Tema 1:
Introducción a las estructuras de hormigón

CONTENIDO:

1. Introducción 2
2. El hormigón estructural 2
   2.1 Tipos de elementos de hormigón estructural 2
      2.1.1 Elementos de hormigón en masa 2
      2.1.2 Elementos de hormigón armado 3
      2.1.3 Elementos de hormigón pretensado 5
   2.2 Un poco de historia 7
3. La aptitud hormigon-acero 7
4. Ventajas del hormigón armado 8
5. Inconvenientes del hormigón armado 8
6. Sistemas estructurales 9
   6.1 Cimentación 10
      6.1.1 Cimentación por zapatas 13
      6.1.2 Cimentación por pilotes 14
         6.1.2.1 Pilotes “In situ” 14
         6.1.2.2 Pilotes prefabricados 15
         6.1.2.3 Encepados 16
   6.2 Elementos de sustentación vertical 17
   6.3 Forjados 18
      6.3.1 Losas macizas 19
      6.3.2 Forjados reticulares 20
      6.3.3 Forjados unidireccionales 21
   6.4 Otros elementos 22
      6.4.1 Elementos lineales flectados: vigas, zunchos y brochales 22
      6.4.2 Elementos quebrados 23
         6.4.2.1 Vigas zancas 23
         6.4.2.2 Losas zancas 24
      6.4.3 Elementos de contención de tierras 25
         6.4.3.1 Muros de contención 25
            6.4.3.1.1 Ejecución zapata corrida bajo muro 25
            6.4.3.1.2 Ejecución alzado del muro 26
         6.4.3.2 Muros pantalla 27
            6.4.3.2.1 Ejecución de pantallas 27
            6.4.3.2.2 Excavación 28
            6.4.3.2.3 Ejecución de anclajes 29
7. Clasificación de los elementos estructurales 30
8. Marco reglamentario 30
9. Enlaces web de interés 32

1. INTRODUCCIÓN

En este tema se presentan las Estructuras de Hormigón Estructural, como una introducción al estudio de esta tecnología estructural. Se da respuesta a lo que se entiende por hormigón estructural, se justifica el por qué dos materiales tan distintos, como el hormigón y el acero, colaboran para formar uno de los materiales más utilizado en el ámbito estructural, y se estudian sus ventajas e inconvenientes. Se presentan los sistemas estructurales más habituales en el ámbito de la edificación y se realiza una pequeña clasificación de elementos de hormigón estructural. Finalmente se presenta el marco normativo de esta tecnología y algunos enlaces web de interés.

2. EL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Recibe el nombre de HORMIGÓN, el material constituido por la mezcla, en proporciones convenientes, de áridos, cemento y agua. Opcionalmente pueden utilizarse otros componentes minoritarios llamados aditivos y adiciones.

El hormigón recién fabricado, conocido como **hormigón fresco**, es un material pastoso que puede ser moldeado para adaptarse a casi cualquier geometría. Tras un proceso de **fraguado**[1], que dura menos de 12 horas, el hormigón adquiere el estado sólido, conocido como **hormigón endurecido**. A partir de aquí el hormigón entra en una etapa de **endurecimiento**, siendo a los 28 días cuando se considera que ha adquirido la resistencia que se le requiere.

Imagen 2-1 Componentes principales del hormigón: áridos, cemento y agua

Hablamos de HORMIGÓN ESTRUCTURAL cuando nos referirnos al hormigón utilizado para construir elementos estructurales, y a los elementos y a las estructuras construidas con el, los llamaremos ELEMENTOS ó ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL.

2.1 Tipos de elementos de hormigón estructural

Los elementos de hormigón estructural se clasificar en.

- Elementos de hormigón en masa
- Elementos de hormigón armado
- Elementos de hormigón pretensado

2.1.1 Elementos de hormigón en masa

Los elementos estructurales construidos únicamente con hormigón reciben el nombre de elementos de **hormigón en masa** (HM).

Un elemento de hormigón en masa se obtiene vertiendo el hormigón, en estado pastoso, en el interior de un molde llamado **encofrado**, que suele ser, fundamentalmente, de madera o metálico. A este proceso se le conoce como **hormigonado**. La forma del encofrado va a depender del tipo de elemento que se desee construir.

Otros materiales empleados en los encofrados pueden ser: el plástico, el propio hormigón, el poliestireno, la cerámica, la escayola, el fibrocemento, el cartón, etc.

[1] El fraguado es el proceso por el cual el hormigón pasa del estado pastoso (hormigón fresco) al estado sólido (hormigón endurecido). Describiremos ésta, y otras propiedades del hormigón, en el tema 3 de este curso.

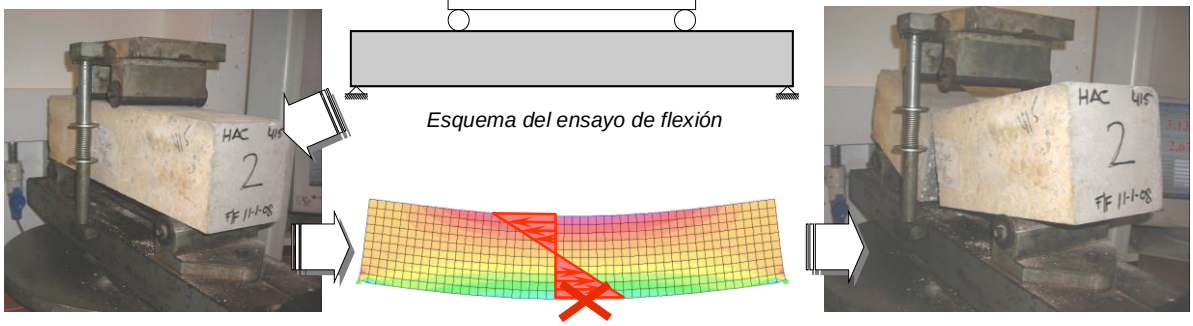
Hormigón en estado fresco, durante un proceso de Hormigonado.

Encofrado metálico con chapas BYS.

Imagen 2.1-1 Elementos fundamentales del hormigón en masa.

Un elemento de hormigón en masa presenta una muy buena resistencia a compresión, pero muy baja a tracción, de tal forma que estos elementos estructructurales serán adecuados únicamente para soportar solicitaciones de compresión.

Si un elemento de hormigón en masa se solicita a flexión se producirá su rotura con un nivel de cargas bajo, en relación con otros materiales de construcción (acero, madera, …) a igualdad de sección, y además de forma frágil, con muy poca capacidad de deformarse antes de producirse la rotura y, por tanto, con nula capacidad de aviso antes de producirse la rotura del elemento estructural.



Elemento de HM en el instante previo a la aplicación de las cargas.

Estado tensional en el elemento de HM. La reducida capacidad del hormigón para soportar las tracciones provoca la rotura final del elemento.

Elemento de HM en el instante de la rotura. Se aprecia la nula deformación antes de producirse la rotura.

Imagen 2.1-2 Ensayo de flexión de un elemento de hormigón en masa.

2.1.2 Elementos de hormigón armado

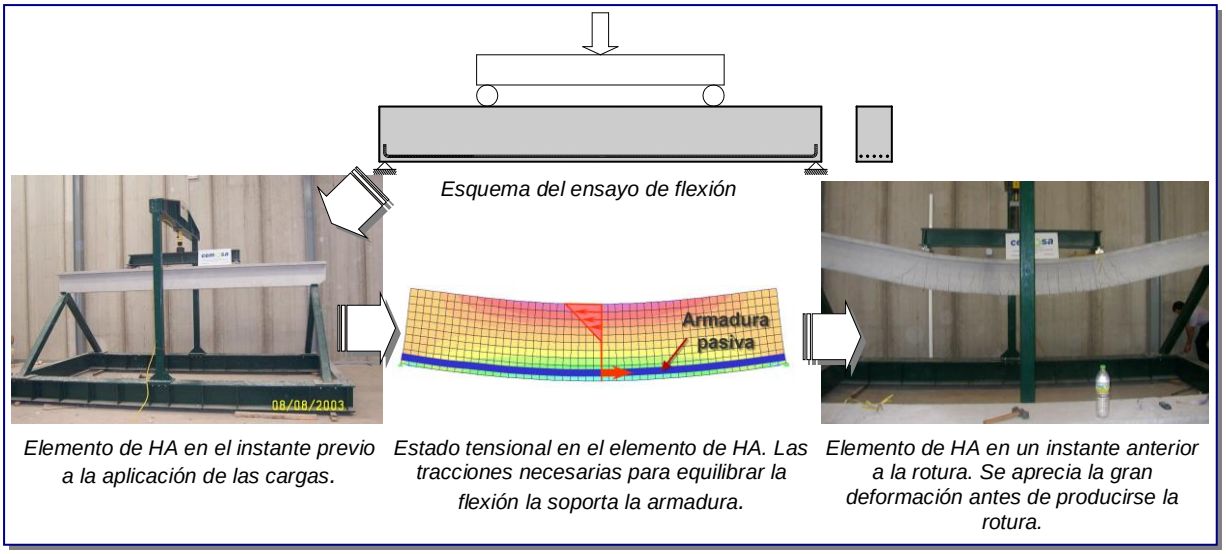
Con objeto de mejorar la resistencia a tracción se introducen en el hormigón barras de acero dispuestas de tal forma que absorban los esfuerzos de tracción. Estos aceros englobados en el hormigón reciben el nombre de **armaduras**.

Si las armaduras son introducidas en el hormigón sin ningún estado tensional previo se denominan **armaduras pasivas**, y los elementos estructurales construidos con hormigón y armaduras pasivas reciben el nombre de elementos de **hormigón armado** (HA).

La construcción de un elemento de hormigón armado requiere, previo al hormigonado, de la colocación de las armaduras en el interior de los encofrados.

Imagen 2.1-3 Ejecución de un elemento de HA

En un elemento de hormigón armado las compresiones las soportará el hormigón[2] y las tracciones el acero, aspecto conocido como DUALIDAD HORMIGÓN-ACERO, obteniéndose elementos de mayor resistencia y ductilidad, con suficiente capacidad de deformarse antes de producirse la rotura y, por lo tanto, con capacidad de aviso antes de producirse la rotura del elemento estructural.



Elemento de HA en el instante previo a la aplicación de las cargas.

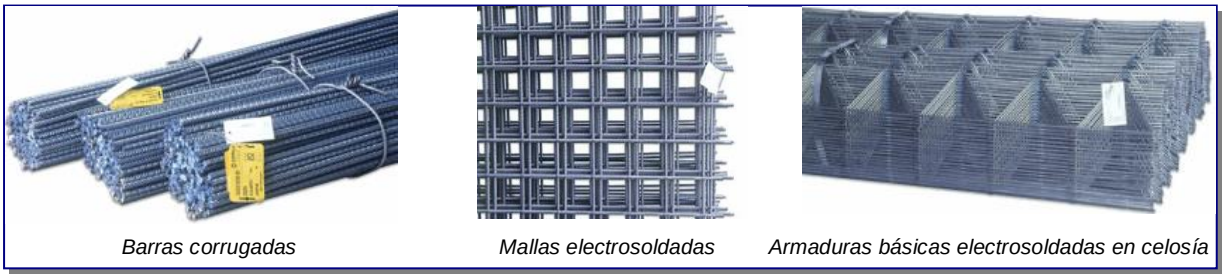
Estado tensional en el elemento de HA. Las tracciones necesarias para equilibrar la flexión la soporta la armadura.

Elemento de HA en un instante anterior a la rotura. Se aprecia la gran deformación antes de producirse la rotura.

Imagen 2.1-4 Ensayo de flexión de un elemento de hormigón armado.

Las armaduras pasivas pueden estar constituidas por:

- Barras rectas o rollos de acero corrugadas
- Mallas electrosoldadas
- Armaduras básicas electrosoldadas en celosía



Barras corrugadas *Mallas electrosoldadas* *Armaduras básicas electrosoldadas en celosía*

Imagen 2.1-5 Tipos de aceros para armaduras pasivas.

Atendiendo a la disposición de la armadura dentro del elemento estructural se puede hacer la siguiente clasificación:

- Armaduras longitudinales: son aquellas que se disponen según el eje longitudinal de la pieza
- Armaduras transversales: son aquellas que se disponen en planos inclinados respecto al eje longitudinal de la pieza.

[2] En general la compresión la podrá soportar tanto el hormigón como el acero, si también se dispone éste en la zona comprimida del elemento estructural.

