

Tema 2: **Tipologías estructurales**

CONTENIDO:

1.	Introducción	2
2.	Cimentaciones.....	2
2.1	Cimentación por zapatas.....	6
2.2	Cimentación por pilotes.....	7
2.2.1	Pilotes “In situ”	7
2.2.2	Pilotes prefabricados	8
2.2.3	Encepados.....	9
3.	Elementos de sustentación vertical	10
4.	Vigas	11
5.	Forjados	12
5.1	Forjados unidireccionales	13
5.2	Losas macizas	14
5.3	Forjados reticulares.....	15
6.	Escaleras	16
6.1	Vigas zancas	16
6.2	Losas zancas	16
7.	Elementos de contención de tierras.....	17
7.1	Muros de contención.....	17
7.1.1	Ejecución de zapatas corridas bajo muro	17
7.1.2	Ejecución del alzado de muros	18
7.2	Muros pantalla	19
7.2.1	Ejecución de pantallas	19
7.2.2	Excavación	20
7.2.3	Ejecución de anclajes	21
8.	Clasificación de los elementos estructurales.....	22

1. INTRODUCCIÓN

En el tema anterior de introducción a las Estructura de Hormigón Estructural ya introdujimos los conceptos de Estructuras y Sistemas Estructurales, y cuál era el sistema estructural básico en las estructuras de hormigón. En este tema vamos a seguir con el estudio los elementos estructurales que componen este sistema estructural, y que en forma de esquema se muestra en la Figura 1.

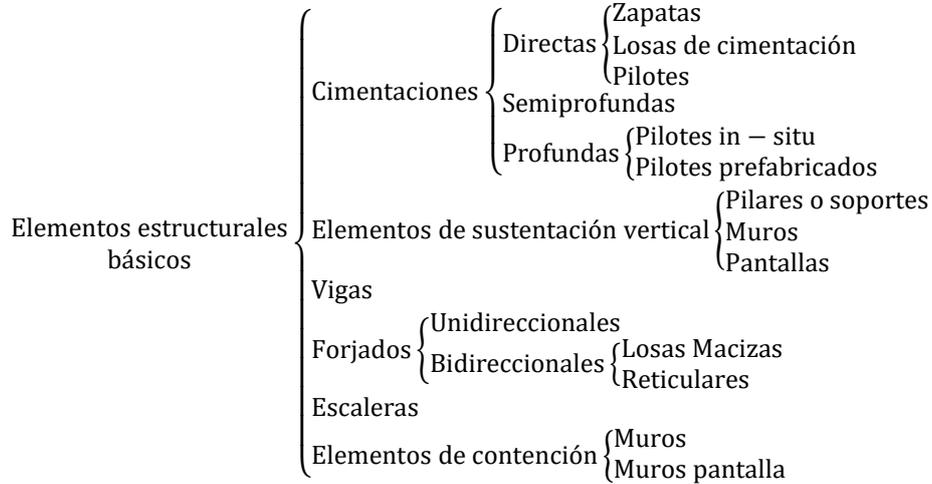


Figura 1. Clasificación de los elementos estructurales básicos.

Al final del tema se realiza otra clasificación un poco más general de los elementos estructurales de hormigón armado.

2. CIMENTACIONES

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

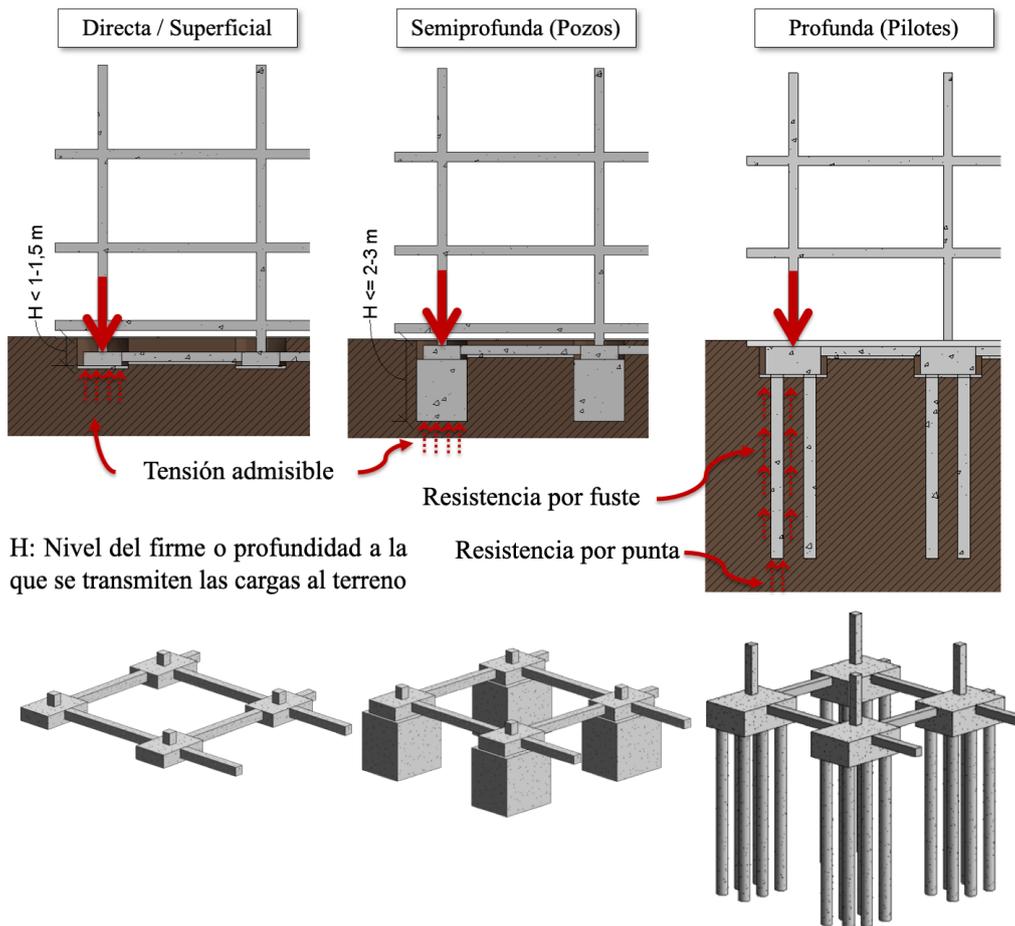


Figura 2. Clasificación de las cimentaciones.

- Cimentaciones directas o superficiales; cuando a poca profundidad (< 1-1,5 metros) tenemos un terreno con capacidad portante suficiente para absorber las cargas transmitidas por la cimentación. En este tipo de cimentación, la sollicitación que le transmite el elemento de sustentación vertical se transmite al terreno en forma de tensiones, que tienen que ser inferiores a la tensión admisible del terreno (orden de magnitud $\sigma_t \omega \gtrsim 1 \text{ kp/cm}^2$). Como estas tensiones admisibles del terreno son muy inferiores a las tensiones que puede soportar el elemento de sustentación vertical ($\sigma_h \approx 250 \text{ kp/cm}^2$), las dimensiones de los elementos de cimentación (A_z) son muy superiores a las dimensiones de los elementos de sustentación (A_p).

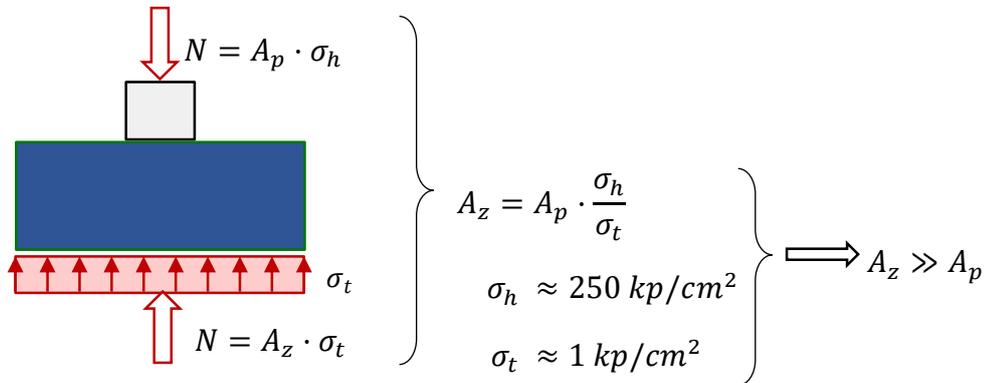


Figura 3. Determinación del área de la zapata.

