

TEMA 16

EDIFICIOS

1. GENERALIDADES

2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CÁLCULO

2.1. Criterios de diseño

2.1.1. Soluciones estructurales

2.1.3. Definición de elementos estructurales

2.1.2. Sistemas de rigidización lateral

2.1.4. Ejemplos de edificios en altura

2.2. Cálculo y dimensionamiento

2.2.1. Normativa

2.2.2. Elementos estructurales

3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

1. GENERALIDADES

• VENTAJAS DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

- Resistencia

- * Grandes luces \Rightarrow Plantas diáfanas
- * Alturas elevadas
- * Secciones reducidas \Rightarrow Aprovechamiento del espacio
 - \Rightarrow Espacios limpios al ocultar la estructura en fachadas, tabiquería, forjados
 - \Rightarrow Estructura ligera \Rightarrow Menores solicitaciones sobre soportes de niveles inferiores y sobre cimentaciones

- Prefabricación

- * Solape de actividades (ejecución en taller de la estructura mientras se construye las infraestructuras) y rapidez de montaje \Rightarrow Reducción plazo de ejecución y costes.
- * Soldadura fabricada en taller y uniones atornilladas montadas en obra \Rightarrow Calidad en las uniones. Facilidad al ejecutar ampliaciones y modificaciones estructurales.

- Flexibilidad y adaptabilidad

- * A cualquier solución estructural (rígida o articulada)
- * A cualquier distribución en planta
- * Al terreno \Rightarrow En terrenos con deficiente capacidad portante (estructura articulada)
- * Sencillez de ensamblaje con otros elementos (forjados, fachadas)

- Otras ventajas: Seguridad y salud laboral. Sostenibilidad (en fabricación; reciclaje).

• EDIFICIOS MODULARES

- Característica general: Edificios docentes, sanitarios, de oficinas, etc., con el tiempo sufren cambios de uso respecto del original para el que fueron proyectados \Rightarrow Módulos (dimensión básica: 60 cm); Plantas diáfanas, grandes luces.

- Luces (distancia entre pilares): Normales (6 o 7,20 m) \Rightarrow IPE < 500
Grandes (12 o 14,40 m) \Rightarrow Vigas armadas

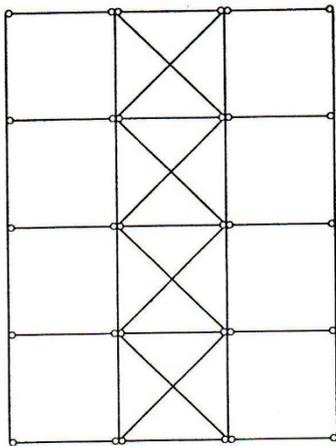
- Altura planta: 4 m (2,70 altura libre; 1,10 falso techo y forjado; 0,20 suelo)

2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CÁLCULO

2.1. CRITERIOS DE DISEÑO

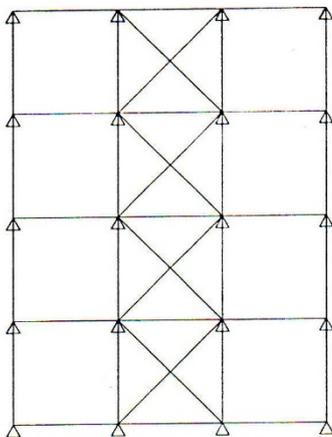
• SOLUCIONES ESTRUCTURALES

a) Nudos articulados



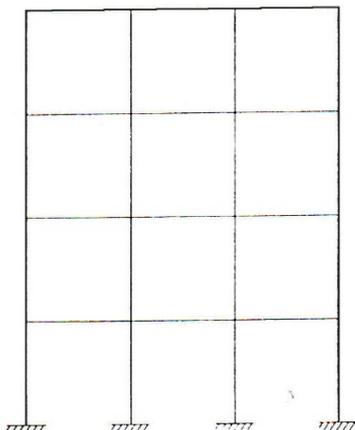
* *Pilares continuos y vigas apoyadas* (muy usada)

- Elimina uniones entre pilares en cada planta
- Vigas a flexión simple y pilares a compresión compuesta por las excentr. de las sobrecargas
- Estrs. arriostramiento para cargas horizontales



* *Pilares continuos y vigas continuas*

- Uniones más caras: Secc.compuesta en viga o pilar con hueco para el paso del otro elemento
- Reducción del canto de las vigas (viga continua) y de los pilares (compresión simple al eliminar la excentricidad debido al tipo de unión)
- Estructuras de arriostramiento para cargas horizont.



b) Nudos rígidos

- Uniones más complejas y mayor peso
- A priori, no necesita arriostramientos para cargas horizont.

Fuente: ITEA, 1999

• DEFINICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

a) Pilares

- * Perfil H \Rightarrow - Requieren poca mano de obra
 - Uniones sencillas
 - Radios de giro del mismo orden en 2 direcciones
- * Sección en cajón (2 UPN)
- * Secciones con elementos de unión (presillas o celosía)

b) Vigas o jácenas o dinteles

- * Perfil doble T \Rightarrow - IPE
 - H (limitación: reducción de canto)
- * Vigas armadas \Rightarrow Grandes luces o cargas

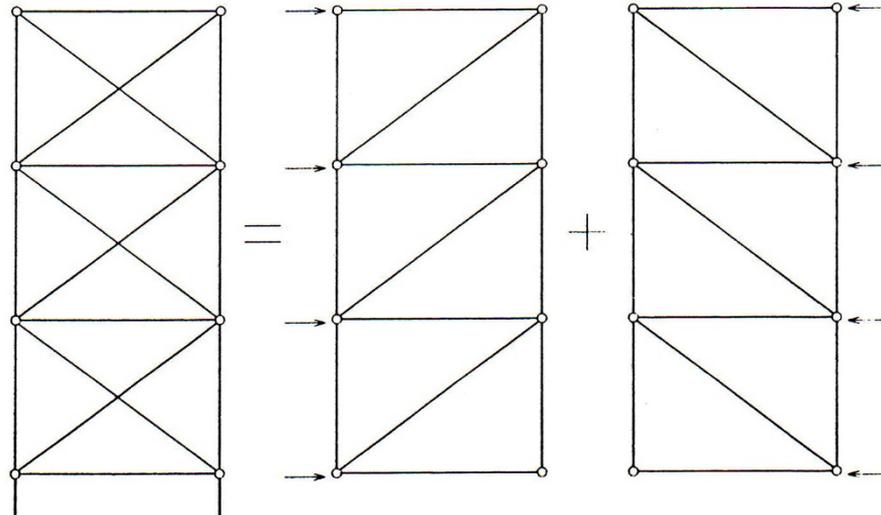
c) Uniones

- * Diseño que garantice un comportamiento próximo al teórico
- * Uniones soldadas fabricadas en taller y atornilladas montadas en obra

d) Elementos de celosía para absorber esfuerzos horizontales

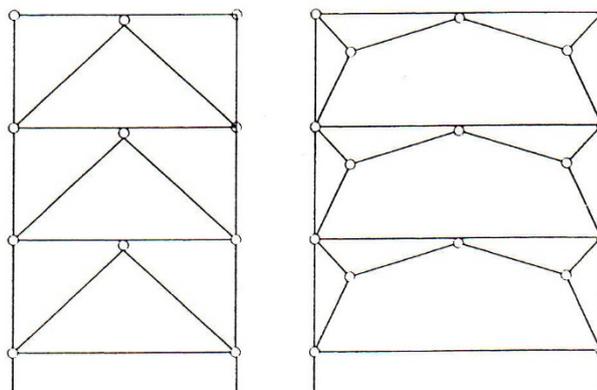
* Celosía + Pilares + Vigas = Ménsula anclada en cimentación

* Cruces de San Andrés



Fuente: ITEA, 1999

* Otras disposiciones para permitir huecos en su plano



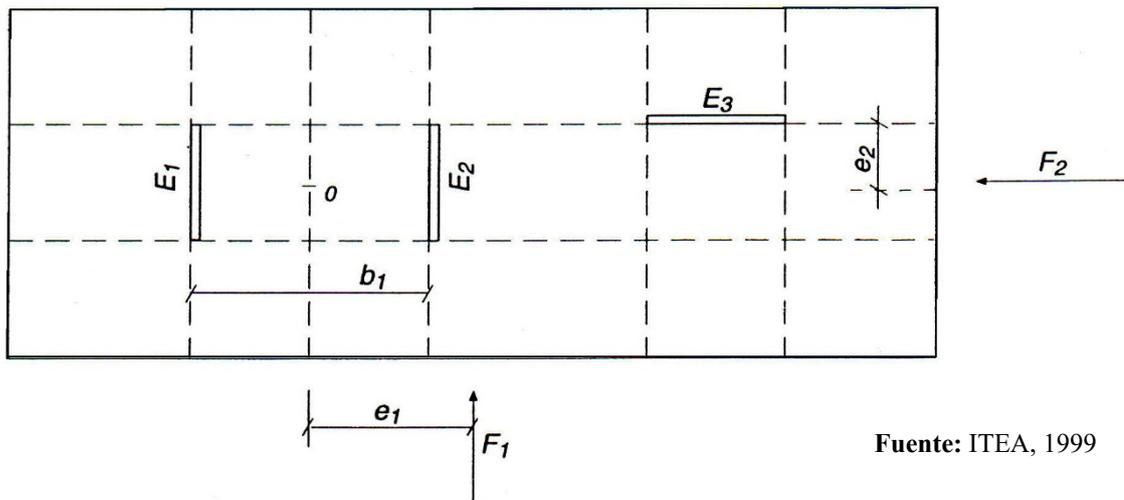
Fuente: ITEA, 1999

* Los esfuerzos obtenidos en pilares y vigas como parte de estas celosías se suman a los de las cargas verticales