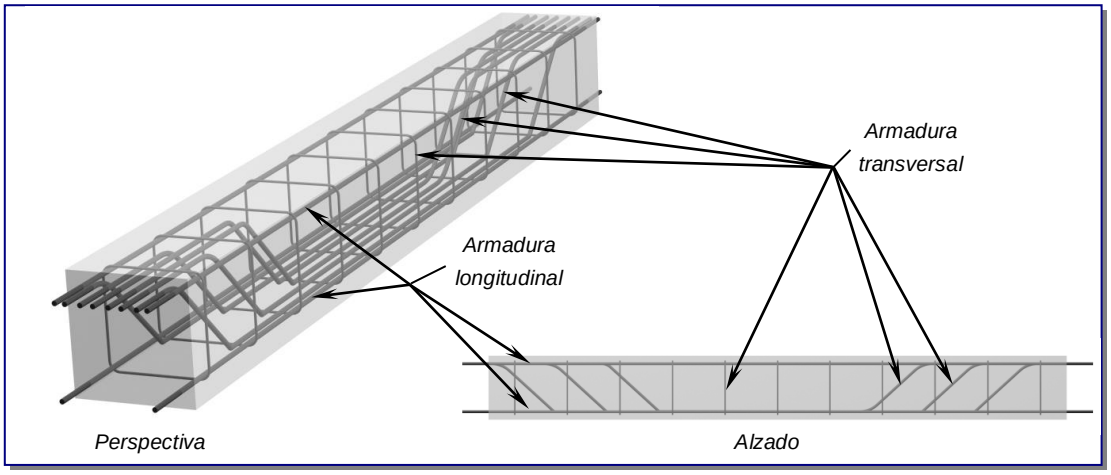


Imagen 2.1-6 Clasificación de las armaduras pasivas.

2.1.3 Elementos de hormigón pretensado

Un posible problema que pueden presentar los elementos de hormigón armado es una excesiva fisuración. Para que las armaduras de acero dispuestas en el interior del hormigón absorban niveles de tensiones adecuados (próximos al límite elástico del acero) se tienen que producir niveles de deformación que el hormigón no puede soportar, produciéndose la fisuración del hormigón.

Para que no se produzca esta fisuración, o se reduzca significativamente, es posible precomprimir el hormigón antes de su puesta en carga a través de unas armaduras denominadas ARMADURAS ACTIVAS. Esta precompresión se introduce mediante un proceso denominado PRETENSASO[3].

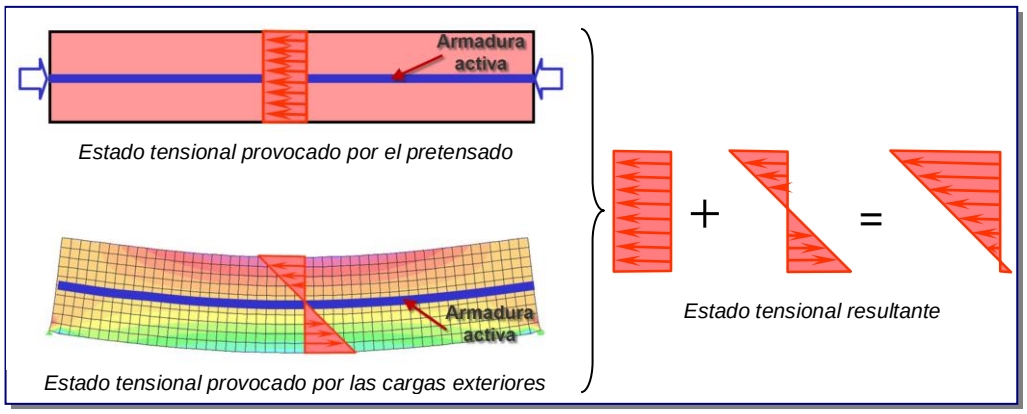


Imagen 2.1-7 Esquema del estado tensional resultante del pretensazo y las cargas exteriores

Los elementos estructurales construidos con hormigón y armaduras activas reciben el nombre de elementos de HORMIGÓN PRETENSADO (HP). En general, los elementos de hormigón pretensado suelen tener adicionalmente armaduras pasivas, por lo cual lo que caracteriza a un elemento de hormigón pretensado es la existencia de armadura activa.

Dependiendo del momento en el que se realiza el tesado respecto del hormigonado del elemento estructural, el pretensado puede ser:

- Con **armaduras pretesas**. El hormigonado se efectúa después de haber tesado y anclado provisionalmente las armaduras en elementos fijos (anclajes). Cuando el hormigón ha adquirido suficiente resistencia, se liberan las armaduras de sus anclajes provisionales y, por adherencia, se transfiere al hormigón la fuerza previamente introducida en las armaduras.

  El proceso sería el siguiente:

[3] Se entiende por pretensado la aplicación controlada de una tensión al hormigón mediante el tesado de las armaduras activas o tendones.

① Colocación, anclaje y tesado de armaduras, colocación del molde y, en su caso, colocación de la armadura pasiva.

② Hormigonado, compactación y curado

③ Desmoldado (siempre antes de transferencia: deformaciones)

④ Corte de armaduras activas y transferencia de la fuerza de pretensado a la pieza

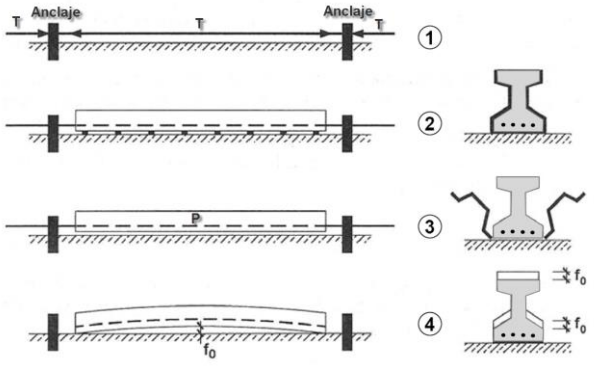


Imagen 2.1-8 Fases del proceso de pretensado con armaduras pretesas

- Con **armaduras postesas**. El hormigonado se realiza antes del tesado de las armaduras activas que normalmente se alojan en conductos o vainas. Cuando el hormigón ha adquirido suficiente resistencia se procede al tesado y anclaje de las armaduras.

  El proceso sería el siguiente:

Imagen **2.1**-9 Proceso de tesado de las armaduras

① Colocación y fijación del molde

② Colocación de armaduras pasivas y vainas

③ Hormigonado, compactación y curado

④ Envainado de tendones y desmoldado

⑤ Tras alcanzar el hormigón la resistencia suficiente, tesado de armaduras

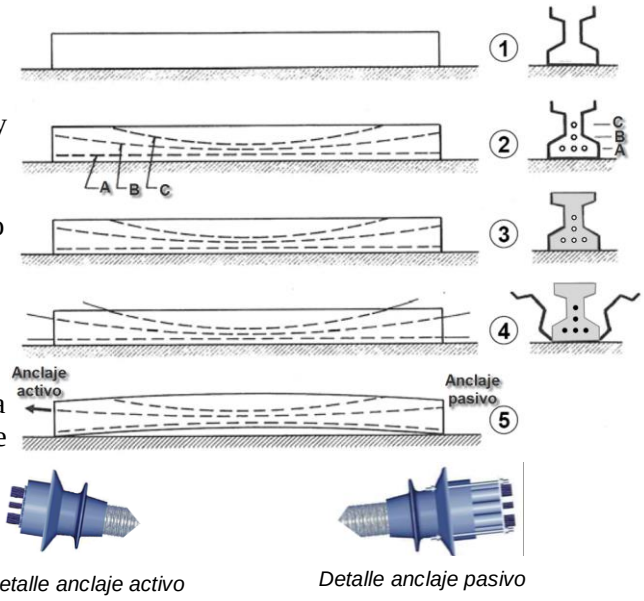


Imagen 2.1-10 Fases del proceso de pretensado con armaduras postesas

Las armaduras activas pueden estar constituidas por:

- Alambres
- Barras
- Cordones

Alambres

Cordones

Imagen 2.1-11 Tipos de aceros para armaduras pretensadas

2.2 Un poco de historia

Aunque los romanos conocían ya un tipo de hormigón, en el que se utilizaba como conglomerante un cemento puzolánico de origen volcánico natural, el espectacular desarrollo de las construcciones de hormigón se inicia a mediados del siglo XIX, después del descubrimiento del cemento Portland por el francés J. Aspdin en 1824.

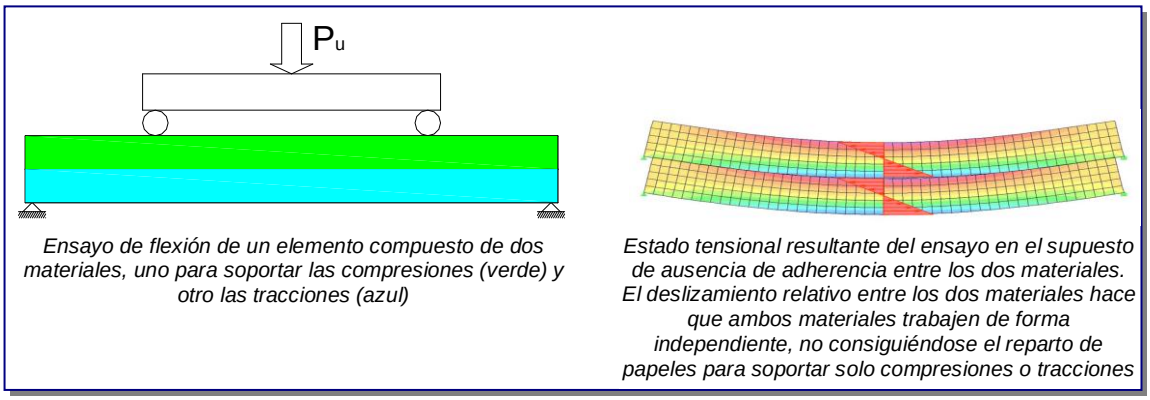
Las primeras construcciones de hormigón con armadura se realizaron en Francia a partir de 1855. En 1861 publicó F, Coignet las bases para construir con hormigón armado, y en 1902 Emilio Mörsch profesor de la Escuela Técnica Superior de Stuttgart, publicó un desarrollo sobre bases científicas del comportamiento del hormigón armado y, partiendo de resultados experimentales, la primera teoría para el dimensionamiento de secciones de hormigón armado. Desde esa fecha a la actualidad el progreso ha sido constante. Se puede afirmar que es el material de construcción más empleado en nuestros días.

3. LA APTITUD HORMIGON-ACERO

La unión de dos materiales, hormigón y acero, en el complejo denominado hormigón armado, tiene por finalidad la utilización en forma económica y racional de las características aprovechables de cada uno de ellos, eludiendo los inconvenientes que aisladamente presentan.

Las razones que han hecho posible que dos materiales tan dispares lleguen a trabajar conjuntamente con un resultado tan satisfactorio, son fundamentalmente las siguientes:

- La adherencia, que impide el deslizamiento relativo entre las barras de acero y el hormigón que las envuelve.

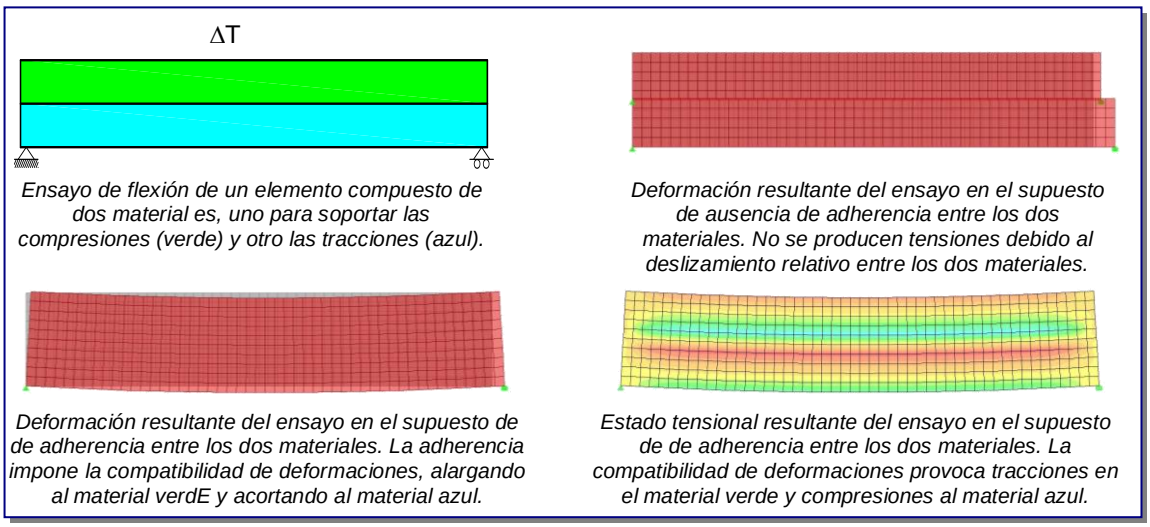


Ensayo de flexión de un elemento compuesto de dos materiales, uno para soportar las compresiones (verde) y otro las tracciones (azul)

Estado tensional resultante del ensayo en el supuesto de ausencia de adherencia entre los dos materiales. El deslizamiento relativo entre los dos materiales hace que ambos materiales trabajen de forma independiente, no consiguiéndose el reparto de papeles para soportar solo compresiones o tracciones

Imagen 3-1 Ensayo a flexión de una pieza compuesta de dos materiales sin adherencia.

