

DISEÑO ESTRUCTURAL II

Carrera de **Arquitectura**

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Cuyo



UNIDAD 4

RETICULADOS ESPACIALES



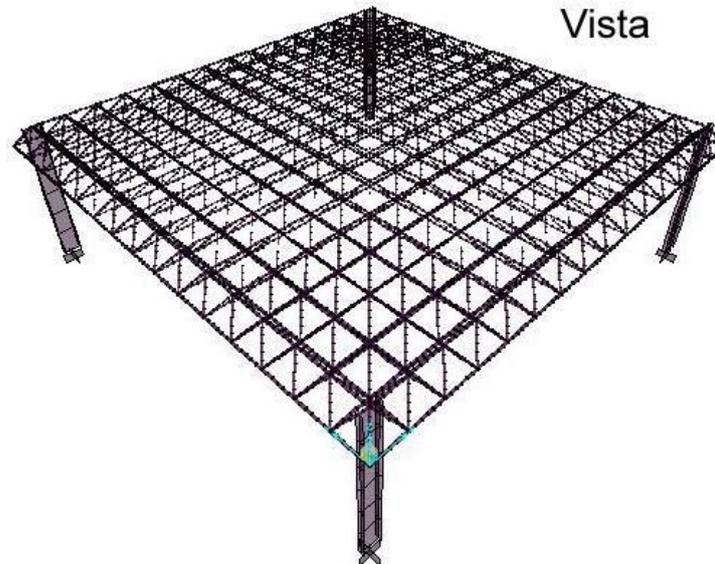
Dr. Ing. Gonzalo S. Torrasi

2015

(basado en apunte de la cátedra Canciani)

1. INTRODUCCIÓN

Definimos a la estructura espacial como constituida por un gran número de barras de longitud pequeña comparada con la de toda la estructura, vinculadas entre sí por los extremos y que se genera por la repetición de un elemento geométrico



El antecedente de la estructura espacial no es otro que la versión en tres dimensiones de la cercha o viga de celosía, basando su principio en la triangulación, por ser el triángulo la unidad estructural más rígida que se obtiene en el plano. La tendencia de mantener los ángulos semejantes entre sí (45° a 60°) dieron origen la viga Warren, Viga Howe, Viga Pratt y la celosía en Cruz de San Andrés

Las estructuras pueden ser de una sola capa, la cual debe estar triangulada, posibilitando con la forma a tratar de anular las perturbaciones flexoras. Estos reticulados son económicos para luces de hasta 50 metros.

O de dos capas cuando se busque lograr una mayor rigidez (indispensable para una arquitectura colectiva donde hay que salvar grandes luces con poco material), las mismas unidas por barras diagonales.



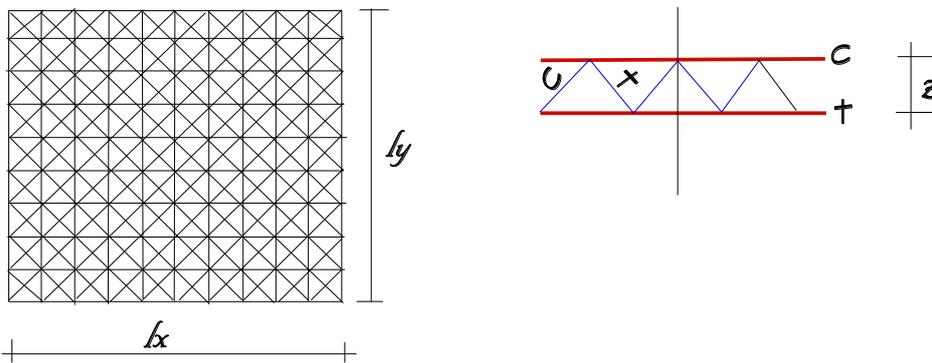
Las mismas está formadas por pirámides de base cuadrada que colocadas una al lado de la otra determinan un reticulado de dos dimensiones.

2. COMPORTAMIENTO

Una estereoestructura se comporta como una losa armada en 2 direcciones y sometida a flexión. Requiere un brazo elástico por lo consiguiente es necesario que tenga rigidez.

Los cordones superior (comprimido) e inferior (traccionada) toman los esfuerzos axiales.

Los cordones inclinados toman los esfuerzos de resbalamiento



En la clasificación de Engels se las denomina de **Vector Activo**

3. CRITERIOS DE DISEÑO

En las estereoestructuras deben distinguirse tres elementos básicos de composición

- Barras
- Nudos
- Uniones barra-nudos

3.1 BARRAS:



Son elementos lineales (rectos), esbeltos (preferentemente cortas por el trabajo a compresión)

Se utilizan tubos estructurales redondos, cuadrados o rectangulares con diferentes tipos de aceros y recubrimientos: Galvanizado, aluminizado, pintados e inoxidable.

