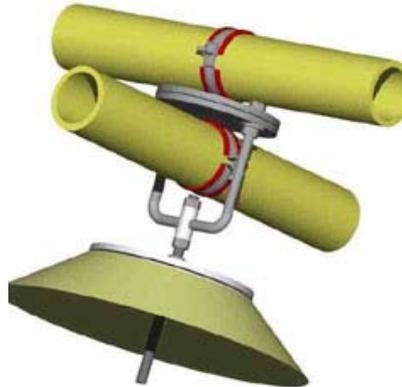


ETSAB

ETSAV



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA - ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA -
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DEL VALLE - DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES
ARQUITECTÓNICAS 1

**DISEÑO DE ESTRUCTURA TRANSFORMABLE POR DEFORMACIÓN DE UNA
MALLA PLANA EN SU APLICACIÓN A UN REFUGIO DE RÁPIDO MONTAJE**

Tutor: Dr. José Ignacio Llorens
Co-tutor: Dr. Ramón Sastre Sastre

Autor: Arq. Nelson Rodríguez

BCN Diciembre 2005

3.8 Aplicaciones sugeridas

*“el cobertizo de una bicicleta es un edificio”
Pevsner*

Un refugio temporal tiene que satisfacer, por una parte, la condición de abrigo y protección y, por la otra, debe participar en el entorno en que será puesto, así como también poseer implementos para su anclaje y estadía en el lugar. Para efectos de este trabajo el refugio se define como una cubierta mínima, ligera, modular y sistematizada que puede ser dedicada a cualquier actividad que necesite resguardo o protección de manera temporal.

En este sentido, los usos a que se puede destinarlo son:

- Unidades remotas de transmisión
- Estaciones móviles meteorológicas
- Exposiciones itinerantes
- Centros móviles de salud o de emergencia
- Aplicaciones militares de seguridad y defensa
- Puntos móviles de información turística o ciudadana
- Refugios de montaña
- Rastreo arqueológico
- Trabajos de campo en investigaciones científicas
- Ciudades temporales
- Eventos especiales recreativos o de celebraciones
- Centro de acopio e información.
- Puesto de control, vigilancia y auxilio terrestre

En términos generales, un refugio puede desempeñar las siguientes funciones:

- Ofrecer protección contra los factores ambientales
- Proporcionar almacenamiento a pertenencias y bienes.
- Marcación de propiedad de territorios para su resguardo o vigilancia.
- Establecimiento de centros comunales
- Proporcionar intimidad
- Proporcionar resguardo a personal o a equipos

El carácter modular es muy importante, ya que puede, por la adición de varios módulos, obtener un gran espacio cubierto. Tal y como se comenta en artículo titulado **“From small parts to large structure”** de Marijke Mollaert, donde se define que:

“Una unidad básica y elemental de tienda puede generar grandes envolventes. Estas áreas pueden ser cubiertas por composición y repetición del módulo básico (...) cada módulo se soporta a sí mismo conectado por elementos de transición”.⁽⁶⁾

Esto nos indica que para el crecimiento y combinación del módulo es necesario unas zonas de transición que conecten los módulos, estas zonas de transición deberán ofrecer las mismas prestaciones de resguardo y protección a la intemperie que el módulo en sí.

Para efectos de este trabajo, se puede considerar que el aporte en el campo de la construcción de rápido montaje sería donde se requiera un refugio temporal pudiendo ubicarse en dos áreas principales: La primera, si consideremos el refugio como un objeto modular prefabricado compatible entre sí, para lo cual habría que desarrollar accesorios que permitieran su implementación como una tienda, estos accesorios dependerán de la zona climática donde se quiera ubicar.

Se puede mencionar como principales accesorios, las fachadas de cerramientos laterales, anclajes y sobrecubierta. La otra manera de enfocar su implementación en el campo de las estructuras de rápido montaje es como método constructivo, pudiéndose realizar con materiales de cada localidad que cumplan con la condición de tener capacidad para ser flectados.

Como ideas de desarrollo se proponen aplicaciones exploratorias del módulo, donde la estructura pre-flectada se aplica como refugio modular de rápido montaje que incluye la incorporación de elementos laterales de protección:

- Fachadas laterales
- Accesos y ventanas
- Piso textil, que sustituye los cables o cintas de arrioste inferiores

Además de mobiliario distribuido de tal manera que logre la máxima funcionalidad interna. A continuación se presentan las alternativas de aplicación destacando sus dimensiones, áreas y usos.

