

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Facultad de Ingeniería

Carrera de Arquitectura

**DISEÑO ESTRUCTURAL III**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL”**

**SISTEMAS VERTICALES  
ESTRUCTURAS DE TRANSICIÓN  
MEGAESTRUCTURAS**

Ing Daniel Quiroga

# Contenido

- *Escuela de Chicago. Antecedentes históricos.*
- *El Ascensor: origen*
- *Sistemas Verticales: organización y transmisión de acciones*
- *Tipos Estructurales para acciones horizontales*
- *Transiciones y Megaestructuras*
- *Uso de software para esfuerzos*



# ESCUELA DE CHICAGO



# Escuela de Chicago

## 1) Contexto Socio Económico

### Explosión demográfica

- 1840 → 15,000 habitantes
- 1871 → 300,000 habitantes (incendio)
- 1890 → 1,000,000 habitantes

### Economía favorable

- Centro económico y comercial
- Recibe materias primas → Manufacturados
- Exporta al país → Conex. Ferrov. y marítimas

## 2) Urbanismo

- Incendio 1871. → Dejan constr. en **madera**
- Ciudad destruida → Nuevo **urbanismo**

- Dividir la ciudad en **lotes** rectangulares
- Permitir construcción en **altura**
- Prohibir lugares privilegiados

## 3) Características de la arquitectura

- Basamento de **hormigón**. Estructura de **acero**
- **Aventanamientos** horizontales → “muro cortina”
- **Rascacielos**: aprovechamiento del terreno
- Eliminación de **muros de carga**

- Supresión de elementos **decorativos**
- Predominio de **líneas** horizontales y vert.
- Superficies **lisas** y acristaladas
- Fachadas de **mampostería**

## 4) Condicionantes de proyecto

- **Precio** de los terrenos. Especulación inmobiliaria
- Espacios **limitados**
- **Rapidez** en ejecución de edificios

## 5) Materiales

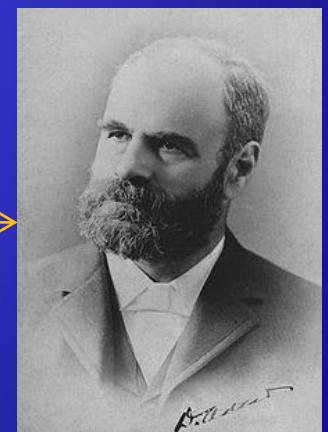
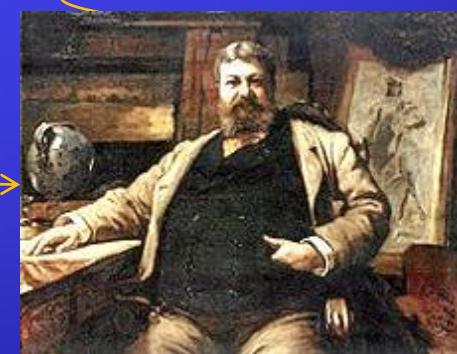
- a) Hormigón    b) Acero
- c) Vidrio        d) Ascensor



## Escuela de Chicago

### Principales exponentes

- William Le Baron Jenney
- Louis Sullivan
- Martin Roche
- Daniel Burnhan y John Root
- Holabird y Roche
- Dankmar Adler
- Henry Richardson





## Edificios Destacados



Chicago Building  
Holabird y Roche  
Chicago



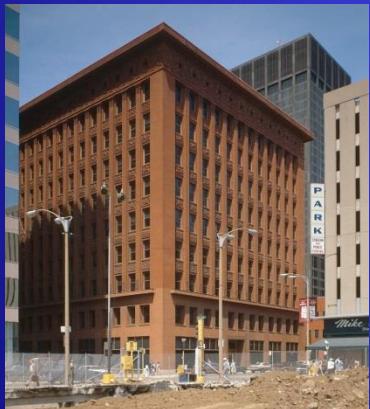
Brooks Building  
Holabird y Roche  
Chicago



Reliance Building  
Burnham y Root  
Chicago



Home Insurance Building  
Le Baron Jenney (a+i)  
Chicago



Wainwright Building  
Adler (a+i) y Sullivan (a)  
San Luis



Second Leiter Building  
Le Baron Jenney (a+i)  
Chicago



First Leiter Building  
Le Baron Jenney (a+i)  
Chicago



Almacenes Carson  
Sullivan (a)  
Chicago

## Escuela de Chicago



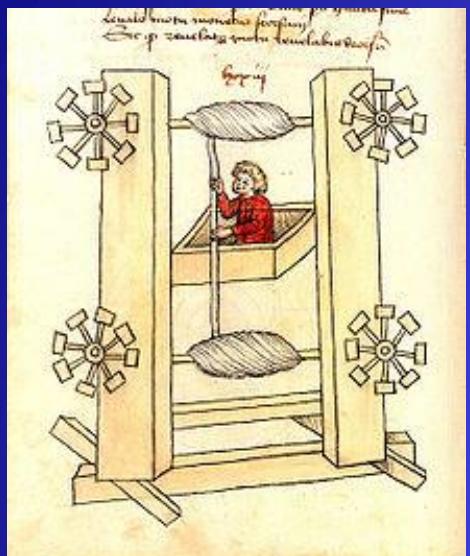
## Escuela de Chicago

### Historia del ascensor

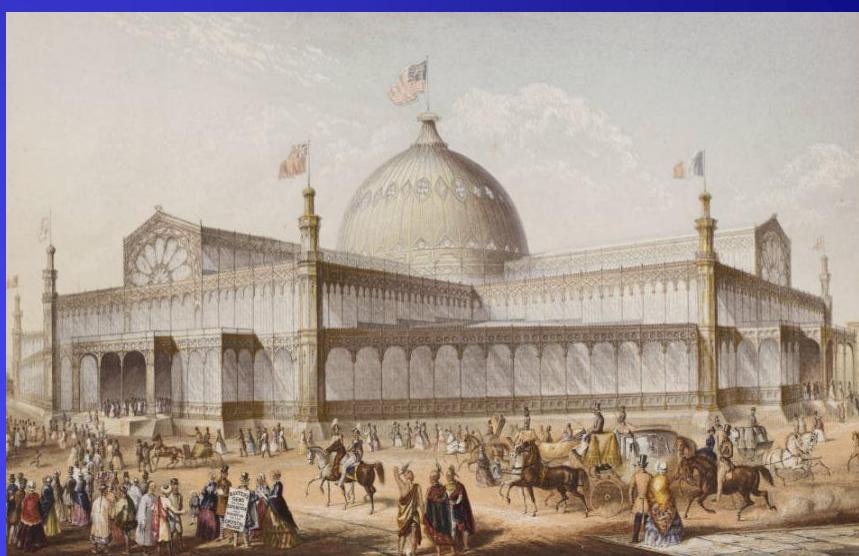
- 236 Grecia Arquímedes inventó un dispositivo montacargas con una cuerda y una polea.
- 1853 Elisha G. **Otis** → freno de seguridad (para rotura del cable)
- 1854 Otis instala ascensor **Crystal Palace** de Nueva York (hoy Bryant Park, 42 entre 5<sup>a</sup> y 6<sup>a</sup> )
- 1857 1<sup>er</sup> asc. de pasajeros del mundo. **Hotel Broadway** (NY). Otis. A vapor. 450 kg. 12 m/min.
- 1867 Ascensor **hidráulico**. Leon Edoux. Exposición de París. 150 m/min.
- 1880 Norton Otis ascensor eléctrico C.C.. Edificio Demarest Carriage (NY) 5<sup>a</sup>. 675 kg 30 m/min
- 1889. Ascensores hidráulicos con combustible. Exposición de **Paris**. Torre Eiffel
- 1922 Westinghouse. Edificio Rockefeller NY. 420 m/min
- 1930 Otis Elevator. 73 ascensores. Empire State (5<sup>a</sup> y 34). 102 pisos, 443 m. 15.000 personas/día. 200 a 430 m/min.
- 2000. Skyway (Otis). Tecnología revolucionaria capaz de alcanzar una velocidad de 900 m/min.
- 2016. Ascensores de **1.000 m/min. (60 km/h!!!)**
- Hoy Taipéi 101. 508 m de altura. Toshiba. Velocidad máxima de 61 km/h
- Hoy Lotte World Tower (Corea S).. Del sótano al piso 121 en 1 minuto. Veloc. 600 m/minuto



## Historia del ascensor



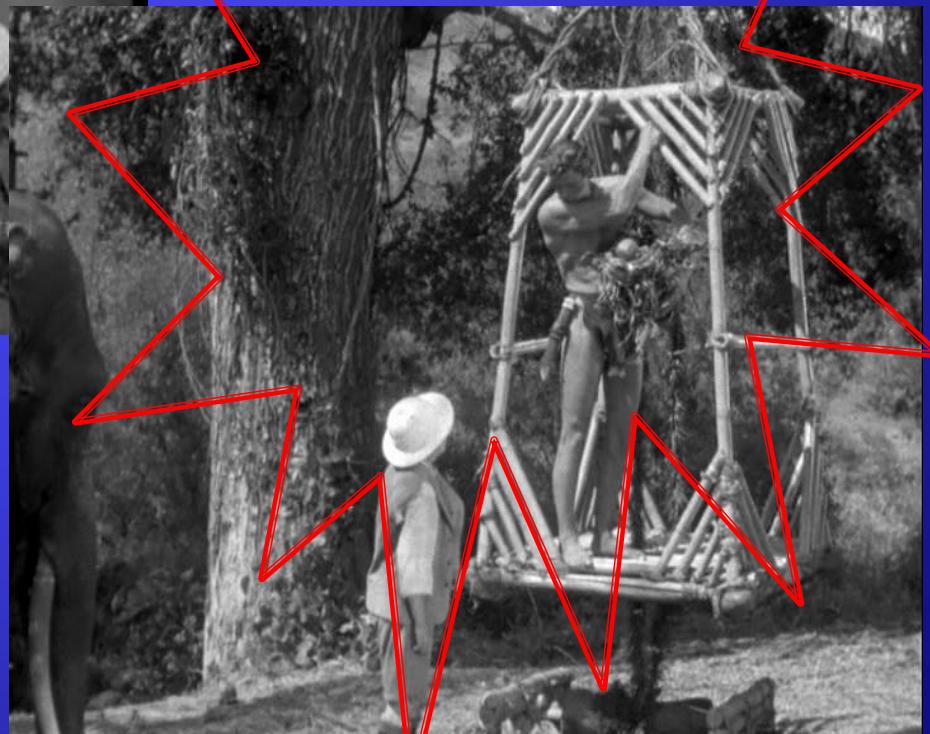
## Escuela de Chicago





## Historia del ascensor

## Escuela de Chicago





## Organización Estructural



Wainwright Building

## Escuela de Chicago



Second Leiter Building

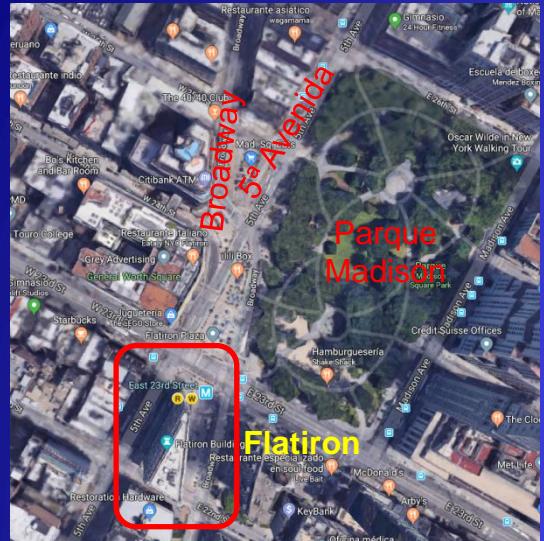


Brooks Building

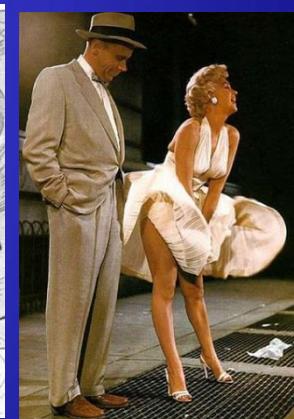
### Características:

- 1) Basamento de Hormigón
- 2) Estructura de Acero
- 3) Eliminación de muros de carga
- 4) Líneas horizontales y verticales
- 5) Materiales: Acero, Hormigón, Vidrio, Ascensor

# Escuela de Chicago en New York



Edificio Fuller  
“Flatiron”



Diseñado por Daniel Burnham. Edificio de acero de **22** pisos y 87m de altura. La esquina tiene **2m** con un ángulo de  $25^{\circ}$  de ancho. Desde una vista cenital, las fachadas que se juntan en ese vértice abarcan tan sólo un ángulo de 25 grados. La forma **aerodinámica** genera un túnel de viento. Convocando a los mirones a ver las pantorrillas de las mujeres con falda y anticipando a Marylyn.

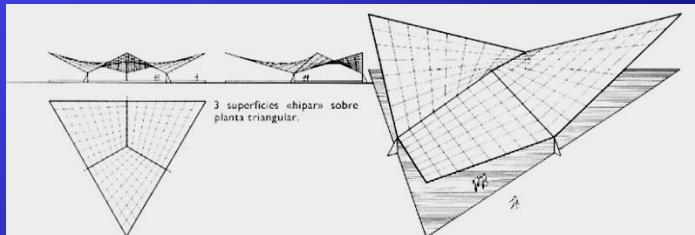
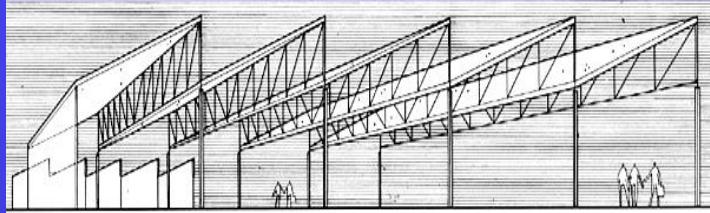
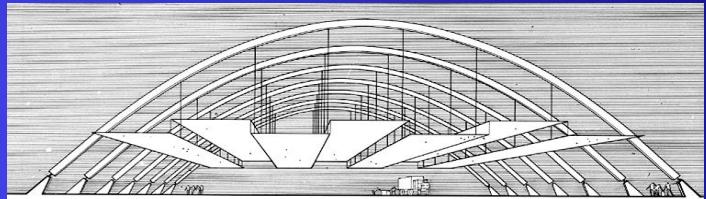
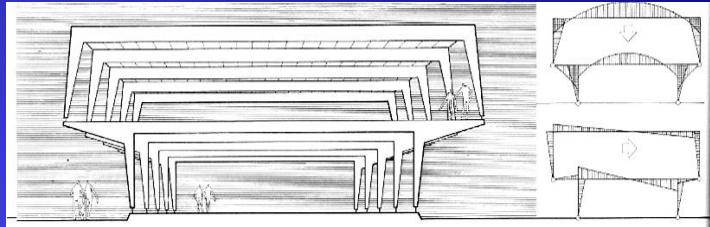
Ha aparecido en **películas**: Hitch, Espantatiburones, Spiderman, Armagedon, y en los **videojuegos** tipo GTA



# SISTEMAS VERTICALES



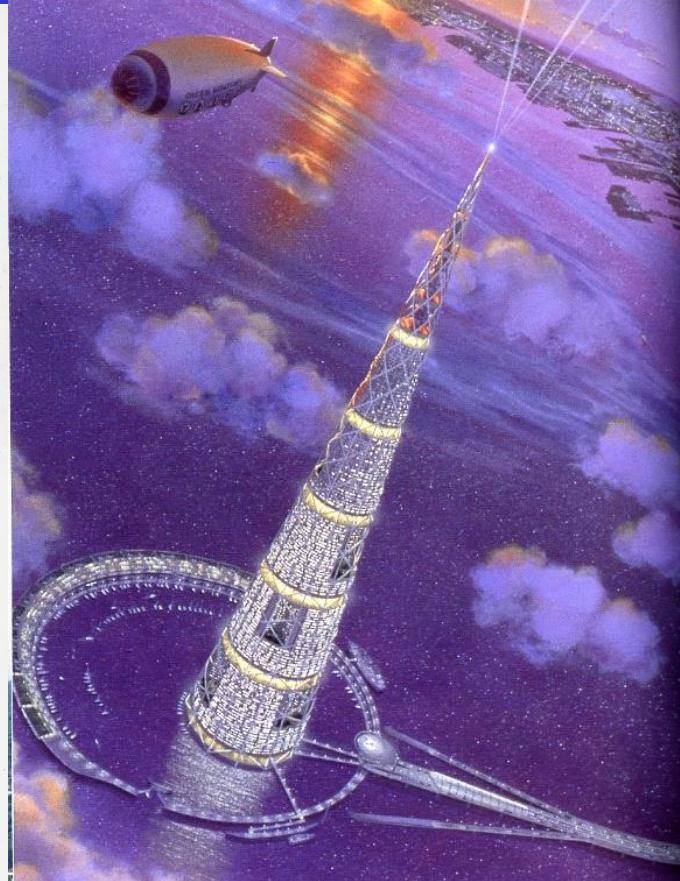
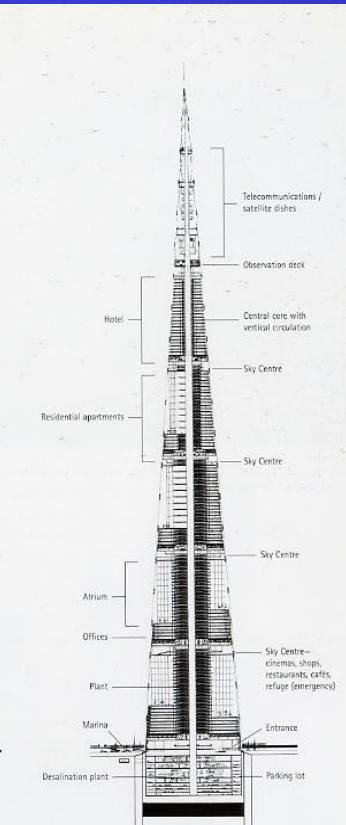
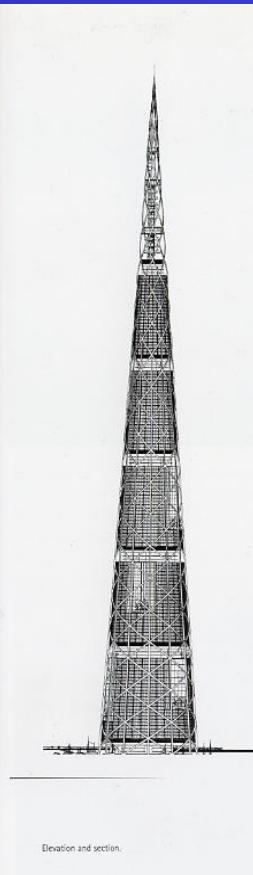
- Sección activa
- Forma activa
- Vector activo
- Superficie activa
- Sistemas verticales



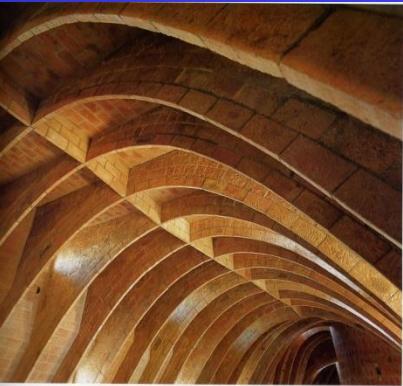
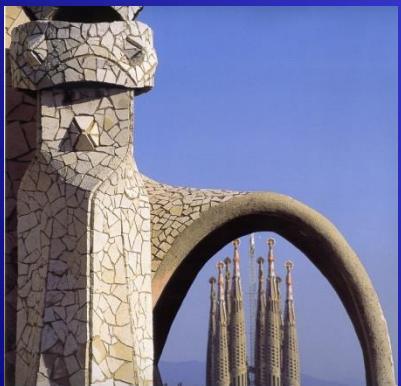
## Sistemas Verticales