3.2 NUDOS:

Son puntos de concurrencia de barras

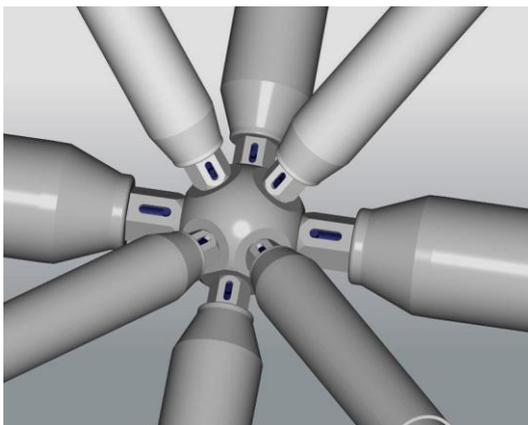
Los nudos cumplen una doble función:

1º- Garantizar la transmisión de los esfuerzos en un gran número de elementos con distintas direcciones. Por considerar las barras articuladas en los nudos, las mismas están sometidas a esfuerzos de tracción o compresión.

2º- facilitar el proceso constructivo de la malla y absorber la elongación en las longitudes de las barras.

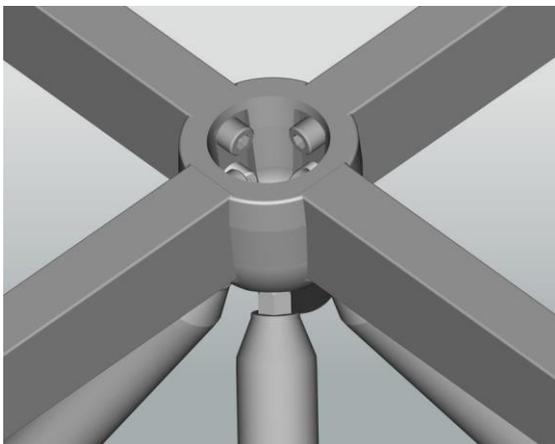
Aquí presentamos algunos ejemplos de nudos o piezas de unión:

UNIÓN BARRA NUDO ESFÉRICA MERO KK



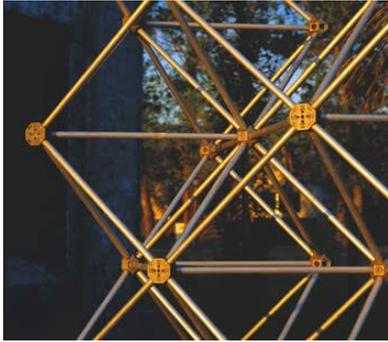
Admite superficies curvas, estructuras de varias capas, cargas en los nudos y hasta 18 barras por unión.

Unión tazón Mero NK



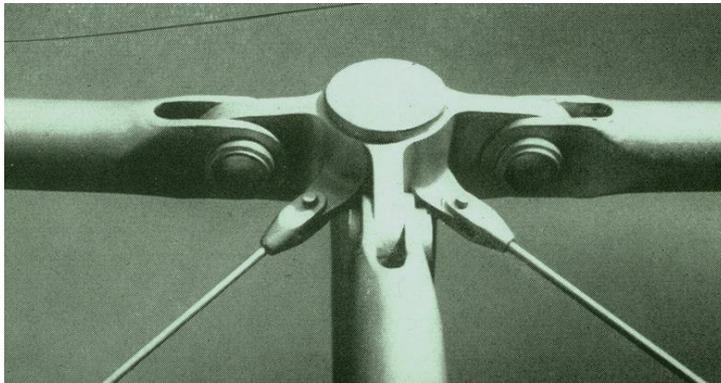
Admite hasta dos capas y superficies curvas

Unión Molecule



Unión simple (1 solo tornillo).
Argentino

Unión abulonada que, en este caso, permite además anclar dos tensores



Primer criterio de diseño:

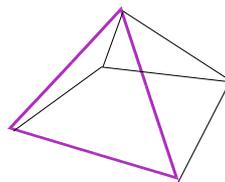
Cantidad mínima de barras, nudos y uniones, por unidad de superficie

Segundo criterio de diseño:

Uniformidad de los elementos constructivos; es evidente que si se reduce el número de elementos diferentes se facilita la producción y el montaje de la estructura