Dentro de la cimentación directa podemos distinguir entre:

- ↷ Cimentación por zapatas. Es la forma preferente de cimentación directa.
- ↷ Cimentación por losa de cimentación. Se opta por esta solución cuando la tensión del terreno conduce a zapatas cuya superficie es muy importante comparada con la superficie construida (más 40%).
- ↷ Cimentación por emparrillado de vigas flotantes de cimentación. Esta solución se utiliza cuando se quiere ahorrar materiales con respecto a la solución con losa de cimentación. Hoy en día no se suele utilizar por el mayor coste de mano de obra.

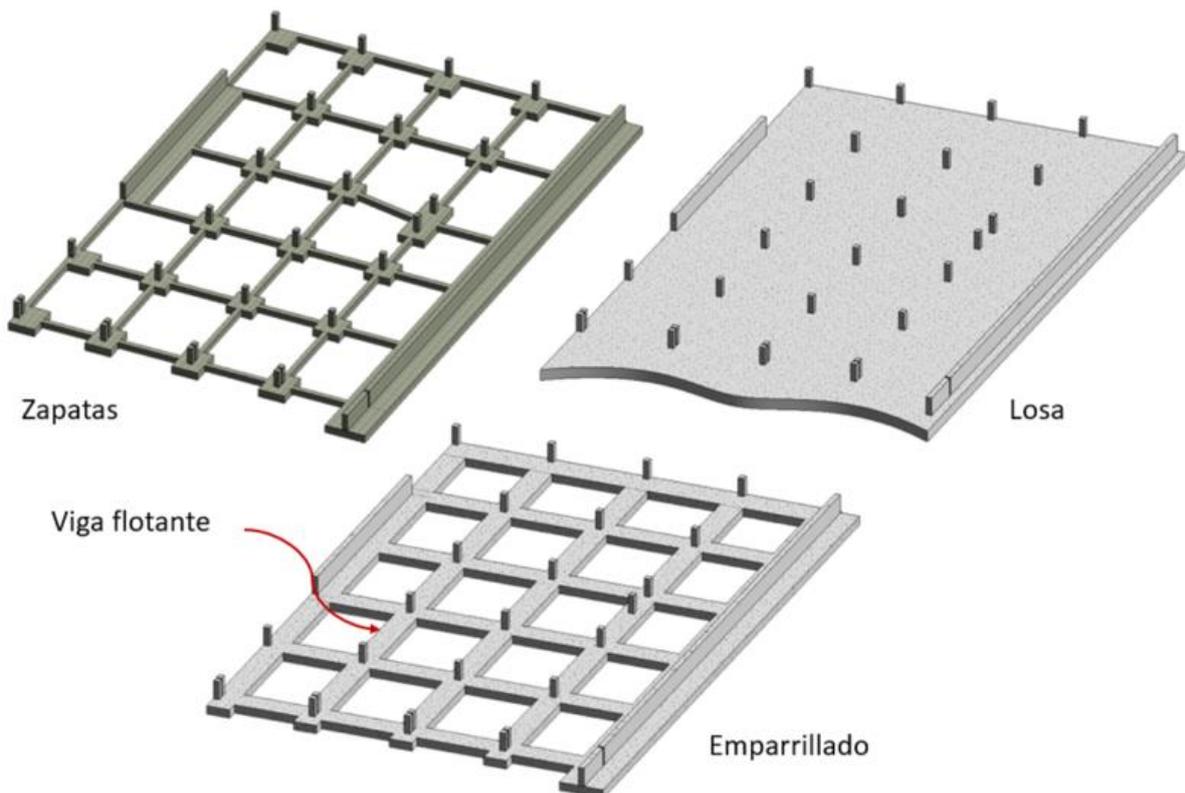


Figura 4. Tipos de cimentaciones directas.

La cimentación por zapatas requiere de vigas de cimentación, que no transmiten carga al terreno, que tienen la siguiente funcionalidad:

- Vigas centradoras: se requiere para centrar la carga que transmite el elemento de sustentación vertical para aprovechar la capacidad de transmitir cargas al terreno. Si la zapata recibe la carga de forma excéntrica, la distribución de tensiones en el terreno hace que solo se aproveche una pequeña fracción de su superficie (Figura 5a). Si queremos aprovechar la superficie completa necesitamos equilibrar el par de fuerzas que se genera, $M = N \cdot L$ (Figura 5b). Y esta es la misión de la viga centradora.

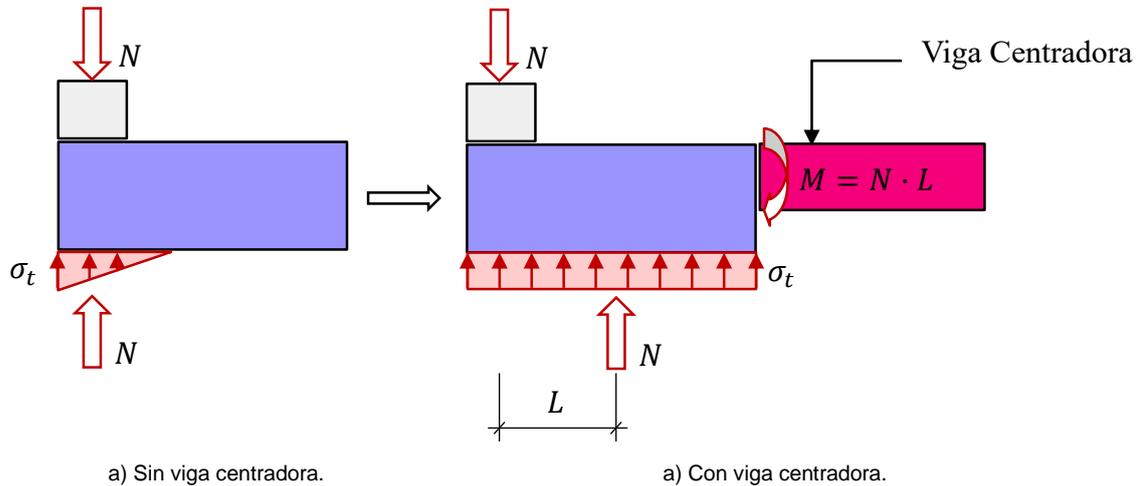


Figura 5. Efecto de centrado de carga de una viga centradora.

- Vigas de atado o riostras: se requiere para evigar movimientos horizontales imprevistos entre zapatas

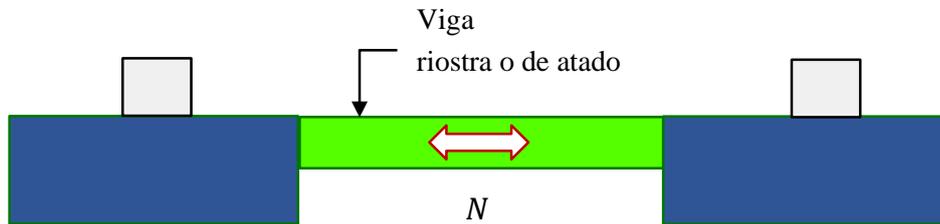


Figura 6. Efecto de arriostamiento de una viga riostra o de atado.