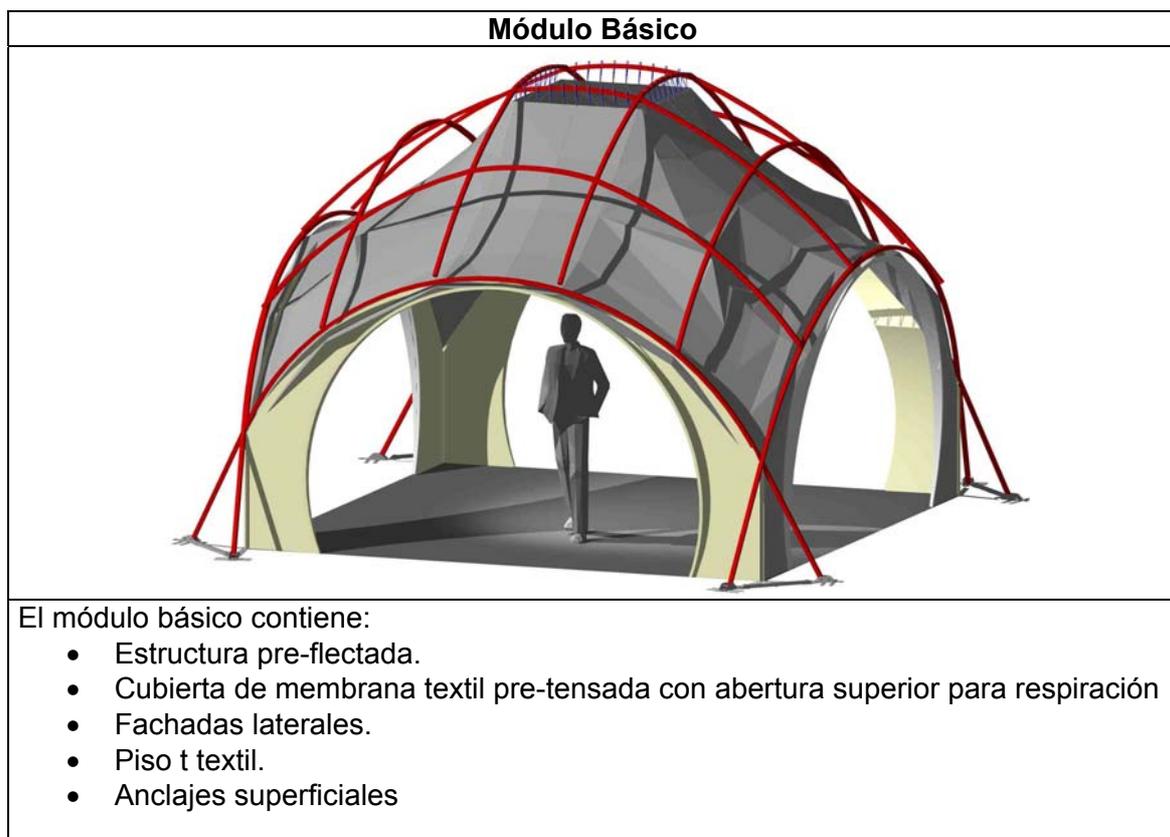


Figura N° III-69: Modulo básico

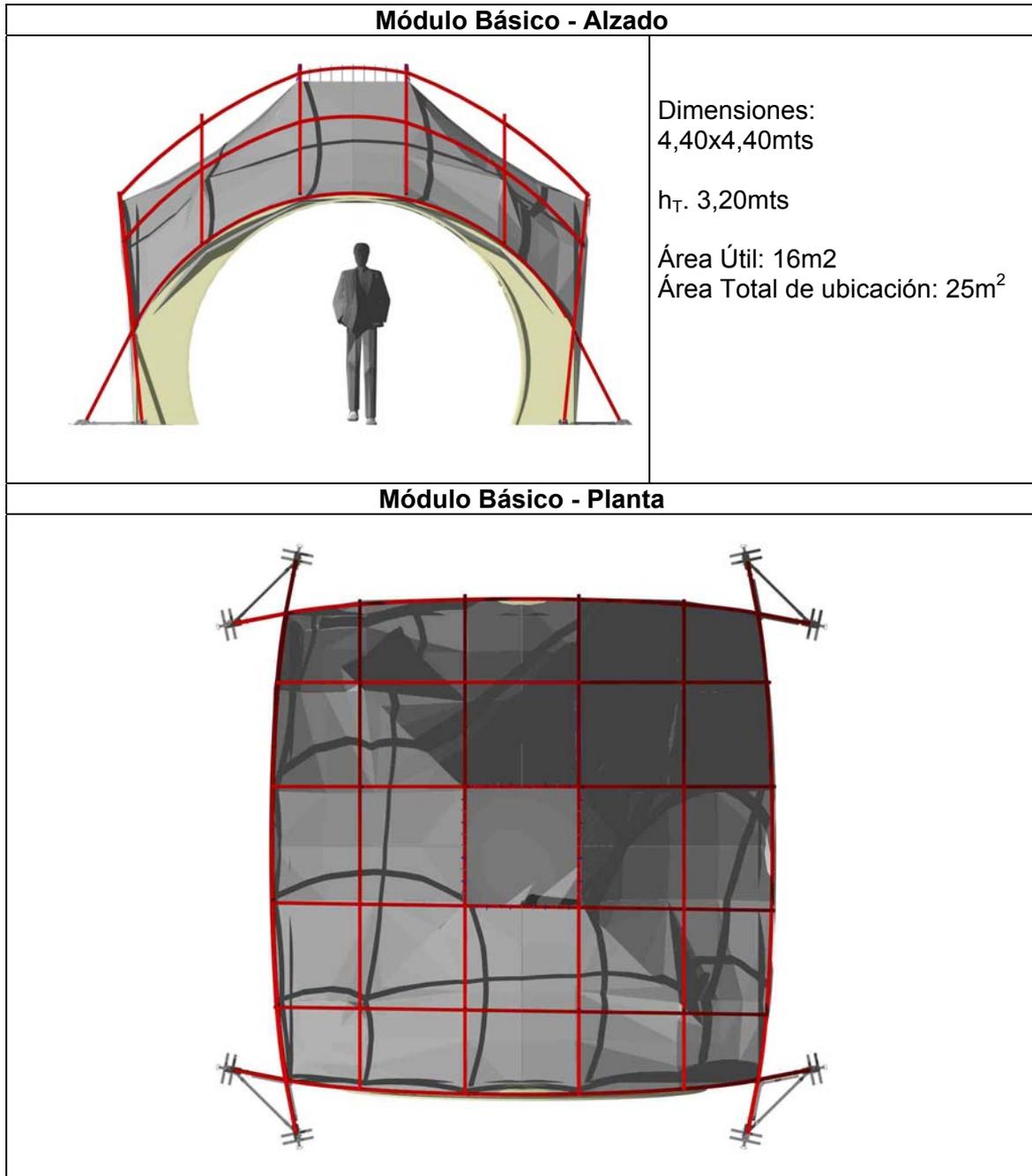


Figura N° III-70: Modulo básico

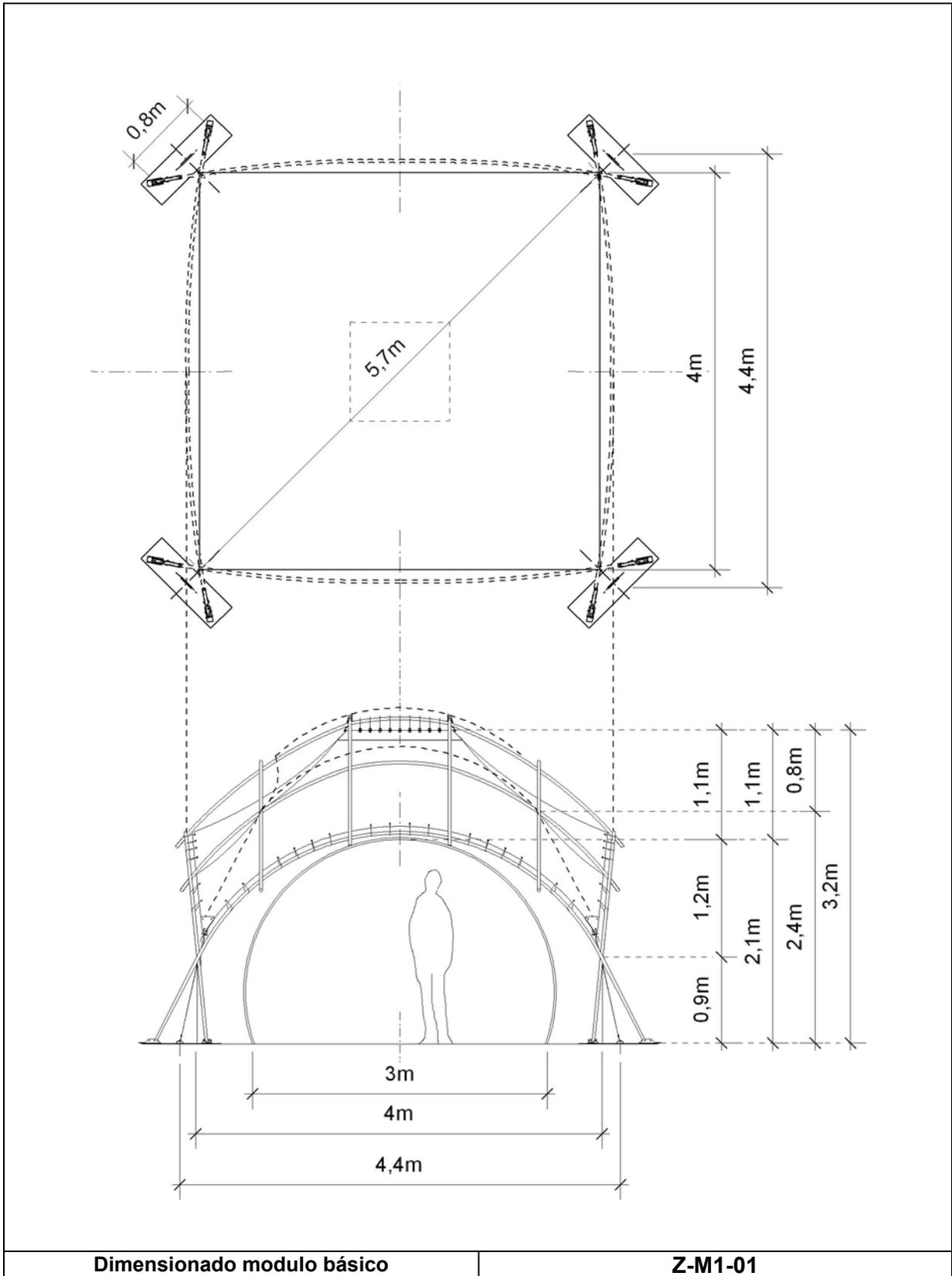


Figura N° III-71: Dimensionamiento del modulo básico

CAPITULO 3 DESARROLLO CONSTRUCTIVO: PROTOTIPO Y APLICACIONES

Planta de distribución de usos propuestos del módulo básico

| | |
|--|---|
| | <p>Uso: Dispensario de atención médica primaria</p> <p>Mobiliario: 1 Camilla 1 Escritorio 2 Archivadores 2 Sillas 1 Paraban divisorio</p> <p>Opcional: Estante Mesa adicional pequeña</p> <p>En las zonas cercanas a las esquinas donde la altura es crítica ($h_{min}:0.90m$) puede aprovecharse para la colocación de mobiliario de baja altura tales como, estantes y archivadores. El acceso es central, indicada con la flecha</p> |
| | <p>Uso: Centro de información o acopio</p> <p>Mobiliario: 2 Escritorio 2 Archivadores 4 Sillas 2 Estantes</p> <p>La actividad tiene que estar ubicada hacia el centro del espacio donde las alturas no están comprometidas y se recibirá luz cenital. El acceso es central</p> |

