

HABITAT POLIGONAL: CONSTRUCCIONES AMBIENTALES CON MARCO RECIPROCO

Dr. John Chilton, Universidad de Nottingham
Dr. Iván Cártes S., Universidad del Bío-Bío

Introducción

Este artículo analiza la aplicación de formas básicas estructurales de Marco Recíproco y su uso en diferentes tipologías arquitectónicas. El principio morfológico de este tipo de estructuras se resume como una grilla (sistema) de vigas tridimensionales, el que ha sido patentado como «Marco Recíproco» (Reciprocal Frame, RF).

Dicha estructura ha sido usada en algunas viviendas de bajo impacto ambiental, consumo energético controlado y construidas con madera, en donde tanto el material como el diseño y la estructura primaria de techumbre, caracterizan el objeto arquitectónico.

Para graficar su uso se presentan, en este artículo, varios casos de estudio construidos con este sistema y con usos tales como invernaderos, glorietas y proyectos de vivienda. Entre ellos se destaca una vivienda construida con un plano decagonal, en 1993, y finalmente se muestran algunos ejemplos de morfología variada con diferentes alternativas arquitectónicas.

El principio estructural

El concepto de esta estructura, parecida al diafragma móvil de una máquina fotográfica, es que cada elemento de la estructura actúa como una unidad colaborante para distribuir las cargas de manera uniforme.

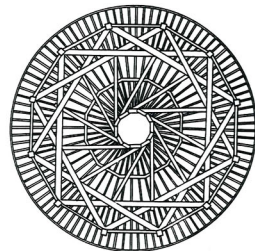
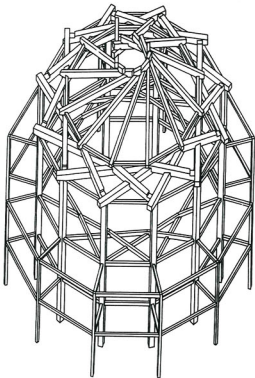
En una estructura tradicional básica, como por ejemplo vigas y cerchas, la carga recibida se reparte en una sola dirección y en un solo plano horizontal. Por otro lado, en la mayoría de las construcciones pequeñas, las cargas de pisos y techumbre, son transmitidas a columnas o muros soportantes por una serie de elementos paralelos que están contenidos en un solo plano horizontal. En el sistema tradicional estos elementos deben ser capaces de transmitir las cargas a los elementos soportantes.

En la estructura de Marco Recíproco, en cambio, las cargas pueden estar distribuidas de forma no uniforme y estar concentradas en ciertos puntos, sin que ellas afecten el comportamiento total de la estructura, ya que ésta es tridimensional y por lo tanto divide la carga aplicada entre los elementos que se articulan entre sí e intervienen en el sistema como una unidad completa. Por lo tanto, la capacidad estructural de estas grillas de vigas permite desarrollar un sistema eficiente, que puede absorber y distribuir las cargas, con elementos de menor magnitud, reduciendo también la flecha de las estructuras convencionales.

La estructura es más eficiente cuando existe una mayor cantidad de cuadrículas, o grillas espaciales, que permiten distribuir mejor las cargas de la estructura. Estos sistemas permiten proporcionar una forma estructural atractiva, interesante visualmente y con posibilidades de aumentar el potencial arquitectónico de la forma elegida.

Evolución histórica

En la antigüedad, las culturas megalíticas cruzaron algunas varas para conseguir una tienda improvisada y cuyo orificio superior



Fuente: Dattell & Archibonatti

Estructura para techo de marionetas en Japón.

permita la salida del humo. Desde entonces ya se encontraba definida la forma básica de Marco Recíproco.

No obstante, las grillas de vigas han sido usadas de manera tradicional durante toda la historia, principalmente en la construcción de pisos del medievo, consiguiendo que la luz de los espacios fuese mucho mayor que la longitud de las vigas disponibles.

Recientemente, una grilla plana de 11 vigas laminadas fue usada para un almacén de sal, de 26 m de luz, en Lausanne, Suiza (Natterer et al., 1991). Otros casos de Marco Recíproco han sido construidos en la Casa Negra, Barcelona, 1915, y la Casa Bofarull, Tarragona, 1913-

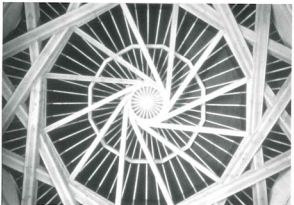
1918, por el arquitecto español Jujol (Flores, 1982). Un techo similar ha sido también desarrollado para el Teatro de Marionetas de Seiwa Bunraku, en la isla de Kyushu, Japón, en 1993.

