

CAPITULO III.- Estructuración de Edificios Altos

III.1 Soluciones Estructurales

Por solución estructural debemos entender que es la parte en la cual el ingeniero estructurista, al ingeniero constructor y el arquitecto tendrán a bien de decidir y emplear un sistema estructural, por el cual tienen que transmitir las cargas o solicitaciones a las que se enfrentará el edificio, y las cuales las transmitirá hacia su cimentación, y que debe cumplir con la garantía de que tendrá estabilidad y buenas condiciones de servicio.

La solución estructural debe considerar además la forma, el material a emplear, el tiempo en que se deben erigir, la responsabilidad de la mano de obra local, las condiciones que se tengan presentes en el sitio local, viento, sismo, condiciones del suelo de desplante, el método de construcción, entre otros.

Parte importante en la elección de los diversos tipos de sistemas empleados para la estructuración de los edificios, es importante tener en cuenta que de cierta manera, uno se deriva de otro, y a tal caso que si se combinan estos materiales y sistemas, relativamente van aumentando el grado de sofisticación y soporte.

Inicialmente se plantean sistemas formados por losas planas y columnas, y a medida que se incrementa la altura, este sistema llega a un límite debido a que su estabilidad depende de la capacidad que tiene la unión columna-losa. Se hace en ese momento necesario la incorporación de muros estructurales, lo que implica transferencia de carga hacia estos elementos, y de estos hacia la cimentación.

Los muros presentan el inconveniente de cerrar áreas que son necesarias para ventilación, iluminación y circulación interior, por lo que es de esperarse un sistema combinado con columnas. La disposición de las mismas en la periferia, genera el concepto de “tubo”. Para lograr un trabajo en forma de tubo es necesaria la integración de los elementos en la periferia, así como los elementos interiores hacia estos. Aparecen entonces estructuras secundarias como cinturones y vigas acarteladas. La disposición de elevadores al centro y las dimensiones en planta, conduce a un núcleo interior muy rígido, generando un “tubo” dentro de otro “tubo”.

Finalmente el incremento de altura y la complejidad de operar con un solo núcleo, desemboca en la solución de acoplar diversos “tubos” en lugar de columnas. Los subsistemas de acoplamiento y transmisión de fuerzas del centro hacia la periferia, adquieren por sus dimensiones, una importancia esencial. En esta parte cabe mencionar, el empleo de soluciones alternativas tales como la integración de elementos activos (disipadores de energía), para garantizar el funcionamiento en condiciones de servicio ante cargas debidas a sismo o viento.

En las distintas clases de sistemas estructurales empleados existe un fin detallado para buscar una forma lógica de transferir esfuerzos a los elementos resistentes, un cuidado por reducir en lo más posible el espesor del sistema de piso, dado su impacto en la altura total, la noción de dejar zonas resistentes en el centro o la periferia, para dejar zonas utilizables que no sean bloqueadas por la propia estructura.

III.2 Tipos de Sistemas Estructurales

Se menciona en el Capítulo I que los materiales más empleados para la construcción de los edificios altos son:

Acero
Concreto
Mixto: Acero y Concreto

Y la mejor clasificación se muestra en la siguiente figura (fig. 9).

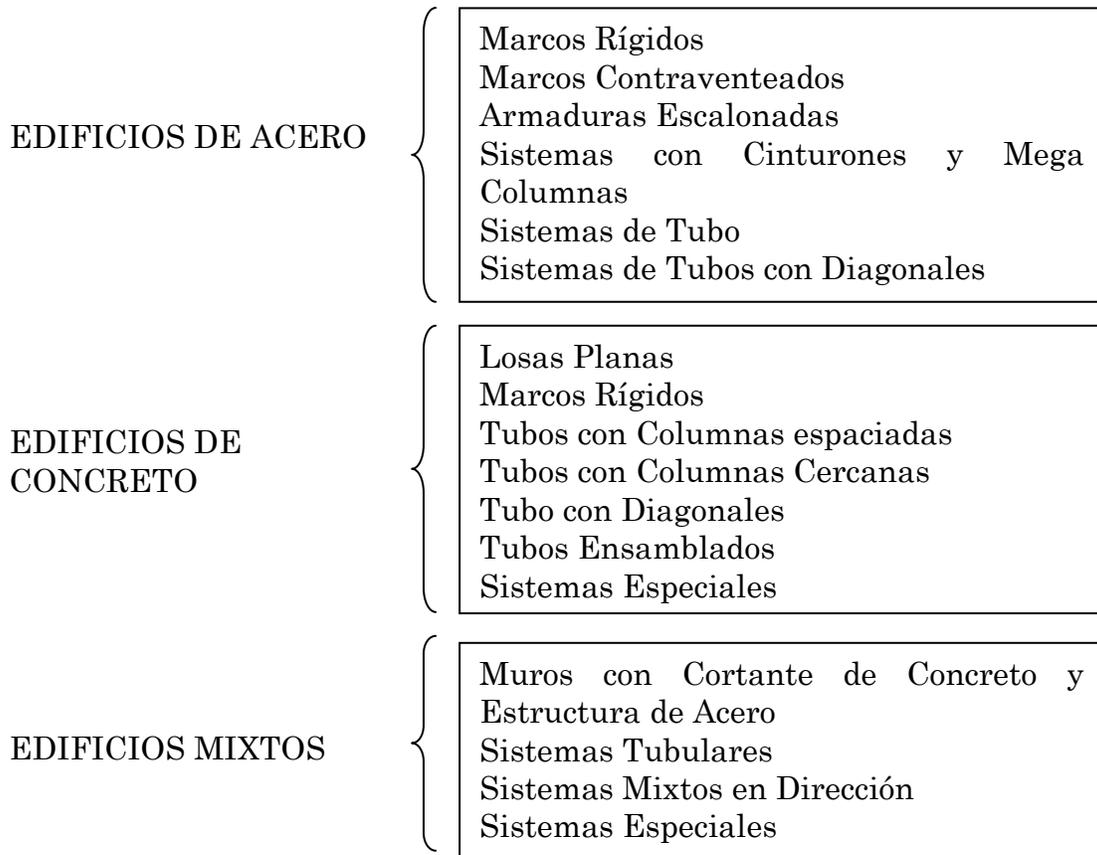


Fig. 9.- Sistemas Estructurales de Acuerdo al IMCyC

III.3 Edificios de Acero

El uso de acero en estructuras se remonta a mediados del siglo XIX cuando el proceso de fabricación del acero estructural fue desarrollado en 1856 por el Ingles Henri Bessemer. Esto permitió construir en 1889 la Torre Eiffel de 300 metros de altura. En los primeros edificios con estructura de acero, el rol de los miembros estructurales se limitaba a resistir acciones gravitacionales únicamente. Con el paso del tiempo este papel se fue ampliando para incluir las acciones derivadas del viento y del sismo, y con ello tuvieron surgimiento algunos de los sistemas estructurales de los cuales se hablará a continuación.