Tercer criterio de diseño

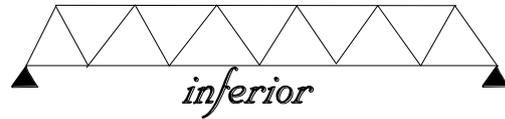
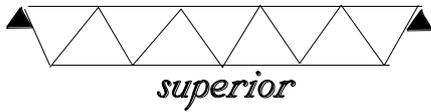
Conservar la rigidez del sistema. La figura indeformable en el plano es el triángulo



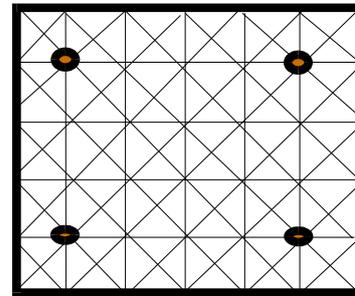
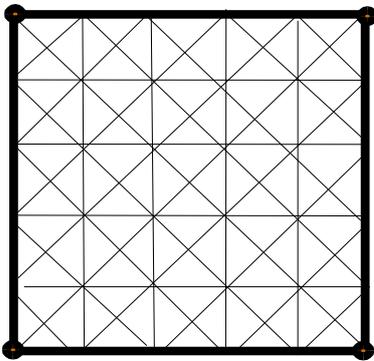
3.3 APOYOS:

Las estereestructuras pueden ser apoyadas en alguna de las siguientes formas:

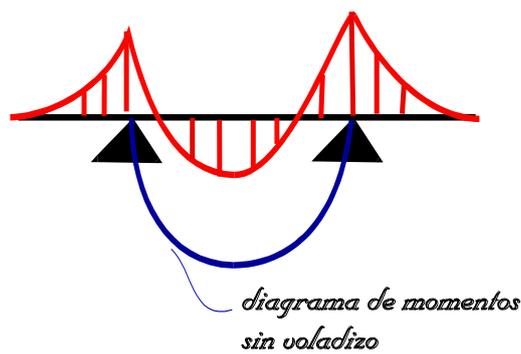
a) *En el plano superior o inferior:*



b) *Sobre cuatro apoyos en las esquinas o retiradas de las mismas*

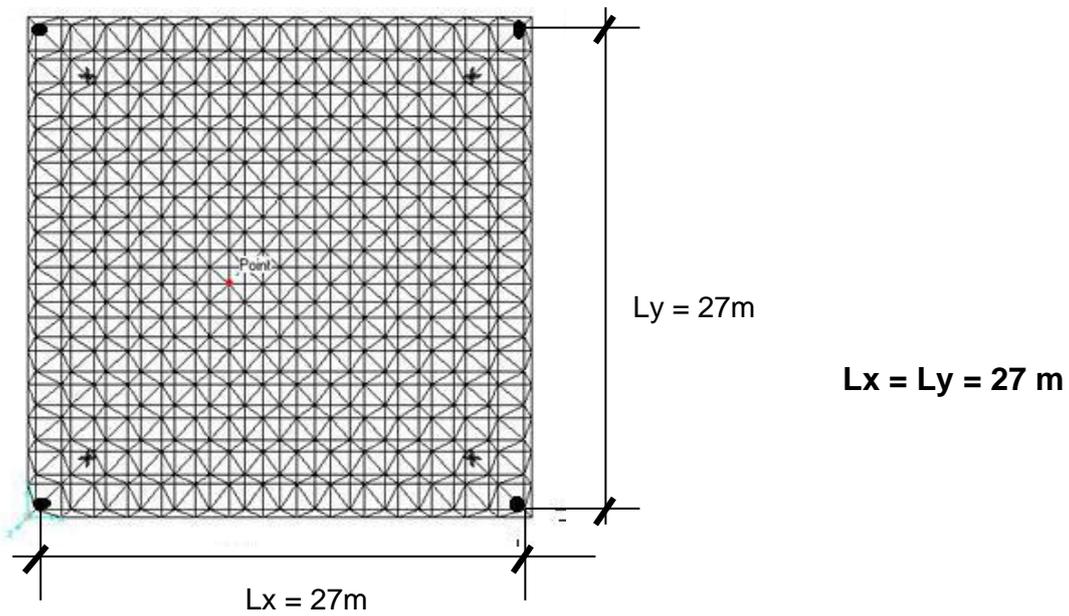
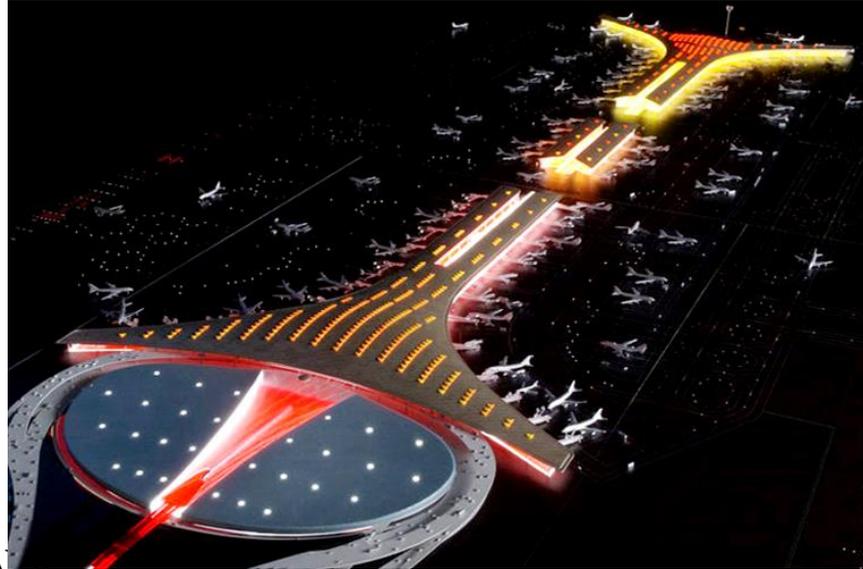