Figura N° III-72: Planta de distribución del modulo básico

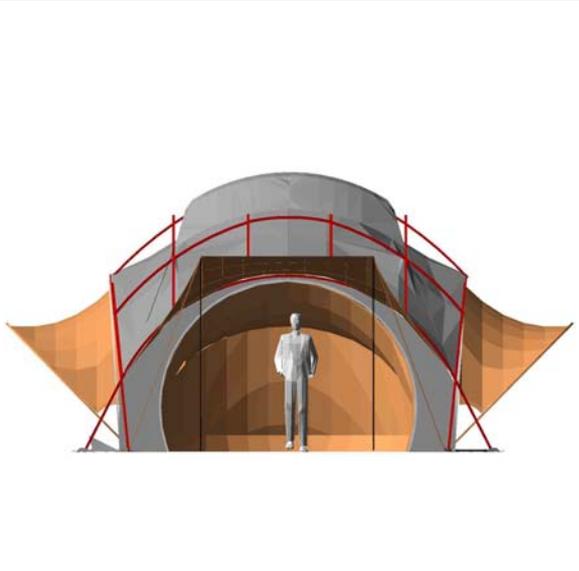
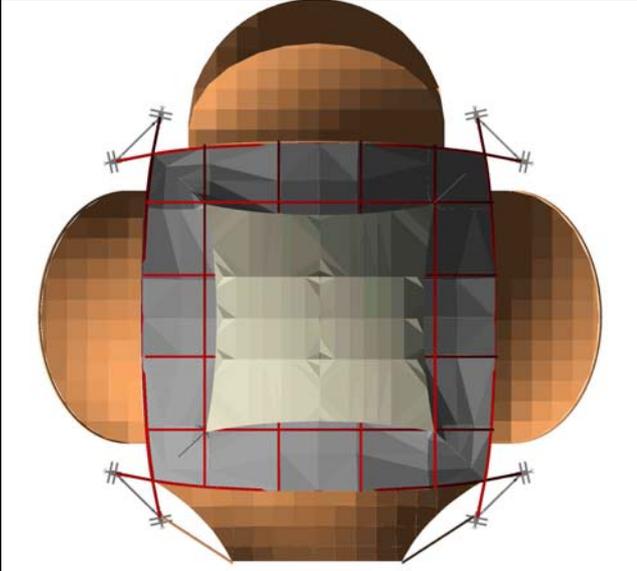
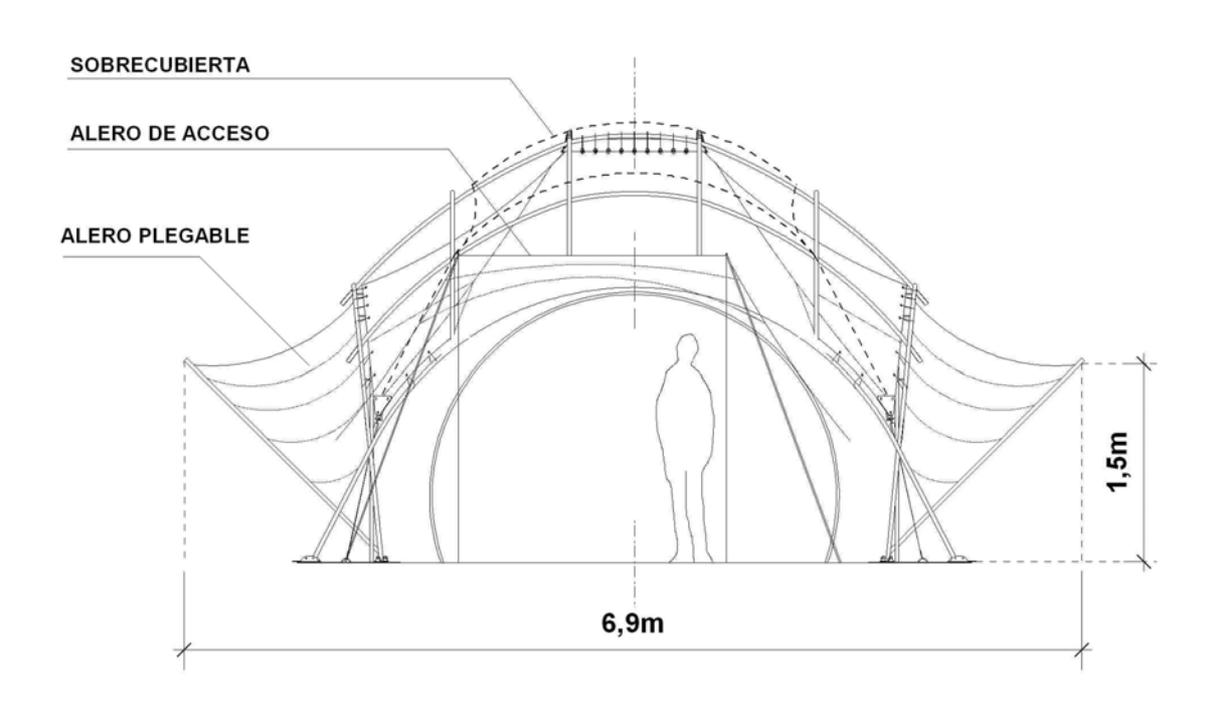
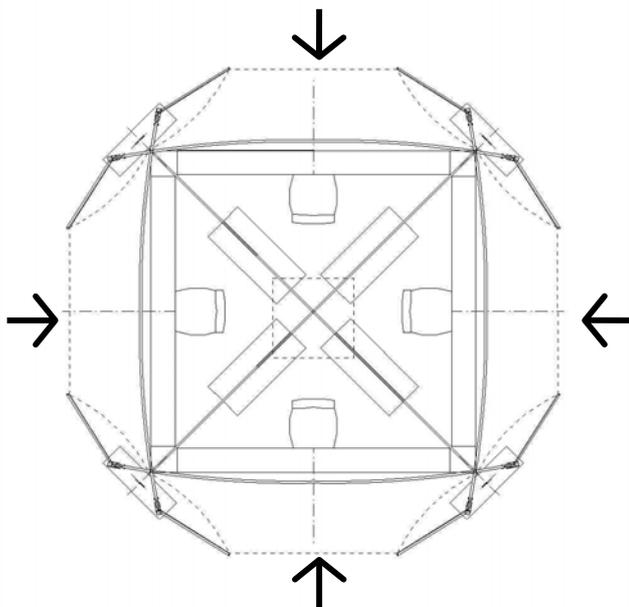
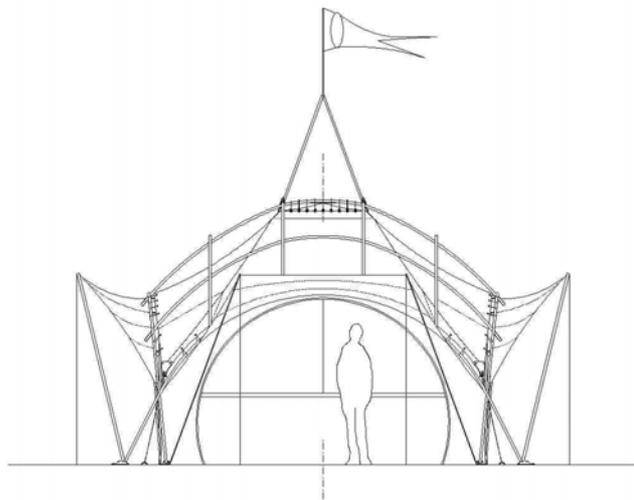
| Módulo Básico con accesorios de alero | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Alero de protección al acceso • Alero plegable de protección a la Fachada (existente en el mercado) • Sobrecubierta | <p>Área útil: 16m² Área por cada sombreado: 3.00m² Total área de sombreado: 11m²</p> |
|  |  |
|  <p>SOBRECUBIERTA</p> <p>ALERO DE ACCESO</p> <p>ALERO PLEGABLE</p> <p style="text-align: right;">1,5m</p> <p style="text-align: center;">6,9m</p> | |
| Dimensionado modulo básico + accesorios | Z-M1-02 |

Figura N° III-73: Modulo básico con accesorios

Planta de distribución de usos propuestos del módulo básico con accesorios



Uso:

Centro de información turística

Mobiliario:

4 mostradores

4 Sillas

4 Divisores textiles

8 Estantes

El modulo esta dividido en cuatro secciones para atender a publico de manera simultánea con cuatro accesos por las fachadas. Estas están protegidas con aleros para generar sombras sobre el mostrador y para demarcar el espacio del usuario.

Área útil total : 16m^2

Área de Sombreado: 8.40m^2

Figura N° III-74: Modulo básico con accesorios, planta de distribución

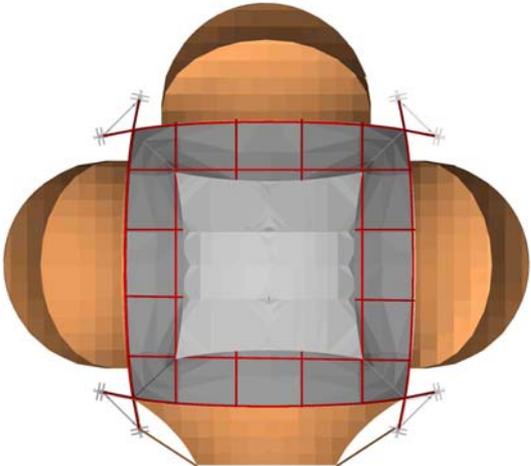
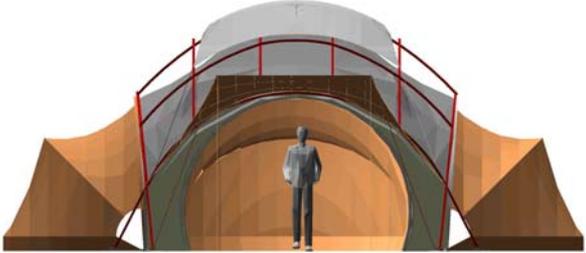
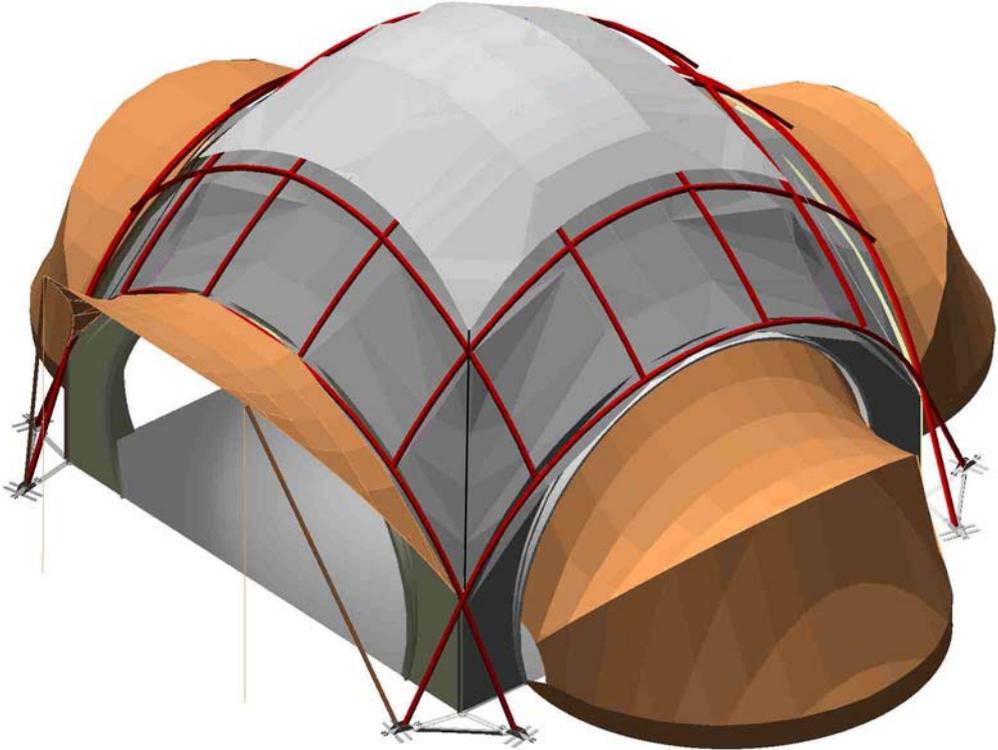
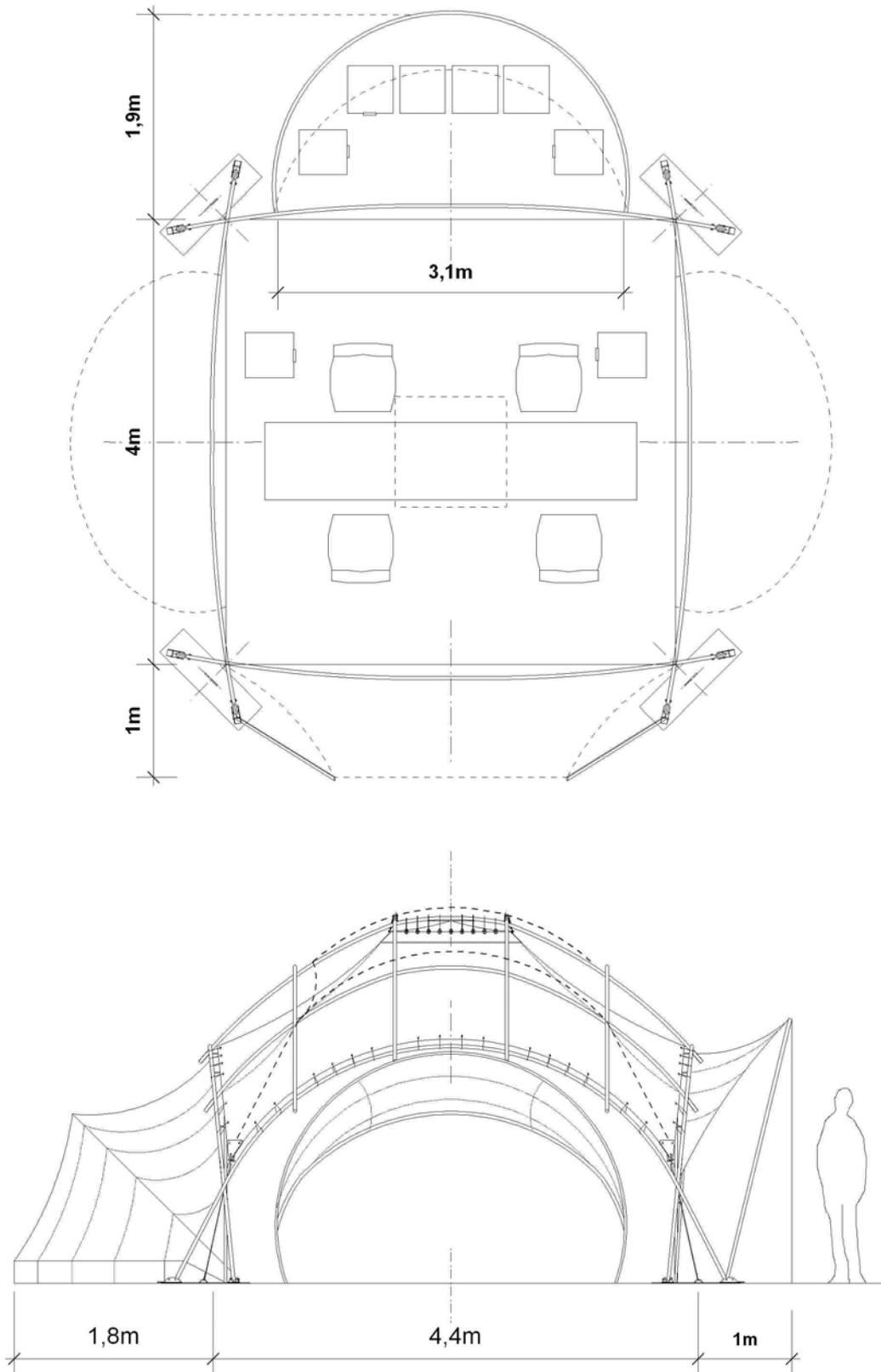
| Módulo Básico con accesorios de ampliación | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Alero de protección al acceso • Ampliación • Sobrecubierta | <p>Área útil con 3 mod. de ampliación: 30.40m² Área de cada ampliación: 4.80m²</p> |
|  |  |
|  | |
| Modulo Básico + accesorios | Z-M1-03 |

Figura N° III-75: Modulo básico con accesorios, planta de distribución

Módulo Básico con accesorios de ampliación



Dimensionado modulo básico + accesorios

Z-M1-03

Figura N° III-76: Modulo básico con accesorios, planta de distribución y alzado

CAPITULO 3 DESARROLLO CONSTRUCTIVO: PROTOTIPO Y APLICACIONES

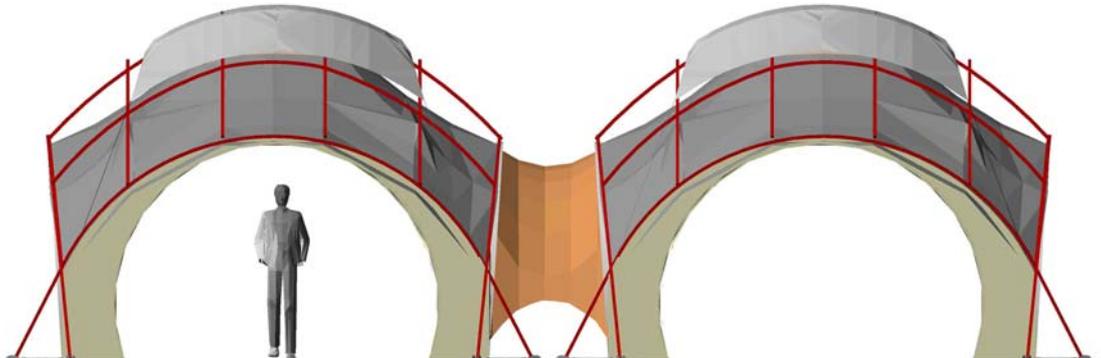
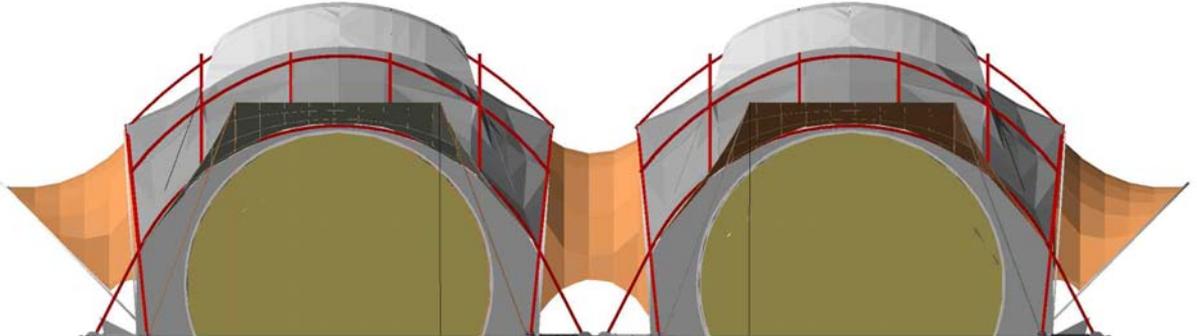
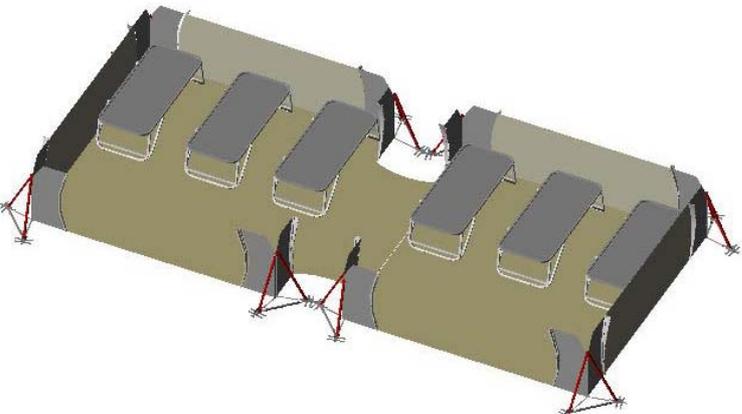
| Módulo Básico con accesorios de crecimiento | |
|---|---|
| Crecimiento lineal | |
|  | |
| Alzado | |
| Crecimiento lineal con accesorios | |
|  | |
| Alzado | |
|  | <p>Crecimiento lineal en un sentido con dos módulos conectados por un lateral</p> <p>En el corte se muestra como el módulo es aprovechable internamente</p> <p>Área de transición: 3.40m² Área útil total: 35.40m²</p> |
| Corte | |
| Crecimiento y combinaciones | Z-M1-04 |

Figura N° III-77: Crecimiento con dos módulos

El módulo básico puede combinarse por los laterales permitiendo combinaciones lineales en grupo. La unión se realiza a través de una conexión textil entre los arcos de los accesos permitiendo el crecimiento en los dos sentidos y continuidad espacial.

| Combinación de crecimiento lineal de dos módulos | |
|---|--|
| | <p>Uso:</p> <p>Ambulatorio temporal</p> <p>Mobiliario:</p> <ul style="list-style-type: none"> 3 Camas 1 Camilla 1 Escritorio 2 Archivadores 2 Sillas 1 Paraban divisorio <p>Opcional:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Estante 4 Mesas adicionales pequeñas <p>El crecimiento es a través de una conexión textil entre los módulos que se realiza entre los arcos de acceso de las fachadas.</p> <p>En el ejemplo de la figura se distribuyo (de acuerdo a las especificaciones de Médicos Sin Fronteras) un dispensario con una zona de hospitalización o de terapia.</p> <p>Área útil: 40.20m²</p> |
| Crecimiento y combinaciones | Z-M1-04 |

Figura N° III-78: Planta de distribución del crecimiento con dos módulos

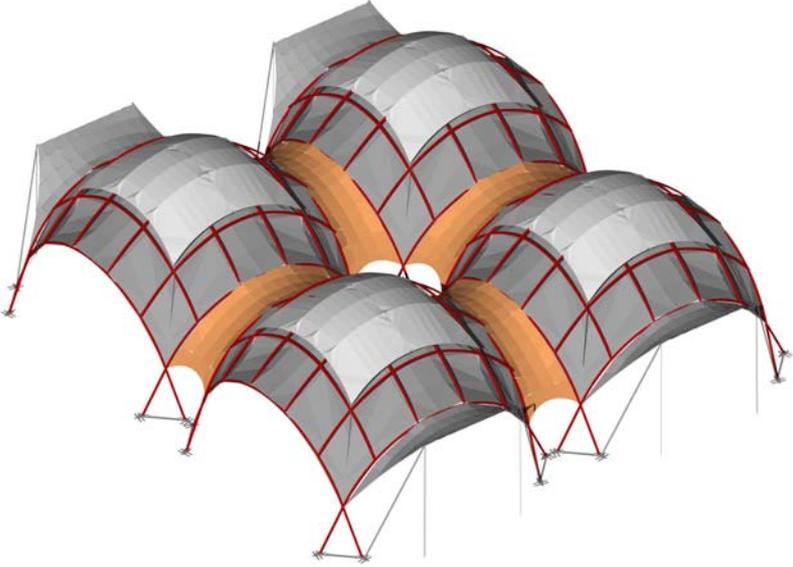
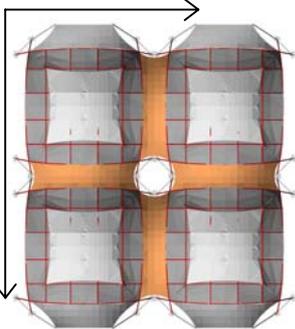
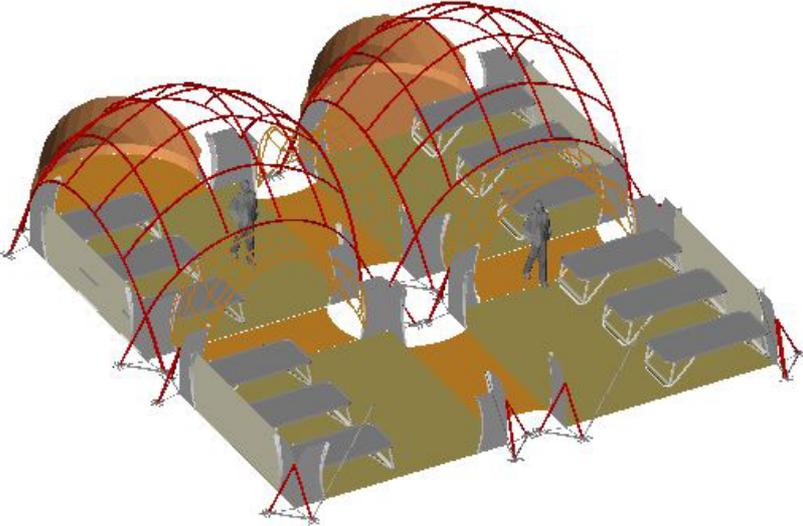
| Combinación de crecimiento de cuatro módulos en dos sentidos | |
|---|---|
|  | <p>Crecimiento horizontal en ambos sentidos con accesorios. Cuatro módulos conectados por los laterales.</p> <p>En el centro de los cuatro módulos resulta un espacio que puede ser aprovechado para la ventilación del espacio o para colocar equipos que necesiten resguardo o respiración.</p> <p>Área de transición: 13.60m² Área útil total: 87.20m²</p> <p>Crecimiento en 2 sentidos</p>  |
|  | Z-M1-04 |
| Crecimiento y combinaciones | |

Figura N° III-79: Crecimiento con cuatro módulos

Estas alternativas buscan demostrar que el módulo obtenido puede ser usado en diferentes funciones abarcando una gama de alternativas bastante amplia de posibilidades de aplicación. Los usos aquí propuestos, como ya se ha comentado, son de carácter exploratorio para probar y visualizar el funcionamiento del espacio interno obtenido en esta investigación, de cara a establecer relaciones entre el espacio, con una configuración formal de alturas variables, y la distribución espacial del mobiliario que organice las actividades y optimice el funcionamiento, así como también demostrar cierta versatilidad de adaptarse a diferentes situaciones. No es objetivo de este trabajo su confirmación en el mercado, aunque, en este sentido, se puede comentar los siguientes aspectos.

Estas alternativas de aplicación, no sólo dependerán de la función a que se destine, sino que también responderán a otras variables como las posibilidades de apoyo, que a su vez, dependen del tipo de terreno donde se ubicará el módulo, el medio de transporte, que puede variar según sea el caso de la accesibilidad y la variable más importante que es su frecuencia de uso, es decir el tiempo de permanencia de la estructura en funcionamiento. En la medida que el tiempo de uso sea menor las posibilidades de combinación entre los módulos se reduce, por la cantidad de actividades que conlleva el montaje haciéndolo poco rentable, mientras que, cuando el tiempo de uso es mayor puede generarse una combinatoria entre los módulos mas compleja y podrá aceptar la adición de accesorios o de componentes ensamblables.

Esto indica, que la solución de un módulo sistematizado y repetitivo, tiene sentido siempre y cuando se entre en un proceso de fabricación industrial seriada, cuyo volumen de producción asegure que los costos puedan ser amortizados en el tiempo. Sobre este aspecto, hay que mencionar que la capacidad de la estructura de ser 100% reutilizable, el atractivo por la transformación estructural instalado en las escuelas de ingeniería y arquitectura y las expectativas reales de la utilización práctica de estas estructuras en nuevos usos en el marco de un ambiente tecnológico, social y económico contemporáneo, son indicadores de que existe un mercado en crecimiento lo suficientemente interesado en su consumo y desarrollo.

Cada vez encontramos mayores ofertas de refugios con mayores prestaciones en cuanto al aumento la relación ligereza-resistencia, las cuales intentan responder a una necesidad creciente de movilidad y nomadismo, tal y como se comentó en el capítulo N° 1. Este fenómeno mas temprano que tarde, detonará en una industria de lo transformable, plegable y ligero que, además, ha ser global e interconectada.

En el campo de la aplicación, también existe la posibilidad de utilizar la transformabilidad, que se ha estudiado en este trabajo, como un método constructivo, que tiene importantes ventajas, ya que es producido todo en taller con un control total de las variables de calidad y precisión e independiente de las condiciones climáticas, en este caso, adquiere una vital importancia tres factores, el diseño de las conexiones móviles, el diseño del cerramiento y el mecanismo de transformación, ya que de ellos dependerá que la solución sea viable técnica y económicamente competitiva, con otras estructuras no sólo transformable, sino también armables, que tienen mucho camino recorrido.

Lo que se intenta decir, es que no debe verse los resultados de esta investigación únicamente restringida a la aplicación de un módulo, sino que, a la vista de los resultados se abren nuevas áreas de investigación, desde una óptica más amplia, en el desarrollo de las estructuras pre-flectadas.