III.3.1 Marcos Rígidos

Para ello fue entonces necesario el invento del “marco rígido” cuya eficiencia principal era muy precaria, debido a la dificultad para lograr la continuidad entre las vigas y columnas, por lo cual tuvieron que pasar unas décadas y se inventó entonces el sistema de remaches, con el cual se pudo realizar la conexión exitosa entre las columnas y vigas, que garantizaban la continuidad necesaria, para lograr juntas rígidas o semirrígidas. Posteriormente, con el empleo del arco eléctrico como soldadura, el concepto de vigas y columnas continuas mejoró notablemente.

La conexión rígida entre vigas y columnas es aquella en la que el ángulo formado entre estos elementos, se mantiene sin cambio después de la aplicación de las cargas. Esto conduce a un sistema adecuado para construir edificios de hasta 30 pisos o más, dependiendo de las sollicitaciones laterales. Este sistema queda gobernado en su totalidad por las limitaciones en los reglamentos a los desplazamientos máximos permisibles, más que por la resistencia de los materiales.

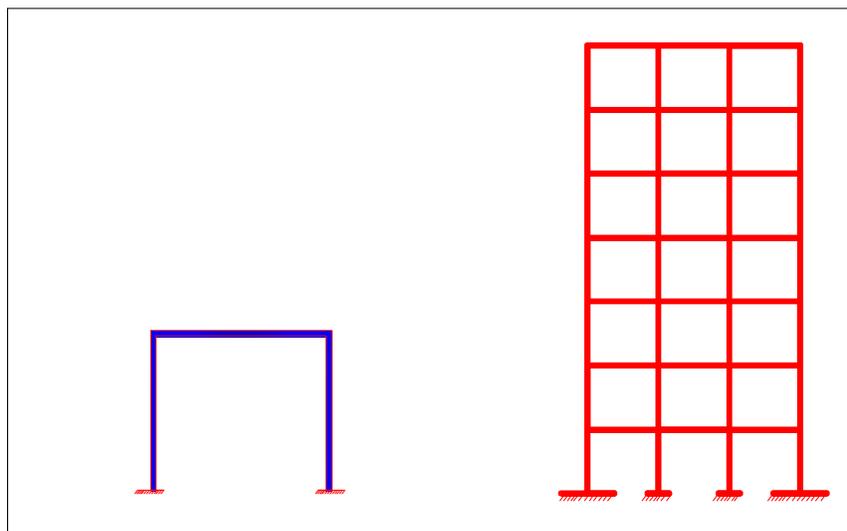


Fig. 10.- Ejemplo de un marco rígido y estructura de un edificio a base de marcos rígidos

III.3.2 Marcos Contraventeados

Cuando el edificio está sometido a acciones sísmicas o de viento muy importante, la estructura a base de marcos rígidos requerirá de elementos adicionales que modifiquen la forma de transmitir las cargas laterales, manteniendo los desplazamientos horizontales dentro de los límites establecidos por los reglamentos. En tal caso la adición de diagonales en algunas crujiás crea el concepto de “marco contraventado”.

Los primeros Marcos Contraventeados contemplaban sistemas en donde en una crujía se colocaban 2 diagonales en cruz, con lo que esta crujía trabajaba como una armadura en voladizo vertical, reduciendo o eliminando la flexión en las columnas producidas por las cargas laterales. De esta manera también se reducen las deformaciones laterales debidas a estas cargas.

Es importante mencionar que estos sistemas aumentan considerablemente la rigidez de la estructura, pero a cambio reducen la ductilidad de la misma, lo que se castiga en forma severa en zonas de riesgo sísmico elevado. Por tal motivo, se han desarrollado los contraventeos excéntricos, en los que la principal diferencia es que dan mayor ductilidad a los sistemas originales.

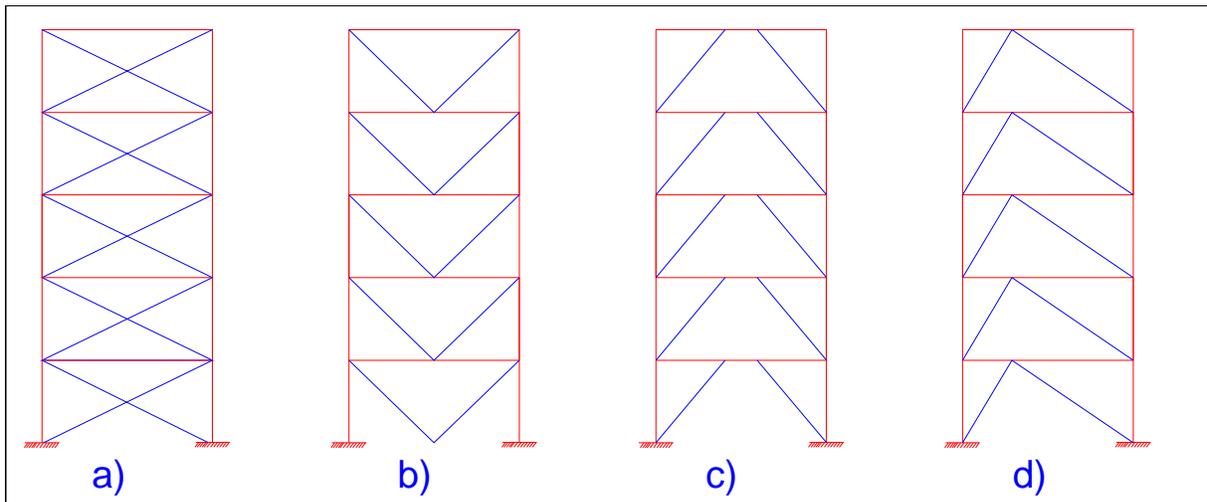


Fig. 11.- Ejemplo de Marcos Contraventeados Tradicionales (a y b) y Excéntricos (c y d)

III.3.3 Armaduras Escalonadas

Este tipo de sistemas estructurales está ideado para edificios de hoteles, debido a su arreglo arquitectónico, porque distribuye equilibradamente las áreas de los cuartos, lo que permite emplear marcos formados por columnas perimetrales y armaduras, cuyo peralte es igual a la altura del entrepiso. Las armaduras se ubican en las paredes que separan a los cuartos y cada una se desplaza con respecto a la

posición de las armaduras de los pisos superior e inferior. Con este tipo de sistema se logra obtener una buena rigidez, por lo que su uso puede comprender edificios de 30 ó 40 pisos, obteniéndose una solución eficiente y económica.