- La similitud entre los coeficientes de dilatación térmica del acero y del hormigón, que hace prácticamente despreciables las tensiones entre ambos materiales en los cambios de temperatura y ambiente.



Ensayo de flexión de un elemento compuesto de dos material es, uno para soportar las compresiones (verde) y otro las tracciones (azul).

Deformación resultante del ensayo en el supuesto de ausencia de adherencia entre los dos materiales. No se producen tensiones debido al deslizamiento relativo entre los dos materiales.

Deformación resultante del ensayo en el supuesto de de adherencia entre los dos materiales. La adherencia impone la compatibilidad de deformaciones, alargando al material verdE y acortando al material azul.

Estado tensional resultante del ensayo en el supuesto de de adherencia entre los dos materiales. La compatibilidad de deformaciones provoca tracciones en el material verde y compresiones al material azul.

Imagen 3-2 Ensayo donde se somete a un incremento térmico una pieza compuesta de dos materiales.

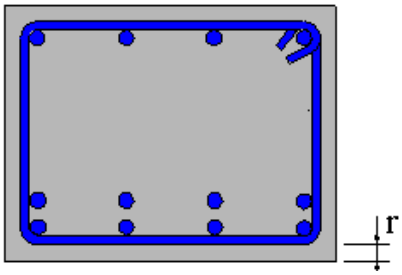
- La composición del hormigón, que protege perfectamente al acero frente a la oxidación, siempre que se recubran suficientemente las armaduras de hormigón y no se rebasen unos límites de fisuración establecidos experimentalmente, todo ello en función del tipo de agresión ambiente. La escasez de recubrimiento del acero o la excesiva fisuración puede provocar la oxidación de las armaduras comprometiéndose de esta forma la durabilidad de la estructura.

Oxidación en pilares

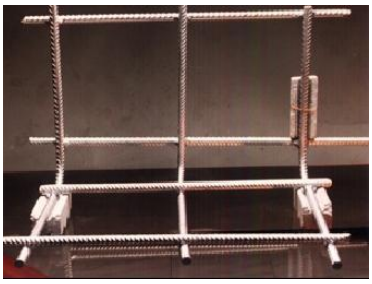
Oxidación en viguetas de forjados unidireccionales

Oxidación en nervios de forjados reticulares

Para dotar de recubrimiento a las armaduras se utilizan los separadores o calzos.



Recubrimiento de las armaduras



Obtención de recubrimientos mediante calzos

4. VENTAJAS DEL HORMIGÓN ARMADO

Las ventajas del hormigón armado sobre otros materiales son las siguientes:

a) Es fácilmente moldeable. El hormigón fresco se adapta a cualquier forma de encofrado. Las armaduras pueden disponerse siguiendo las trayectorias de los esfuerzos internos. Es posible realizar así construcciones con las formas más variadas.

b) Es el material ideal para construcciones monolíticas, sin juntas ni enlaces, proporcionando una múltiple indeterminación estática, una gran reserva de capacidad portante y un elevado grado de seguridad.

c) Es resistente al fuego. El hormigón es mal conductor del calor y su coeficiente de dilatación térmica es sensiblemente igual al del acero. Es posible colocar en servicio, después de reparaciones superficiales, una obra de hormigón incendiada, si el incendio no es demasiado violento, mientras que una construcción metálica sometida al mismo siniestro no podrá, en la mayor parte de los casos, ser utilizada de nuevo.

d) Es resistente a los efectos climáticos y al desgaste mecánico.

e) Es económico (los áridos suelen ser baratos) y los gastos de mantenimiento son prácticamente nulos.

f) Permite la obtención de elementos prefabricados.

5. INCONVENIENTES DEL HORMIGÓN ARMADO

Como todos los materiales, el hormigón presenta ciertos inconvenientes. Entre los principales podemos citar los siguientes:

a) Elevado peso propio de la estructura, y, por consiguiente, cimentaciones más importantes, de costo más elevado que las de una estructura metálica.

b) Limitaciones de ejecución, debidas a los siguientes hechos:

- La fabricación del encofrado representa un trabajo de carpintería importante y costoso. Además el encofrado permanece inmovilizado hasta que el hormigón no alcanza la resistencia adecuada.
- La armadura debe colocarse con precisión.
- El hormigón es un material "delicado" durante y después de la puesta en obra. Hay que tomar precauciones para protegerlo de las heladas o de una desecación excesivamente rápida.

Trabajos de carpintería para la construcción de encofrados

Colocación de armaduras

Curado del hormigón

c) Lo súbito de los accidentes. El hormigón armado, por su carácter pétreo, se rompe bruscamente, sin avisar (material poco dúctil).

d) Las modificaciones y la demolición de una obra de hormigón son dificultosas y caras.

6. SISTEMAS ESTRUCTURALES

Una estructura es un conjunto de elementos conectados entre sí, y cuya misión es la de proveer una cierta rigidez ante un conjunto de acciones.

Se entiende por sistema estructural el conjunto de estos elementos resistentes (estructura) y la forma en que se consideran que trabajan.

En este tema no se pretende realizar un estudio detallado de los distintos sistemas estructurales, sino únicamente introducirlos. El objeto es familiarizar al alumno con los elementos estructurales básicos de las estructuras de hormigón armado, que serán objeto de estudio a lo largo del curso.

Dentro del campo de las estructuras de hormigón armado, el sistema estructural básico es el que se muestra en la figura de la derecha, formado por tres tipos de elementos estructurales fundamentales:

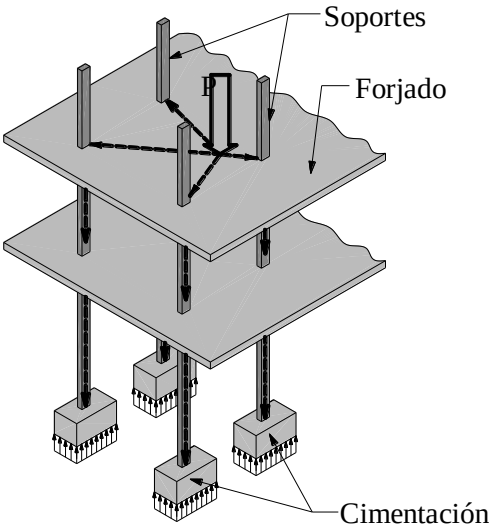


Fig. 6–1. Sistema estructural básico

- Elementos macizos que constituyen la cimentación[4].
- Elementos de sustentación vertical lineales, llamados soportes o pilares
- Elementos superficiales[5], llamados forjados o placas.

A grandes rasgos el funcionamiento resistente de este sistema es muy simple: los forjados reciben las cargas (P) y las transmite a los soportes, los cuales a su vez las transmiten a la cimentación, y ésta por último al suelo.

[4] Se ha representado el tipo de cimentación más corriente formado por zapatas aisladas.

[5] Formando parte de este tipo de elementos pueden existir otros elementos lineales llamados vigas (o jácenas) o zunchos, ya sea su misión fundamental la resistente o la constructiva.

El sistema estructural básico funciona muy bien mientras las cargas que tiene que soportar son fundamentalmente verticales. Cuando existen cargas horizontales[6] importantes actuando sobre los forjados, fundamentalmente en edificios de altura, la rigidez horizontal de la estructura a base de soportes es insuficiente, y es necesario aumentarla introduciendo otros elementos verticales de mayor rigidez horizontal, como son las pantallas, según se muestra en la Fig. 6–2. Pueden también combinarse varias pantallas para formar el elemento denominado núcleo, ver Fig. 6-3, que tiene como ventaja que se puede disponer entorno a los huecos de escaleras o ascensores

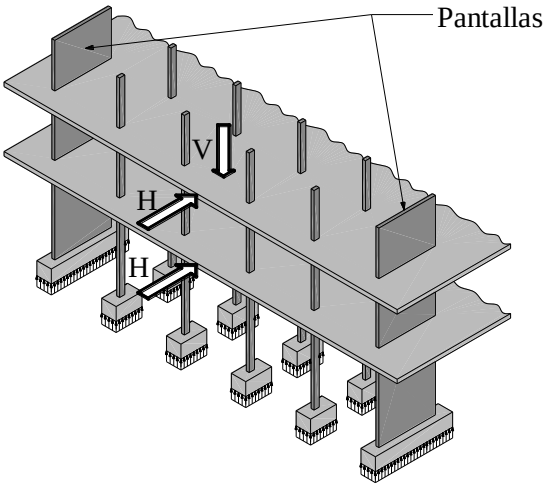


Fig. 6–2. Sistema estructural con pantallas

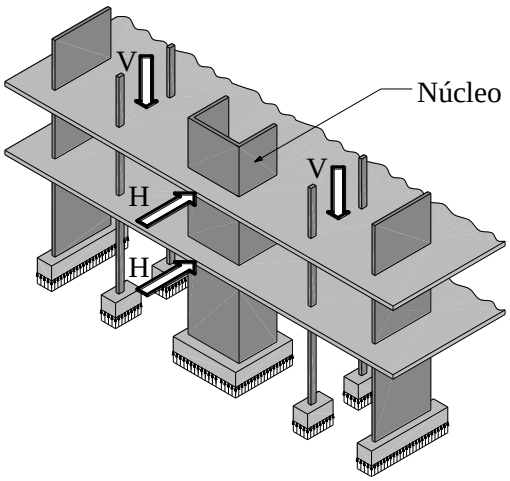
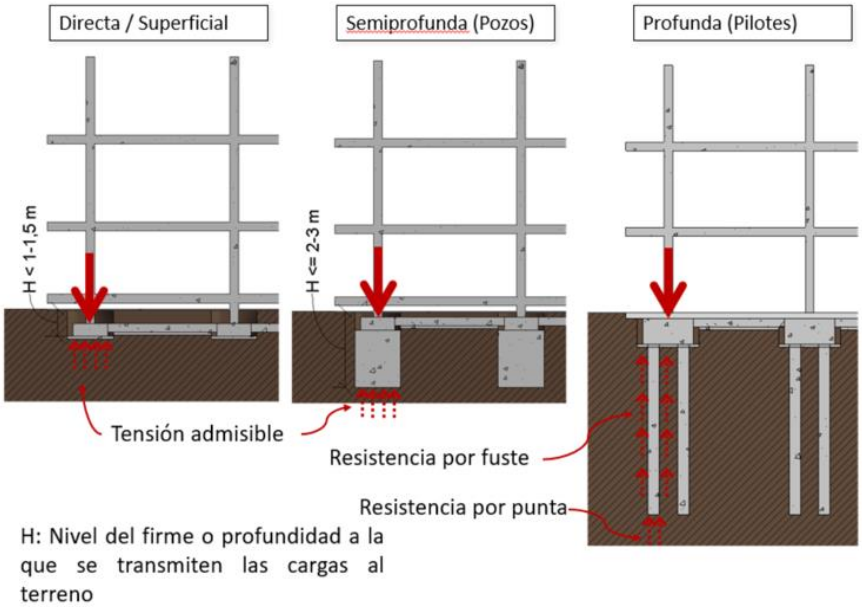


Fig. 6–3. Sistema estructural con pantallas y núcleos

6.1 Cimentación

Con respecto a la cimentación se puede hacer una primera clasificación en:



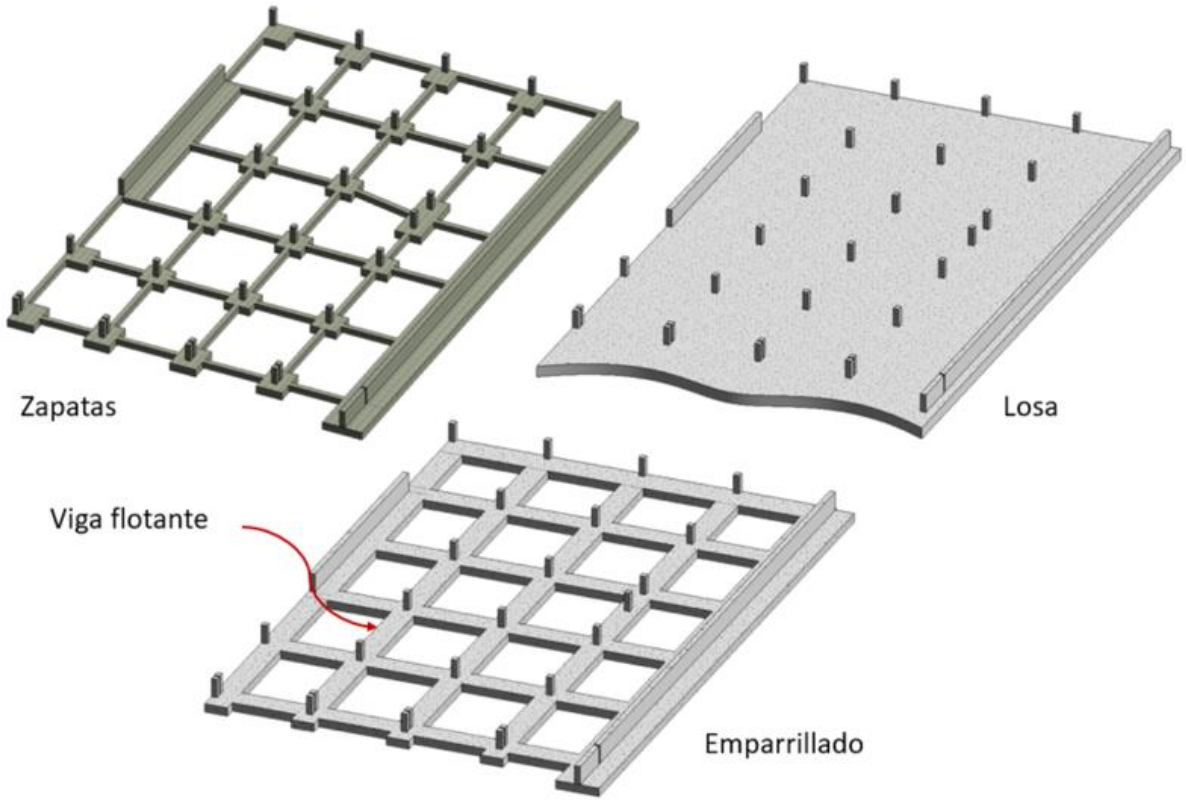
- Cimentaciones directas o superficiales; cuando a poca profundidad (< 2 metros) tenemos un terreno con capacidad portante suficiente para absorber las cargas transmitidas por la cimentación.

  Dentro de la cimentación directa podemos distinguir entre:

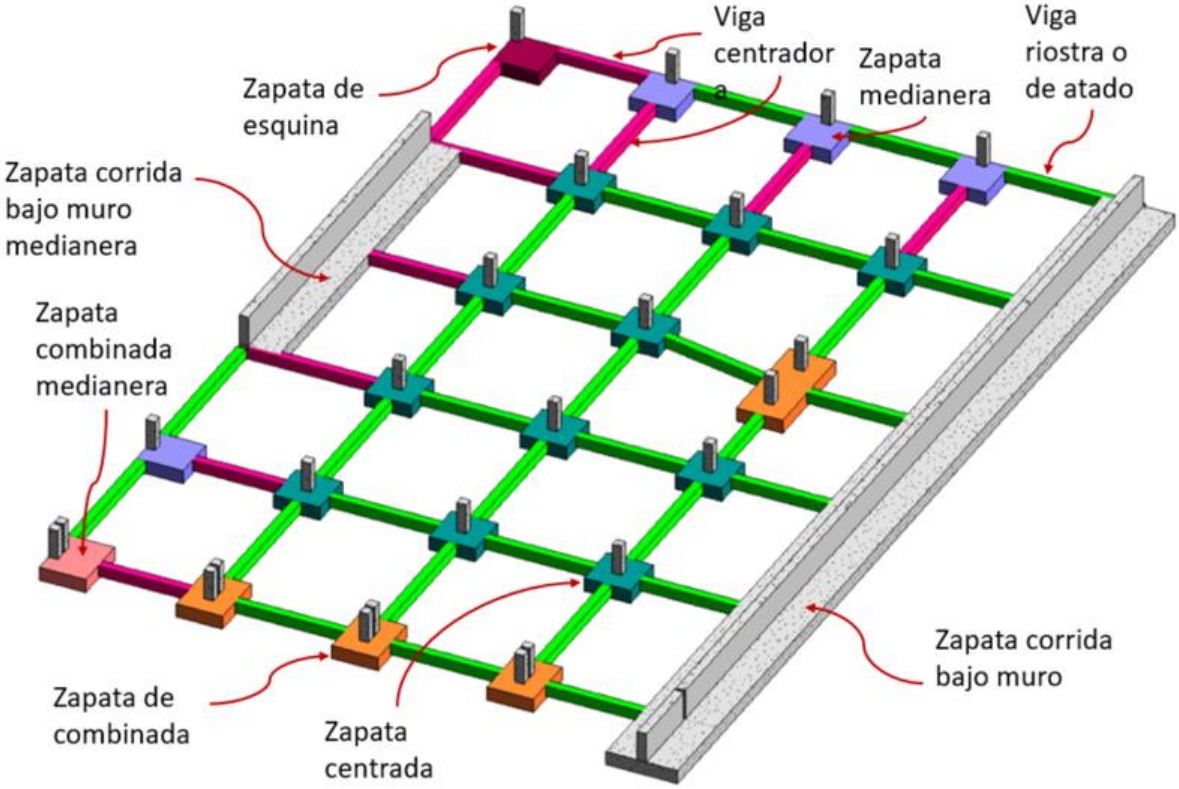
  - Cimentación por zapatas.
  - Cimentación por losa de cimentación

[6] Las cargas horizontales básicamente tienen como origen el viento y el sismo. Las estructuras reciben estas acciones a través de los forjados, bien directamente en el caso del sismo, o bien indirectamente, a través de las fachadas, en el caso del viento.

- Cimentación por emparrillado de vigas flotantes de cimentación

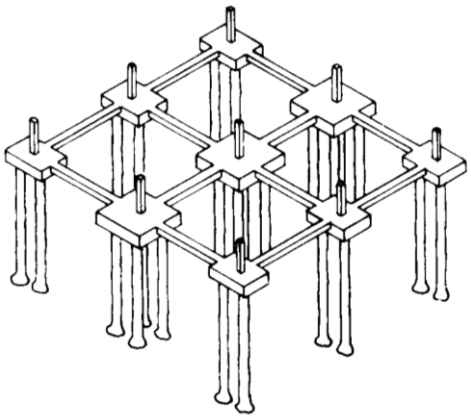


Y dentro de la cimentación por zapatas, se distinguen los siguientes elementos:

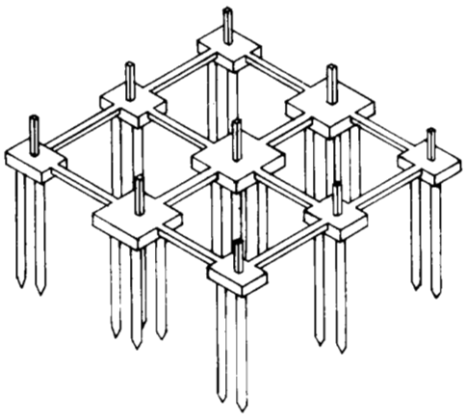


- Cimentación semiprofunda o por pozos de cimentación, cuando la profundidad en la que se encuentra el terreno portante está entre 2 y 4 metros. Realmente se trata de una cimentación aislada por zapatas sobre una mejora de terreno realizada con hormigón no estructural.

- Cimentaciones profundas. Cuando la profundidad en la que se encuentra el terreno portante es superior a 4-5 metros, lo cual hace inviable técnica y económicamente la cimentación directa. Dentro de ésta se distingue si los pilotes están realizados in-situ o son prefebaricados:

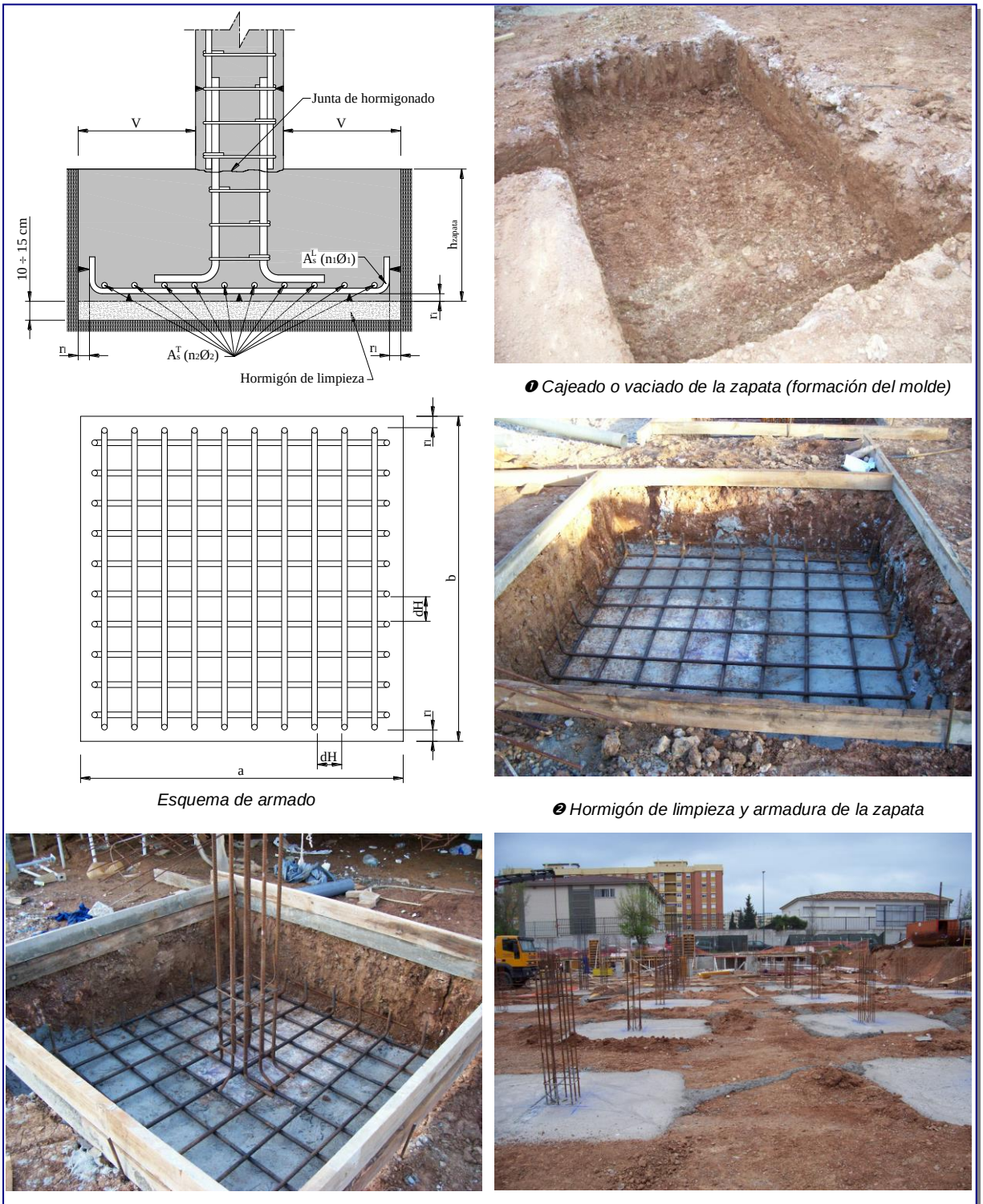


Pilotes "in situ"



Pilotes prefabricados

6.1.1 Cimentación por zapatas



Esquema de armado

❶ Cajeado o vaciado de la zapata (formación del molde)

❷ Hormigón de limpieza y armadura de la zapata

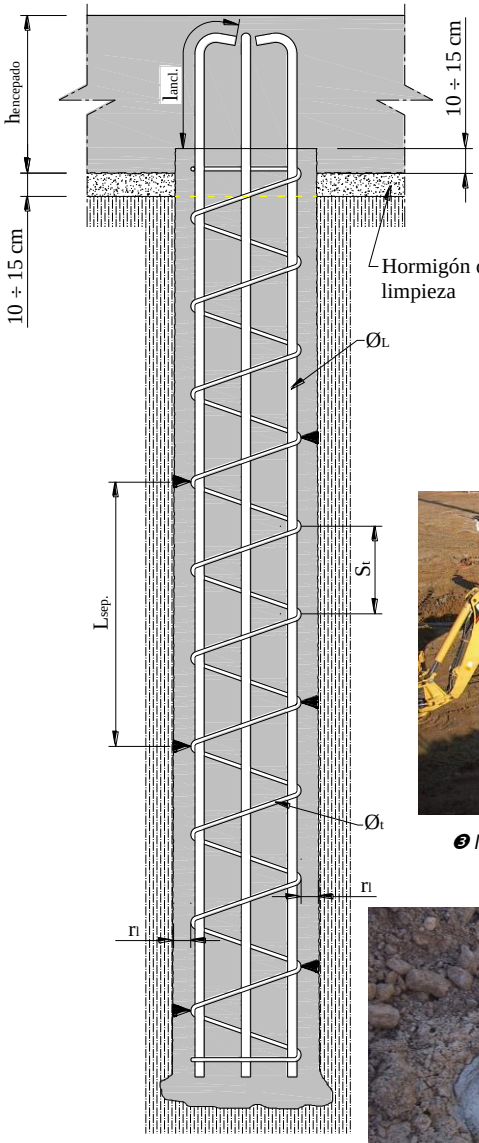
❸ Esperas de pilares

❹ Zapatas ejecutadas

Imagen 6.1-1 Esquema de armado de zapatas y su proceso de ejecución.