# Sistemas Verticales



# Sistemas Verticales



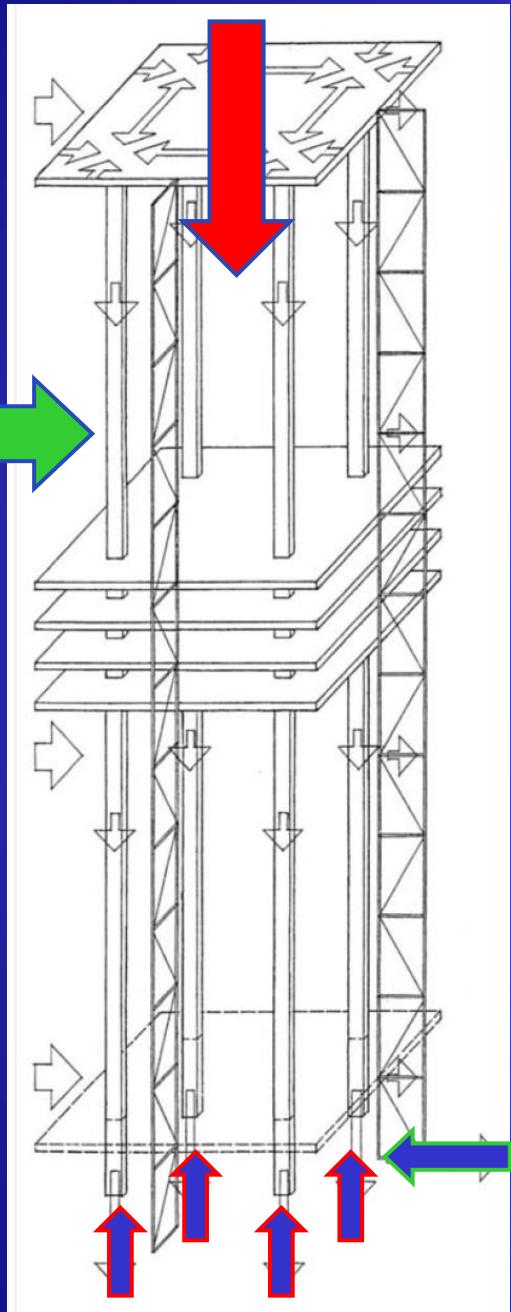
# Sistemas Verticales



# Sistemas Verticales

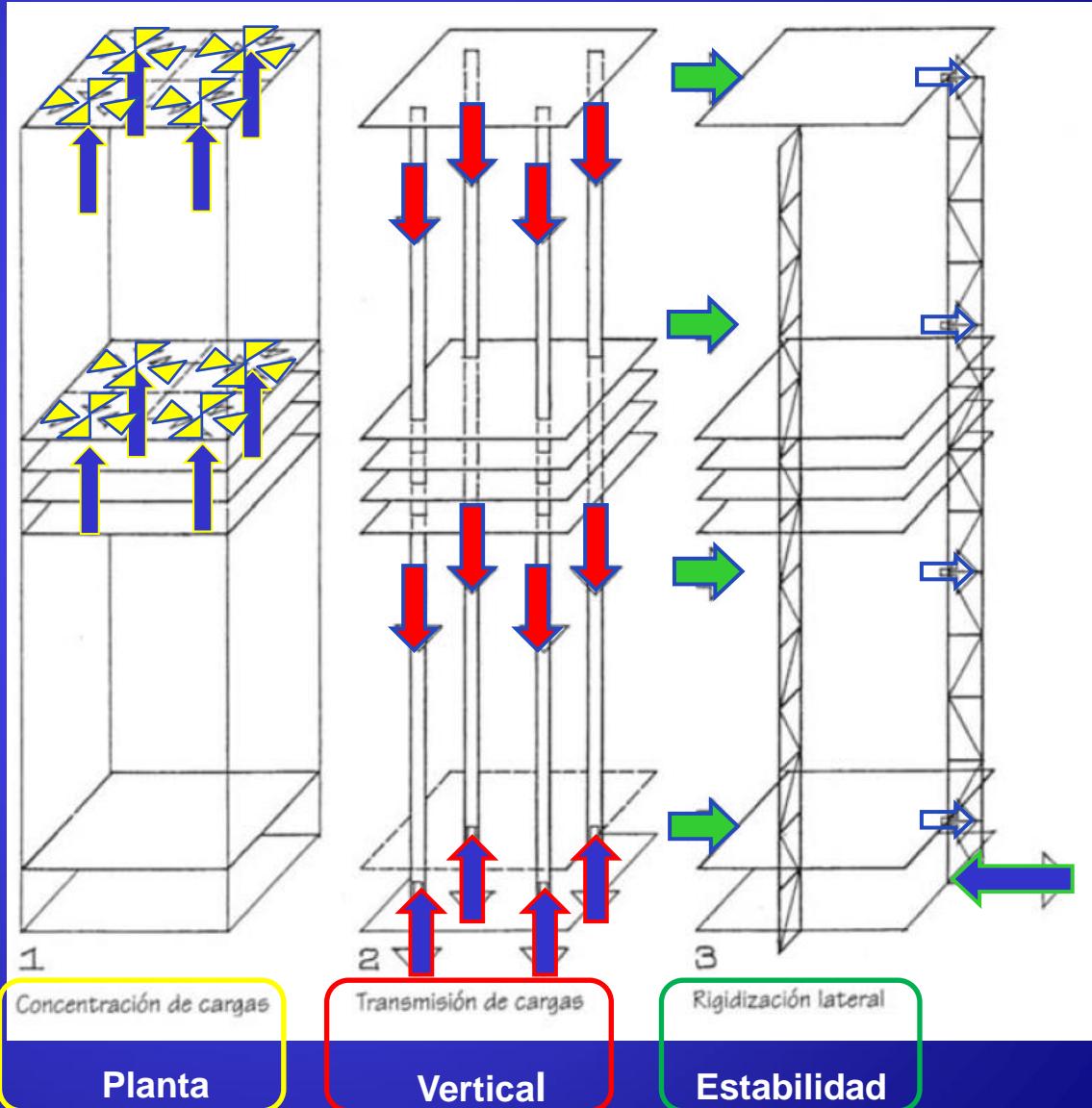
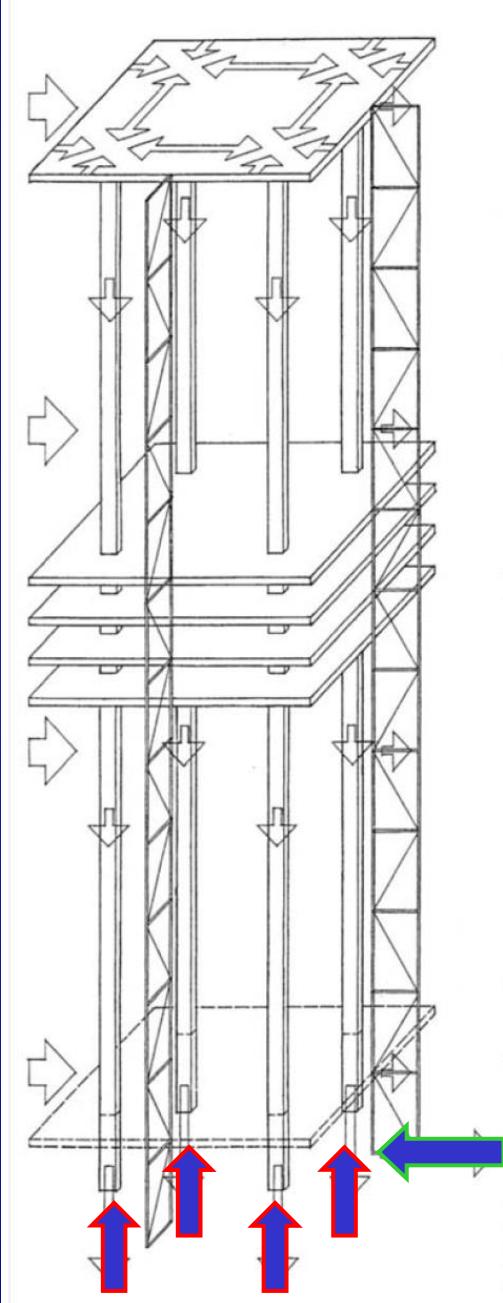


# Transmisión de acciones



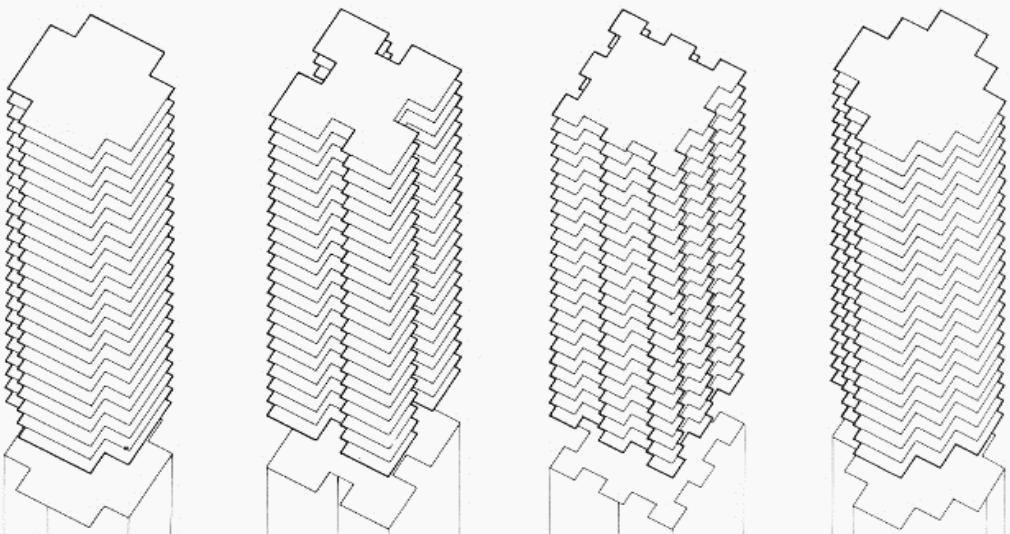
- Transmisión en planta
- Transmisión en altura (vertical)
- Estabilidad lateral

# Transmisión de acciones

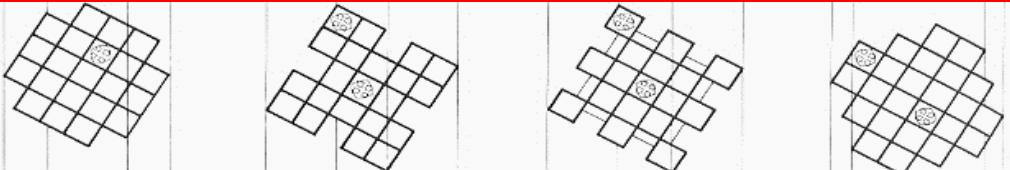


# Transmisión en planta

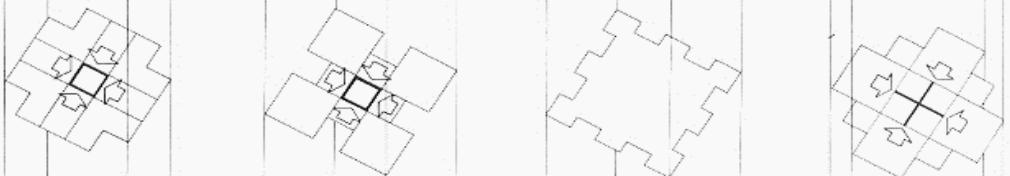
Formas típicas de torres desarrolladas a partir de plantas cuadradas



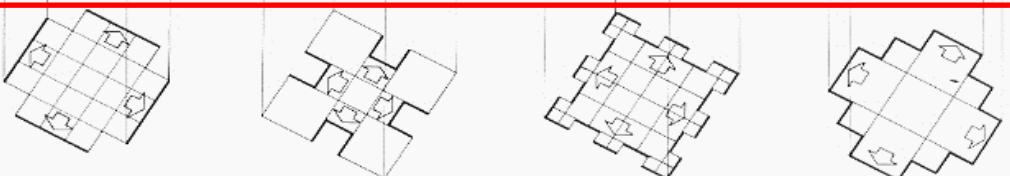
**Retícula (trama)** ➔



**Núcleo (voladizo)** ➔



**Perimetral (luces libres)** ➔



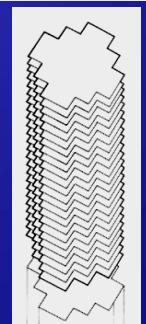
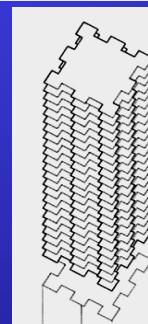
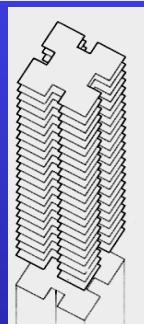
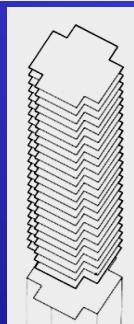
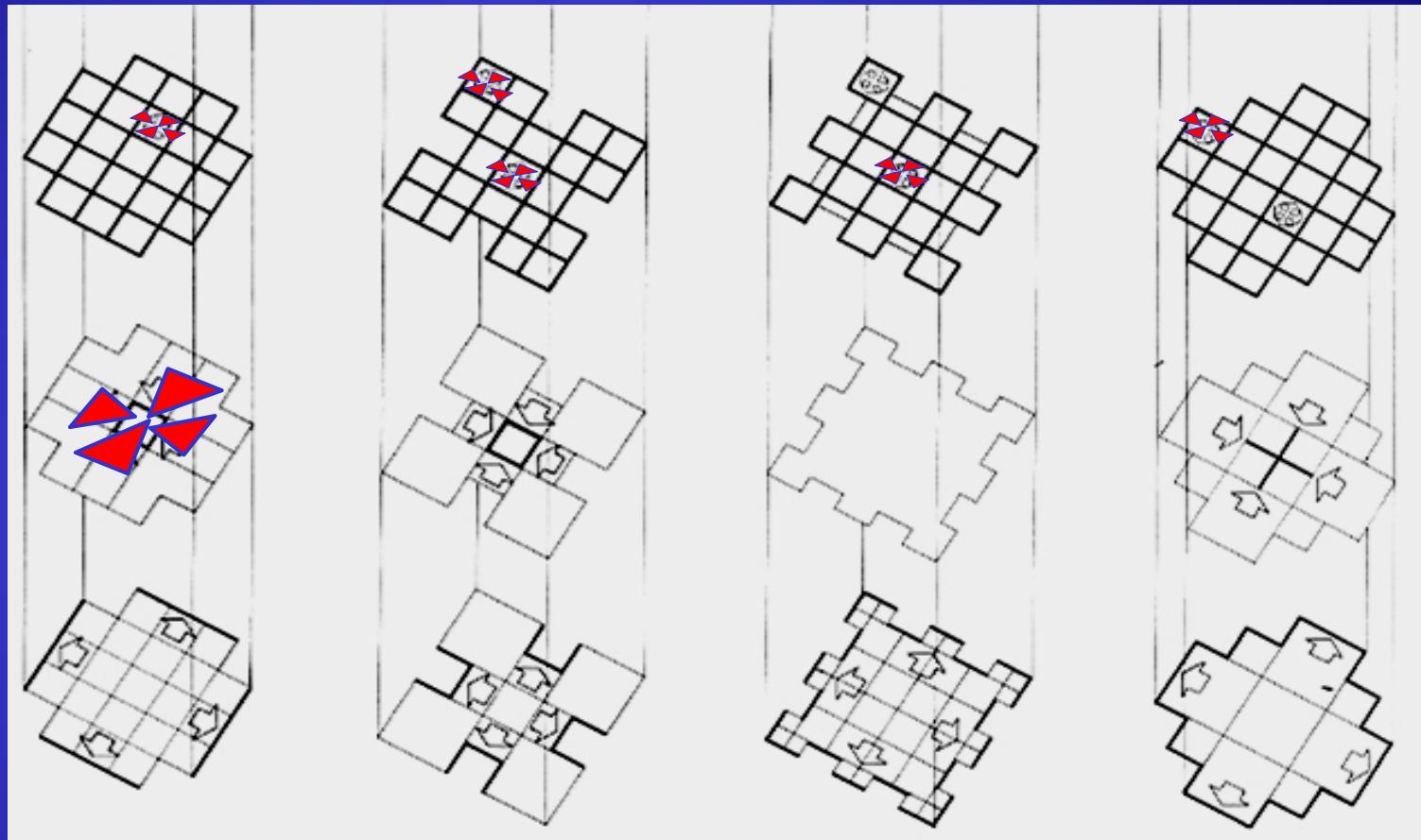
Ver detalle

# Transmisión en planta

Retícula  
(trama)

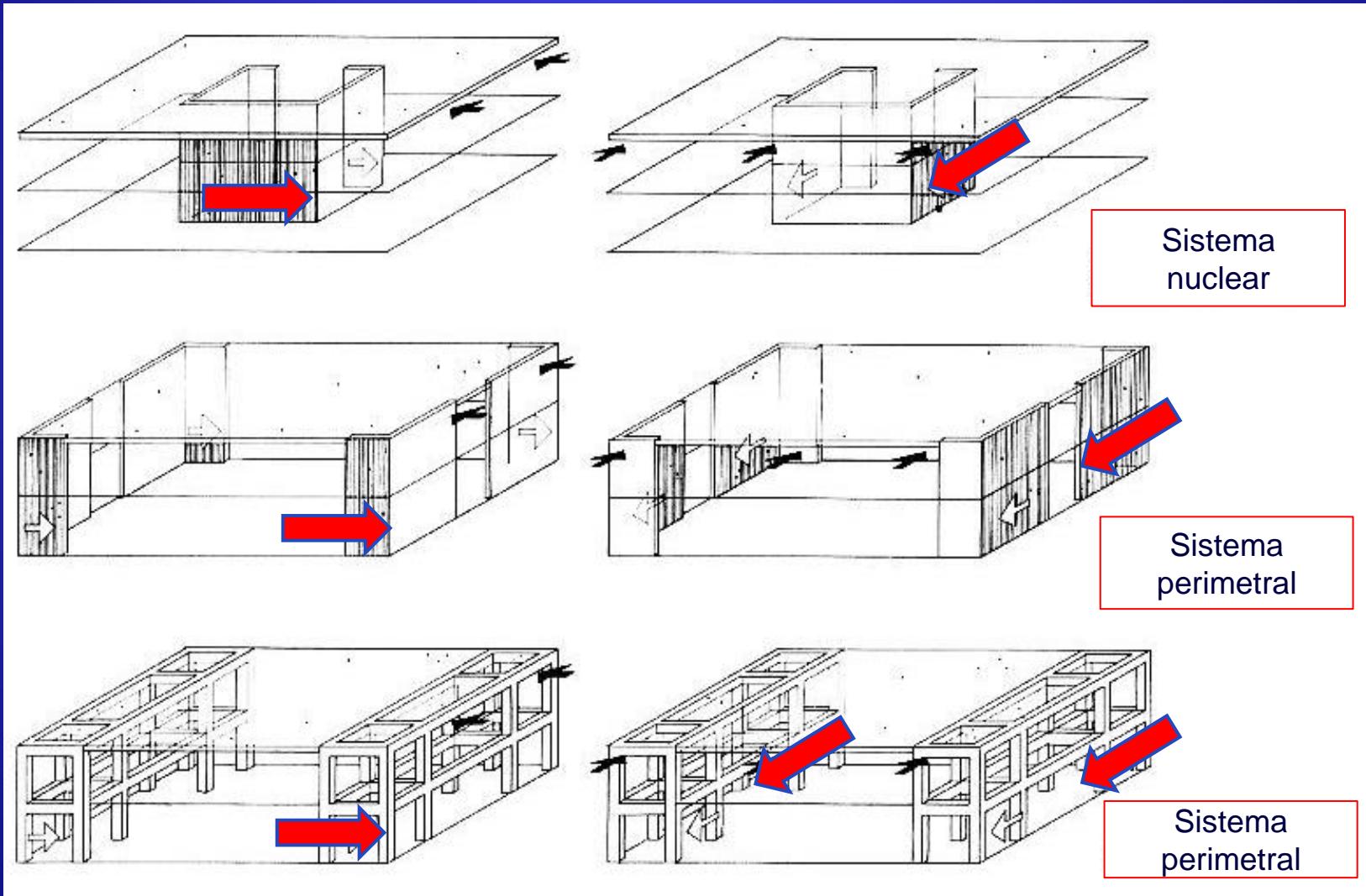
Núcleo  
(voladizo)

Perimetral  
(luces libres)



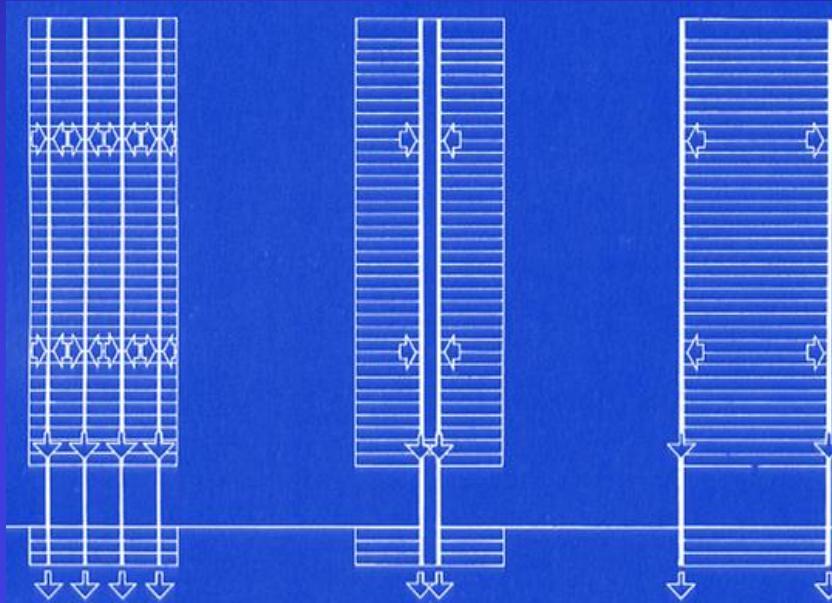
# Sistemas Verticales

Transmisión de acciones en **planta**



# Transmisión en altura (vertical)

Transmisión vertical  
**directa** de acciones  
gravitatorias



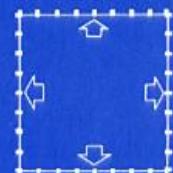
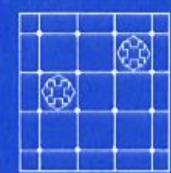
En Vista

Retícula

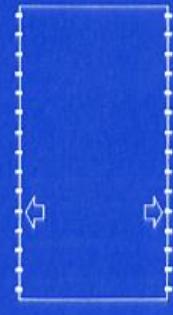
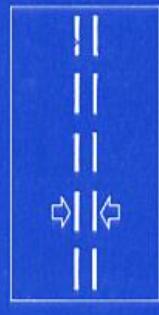
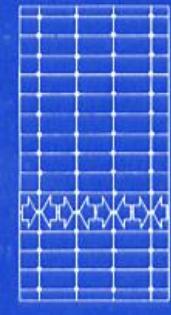
Núcleo