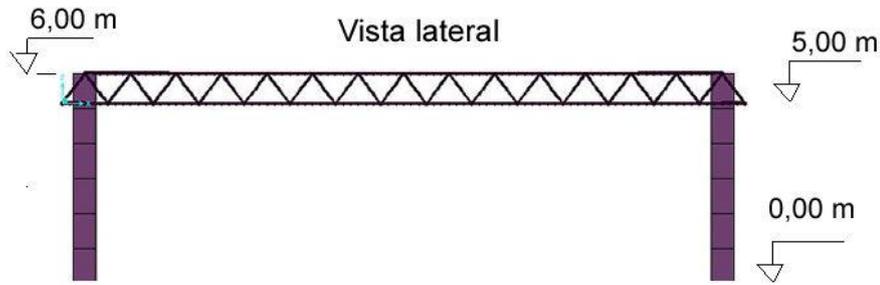
Si se utilizan columnas, mediante una disposición modular de estas y proyectando voladizos, se puede obtener un reparto uniforme de los esfuerzos dada la descarga del momento del tramo entre columnas que generan los momentos de los voladizos



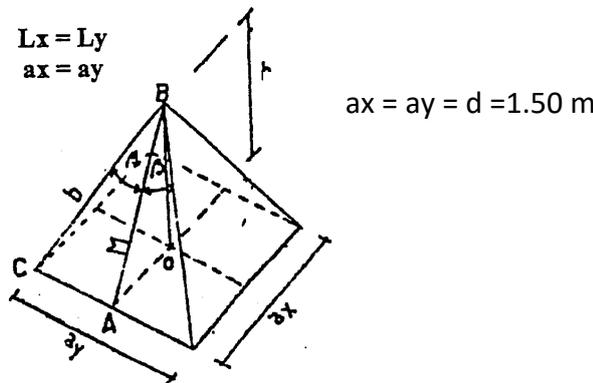
3.4 MONTAJE:

Las estereoestructuras de grandes luces se construyen in situ, como este ejemplo del Aeropuerto de Beijing





Modulo Tipo



a) Predimensionado

Se adoptan 18 módulos, entonces se debe calcular h:

Se trabaja con triángulos semejantes:

$$m = \sqrt{d^2 - (a/2)^2} = \sqrt{1.50^2 - (1.5/2)^2} = 1.3 \text{ m}$$

$$h = \sqrt{m^2 - (a/2)^2} = \sqrt{1.30^2 - (1.5/2)^2} = 1.06 \text{ m}$$

b) Análisis de cargas

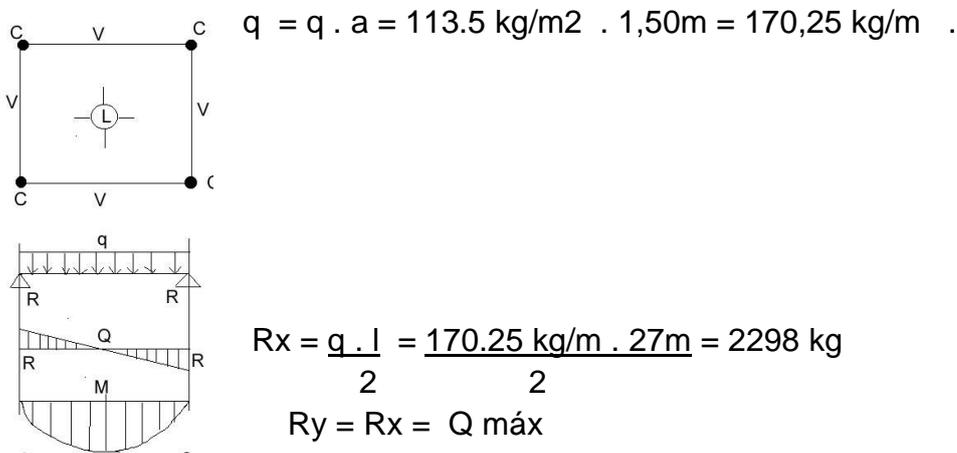
- Peso propio del módulo piramidal $\frac{20 \text{ kg/m} \cdot 8 \cdot 1.50}{(1.50\text{m})^2} = 107 \text{ kg/m}^2$
 - Peso cubierta (chapa acanalada) 20 kg/m^2
 - Sobrecarga (azotea inaccesible) 100 kg/m^2
- $q = 227 \text{ kg/m}^2$

c) Dimensionamiento

Se procede en forma similar a una losa en dos direcciones

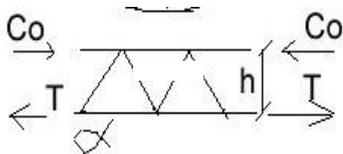
$$\begin{matrix} \underline{Lx} = 1 \\ Ly \end{matrix} \begin{cases} qx = X \cdot q = 0,5 \times 227 \text{ kg/m}^2 = 113.5 \text{ kg/m}^2 \\ qy = \rho \cdot q = 0,5 \times 227 \text{ kg/m}^2 = 113.5 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$

d) Cálculo del Momento Flector y Reacciones



$$M = \frac{q \cdot (l)^2}{8} = 15.537 \text{ kgm} \text{ (15.514 kgm)}$$

Calculo del esfuerzo en los cordones superiores e inferiores de fajas de la placa



$$\text{Compresión} = \text{Tracción} = \frac{M}{h}$$

$$C = T = \frac{15.537 \text{ kgm}}{1,06} = 14.635,87\text{kg}$$

D1) Cordón Superior

$$Fe \text{ nec.} = \frac{C}{\sigma \text{ adm}} = \frac{14.635,87\text{kg}}{1400\text{kg/cm}^2} = 10,45 \text{ cm}^2$$

$$PK=C \cdot 2 = 29.271,74\text{Kg}$$

$$IK = a$$

$$J \text{ mínimo} = \frac{PK \cdot (IK)^2}{\pi^2 \cdot E} = \frac{29.271,74\text{kg} \cdot (150 \text{ cm})^2}{(3,14)^2 \cdot 2.100.000\text{kg/cm}^2}$$

$$J \text{ mínimo} = 31,90 \text{ cm}^4 \quad 31.81 \text{ cm}^4$$

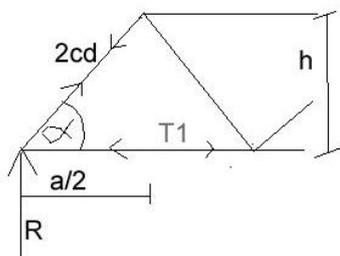
Con estos datos se entra en tabla y se obtiene:

No tengo la tabla para chequear!!!

- $S = 10,662 \text{ cm}^2$
- $\phi_{\text{ext}} = 76,20 \text{ mm}$
- $\text{esp} = 4,75 \text{ mm}$
- $P = 8,316 \text{ kg/m}$
- $Y = 68,37 \text{ cm}^4$

b) Cordón inferior

Como $C=T$ se toma la misma sección : $S = 10,682 \text{ cm}^2$

e) Barras Diagonales

$$C = \sqrt{(Rx)^2 + (Zl)^2} = 2758 \text{ kg}$$

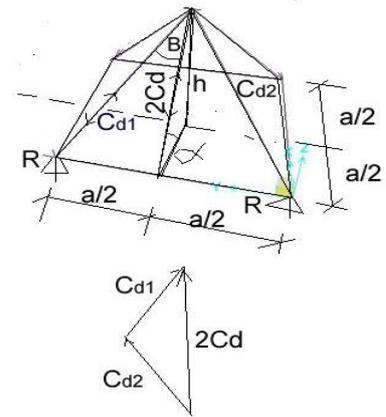
$$Zl = \frac{Rx \cdot ax}{2h} = 1.525 \text{ kg} \quad 1625,94\text{Kg.} \\ (1,06)$$