6.1.2 Cimentación por pilotes

6.1.2.1 Pilotes "In situ"



❶ *Perforación*

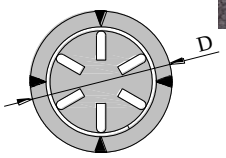
❷ *Extracción de tierras y hormigonado*

❸ *Manipulación de la armadura pasiva previa a su izado y colocación*

❹ *Montaje de la armadura del pilote*

❺ *Fraguado y endurecimiento del hormigón*

❻ *Pilotes saneados*



Esquema de armado

❻ *Pilotes saneados*

Acopio de la armadura pasiva del pilote

Patologías en pilotes "in situ"

6.1.2.2 Pilotes prefabricados

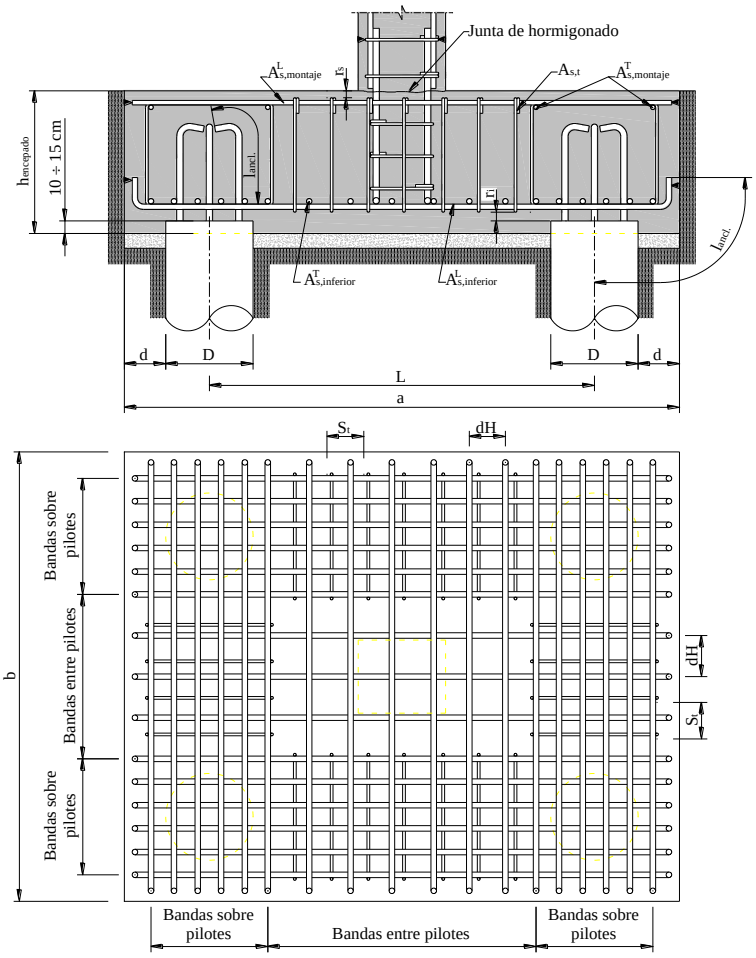
❶ *Acopio de pilotes*

❷ *Manipulación del pilote para su colocación*

❸ *Hinca del pilote*

❹ *Descabezado del pilote*

6.1.2.3 Encepados



Esquema de armado de encepados

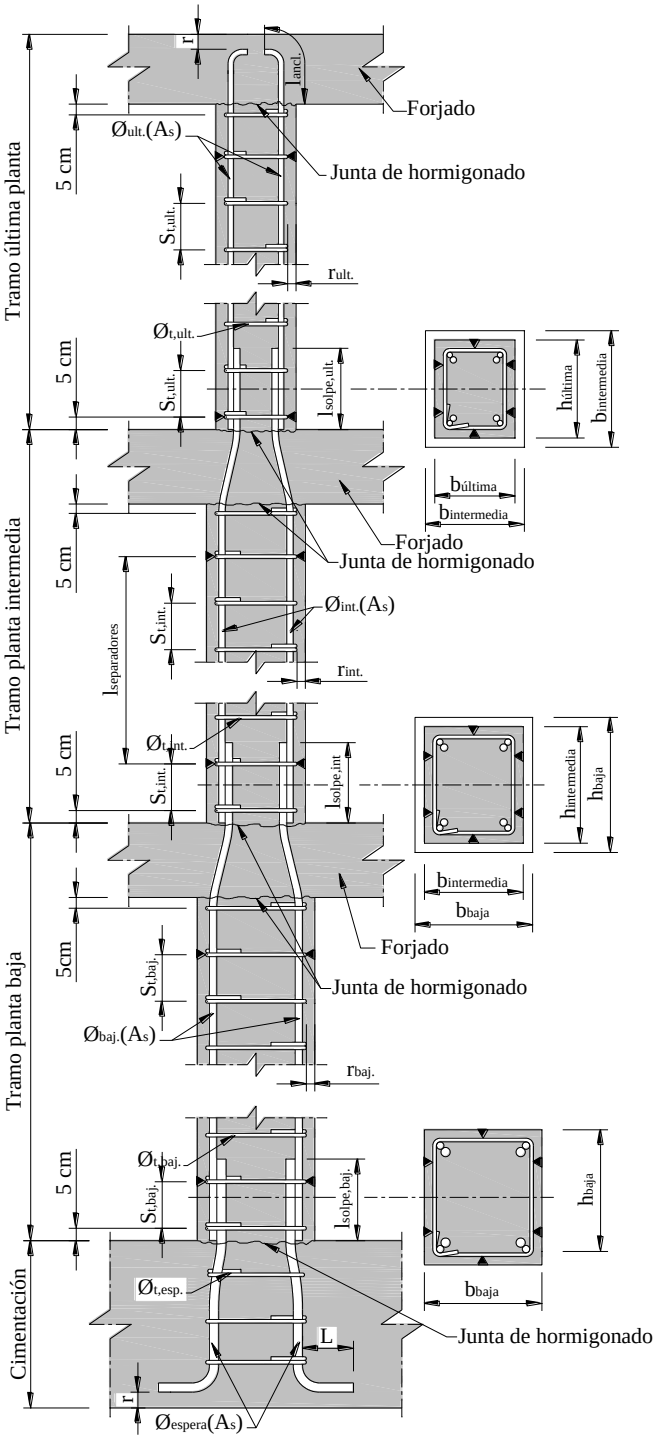
❶ *Hormigón de limpieza (encepado de 4 pilotes)*

❷ *Montaje de la armadura pasiva del encepado y esperas del pilar (2 pilotes)*

❸ *Montaje de la armadura pasiva del encepado*

❹ *Encepado ejecutado (4 pilotes). Pendiente conexión con losa arriostrante*

6.2 Elementos de sustentación vertical



Esquema de armado

❹ *Construcción de forjado (intermedio). Una vez construido quedan las esperas para seguir con la construcción del siguiente tramo del pilar.*

❸ *Desencofrado*

❷ *Encofrado y hormigonado*

❶ *Montaje armadura del pilar (tramo planta baja) sobre la armadura de espera en zapata*

6.3 Forjados

Los forjados tienen en estos sistemas una doble misión estructural: por un lado tienen una misión resistente para poder soportar las acciones aplicadas y por otro una misión de enlace con los elementos verticales, formando un diafragma rígido en su plano.

En la actualidad existen tres grandes grupos de forjados:

- **Losas macizas**. Son elementos de hormigón armado de canto constante (Fig. 6–1). Estos forjados soportan las cargas por flexión en dos direcciones y las transmiten directamente a los soportes.
- **Forjados reticulares**. Son forjados que trabajan a flexión en dos direcciones, al igual que las losas macizas, pero que se encuentran aligerados, formando estos aligeramientos nervios en dos direcciones. Estos nervios reciben las cargas y las transmiten directamente a los soportes, a través unas zonas macizas denominadas ábacos (ver Fig. 6–2).
- **Forjados unidireccionales**. Están formados por nervios en una sola dirección, que hacen que el forjado trabaje básicamente a flexión en esa única dirección (ver Fig. 6-3). Los nervios reciben las cargas y las transmiten a otros elementos lineales, denominados vigas o jácenas (vigas de carga), las cuales las transmiten a los soportes. El conjunto de estas vigas y soportes forman unos entramados planos denominados pórticos.

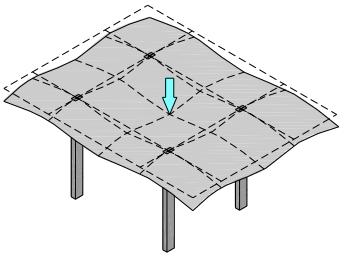


Fig. 6–1. Forjado de losa maciza

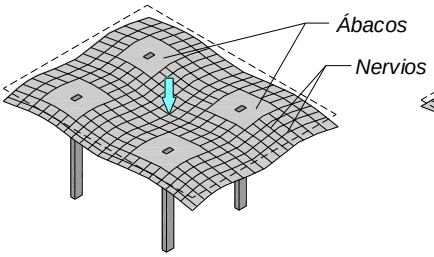


Fig. 6–2. Forjado reticular

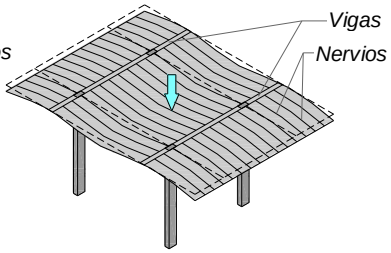
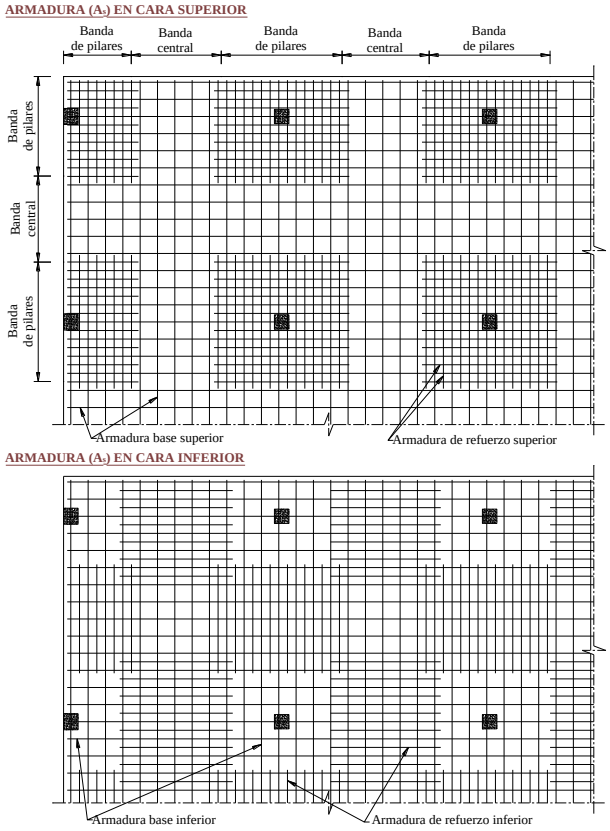


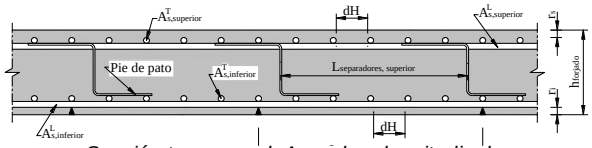
Fig. 6–3. Forjado unidireccional

6.3.1 Losas macizas



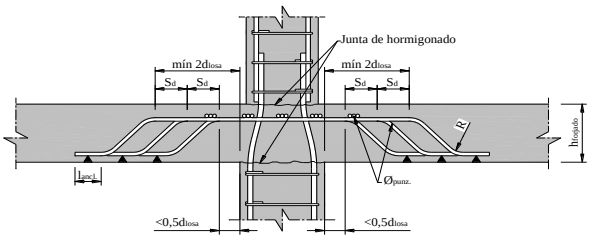
Esquema de armado. Armadura longitudinal

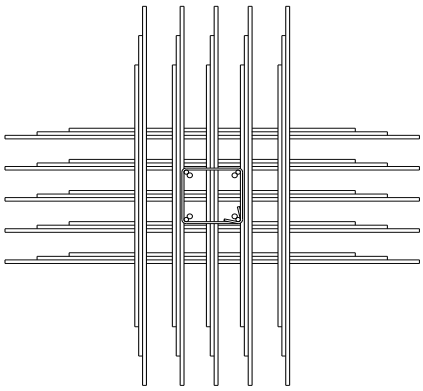
❶ *Construcción del encofrado con tablero continuo*



Sección transversal. Armadura longitudinal

❷ *Montaje de armaduras*

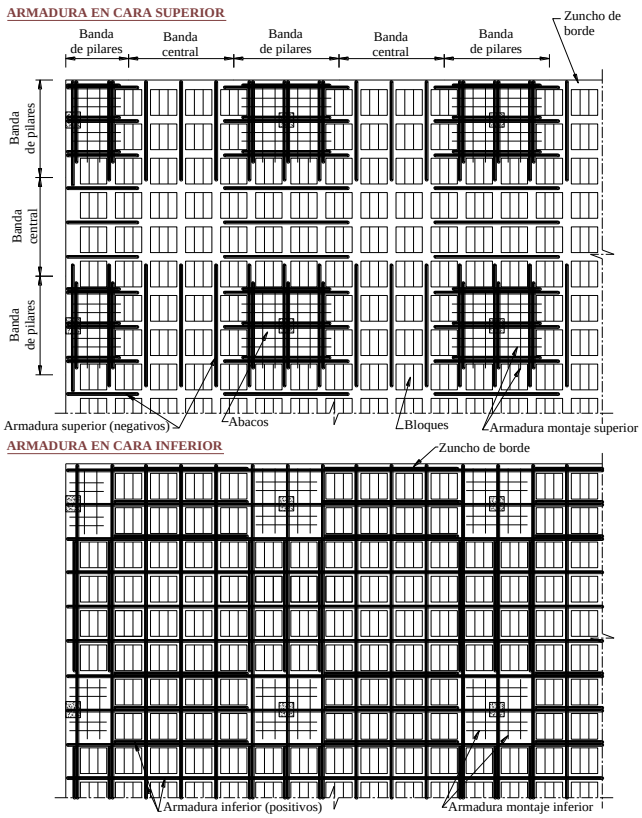




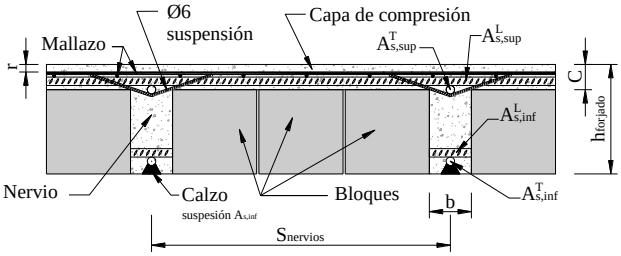
Esquema de armado. Armadura de punzonamiento

❸ *Hormigonado*

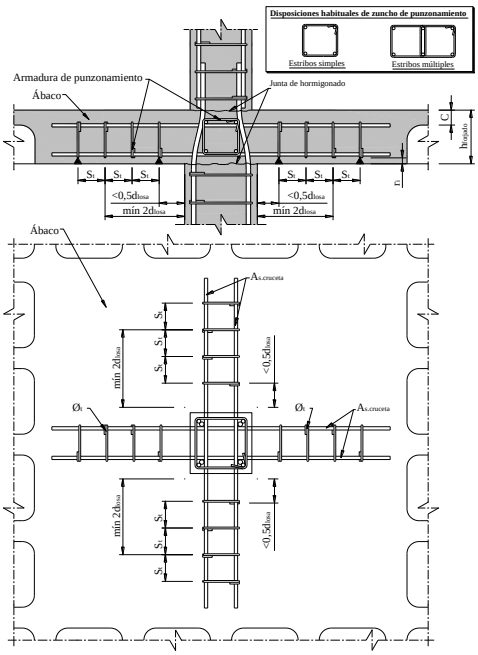
6.3.2 Forjados reticulares



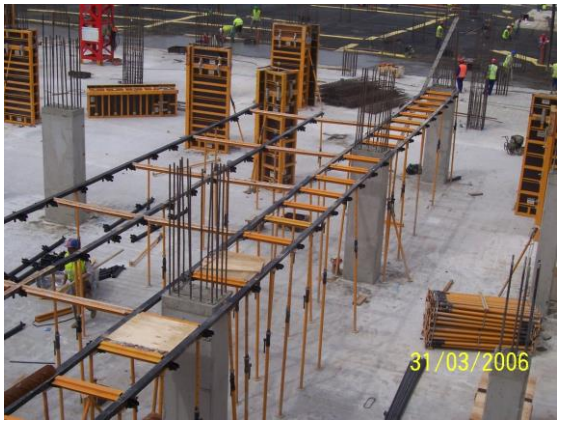
Esquema de armado de flexión.



Sección constructiva (zona de nervios)



Esquema de armado de punzonamiento



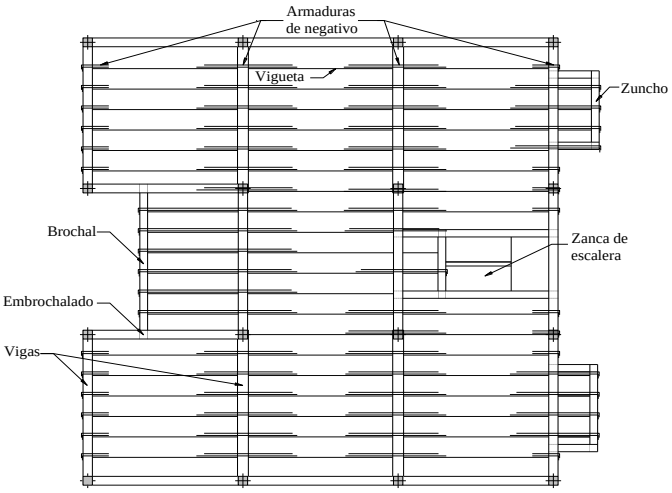
❶ *Construcción del encofrado con tablero continuo*

❷ *Replanteo de casetones*

❸ *Montaje de armaduras*

❹ *Hormigonado*

6.3.3 Forjados unidireccionales



Esquema típico de un forjado unidireccional

❶ *Construcción del encofrado (sin tablero continuo) y*
❷ *replanteo de viguetas y colocación de bovedillas*

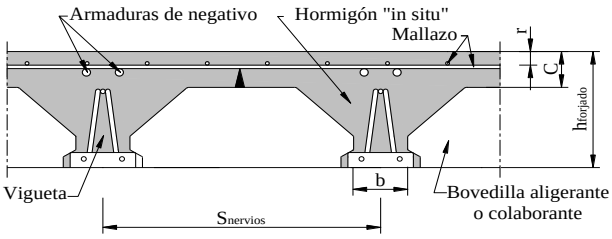
❶ *Construcción del encofrado (CON tablero continuo)*

❸ *Montaje de armados de vigas, brochales y zuchos*

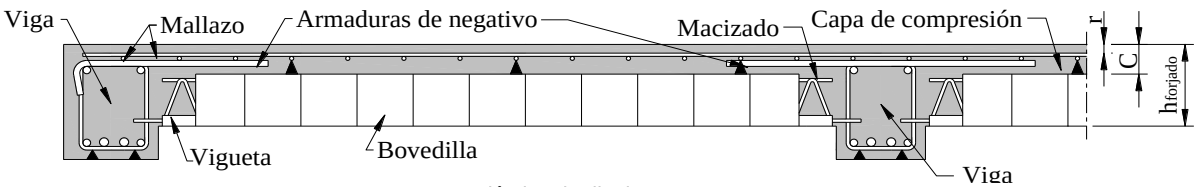
❷ *Replanteo de viguetas y colocación de bovedillas*