Perimetral

**Dos**  
Direcciones



**Una**  
Dirección



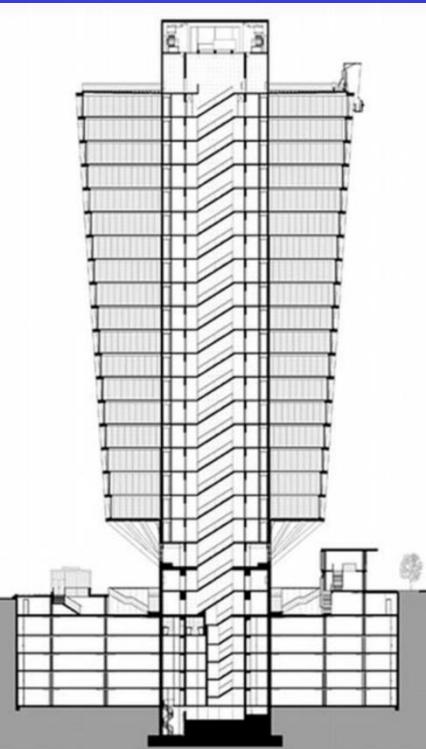
En Planta

Transmisión vertical **directa**  
de acciones gravitatorias



Edificio IBM  
CABA

Sistema en  
planta **Central**

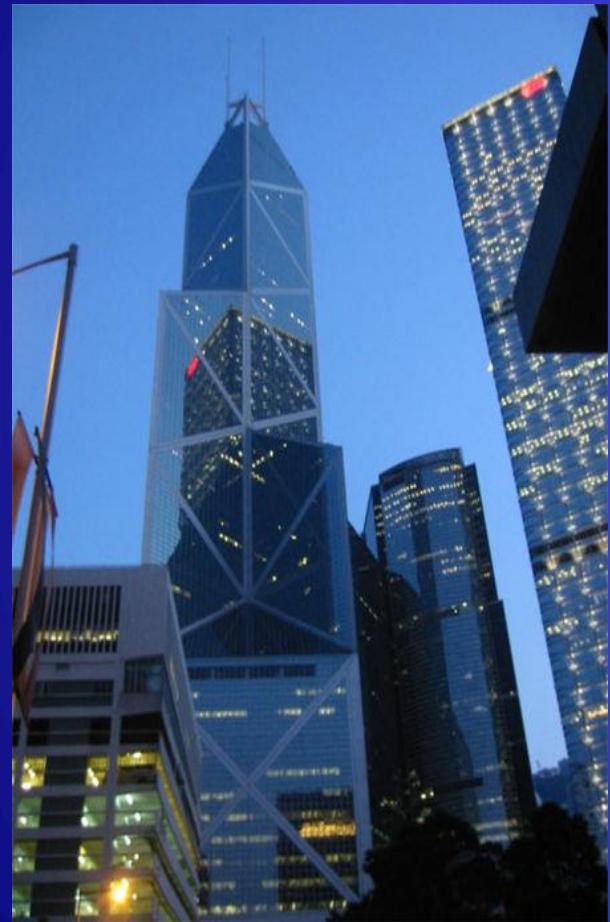


Edificio Cruz del Sur  
Chile



Transmisión vertical **directa** de acciones gravitatorias

Sistema en planta **Retícula**



Banco de China



Turning Torso



Hancock Center



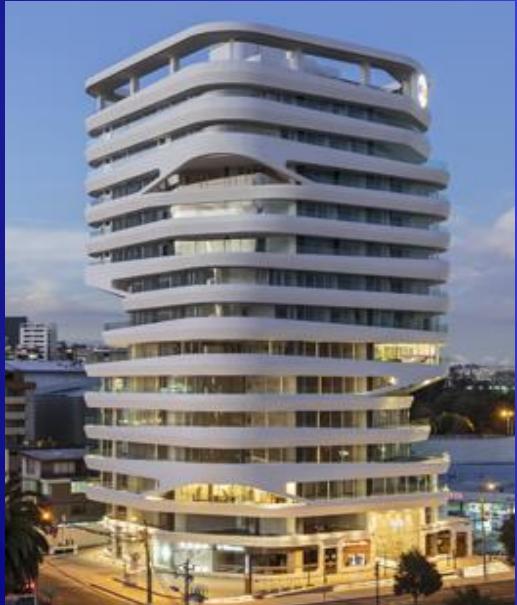
Scala Work

## Sistema en planta Retícula

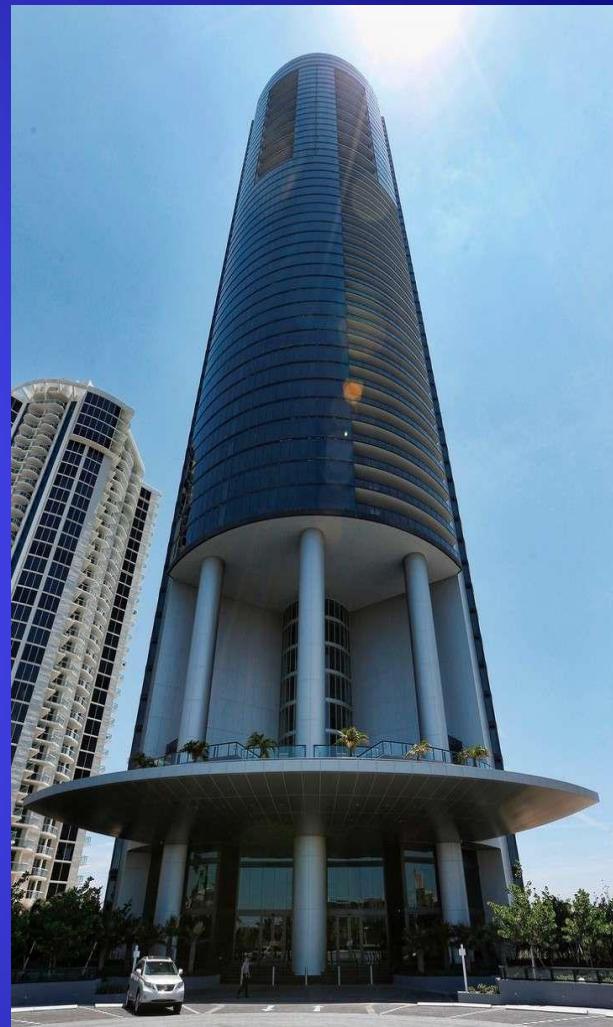
Transmisión vertical  
directa de acciones  
gravitatorias



Edificio Petrobras



Edificio Gaia - Quito

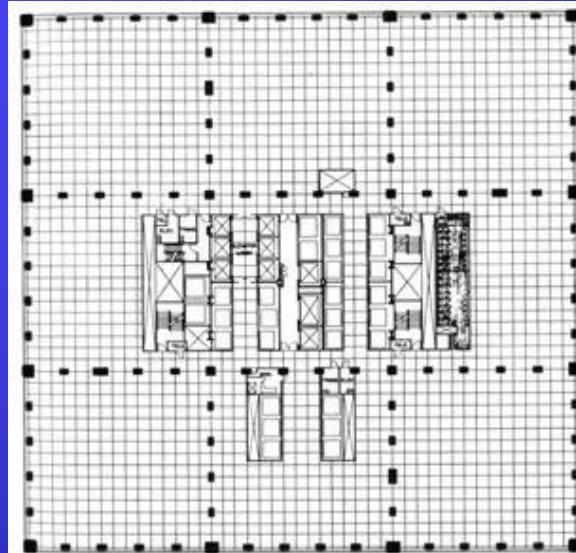
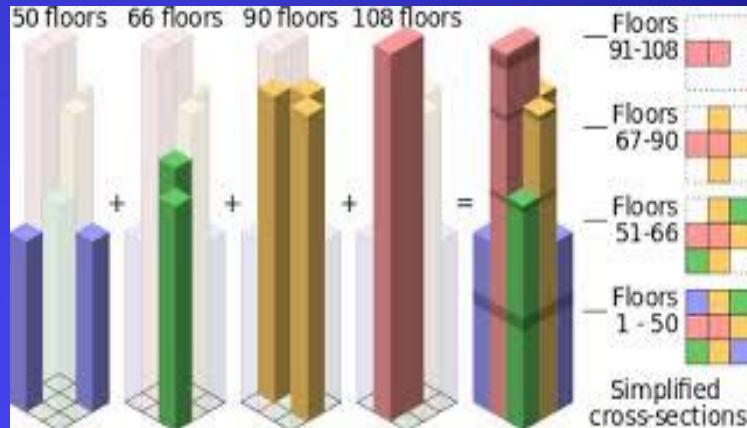


Porsche - Miami

Transmisión vertical **directa** de acciones gravitatorias



Sistema en planta  
**Perimetral**



Torre Sears

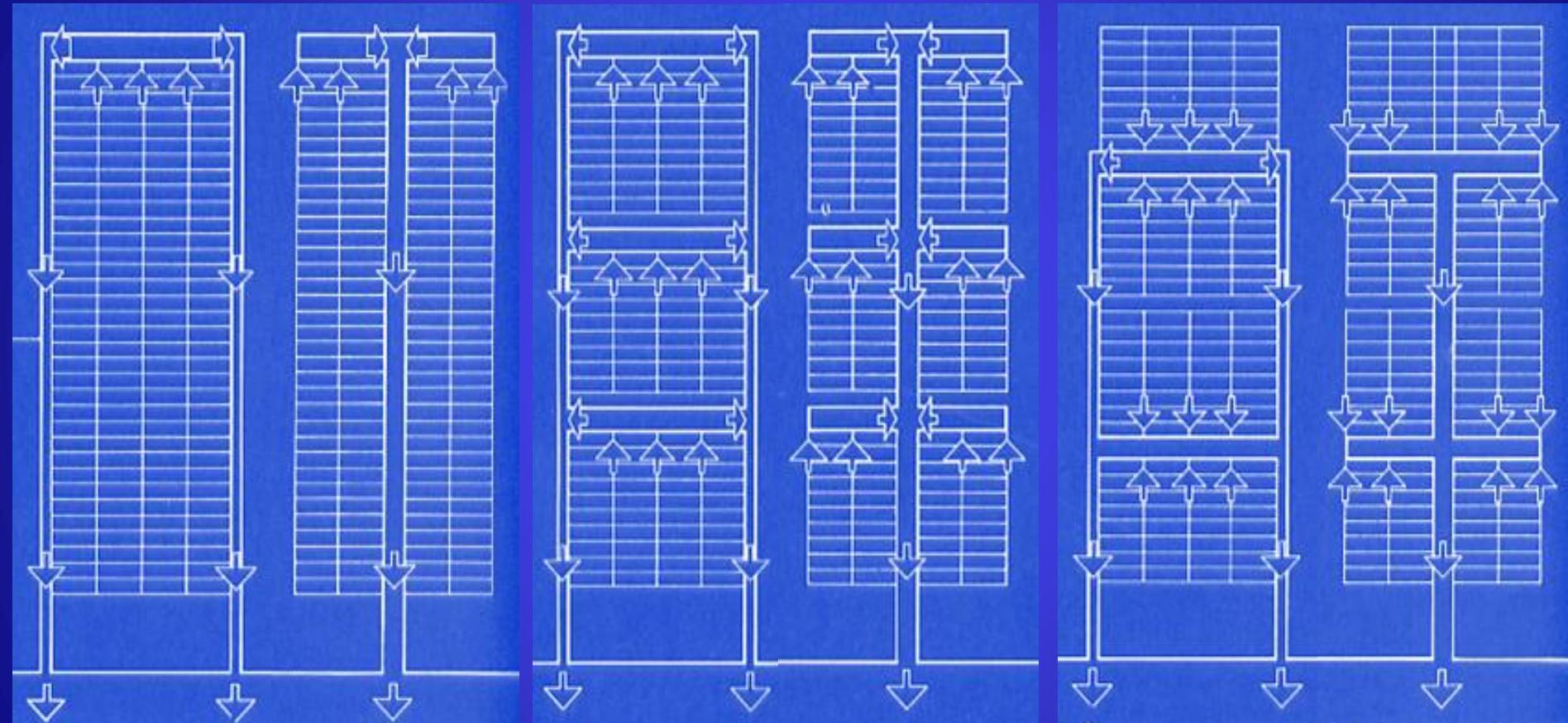
Transmisión vertical **directa** de acciones gravitatorias

Sistema en planta  
**Perimetral**



# Transmisión en altura (vertical)

Transmisión vertical **indirecta**  
de acciones gravitatorias



Transmisión por tensores  
Sustentación continua

Transmisión por tensores  
Sustentación por vigas

Transmisión combinada  
Sustentación por vigas

Ejemplos: Reserva Federal

# Transmisión en altura (vertical)

Transmisión vertical **indirecta** de acciones gravitatorias



Edificio BCI



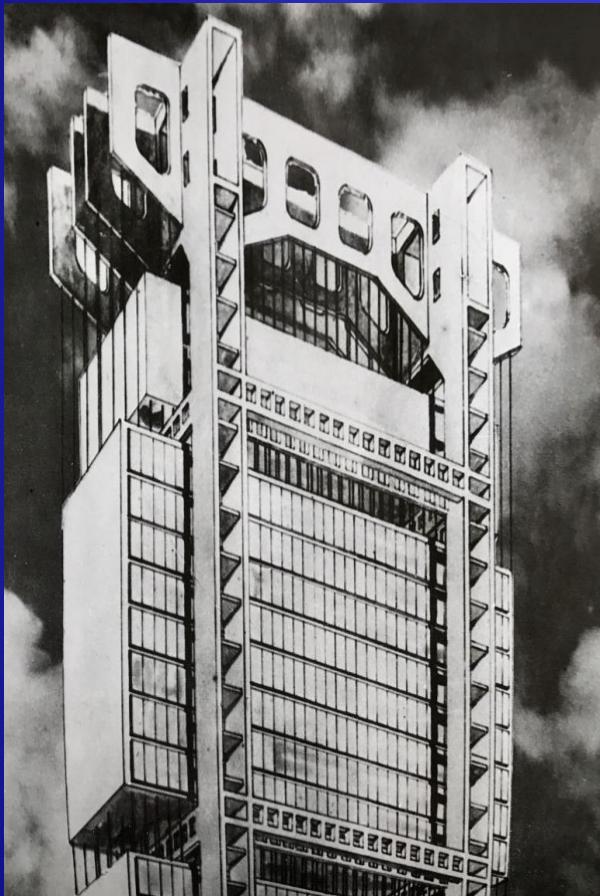
Edificio Pirelli



Mediateca TIC Barcelona

# Transmisión en altura (vertical)

Transmisión vertical **indirecta** de acciones gravitatorias



Edificio. A. Williams



HSBC

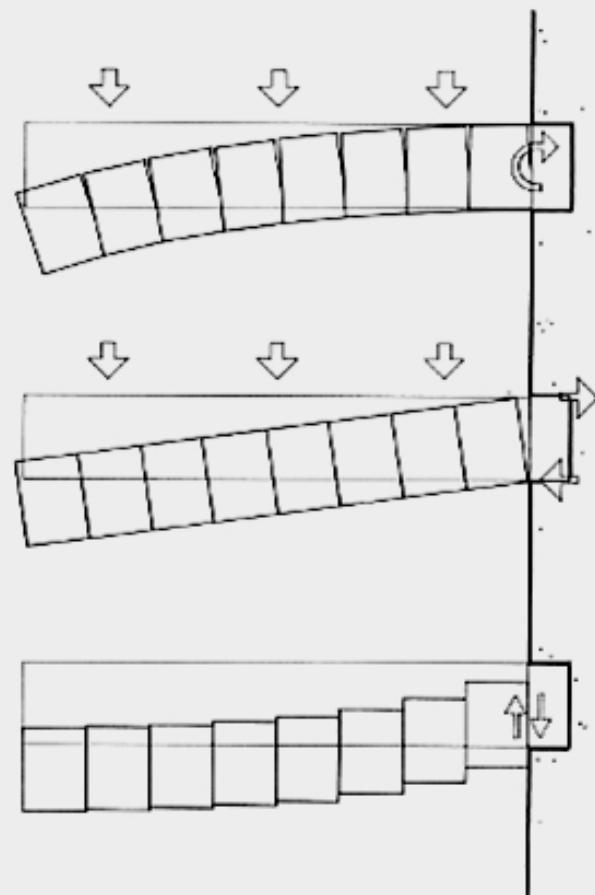
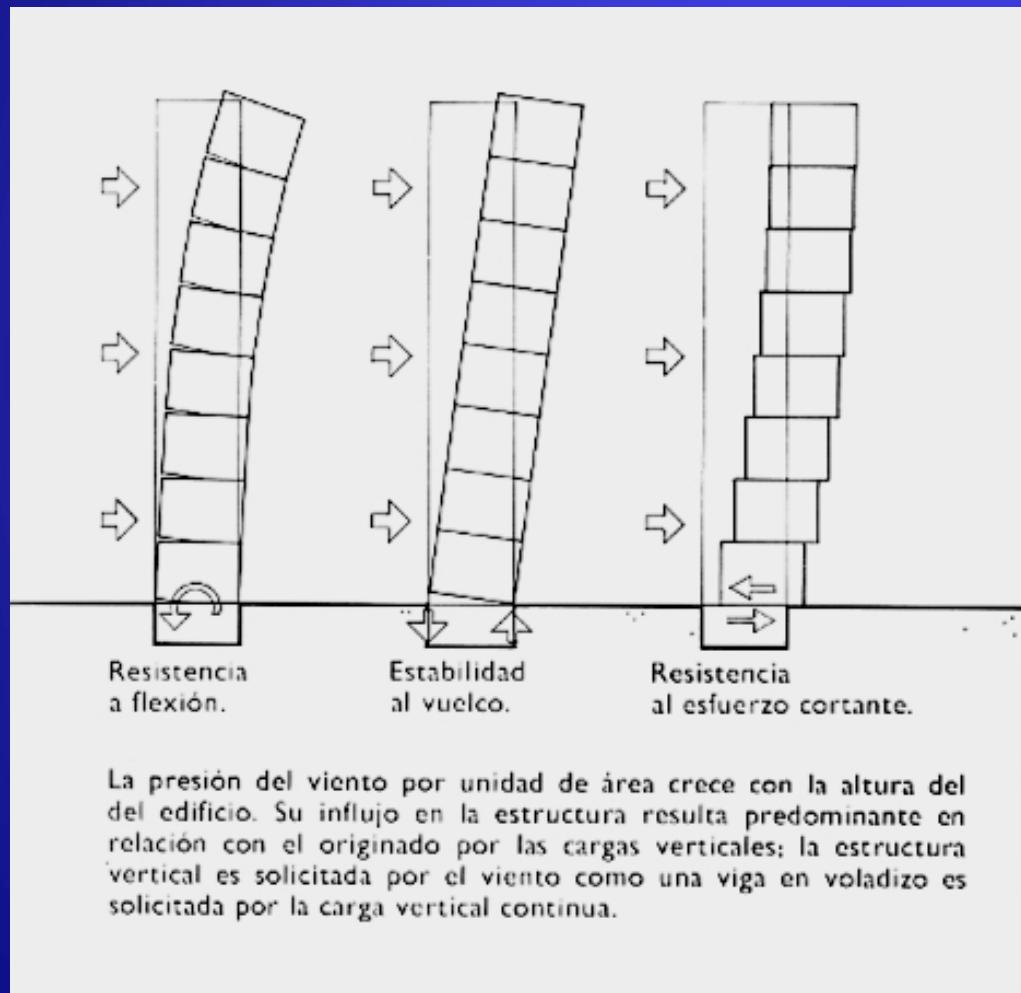


Ex-Reserva Federal



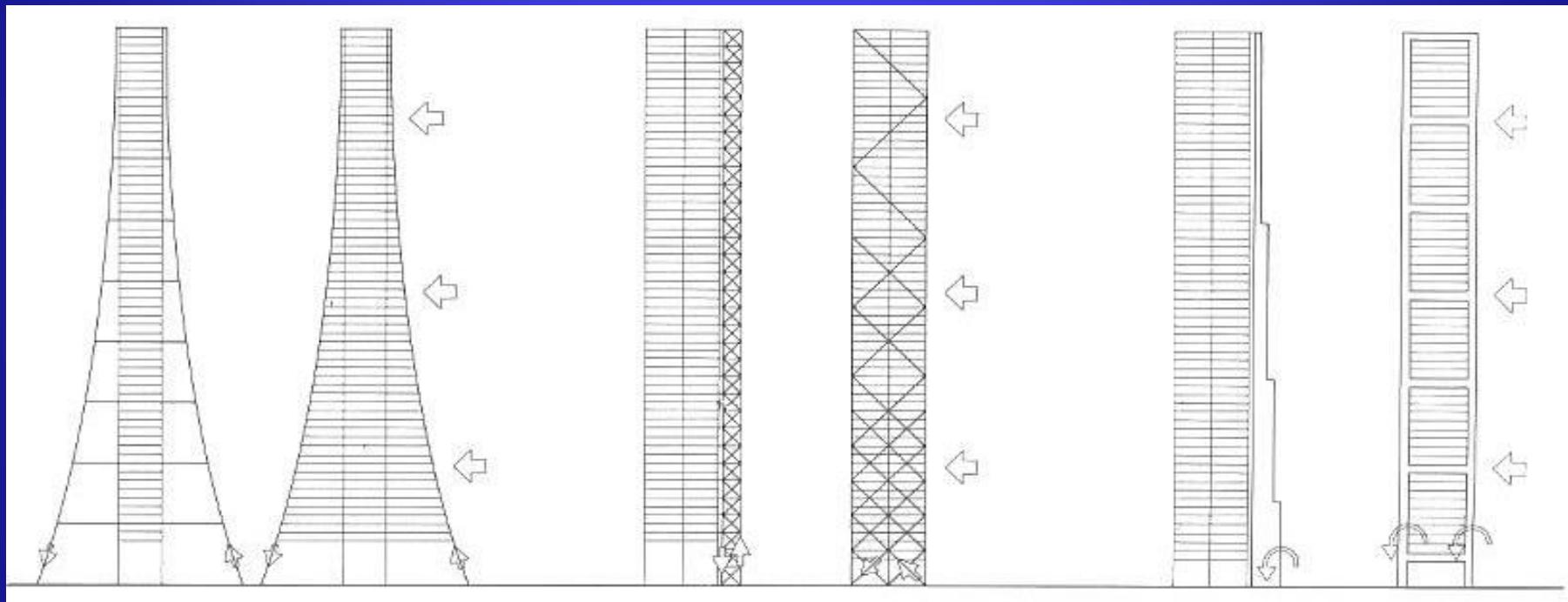
# Estabilidad lateral (Acciones horizontales)