Se puede decir que el sistema de Marco Recíproco es una grilla de vigas con un efecto visual interesante y que ha sido recientemente desarrollado y patentado en el Reino Unido (Brown, 1994) y cuyo uso se ha destinado principalmente para techos.

En esta estructura se forma un circuito cerrado de vigas, en el cual el extremo exterior de cada viga está apoyado por columnas o paredes perimetrales y en el extremo interior, o centro, el peso pro-



Mercado de Dalcahue, Chiloe. Estructura de torre en marco recíproco.



Estructura para techo de marionetas en Japón.

pio -y carga- al cual se encuentra sometida la viga, es soportado por la viga adyacente. De esta manera se produce una estructura tridimensional donde las vigas se soportan mutuamente.

Cuando se percibe una estructura de este tipo, por dentro, puede ser visualmente muy impresionante, sobre todo si posee un agujero superior por donde se filtra la luz natural exterior. En síntesis, todo el espacio interior parece estar girando desde el centro del techo.

Como este efecto se enfatiza cuando existe el tragaluz central, estos espacios han sido catalogados especialmente para la concentración y la meditación, crean-

do ambientes agradables y equilibrados.

Uso en construcciones de menor escala

Hasta la fecha, las estructuras de Marco Recíproco han sido usadas en distintas construcciones poligonales en el Reino Unido, oscilando desde los 4,2 a los 10,5 m de luz. Todas ellas han sido usadas en variadas estructuras de techos. El número de vigas en la grilla tridimensional ha variado desde 7 a 12 elementos, aumentando proporcionalmente en número en techos de mayor luz. En todos los casos, se han usado vigas de madera elaborada y rollizas para luces menores y vigas laminadas para luces mayores.



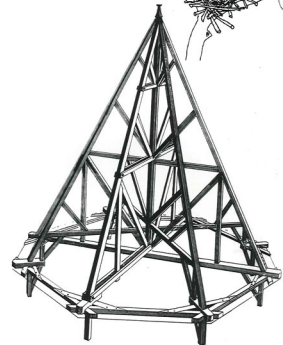
Mercado de Dalcahue, Chiloe. Estructura de torre en marco recíproco.



Nido de pájaros.



Estructura de la torre de la Catedral de Lincoln, similar al Mercado de Dalcahue, Chiloe.



Estructura de la torre de la Catedral de Lincoln.

Al interior del polígono, las vigas adyacentes se intersectan y dependiendo de la inclinación del techo requerido, la viga superior debe ser cortada en el lado inferior o se debe introducir entre ambas vigas una cuña en cada intersección, para mantener la separación vertical necesaria entre los dos ejes centrales de las vigas. La dimensión (o medida) para los cortes o cuñas depende de la pendiente de la viga y del ángulo entre el plano de la vigas adyacentes (usualmente 360 dividido por el número de vigas en la grilla). Para estructuras pequeñas, la resistencia al corte de las vigas de madera no es relevante, sin embargo, con estructuras de mayor luz, la fuerza al corte está

transmitida a la unión y ésta debe ser reforzada por medio de una pletina metálica.

Viviendas tipo barril

Desde 1988 se han construido una serie de techos del tipo de Marco Recíproco, con un diámetro de 4,2 m de pendiente suave y usados para cubrir glorietas, casas veraniegas y como refugio de meditación en jardines privados. Cada uno de estos techos está apoyado sobre una base de forma poligonal de siete lados, con muros forrados en madera.

En 1990, este tipo de estructura se usó para cubrir dos viviendas circulares, cuyo perímetro se había reciclado de la estructura de barril-

les de roble para almacenar whisky, y que fueron destinadas como casa de huéspedes en la Fundación Findhorn, cerca de Forres, en Escocia. Mediante el reciclado de estas cubas se hicieron dos viviendas individuales, con el dormitorio en altillo, ubicándolo bajo la claraboya central. En este caso se usaron vigas de madera para estructurar la estructura de techumbre de las cubas e integrar el material pre-determinado del objeto reciclado.