❹ *Montaje de armaduras de negativo y mallazos*

❺ *Hormigonado*



Sección transversal

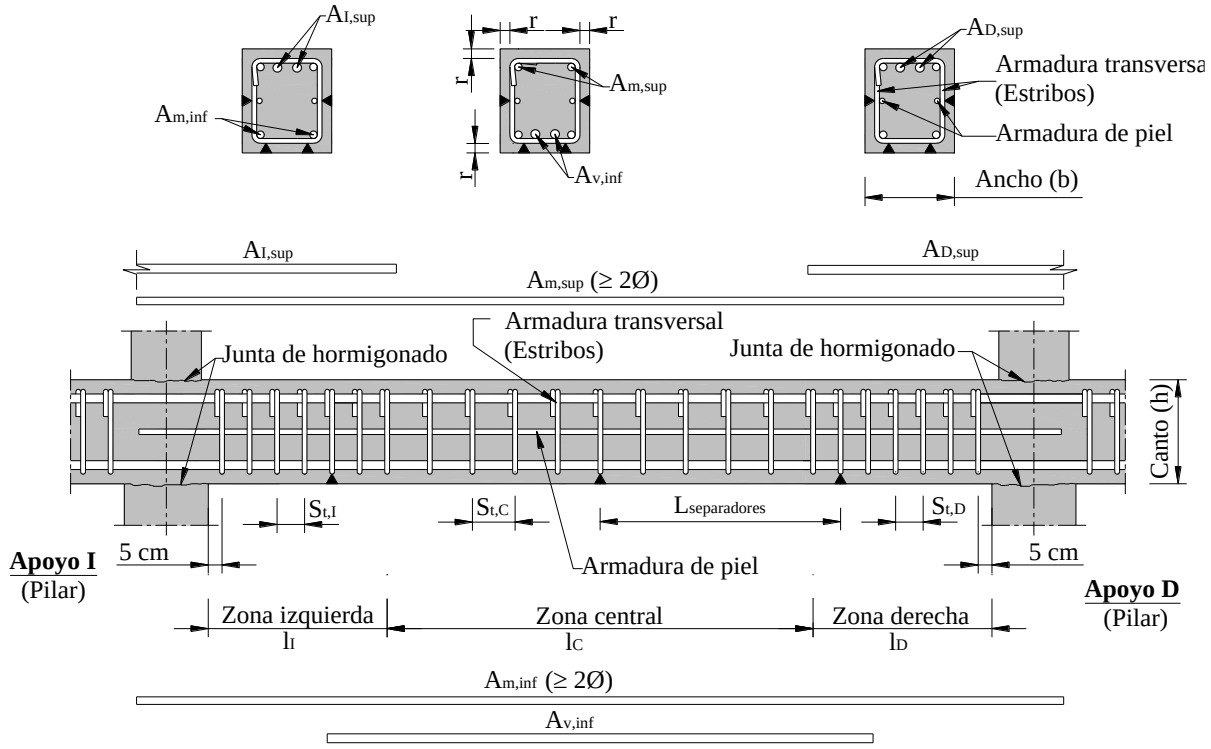


Sección longitudinal

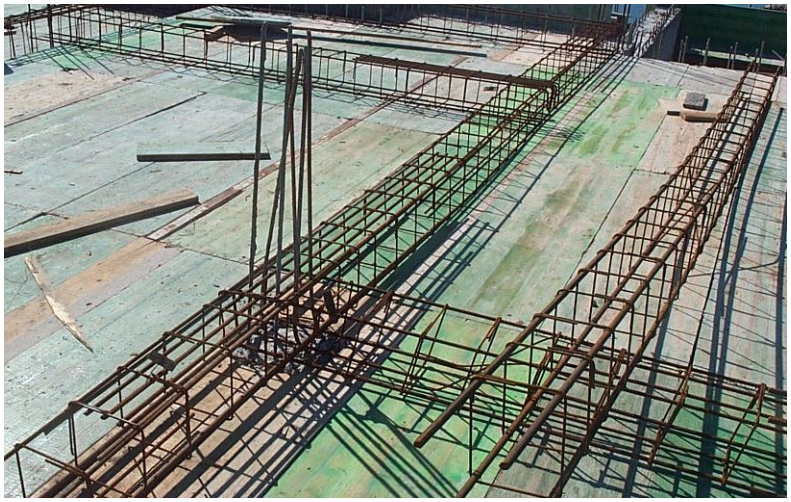
6.4 Otros elementos

6.4.1 Elementos lineales flectados: vigas, zunchos y brochales

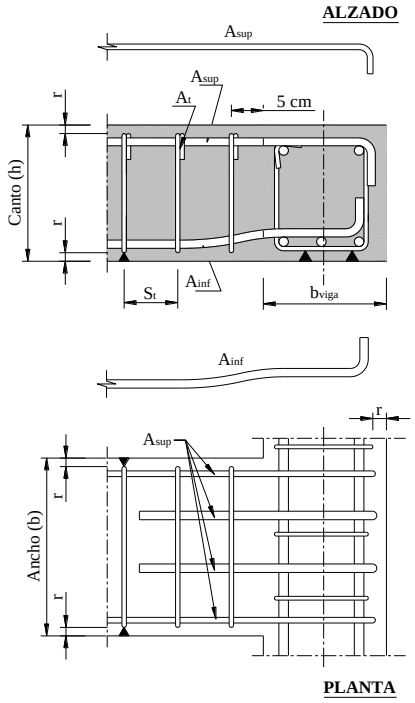
Hablamos de **viga** cuando se trata un elemento cuya misión fundamental es la resistente y de **zuncho** cuando su misión fundamental es la constructiva (terminación del forjado, cambio de dirección de los nervios de un forjado reticular…). Decimos que el elemento está **embrochalado**, y hablamos por lo tanto de una **viga brochal** o simplemente **brochal**, cuando sus extremos están enlazados a otras vigas, en vez de a pilares. Al punto de unión le llamaremos **embrochalado** o **brochal**.



Esquema general de armado



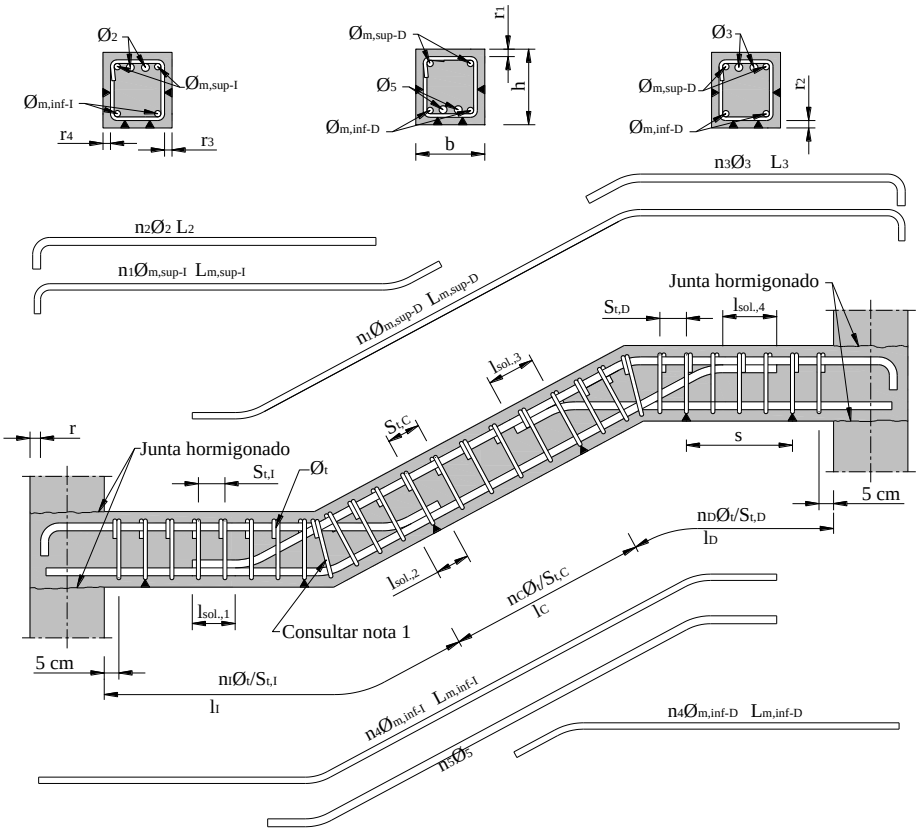
Montaje de la armadura



Esquema de nudo brochal

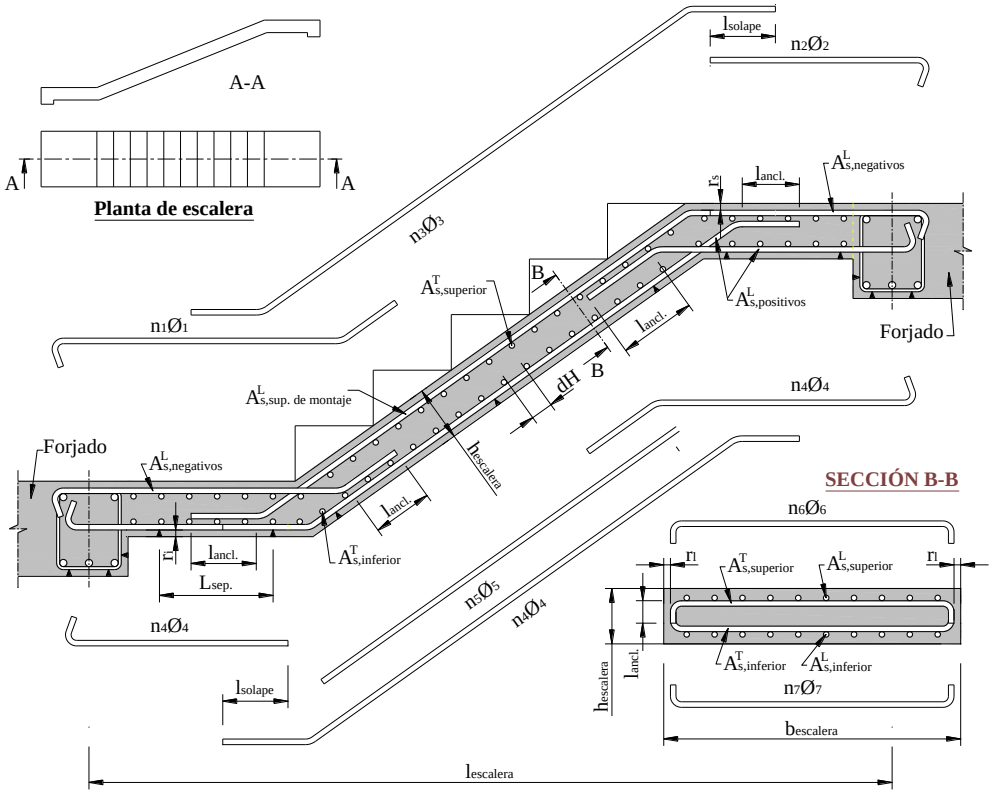
6.4.2 Elementos quebrados

6.4.2.1 Vigas zancas



Esquema de armado

6.4.2.2 Losas zancas

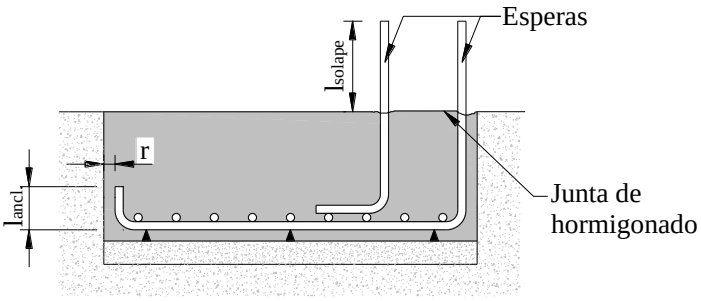


Esquema de armado

6.4.3 Elementos de contención de tierras

6.4.3.1 Muros de contención

6.4.3.1.1 Ejecución zapata corrida bajo muro



Esquema de armado (zapata medianera)

❶ *Excavación*

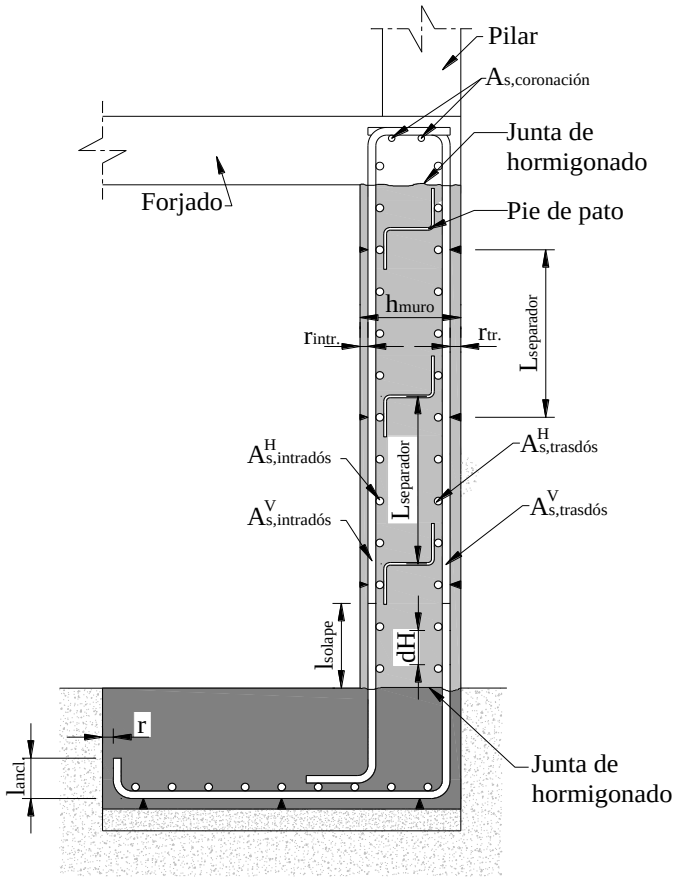
❷ *Hormigón de limpieza y replanteo (zapata centrada)*

❸ *Montaje armaduras de la zapata y de esperas (zapata medianera)*

❹ *Hormigonado (zapata medianera)*

Zapatas ejecutadas

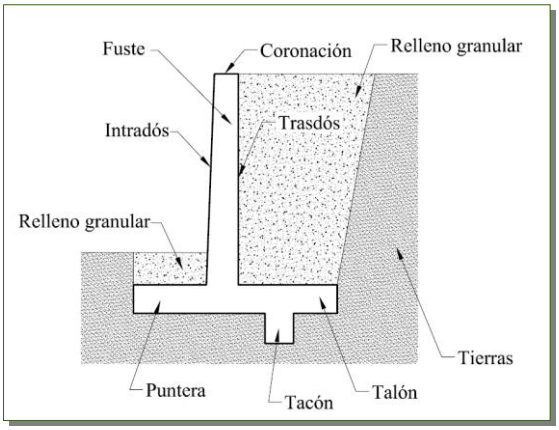
6.4.3.1.2 Ejecución alzado del muro



Esquema de armado (con zapata medianera)