**Esfuerzos** para transmisión de acciones horizontales



# Estabilidad lateral (Acciones horizontales)

Tipos Estructurales para **Transmisión**  
de acciones horizontales



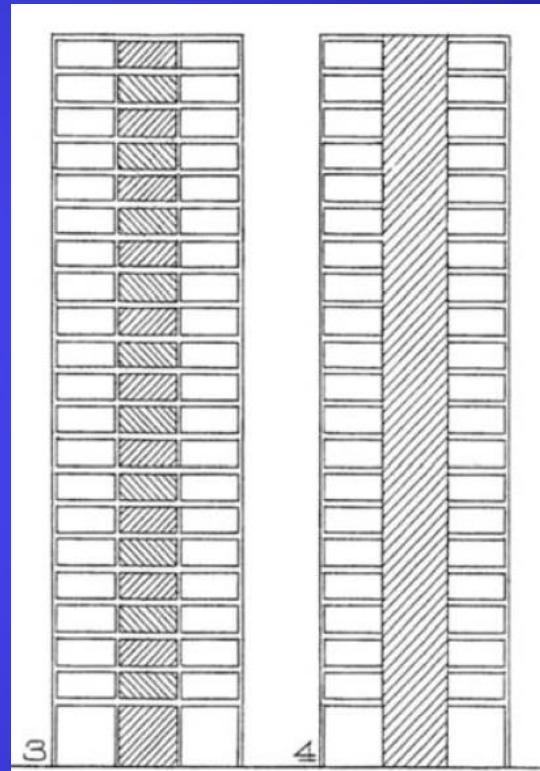
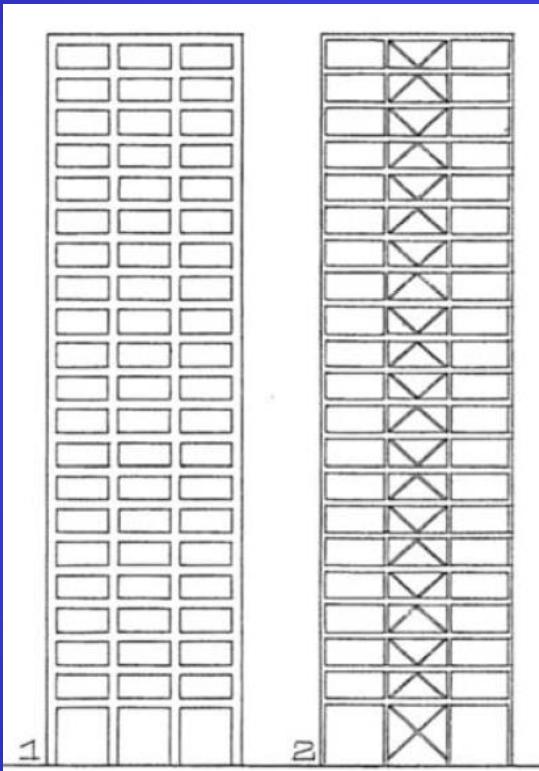
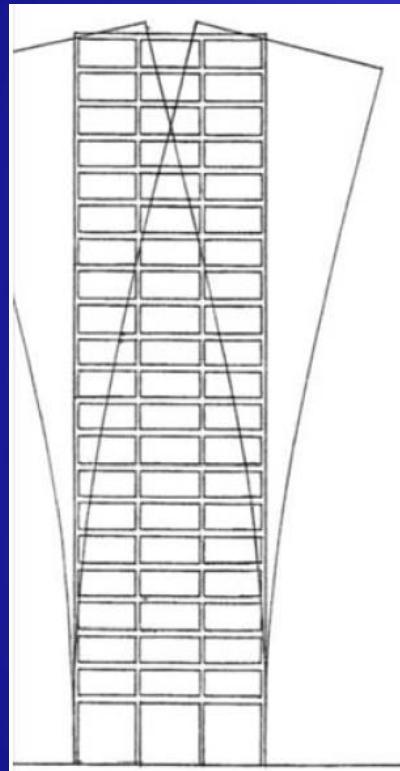
Tracción (cables)

Tracción + Compresión  
(triangulaciones)

Flexión (pórticos, muros)

# Estabilidad lateral (Acciones horizontales)

Tipos Estructurales para **Transmisión**  
de acciones horizontales



Deformación

Flexión  
(pórtico)

Tracción +  
Compresión  
(triangulación)

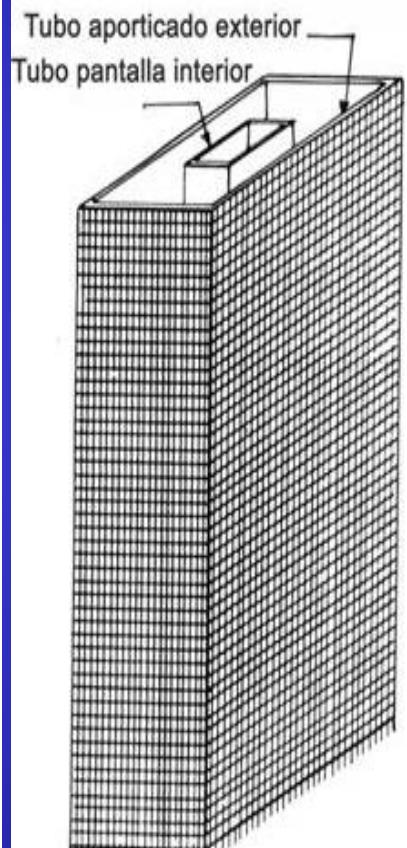
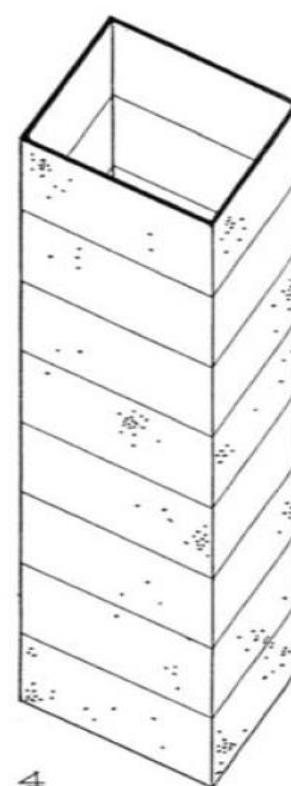
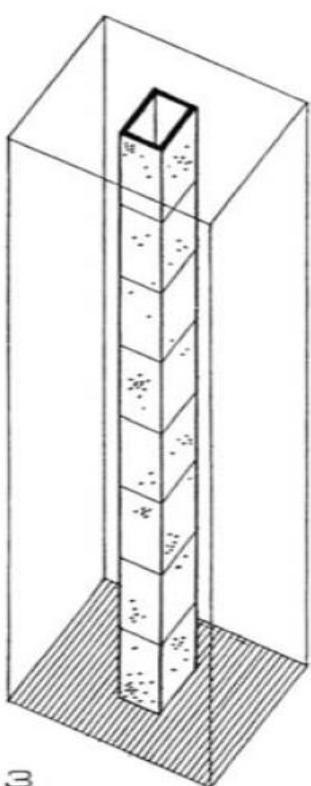
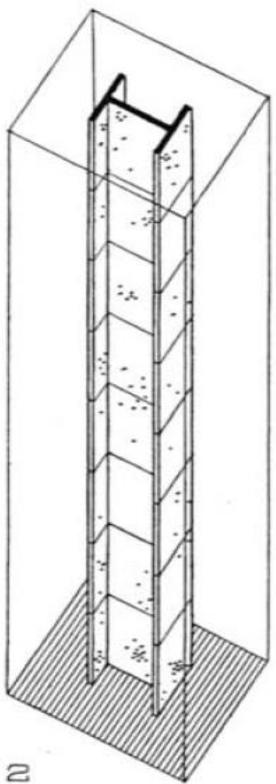
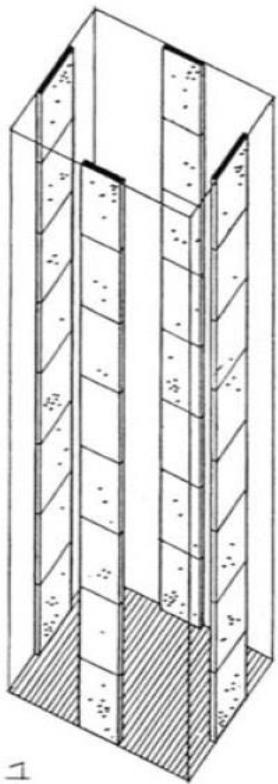
Flexión +  
Compresión  
(pórtico relleno)

Flexión  
(Dual)

Flexión  
(tabique)

# Sistemas Verticales

Tipos Estructurales para **Transmisión**  
de acciones horizontales: Muros



Muros perimetrales

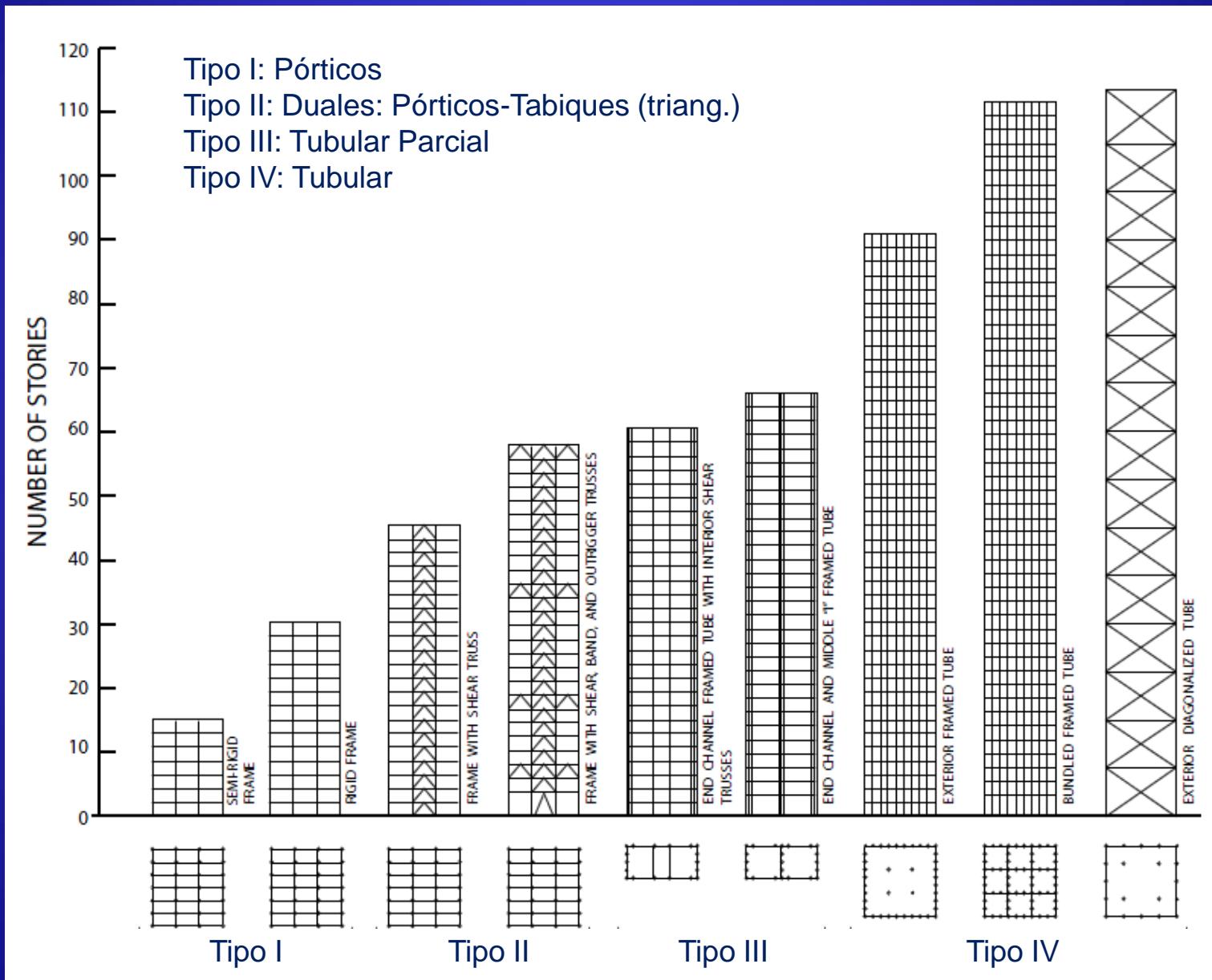
Núcleo abierto

Núcleo cerrado

Tubo Simple

Tubo en tubo

# MEGAESTRUCTURAS



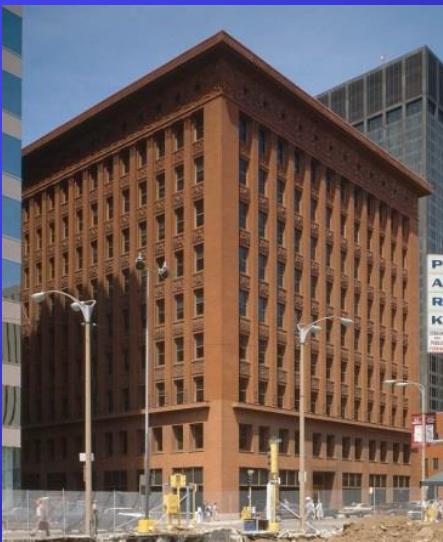
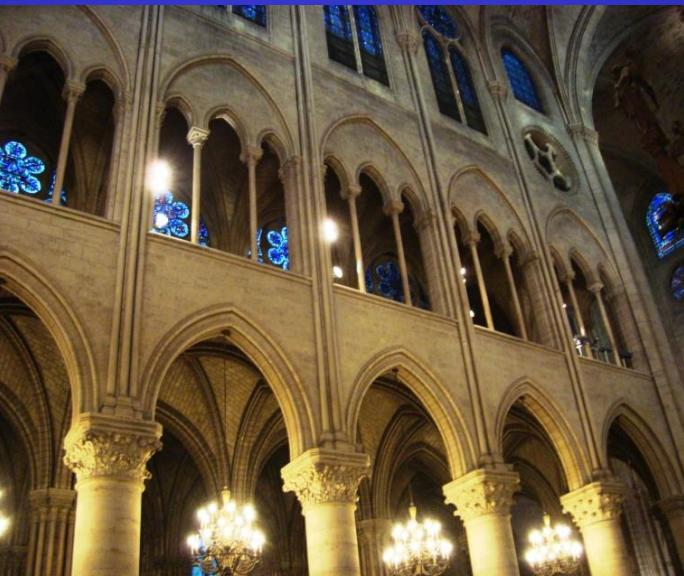
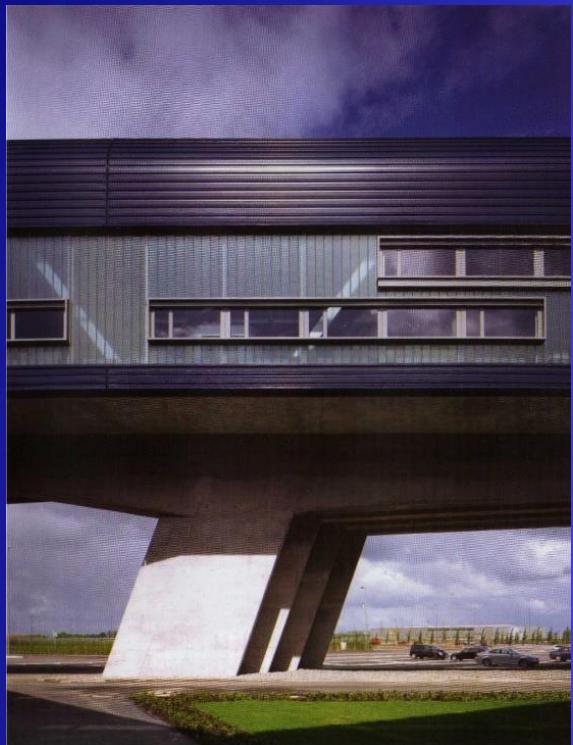
# TRANSICIONES Y MEGAESTRUCTURAS



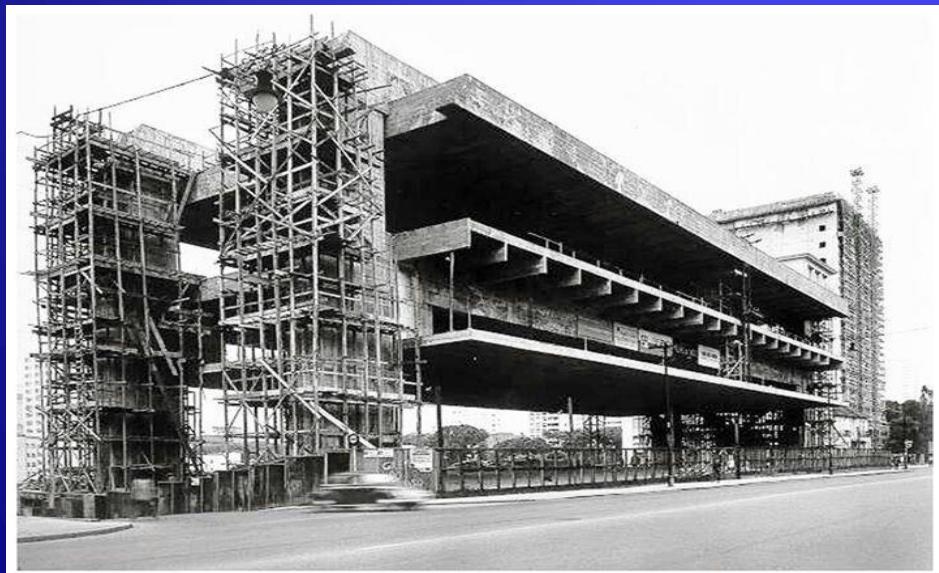
## TRANSICIONES



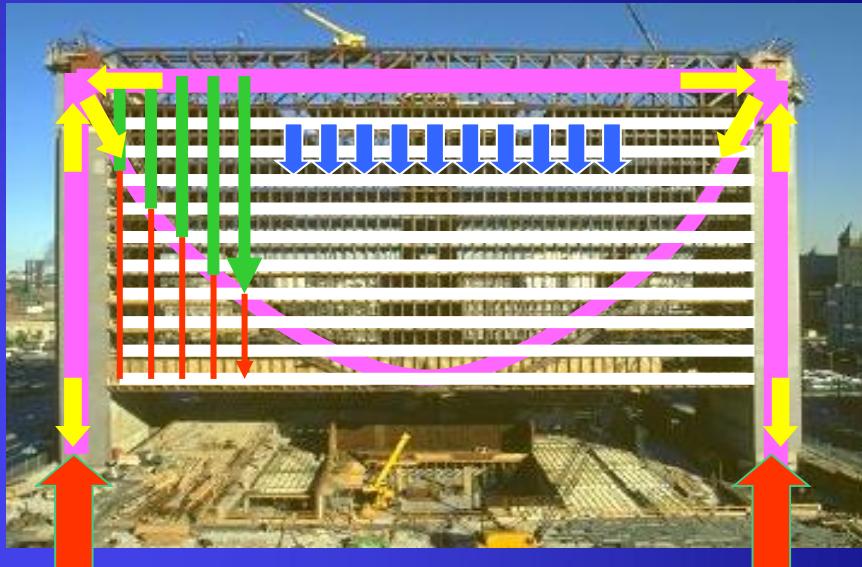
## TRANSICIONES



# MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES

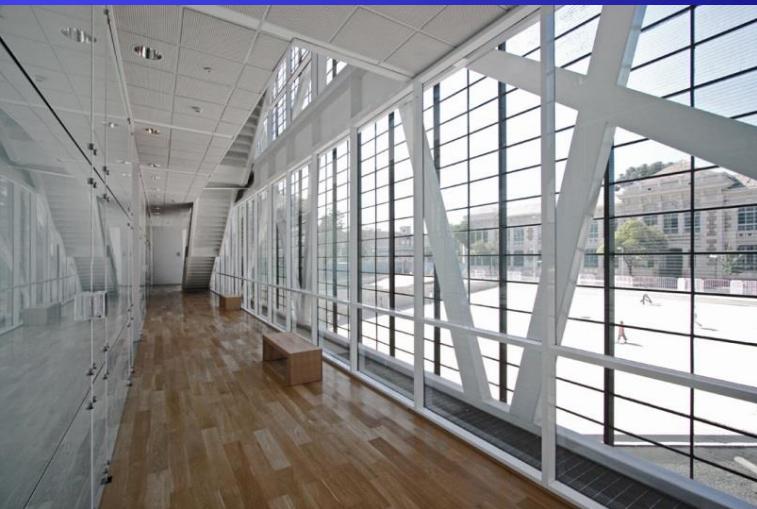
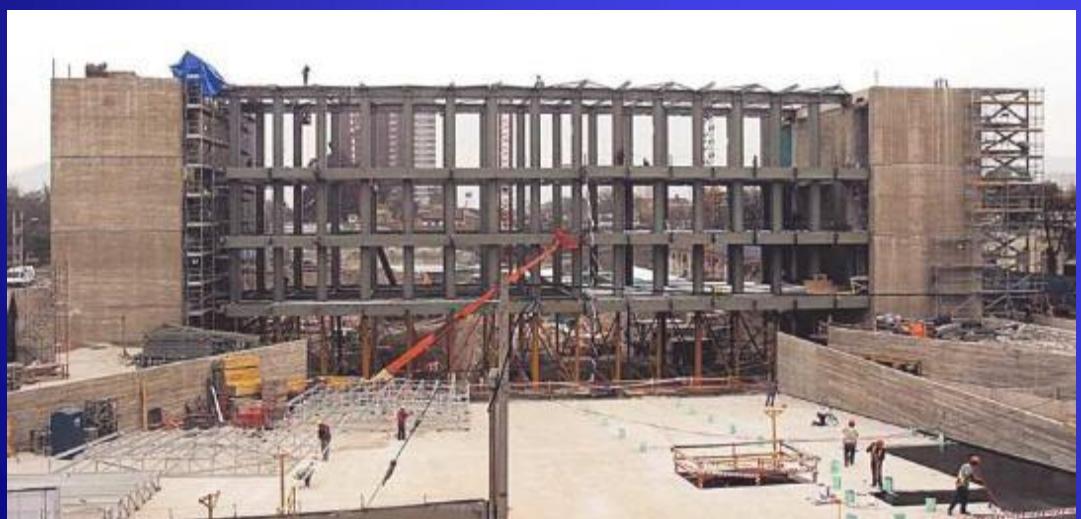


# MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES



LIVERPOOL St. STATION - LONDRES

# MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES

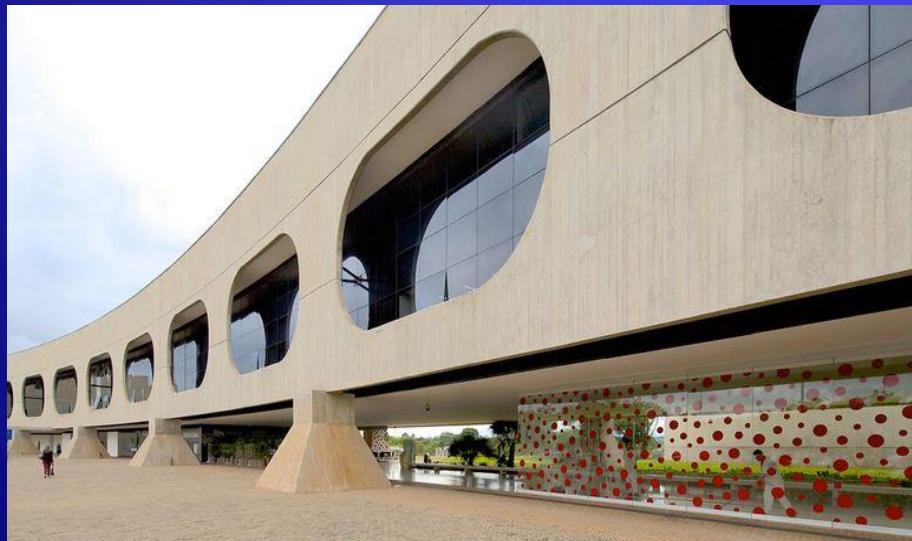


**Museo de la Memoria.  
Santiago de Chile**

# MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES



Hospital Sarah. Brasil (arq. "Lelé" Filgueras)



Vigas Vierendeel

# MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES



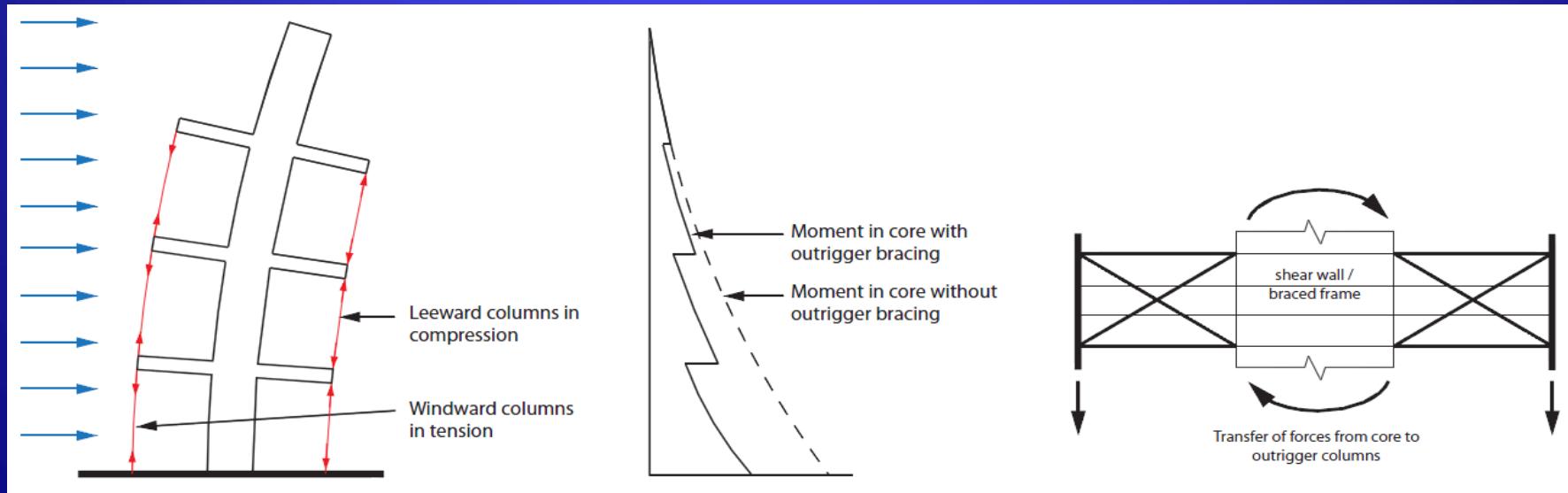
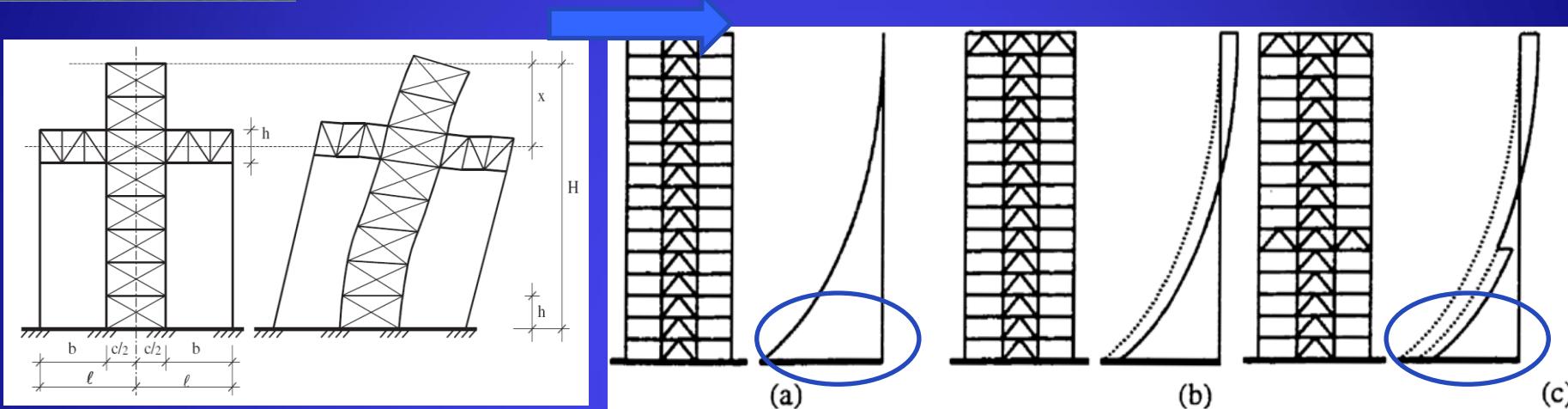
CEMAFE  
Santa Fe





# MEGAESTRUCTURAS

Estabilidad con tensores (outrigger)



# MEGAESTRUCTURAS

Behaviour under lateral forces

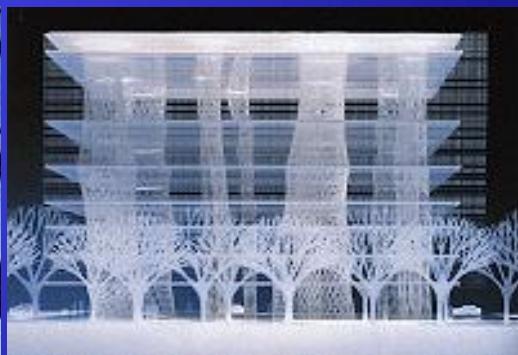
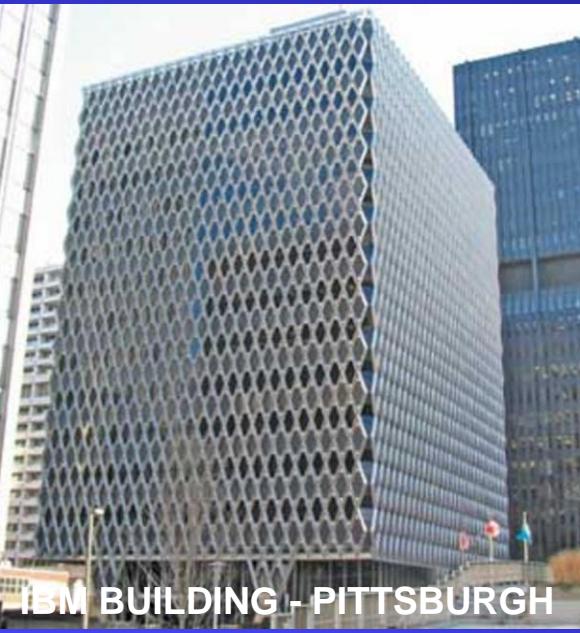
East-West section showing lateral load resisting trusses

U.S. Bank Center, Wisconsin. © Marshall Gerometta/CTBUH

# TRIANGULACIONES Y DENSIFICACIÓN DE COMPONENTES



## TRIANGULACIONES Y PÓRTICOS

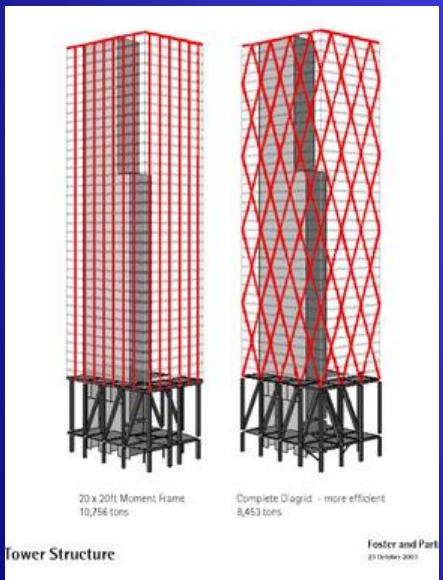


MEDIATECA DE  
SENDAI – TOYO ITO

# TRIANGULACIONES

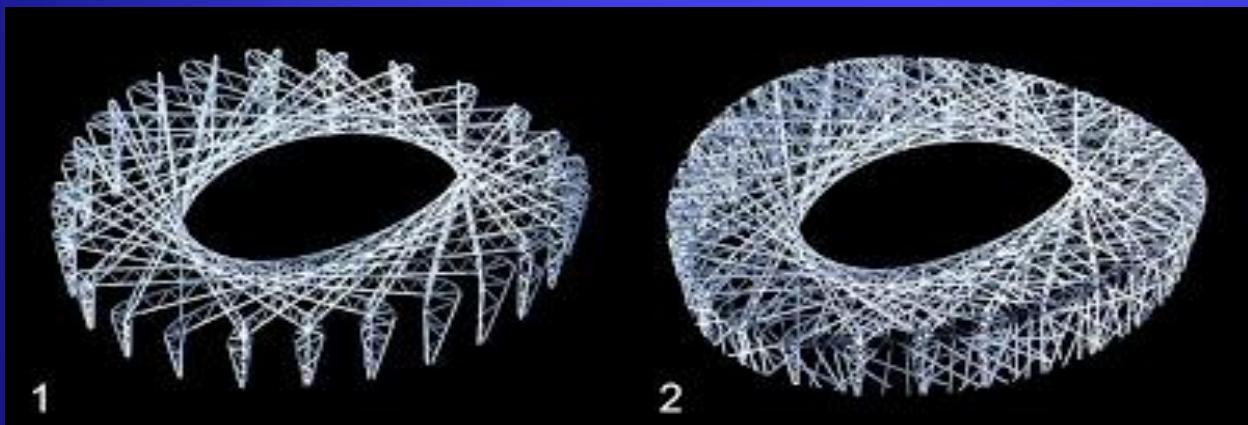


## CCTV – TRIANGULACIONES NO UNIFORMES



## HEARST TOWER – TRIANGULACIONES UNIFORMES

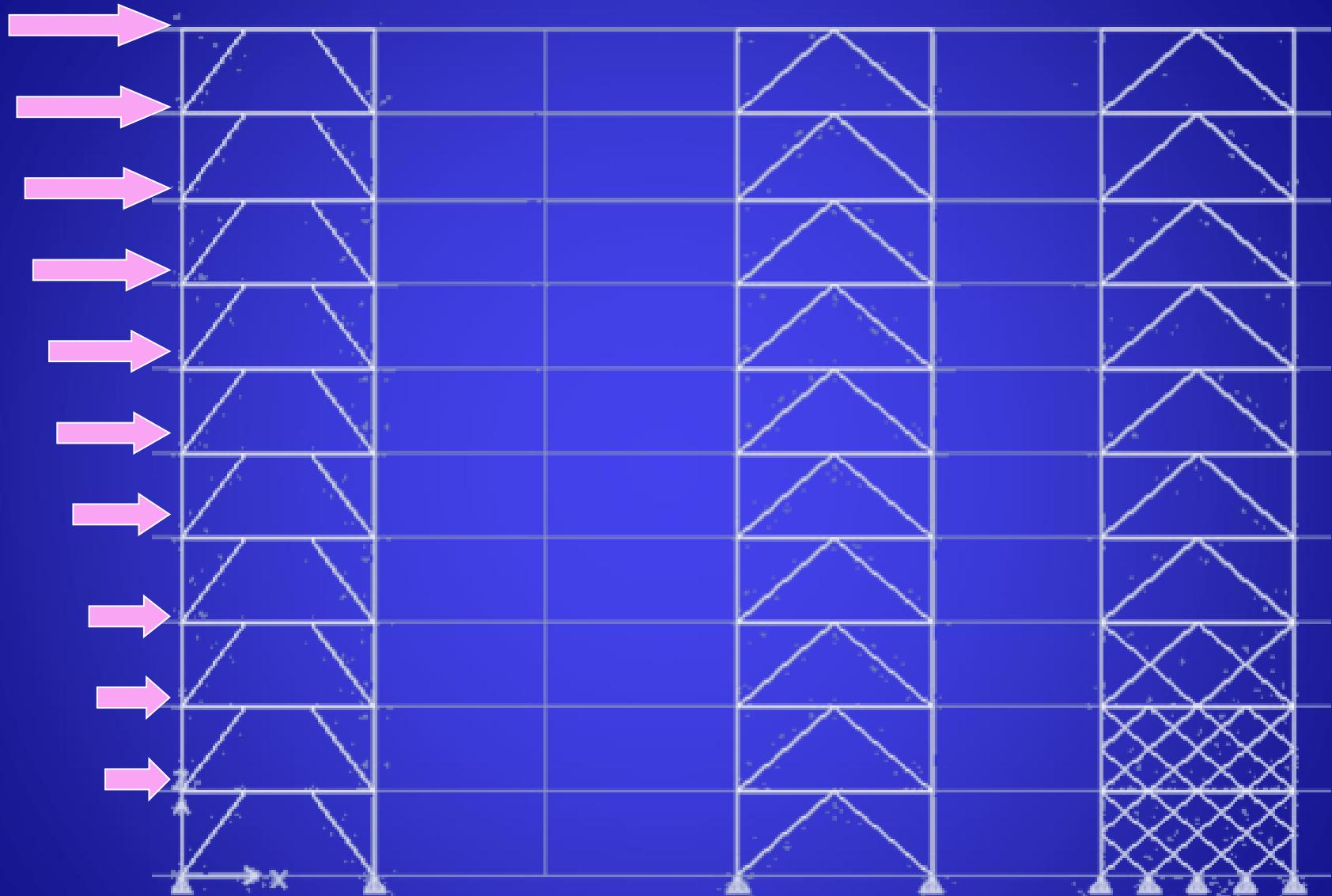
## TRIANGULACIONES



- Sistema Triangulado **No Uniforme**.
- Estructura metálica.