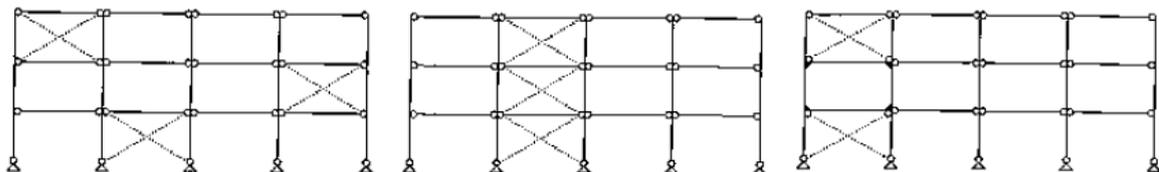
• SISTEMAS DE RIGIDIZACIÓN LATERAL

- GENERALIDADES

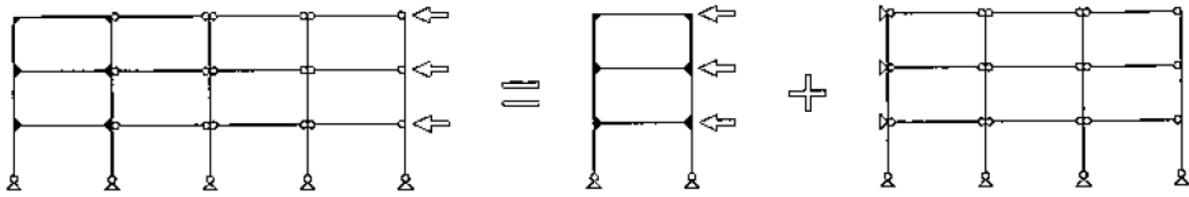
- Según dos planos \perp (para absorber esf. horizontales en cualquier direcc.)
- Si sólo hay una estructura de arriostramiento en una dirección \Rightarrow Dos en la otra dirección (para absorber la torsión debida a la excentricidad)



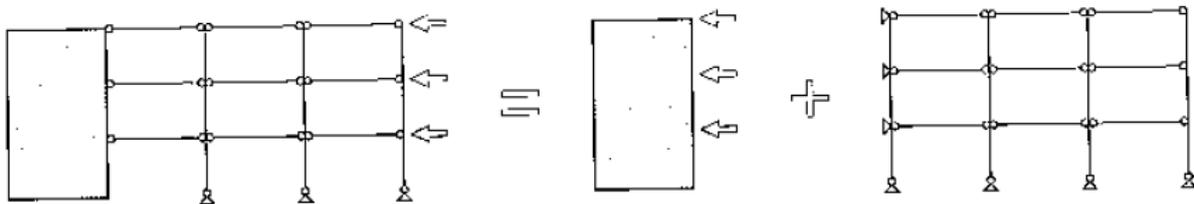
- La carga horizontal que absorben las estructuras de arriostramiento en una dirección es proporcional a sus rigideces (hip. forjado infinitamente rígido que les transmite esfuerzos horizontales por compresión)
- Una estructura de arriostramiento puede distribuirse entre las plantas en distintos vanos



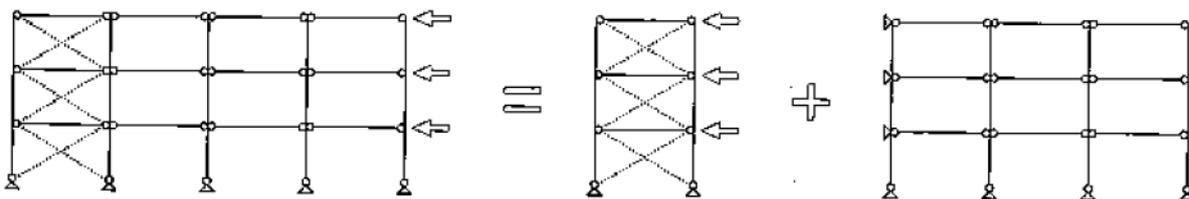
- PÓRTICOS RÍGIDOS



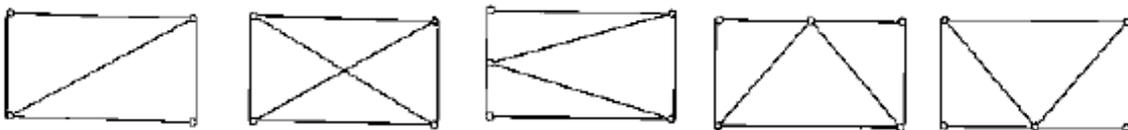
- PANTALLAS Y NÚCLEOS DE HORMIGÓN ARMADO



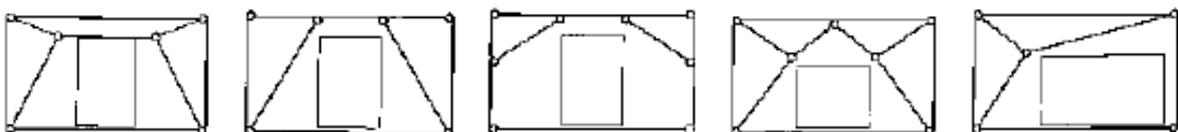
- TRIANGULACIÓN VERTICAL



Tipos de triangulación:

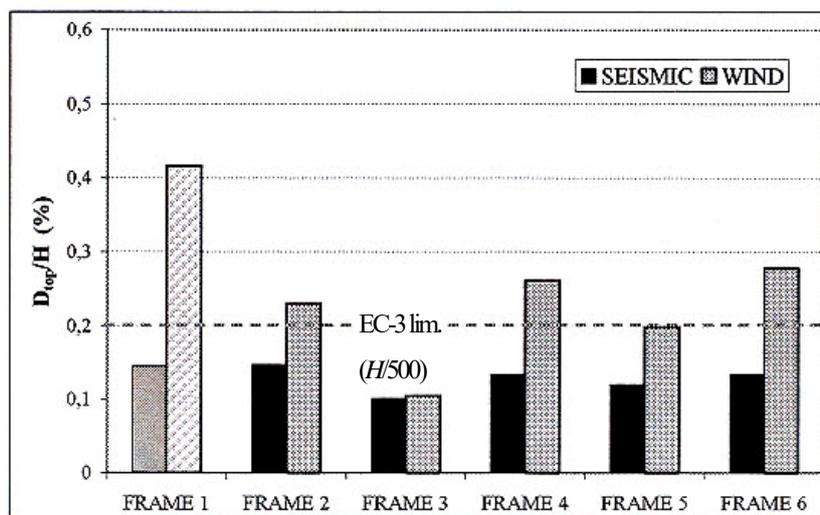
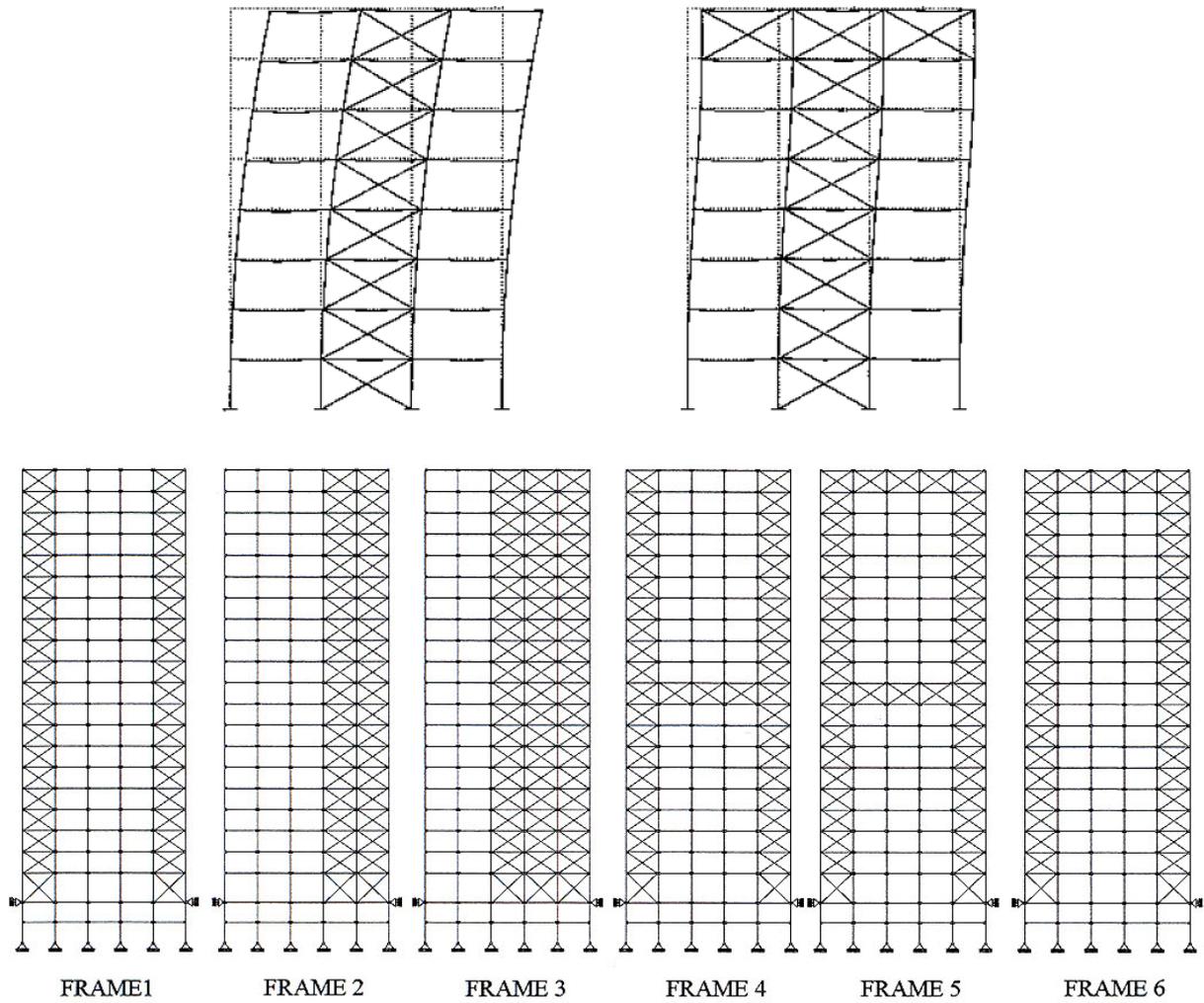


