema GLS), sin embargo cabe aclarar que en sistemas de gran escala es posible que se cree la necesidad de movilizar varios puntos simultáneamente para obtener mayor estabilidad en el movimiento.

Respecto a los sistemas de articulaciones en el extremo, los sistemas tipo falange presentan un manejo más eficiente de materiales, sin embargo supone procesos de montaje más complejos debido al tensado de sus cables. Los sistemas de Poliedros Desplegables, propuestos por Santiago Calatrava en su tesis doctoral sobre la plegabilidad de entramados, permiten generar configuraciones con un número reducido de elementos, sin embargo presentan desventajas que ponen en juicio una aplicabilidad real: dificultad constructiva y gran complejidad e inestabilidad en los procesos de plegado y rigidización del sistema. Dentro de la investigación no se logró plantear mecanismos para mejorar su funcionamiento, pero este punto es una interesante opción para investigaciones posteriores.

Nuestras propuestas son un acercamiento que pretende mostrar la versatilidad del planteamiento y estudiar la aplicabilidad de cada sistema para diferentes usos y escalas, en algunos casos fue posible el desarrollo de modelos donde se llegó a solucionar en forma óptima las articulaciones y se plantearon sistemas de cerramiento. Creemos que el paso siguiente, es un acercamiento constructivo y de diseño que permita explorar la aplicabilidad de los sistemas estudiados en la solución de requerimientos más específicos: estructuras de emergencia, pabellones, arquitecturas itinerantes, sistemas móviles en sitio (fachadas-cubiertas-paneles), arquitectura espectáculo, arquitectura inteligente, etc.

Esta conferencia fue dictada por **Ricardo Franco Medina** (Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia) el miércoles 1 de agosto en el 2º Encuentro Latinoamericano de Diseño 2007, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina.