

**CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS
HORMIGÓN ARMADO**
**Adaptado a las instrucciones
EHE, EFHE, NCSE-02 y CTE.**

3ª Edición

Pascual Urbán Brotóns

Título: Construcción de Estructuras de hormigón armado. Adaptado a las instrucciones EHE, EFHE, NCSE-02 y CTE.

Autor: © Pascual Urbán Brotóns

ISBN-13: 978-84-8454-558-3

ISBN-10: 84-8454-558-X

Depósito legal: A-827-2006

ISBN 1ª edición: 84-8454-292-0

ISBN 2ª edición: 84-8454-381-1

Edita: Editorial Club Universitario Telf.: 96 567 61 33

C/. Cottolengo, 25 - San Vicente (Alicante)

www.ecu.fm

Printed in Spain

Imprime: Imprenta Gamma Telf.: 965 67 19 87

C/. Cottolengo, 25 - San Vicente (Alicante)

www.gamma.fm

gamma@gamma.fm

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información o sistema de reproducción, sin permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Hidden page

Hidden page

ÍNDICE

TEMA 1.-EL HORMIGÓN ARMADO.	1
1.1.- DEFINICIÓN.	1
1.2.- FORMA DE TRABAJO.....	1
1.3.- ARMADURAS.....	4
1.4.- LA RETRACCIÓN DEL HORMIGÓN.....	7
1.5.- LA INSTRUCCION EHE.....	8
1.6.- JUNTAS EN EL HORMIGON.....	8
1.7.- DURABILIDAD DEL HORMIGÓN Y DE LAS ARMADURAS.....	10
TEMA 2.- ARMADURAS EMPLEADAS EN EL HORMIGÓN ARMADO.	11
2.1.- CARACTERISTICAS DE LAS ARMADURAS.	11
2.2.- CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FUNCIÓN.....	13
2.3.- ARMADURAS LONGITUDINALES.....	13
2.4.- ARMADURAS TRANSVERSALES.....	14
2.5.- ARMADURAS DE ATADO.....	17
2.6.- ORGANIZACIÓN EN OBRA.....	17
2.7.- DISTANCIA ENTRE BARRAS DE ARMADURAS PRINCIPALES.....	20
2.8.- DISTANCIA A LOS PARAMENTOS.....	22
TEMA 3.- TIPIFICACIÓN DE LAS ARMADURAS.	27
3.1.- ARMADURAS TIPO.....	27
3.2.- ARMADURAS TIPO EN PILARES.	28
3.3.- ARMADURAS TIPO EN VIGAS.....	34
3.4.- ARMADURAS TIPO EN LOSAS DE FORJADO.	61
3.5.- ARMADURAS TIPO EN LOSAS DE ESCALERA.....	62
3.6.- ARMADURAS TIPO EN PLACAS.	84
3.7.- ARMADURAS TIPO EN PIEZAS ESPECIALES.....	86
3.8.- ARMADURAS TIPO EN ARTICULACIONES.....	87
3.9.- ARMADURAS TIPO EN MENSULAS CORTAS.	88

TEMA 4.- DISPOSICIONES DE LAS ARMADURAS PASIVAS.	93
4.1.- DISPOSICION PARTICULAR: CASO DE VIGAS.....	93
4.2.- DISPOSICION PARTICULAR: CASO DE SOPORTES.....	96
4.3.- CUANTIAS GEOMETRICAS MINIMAS.....	98
4.4.- DISPOSICIONES GENERALES DE LAS ARMADURAS PASIVAS.....	99
4.5.- ANCLAJE DE ARMADURAS.....	101
4.6.- EMPALME DE LAS ARMADURAS PASIVAS.....	106
4.7.- ARMADURAS PARA ESFUERZO CORTANTE.....	108
4.8.- DESPIECE DE ARMADURAS.....	111
4.9.- DETALLES CONSTRUCTIVOS.....	112
TEMA 5.- CIMENTACIONES SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. DOCUMENTO BÁSICO SE-C. SEGURIDAD ESTRUCTURAL. CIMIENTOS.	121
5.1.- CIMENTACIONES DIRECTAS: DEFINICIONES Y TIPOLOGÍAS.....	121
5.2.- GENERALIDADES SOBRE CIMENTACIONES.....	124
5.3.- ZAPATA AISLADA CENTRADA.....	127
5.4.- TIPOS DE ZAPATAS SEGÚN LA EHE Y EL CTE.....	128
5.5.- FORMA DE TRABAJO.....	129
5.6.- DISPOSICION DE SUS ARMADURAS.....	131
5.7.- CANTO MÍNIMO Y ARMADO MÍNIMO.....	134
5.8.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LA ZAPATA AISLADA.....	134
5.9.-CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LAS ZAPATAS SEGÚN EL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (SE-C).....	136
TEMA 6.- CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE HORMIGÓN ARMADO: ZAPATAS MEDIANERAS Y DE ESQUINA.	141
6.1.- INTRODUCCIÓN.....	141
6.2.- FORMA DE TRABAJO.....	142
6.3.- SOLUCIONES PARA EVITAR EL VUELCO: LA VIGA CENTRADORA.....	143
6.4.- DISPOSICIÓN DE LAS ARMADURAS DE LA ZAPATA MEDIANERA.....	152
6.5.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LA ZAPATA MEDIANERA.....	153
6.6.- ARRIOSTRAMIENTO DE LAS ZAPATAS.....	155