En la Figura 7 se identifican los distintos tipos de elementos dentro de una cimentación directa por zapatas:

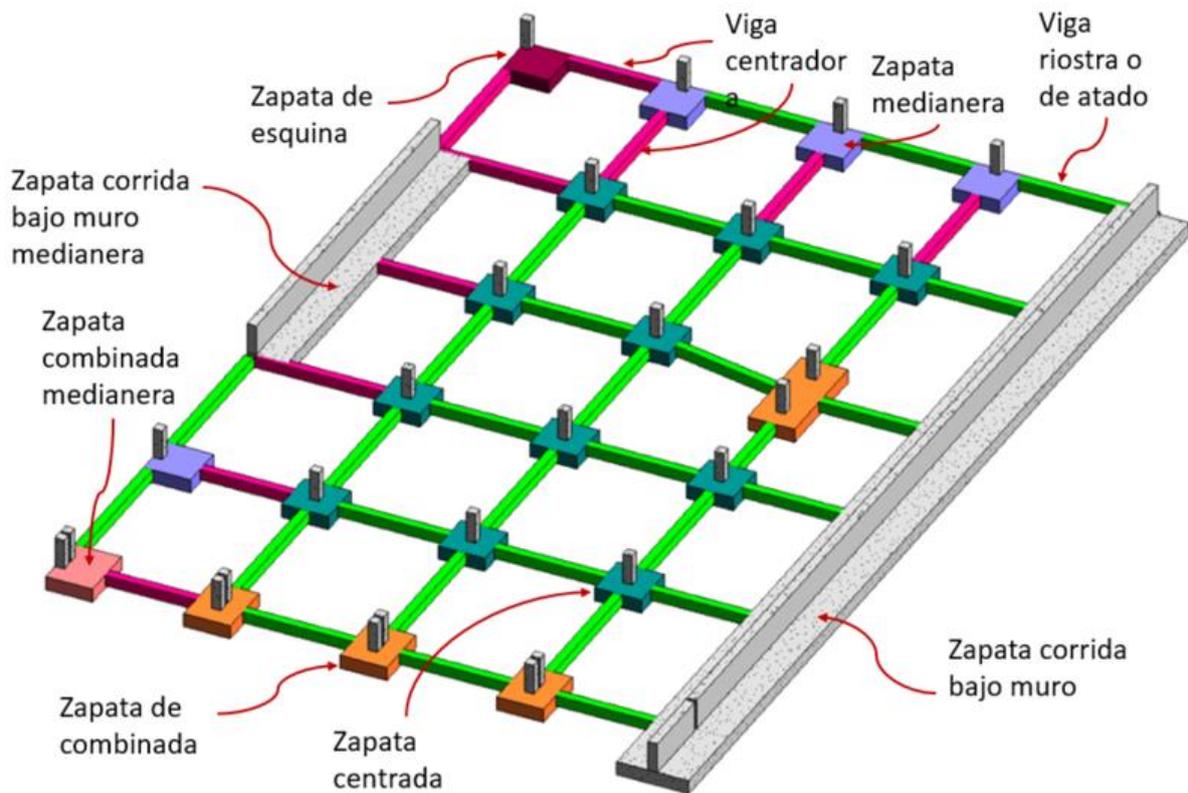


Figura 7. Tipos de elementos de una cimentación por zapatas.

Puede visualizarse una simulación de la construcción de una cimentación por zapatas en el siguiente link <https://youtu.be/2gYJtDHPy88>.

- ❑ Cimentación semiprofunda o por pozos de cimentación, cuando la profundidad a la que se encuentra el terreno portante está entre 1,5 y 3 metros. Realmente se trata de una cimentación aislada por zapatas sobre una mejora de terreno realizada con hormigón en masa.
- ❑ 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 o por pozos. Dentro de ésta se distingue si los pilotes están realizados in-situ o son prefabricados:



a) Pilotes "in situ"



b) Pilotes prefabricados

Figura 8. Tipos de pilotes.

2.1 Cimentación por zapatas

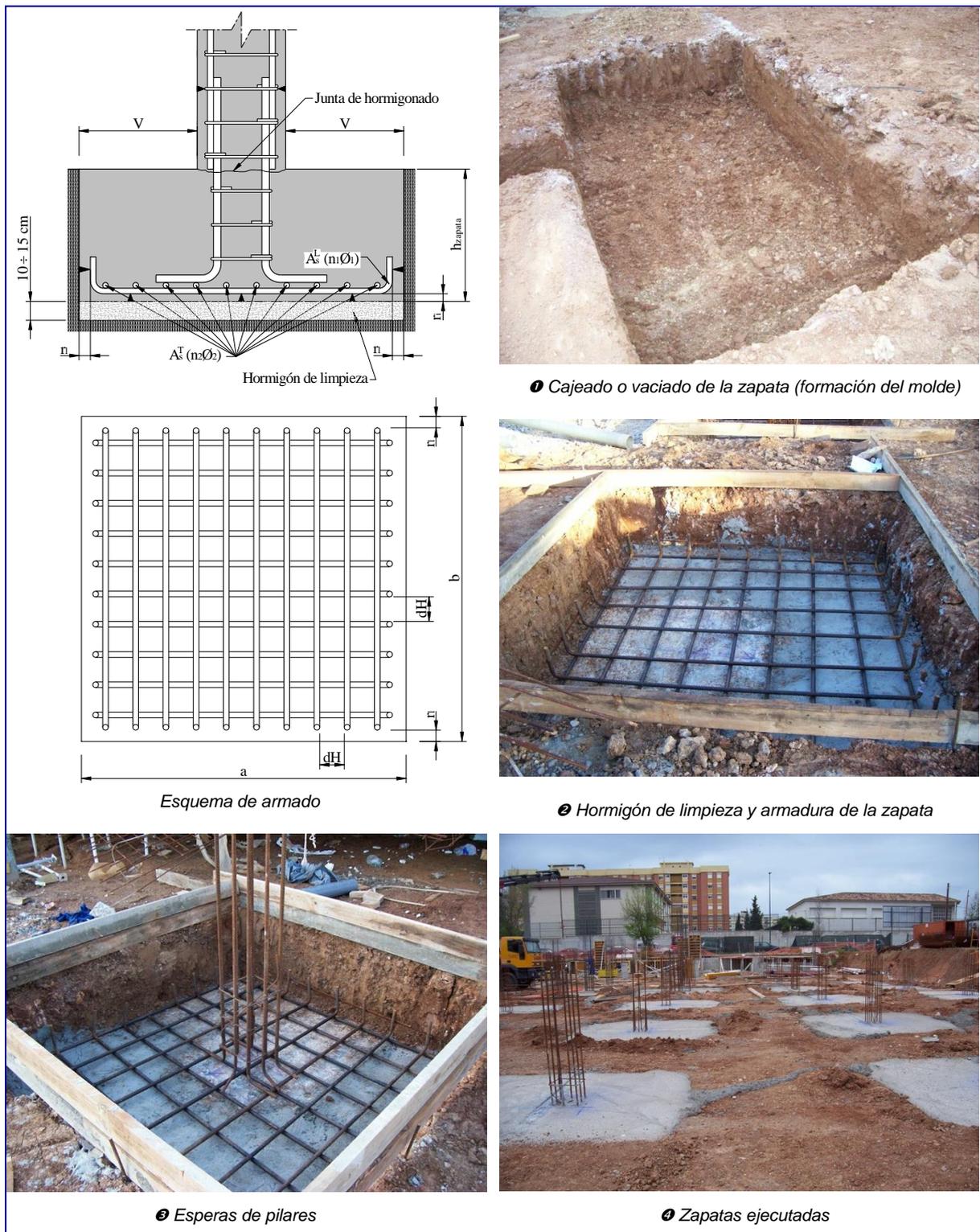


Figura 9. Esquema de armado de zapatas y su proceso de ejecución (Puede visualizarse un armado típico en el siguiente link: <https://skfb.ly/ottS8>)

2.2 Cimentación por pilotes

2.2.1 Pilotes "In situ"

1 Perforación

2 Extracción de tierras y hormigonado

3 Manipulación de la armadura pasiva previa a su izado y colocación

4 Montaje de la armadura del pilote

5 Fraguado y endurecimiento del hormigón

6 Descabezado de pilotes

Esquema de armado

Acopio de la armadura pasiva del pilote

Patologías en pilotes "in situ"

Figura 10. Esquema de armado de pilotes in-situ y su proceso de ejecución (pilotes barrenados hormigonados por tubo central)

2.2.2 Pilotes prefabricados

En la Figura 11 se muestra el proceso de ejecución de los pilotes prefabricados. Una vez descabezado el pilote, el resto de procesos son idénticos a la ejecución de pilotes ejecutados in-situ. Puede visualizarse estos procesos en el siguiente link: <https://youtu.be/wdQRfjzsmzY>.