ESTADIO EL NIDO. China

## TRIANGULACIONES

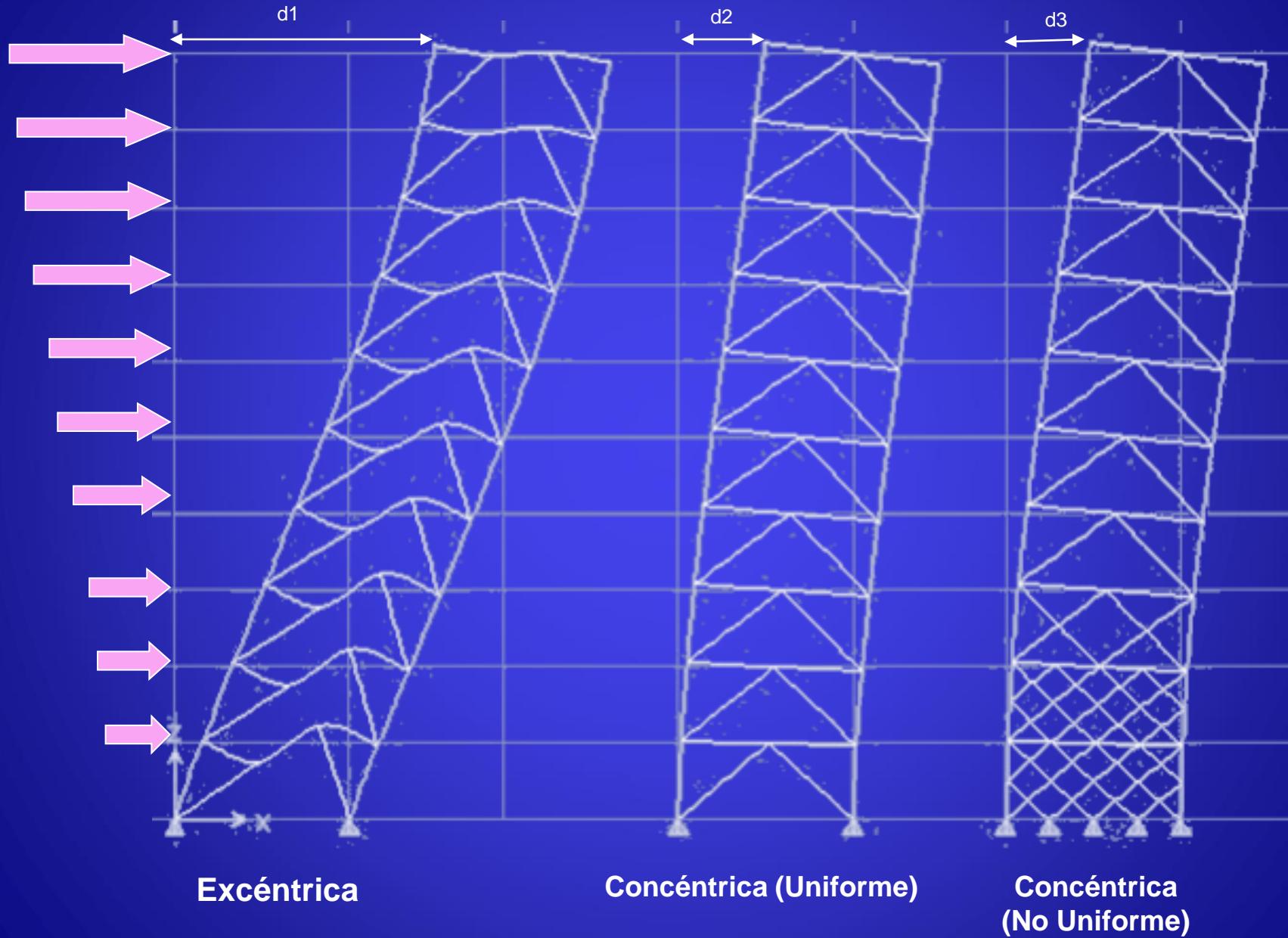


Excéntrica

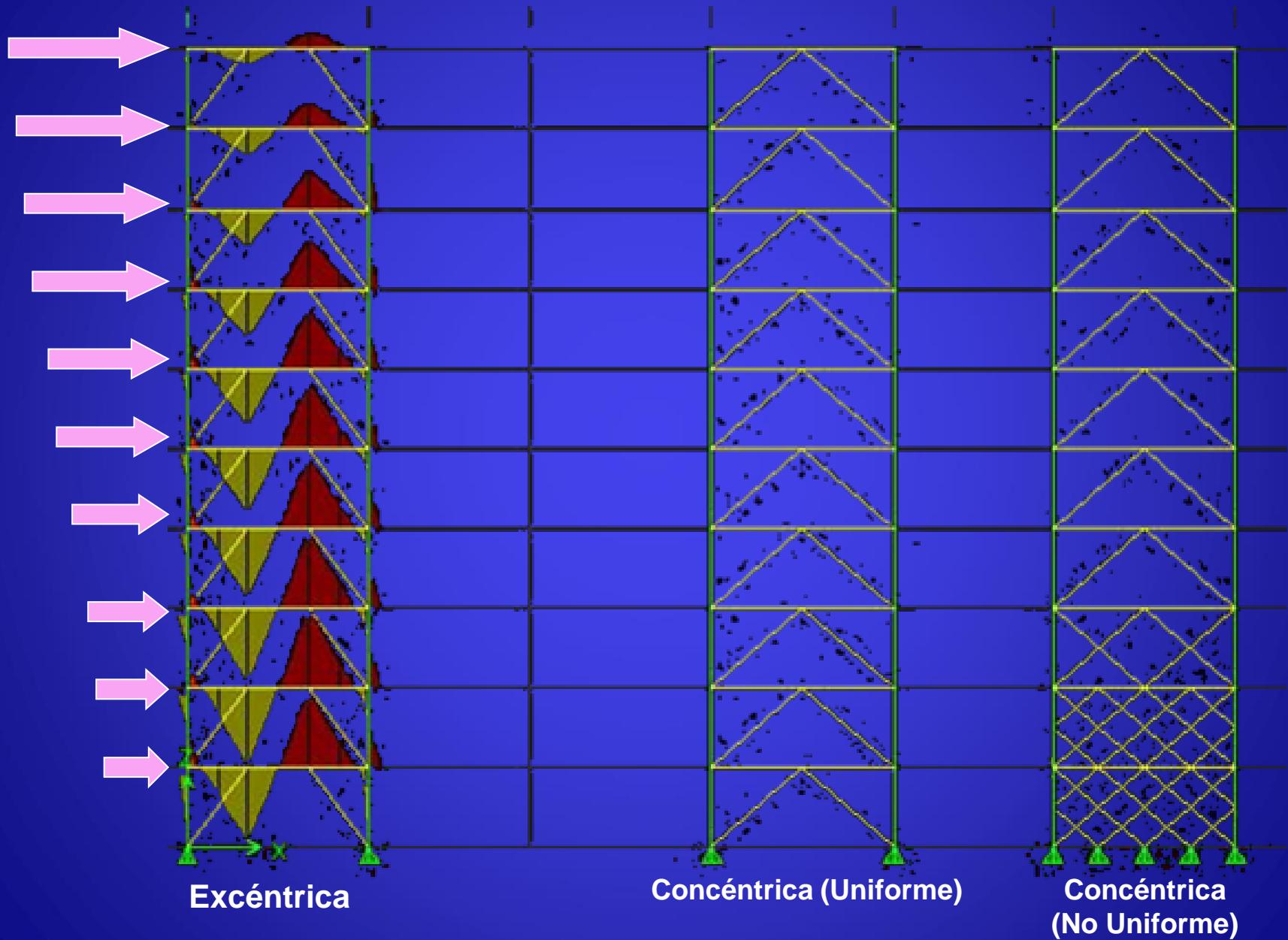
Concéntrica (Uniforme)

Concéntrica  
(No Uniforme)

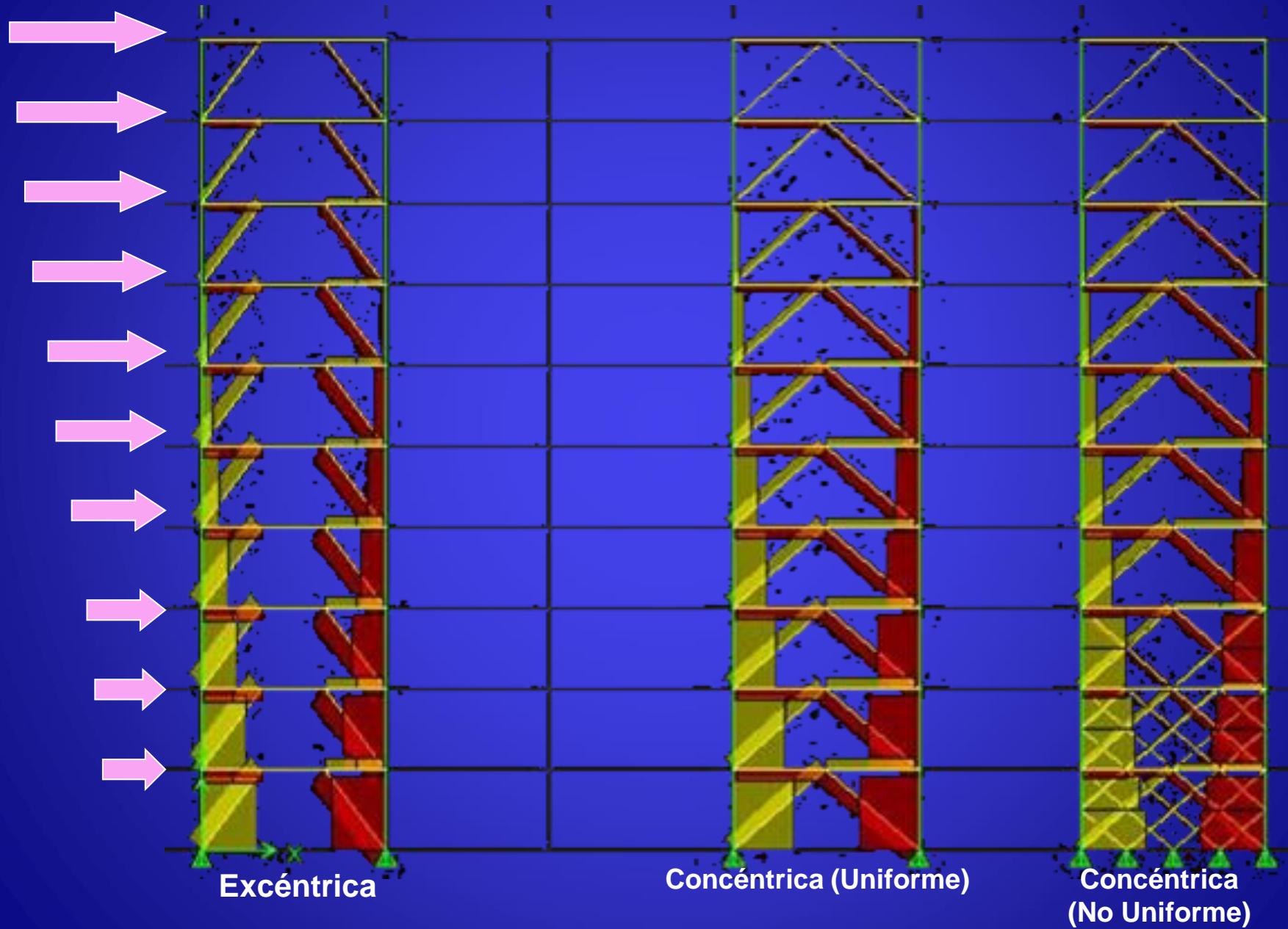
## TRIANGULACIONES (Deformadas)



## TRIANGULACIONES (Momentos)

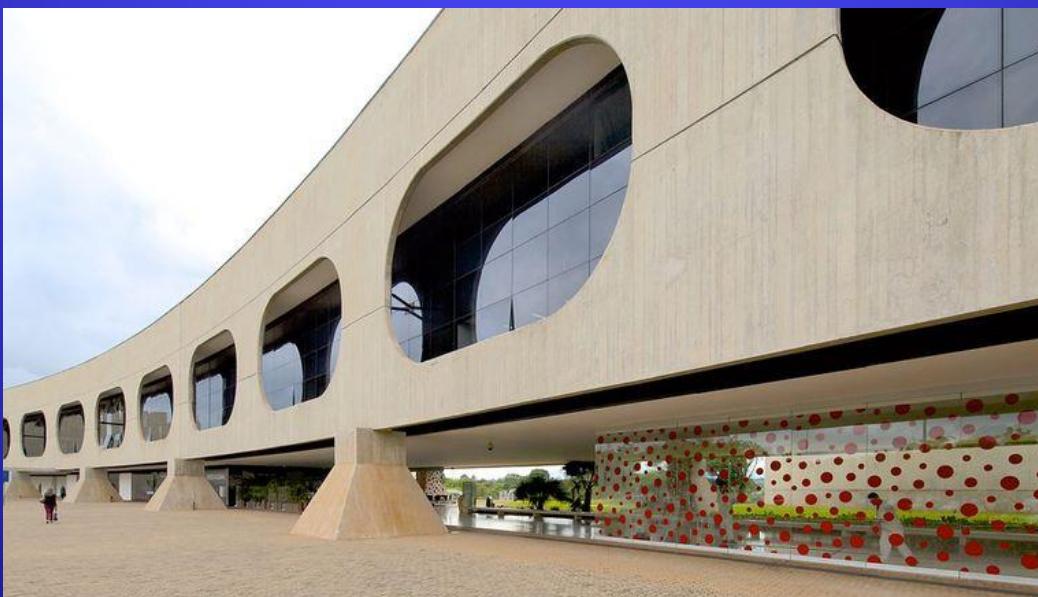


## TRIANGULACIONES (Normales)

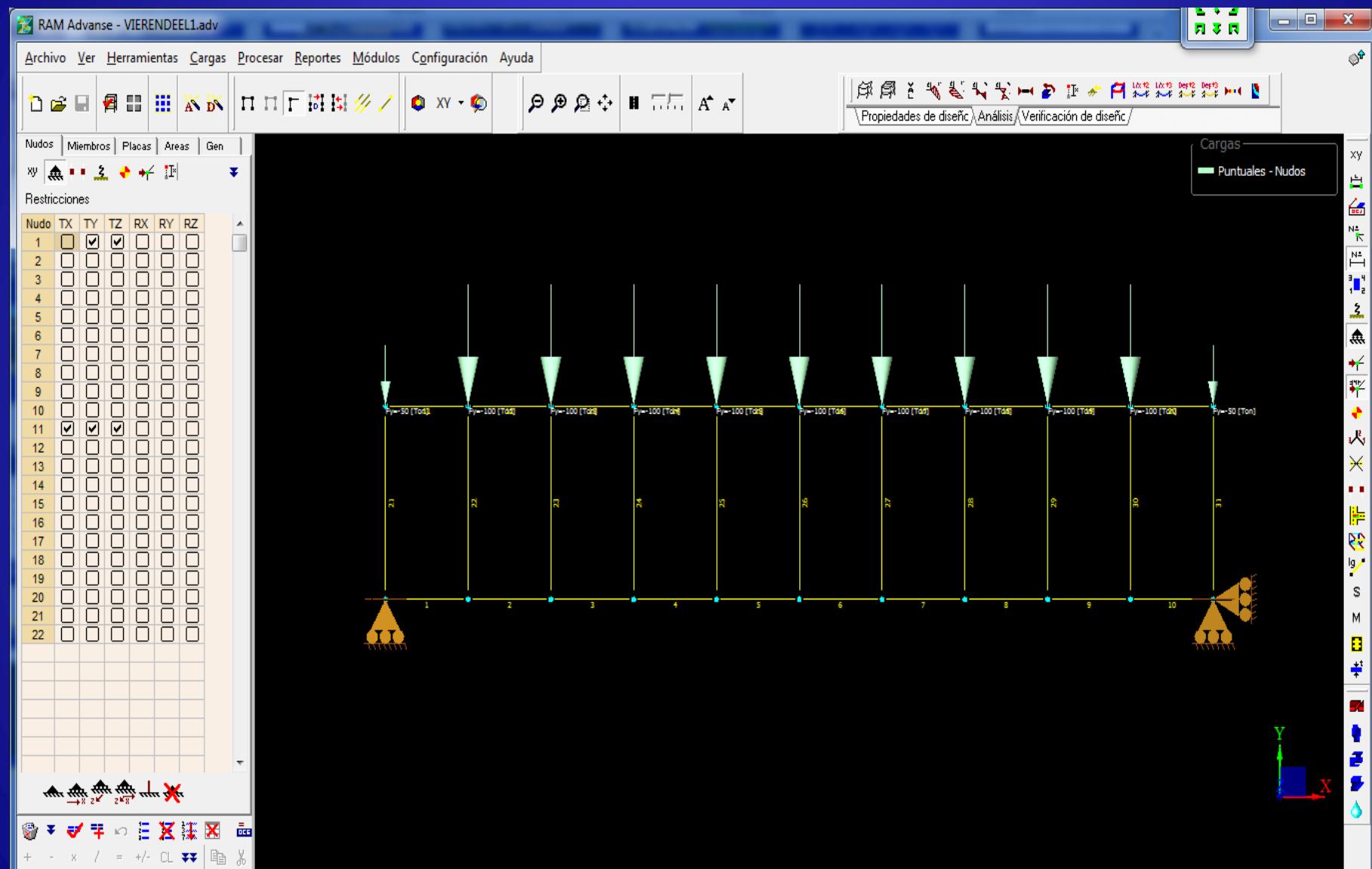


# USO DE SOFTWARE

## VIGAS RETICULADAS O VIGAS VIERENDEEL

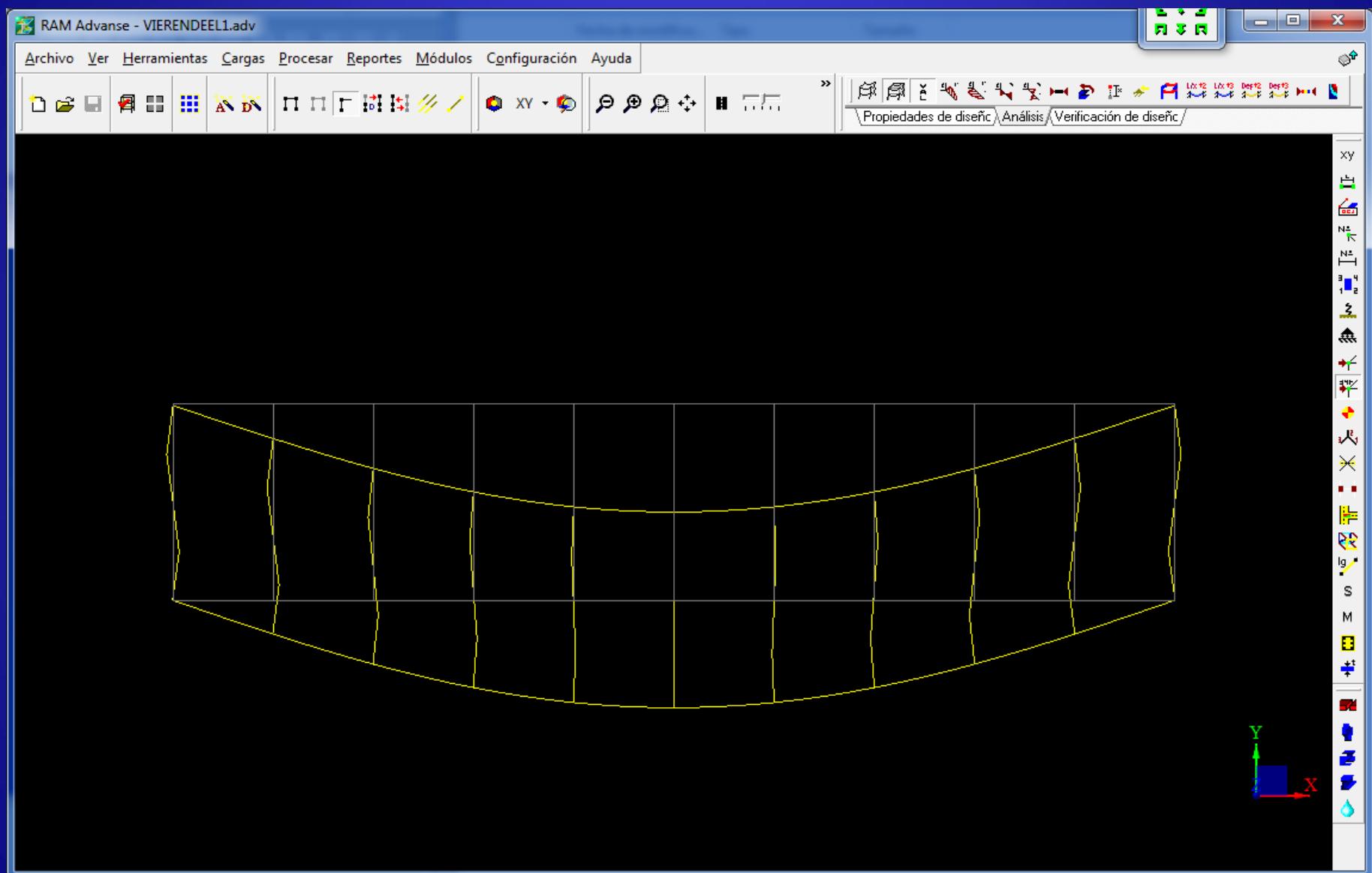


# SOFTWARE



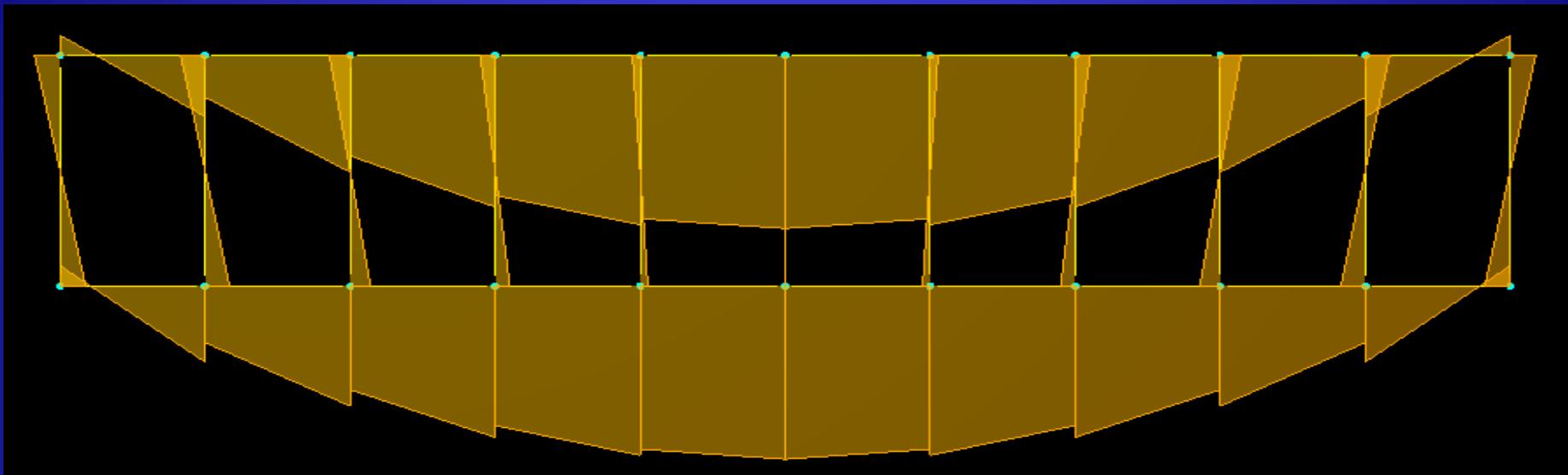
Modelo Completo

# SOFTWARE

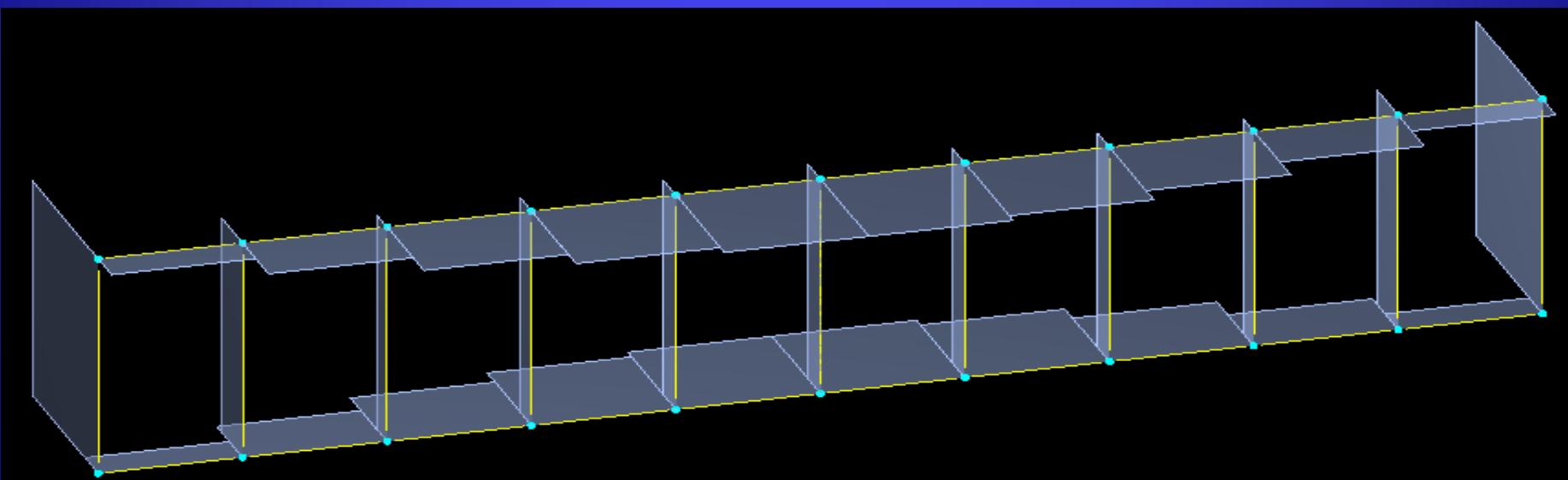


Deformada

# SOFTWARE



**Momento Flector**



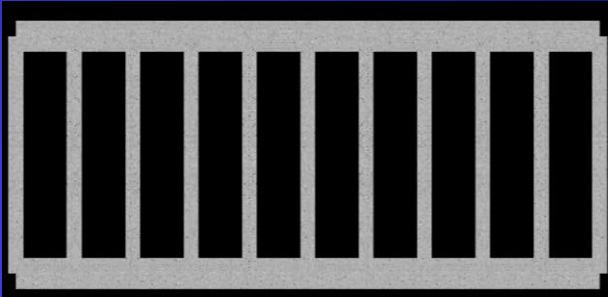
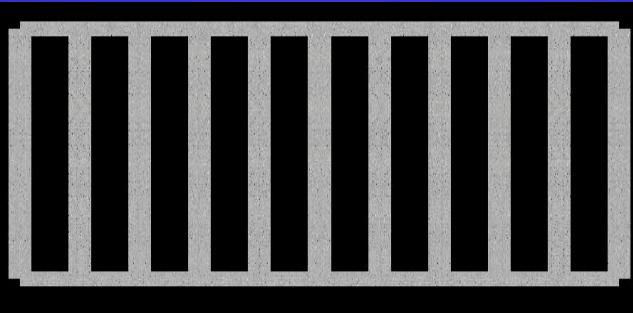
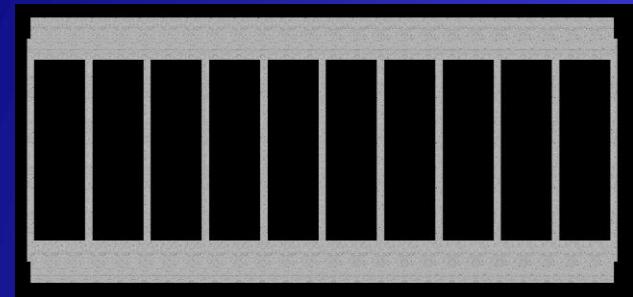
**Esfuerzos Normales**