Tipos de triangulación modificados por apertura de huecos:



Fuente: Hurtado C et al, 2008

Deflexión de pantallas trianguladas:



Top displacements

Fuente: Avallone S, 2004

- SISTEMAS EN EDIFICIOS ≤ 30 PLANTAS

Pórticos (≤ 25 plantas)

- Pórticos a cortante (rígidos o semi-rígidos)

Pantallas y núcleos (≤ 30 plantas)

- Pantallas y núcleos de hormigón
- Sistemas de triangulación vertical

- SISTEMAS EN EDIFICIOS DE GRAN ALTURA

Interactivos (≤ 60 plantas)

- Sistemas de triangulación vertical + pórticos rígidos perimetrales
- Sistemas de triangulación vertical + pórticos rígidos perimetrales + entreplantas técnicas (triangulaciones entre dos plantas -cada 15/20 plantas- que conectan las triangulaciones interiores y los pórticos rígidos perimetrales)

Parcialmente tubulares (≤ 70 plantas)

Tubulares simples (≤ 110 plantas)

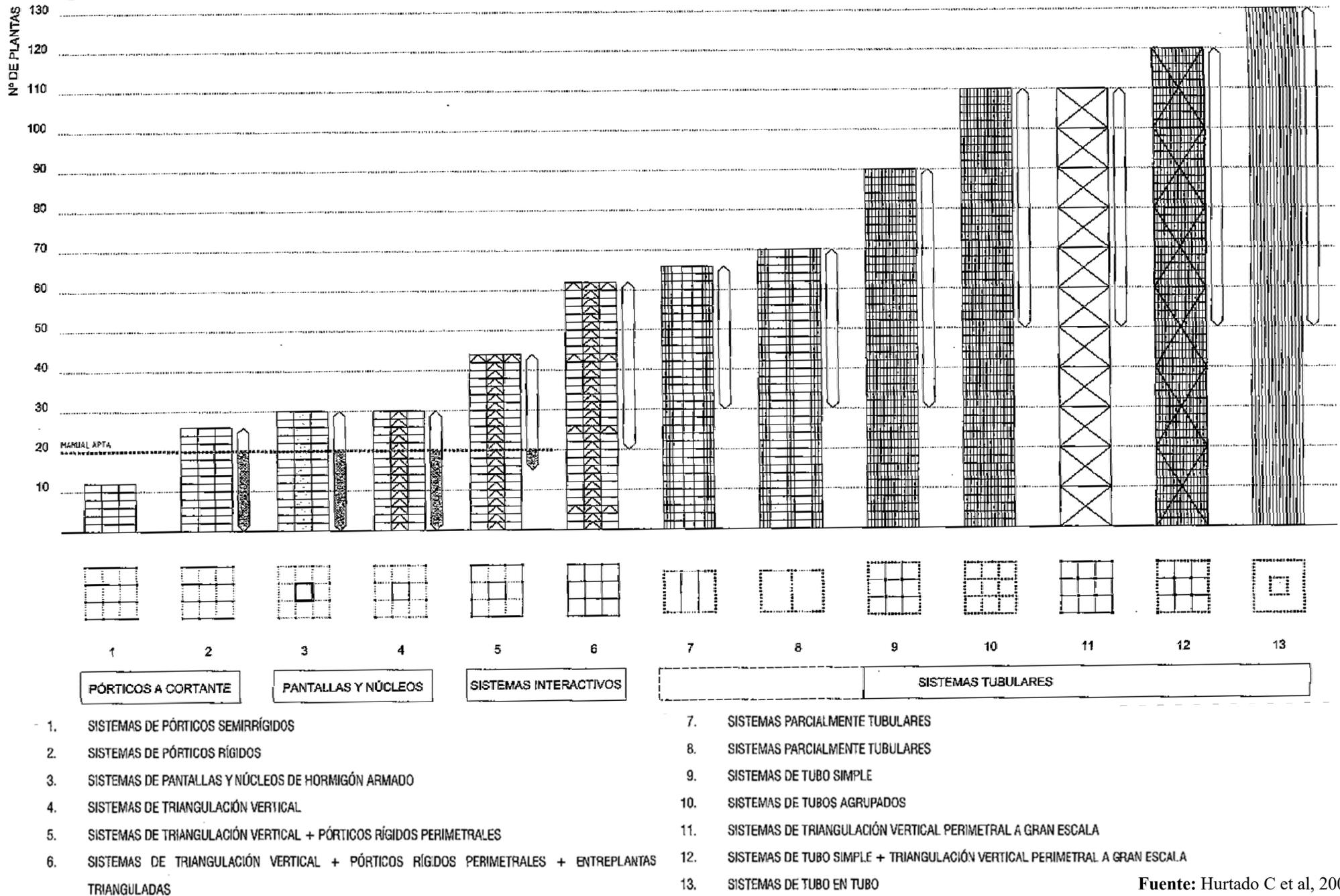
- Estructura perimetral mediante soportes muy próximos entre sí (3-5 m), que funciona como un prisma o tubo en voladizo

Tubulares complejos (> 110 plantas)

- Tubulares triangulados (aumento de la eficacia de los sistemas tubulares mediante triangulaciones a gran escala en la fachada, abrazando paquetes de 10/20 plantas)
- Tubo en tubo (dos estructuras tubulares, una exterior y otra interior, de hormigón o triangulaciones de acero)



Fuente: Tomás A, 2020



• EJEMPLOS DE EDIFICIOS DE GRAN ALTURA

El Seagram Building (158 m de altura), diseñado por Mies Van der Rohe, presenta tres partes diferenciadas en altura con otros tantos sistemas estabilizadores. Hasta la planta 17, resuelve la estabilidad horizontal por medio de elementos de hormigón armado; entre las plantas 17 y 29, emplea celosías trianguladas en K; y a partir de ésta, se resuelve por medio de pórticos rígidos (Fig. 3.17.).

En el Toronto Dominion Center (224 m.) se recurre a celosías trianguladas en las paredes de las cajas de ascensores, añadiendo celosías de toda la

anchura de la estructura en algunos pisos intermedios para darle mayor rigidez al conjunto y disminuir las flechas horizontales (3.18.).

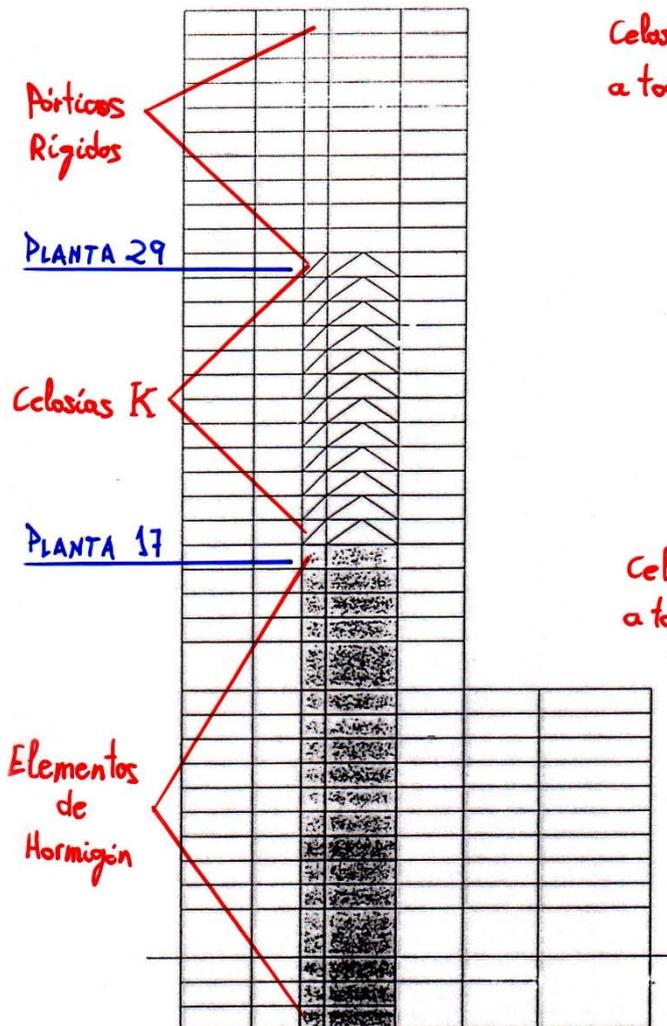


Fig. 3.17.

