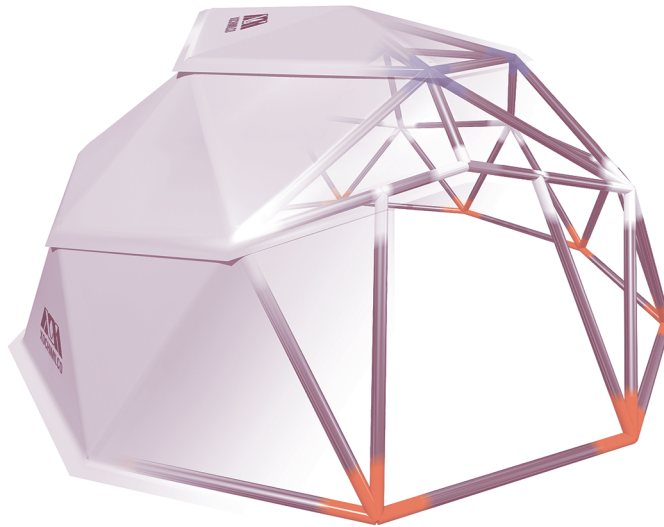


# Estructura MODULAR TEMPORAL: La construcción para la ayuda a damnificados

Diemel Hernández Unzueta y Armando Andrés Suárez Salazar  
Departamento de Tecnología y Producción



Estructura modular  
temporal  
Imagen: Armando  
Andrés Suárez  
Salazar

**E**n México, el 7 y 19 de septiembre del año pasado sucedieron dos fuertes sismos, el primero de magnitud 8.2, con epicentro en las costas de Chiapas; el segundo de magnitud 7.1, con epicentro al sureste de Axochiapan, Morelos. Éstos afectaron varios estados de la República Mexicana, registrando el mayor número de viviendas dañadas en la Ciudad de México y el Istmo de Tehuantepec. Ante estos dos eventos, la División de CyAD de la UAM-X, se dio a la tarea de brindar ayuda a los damnificados a través de diversas actividades. En este rumbo, los integrantes del Laboratorio virtual de simulación infográfica y materialización para el diseño integral (Lavsima-di)<sup>1</sup>, junto con los profesores Arturo Mercado Escutia y Héctor Espíndola Elizalde, así como las egresadas de la licenciatura en Diseño Industrial: Vanesa Quintero y Ariadna Escalante Huerta,

1. Éste pertenece al Departamento de Tecnología y Producción, cuyos integrantes son: Pedro Jesús Villanueva, Alfredo Flores Pérez, Iván Alejandro Ramírez, Armando Andrés Suárez Salazar y Diemel Hernández Unzueta.

formaron un equipo de trabajo interdisciplinario cuyo objetivo fue diseñar y fabricar una estructura emergente temporal para los damnificados en Juchitán de Zaragoza, Oaxaca. Esta decisión fue tomada para complementar la ayuda que se canalizó hacia la Ciudad de México y el estado de Morelos. Para esto, se buscó una estructura que cumpliera las siguientes demandas de fácil fabricación, armado y desarmado, ligera y a la vez resistente, especialmente a los fuertes vientos que se presentan en el lugar; dimensiones acordes con el terreno y económicamente factible, ya que el presupuesto del proyecto de investigación dado por el Departamento de Tecnología y Producción con el apoyo de la Dirección de CyAD fueron la fuente de financiamiento.

Tomando en consideración estas premisas, se decidió diseñar una estructura geodésica metálica de 5m de diámetro; para esto y con el auxilio de herramientas digitales<sup>2</sup>, se diseñaron cuatro propuestas. Se analizó el comportamiento estructural de cada una de ellas, al final se optó por un domo geodésico de frecuencia 2 con 2 longitudes de barras (1.366 m y 1.545 m, respectivamente) de acero galvanizado de 32 mm de diámetro, calibre 20, conectadas a través de tornillos.

