2.3. - Tipos Estructurales

Desde el punto de vista estructural es habitual clasificar los tipos estructurales de acuerdo a los estados de tensión predominantes. Así, hablaremos seguidamente de **estructuras de Tracción y Compresión** (cables, arcos, cabriadas y reticulados), **estructuras de Flexión** (vigas, pórticos, entramados, placas lisas y nervuradas, plegados), y **estructuras que trabajan por Forma** (membranas y cáscaras delgadas).

Pero conviene advertir que, desde el punto de vista proyectual, el problema "determinante" es siempre qué "forma" de estructura conviene de acuerdo a los atributos arquitectónicos requeridos: si conviene una repetición de elementos lineales de cierta altura que salven la luz principal, ó una estructura que resuelva la transferencia de cargas dentro de su propio espesor, ó una estructura que cubra el espacio en cuestión mediante una forma

singular. De acuerdo a este nuevo punto de vista, también podríamos hablar entonces de **estructuras unidimensionales**, de **estructuras bidimensionales** y de **estructuras por forma**.

Si bien por razones de mayor claridad expondremos la primera clasificación, creemos necesario advertir que ambos puntos de vista son complementarios, en la tarea siempre compleja de concebir el tipo estructural que mejor cuadre a las características arquitectónicas de cada proyecto.

a - Estructuras de Tracción y Compresión

- **Cables**
- Para comprender los mecanismos que se ponen en juego en estas estructuras, analicemos primero un cable tendido entre dos puntos, con una carga aplicada en el punto medio:

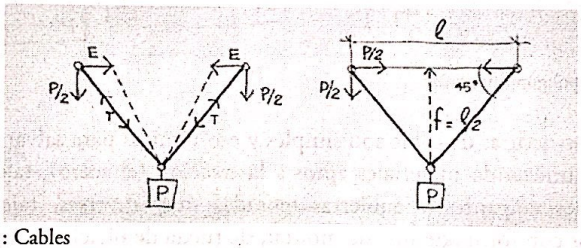


Fig. 21: Cables

- El cable adopta una forma triangular, y cada mitad de la carga vertical es transmitida oblicuamente a los apoyos a lo largo de ambos tramos del cable, sometidos a **tracción simple**.
- Si los apoyos no estuvieran fijos, se desplazarían hacia el centro. Esto demuestra que esa tracción oblicua, al llegar a los apoyos, **se descompone en dos fuerzas: una vertical**, igual a la mitad de la carga, **y una horizontal, llamada "empuje".**
- La **tensión de tracción** que soporta el cable es inversamente proporcional a la dimensión de **la flecha:** sin flecha, el cable no podría resistir ninguna carga vertical, pues ninguna fuerza horizontal (aunque llegara a ser infinita) podría equilibrar fuerzas verticales. Pero una flecha muy grande aumentaría mucho la longitud del cable, haciéndolo antieconómico.

- **La flecha óptima** para estas condiciones de carga es igual a la mitad de la distancia entre apoyos, con un ángulo de 45 grados en las barras, y un empuje igual a la mitad de la carga.

Polígono funicular:

- Si la carga centrada se desplaza del medio cambia la forma del cable, y por lo tanto, los apoyos reciben reacciones verticales distintas, pero igual empuje horizontal. A medida que aumentamos la cantidad de cargas aplicadas a intervalos regulares, el cable vuelve a cambiar tomando la forma de **"polígono funicular"**, que se transforma en **"curva funicular"** (parábola) si la carga es uniformemente repartida a lo largo del cable. **Su flecha óptima es igual a una tercera parte de la luz.**

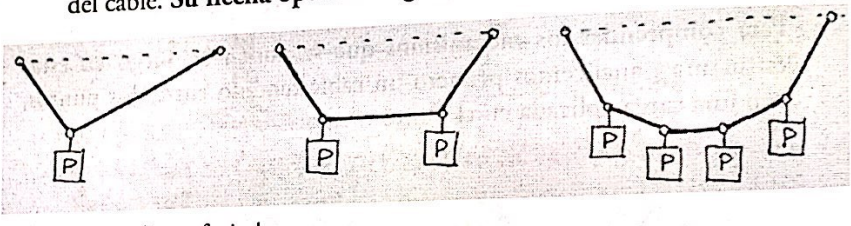


Fig. 22: polígono funicular

- Las estructuras de cable son simples y económicas para salvar grandes luces utilizando materiales aptos a la tracción (el acero), tales como puentes colgantes y cubiertas tensadas muy diversas, tales como techos con forma de silla de montar, de rueda de bicicleta, cúpulas de tracción "Tensegrity", y otras.

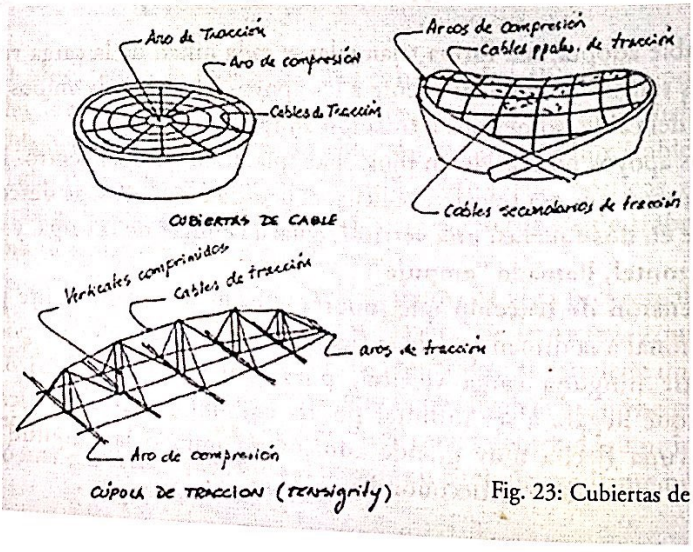


Fig. 23: Cubiertas de cables

- Los **inconvenientes** principales de las estructuras de cable derivan de su flexibilidad: los cables son inestables ante la movilidad de las cargas ó la acción del viento, para lo cual requieren peso suficiente ó estructuras complementarias **que le confieran rigidez.**

Arcos

- Si se invierte la forma parabólica que toma un cable sometido a cargas uniformemente distribuidas, se obtiene **un arco** con forma de parábola que desarrolla sólo **tensiones de compresión,** y **empujes horizontales** que se dirigen hacia fuera.