SEAGRAM BUILDING

(H=158 m)

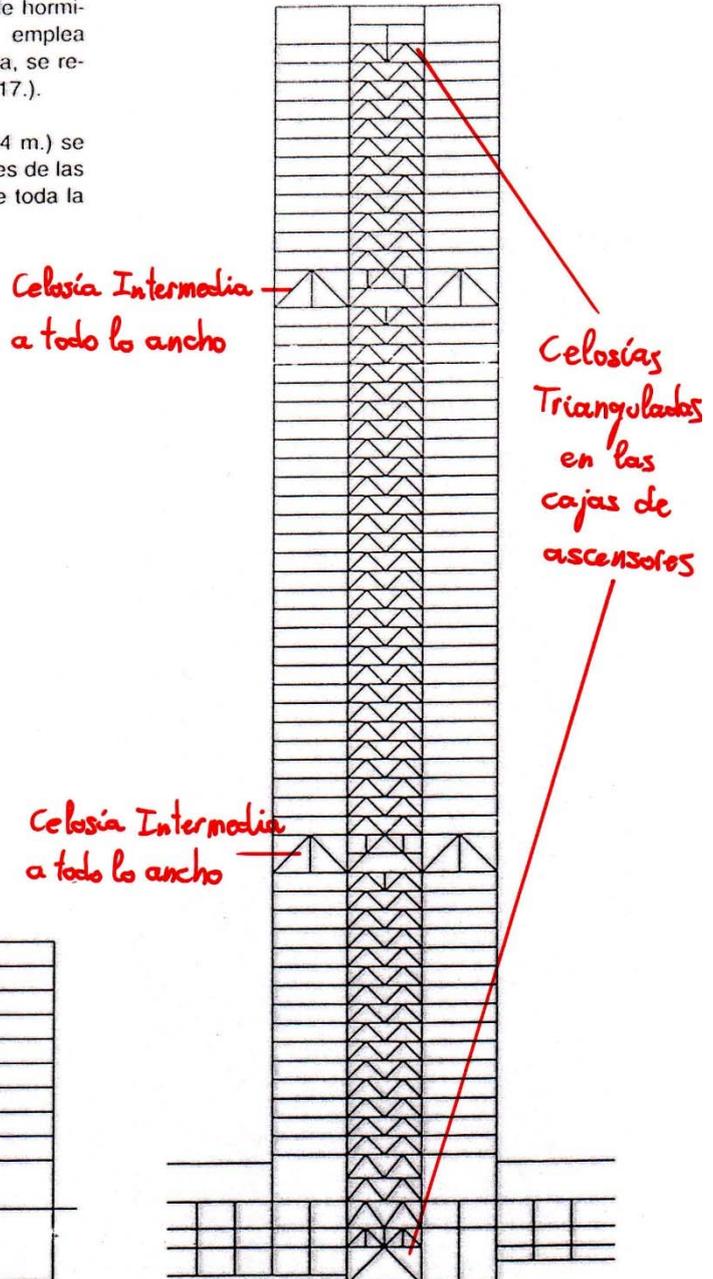


Fig. 3.18.

TORONTO DOMINION CENTER

(H=224 m)

Fuente: ITEA, 1999

El Toronto-Dominion Center, con el Toronto-Dominion Bank como hito principal, se levanta en el corazón del congestionado distrito comercial del centro urbano de la ciudad de Toronto, cinco manzanas al norte del lago Ontario y tres al sur del City Hall. Delimitado por las calles King, Bay, Wellington y York, este lugar, con una extensión de 2,2 hectáreas, tiene acceso directo para vehículos desde tres laterales. El proyecto contemplaba la creación de 288.000 m² para oficinas (que se distribuiría en dos niveles) y una zona bancaria de 2.000 m² llamada a convertirse en sede del Toronto-Dominion Bank, construida en el mismo emplazamiento de sus antiguas oficinas centrales. Además, las especificaciones del proyecto incluían tiendas, restaurantes, un cine y amplias instalaciones de aparcamientos al servicio del público en general y de los trabajadores del centro, cifrados en unos 15.000.

Mies van der Rohe actuó como consultor del proyecto, y planificó la composición de varias grandes estructuras y espacios abiertos. Convencido de que las funciones bancarias requieren un espacio libre y flexible, decidió dedicar a esta función compleja un edificio independiente, diáfano y de una sola altura, y las dos torres de oficinas, conectadas por espacios públicos y una plaza en la planta baja. Por debajo de los espacios de la plaza se construyó un espacio comercial amplio que une las torres con el pabellón bancario. En un nivel inferior se encuentran las instalaciones para aparcamiento.

La torre de oficinas tiene una dimensión de 38 x 74 metros, con una estructura de acero y una cruja estructural de 9 x 12 metros que da cabida a los ascensores, las escaleras y los cuartos de baño en un núcleo de servicios. Alrededor de este núcleo se extiende un espacio diáfano, sin columnas, para las oficinas periféricas, con una profundidad de 12 metros, lo que facilita una distribución óptima de espacios. La cruja estructural de 9 x 12 metros se divide en incrementos modulares de 1,5 metros, lo que aumenta la flexibilidad.

En un estilo miesiano típico, este edificio contiene una particular definición de las dimensiones de los elementos del techo, con luces fluorescentes combinadas y accesorios de climatización, las unidades de inducción periféricas y la ubicación de las divisiones de parteluces verticales en el revestimiento exterior del edificio. Estos parteluces de acero, las placas de revestimiento estructural y las cubiertas sobre columnas están pintados con un acabado negro mate, mientras que el vidrio está tintado de gris bronce y posee cualidades de absorción de calor y antideslumbre. Existen tres plantas mecánicas, de dos alturas, en los pisos 14, 43 y 56. El vestíbulo de la planta baja es de granito gris, mientras que los muros del núcleo se han vestido con mármol travertino romano.

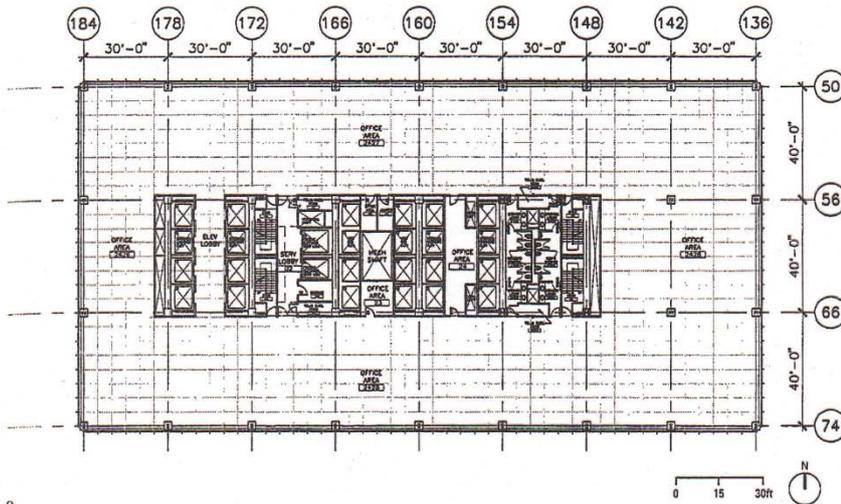


Toronto-Dominion Bank

Lugar: Toronto, Canadá
 Terminación: 1967
 Altura: 225,6 m
 Pisos: 56
 Superficie: 153.500 m²
 Estructura: Acero
 Revestimiento: Granito gris, mármol travertino
 Uso: Oficinas

Fuente: HH Angus, 2022

Fuente: Zaknic S et al, 1999



- 1 Al atardecer, las luces del edificio contrastan vivamente con el fondo del cielo (página anterior)
 - 2 Plano de planta
 - 3 Vista desde el nivel del suelo
 - 4 Entrada desde la calle
 - 5 Esculturas en el patio público
- Fotografía: Gary Beechey, cortesía de Bregman + Hamann Associates (1); Balhazar Korab Ltd, cortesía de Bregman + Hamann Associates (3); Ivan Zaknic (4,5)

2



Fuente: HH Angus, 2022

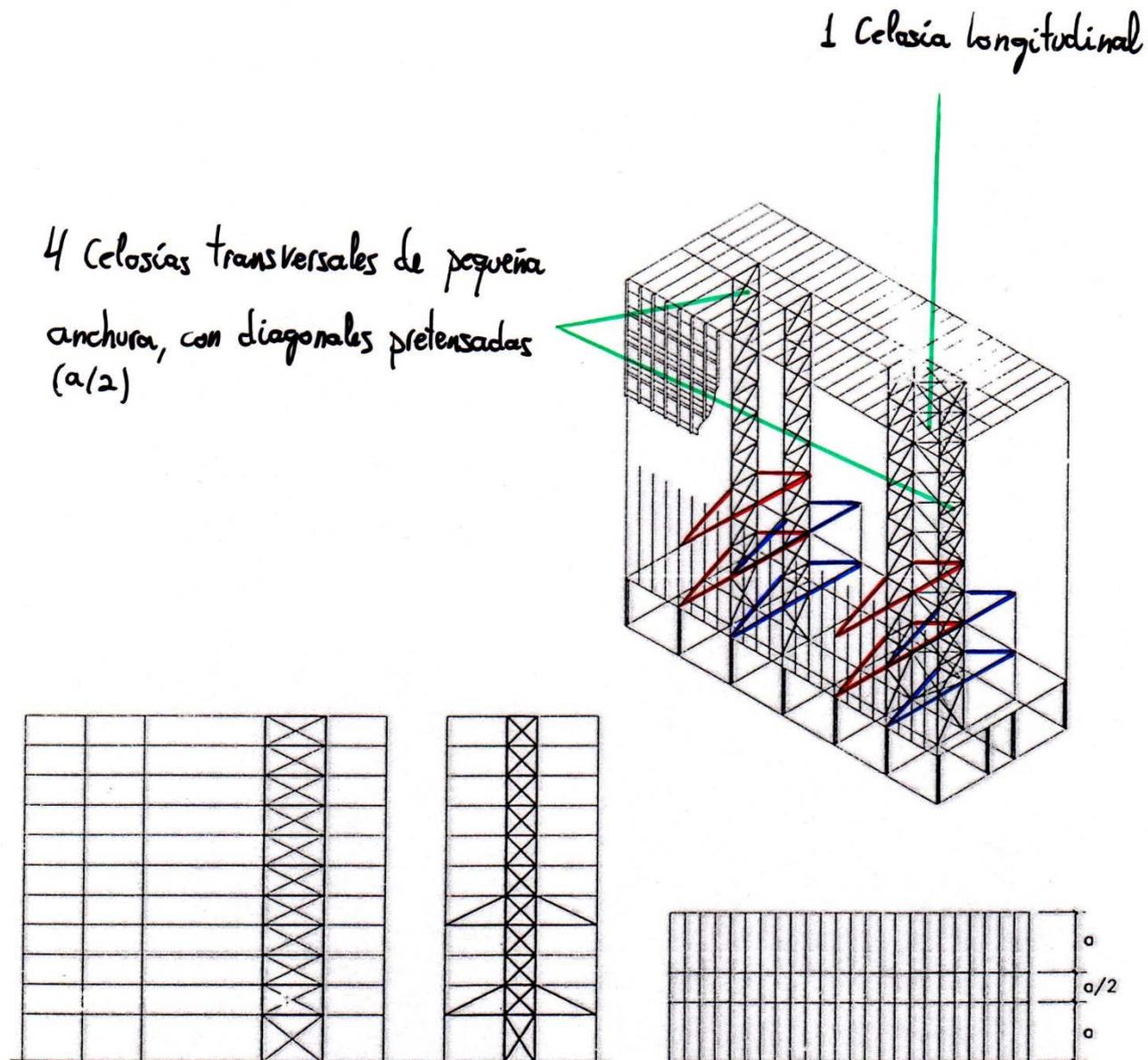
Arquitecto: Bregman + Hamann Associates y John B. Parkin Associates (empresa mixta)
 Arquitecto consultor: Mies van der Rohe
 Ingeniero estructural: Carruthers & Wallace Ltd
 Ingeniero de servicios: H.H. Angus & Associates
 Propietarios: Toronto-Dominion Bank/Cadillac Fairview Corporation
 Contratista general: Pigott Construction Co. Ltd



Fuente: Zaknic S et al, 1999

Por último el World Trade Center de Nueva York, diseñado por Yamasaki con sus 410 m de altura, utiliza un concepto de tubo estructural, con unión rígida de unos pilares de fachada muy próximos con las vigas de fachada, que dota a la estructura de una rigidez capaz de absorber todos los esfuerzos. La Torre Picasso de Madrid, del mismo arquitecto, presenta un diseño similar. En él, las uniones en obra se realizan en los puntos centrales de los vanos de las vigas, por medio de tornillos, levantándose el edificio en función de unos singulares elementos formados por el pilar, en tramos de dos plantas, atravesado por las vigas correspondientes a modo de voladizos.

Un ejemplo de un edificio de menor altura es el de las oficinas centrales de la Bewag en Berlín (Fig. 3.19). En él se han dispuesto cuatro entramados de arriostramiento transversal, y uno longitudinal. Las celosías transversales son de pequeña anchura ($a/2$), por lo cual los desplazamientos horizontales son grandes. A fin de conseguir la reducción de dichos desplazamientos, se han introducido unas diagonales pretensadas que dotan a la celosía de una rigidez considerablemente mayor.



Cuando finalizó su construcción en 1972 y 1973, las dos torres gemelas del World Trade Center se convirtieron en los edificios más altos del mundo: 417 metros la primera y 415,1 la segunda. Sin embargo, sólo dos años después la Torre Sears de Chicago tomó el testigo y asumió este título con una altura de 442 metros. Con todo, las torres gemelas continúan dominando el litoral del bajo Manhattan y abren una espectacular puerta a Nueva York, con la Estatua de la Libertad al fondo en la bahía.

Los arquitectos crearon un ejemplo sobresaliente de arquitectura modernista con el que revivieron el estilo neogótico: ventanas desde el suelo al techo y una tracería delicada con arcos al nivel de calle. Algunos críticos califican a las torres de 'neoclásicas' debido, tal vez, a los vestíbulos interiores que abarcan seis pisos de altura y están acabados con mármol Regina di Bianchi finamente pulido, acero inoxidable y arañas de cristal.

Construidas sobre un terreno robado al mar de 2,5 hectáreas, sus cimientos se extienden 21 metros bajo tierra y descansan sobre un lecho de roca sólido. En torno a estos cimientos se ha preparado una gran 'bañera' para prevenir filtraciones del río Hudson.

Las torres fueron, en su momento, el más célebre ejemplo de 'estructura tubular'. Las columnas exteriores, con escaso espacio de separación entre ellas, y las vigas conforman un tubo de acero que, junto con el armazón interno, permite al edificio soportar no sólo las cargas de gravedad sino también el embate de los vientos con más resistencia de la que correspondería a su ubicación. Esta estructura tubular transfiere toda la carga hacia los cimientos. En la cúspide del edificio, la desviación máxima por el viento es justo de 0,9 metros. En la construcción se hizo un uso extenso del acero (192.000 toneladas) y se empleó una cantidad sin parangón de vidrio (puesto en una cinta de medio metro de anchura, mediría más de cien kilómetros). Cada torre posee 23 ascensores directos.

El viernes 26 de febrero de 1993, a las 12:18 del mediodía, una bomba explosiva produjo un cráter de cinco pisos de profundidad y más de seis metros de ancho en el nivel inferior del One World Trade Center. Cincuenta mil personas se sumieron en la oscuridad y en la más absoluta confusión. Seis de ellas murieron, y más de mil resultaron heridas.

Tres mil operarios trabajaron contra reloj durante dos semanas sólo para limpiar los escombros. El tiempo era importantísimo, ya que las Autoridades Portuarias estaban perdiendo en alquiler un millón de dólares diario. Las torres fueron limpiadas, reparadas y reabiertas entre el 18 de marzo y el 17 de abril de 1993.



Torres Gemelas del World Trade

Lugar: Nueva York, Nueva York, Estados Unidos
Terminación: 1972 (primera torre), 1973 (segunda torre)

Altura: 417 m (primera torre), 415,1 m (segunda torre)
Pisos: 110 (ambas torres)

Superficie: 1.209.000 m² (las dos torres)

Estructura: Acero

Revestimiento: Aluminio, acero
Uso: Oficinas

Fuente: Zaknic S et al, 1999



Fuente: Pinterest, 2022



Fuente: DW, 2022

Arquitecto: Minoru Yamasaki and Associates
Arquitecto asociado: Emery Roth & Sons
Arquitecto paisajista: Sasaki, Dawson and Demay
Ingeniero estructural: Skilling, Helle, Christiansen, Robertson
Ingenieros mecánicos: Jaros, Baum & Bolles

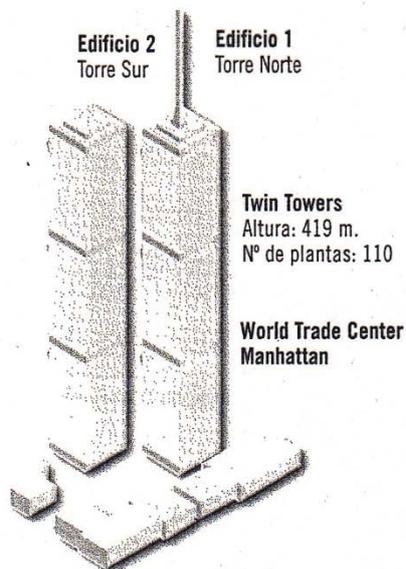
Promotor: Autoridades Portuarias de Nueva York y Nueva Jersey
Contratistas generales: Tishman Realty and Construction Corporation
Diseñador de interiores: Arcop Associates, Forb and Earle



Fuente: Zaknic S et al, 1999

LA ARQUITECTURA DEL ONCE DE SEPTIEMBRE

El atentado de Nueva York es un nuevo punto de partida en las relaciones internacionales. Pero no afectará únicamente a este ámbito, ya que la desaparición de las Torres Gemelas, edificio emblemático, también afectará a la arquitectura. Comenzando por una conclusión clara, las torres aguantaron como pocos edificios lo hubieran hecho

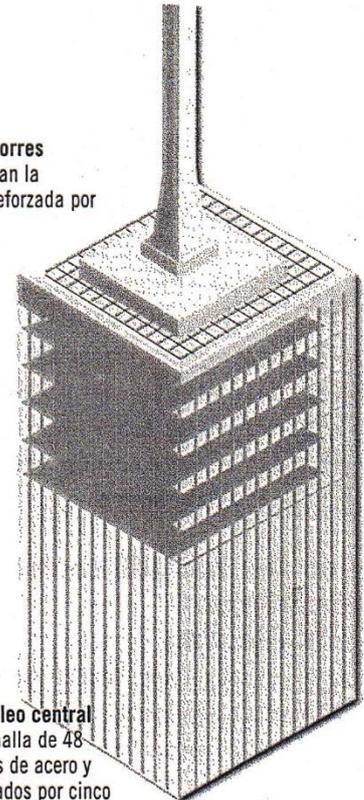


Texto: Pablo Rovira

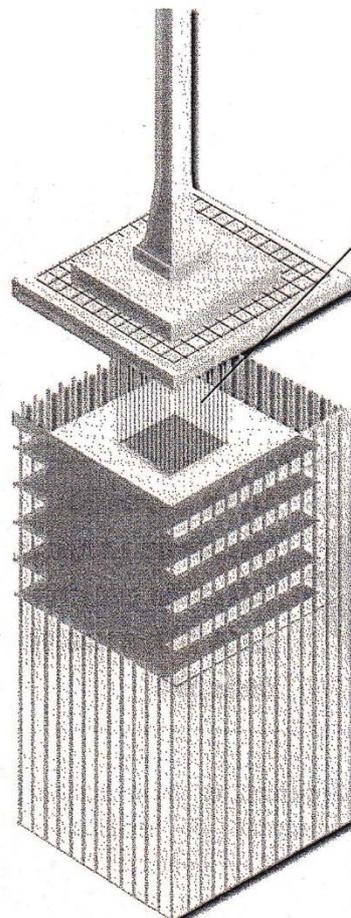
EL PASADO ONCE DE SEPTIEMBRE, dos aviones secuestrados se estrellaron sobre las nueve de la mañana en las torres gemelas, para, una hora después, caer fulminadas por no poder aguantar el peso de los últimos pisos. Otro aparato se precipitaba sobre el Pentágono mientras