Hallar C1 y C2

$$C1 = \frac{C \cdot d}{2m} = \frac{2.758 \text{ kg} \cdot 1,50 \text{ m}}{1,69 \text{ m} (1,3)} = 1591,15 \text{ kg}$$

$$C1 = C2$$

$$d = a = 1,50 \text{ m}$$



Dimensiono las barras

$$F \text{ nec.} = \frac{C1}{\sigma \text{ adm}} = \frac{1591,15}{1.400 \text{ kg/cm}^2} = 0,87 \text{ cm}^2 \quad 1,1365 \text{ cm}^2$$

$$PK = C \cdot 2 = 3.182,3 \text{ kg}$$

$$IK = 1,50 \text{ m}$$

$$J \text{ m\u00ednimo} = \frac{PK \cdot (IK)^2}{\pi^2 \cdot E} = \frac{3182,3 \text{ kg} \cdot (150 \text{ cm})^2}{(3,14)^2 \cdot 2.100.000 \text{ kg/cm}^2}$$

$$J \text{ m\u00ednimo} = 3,46 \text{ cm}^4$$

Con estos datos se entra en tabla y se obtiene:

No tengo la tabla para chequear!!!

- $S = 1,99 \text{ cm}^2$
- $\phi \text{ ext} = 41,27 \text{ mm}$
- $\text{esp} = 1,60 \text{ mm}$
- $P = 1,57 \text{ kg/m}$

f) Viga de Borde

(Cálculo aproximado teniendo en cuenta que se necesita una viga con más h y rigidez)

a) Cargas

$$q_v = \frac{q_x \cdot l_v}{2 \cdot a} = \frac{170,25 \text{ kg/m} \cdot 27 \text{ m}}{2 \cdot 1,50 \text{ m}} = 1.532,25 \text{ kg/m}$$

b) Reacciones - Momento

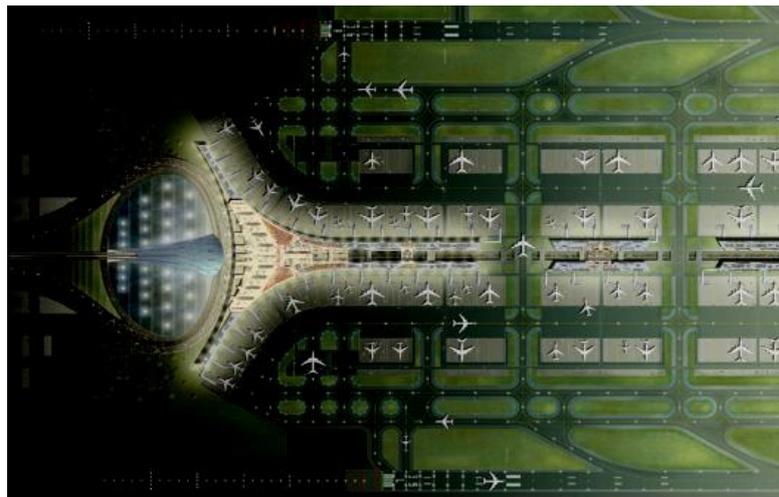
$$R_A = R_B = Q \text{ máx} = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{1.532,25 \text{ kg/m} \cdot 27 \text{ m}}{2} = 20.685 \text{ kg}$$

$$M = \frac{q \cdot (l)^2}{8} = \frac{1.532 \text{ kg/m} \cdot (27 \text{ m})^2}{8} = 139.626 \text{ kgm} \quad 139.603,5 \text{ kgcm}$$

Se dimensionan las barras diagonales igual que en el punto e

5. EJEMPLOS

Aeropuerto de Beijing





Las estereoestructuras de pequeñas luces se pueden prefabricar y montar con grúas, como este stand



EJEMPLOS

- La estereoestructuras pueden tener más de dos capas de barras y además, adoptando formas curvas, pueden cubrir luces importantes.
- Como ejemplo, el **Sheikh Khalifa Stadium de Dubai**, posee una cubierta de 110 metros de luz entre apoyos, conformada por una estereoestructura 3 capas de barras y forma laminar

- Arquitecto Rice Perris Elli, Dubai



Eden Project

En Cornwall/Reino Unido, se construyó una gran estereoestructura de dos capas de barras y luz máxima 130 metros, que se utiliza para estudios biológicos y exposiciones.