TEMA 7.- CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE HORMIGÓN ARMADO: ZAPATAS COMBINADAS Y CORRIDAS. POZOS DE CIMENTACION. EMPARRILLADOS.	159
7.1.- CONTENIDO DEL CTE.....	159
7.2.- DEFINICIÓN.	159
7.3.- DISPOSICIÓN EN PLANTA.	160
<u>7.4.- FORMA DE TRABAJO DE LAS ZAPATAS COMBINADAS Y CORRIDAS.</u>	<u>162</u>
7.5.- DISPOSICIÓN DE SU ARMADURA.....	166
7.6.- CASO DE CARGAS MUY VARIABLES. ZAPATA COMBINADA.	167
7.7.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LAS ZAPATAS COMBINADAS Y CORRIDAS.....	170
7.8.- POZOS DE CIMENTACION.	174
7.9.- CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LOS POZOS DE CIMENTACIÓN SEGÚN EL C T E (SE-C)	174
7.10.- EMPARRILLADOS.....	175
TEMA 8.-CIMENTACIONES DIRECTAS O SUPERFICIALES DE HORMIGÓN ARMADO: LOSAS Y PLACAS DE CIMENTACIÓN.	177
8.1.- LOSAS, SEGÚN EL CTE (SE-C)	177
8.2.- GENERALIDADES.....	178
8.3.- APLICACIÓN.....	179
8.4.- CRITERIOS DE DISEÑO Y FORMA DE LAS LOSAS O PLACAS.....	179
8.5.- DEFORMADA Y FORMA DE TRABAJO.	184
8.6.- ARMADO DE LOSAS Y PLACAS DE CIMENTACIÓN.....	186
8.7.- DISPOSICIÓN DE SU ARMADURA.....	193
<u>8.8.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LAS LOSAS Y PLACAS.</u>	<u>196</u>
TEMA 9.- CIMENTACIONES PROFUNDAS: PILOTES. DEFINICIONES Y TIPOLOGIAS SEGÚN EL CTE (SE-C)	199
9.1.- DEFINICIONES.....	199
9.2.- TIPOLOGIAS.....	199
9.3.- CONFIGURACION GEOMETRICA DE LA CIMENTACION	202
9.4.- ACCIONES A CONSIDERAR.....	203
9.5.- CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.....	208
9.6.- CIMENTACIÓN PROFUNDA. GENERALIDADES.	209
9.7.- APLICACIÓN DE ESTE TIPO DE CIMENTACIONES.	210
9.8.- PILOTES. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN.	210