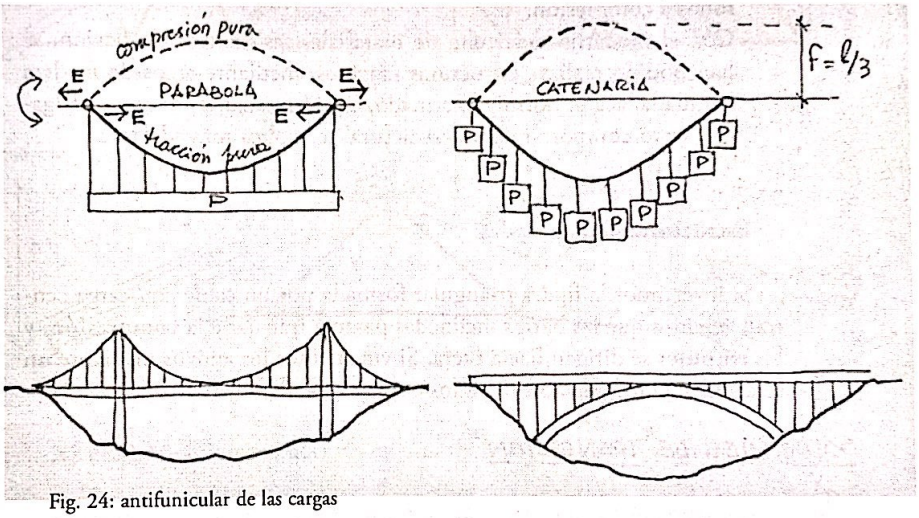


Fig. 24: antifunicular de las cargas

- Si en lugar de estar distribuidas en horizontal, las cargas se distribuyen siguiendo el eje de la pieza (p/ej., el peso propio) la curva resultante se denomina **"Catenaria".** (Este método fue utilizado por Gaudí para proyectar los arcos de la iglesia de la Sagrada Familia de Barcelona). La **flecha** óptima para estas dos condiciones de carga es aproximadamente un tercio de la luz.
- Un cable puede soportar cualquier sistema de cargas cambiando su forma, pero un arco no lo puede hacer por ser estable. Por ello, por lo general la forma del arco se elige de modo que corresponda al **funicular** de su peso propio.

- Si las cargas, en lugar de ser verticales convergieran a un punto (radiales), la curva funicular sería un arco de circunferencia sometido a compresión. Pero en razón de que las cargas que actúan sobre las estructuras son casi siempre verticales, los arcos semicirculares desarrollan cierta flexión.
- El arco es esencialmente una estructura para cubrir grandes luces utilizando materiales aptos a **compresión** (piedras, ladrillos, hormigón, etc.), y por ello fueron utilizados en gran escala por los Romanos y en las iglesias medioevales, combinando arcos mayores, paralelos (de cañón corrido), diagonales, radiales, etc. con bóvedas de menor luz, todos a compresión.
- Con el moderno desarrollo de materiales resistentes a la flexión, se han podido realizar estructuras mayores, mediante arcos de madera laminada, acero, hormigón armado, etc., ó mediante "cáscaras" delgadas, cuyo comportamiento estructural se explica más adelante.

Estructuras Trianguladas

Si invertimos la figura triangular formada por un cable con carga central, veremos que las barras inclinadas pasan a trabajar a la **compresión**, y los **empujes** se dirigen hacia fuera. Si vinculamos los apoyos mediante un tercer elemento, éste absorberá los empujes mediante **tracción**.

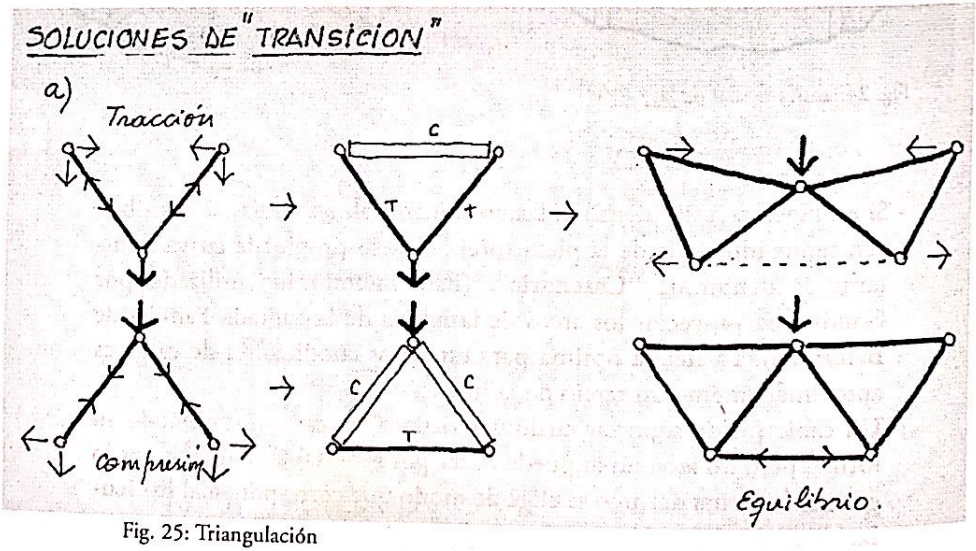


Fig. 25: Triangulación

Se configura así un **triángulo indeformable** que, ante la aplicación de cargas en su vértice, las transmite solo por compresión y tracción. Uniendo una sucesión de estos triángulos se pueden cubrir grandes luces con elementos constructivos de pequeña sección, trabajando a **compresión ó tracción** según las distintas configuraciones posibles. Por su **esbeltez**, los elementos comprimidos pueden **pandear**, por lo que hay que contemplar este esfuerzo.