❶ Acopio de pilotes



❷ Manipulación del pilote para su colocación



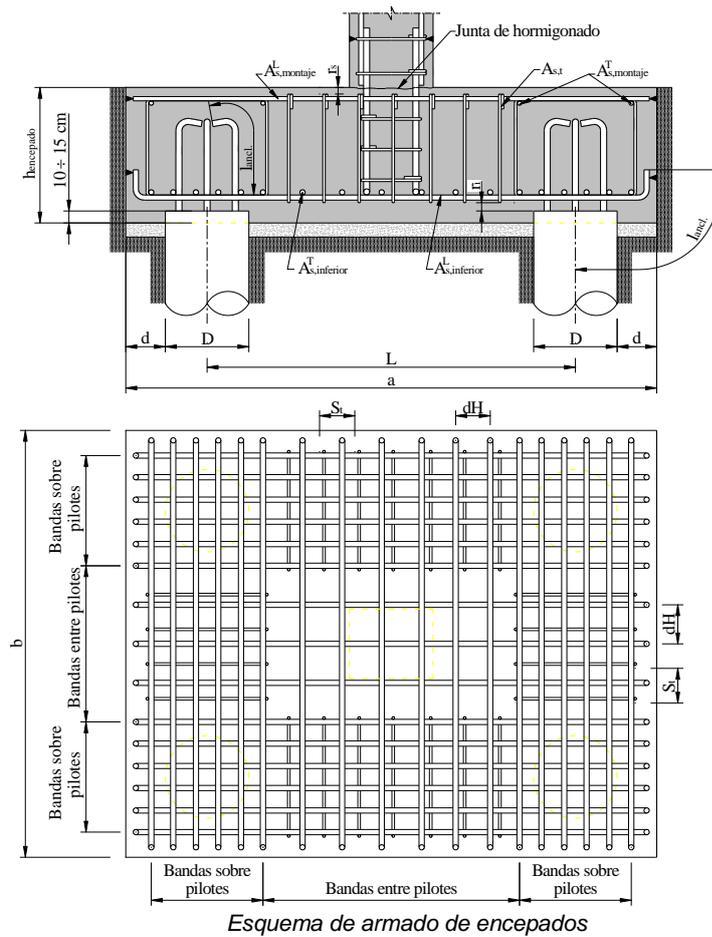
❸ Hinca del pilote



❹ Descabezado del pilote

Figura 11. Proceso de ejecución de pilotes prefabricados

2.2.3 Encepados



1 Hormigón de limpieza (encepado de 4 pilotes)



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



3 Montaje encofrado, si es necesario (2 pilotes)

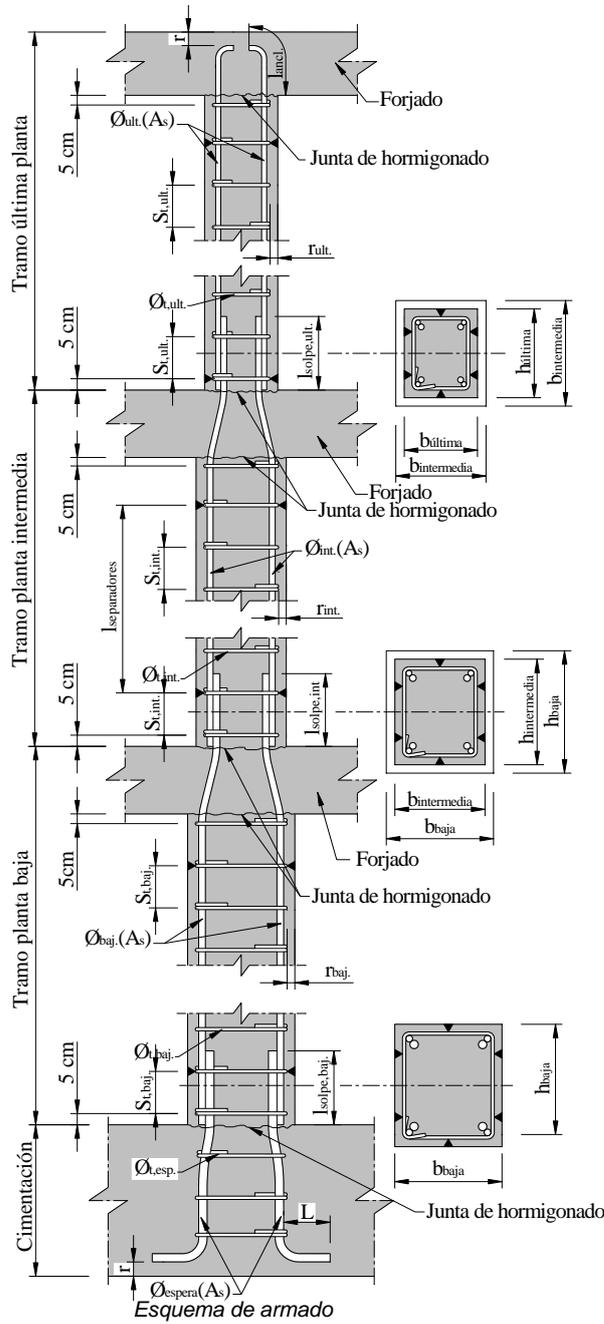


4 Hormigonado (3 pilotes)

Figura 12. Esquema de armado de zapatas y su proceso de ejecución (Puede visualizarse el armado de encepados en los siguientes link: <https://skfb.ly/oAQsA> (un pilote), <https://skfb.ly/oAOuC> (dos pilotes), <https://skfb.ly/oyu6T> (tres pilotes) y <https://skfb.ly/oyuoE> (cuatro pilotes)

3. ELEMENTOS DE SUSTENTACIÓN VERTICAL

Puede visualizarse una simulación de la construcción de una columna de pilares en el siguiente link <https://youtu.be/bh60JbzjO3I>.



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



3 Desencofrado



2 Encofrado y hormigonado



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



Figura 13. Esquema de armado de pilares y su proceso de ejecución (Puede visualizarse un armado típico en el siguiente link: <https://skfb.ly/6RpnS>)

4. VIGAS

Las vigas son elementos lineales flectados que pueden estar exentos o formando parte de los forjados. Se suele hablar 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...)¹.

Por otro lado, decimos que el elemento está **embrochalizado**, 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 se le denomina **embrochalizado** o **nudo brochal**.

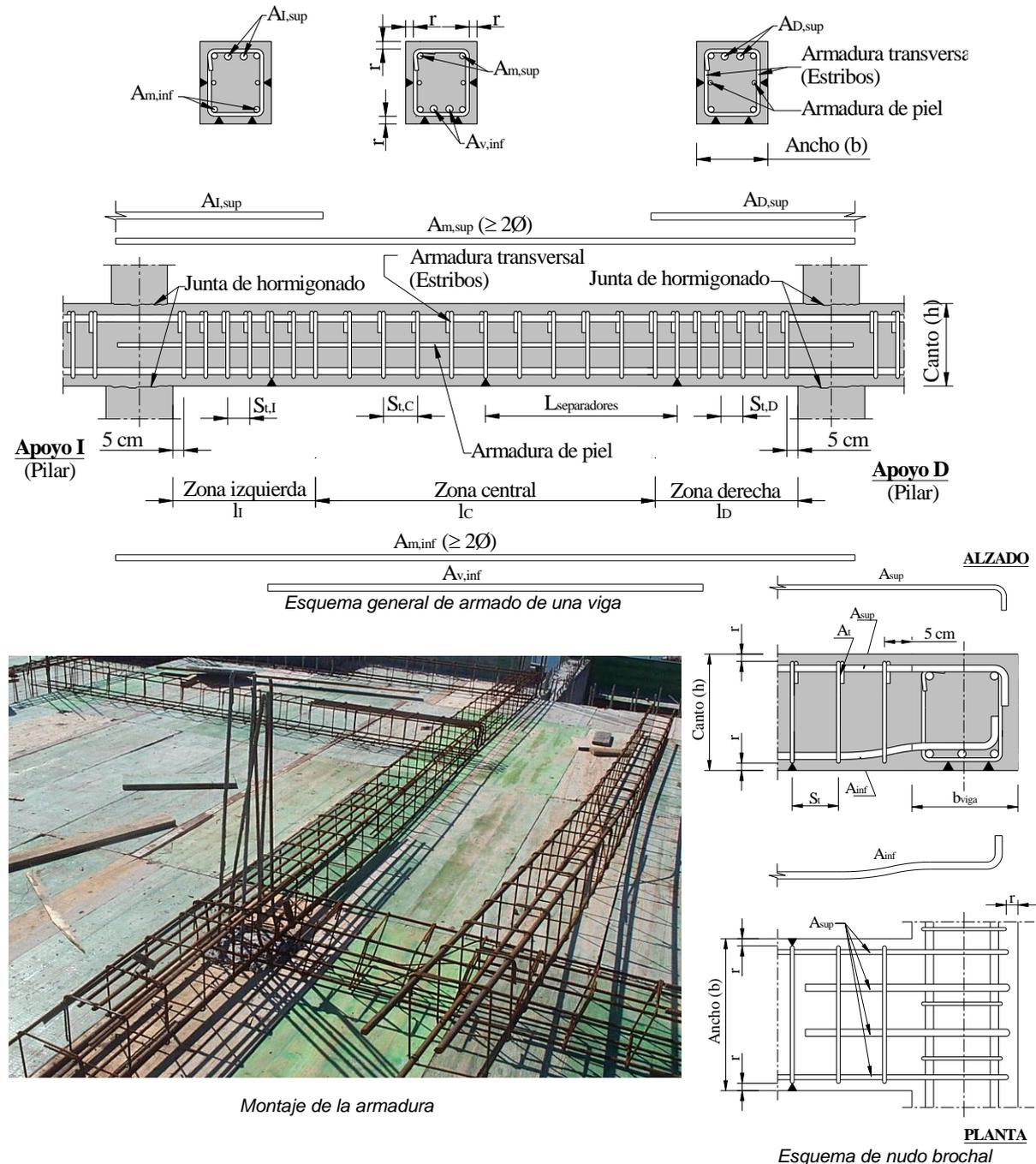


Figura 14. Esquema de armado de vigas y su montaje (Puede visualizarse un armado típico en el siguiente link: <https://skfb.ly/oyEtZ>)

¹ OJO: En terminología del programa de cálculo CYPECAD, un zuncho es una viga que no tiene rigidez ni resistencia; es decir, a todos los efectos no se considera en el modelo de cálculo y, por lo tanto, no soporta esfuerzos. Uno de sus usos más habituales es la definición de las vigas de cierre de los paños de forjados unidireccionales que están en voladizo.

5. 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:

- ❑ **Forjados unidireccionales.** Están formados por nervios en una sola dirección, que hacen que el forjado trabaje básicamente a flexión en esa única dirección (ver Figura 17). 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.

Puede visualizarse una simulación de la construcción de un forjado unidireccional en el siguiente link https://youtu.be/cKFWXA_qEE0.

- ❑ **Losas macizas.** Son elementos de hormigón armado de canto constante (ver Figura 15). Estos forjados soportan las cargas por flexión en dos direcciones y las transmiten directamente a los soportes.

Puede visualizarse una simulación de la construcción de un forjado de losa maciza en el siguiente link <https://youtu.be/pLpxWAg0zkU>.

- ❑ **Forjados reticulares.** Son forjados que trabajan a flexión en dos direcciones, al igual que las losas macizas, pero 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 Figura 16).

Puede visualizarse una simulación de la construcción de un forjado reticular en el siguiente link <https://youtu.be/48Ufh42TfNY>.

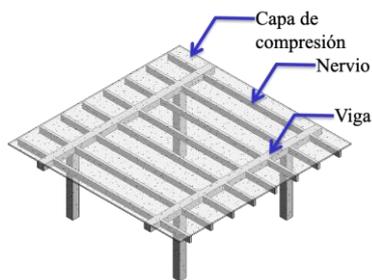


Figura 15 Forjado unidireccional

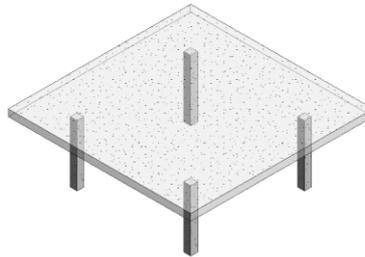


Figura 16 Forjado de losa maciza

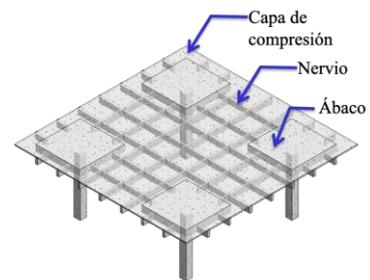
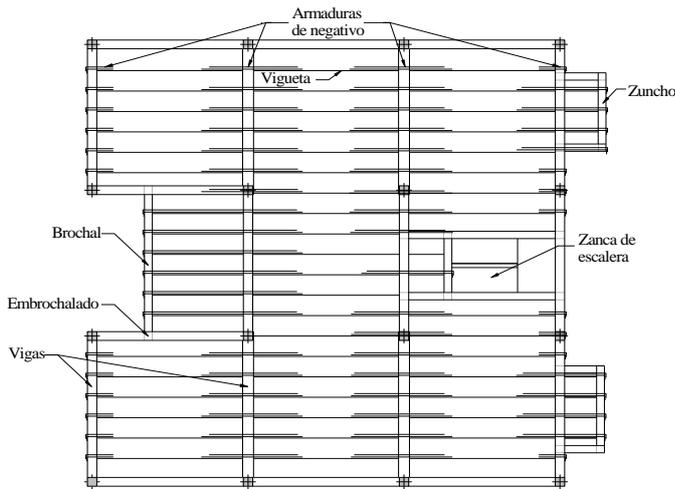


Figura 17 Forjado reticular

5.1 Forjados unidireccionales



Esquema típico de un forjado unidireccional



1 Montaje de armados de vigas, brochales y zunchos



2 Montaje de armaduras de negativo y mallazos



3 Hormigonado



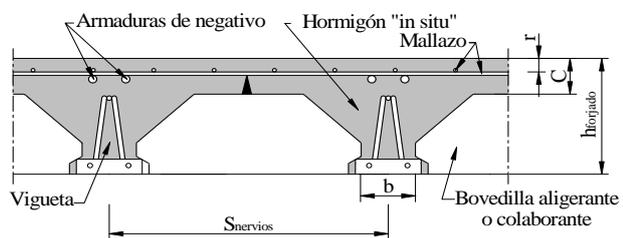
1 Construcción del encofrado (sin tablero continuo) y replanteo de viguetas y colocación de bovedillas