❶ *Montaje de armaduras de alzado de muro*

❷ *Detalle del solape*



Definiciones

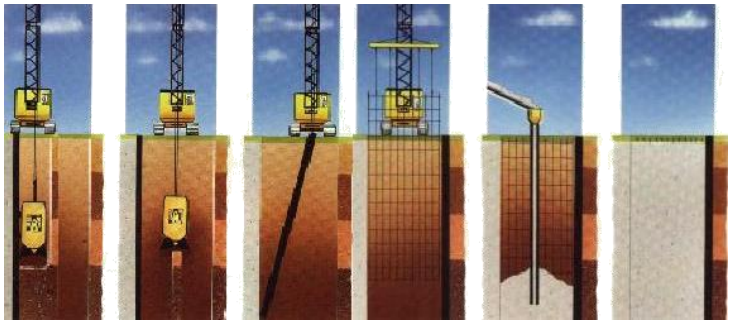
❸ *Encofrado*

❺ *Muro finalizado. Enlace con el forjado*

❹ *Hormigonado*

6.4.3.2 Muros pantalla

6.4.3.2.1 Ejecución de pantallas



Esquema del proceso de ejecución de una pantalla

❶ *Construcción del murete guía*

❷ *Perforación*

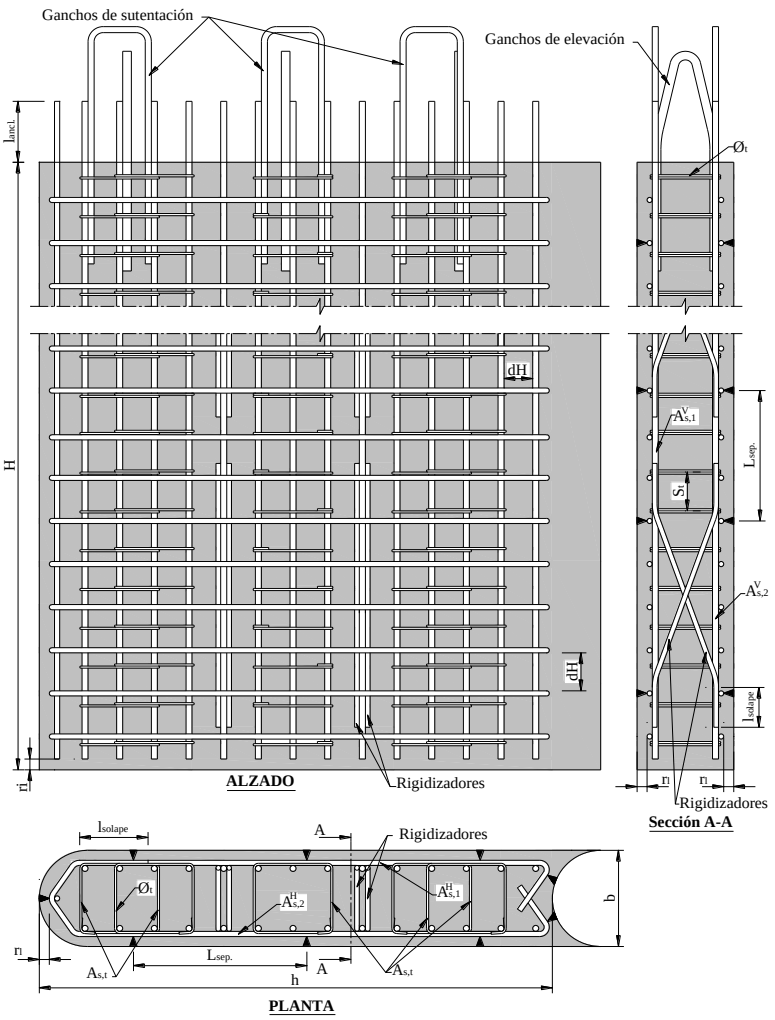
❸ *Colocación de junta*

❹ *Colocación de la armadura*

❺ *Hormigonado (tubo premie)*

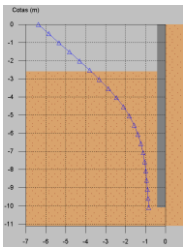
❻ *Descabezado*

❼ *Armado viga coronación*

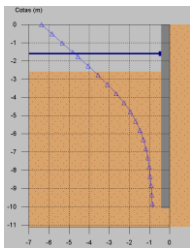


Esquema del proceso de ejecución de una pantalla

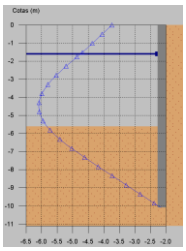
6.4.3.2.2 Excavación



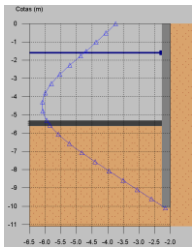
1ª fase de excavación



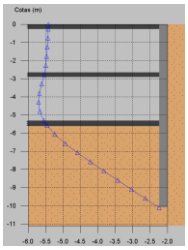
Apuntalamiento (puntales y codales y/o anclajes)



2ª fase de excavación



Construcción cimentación



Construcción forjados

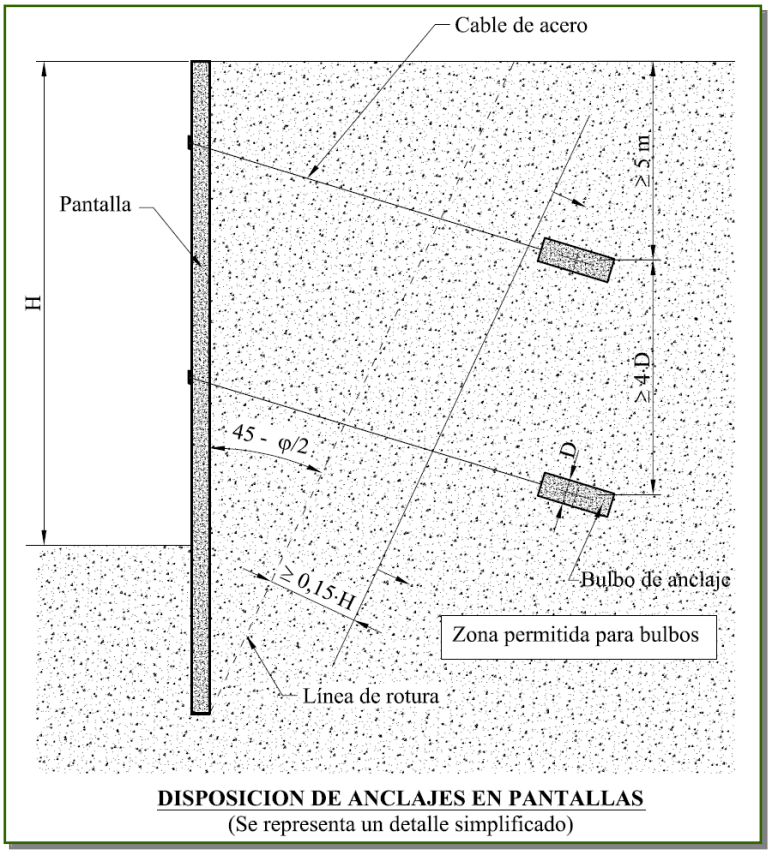
Se esquematiza el proceso de excavación y se representa el desplazamiento experimentado por la pantalla en cada fase)

1ª fase de excavación

Apuntalamiento con puntales y codales

Apuntalamiento con anclajes

6.4.3.2.3 Ejecución de anclajes



DISPOSICION DE ANCLAJES EN PANTALLAS
(Se representa un detalle simplificado)

❶ *Perforación*

❷ *Colocación de cordones e inyección*

❸ *Tesado de los cordones*

❹ *Anclajes terminados*

7. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Sin pretender realizar una clasificación rigurosa de los elementos estructurales empleados en las estructuras de hormigón armado, para el estudio de las mismas, podemos hacer la clasificación que se muestra en el diagrama de llaves que se indica más abajo.

En adelante comentaremos, a través de figuras y fotografías, y a modo de introducción, los aspectos más significativos de los elementos estructurales básicos,

- Clasificación de los elementos estructurales
  - Elementos lineales
    - Rectos
      - Comprimidos: **Soportes o pilares**
      - Flectados:
        - **Vigas o jácenas**
        - **Zunchos**
      - Traccionados: **Tirantes**
    - Quebrados: **Vigas zancas**
    - Curvos
      - **Arcos**
      - **Vigas curvas**
  - Elementos superficiales
    - Planos
      - Horizontales:
        - **Forjados**
        - **Soleras**
      - Inclinados: **Placas**
      - Verticales:
        - **Muros**
        - **Pantallas**
        - **Vigas pared**
    - Quebrados:
      - **Losas plegadas**
      - **Losas zancas**
    - Curvos: **Láminas**
  - Elementos macizos
    - **Zapatas y encepados de cimentación**
    - **Macizos**

8. MARCO REGLAMENTARIO

La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE, Nov-99) establece los REQUISITOS BÁSICOS de la edificación[7] para garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, relativos a:

- FUNCIONALIDAD: Utilización; accesibilidad, acceso a los servicios de telecomunicación, audiovisuales y de la información
- SEGURIDAD: Estructural; en caso de incendio; utilización

  Asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto
- HABITABILIDAD: Higiene, salud y protección del medio ambiente; protección contra el ruido; ahorro de energía y aislamiento térmico; otros aspectos funcionales.

El Código Técnico de la Edificación (CTE, Mar-06) establece las EXIGENCIAS BÁSICAS[8] para cumplimentar los REQUISITOS BÁSICOS de seguridad y habitabilidad:

---

[7] Objetivos derivados de la demanda social de calidad de los edificios y cuya consecución debe procurarse tanto en el proyecto como en la construcción, mantenimiento y conservación de los mismos.

[8] Características genéricas, funcionales y técnicas de los edificios que permiten satisfacer los requisitos básicos de la edificación

- relativos a la seguridad
  - SE: Seguridad estructural
    - Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad

      La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.
    - Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio

      La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisible y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.
  - SI: Seguridad en caso de incendio[9]
    - Exigencia básica SI 1 - Propagación interior
    - Exigencia básica SI 2 - Propagación exterior
    - Exigencia básica SI 3 – Evacuación de ocupantes
    - Exigencia básica SI 4 - Instalaciones de protección contra incendios
    - Exigencia básica SI 5 - Intervención de bomberos
    - Exigencia básica SI 6 – Resistencia al fuego de la estructura
  - SU: Seguridad de utilización
- relativos a la habitabilidad
  - HS: Salubridad. Higiene, salud y protección medioambiental.
  - HR: Protección contra el ruido
  - HE: Ahorro de energía

DOCUMENTOS BÁSICOS:

Establecen **reglas** y **procedimientos** que permitan cumplir las exigencias básicas. La correcta aplicación del DB supone que se satisface el correspondiente requisito básico.

SEGURIDAD ESTRUCTURAL:

- DB-SE: Bases de cálculo
- DB-SE-AE: Acciones en la edificación
- DB-SE-C: Cimientos
- DB-SE-A: Acero
- DB-SE-F: Fábrica
- DB-SE-M: Madera
- DB-SI: Seguridad en caso de incendio

Describen las bases y los principios para el **cálculo** de las mismas. La **ejecución**, la **utilización**, la **inspección** y el **mantenimiento** se tratan en la medida en la que afectan a la elaboración del proyecto.

Además, deberán tenerse en cuenta las especificaciones de la normativa siguiente:

- NCSE 02:
- EHE 08:
- **EUROCÓDIGOS**
  - Eurocódigo 1. Bases de proyecto y acciones sobre las estructuras

[9] La **estructura portante** mantendrá su ***resistencia al fuego*** durante el ***tiempo necesario*** para que puedan cumplirse las anteriores exigencias básicas

- Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón
- Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero
- Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero
- Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera
- Eurocódigo 6. Proyecto de estructuras de mampostería
- Eurocódigo 7. Proyecto geotécnico
- Eurocódigo 8. Reglas de proyecto para la resistencia al sismo de las estructuras
- Eurocódigo 9. Proyecto de estructuras de aluminio

- **CM 90.** Código Modelo CEB-FIB para hormigón estructural

9. ENLACES WEB DE INTERÉS

CPH. Comisión Permanente del Hormigón
www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH

ACHE. Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural
www.e-ache.net

IECA. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones
www.ieca.es

ANEFHOP. Asociación Nacional Española Fabricantes de Hormigón Preparado
www.anefhop.com

AIDEPLA. Asociación para la I+D de las Placas Alveolares
www.aidepla.org

ACIES. Asociación de Consultores Independientes de Estructuras de Edificación
www.acies-ed.com

BIBLIOGRAFÍA:

- EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural
- CTE. Código Técnico de la Edificación
- DB-SE: Bases de cálculo
- DB-SE-AE: Acciones en la edificación
- DB-SE-C: Cimientos
- DB-SI: Seguridad en caso de incendio
- Calavera, J. "Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón (en masa, armado y pretensado)". INTEMAC.
- Jiménez Montoya y otros. "Hormigón armado". GG.
- Calavera, J. "Cálculo, construcción patología y rehabilitación de forjados de edificación.". INTEMAC.