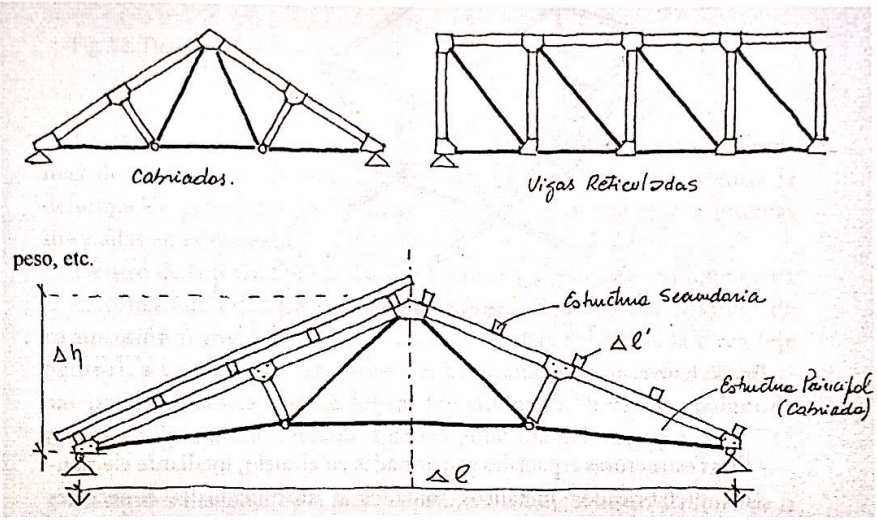


Fig. 26: Cabriadas y reticulados

- Las uniones de estos elementos ó barras se deben consideran teóricamente **articuladas,** (sin transmisión de momentos), aunque en la práctica desarrollan pequeñas tensiones de flexión y corte, debido a la rigidez de sus uniones (cartelas).
- Este mecanismo estructural es el fundamento de cabriadas y reticulados de las mas variadas configuraciones, de madera ó de acero, que se usan para salvar luces de hasta cientos de metros, servir de apoyo a otras estructuras simplemente apoyadas, disponerse en voladizo ó en forma vertical para contrarrestar la acción del viento en edificios altos.

Estructuras espaciales

- Una doble grilla ortogonal, cuyos nudos son conectados diagonalmente entre sí, genera una sucesión de módulos piramidales vincula-

dos por sus vértices que se comporta como una placa gruesa virtual, con sus **barras horizontales superiores trabajando a compresión y sus barras oblicuas y horizontales inferiores trabajando a tracción,** permitiendo estructuras planas que cubren grandes áreas sin apoyos intermedios.

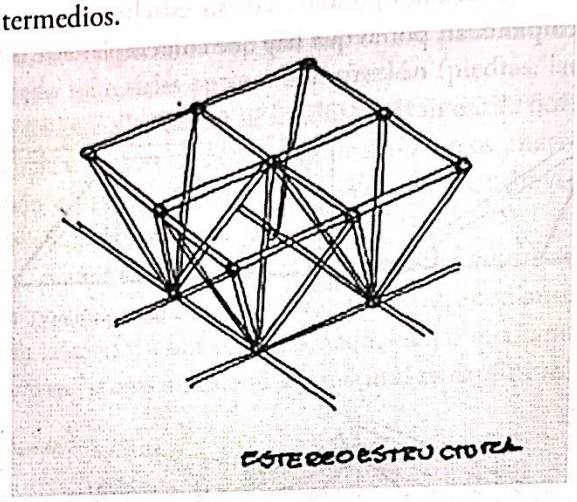


Fig. 27: Estereoestructuras

- Estas estructuras espaciales son armadas en el suelo, mediante elementos prefabricados metálicos soldados ó atornillados a conectores Standard, e izados por procedimientos mecánicos (gatos, etc.), sin requerir costosos andamios.

b - Estructuras de Flexión

La necesidad inherente a la arquitectura de cubrir un espacio, liberar el área de apoyos y salvar una luz requiere de elementos estructurales capaces de transmitir horizontalmente cargas verticales. Esto se puede conseguir utilizando los mecanismos anteriores de compresión y tracción ó apelando a las posibilidades de **flexión** de algunos materiales.

Estas estructuras se comprenden mejor si se analiza que todo elemento sometido a flexión se "deforma" según una determinada curva ó **"elástica de deformación"**, poniendo en funcionamiento resistencias internas del elemento afectado que se oponen a esa deformación.

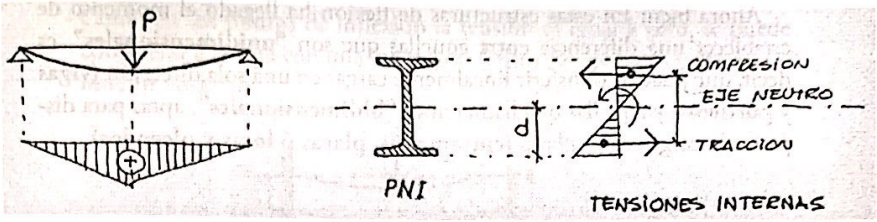


Fig. 28: Flexión: Diagrama de momentos – Tensiones internas

La correspondencia entre la **"elástica de deformación"** y los **"diagramas de momentos"** permite comprender la relación recíproca entre la deformación producida por las fuerzas exteriores y las resistencias internas suscitadas en el material.

Dentro de la pieza flexada, las fuerzas internas generadas en respuesta a la deformación se distribuyen linealmente desde un valor máximo de **compresión** ó **tracción** en las fibras más alejadas del eje de la pieza **(eje neutro)**, a un valor cero en dicho eje. El producto de estas fuerzas internas por la distancia que las separa (denominado **"brazo de palanca"**) genera un **"momento interno"** que se opone a la deformación.

La rigidez flexional de la pieza dependerá entonces de un atributo de la forma de la sección llamado **"momento de inercia"**que, si bien es lógicamente proporcional a la cantidad de material empleado, lo es mucho más según la forma en que esté dispuesta dicha sección en relación a la carga, puesto que aumenta al cuadrado de la distancia entre la fibra más alejada y el eje neutro. Se comprende entonces la importancia de la "forma de la sección" para una utilización racional del material.

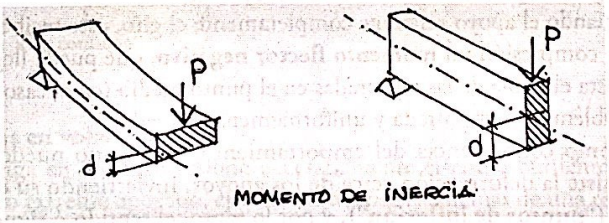


Fig.29: Momento de Inercia

Ahora bien: En estas estructuras de flexión ha llegado el momento de establecer una diferencia entre aquellas que son **"unidimensionales"**, es decir, que pueden transferir linealmente cargas en una sola dirección (**vigas y pórticos**), y aquellas que llamaremos **"bidimensionales"**, aptas para dispersar la carga en un plano (**entramados, placas ó losas y plegados**).

b.1. – Flexión Unidimensional

- **Vigas:** De acuerdo al tipo de vínculo con sus apoyos, se las puede considerar:
- **Vigas simplemente apoyadas:**
- cuando se apoyan en ambos extremos de modo tal que éstos tienen libertad de girar, **transmitiendo al apoyo solo compresión.** Tanto la deformación como la tensión disminuye a cero en los apoyos.