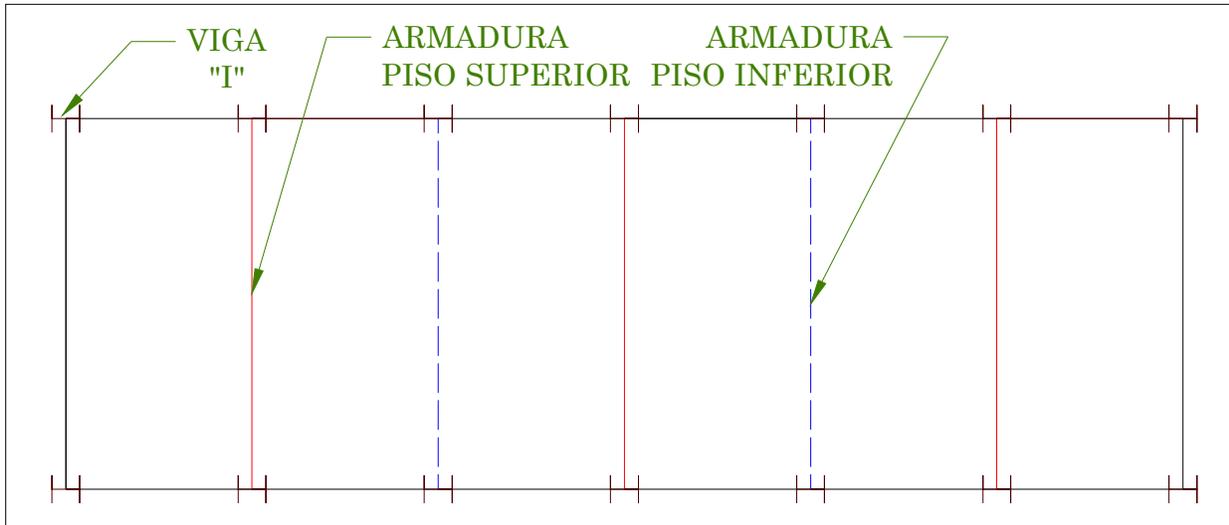


Fig. 12.- Vista en planta del sistema de armaduras alternadas

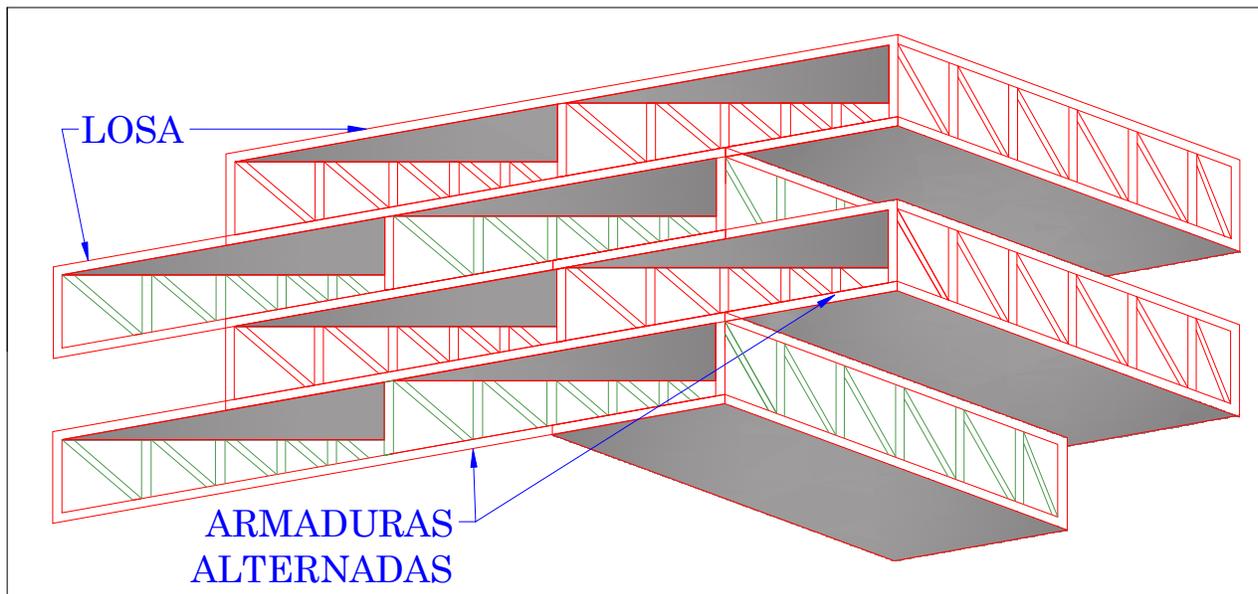


Fig. 13.- Isométrico del acomodo de sistema de armaduras alternadas

III.3.4 Sistema con Cinturones y Columnas

En edificios que superan los 40 pisos se recurre a sistemas especiales, esto es con el objetivo de mantener las deformaciones laterales dentro de los límites establecidos. Uno de estos sistemas, conduce a diseños económicos y consiste en emplear armaduras cuyo peralte es igual a la altura de entrepiso. Estas armaduras

se ubican generalmente en el último piso del edificio y se conectan con el núcleo interior, localizado en la zona de elevadores y escaleras donde existen marcos Contraventeados que actúan como mega columnas. Las armaduras se pueden colocar también en otros pisos de la estructura. El efecto que se logra con este sistema es reducir la deformación lateral del marco contraventado, pues las armaduras de gran peralte, ligadas a las columnas perimetrales reducen el giro del núcleo interior. También se suele colocar la armadura de gran peralte en todo el perímetro del edificio y al contraventear algunas crujías en los marcos exteriores, estos se transforman en macromarcos.

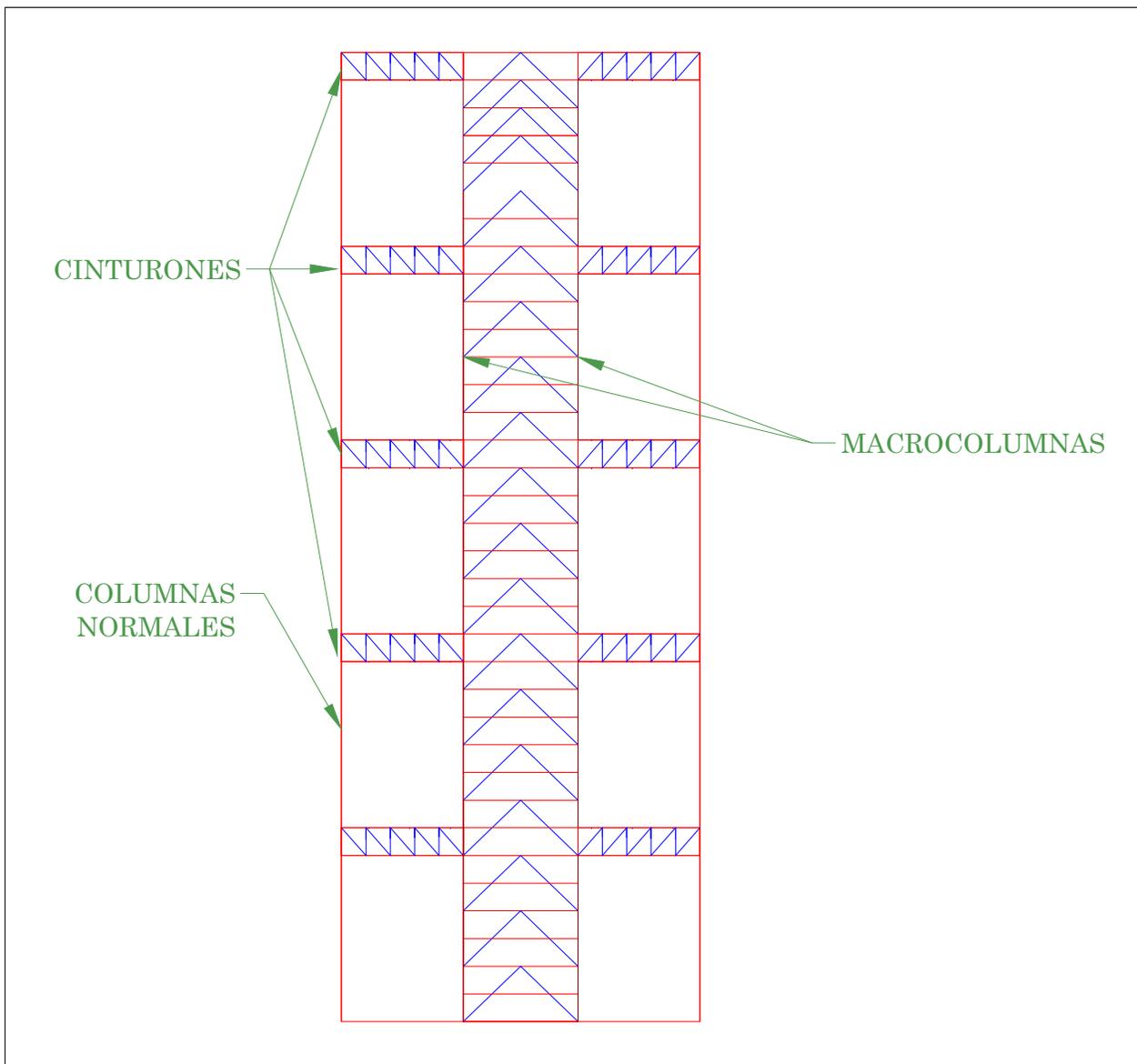


Fig. 14.- Sistema con Cinturones y Mega columnas (Macromarcos)

III.3.5 Sistemas de Tubo

En forma simplificada se concibe un sistema de tubo como una estructura espacial que emplea el perímetro del edificio para resistir cargas laterales. Este sistema consiste en un tubo perforado cuyas paredes consisten en traveses de gran peralte y columnas que están muy cercanas con el fin de reducir el tamaño de las aberturas.

En la actualidad, algunos de los edificios más altos del mundo tienen este tipo de estructura y la mayor parte de los edificios con más de 50 pisos recurren a este sistema. Una ventaja que se obtiene, es que concentra toda su rigidez en el perímetro, permitiendo espacios amplios y columnas esbeltas en el interior, cuyo diseño va dirigido a resistir únicamente cargas gravitacionales.

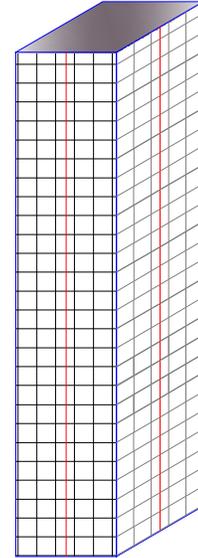


Fig. 15.- Ejemplo del sistema estructural tipo “tubo”

III.3.5.1 Sistemas de Tubo en Tubo

Existe un efecto en este sistema debido a la fuerza cortante denominado “*shear lag*” ó *cortante rezagado* el cual consiste en modificar la distribución real de las fuerzas axiales en las paredes del tubo con respecto a lo que se obtendría con la teoría de flexión simple. Esto es debido a que en un tubo con paredes relativamente delgadas, en comparación con su ancho, no es aplicable la teoría de flexión, “cuando un miembro es sometido a flexión, las secciones planas permanecen iguales antes y después de aplicar la carga”, ocasionando con ello una concentración de esfuerzos en las esquinas del tubo y una reducción en los puntos medios.

Otro detalle es que el tubo formado por columnas y traveses, son importante las deformaciones por cortante de estas, debido a su gran peralte. Entonces entra en juego una combinación en el núcleo interior de elevadores y servicios, que algunas veces es de concreto, y esto es lo que se denomina sistema “Tubo en Tubo”.

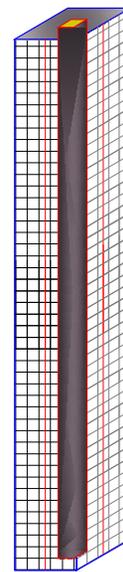


Fig. 16.- Ejemplo del sistema estructural “tubo en tubo”

III.3.5.2 Sistemas de Tubo con Diagonales

Este es otra variante del sistema de tubos, el cual consiste en colocar diagonales de contraventeo en las paredes del tubo, de tal forma que las paredes se transforman en armaduras verticales en voladizo. Con esto se incrementa la rigidez de la estructura y se pueden espaciar más las columnas, lo que permite mayor

entrada de luz natural al edificio. Muchos edificios construidos en el mundo tienen este sistema, y en México está el edificio de PEMEX que se diseñó con este sistema.

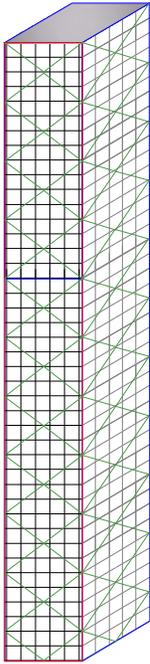


Fig.- 17 a) Ejemplo de tubo con diagonales

b) Edificio Jhon Hancock Center, cuenta con 100 pisos y 344 m de alto, Chicago, Illinois, USA.

c) Torre Ejecutiva de PEMEX, 52 pisos y 214 m de altura, México DF.

III.3.5.3 Sistemas de Tubos Ensamblados

Cuando se combinan dos o más tubos se pueden lograr arreglos más eficientes, especialmente en edificios con un número de pisos cercanos a 100. El mejor ejemplo de este sistema es el correspondiente al edificio Sears Tower (hoy Willis Tower), el cual se ubica en Chicago, Illinois, Estados Unidos. El edificio tiene una altura de 527 metros y 108 plantas (ver la fig. 18 b).

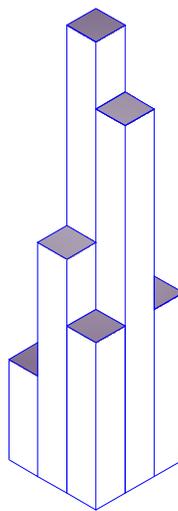


Fig. 18.- a) Ejemplo del sistema Estructural de Tubos Ensamblados

b) Willis Tower, Chicago, USA, tiene 442 metros de altura y 108 plantas y hoy es la 4ta. Torre más alta del mundo

III.4 Edificios de Concreto

III.4.1 Losas Planas

Una losa plana está representada por un sistema de piso sin trabes, la cual puede estar en ocasiones apoyadas en columnas, muros o una combinación de ambos. Cuando la losa se apoya en columnas, la eficiencia se mejora aumentando el peralte alrededor de la columna, lo que llevan a colocar ábacos o capiteles.

En nuestro país este sistema tuvo mucho auge en las décadas de los 60 a los 80, para la edificación de edificios de mediana altura (10 pisos), especialmente en la modalidad de la denominada losa aligerada, en donde se recurre al empleo de casetones o bloques de diferentes características para reducir el peso de la losa. Este sistema se llegó a emplear en edificios de hasta 15 pisos, pero ocurrido el sismo del año 1985 se pusieron en evidencia cuales eran las debilidades de este sistema, derivadas de la limitada contribución de la porción de losa que trabaja como viga en el marco formado por la losa y las columnas. Tenían la desventaja de tener poca rigidez y ductilidad, esto era debido a la manera de transmitir las acciones entre la losa y las columnas bajo la acción de cargas laterales.

Estos sucesos hicieron que los reglamentos se modificaran, y ahora este tipo de sistemas es muy castigado en cuanto a su aplicación, y debido a ello se ha desalentado su uso. Por eso ahora las losas planas son usadas en zonas sísmicas únicamente en situaciones en que existan muros de cortante, los cuales tienen la función de resistir la totalidad de las cargas laterales. Cuando se usan los muros de cortante, esta condición puede ayudar a mejorar la altura del edificio, teniendo así un máximo de 20 niveles, todo dependiendo de la sismicidad de la zona. Cuando se recurre a usar muros para resistir las acciones sísmicas, estos pueden ser usados en la parte central del edificio, en la zona de elevadores, en la zona de servicios o muros de colindancia.

III.4.2 Marcos Rígidos

Los marcos rígidos son una de las mejores y mayores soluciones eficientes para resolver la estructuración de los edificios, a comparación de un sistema que tiene muros de carga. La manera en que se logra el marco rígido en las construcciones, es mediante el empleo del concreto colado en sitio, en forma natural y eficiente. Al igual que en el sistema de acero, este consiste en colocar un arreglo de columnas y trabes. Las trabes representan los apoyos virtuales para el sistema de piso, el cual consiste en una losa que se cuela en forma integral con las trabes.

La losa puede trabajar en dos direcciones ortogonales o en caso dado puede reforzarse con vigas secundarias, que reducen su peso y mejoran la rigidez. El sistema es monolítico, pues a pesar que el sistema de losas y trabes se cuela

posteriormente después de las columnas, el disponer y arreglar de manera correcta el acero de refuerzo, permite dar garantía en la continuidad de todos los elementos estructurales. Esto es lo que hace al marco rígido un sistema adecuado para soportar tanto las cargas gravitacionales, como las cargas sísmicas.

El uso de este sistema también tiene sus límites en cuanto al reglamento de construcciones, el cual nos dice que tenemos que dar ductilidad a la estructura y esto se logra con un detallado especial de los elementos estructurales. El marco rígido se puede utilizar sin ningún problema en edificios de hasta 25 pisos; aunque cabe mencionar que si a este sistema le añadimos travesaños acartelados o la combinación de muros de cortante, aprovechando la parte del núcleo de elevadores y servicio, el límite de altura puede extenderse hasta los 40 pisos o más en casos especiales.

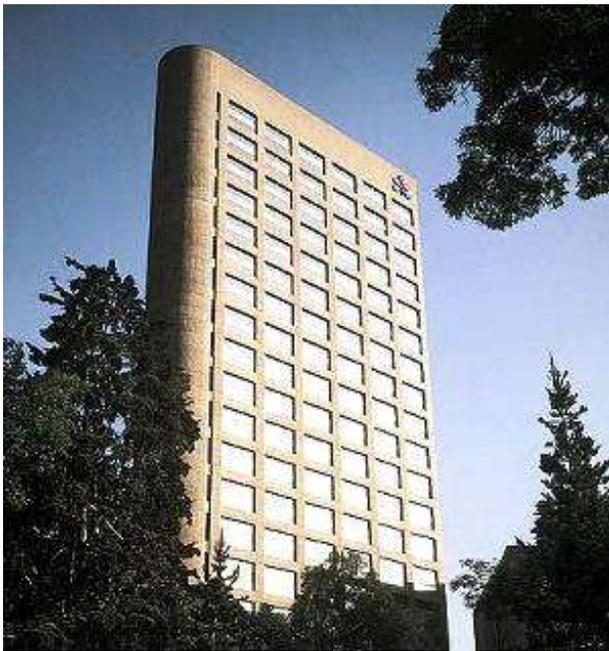


Foto 8.- Hotel Nikko, cuenta con 38 pisos y 136 metros de alto, Polanco, Cd. de México



Foto 9.- Torre Arcos Bosques (El Pantalón), de 33 Pisos y 161 metros de alto, Cd. de México.

III.4.3 Tubos con Columnas Espaciadas

En este tipo de sistemas están todas las estructuras donde existen marcos perimetrales de concreto formados por travesaños y columnas de gran peralte, donde las columnas están muy cercanas entre, 1 a 1.5 metros de diámetro o lado, de tal manera que los marcos representan las paredes perforadas de un tubo. La acción de tubo se puede aproximar también si se emplea el mismo tipo de marco perimetral, pero separando las columnas a distancias de 7 u 8 metros. Las columnas en este caso serán más anchas, en tales condiciones es posible construir edificios de hasta 30 pisos en forma eficiente y económica.

III.4.4 Tubos con Columnas Cercanas

La mayor eficiencia en el empleo de tubo, se obtiene reduciendo la distancia que hay entre una columna a otra, el sistema resultante consiste en una estructura espacial en voladizo de sección tubular generalmente cuadrada, rectangular y circular, aunque también no se descartan otras formas poligonales o semicírculos.

El concepto de columnas cercanas está relacionado con su dimensión en la dirección del plano del tubo, así como la altura del edificio. Separaciones de 3 a 6 metros asociadas a columnas de 1 a 1.5 metros nos llevan a tener tubos eficientes. Cabe señalar que el peralte de las vigas debe ser acorde con las dimensiones de las columnas.

Debido a la importancia de las deformaciones por cortante de las trabes y columnas, es preferible no usar formas tubulares de sección alargadas, con el fin de evitar el efecto antes visto en el sistema de tubo con acero, el efecto llamado “shear lag”. Y en caso de requerirse se puede anexar en el núcleo un tubo rígido, con el fin de obtener el sistema de tubo en tubo, aprovechando el espacio de elevadores.

III.4.5 Tubo con Diagonales

Esta sería la misma descripción de lo que se hace con los edificios de acero, anexándoles diagonales. En el caso de edificios de concreto, se rellenan algunas de las ventanas de cada una de las paredes de tal forma que al crear esas diagonales se aumenten, en forma considerable la rigidez lateral y disminuya el efecto “shear lag”. Como ejemplo de este sistema en los Estados Unidos se han construidos edificios de 50 y 60 pisos, y aun podría aumentarse, si utilizáramos el centro del edificio y alojáramos otro tubo rígido, para disminuir las cargas laterales.

III.4.6 Tubos Ensamblados

Al igual que en los edificios de acero, es posible la unión de 2 o más módulos de tubos, para formar un arreglo de tubos acoplados, los cuales podrían contar con diagonales o no, teniéndose así un sistema en el cual se pueden aumentar de manera considerable el número de pisos.

III.4.7 Sistemas Especiales

En edificios de concreto es muy importante mencionar que se pueden mezclar algunos de los sistemas antes descrito; por ejemplo podemos disponer de trabes con alto peralte como el de un piso y colocarlas en el nivel más alto del edificios y así obtener el llamado cinturón descrito para estructuras de acero.

En México se ideó una solución para muchos edificios, la idea del sistema estructural consiste en una gran columna representada por el núcleo de servicios del edificio, que resistirá por sí sola las acciones gravitacionales y accidentales producidas por el sismo y viento. De esta gran columna emergen traveses en dos direcciones ortogonales hasta los extremos del edificio. Y sobre estas traveses se cuelgan todos los pisos del edificio, mediante tirantes de acero que son anclados en las traveses de gran peralte ubicadas en el último piso, la estructura es de concreto colado en sitio y con excepción única de los tirantes que son de acero.

III.5 Edificios Mixtos

III.5.1 Antecedentes de los Edificios Mixtos

Por mucho tiempo los edificios construidos con acero, eran protegidos por su seguridad en contra de incendios empleando concreto. Así es como nació la composición de construir con estos elementos compuestos, aunque en sus inicios la contribución del concreto se despreciaba. Posteriormente, a esto se empezó a utilizar este tipo de diseño en sistemas de piso, ligeros de traveses y armadura de acero con losa mediante conectores de cortante.

Mediante este sistema se creó la condición de trabajo en vigas T que proporcione un ahorro importante en material, en las zonas donde el momento flexionante provoca compresión en el concreto. Más tarde aparecieron los sistemas de losa que emplean como cimbra una lámina acanalada permanente que participa en el trabajo de flexión de la losa. En este caso es posible unir la losa con las vigas de acero por medio de conectores de cortante. Cabe mencionar que actualmente este es uno de los sistemas que más se emplea en los edificios de acero.

Hace unos 20 años se empezó a utilizar en la construcción este sistema estructural mixto, principalmente en las columnas. El cual consiste en encamisar a las columnas de acero con concreto reforzado, varillas y estribos. Para esto se aprovecha la rigidez de la sección compuesta. Las normas que vigilan este tipo de sistemas son dadas por el reglamento del ACI. En la cual se aplica un criterio similar al de columnas de concreto reforzado.

Existen sin embargo límites para usar las columnas compuestas, donde se limita el esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo a 3500 kg/cm^2 y a incrementar los estribos de la columna. Para los fines de cálculo de rigidez, no se incluyen las varillas de refuerzo, aunque si se incluyen para conocer la resistencia del elemento. En la práctica las columnas compuestas se diseñan por medio de diagramas de interacción, donde se incluye al perfil de acero como un refuerzo adicional.

En algunos casos se señala que una columna compuesta también puede solucionarse, vertiendo concreto en un perfil tubular de acero y con ello se aplica el

concepto de sistema mixto. En algunos casos se pueden colocar placas de cortante y con ellas el relleno de concreto, para que funcionen como cimbra permanente y aumenten la rigidez y resistencia del muro. En general el principal propósito de un sistema mixto es incrementar la rigidez de las estructuras, especialmente para evitar el efecto de deformaciones por cargas laterales.

III.5.2 Sistemas Estructurales Mixtos

Los sistemas estructurales mixtos pueden definirse como aquellos en los cuales se tiene la presencia de elementos estructurales compuestos diseñados a resistir las cargas laterales, como ejemplo de ellos debemos mencionar a los muros, las trabes y las columnas como todo el sistema.

En seguida se mostrarán cuáles son las características de estos elementos y con ello aclararemos su empleo en la estructuración de los edificios.

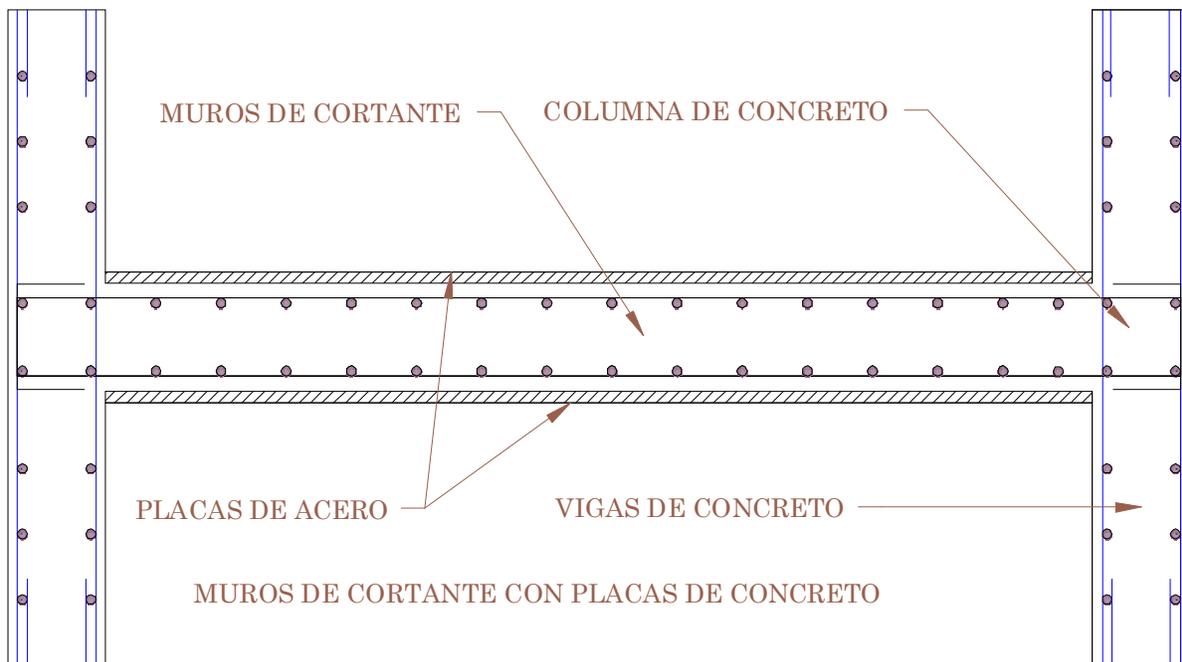


Fig. 19.- Muro de Cortante confinado mediante placas de acero

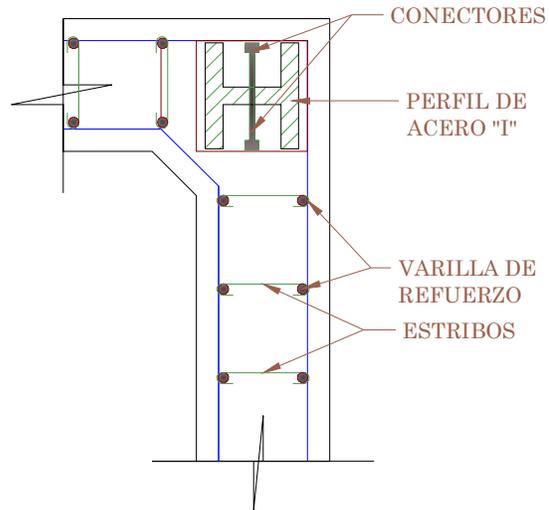


Fig. 20.- Detalle de una sección de muro empleando acero estructural, un perfil I, para dar mayor resistencia a la estructura.

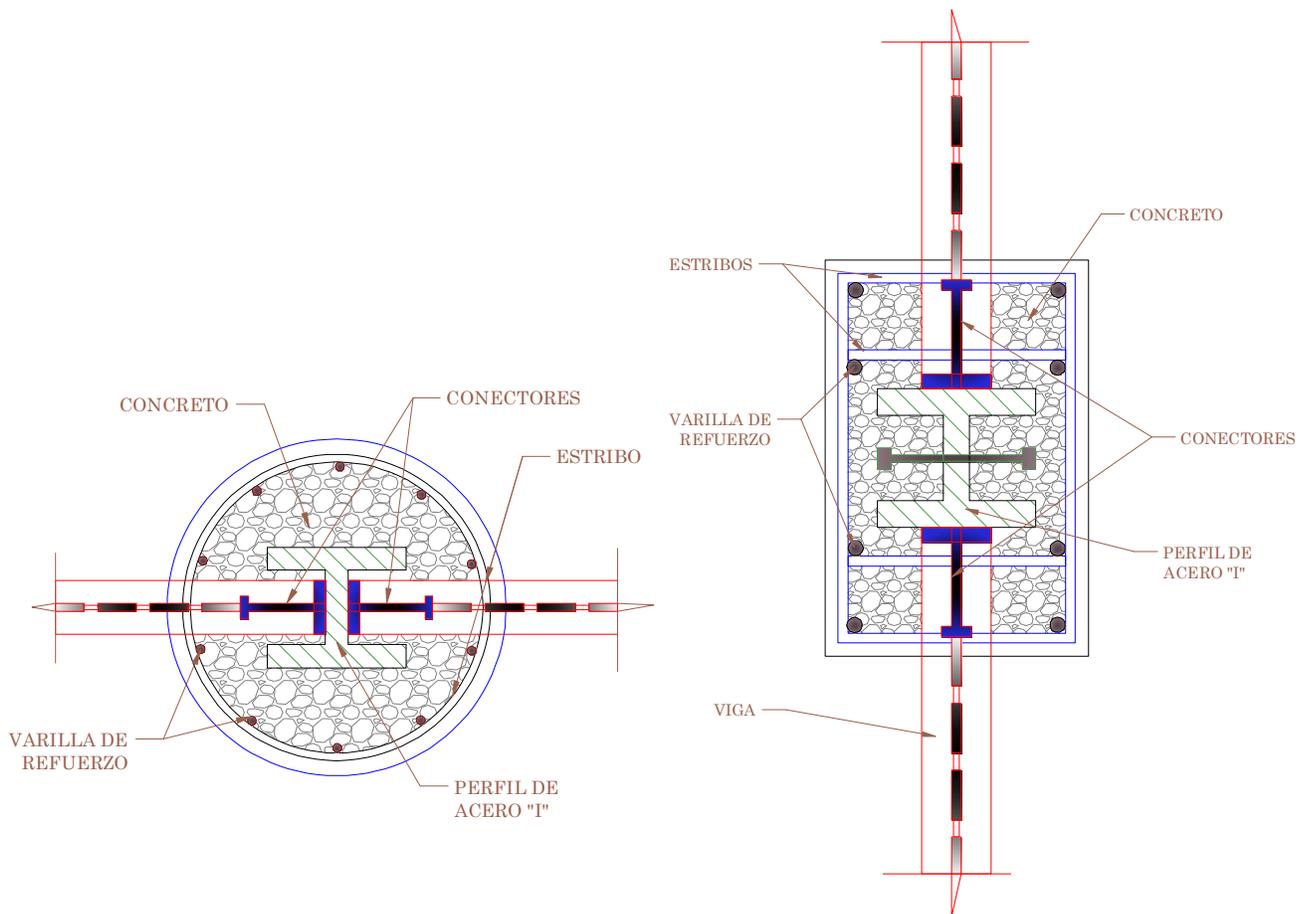


Fig. 21.- Detalle de la sección de una columna empleando acero estructural, un perfil I, para dar mayor resistencia a la estructura.

III.5.3 Sistema Estructural del Edificio Burj Khalifa (Antes Burj Dubái)

A la fecha el edificio que ostenta el primer lugar, no solo en una sino en varias categorías respecto a su altura, número de pisos y otros, es el edificio Burj Khalifa (antes llamado Burj Dubái), el cual se empezó a construir en septiembre del 2004 y que fue inaugurado en este año, el día 4 de enero del 2010.

El diseño de este edificio fue designado a la empresa Skidmore, Owing and Merrill, los cuales tenían en sus contratos el haber diseñado la Torre Willis (antes Torre Sears) y otros edificios. El edificio tiene en la base el dibujo que nació de la inspiración de una flor de la región de Dubái e India, la Hymenocallis Blanca, de seis pétalos.

Los datos más importantes de este edificio son los que a continuación se mencionaran de manera breve:

- ✚ La cimentación del edificio es a la fecha la más grande construida, debido a que fue construida utilizando pilotes con un diámetro de 1.5 metros y llevados a una profundidad promedio de 50 metros y encima de ellos se apoya una losa de aproximadamente 4 metros de espesor.
- ✚ El edificio empleó hasta la altura de 586 metros (piso 156) concreto reforzado y a partir de este nivel (piso 156), las plantas siguientes fueron hechas de acero, para poder hacer más ligero el peso del edificio.
- ✚ El revestimiento exterior está compuesto de cristales de reflexión con textura de aluminio y paneles de acero inoxidable, tímpano y las aletas verticales de acero inoxidable tubular. Cerca de 26.000 paneles de vidrio, cada uno individualmente cortados a mano, fueron utilizados en el revestimiento exterior de Burj Khalifa.
- ✚ El Edificio Burj Khalifa es el hogar de 57 ascensores y 8 escaleras mecánicas, y sus elevadores son lo que darán el servicio más alto del mundo.
- ✚ El Edificio Burj Khalifa será la primera estructura de gran altura en la que algunos ascensores se programarán, y permitirán una evacuación en caso de incendio o determinados eventos de seguridad.
- ✚ El sistema de agua de la torre, suministra un promedio de 946.000 litros (250.000 galones) de agua al día
- ✚ El pico de la demanda eléctrica de la torre es 36MW (mega-watts), lo que equivale a tener encendidas cerca de 360.000 bombillas de 100 vatios funcionando simultáneamente.
- ✚ Los pisos habitables son 160, de los cuales 49 están destinados a oficinas y 61, a apartamentos. El edificio cuenta con 58 ascensores que viajan a una velocidad de 10 metros por segundo. En el piso 124, un balcón abierto al público ofrece una visión panorámica, a 360 grados, de la ciudad.

En lo que se refiere al sistema estructural empleado en el diseño y construcción del edificio, es indispensable mencionar lo siguiente: El sistema empleado fue un conjunto arquitectónico por la estética e ingenieril por su funcionalidad, debido a que se usó como planta una “Y”, todo para favorecer al núcleo estructural del edificio. El empleo de este diseño ayudo a disminuir notoriamente las fuerzas actuantes debidas al viento, así como el mantener a la estructura como algo simple y apoyar al proceso constructivo.

El sistema estructural se denominó como “Núcleo Reforzado”, o como se mencionó anteriormente un sistema estructural empleando el sistema de Núcleo Rígido, el cual consistió en construir los muros empleando concreto de alta resistencia. Aunado a ello se empleó para cada una de las seis alas o pétalos de la estructura, una membrana central de forma hexagonal como una coraza rígida. Esta membrana central está diseñada con el propósito de brindar resistencia a la estructura para soportar las acciones debidas a la fuerza de torsión. Del núcleo se extienden unas paredes gruesas hasta llegar al extremo de cada ala, terminando en una forma similar a una cabeza de martillo. Las paredes del pasillo y la terminación en cabeza de martillo presentan un comportamiento similar al de redes de vigas, y ayudan a soportar la fuerza cortante y momento provocados por la acción del viento.

Las columnas perimetrales y las placas de los pisos, hacen que el sistema esté completo, y con ayuda de estas elementos se provoca que las columnas externas, tengan también una participación muy grande en lo que se refiere a dar mayor resistencia a la estructura, para poder soportar la carga lateral y su mismo peso propio, como resultado de todo este conjunto estructural se tiene una torre muy rígida en el sentido lateral y de torsión.

A medida que la torre iba aumentando de altura, cada una de las hojas tenía acortamientos en diferentes pisos, todo ello con la intención de minimizar las cargas, aportar una belleza arquitectónica y armonizar el sistema. Por tal motivo cada vez que se acortaban las losas de los pisos superiores, el sistema estructural de columnas interiores, tenían que soportar la carga posterior a ellas. Todo esto se realizó de esta manera, con la intención de confundir a los vientos y a evitar que los vórtices que se provocaran sobre la altura del edificio se acumularan en una sola superficie, sino que en cada nivel el viento se hallara con una construcción diferente y con esto se minimizan los efectos provocados por la acción del viento.

Marcas que alcanzo la estructura debido a su altura

-  Edificio más alto del mundo
-  Piso ocupado más alto del mundo
-  Plataforma de observación al aire libre más alta en el mundo
(442 m.s.n.m)
-  Ascensor con mayor distancia de viaje en el mundo
-  Ascensor de servicio más alto del mundo

Galería Fotográfica de la construcción del Edificio Burj Khalifa



Foto 10.- 01 de Febrero del 2006



Foto 11.- 29 de Agosto del 2006



Foto 12.- 15 de Julio del 2007



Foto 13.- 03 de Febrero del 2008



Foto 14.- Abril del 2008



Foto 15.- Mayo del 2008



Foto 16.- 24 de Diciembre del 2008

Referencia: www.es.wikipedia.org/wiki/Burj_Khalifa