9.9.- CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO.....	212
9.10.- CLASIFICACIÓN DE LOS PILOTES.....	212
9.11.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PILOTES.....	213
9.11.1.- PILOTES PREFABRICADOS.....	213
<u>9.11.2.- PILOTES MOLDEADOS IN SITU.....</u>	<u>218</u>
9.12.- VENTAJAS DE LOS PILOTES HORMIGONADOS IN SITU.....	229
9.13.- MICROPILOTES.....	229
TEMA 10.- CIMENTACIONES PROFUNDAS. ENCEPADOS.....	231
10.1.- DEFINICIÓN.....	231
10.2.- CRITERIOS DE DISEÑO Y NORMAS GENERALES.....	231
<u>10.3.- FORMA DE TRABAJO.....</u>	<u>233</u>
<u>10.4.- ARRIOSTRAMIENTO.....</u>	<u>233</u>
<u>10.5.- DISPOSICIÓN DEL ARMADO DEL ENCEPADO DE UN PILOTE.....</u>	<u>235</u>
10.6.- DISPOSICIÓN DEL ARMADO DEL ENCEPADO DE DOS PILOTES.....	237
10.7.- DISPOSICIÓN DEL ARMADO DEL ENCEPADO DE TRES O MÁS PILOTES.....	240
10.8.- ANCLAJES DEL ENCEPADO.....	243
10.8.1.- CASO DE SOPORTE DE HORMIGÓN ARMADO:.....	243
10.8.2.- CASO DE SOPORTE METÁLICO:.....	243
10.8.3.- CASO DE SOPORTE MIXTO:.....	245
10.9.- TÉCNICA DE EJECUCIÓN DE LOS ENCEPADOS.....	246
TEMA 11.- ELEMENTOS DE CONTENCION. DEFINICIONES Y TIPOLOGIAS. MUROS DE CONTENCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO.....	247
11.1.- MUROS.....	247
11.2.- GENERALIDADES.....	251
11.3.- MUROS DE GRAVEDAD O DE HORMIGON EN MASA.....	254
11.4.- MUROS DE HORMIGON ARMADO.....	254
11.4.1.- MUROS DE HORMIGÓN ARMADO EN MÉNSULA O EN L:.....	255
11.4.2.- MUROS CON CONTRAFUERTES:.....	269
11.4.3.- MUROS CON PLACAS O BANDEJAS EXTERIORES:.....	271
11.4.4.- MUROS DE SÓTANO:.....	272
11.5.- JUNTAS.....	276
11.6.- IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE.....	278

11.7.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LOS MUROS.....	280
11.8.- MUROS DE CARGA.....	285
11.9.- UNIONES CON OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	287
11.10.- MUROS DESCOLGADOS Y PARAPETOS ANCLADOS O MUROS POR BATACHES..	290
TEMA 12.- ELEMENTOS DE CONTENCION, PANTALLAS O MUROS PANTALLA. DEFINICIONES Y TIPOLOGIAS.....	301
12.1.- PANTALLAS.....	301
12.2.- PANTALLAS. CRITERIOS BASICOS.....	304
12.3.- ESTABILIDAD GLOBAL Y FALLO COMBINADO DEL TERRENO Y EL ELEMENTO ESTRUCTURAL.....	306
12.4.- CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LAS PANTALLAS.....	307
12.5.- GENERALIDADES.....	309
12.6.- CLASIFICACIÓN DE LAS PANTALLAS O MUROS PANTALLA SEGÚN SU FORMA DE TRABAJO.....	310
<u>12.6.1.- PANTALLAS EN MÉNSULA.-</u>	<u>312</u>
<u>12.6.2.- PANTALLAS CON CONTRAFUERTE</u>	<u>312</u>
12.6.3.- PANTALLAS CON BANQUETAS PROVISIONALES.....	314
12.6.4.- PANTALLAS CON APUNTALAMIENTO PROVISIONAL.....	315
<u>12.6.5.- PANTALLAS CON ANCLAJES PROVISIONALES AL TERRENO CIRCUNDANTE.</u>	<u>316</u>
12.6.6.- PANTALLAS AUTOARRIOSTRADAS.....	319
12.6.7.- PANTALLAS CON ANCLAJES O ARRIOSTRAMIENTOS DEFINITIVOS.....	320
12.7.- ARMADURA TIPO DE LOS MUROS PANTALLA.....	320
12.8.- CONSTRUCCIÓN SIMULTÁNEA ASCENDENTE-DESCENDENTE.....	326
12.9.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LOS MUROS PANTALLA.....	331
12.9.1.- MURETE GUIA.....	332
12.9.2.- EXCAVACIÓN O PERFORACIÓN.....	333
12.9.3.- JUNTAS ENTRE BATACHES O PANELES. TIPOS.....	338
12.9.4.- INTRODUCCIÓN O PUESTA EN OBRA DE LAS ARMADURAS.....	341
12.9.5.- HORMIGONADO DEL PANEL.....	344
<u>12.9.6.- EXTRACCION DE JUNTAS.</u>	<u>345</u>
12.9.7.- DESMOCHADO DE CABEZAS.....	346
12.9.8.- VIGA DE CORONACIÓN.-.....	347
12.9.9.- VACIADO DEL RECINTO Y REGULARIZACIÓN DE LAS PANTALLAS.....	349