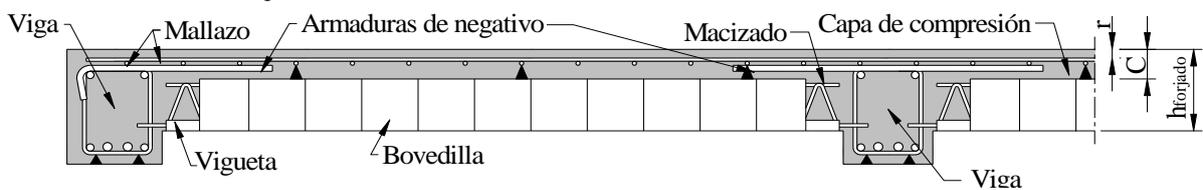
1 Construcción del encofrado (CON tablero continuo)



2 Replanteo de viguetas y colocación de bovedillas



Sección transversal

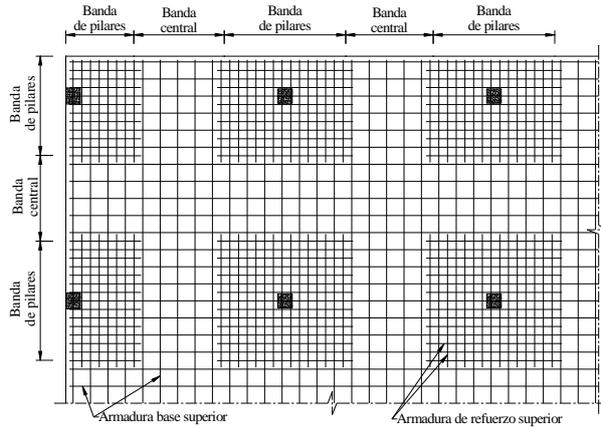


Sección longitudinal

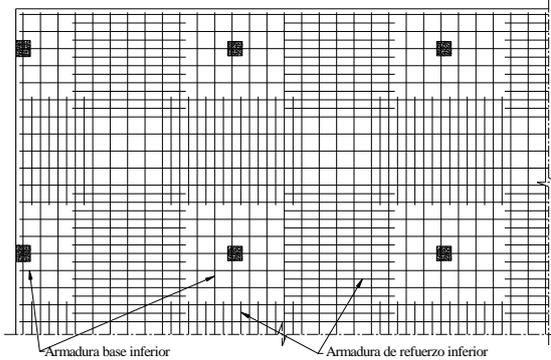
Figura 18. Esquema de armado de forjados unidireccionales y su proceso de ejecución (Puede visualizarse un armado típico en el siguiente link: <https://skfb.ly/6Vy7M>)

5.2 Losas macizas

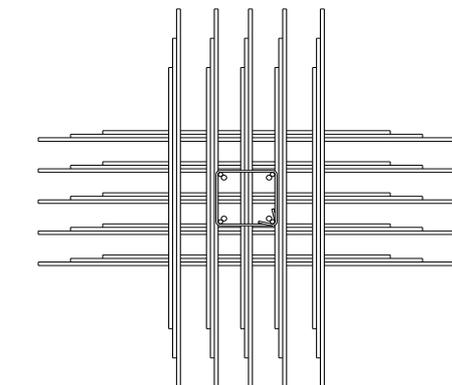
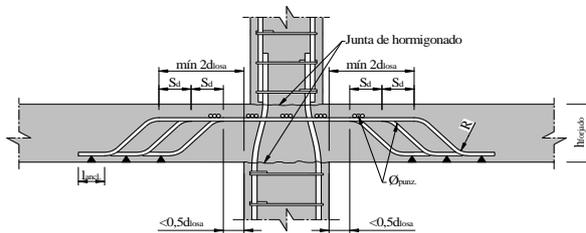
ARMADURA (A_s) EN CARA SUPERIOR



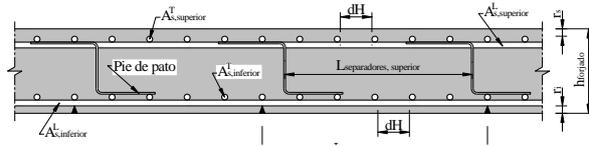
ARMADURA (A_s) EN CARA INFERIOR



Esquema de armado de la armadura longitudinal



Esquema de armado de la armadura de punzonamiento



Sección transversal. Armadura longitudinal



1 Construcción del encofrado con tablero continuo



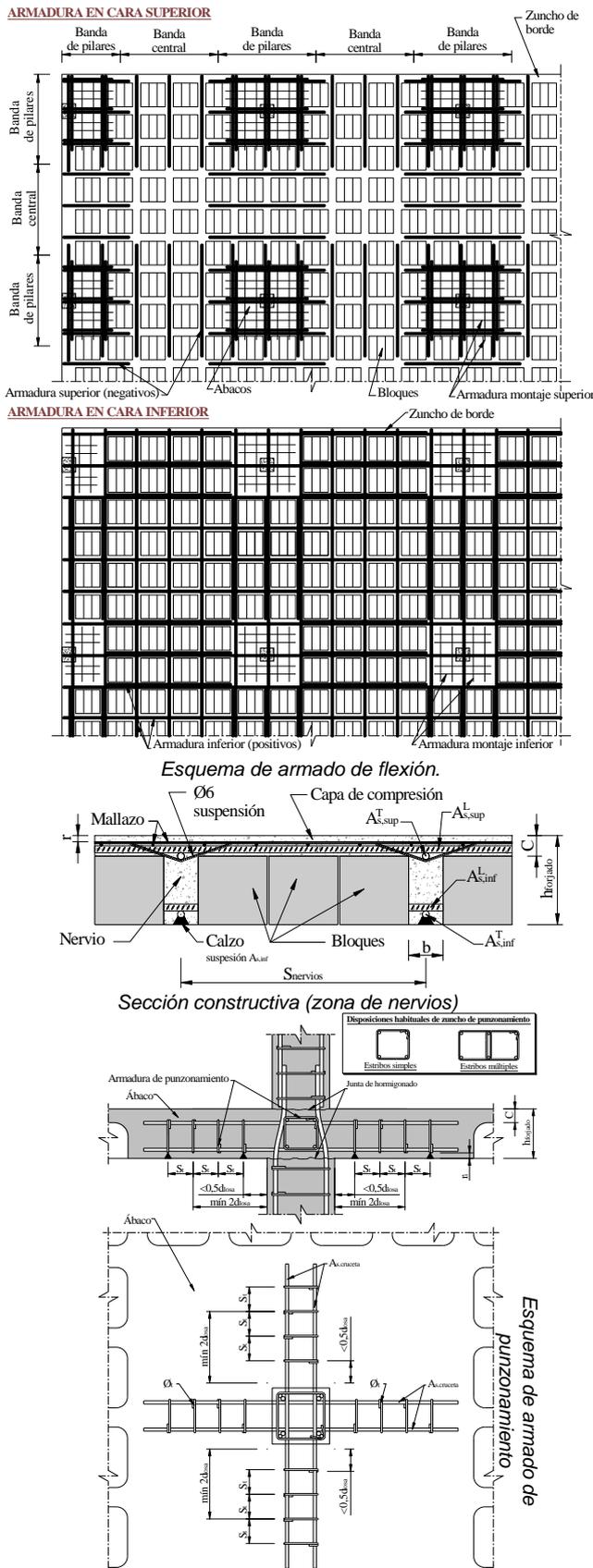
2 Montaje de armaduras



3 Hormigonado

Figura 19. Esquema de armado de forjados de losa maciza y su proceso de ejecución (Puede visualizarse un armado típico en el siguiente link: <https://skfb.ly/oCnTR>)