Referencias bibliográficas al final del capítulo

- [1] Emmitt Stephen, 2002. "Architectural Technology. Blackwell Science". UK. pag. 41-51.
- [2] Pérez Piñero Emilio, 1968. "Las cúpulas de estructuras reticulares desplegadas", en Arquitectura Transformable. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, pag. 11-15.
- [3] Calatrava Santiago, 1980. "La plegabilidad de los entramados", en Arquitectura Transformable. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, pag. 35-124.
- [4] Pérez Valcárcel J., 1993. "Cálculo de estructuras desplegadas de barras", en Arquitectura Transformable. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, pag. 127-152.
- [5] Hernández Carlos, 1999. "Desarrollo de estructuras transformables: Estran1", en Tecnología y Construcción. IDEC-FAU-UCV. Vol. 15 – No.1, pag. 7-33.
- [6] Mollaert, Haase, 2001. "From small parts to large structure", en Bauen mit.textilirm Helft, pag. 1-8

Índice de figuras

- Figura Nº III-1: Tipología de nudos de las mallas deformadas
- Figura Nº III-2: Tipos de nudos por presión
- Figura Nº III-3: Tipos de nudos por presión
- Figura Nº III-4: Isometría general de ubicación
- Figura Nº III-5: Isometría general de ubicación
- Figura Nº III-6: Isometría general de ubicación
- Figura Nº III-7: Nudo de la malla de barras
- Figura Nº III-8: Modelo de explosión del nudo de la malla de barras
- Figura Nº III-9: Plancha metálica de bloqueo del nudo
- Figura Nº III-10: Comprobación de la plancha metálica de bloqueo del nudo
- Figura Nº III-11: Nudo de la malla de barras con "U"
- Figura Nº III-12: Pieza en "U"
- Figura Nº III-13: Comprobación de la pieza en "U"
- Figura Nº III-14: Terminal de barra del arco (bases)
- Figura Nº III-15: Comprobación del terminal de las barras del arco
- Figura Nº III-16: Piezas del terminal de las barras del arco
- Figura Nº III-17: Accesorios de la base
- Figura Nº III-18: Accesorios de la base
- Figura Nº III-19: Pesos y accesorios para las bases
- Figura Nº III-20: Comprobación de los pesos para la base
- Figura Nº III-21: Patronaje de la membrana
- Figura Nº III-22: Despiece del patronaje de la membrana
- Figura Nº III-23: Unión de borde de membrana con la malla
- Figura Nº III-24: Comprobación del borde de la membrana
- Figura Nº III-25: Unión punto intermedio
- Figura Nº III-26: Unión esquina superior
- Figura Nº III-27: Unión esquinas inferiores
- Figura Nº III-28: Unión esquinas inferiores
- Figura Nº III-29: Armado del nudo de la malla
- Figura Nº III-30: Armado de la pieza terminal de la barra de los arcos perimetrales
- Figura Nº III-31: Armado de las bases articuladas
- Figura Nº III-32: Pieza de anclaje
- Figura Nº III-33: Ensamblaje de la malla
- Figura Nº III-34: Primera transformabilidad de la malla
- Figura Nº III-35: Estructura completamente cerrada
- Figura Nº III-36: Primer ensayo de montaje con andamio
- Figura Nº III-37: Segundo ensayo de montaje con grúa
- Figura Nº III-38: Resultado del proceso de erección

CAPITULO 3 DESARROLLO CONSTRUCTIVO: PROTOTIPO Y APLICACIONES

Figura N° III-39: Deformación en los nudos de la malla
 Figura N° III-40: Deformación de las barras
 Figura N° III-41: Desplazamiento de las barras
 Figura N° III-42: Desmontaje
 Figura N° III-43: Nueva propuesta de nudo con topes
 Figura N° III-44: Segundo proceso de erección
 Figura N° III-45: Proceso de montaje de la cubierta
 Figura N° III-46: Resultado final de la cubierta
 Figura N° III-47: Cambio de color en las barras
 Figura N° III-48: Isometría general del re-diseño de componentes, detalles y piezas
 Figura N° III-49: Nuevo nudo de la malla de barras
 Figura N° III-50: Modelo de explosión del nuevo nudo
 Figura N° III-51: Nuevo nudo de la malla de barras con "U"
 Figura N° III-52: Nueva pieza en "U"
 Figura N° III-53: Unión punto intermedio
 Figura N° III-54: Terminal de barra del arco
 Figura N° III-55: Terminal de barra del arco
 Figura N° III-56: Accesorios de la base para pesos del anclaje
 Figura N° III-57: Comprobación del peso del anclaje
 Figura N° III-58: Re-diseño del patronaje de la membrana de acuerdo a las coordenadas
 Figura N° III-59: Estudio del desperdicio del nuevo patronaje
 Figura N° III-60: Isometría general de las fachadas y accesorios
 Figura N° III-61: Sobrecubierta
 Figura N° III-62: Sobrecubierta
 Figura N° III-63: Piso de arriostre de membrana textil
 Figura N° III-64: Unión terminal de las bases con el piso de arriostre de membrana textil
 Figura N° III-65: Unión fachadas verticales con piso textil
 Figura N° III-66: Fachada textil
 Figura N° III-67: Detalle de la fachada textil
 Figura N° III-68: Dimensiones fachada textil
 Figura N° III-69: Módulo básico
 Figura N° III-70: Módulo básico
 Figura N° III-71: Dimensionamiento del módulo básico
 Figura N° III-72: Planta de distribución del módulo básico
 Figura N° III-73: Módulo básico con accesorios
 Figura N° III-74: Módulo básico con accesorios, planta de distribución
 Figura N° III-75: Módulo básico con accesorios, planta de distribución
 Figura N° III-76: Módulo básico con accesorios, planta de distribución
 Figura N° III-77: Crecimiento con dos módulos
 Figura N° III-78: Planta de distribución del crecimiento con dos módulos
 Figura N° III-79: Crecimiento con cuatro módulos

Incidencia de Cuadros

Cuadro N° III-1: Resultado del segundo montaje del prototipo
 Cuadro N° III-2: Resultado geométrico del prototipo

Incidencia de Tablas

Tabla N° III-1: Nomenclatura de codificación del catálogo de piezas del prototipo
 Tabla N° III-2: Índice de de codificación de componentes, detalles y piezas para la fabricación del prototipo "SUDAKA TENT"
 Tabla N° III-3: Aspecto cuantitativo: Barras
 Tabla N° III-4: Aspecto cuantitativo: Nudos
 Tabla N° III-5: Aspecto cuantitativo: Anclaje
 Tabla N° III-6: Aspecto cuantitativo: Membrana

CAPITULO 3 DESARROLLO CONSTRUCTIVO: PROTOTIPO Y APLICACIONES

Tabla N° III-7: Aspecto cuantitativo: Proceso de montaje
Tabla N° III-8: Aspecto cuantitativo: Estructura global