La estructura de las torres
Las fachadas conforman la estructura principal, reforzada por la del núcleo central

La estructura está formada por 60 pilares de acero, separados por un metro, que recorren cada una de las torres de arriba a abajo



El núcleo central
Una malla de 48 pilares de acero y separados por cinco metros constituyen el núcleo central del edificio

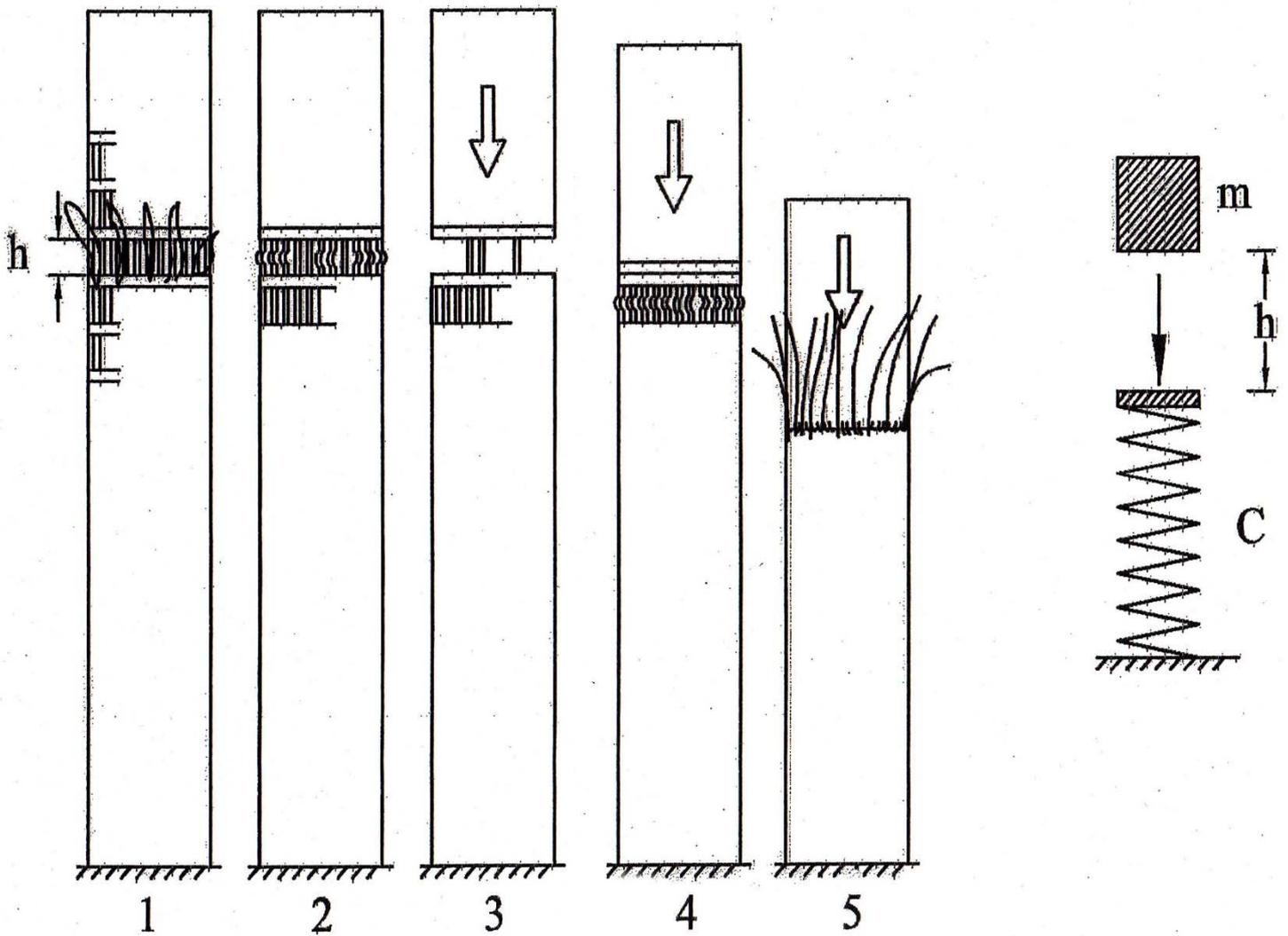


CORTE TRANSVERSAL DE UNA DE LAS TORRES

Pilares externos

Pilares internos

Fuente: Rovira P, 2001



Fuente: Bažant ZP, 2001

Por vez primera en la historia, el edificio más alto del mundo está situado fuera de los Estados Unidos. En realidad, la dignidad corresponde hoy a un conjunto de dos estructuras idénticas que se elevan 452 metros en el emplazamiento de una antigua pista de carreras de Kuala Lumpur, la capital de Malasia.

Como parte de la promoción Kuala Lumpur City Center (KLCC), de 5,7 hectáreas, las torres contienen más de 744.000 m² de espacio para oficinas, 140.000 m² de superficie para centros comerciales y de entretenimiento, un aparcamiento subterráneo para 4.500 vehículos, un museo del petróleo, una sala de música sinfónica y un centro de conferencias multimedia.

Como rasgo singular de estas torres de 88 pisos, cabe señalar su vestíbulo elevado en la planta 42. El puente, con su soporte inclinado, crea lo que el arquitecto ha dado en llamar un 'portal al cielo', a modo de una pasarela monumental.

El perfil de las dos torres es único tanto en la forma de su planta como en su grácil silueta. La planta consiste en dos cuadrados girados y superpuestos que se conectan por medio de pequeños rellenos circulares, en un motivo de inspiración islámica que obedece, al mismo tiempo, a un concepto claramente moderno y occidental. Los edificios están revestidos de acero inoxidable, y no del vidrio reflectante tan común en muchas otras construcciones de esta región tropical.

Estas dos torres superaltas están enmarcadas en un tubo de perímetro de hormigón de 46 metros de diámetro, conectado por diafragmas de forjado que constan de plataformas metálicas compuestas con vigas de acero laminado de 0,5 metros de grosor en torno a un núcleo de hormigón armado de alta resistencia que mide 22,8 x 23,0 metros. Las columnas nucleares están unidas en las esquinas al tubo de perímetro por medio de cuatro armaduras Vierendeel en el piso 38 sobre rasante.

Los cimientos de las torres constan de pilotes de rozamiento rectangulares, denominados de baretta, de longitud de hasta 104 metros. Estos pilotes no llegan al lecho de roca. Las cargas estructurales superiores se transfieren a través de 16 columnas de hormigón situadas en la intersección de las figuras (circular y cuadrada).

El principal ocupante de las torres es Petronas, la compañía nacional del petróleo, propiedad del estado de Malasia. Las oficinas y centros comerciales del KLCC atraerán, según las expectativas, a una media diaria de 50.000 personas, un problema resuelto por medio de una estación ferroviaria de transporte ligero, pasos subterráneos y un ensanchamiento de los accesos por carretera.

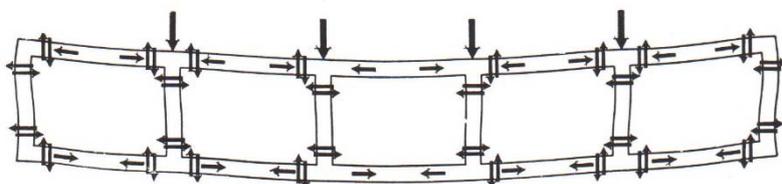


Fuente: Wikipedia, 2022

Torres Petronas

Lugar: Kuala Lumpur, Malasia
 Terminación: 1998
 Altura: 452 m
 Pisos: 88
 Superficie: 884.000 m²
 Estructura: Mixta
 Revestimiento: Aluminio, acero inoxidable
 Uso: Múltiple