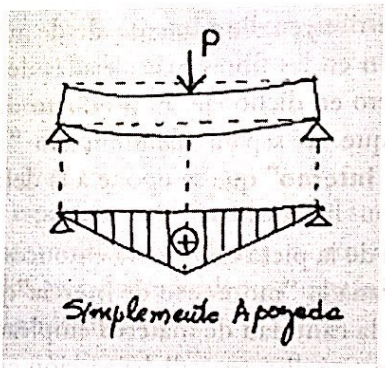


Fig. 30: Viga simplemente apoyada

Vigas Empotradas

- Cuando el apoyo restringe completamente el giro, éste recibe además de compresión un **momento flector negativo**, que puede llegar a ser hasta el doble de las registradas en el punto medio (en el caso de estar doblemente empotrada y uniformemente cargada).
- Como consecuencia del empotramiento, la viga no puede girar y resiste la deformación cerca de los apoyos, invirtiendo su curvatura (**"puntos de inflexión"**), y por lo tanto, el sentido ó signo de sus tensiones.

- Como en los puntos de inflexión la tensión es igual a cero, se puede considerar a la viga con una luz menor (entre esos puntos) y dos extremos en voladizo.

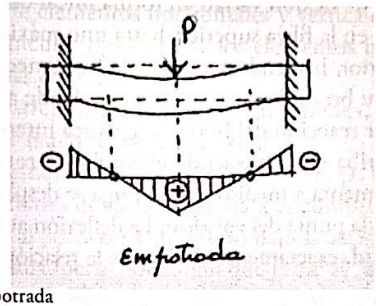


Fig. 31: Viga Empotrada

Vigas Contínuas

- La continuidad de una viga sobre varios apoyos introduce nuevos comportamientos: Si cada tramo estuviera simplemente apoyado, resistiría las tensiones de flexión por si sólo; La continuidad entre tramo y tramo, al combinar la libertad de giro de los apoyos simples con la restricción de los empotrados, genera puntos de inflexión cerca de los apoyos que "reducen" la luz teórica del tramo, aumentando así la rigidez.

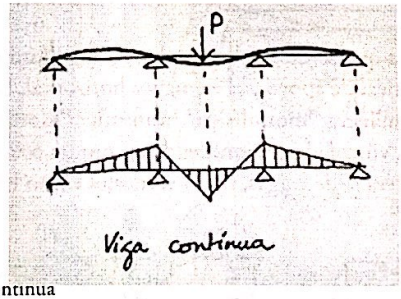


Fig. 32: Viga continua

Vigas en voladizo

- La viga en voladizo supone necesariamente el empotramiento de su único extremo apoyado, ejerciéndose sobre él, además de una reacción vertical, un "momento" flector que varía desde cero en la punta a máximo en el empotramiento.

- La deformación constante de la viga en voladizo requiere el alargamiento de las fibras superiores y el acortamiento de las inferiores, produciendo un estado de flexión en todo su desarrollo.
- Estas tensiones de flexión varían en forma lineal desde un valor máximo de tracción en la fibra superior, hasta uno máximo de compresión en la fibra inferior, haciéndose cero en la fibra media (eje neutro).
- Por acción de su brazo de palanca, la carga tiende a hacer girar la viga hacia abajo; por reacción del brazo de palanca interno, la pieza tiende a girar hacia arriba reestableciendo el equilibrio rotatorio.
- La deflexión aumenta a medida que la carga se desplaza desde el empotramiento hacia la punta del voladizo; La deflexión aumenta rápidamente con la longitud, exactamente al cubo de la relación de longitudes.

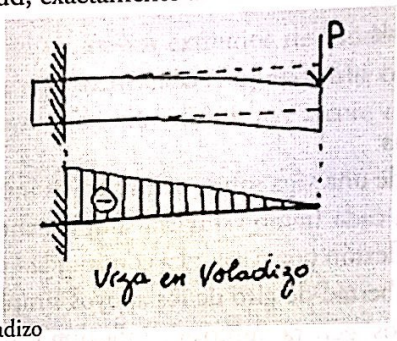


Fig. 33: Viga en Voladizo

Pórticos

- Son los sistemas que se desarrollan en base a una **"unión rígida"** entre el elemento vertical de apoyo y el elemento horizontal. Esta unión, comportándose de manera **"monolítica"**, transmite **"momentos"** a los elementos por ella vinculados, permitiendo su mutua colaboración estructural en la resistencia de cargas, tanto verticales como horizontales.

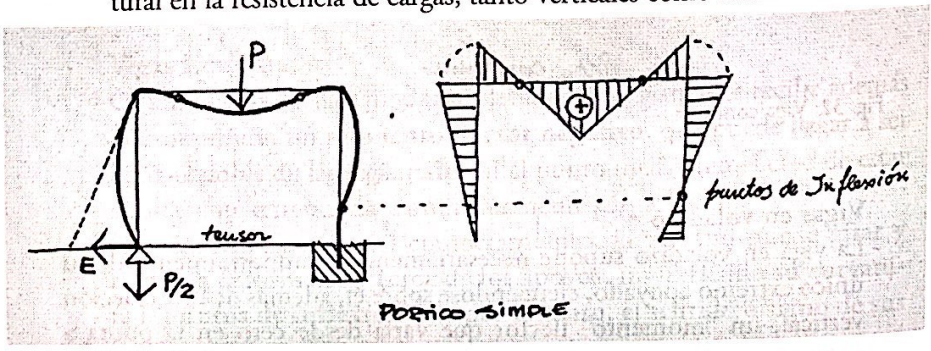


Fig.34: Pórtico

- Por esta razón, los pórticos son más resistentes a cargas verticales que los sistemas de pilar y dintel, pero aún presenta mayores ventajas ante cargas laterales, tales como la presión del viento, por la colaboración estructural entre elementos horizontales y verticales.
- El hecho de vincular rígidamente los elementos horizontales y verticales tiene varias consecuencias:
- La viga tiene extremos elásticamente empotrados, se torna más rígida y puede resistir mayor carga a la flexión
- Las columnas están sometidas no sólo a las cargas de compresión sino también a tensiones de flexión debida a la continuidad con la viga.
- Para mantener al pórtico en equilibrio bajo la acción de cargas verticales se requiere una fuerza horizontal que tome el **"empuje"** hacia fuera de los elementos verticales, introduciendo compresión en la viga.
- Las deformaciones que sufre un pórtico empotrado ante la acción de cargas verticales demuestra que las columnas desarrollan un punto de inflexión y equivalen, por lo tanto, a un pórtico articulado con columnas más cortas.
- En contacto con **la fundación**, los pórticos pueden ser **empotrados** ó **articulados**. En el primer caso, la propia fundación debe contrarrestar el empuje horizontal; en el segundo, un tensor deberá tomar ese empuje.