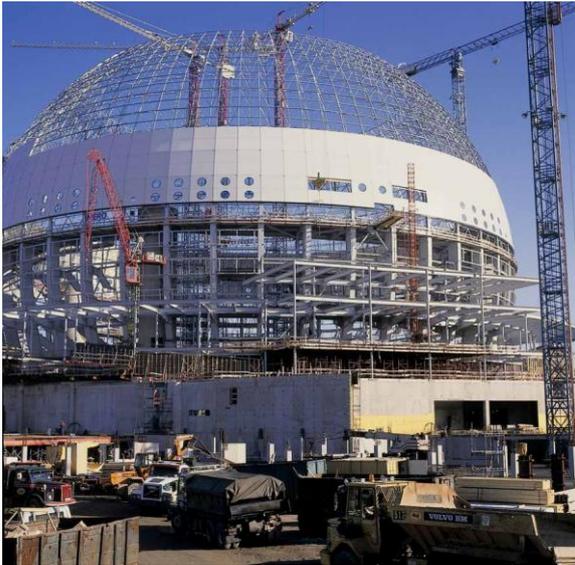
- La cubierta es de membrana inflable y cubre 30.000 m².
- Arquitecto Nicholas Grimshaw & Partner, London



Globe Aren

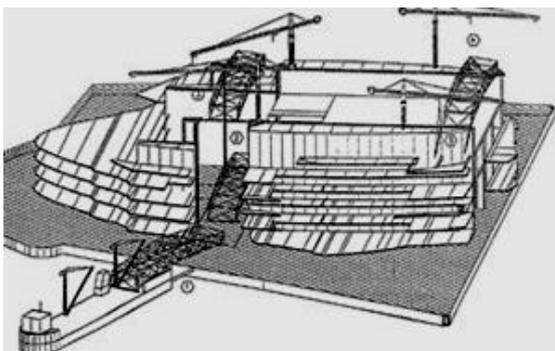
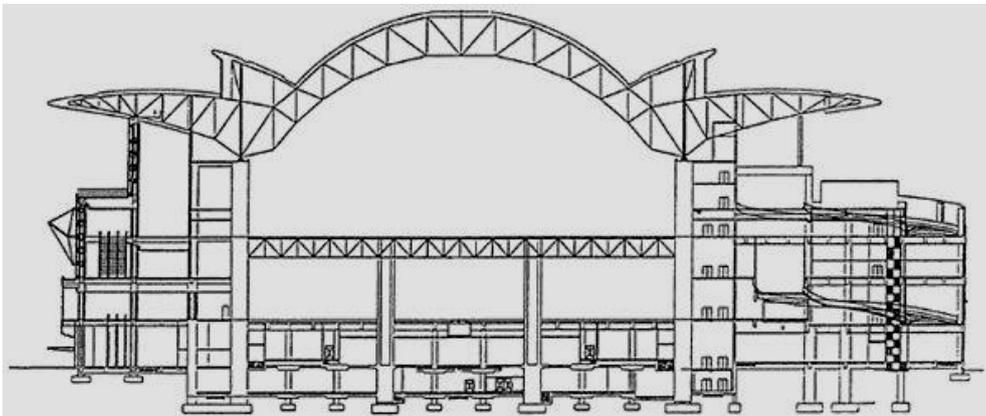
Ubicada en *Estocolmo, Suecia*, es un espacio multipropósito de 110 metros de diámetro y 87 metros de alto cubierto, que tiene una plataforma de servicio, colgada del centro de la cúpula, de 200 toneladas de peso. Se resolvió con una estereoestructura de 2 capas y altura máxima 2,10 metros