Fuente: Zaknic S et al, 1999

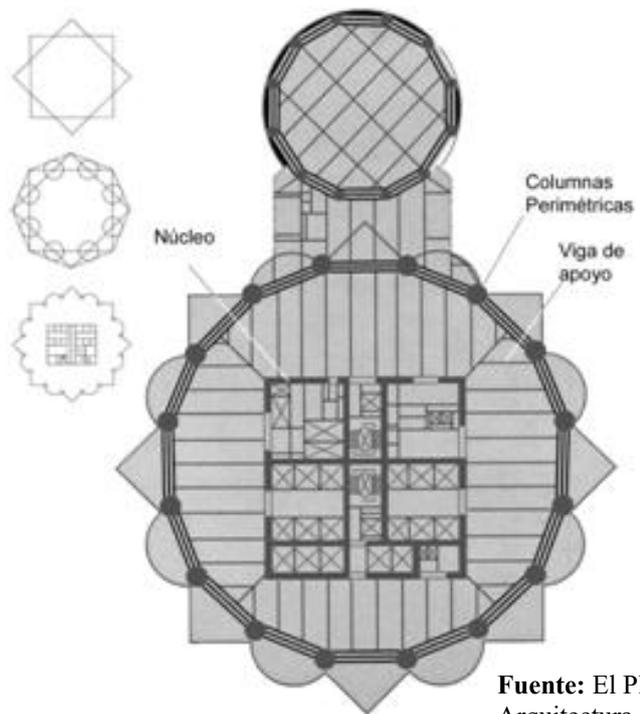
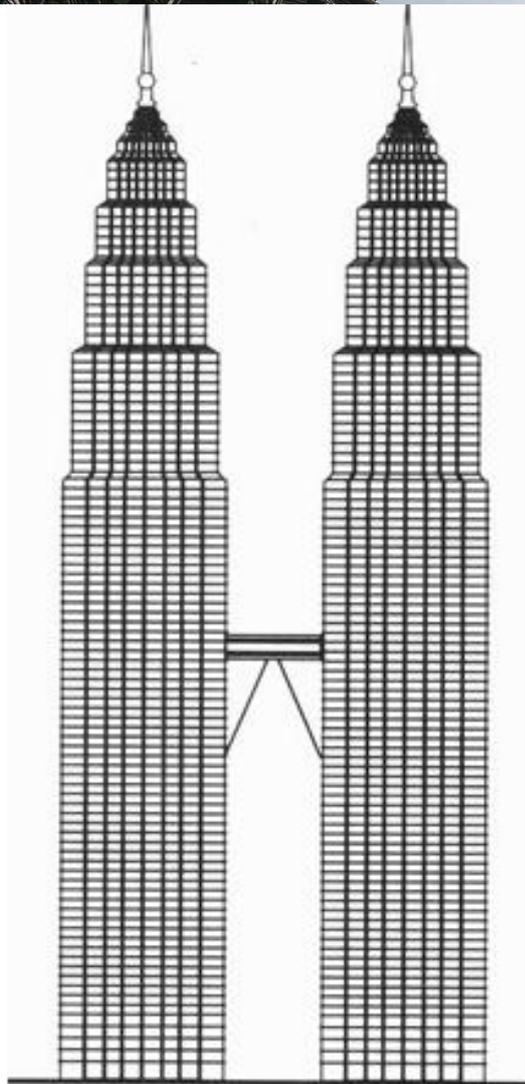


Viga Vierendeel

Fuente: Torroja E, 1957



Fuente: Wikipedia, 2022



Fuente: El Plan Z Arquitectura, 2022

Arquitecto: Cesar Pelli & Associates
 Arquitectos asociados: RSP Architects Planners,
 Adamson Associates and Studios
 Ingenieros estructurales: Thornton-Tomasetti y
 Ranhill Bersekutu
 Ingenieros de servicios: Tenaga Ewbank Preece y
 Flack and Kurtz

Promotor: Corporación del Centro Urbano de Kuala Lumpur
 Propietario: Petronas
 Director de proyecto: Lehrer-McGovern



Fuente: Zaknic S et al, 1999

2.2. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO

• **NORMATIVA**

a) Española

- **CE** (Código Estructural, 2021)
 - Título 3 “Estructuras de Acero”
 - Anejo 18 “Bases de cálculo”
 - Anejo 22 “Proyecto de estructuras de acero. Reglas generales y reglas para edificación”
 - Anejo 25 “Proyecto de estructuras de acero. Placas planas cargadas en su plano” (vigas armadas)
 - Anejo 26 “Proyecto de estructuras de acero. Uniones”
- **CTE** (Código Técnico de la Edificación, 2006)
 - DB SE “Seguridad Estructural”
 - DB SE-AE “Acciones en la Edificación”
 - DB SE-A “Acero”
 - DB SE-C “Cimientos”
- **NCSE-02** (Norma de Construcción Sismorresistente en la Edificación, 2002)
- **NCSR-23** (nueva Norma Construcc. Sismorresistente, pendiente de aprobación)

b) Eurocódigos

- EC-1 “Acciones sobre las Estructuras”
- EC-3 “Proyecto de Estructuras Metálicas”
- EC-4 “Estructuras Mixtas”
- EC-8 “Cálculo de Estructuras en Zonas Sísmicas”

• ELEMENTOS ESTRUCTURALES

a) Vigas

- **Comprobación de resistencia** $M_{Ed} < M_{c,Rd}$ $V_{Ed} < V_{c,Rd}$

- **Comprobación a pandeo lateral** $M_{Ed} < M_{b,Rd}$

No será necesaria la comprobación a pandeo lateral cuando el ala comprimida se arriestre de forma continua

- **Comprobación de flecha**

Flecha activa, comb. característica $\Rightarrow L/300 - L/500$

Flecha acc. variables, comb. característica $\Rightarrow L/350$ (confort usuarios)

Flecha total, comb. casipermanente $\Rightarrow L/300$ (apariencia obra)

Desplome total $\Rightarrow H/500$

Desplome local $\Rightarrow H/250$

b) Pilares

- **Comprobación de resistencia (flexión esviada)**

- **Comprobación a pandeo (flexocompresión)**

Longitudes de pandeo \Rightarrow Pilares de edificios

c) Elementos para absorber esfuerzos horizontales

Dimensionado de una estructura triangulada

3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

UNIÓN ENTRE PILARES

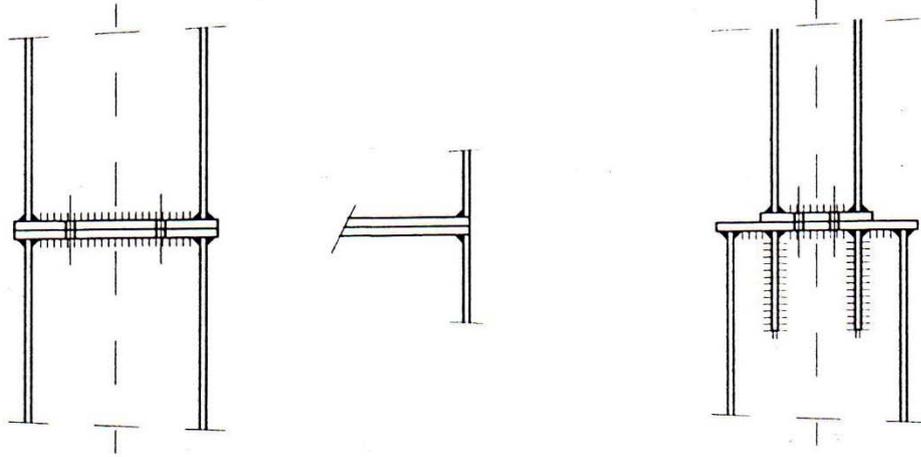


Fig. 5.1.

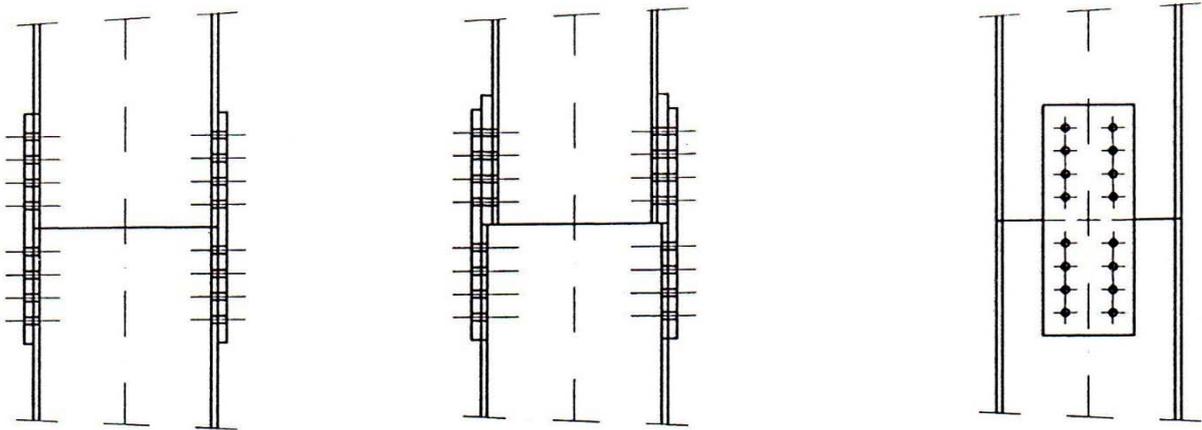


Fig. 5.2.

Fig. 5.3.

Fuente: ITEA, 1999

UNIÓN ENTRE VIGAS

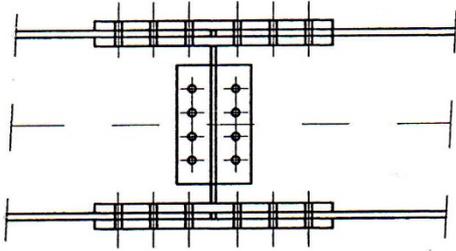


Fig. 5.4.

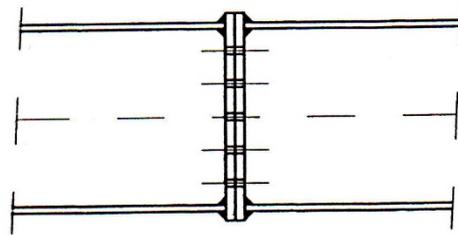


Fig. 5.5.