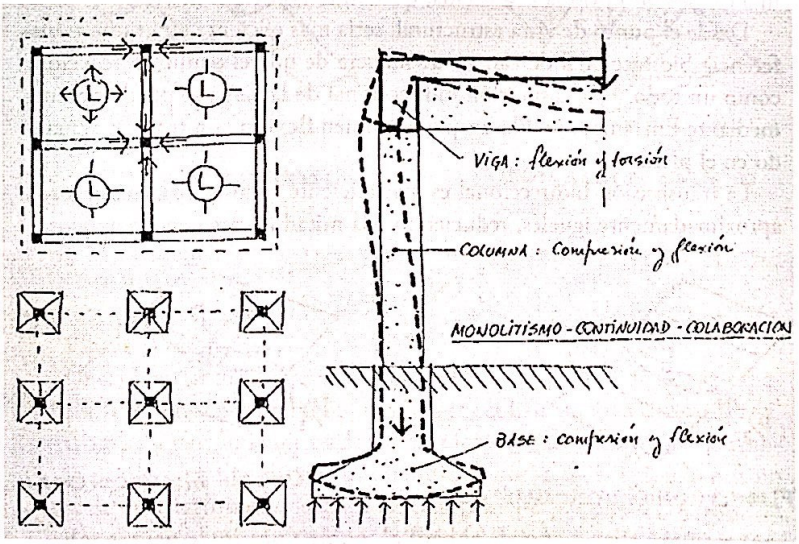
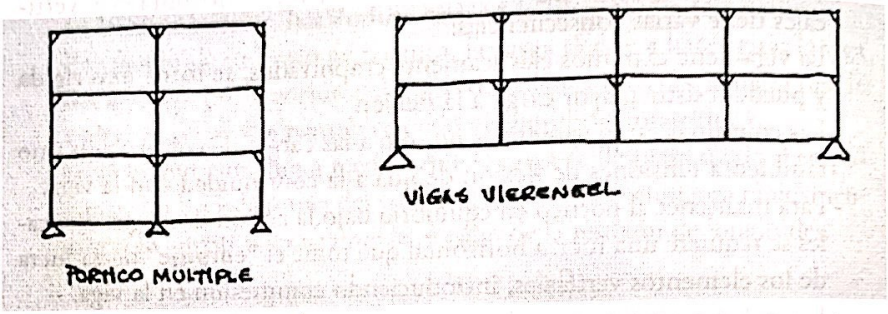


Fig. 35: Monolitismo

- Los pórticos pueden ser **simples** ó **múltiples**; en este último caso se cuenta con ventajas adicionales similares a las de las vigas continuas, como así también la posibilidad de constituir reticulados en el plano ó en el espacio para cubrir grandes luces, como las llamadas vigas Vierendeel.



b.2. – Flexión Bidimensional

Las estructuras unidimensionales de flexión anteriores son eficientes para "salvar una luz", pero su eficiencia se reduce mucho cuando se trata de "cubrir un área" determinada mediante una serie de ellas, porque ante una carga sólo flexiona la afectada, quedando las demás inertes.

Desde el punto de vista estructural, sería más eficiente tener una transferencia bidireccional de cargas, de manera de que el conjunto reaccione como un todo. Esta dispersión bidireccional de la carga se puede obtener mediante Entramados y Placas que combinen **flexión con torsión** actuando en el plano.

La transmisión bidireccional es más eficiente si ambas direcciones son aproximadamente iguales, reduciendo a la mitad la carga en los apoyos.

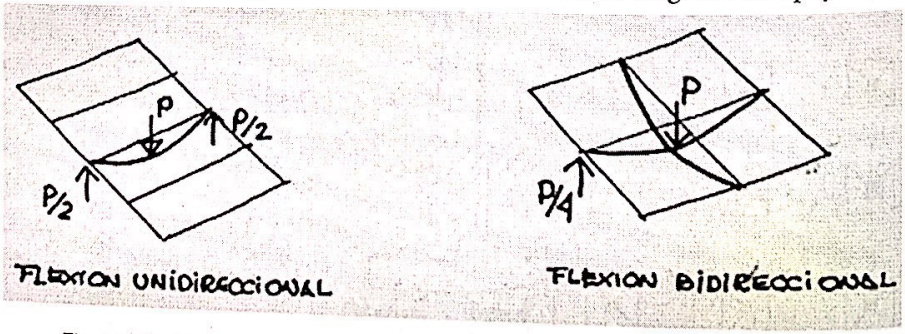


Fig. 36: Flexión Uni y Bidimensional

Entramados

- Es posible cubrir un área rectangular por medio de un entramado de vigas perpendiculares entre sí, unas encima de las otras, y obtener transferencia de carga en los dos sentidos, de manera que las superiores actúen como vigas continuas sobre los apoyos flexibles constituidos por las inferiores.
- Pero se obtiene mejor reacción recíproca "entretegiéndolas", de modo que sus posiciones relativas se inviertan en cada intersección. En la práctica, se obtiene igual resultado por medio de conexiones soldadas ó remachadas entre los dos sistemas de vigas. Los entramados son particularmente eficientes para transferir cargas concentradas, haciendo que toda la estructura participe.
- Cuando los lados del área a cubrir son muy diferentes, se puede lograr un mejor resultado mediante el empleo de entramados oblicuos. Mediante esta forma, se aproximan las longitudes de ambas series, de manera de evitar que la acción bidireccional se pierda por las notables diferencias de longitud de una y otra.