# SOFTWARE

Cordones Gruesos  
Montantes Finos

Cordones Finos  
Montantes Gruesos

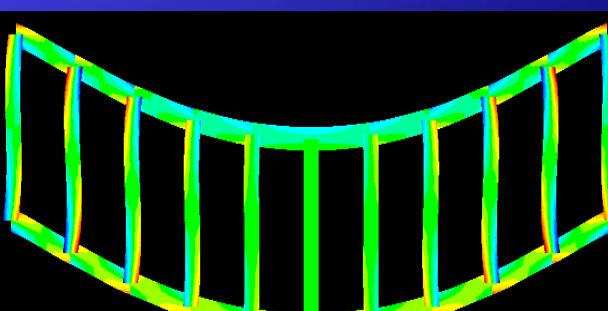
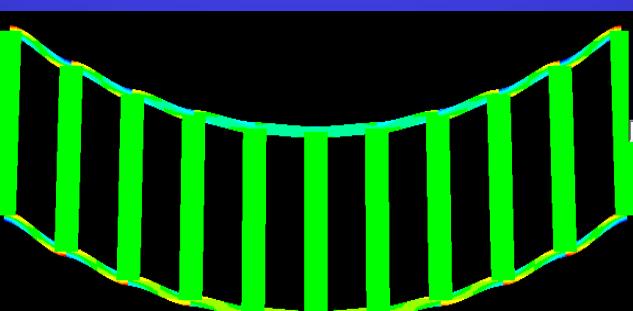
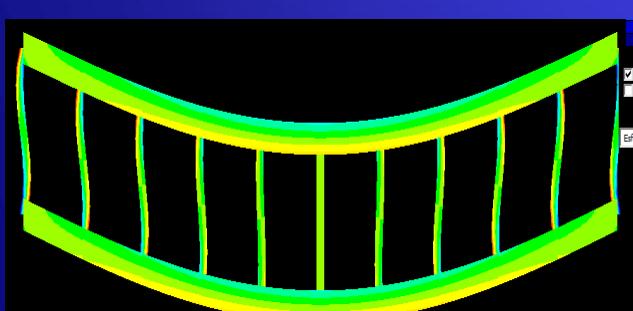
Cordones y  
Montantes Similares



## Geometría



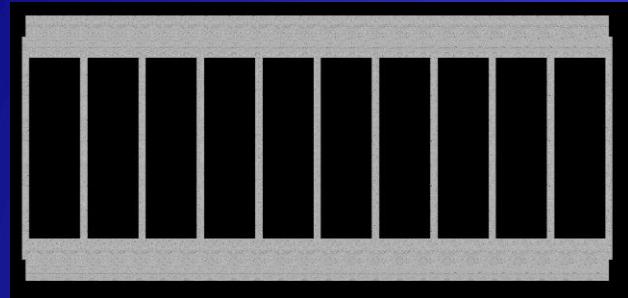
## Deformada



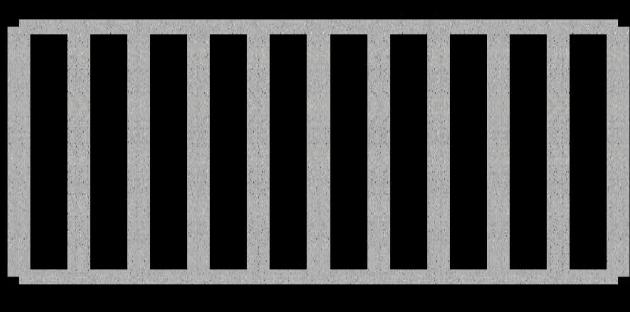
## Tensiones

# SOFTWARE

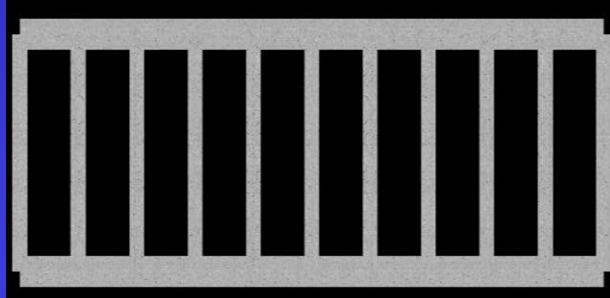
Cordones Gruesos  
Montantes Finos



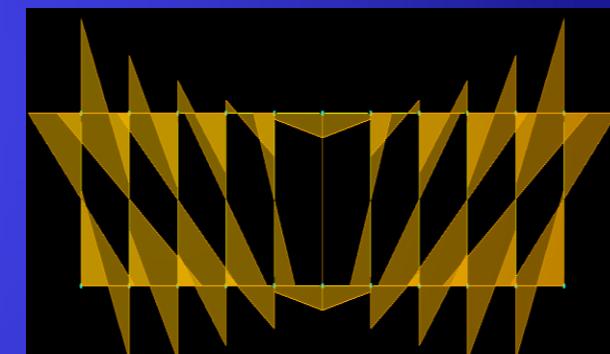
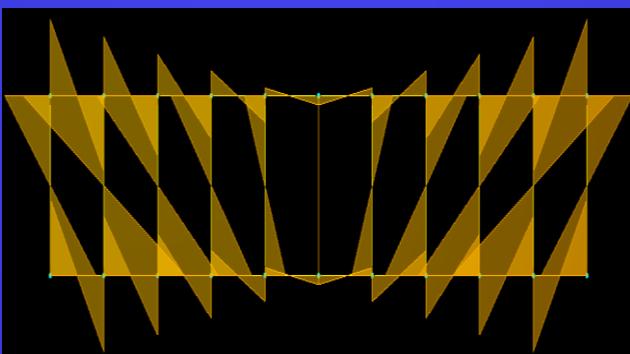
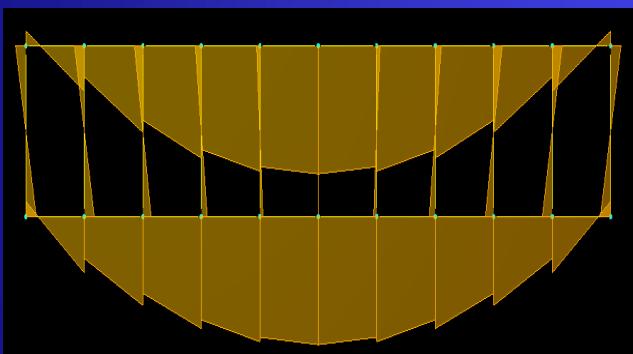
Cordones Finos  
Montantes Gruesos



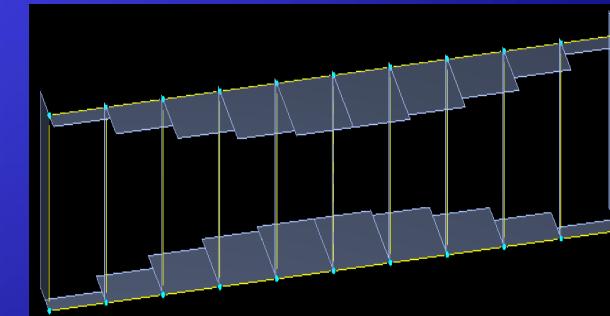
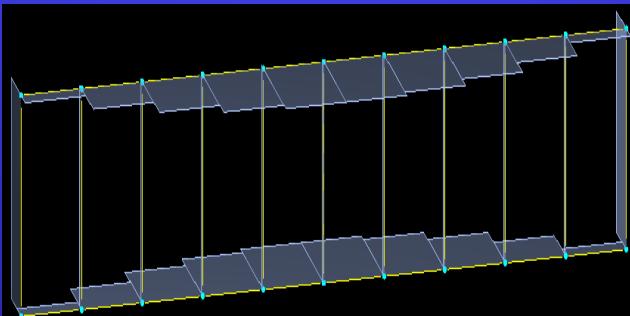
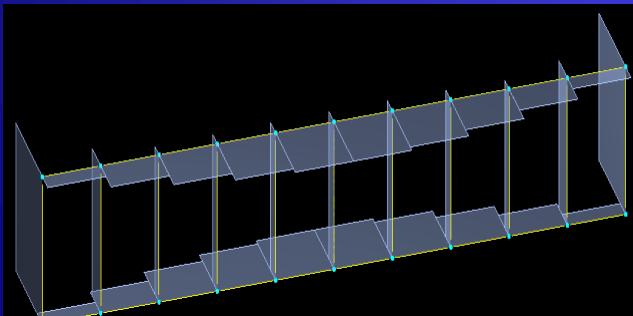
Cordones y  
Montantes Similares



## Geometría



## Momento Flector



## Esfuerzos Normales



**“DISEÑO ESTRUCTURAL”**

**SISTEMAS VERTICALES  
ESTRUCTURAS DE TRANSICIÓN  
MEGAESTRUCTURAS**

**CÁLCULO DE VIGAS VIERENDEEL**

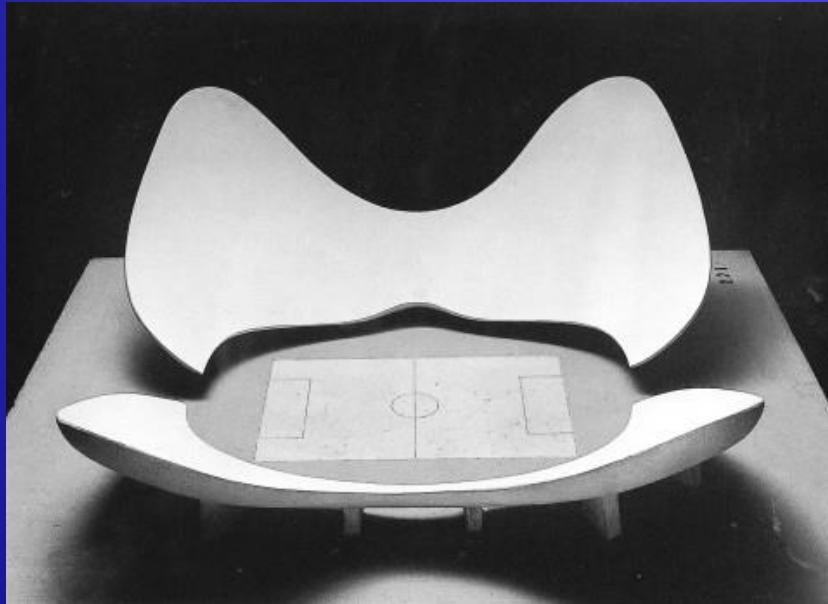
**FIN**

# DISEÑO PARAMÉTRICO INTRODUCCIÓN

## DISEÑO PARAMÉTRICO

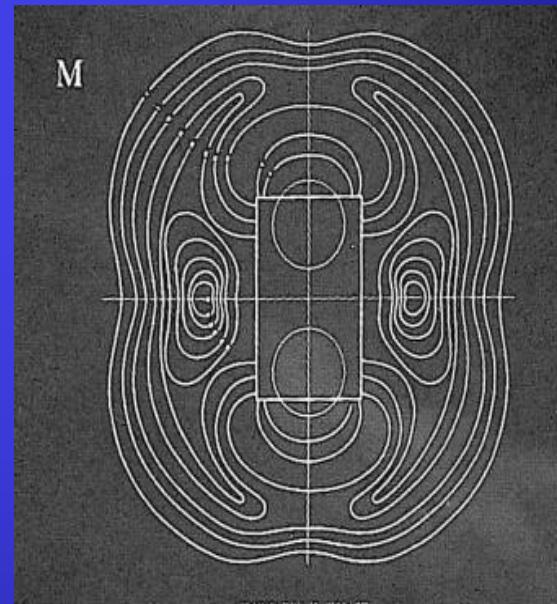
Def. : Enfoque de diseño que utiliza un conjunto de ecuaciones expresadas como **funciones explícitas** de un número de variables independientes, conocidas como '**parámetros**' que permiten generar formas y estructuras complejas.

1. Parámetros: variables que definen características de diseño, tales como forma, materiales, superficies, etc.
2. Algoritmos: instrucciones para relacionar los parámetros entre sí.
3. Los resultados (el conjunto de cantidades) están relacionados con los parámetros a través de "funciones explícitas"



Maqueta Física

Estadio "N". Luigi Moretti. Exposición arquitectura. Milán



Curvas equi-deseables. 19 parámetros  
(ángulos de visión, mínimo costo de  $H^0$ )

## DISEÑO PARAMÉTRICO

**Analogía Paramétrica:** Uso de modelos físicos equilibrados que se modifican y se adaptan según las leyes físicas.

**Gaudí:** Uso del modelo de cadenas colgantes y pesos generando formas funiculares, esencialmente traccionado. Al invertirlo se obtiene la forma “todo comprimido”.

**F. Otto:** Modelos colgantes y películas de jabón

**Andrés y Ortega:** Homostasis: Equilibrio luego de aplicación de calor.



Figura 21 Maqueta funicular. Iglesia de la Colonia Güell.

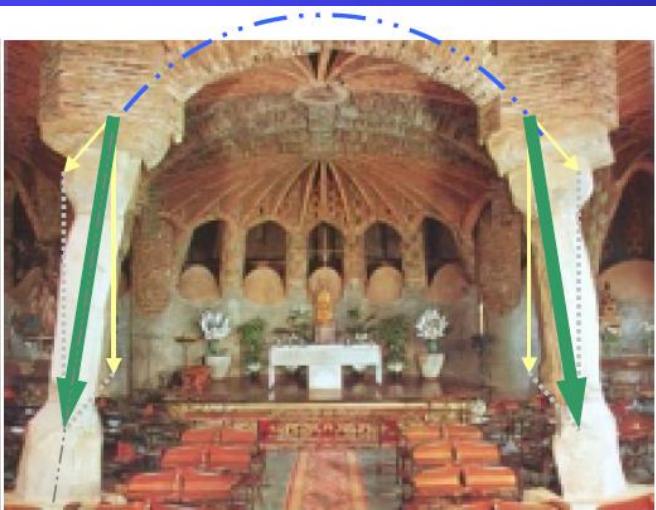
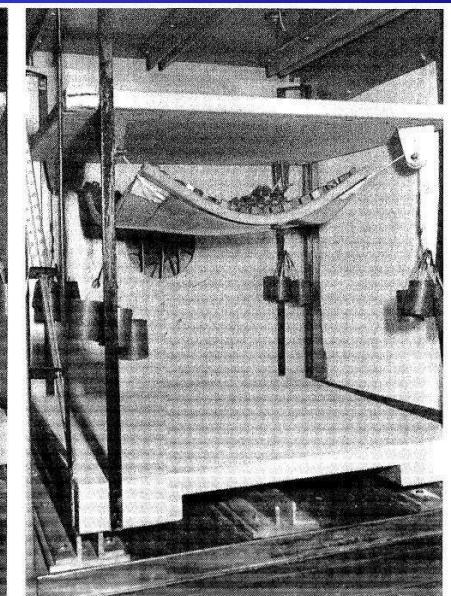
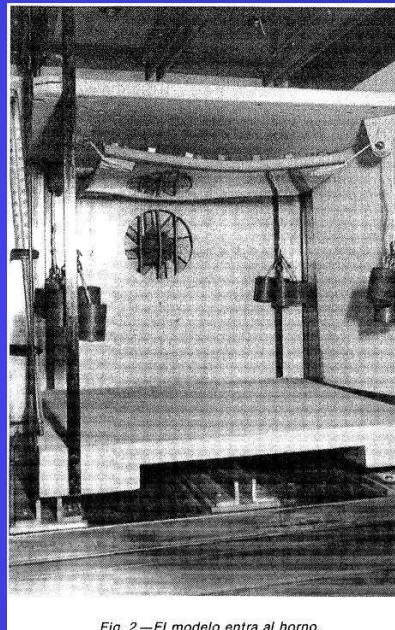


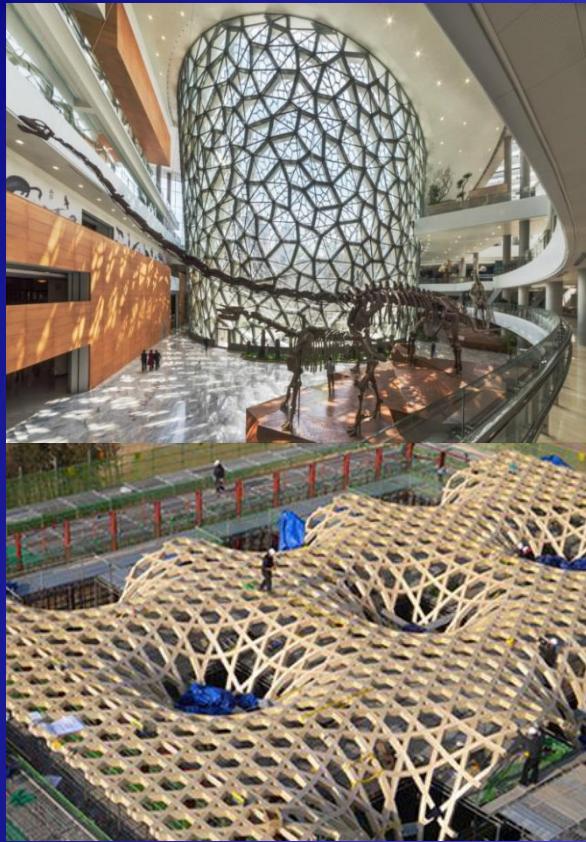
Figura 22 Cripta Güell. Vista del altar. Esquema estático

## DISEÑO PARAMÉTRICO

## Analogía Paramétrica



## DISEÑO PARAMÉTRICO



**ROMPE LA CAJA**  
TALLER DE DISEÑO PARAMÉTRICO CON SOFTWARE LIBRE

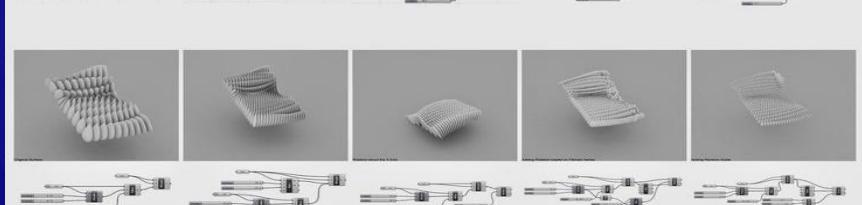
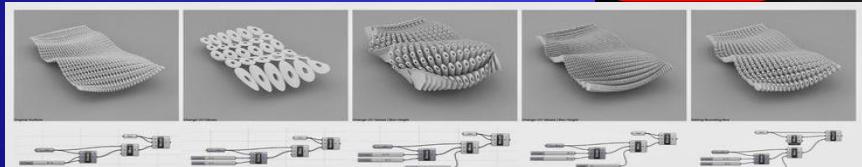
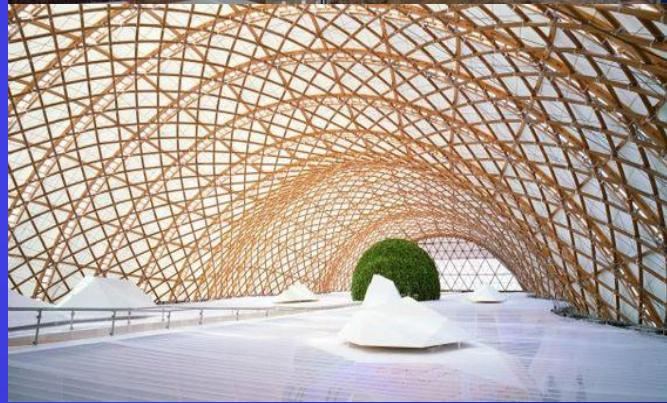
Investigaciones prácticas ligadas matemática y programación de software libre para la creación de diseños arquitectónicos. Conocimiento de sistemas complejos programando código. Creación de sistemas complejos programando código. Uso de software libre para la creación de diseños arquitectónicos.