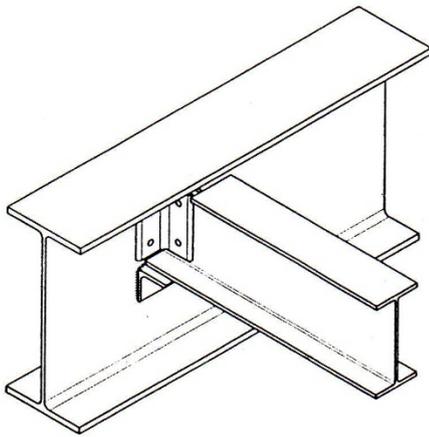
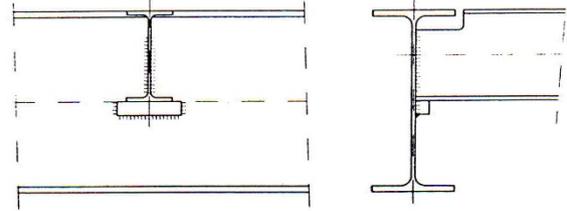
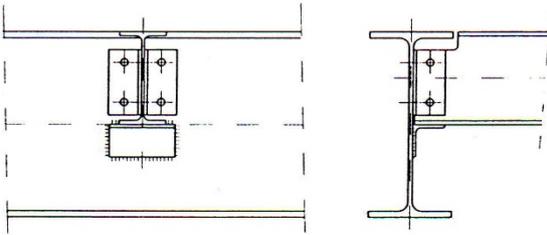


Fig. 5.6.

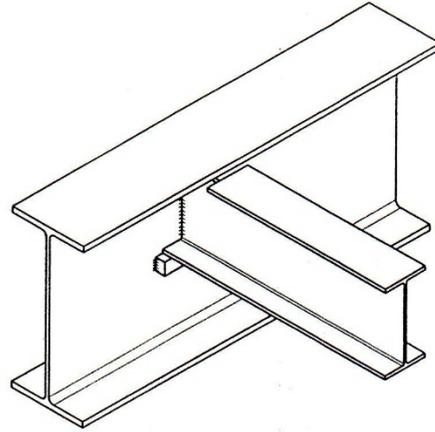


Fig. 5.7.

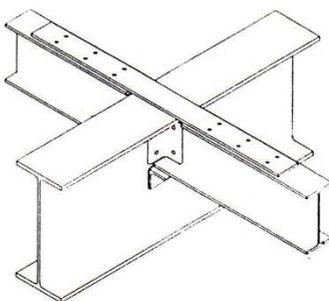


Fig. 5.8.

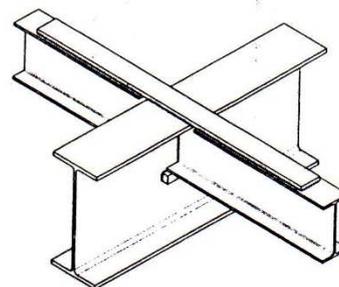


Fig. 5.9.

Fuente: ITEA, 1999

UNIÓN DE PILAR CON VIGA

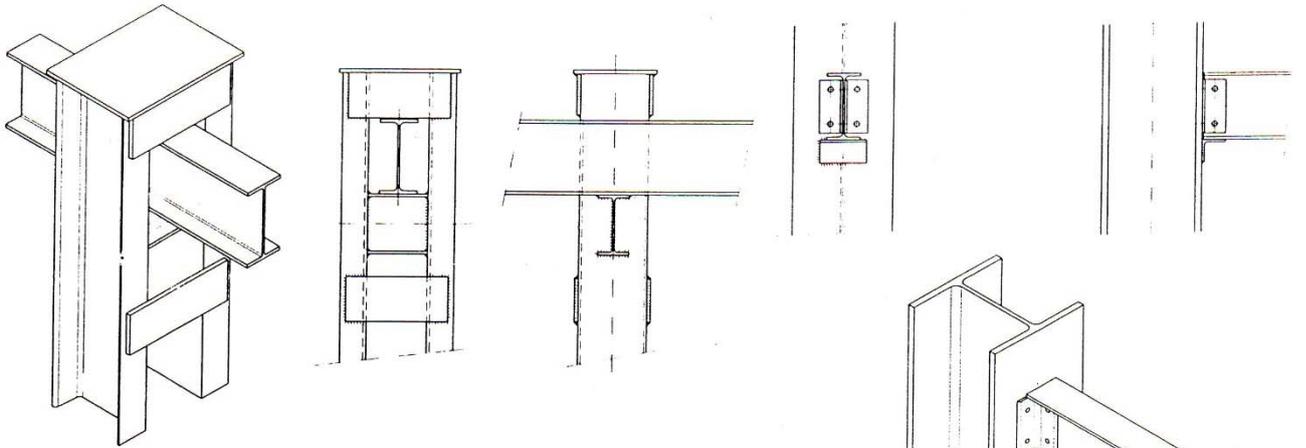


Fig. 5.10.

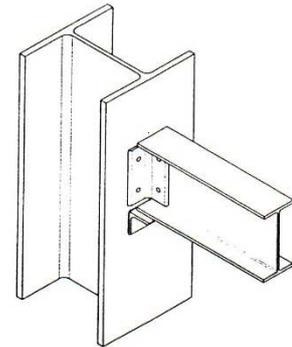


Fig. 5.12.

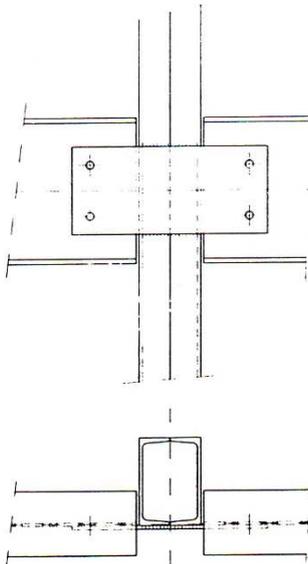


Fig. 5.14.

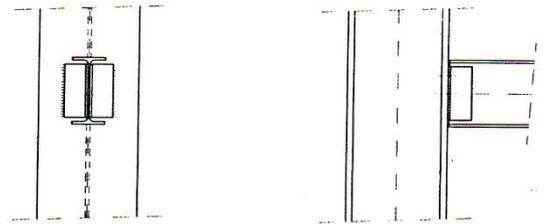
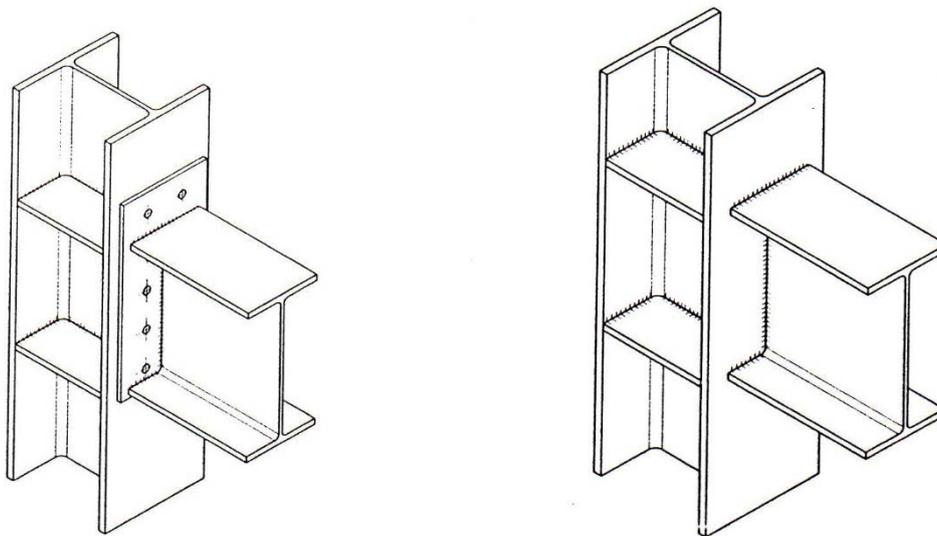


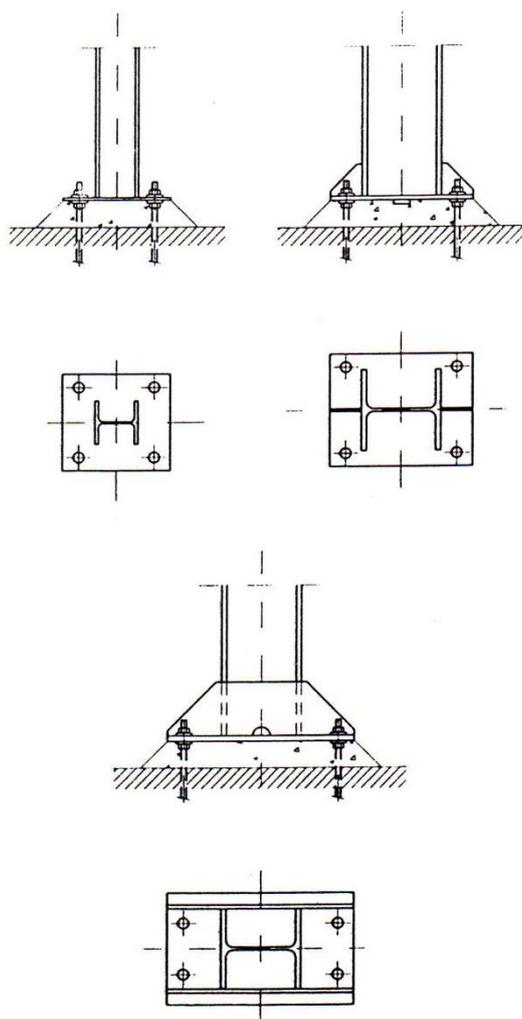
Fig. 5.13.

Fuente: ITEA, 1999

UNIÓN RÍGIDA DE VIGA CON PILAR



BASES DE PILARES



Fuente: ITEA, 1999