5.3 Forjados reticulares



1 Construcción del encofrado con tablero continuo



2 Replanteo de casetones



3 Montaje de armaduras



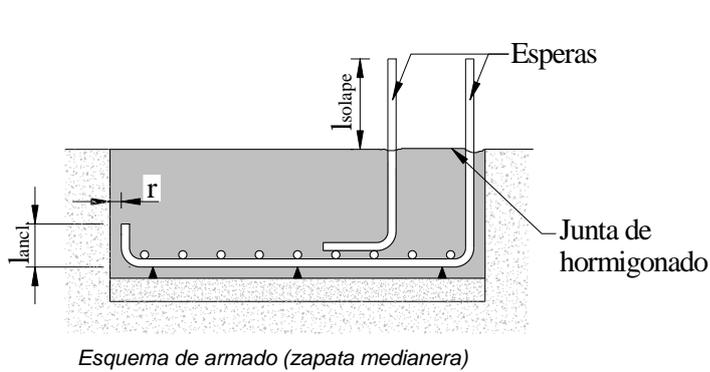
4 Hormigonado

Figura 20. Esquema de armado de forjados reticulares y su proceso de ejecución (Puede visualizarse un armado típico en el siguiente link: <https://skfb.ly/6XQDD>, y un detalles de los armados de punzonamiento en estos otros link: <https://skfb.ly/o7WRS> (cruceas) y <https://skfb.ly/oLszV> (barras levantadas))

7. ELEMENTOS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS

7.1 Muros de contención

7.1.1 Ejecución de zapatas corridas bajo muro



① Montaje armaduras de la zapata y de esperas (zapata medianera)



① Excavación



① Hormigonado (zapata medianera)



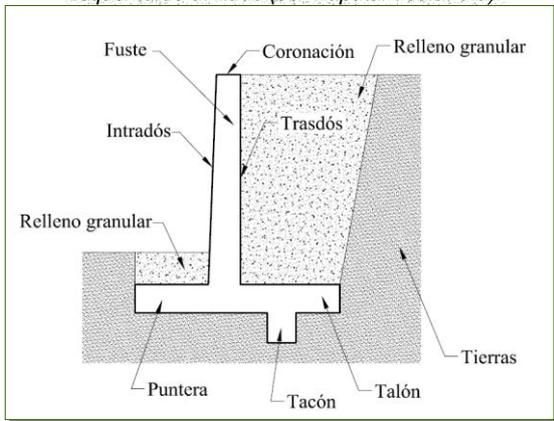
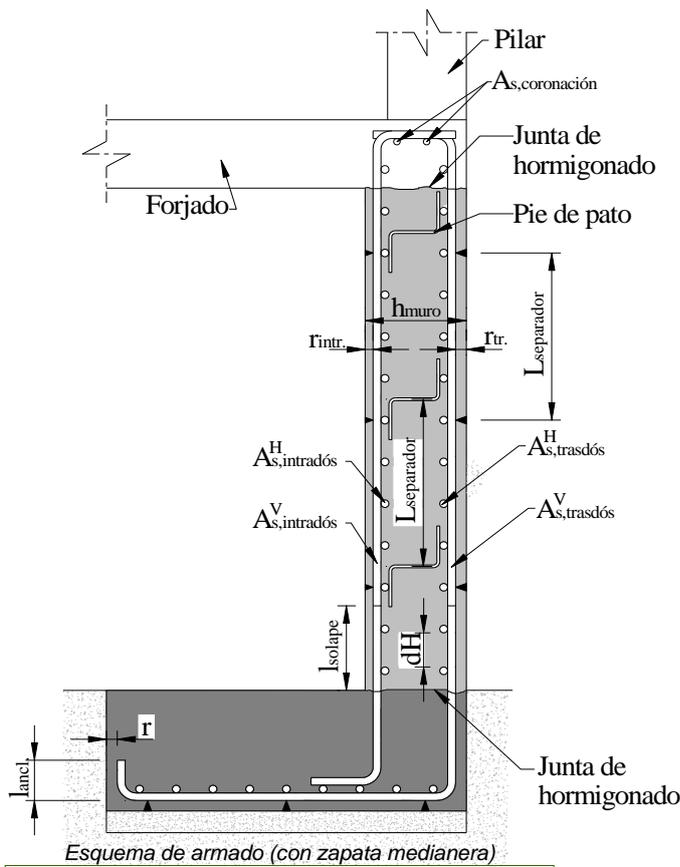
① Hormigón de limpieza y replanteo (zapata centrada)



① Zapatas ejecutadas

Figura 23. Esquema de armado de zapatas corridas bajo muro (sin talón) y su proceso de ejecución.

7.1.2 Ejecución del alzado de muros



1 Montaje de armaduras de alzado de muro



2 Detalle del solape



3 Encofrado



4 Muro finalizado. Enlace con el forjado

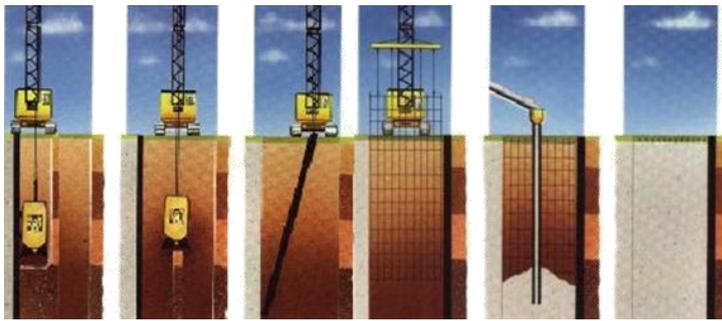


5 Hormigonado

Figura 24. Esquema de armado de muros y su proceso de ejecución (Puede visualizarse un armado típico en el siguiente link: <https://skfb.ly/oBx76>)

7.2 Muros pantalla

7.2.1 Ejecución de pantallas



Esquema del proceso de ejecución de una pantalla



1 Construcción del murete guía



2 Perforación



3 Colocación de junta



4 Colocación de la armadura



5 Hormigonado (con tubo premie)



6 Descabezado



7 Armado viga coronación

Figura 25. Proceso de ejecución de pantallas

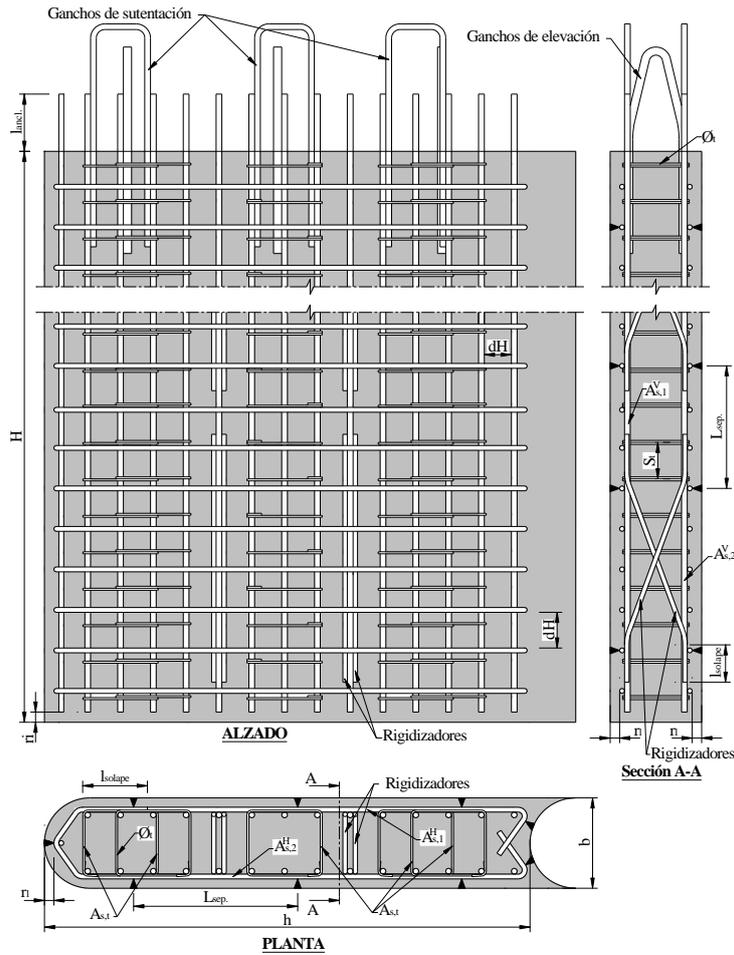


Figura 26. Esquema de armado de paneles de pantallas (Puede visualizarse un armado típico en el siguiente link: <https://skfb.ly/oAOxn>)