12.9.10.- PERCANCES O INCIDENTES DURANTE LA EJECUCIÓN	349
12.10.- UNIONES DEL MURO PANTALLA CON EL RESTO DE ESTRUCTURA. ...	352
12.11.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS MUROS PANTALLA	363
12.12.- PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN MURO PANTALLA MEDIANTE BATACHES	365
TEMA 13.- FORJADOS DE HORMIGON ARMADO. GENERALIDADES.	367
13.1.-DEFINICION DE FORJADO	367
13.2.-FUNCIONES QUE CUMPLE EL FORJADO:	367
13.3.-CARGAS QUE SOPORTA EL FORJADO.....	368
13.4.-CLASIFICACION DE LOS FORJADOS.....	368
13.4.1.-EN FUNCIÓN DE LA FORMA DE TRANSMITIR LAS CARGAS:	369
13.4.2.-EN FUNCIÓN DEL SISTEMA DE FABRICACIÓN O DE EJECUCIÓN	370
13.4.3.-EN FUNCIÓN DEL GRADO DE HIPERESTATISMO.....	372
13.4.4.-EN FUNCIÓN DE SU CONSTITUCIÓN.....	372
13.4.5.- EN FUNCIÓN DE SU ARMADURA	372
TEMA 14.- FORJADOS UNIDIRECCIONALES.....	373
14.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN FORJADO.....	374
14.2.FORJADO DE VIGUETAS	374
14.3.FORJADO DE LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS	375
14.4.PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES.....	375
14.5.PIEZAS DE ENTREVIGADO.....	377
14.6.DURABILIDAD.....	380
14.7.CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LOS FORJADOS.....	381
14.8.ARMADO DE REPARTO.....	381
14.9.APOYOS DE FORJADOS DE VIGUETAS.....	383
14.10.ARMADO SUPERIOR.....	387
14.11.ENFRENTAMIENTO DE NERVIOS.....	388
14.12.VIGAS.....	390
14.13.ZUNCHOS.....	390
14.14. TIPOS DE FORJADOS DE VIGUETAS.....	391
14.14.1.FORJADOS DE VIGUETAS RESISTENTES.....	391
14.14.2. FORJADOS DE VIGUETAS SEMIRRESISTENTES DE HORMIGON ARMADO.....	393
14.15.OTRAS DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS.....	397

<u>14.16.ESPECIFICACIONES CONCRETAS SOBRE FORJADOS EN LA NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE NCSE-02, APROBADA POR EL REAL DECRETO 997/2002, DE 27 SEPTIEMBRE.....</u>	<u>406</u>
<u>14.17.TÉCNICA DE EJECUCIÓN DE LOS FORJADOS DE VIGUETAS.....</u>	<u>407</u>
<u>14.18.FORJADOS DE LOSAS HORMIGONADAS "IN SITU".....</u>	<u>407</u>
<u>TEMA 15.- FORJADOS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN ARMADO: VOLADIZOS.....</u>	<u>409</u>
<u>15.1.-INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>409</u>
<u>15.2.-PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA.....</u>	<u>409</u>
<u>15.3.-VOLADIZOS DE FORJADOS DE VIGUETAS RESISTENTES Y SEMIRRESISTENTES.....</u>	<u>411</u>
<u>15.3.1.-VOLADIZOS EN EL SENTIDO PRINCIPAL DE LA VIGUETA.....</u>	<u>411</u>
<u>15.3.2.-VOLADIZO EN SENTIDO PERPENDICULAR A LA VIGUETA.....</u>	<u>412</u>
<u>15.3.3.-VOLADIZO DE VIGUETAS PERPENDICULARES A FACHADA, Y CON VIGUETAS PARALELAS A FACHADA EN LA PARTE INTERIOR.....</u>	<u>413</u>
<u>15.4.-ARMADURA DE MOMENTOS NEGATIVOS EN FORJADOS UNIDIRECCIONALES.....</u>	<u>415</u>
<u>15.4.1.-VIGUETAS EN VOLADIZO.....</u>	<u>415</u>
<u>15.4.2.-VIGUETAS EMPOTRADAS.....</u>	<u>415</u>
<u>15.4.3.-VIGUETAS APOYADAS.....</u>	<u>415</u>
<u>15.5.- DETALLES CONSTRUCTIVOS.....</u>	<u>416</u>
<u>TEMA 16.- FORJADOS BIDIRECCIONALES PLANOS DE HORMIGON ARMADO.....</u>	<u>425</u>
<u>16.1.-PLACAS GENERALIDADES.....</u>	<u>425</u>
<u>16.2.TIPOS DE PLACAS.....</u>	<u>425</u>
<u>16.3.-DESCRIPCION BASICA DEL FORJADO RETICULAR.....</u>	<u>428</u>
<u>16.4.-FORMA DE TRABAJO DE LOS FORJADOS RETICULARES.....</u>	<u>431</u>
<u>16.5.-TIPOS DE FORJADOS RETICULARES.....</u>	<u>435</u>
<u>16.6.-GEOMETRÍAS BÁSICAS DE LOS ELEMENTOS DEL FORJADO RETICULAR.....</u>	<u>437</u>
<u>16.7.-ARMADO DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS DEL FORJADO RETICULAR.....</u>	<u>447</u>
<u>16.8.-OTRAS DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS.....</u>	<u>465</u>
<u>16.9.-PILARES Y ABACOS METALICOS.....</u>	<u>469</u>
<u>16.10.-DETALLES COMPLEMENTARIOS.....</u>	<u>473</u>

TEMA 17.- PUESTA EN OBRA DE LOS FORJADOS: EJECUCIÓN Y CONTROL.....	483
17.1.-INTRODUCCIÓN.....	483
17.2.-TRANSPORTE, DESCARGA, MANIPULACION Y ACOPIO EN OBRA.....	483
17.3.-APUNTALADO.....	484
17.4.-COLOCACION DE LAS VIGUETAS Y PIEZAS DE ENTREVIGADO.....	484
17.5.-COLOCACION DE LAS ARMADURAS.....	485
17.6.-HORMIGONADO EN OBRA.....	485
17.7.-CURADO DEL HORMIGÓN.....	486
17.8.-DESAPUNTALADO.....	486
17.9.-HUECOS O ABERTURAS EN LOS FORJADOS.	489
17.10.-CONTROLES Y PRECAUCIONES PARA EVITAR PATOLOGÍAS EN LOS FORJADOS.	489
TEMA 18.- FORJADOS DE CHAPA NERVADA COLABORANTE.....	493
18.1.- INTRODUCCIÓN.....	493
18.2.- LIMITACIONES DEL USO DEL FORJADO MIXTO DE CHAPA NERVADA.....	497
18.3.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL FORJADO MIXTO DE CHAPA NERVADA COLABORANTE.....	498
18.4.- ELEMENTOS DEL FORJADO DE CHAPA COLABORANTE.....	499
18.5.- PUESTA EN OBRA DEL FORJADO COLABORANTE.....	507
18.6.- REALIZACIONES.....	521
BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	525

TEMA 1.-EL HORMIGÓN ARMADO

1.1.- DEFINICIÓN.

El hormigón armado es un material compuesto por la unión eficiente de otros dos:

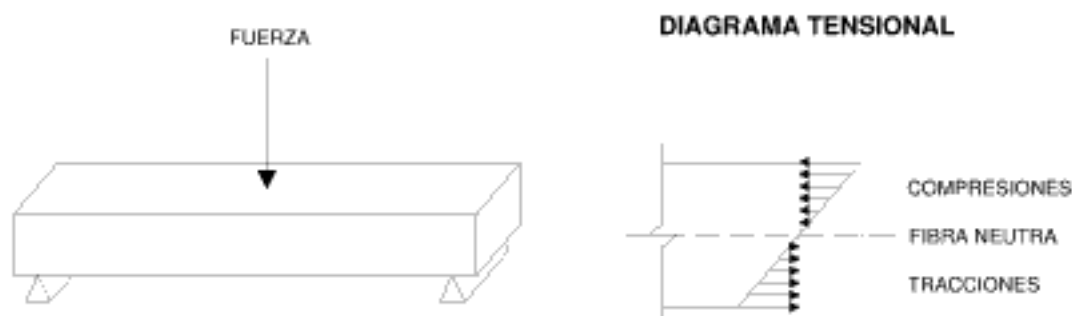
- El hormigón en masa.
- El acero, en forma de armaduras o varillas.

Esta unión permite realizar estructuras de toda clase, adaptadas técnicamente a las más variadas soluciones y muy competitivas con las de otros materiales.

En la actualidad es un medio insustituible de construcción, cuyas aplicaciones sobrepasan a las de otros materiales.