Después de platicar la posibilidad de hacer tangible la fabricación de la estructura emergente temporal y que ésta debería fabricarse en serie, se acordó abordar el problema tomando en cuenta cada una de las disciplinas, siempre considerando las opiniones expuestas por cada uno de los integrantes del equipo. Toda la fabricación se realizó en el taller de pailería de la Licenciatura en Diseño Industrial con el apoyo de Miguel Ángel

---

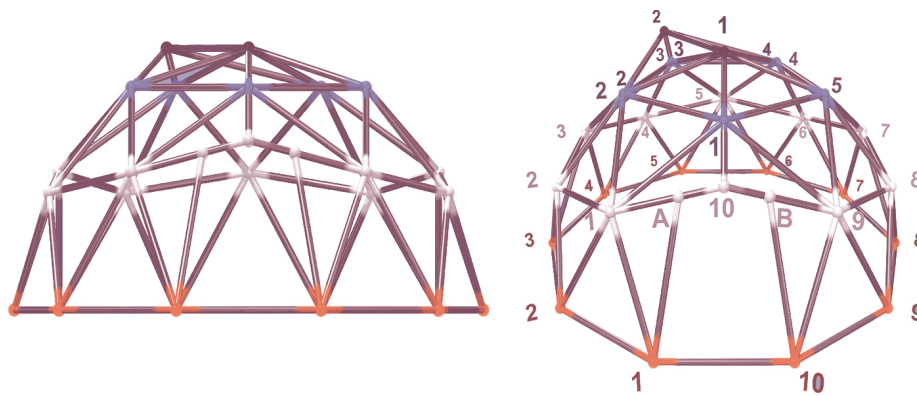
2. Las herramientas digitales empleadas fueron Rhinoceros, v. 5, DesertDome, Geodesic dome calculator y SAP 2000©, para el análisis y diseño estructurales.

Vázquez Sierra, coordinador de la misma, y con la supervisión del Héctor Espíndola Elizalde.

El primer paso consistió en medir y cortar todos los segmentos de tubo; posteriormente se realizaron ensayos de aplastamiento con una máquina similar a un troquel, ya que no se contaba con una matriz que hiciera la operación en un solo golpe.

Tan pronto como se terminó de aplanar la sección circular de todos los segmentos de tubo se procedió a marcar el centro del barreno de cada uno, que sería su punto sujeción. A esta altura del proceso se presentó un cuestionamiento: por un lado, la precisión del barreno como parte importante para la construcción geométrica de los elementos; por otro, tener una holgura más allá de la tolerancia marcada, la que permitiría ajustar los posibles errores que se pudieran cometer durante la producción, permitiendo que cada uno de los segmentos de tubo coincidieran en los puntos de sujeción. Se optó por la segunda opción, por lo que se decidió barrenar en la posición determinada por el modelo digital ya diseñado, a la cual se le agregó una holgura en el barreno de cuatro milímetros extra para absorber el error, dicha tolerancia no afectaría el sistema estructural. Después, se removieron los excesos de material y se les dio un acabado romo a las esquinas.

Se contaron y organizaron los tubos para proceder al armado de la estructura por medio de tornillos, tuercas y rondanas; todos estos galvanizados para prolongar la vida útil de los nodos constructivos de la estructura. Se inició el ensamblaje con la guía del modelo digital que mostraba claramente el lugar de cada segmento, su disposición dentro de la estructura, los ángulos entre tubos y de doblez de los extremos de éstos, que se llevaron a cabo mediante un tornillo de



banco, apoyándose con dos escantillones: uno que indicaba el ángulo de  $18^\circ$ , para los 35 tubos largos; otro que indicaba el ángulo de  $16^\circ$ , para los 30 tubos cortos.

El ensamble fue laborioso, por lo que para distinguir los segmentos de diferente tamaño, lograr que el montaje fuese sencillo, se optó por identificarlos mediante colores y números en los extremos de cada tubo (figura 1).

Una vez concluido el armado de la estructura y probada su resistencia, se encontraron dos problemas de usabilidad: uno, la ventilación, que si bien se consideró en el diseño original, resultaba excesiva; otro, el acceso que en el diseño original no fue contemplado, dado que se estimó el uso al interior del domo sólo para albergar personas y mobiliario pequeño como sillas y hamacas (sujeta-do a los tubos), de ahí que el único modo de ingresar al interior de la estructura sería a través de uno de los triángulos de la misma.

De acuerdo a esto, se acordó resolver primero el acceso, ya que se consideró la posibilidad de introducir al interior de la geodésica muebles de mayor tamaño como camas, así como facilitar el acceso a las personas; esto se resolvió triangulando y segmentando las piezas de un cuadrante para lograr un acceso adecuado y suficiente para las necesidades de los usuarios. Esta triangulación

dio como resultado tres piezas diferentes a las ya moduladas, lo cual implicó una producción más compleja, pero los requerimientos de uso apuntaban que sería la decisión correcta. Con respecto a la ventilación, se plantearon soluciones de diseño relacionadas al lugar donde se destinaría la estructura. La propuesta final contempló tres aspectos fundamentales: la ventilación cruzada (contra puesta al acceso), la velocidad e intensidad del viento que se da en esa zona, sobre todo al final de año, y la producción del menor número de elementos extra a la estructura; cabe destacar que el trabajo interdisciplinario fue vital para lograr la solución óptima. Al final se llevó a cabo una nueva revisión estructural colgando peso en diferentes puntos de la estructura, confirmando que su comportamiento fue casi igual a lo previsto en el análisis estructural llevado a cabo por un simulador digital.