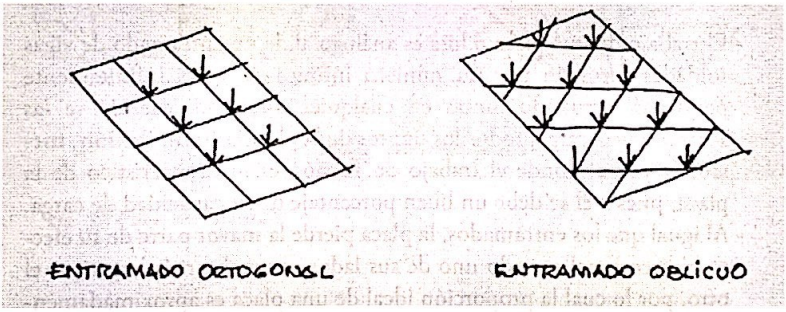


Fig. 37: Entramados

Placas (Losas) Lisas

- Una placa (ó losa) es un elemento estructural monolítico de espesor relativamente pequeño, usado para cubrir un área determinada. Como en el caso anterior de los entramados, se considera toda franja de placa en una de las dos direcciones como una viga, y lo mismo para otra franja de placa en la dirección perpendicular. Como las dos actúan al mismo tiempo, **la flexión** de una de ella produce **torsión** en la otra.

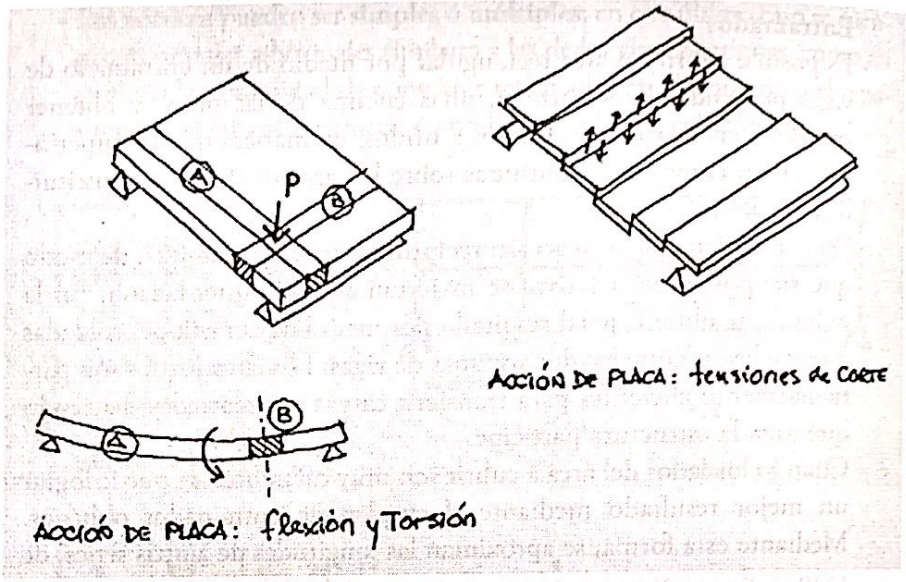


Fig. 38: Acción de Placa

- El trabajo de una placa ó losa es análogo al de un entramado de vigas soldadas formado por un número infinito de vigas infinitamente pequeñas, actuando juntas en cualquier dirección; cuando se las somete a una carga, todos los puntos de la placa sufrirán **flexión, torsión y corte**, donde el trabajo de Torsión es lo característico de la placa, pues a él se debe un buen porcentaje de su capacidad de carga.
- Al igual que los entramados, la placa pierde la mayor parte de su efecto bidireccional cuando uno de sus lados es mucho más largo que el otro, por lo cual la proporción ideal de una placa es aproximadamente cuadrangular.
- Por lo común, las losas se apoyan por dos, tres ó cuatro lados sobre paredes ó vigas, pero también es posible hacerlo sólo en "puntos de apoyo" tales como columnas. La unión entre columna y placa debe absorber el efecto de perforación de la losa por la columna llamado "Punzonamiento", requiriendo para ello "capiteles" de distribución. Para evitarlos, a menudo se emplean "conectores de corte de acero" incluidos dentro del espesor de la losa.
- Cuando se trata de losas de gran inclinación (45º), éstas resisten parte de la carga por tracción ó compresión, y parte por flexión perpendicular al plano de la placa.

Placas Nervuradas Ó NERVADAS (COLOMBIA)

- La eficiencia estructural de la placa se ve disminuida debido a que en el punto de mayor esfuerzo, sólo las fibras superior e inferior de la placa pueden desarrollar las mayores tensiones. Para ello se recurre a aumentar la altura de la placa mediante **"nervaduras"** dispuestas en una, dos, tres direcciones, alejando así el material del eje neutro de manera de agrandar el brazo de palanca y aumentar su inercia.
- Estos **"Nervios"** contendrán las armaduras de hierro, y los espacios vacíos entre ellos podrán ó no ser rellenados con ladrillos cerámicos huecos ú otros materiales estructuralmente inertes.
- El material más práctico para estas estructuras es el Hormigón Armado, aunque también se lo puede combinar con otros materiales, tales como perfiles de acero y encofrados perdidos de chapa plegada.

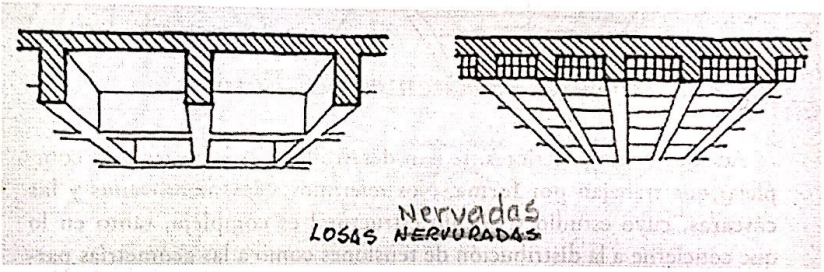


Fig. 39: Placas nervuradas

Placas Plegadas

- Igual resultado al de las nervaduras puede lograrse plegando las placas. El plegado de la placa aleja el material de la sección de su plano medio aumentando el brazo de palanca de las tensiones de flexión.
- La acción de la placa plegada es una combinación de viga transversal y longitudinal. Una franja transversal al plegado se comporta como una viga continua apoyada en los pliegues. En el sentido longitudinal del plegado, las losas actúan como vigas en "v" de gran altura. Por su altura significativa, se usan principalmente para techos, y pueden realizarse en diversos materiales.