Diagramas y software informáticos utilizados: como Grasshopper, Rhinoceros, Sketchup, AutoCAD, entre otros. La actividad final tiene como consecuencia de una muestra de diseños y la posibilidad de comprar, producir y vender sus soluciones prácticas.

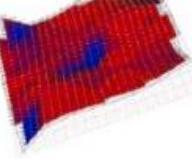
**BLENDER + SVERCHOK**

TALLER INTENSIVO  
MIÉRCOLES 8 DE FEBRERO 16:00-21:00 (ISH)  
PLAZAS LIMITADAS  
MÁS INFORMACIÓN  
INSCRIPCIÓN Y MÁS INFORMACIÓN:  
VICTORBOVAL@PRODUCCIONESLUMINOSAS.COM  
WWW.PRODUCCIONESLUMINOSAS.COM/CURSOS

PRODUCCIONES LUMINOSAS



 Panelización

 Análisis radiación solar

 Diseño responsive

 Panelización

 Análisis de estructura

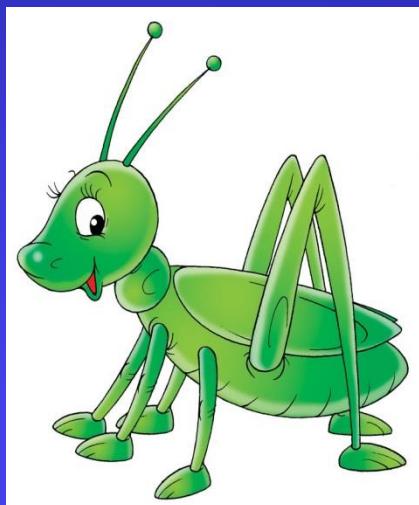
Mallas con Grasshopper

Software

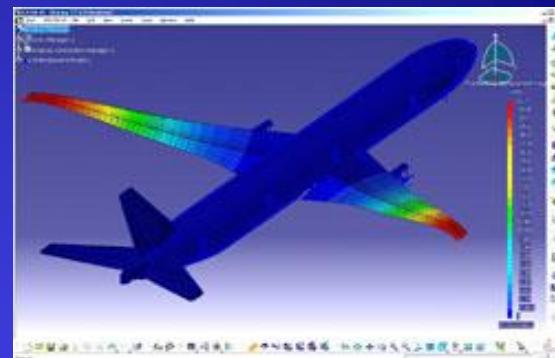
## DISEÑO PARAMÉTRICO. SOFTWARE



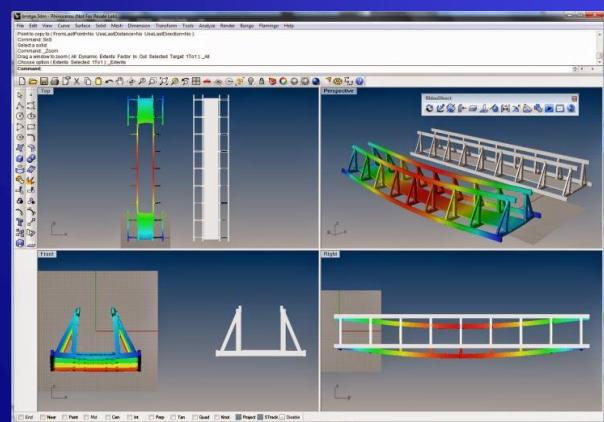
RHINO



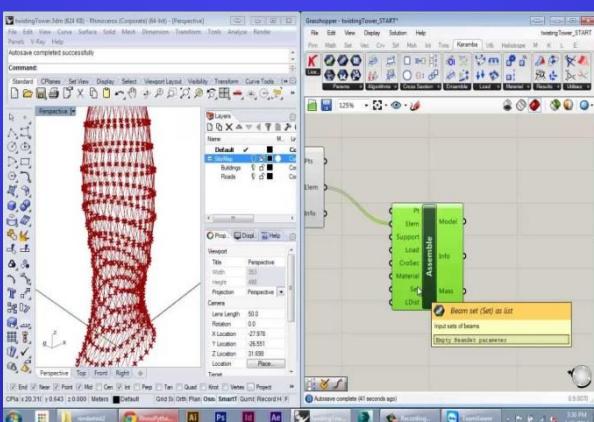
GRASSHOPPER



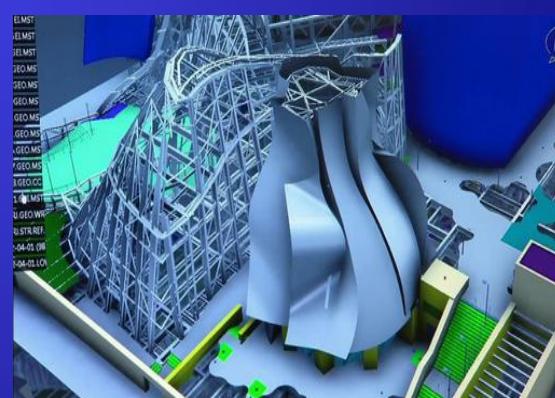
PLUG-IN. CÁLCULO ESTRUCTURAL (MEF)



SCAN &amp; SOLVE



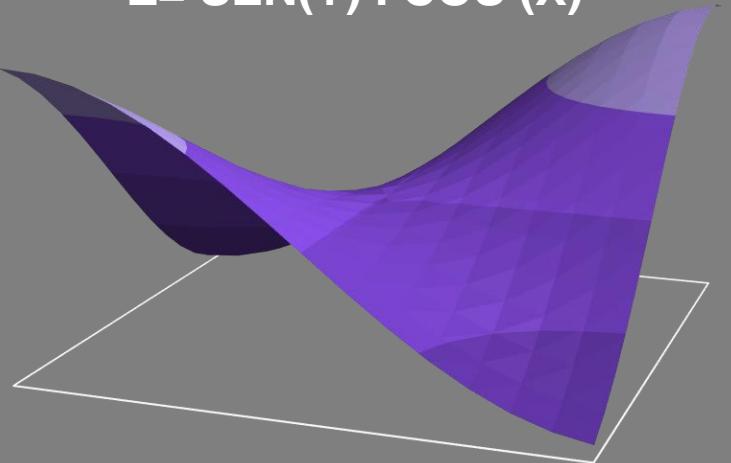
KARAMBA



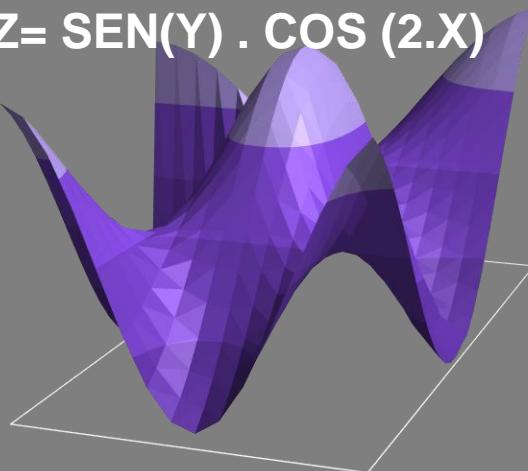
CATIA

## DISEÑO PARAMÉTRICO

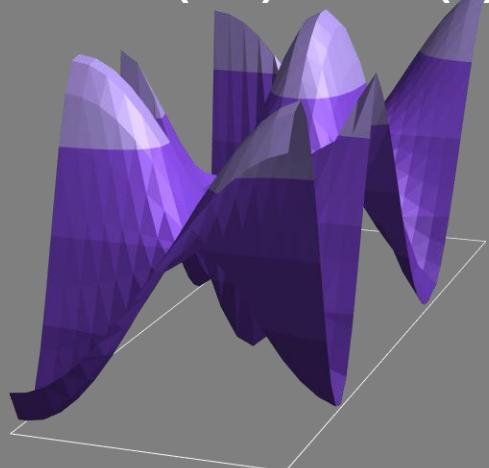
$$Z = \text{SEN}(Y) \cdot \text{COS}(X)$$



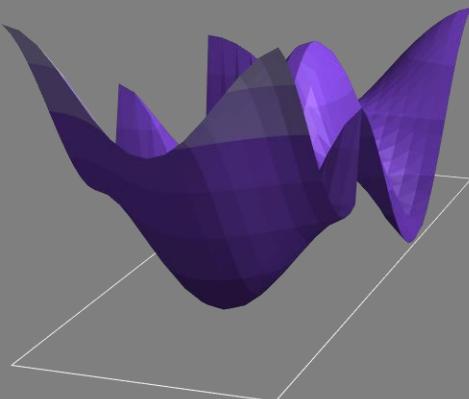
$$Z = \text{SEN}(Y) \cdot \text{COS}(2X)$$



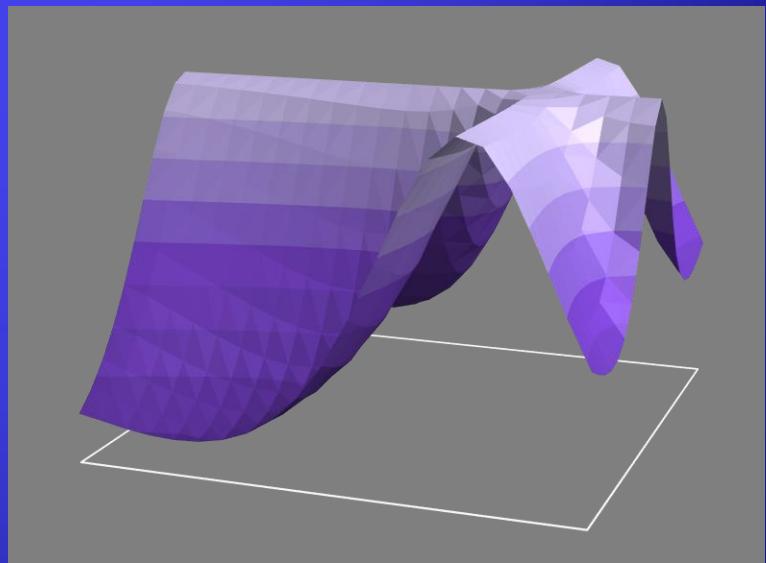
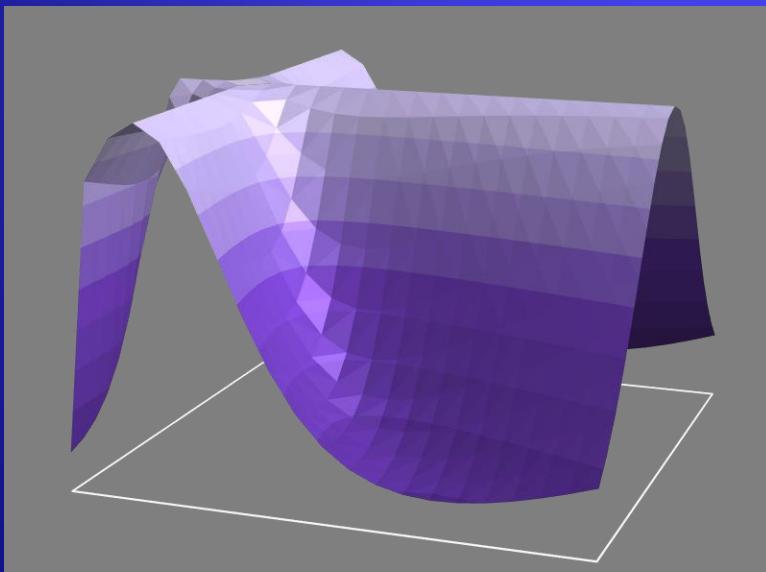
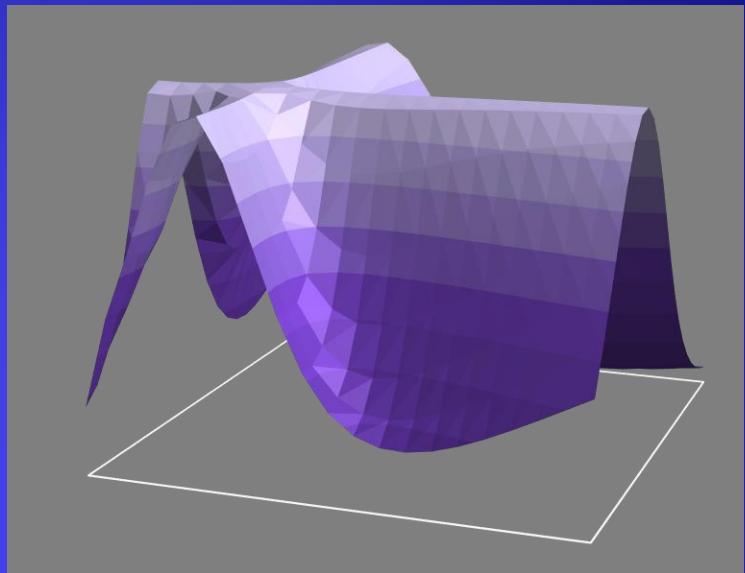
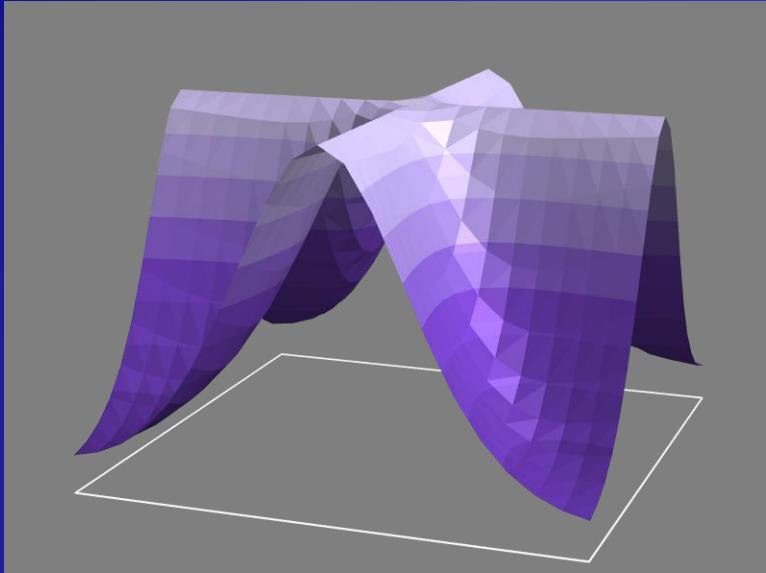
$$Z = \text{SEN}(2Y) \cdot \text{COS}(X)$$



$$Z = \text{SEN}(Y) + \text{COS}(X)$$

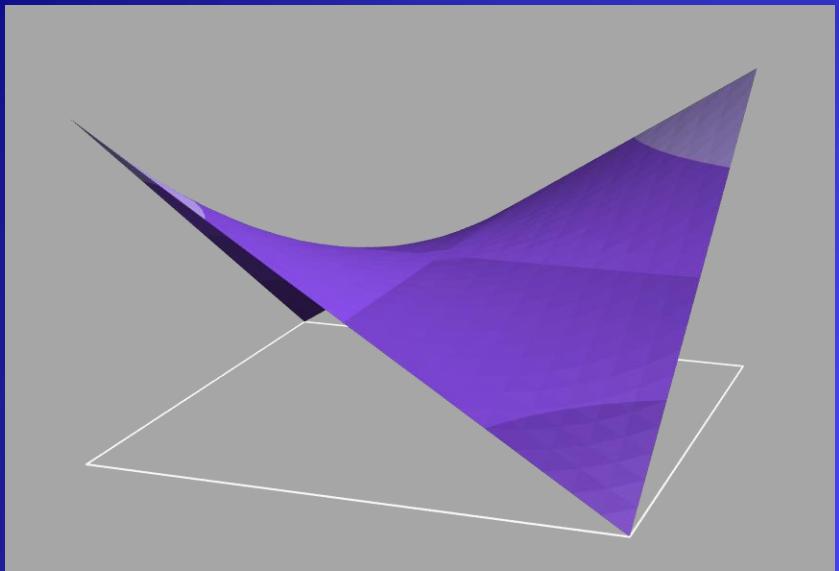


## DISEÑO PARAMÉTRICO

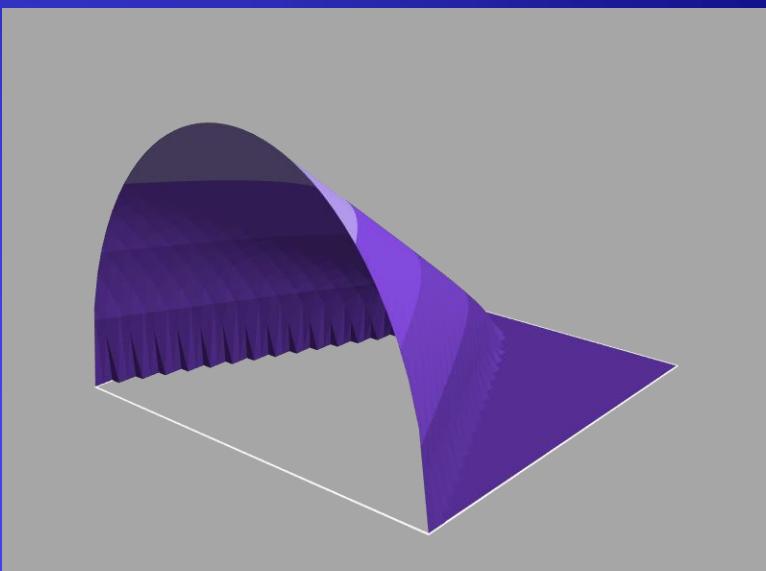


$$Z = \cos(5 * Y * X / (Y^2 + X^2 + 1))$$

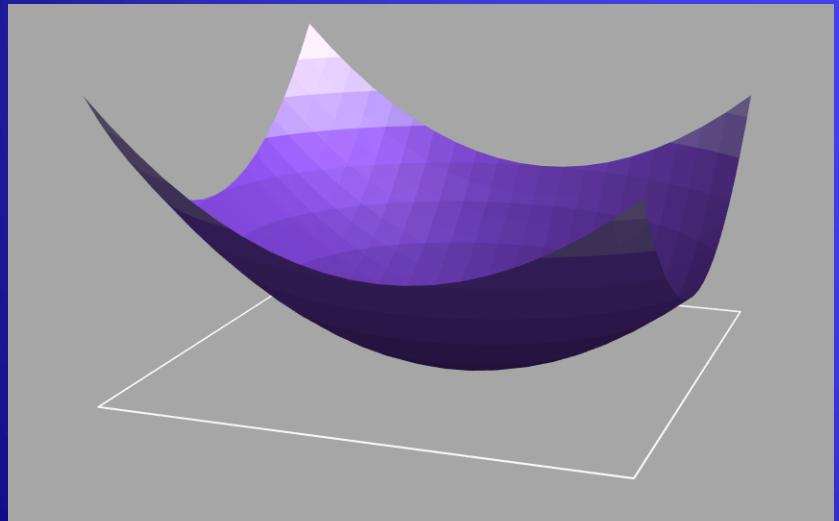
## DISEÑO PARAMÉTRICO



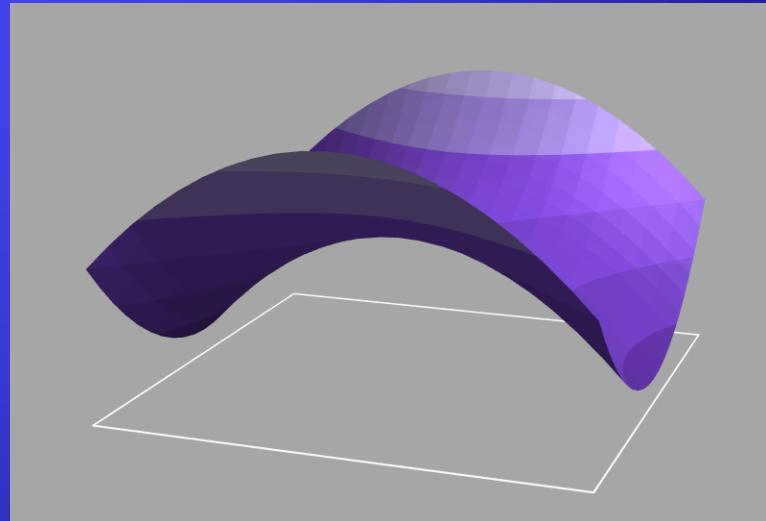
$$Z = p \cdot (X^2 \cdot Y^2)$$



$$Z = \text{RAIZ}(-X^2 - Y^2 - p^2)$$



$$Z = p \cdot (X^2 + Y^2)$$



$$Z = p \cdot (X^2 - Y^2)$$