- Berg Architect Kontor AB Stockholm



Convention & Exhibition Centre

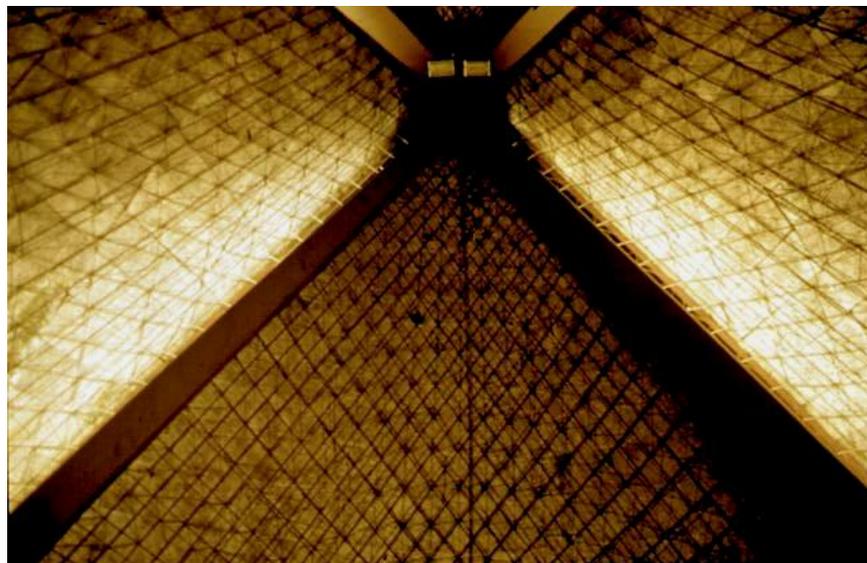
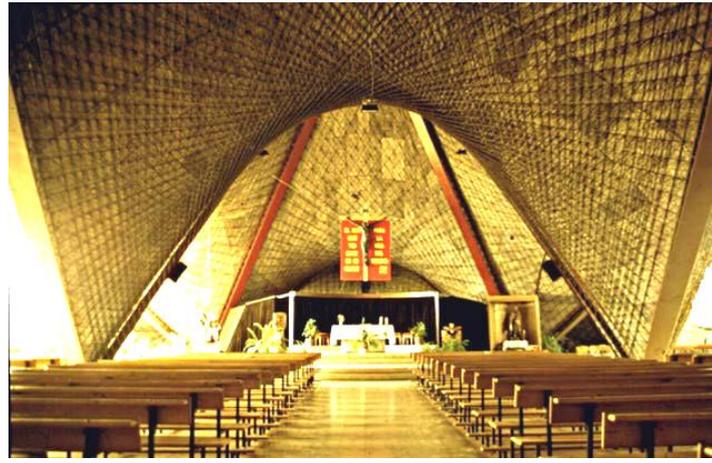
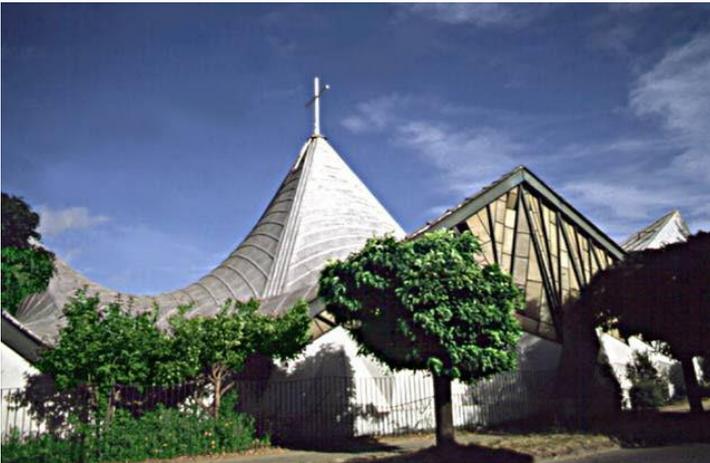
- Ubicado en Hong Kong, posee una cubierta de 40.000 metros cuadrados resuelta con una estereoestructura de dos capas en el centro y tres en los bordes.
- Además las 3 salas de eventos principales tiene un piso resuelto con una estereoestructura plana de dos capas y 27 metros de luz entre apoyos





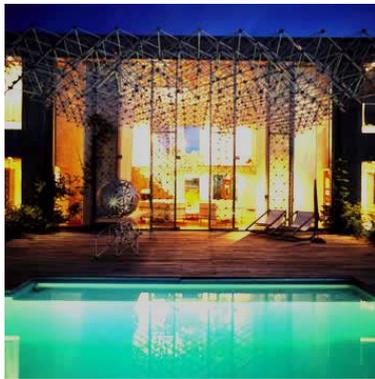
Capilla del Liceo Alemán

- Ubicada en Los Ángeles, Chile el diseñador resolvió la cubierta con una estereoestructura con forma de paraboloides hiperbólico, con vigas de borde apoyadas en sus puntos bajos.



Casa Konstandt

• Ubicada en Ing. Maschwitz, Buenos Aires, esta vivienda unifamiliar de 300 metros cuadrados resuelta con una estereoestructura de aluminio



Stands

•Las estereestructuras, de pequeñas luces, se utilizan en forma de elementos prearmados para materializar Stands en exposiciones