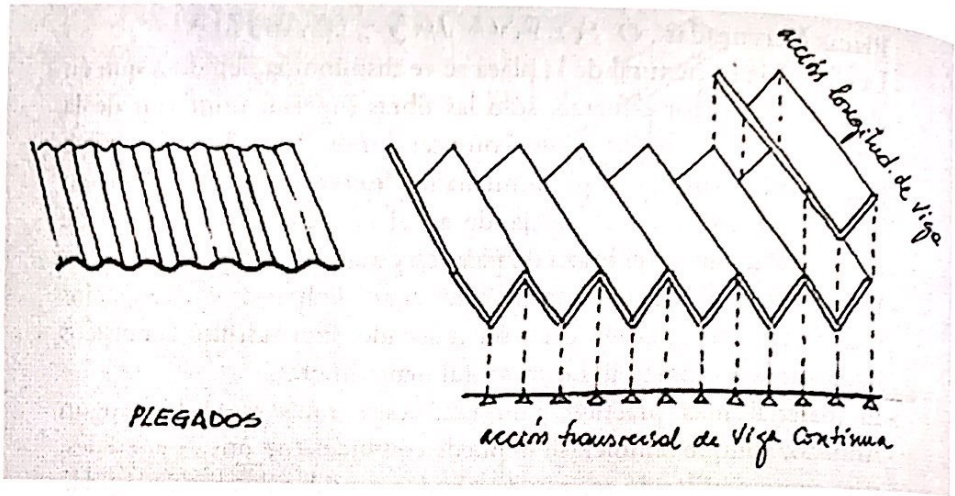


Fig. 40: Placas Plegadas

c - Estructuras Resistentes por Forma

Además de las anteriores, se han desarrollado estructuras más complejas que trabajan **por forma**. Nos referimos a **las membranas y las cáscaras**, cuyo estudio y cálculo estructural es complejo, tanto en lo que concierne a la distribución de tensiones como a las geometrías particulares de su forma.

Como es de suponer, el desarrollo de estas formas es espacialmente importante, razón por la cual generalmente estas soluciones estructurales son adoptadas para espacios singulares de gran exigencia de areas libres, aunque también es posible pensarlas como soluciones modulares de repetición con vistas a su prefabricación.

Membranas

- Una membrana es una hoja de material que, para todo fin práctico, puede desarrollar solamente **tracción.** Aunque es una estructura bidimensional, no puede desarrollar tensiones apreciables de flexión y torsión como la placa, pues su espesor es muy pequeño comparado con la luz.
- Como estructura, la membrana presenta una característica geométrica esencial: **el "Alabeo",** es decir, una diferencia en las pendientes de sus lados opuestos, lo que genera **"curvaturas".** Así, las membranas

resisten las cargas normales por medio de tres mecanismos separados: **la acción de cable (tracción)** debido a la curvatura en una dirección, **la acción de cable (tracción)** debido a la curvatura perpendicular a la anterior, y **la acción de corte** en su propio plano debida al alabeo. (tensiones tangenciales de corte). Las dos características esenciales de la acción de membrana son:

- La acción de la membrana depende fundamentalmente de dos características geométricas de su forma: **las curvaturas y el alabeo.**
- Las tensiones características, tanto de tracción como de corte, se desarrollan siempre en la superficie y nunca en dirección perpendicular a ella.

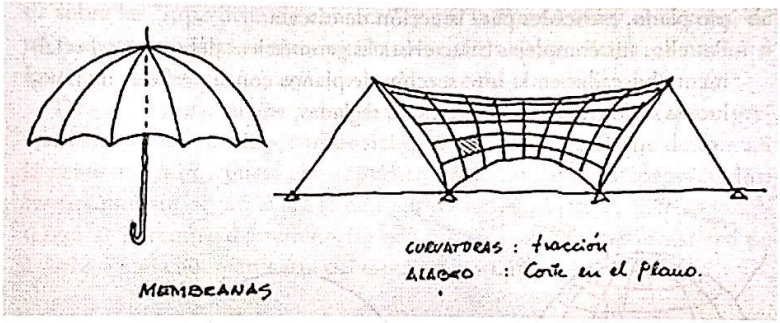


Fig. 41: Membranas

- En general, al igual que las estructuras de cable las membranas deben estabilizarse, por lo que su uso en estructuras permanentes está limitado exclusivamente por su movilidad, que puede reducirse, pero no eliminarse. Ejemplos habituales de estructura de membrana son, las carpas de circo, el paraguas, el kayak esquimal, y las llamadas estructuras neumáticas, pretensadas por presión interna, tales como ciertos globos.
- Los materiales mas usados en su construcción son las telas plásticas, el acero, el aluminio y el hormigón reforzado.

Cáscaras

- Una membrana invertida sería el **antifunicular bidimensional** de las cargas originales, y desarrollaría sólo **compresión,** constituyéndose en

2.4. – Fundaciones

El conocimiento del volumen y de los pesos por m3 de los materiales utilizados permiten determinar el peso propio de la construcción, mientras que los usos a que estará destinada la construcción permite conocer la carga útil ó sobrecarga, que sumados, nos dará la carga total del edificio sobre el terreno.

Las Fundaciones están destinadas a repartir sobre el terreno el peso de la obra. La Carga Total se irá distribuyendo a través de la Estructura en formas y magnitudes diversas de acuerdo a la conformación del proyecto y a las características de los apoyos previstos (lineales ó Puntuales), hasta incidir sobre el suelo de fundación. Finalmente, esas cargas se deberán repartir sobre las "superficies de contacto" entre la Fundación y el terreno, de tal manera que el peso transmitido sobre dichas superficies sea menor ó igual que la resistencia (capacidad portante) del terreno.(en kg/cm2)

Para determinar su tipo y tamaño conveniente es necesario conocer previamente la **resistencia y composición del suelo** sobre el que descansará la construcción, pues ello condicionará los apoyos proyectados. Eventualmente, según el grado de rigor de sus condiciones, son las características portantes del terreno las que llegan a determinar el sistema de apoyos y con ello, gran parte del esquema portante.

a - Tipos de Fundaciones

Los principales tipos de fundación responden a la forma en que el peso del edificio se reparte en el terreno, es decir, si se reparte de manera uniformemente lineal (muro de carga) ó si, por el contrario, lo hace de manera concentrada en puntos (Columnas; pilares):

Zapatas corridas

- bajo muros de carga, de mampostería ú hormigón, que reciben linalmente la carga todo a su largo, ensanchándose bilateralmente lo necesario según la relación peso-resistencia del terreno.