El Centro de Permacultura en Bradford, en proceso de terminación, posee un techo de 8 m de diámetro y es un proyecto del municipio local. Su programa consiste básicamente en una cocina comunitaria, una sala múltiple y un taller-bodega, los cuales van a ser usados como parte del Centro de Permacultura que demostrará el cultivo sustentable de hortalizas en áreas urbanas. En este caso se usará techos verdes para cubrir la estructura.

Como tiene una gran carga y sobrepeso en el techo, se han diseñado vigas laminadas especiales de 405 mm por 115 mm de sección, teniendo en cuenta que los paneles colaborantes, entre las vigas, han sido utilizados también para transmitir directamente las cargas a los muros perimetrales, en vez de hacerlo exclusivamente por medio de la grilla de vigas, lo que aumentaría inmediatamente su sección.

Desarrollo futuro

Por su simpleza, y forma geométrica pura, las estructuras de Marco Reciproco forman polígonos regulares en planta y esto significa que son adecuadas para edificios modulares sin apoyos o pilares intermedios, y luces medianas.

Pueden ser cubiertas con una lona y recubrir también perimetralmente sus columnas, de manera de obtener un hábitat precario pero distintivo y rápido. El mecanismo, si es pequeño, puede ser prefabricado, apertado y transportado a su lugar de construcción.

Estructuras retráctiles y desmontables de Marco Reciproco

A pesar de que a la fecha solo se ha ensayado estructuras de Marco Reciproco con elementos fijos y con estructuras de madera para producir una grilla de vigas, no existen limitaciones en este aspecto. Algunas investigaciones iniciales apuntan a que existen grandes posibilidades de usar estas estructuras como retráctiles o desmontables (Chilton et al., 1994).

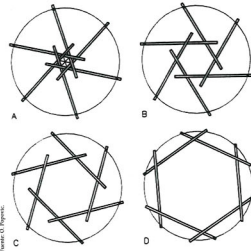
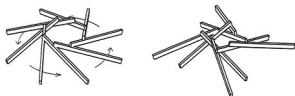
Cuando se proyectan adecuadamente las articulaciones y conexiones como elementos móviles, se puede también desplazar la estructura aumentando o disminuyendo la magnitud del polígono central, cambiando también el atractivo de esta estructura, tal como se grafica en los esquemas adjuntos.

Construcciones ambientales

Esta estructura simple contiene una serie de principios formales y geométricos interesantes de explorar. Construida con madera elaborada, laminada o en la forma básica del rolizo, se proporciona una estructura basada en el uso



Auditorio con grilla de vigas espaciales de pequeña longitud.



Estructura de marco recíproco retráctil y desarmable con diferentes grados de apertura.

de recursos renovables, que poseen un bajo consumo de energía.

Su vacío central representa un punto interesante, tanto visual como espacialmente, que permite ventilar e iluminar centralmente el recinto. Con su grilla o entramado se puede evitar los pilares intermedios, permitiendo usar el espacio en toda su magnitud. Al mismo tiempo se puede obtener luces mayores que la longitud de los elementos estructurales, lo que coloca en ventaja el sistema cuando se tiene

problemas de transporte o se posee solamente elementos o piezas de un largo reducido.

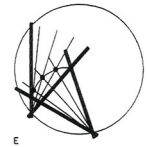
Su interés principal radica también en la relación que se produce entre el espacio interior y el exterior por medio de su lucarna superior. Este atractivo adicional, hace que esta estructura sea altamente propicia para la meditación, el uso comunitario y espiritual, connotando un rito por la luz central diurna o nocturna y que proviene desde afuera.



Detalle de auditorio con grilla de vigas espaciales de pequeña longitud.



Vivienda Barril en Findhorn, Forres, Escocia.



E

REFERENCIAS:

- Chilton, J. Choo, B. & Coulliette, P. 1994. "Retractable Roofs using Reciprocal Frame", International Association for Bridge and Structural Engineering Symposium, Birmingham, UK.
 Flores, C. 1982. Gaudí, Jujol y el Modernismo Catalán. Aguilar, Barcelona.
 Natterer, J. Herzog, T. & Voltz, M. 1991. Holzbau Atlas Zwei, Institut für Internationale Architektur, Munich.
 Nota: Graham Brown ha patentado las estructuras de Marco Reciproco en el Reino Unido y opera bajo la marca "Out of Nowhere".