Evaluado el desempeño estructural quedaba pendiente la cubierta; de ésta se resolvieron cuatro aspectos importantes: material, forma, lugar y producción.

Por las características impermeables, maleables y de costo se decidió utilizar una lona de polietileno tejido. Los ojales para sujetar la cubierta a la estructura serían de acero al carbón cromados. Después de plantear diversas soluciones, la que arrojó una mayor factibilidad para hacer más

Figura 1: Distinción de la estructura por colores Imagen: Armando Andrés Suárez Salazar

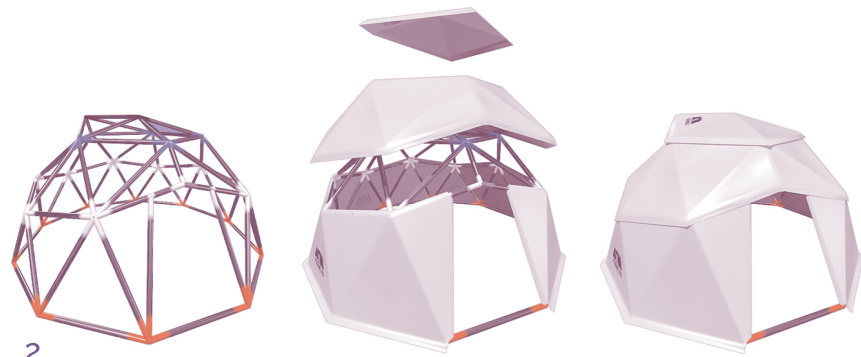


Figura 2: Estructura y lonas  
Imagen: Armando Andrés Suárez Salazar

Figura 3: Prototipo final instalado  
Fotografía: Armando Andrés Suárez Salazar



fácil el transporte, almacenaje y producción de la cubierta, fue conformar tres partes separadas y traslapadas (inferior, intermedia y superior), que envolvieran la circunferencia de la estructura, y una cuarta, junto con un mosquitero, que cubriera la tronera.

Con el traslape entre las secciones se lograría que el agua de lluvia no se infiltrara al interior del refugio y que el viento circulara (figura 2).

A pesar de la poca experiencia con la que contaba el equipo de trabajo, ya que sólo dos integrantes habían realizado proyectos similares con anterioridad, se dio inicio al proceso de producción de la cubierta; éste consistió en trazar la línea de corte de la sección inferior, que constó de varios tramos, con el fin de que la cubierta tomara la forma curva de la estructura. Posteriormente se recortaron los tramos, siguiendo la línea de corte y se unieron utilizando soldadura con aire caliente (vulcanización). Una vez unidos los tramos, se colocó la lona en la estructura con el fin de marcar los puntos de sujeción (los tornillos salientes de unión de la estructura). Se barrenó cada punto de sujeción y se colocaron los ojillos metálicos, previamente se reforzaron cada uno de los orificios con el mismo material de la lona. El proceso se repitió para el resto de las secciones.

Para el problema de filtración de agua a través de los puntos de sujeción, se analizaron varias propuestas; sin embargo, éstas contemplaban llevar un producto de sellado (silicón sin vulcanizar, espuma de poliuretano en lata, entre otros) y colocarlo en los nodos *in situ*, esperando que actuara sellando la unión entre lona y estructura. La solución fue utilizar un tope con autoadherible (para las patas de los muebles), de un material denominado EVA, comúnmente llamado Foamy; éste serviría como aislante entre las rondanas y la lona, creando así una barrera por la cual era difícil que se filtrara el agua al interior del refugio. Sólo se tuvo que realizar un pequeño barreno al centro del elemento para ser ensamblado. Se colocaron los sellos en ambas partes del nodo (posterior y anterior) y se realizaron ensayos con agua para probar su funcionamiento, que resultaron satisfactorias.

Una vez terminada la fabricación y montaje de la estructura (figura 3), se procedió al desmontaje y embalaje de la misma para trasladarla a la Ciudad de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, zona donde era requerida para albergar a una familia istmeña que desafortunadamente no podía ingresar a su vivienda por los daños ocasionados por el sismo.