Bases aisladas

- para pilares y columnas de mampostería ú hormigón, que reciben cargas concentradas las que, a partir del centro de apoyo, se expan-

den de forma centrada ó excéntrica según las condiciones del proyecto. (medianeras)

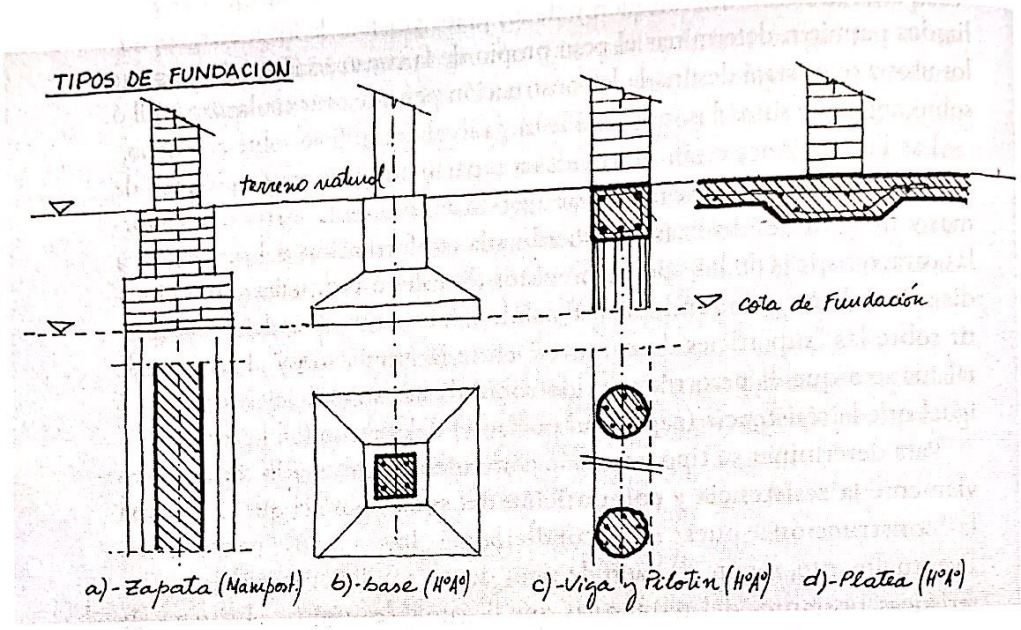


Fig. 43: Tipos de Fundación

Asimismo, para los caso en que el suelo apto para fundar se halla a considerable profundidad, cuando la presencia de arcillas expansivas pueda producir una subpresión de abajo hacia arriba, ó por razones de economía de material y mano de obra se han desarrollado:

Pilotines y Vigas de Fundación

- Sistema que muchas veces reemplaza -con ventajas económicas- a las zapatas corridas. Los pilotines se realizan mediante perforaciones puntuales hasta alcanzar suelo firme, a escasa distancia entre sí (1,5 a 2 m.) hasta alcanzar el suelo firme. Las perforaciones, de aprox. 2 m. De profundidad, son rellenadas con Hormigón, previa colocación de armaduras de hierro. (como una columna), Las propias paredes de tierra del pozo se usan como encofrado. Sobre el extremo superior de estos pilotes descansa una viga de Hormigón armado que sirve de apoyo para el muro de carga.

Plateas

- Son losas de Ho.Ao., con refuerzos en las lineas de carga, que como consecuencia de la escasísima resistencia del suelo permiten repartir la carga sobre una gran superficie de contacto, trabajando como un piso invertido.

Fundaciones Especiales

- Para casos de muy diverso tipo, que pueden responder a terrenos con mucha presencia de agua, fundaciones sometidas a subpresiones por la acción de empujes hidráulicos, así como cuando el terreno resistente se halla a gran profundidad, ó en general a configuraciones especiales del suelo de fundación, existen una variedad de opciones a considerar con los especialistas respectivos. (pilotes hincados ó moldeados in situ, pozos romanos, y otros).

Agregado a lo anterior, se deberán tener en cuenta algunos fenómenos que pueden incidir, tales como heladas, la presencia de corrientes de aguas superficiales ó subterráneas, las pendientes de las diversas capas geológicas, etc. Por ello, **la profundidad de Fundación** deberá ser tal que el plano de contacto entre ellas y el terreno esté fuera del alcance de éstos fenómenos, particularmente de las Heladas (de 5 a 8cm. Por grado, por debajo del 0 grado).

Para evitar posibles **deslizamientos**, se deberá disponer en todos los casos que el plano de asiento de las fundaciones sea perpendicular a la dirección de los esfuerzos transmitidos. Asimismo, se deberán realizar adecuados **Drenajes** en caso de presencia de agua, evitando en lo posible el uso de materiales no resistentes a la acción del agua, tales como madera ó hierro, salvo bajo adecuadas y severas condiciones de protección.

b - Suelos de Fundación

Los **Ensayos de Suelo** permiten medir el hundimiento de una superficie de terreno bajo la acción de una carga, que se aumenta progresivamente hasta determinar su capacidad portante. Evidentemente, este análisis debe realizarse en profundidad, es decir, no sólo al nivel del plano de cimentación sino también por debajo del mismo. Es así que para zapatas

continuas la profundidad del estudio de suelo debe ser, como mínimo, dos veces el ancho de la zapata y para bases aisladas, de 3 veces el ancho de la base. En general, pueden considerarse buenos terrenos de fundación aquellos que son duros, sólidos, sin infiltraciones de agua y constituidos por capas casi horizontales. Una simple clasificación puede ser la siguiente:

- Limo, turba (0 kg/cm2) - Descartable
- Tierra vegetal (0,5 kg/cm2) - Muy variable
- Arcilla expansiva (0,3 a 1 kg/cm2) - Cambia su volumen según el contenido de agua del suelo
- Arena muy fina (0 a 2 Kg/cm2) - Debe evitarse el escurrimiento encerrándola en un Recinto
- Greda arenosa –Arcillas (1,5 a 3 kg/cm)
- Arena seca – Gravas (2 a 5 kg/cm2)
- Marga-Arcilla-Tosca (3 a 5 kg/cm2)
- Rocas blandas (7 a 10 kg/cm2)
- Rocas duras: (10 a 20 kg/c)