7.2.2 Excavación

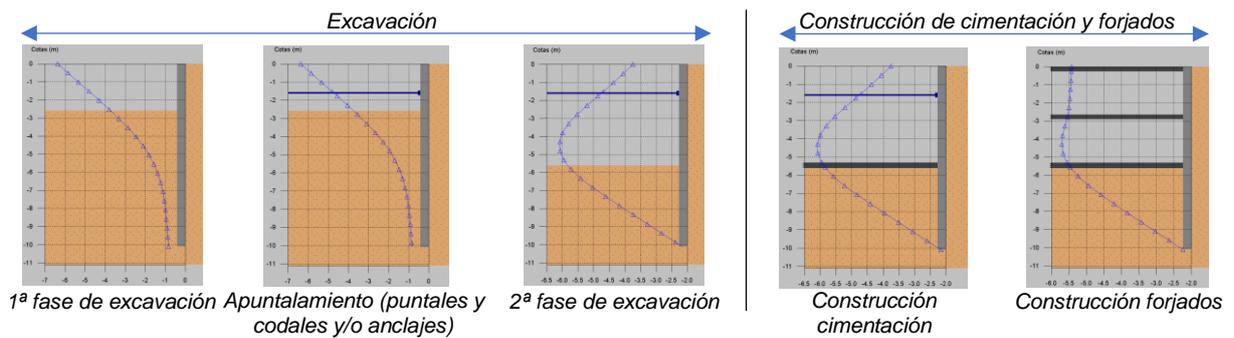
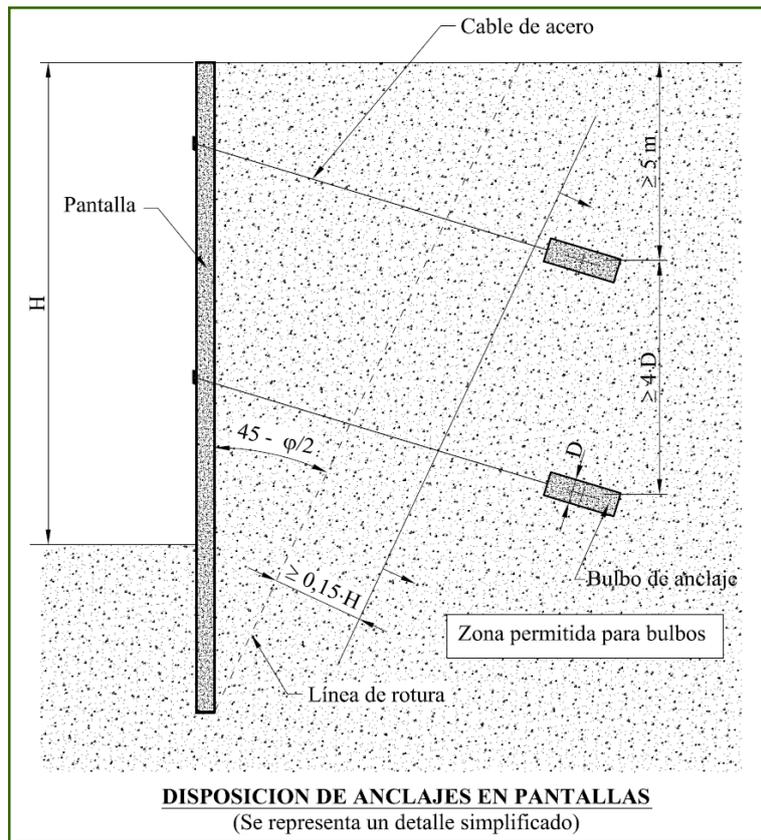


Figura 27. Evolución del desplazamiento experimentado por la pantalla en cada fase de obra.



Figura 28. Excavación.

7.2.3 Ejecución de anclajes



1 Perforación



2 Colocación de cordones e inyección



3 Tesado de los cordones



4 Anclajes terminados

Figura 29. Proceso de ejecución de anclajes

8. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La clasificación de los elementos estructurales se puede realizar atendiendo a distintos aspectos. Sin pretender realizar una clasificación rigurosa y exhaustiva, en la Figura 30 se muestra una clasificación de elementos estructurales un poco más extensa que la vista en el apartado 1. Su alcance se limita a los elementos estructurales empleados en las estructuras de hormigón en el ámbito de la edificación.

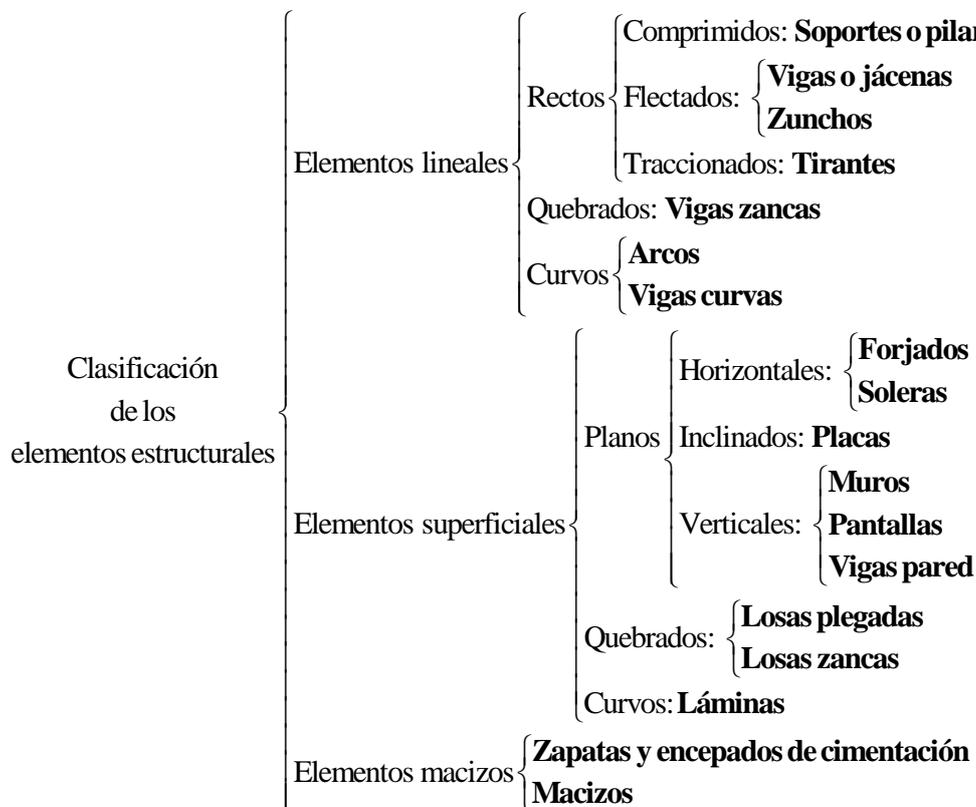


Figura 30. Clasificación de los elementos estructurales

BIBLIOGRAFÍA:

- ❑ EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural.
- ❑ CÓDIGO 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.