1.2.- FORMA DE TRABAJO.

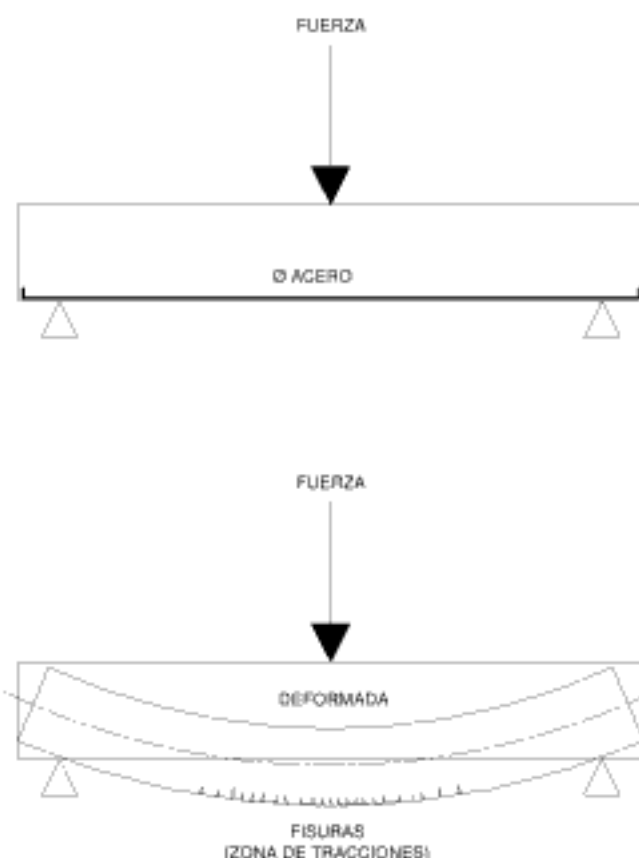
Para entender mejor el funcionamiento de este material, vamos a suponer un prisma de hormigón en masa, como si fuese una barra de tiza. La vamos a apoyar en sus extremos y le ponemos una carga en el centro. ¿Qué es lo que sucede?



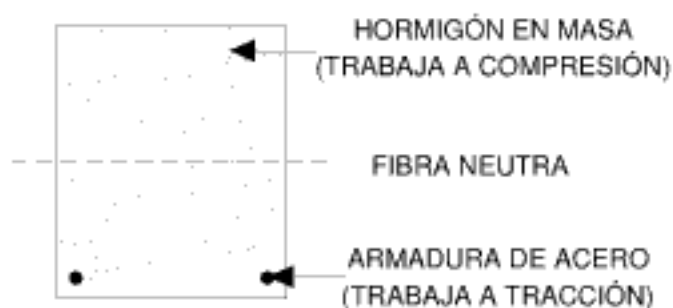
El material resiste hasta que la acción provoca una rotura por tracción en sus fibras inferiores. Por lo tanto, esta pieza podrá resistir hasta una determinada carga, y su resistencia queda limitada por la resistencia a tracción del hormigón en masa, que advertimos que es pequeña.

Por diversas causas resulta apropiada la combinación del hormigón con el acero. De entre todas ellas, la más evidente deriva del hecho de que el acero sustituye, de modo óptimo, la deficiencia que posee el hormigón ante la resistencia a tracción, permitiendo de esta forma una utilización más económica y eficaz, en todo tipo de estructuras.

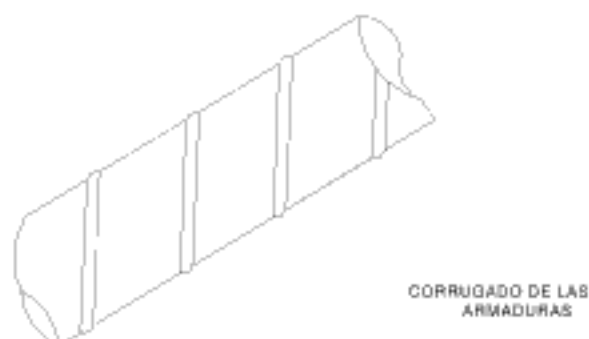
Por tanto, si armamos este prisma o pieza, colocándole armaduras en su parte inferior, observamos que ella misma se deforma, pero no rompe instantáneamente.



En este nuevo material (hormigón armado), sus fibras inferiores podrán trabajar a mayor tracción, y su rotura se producirá cuando agotemos, con la Fuerza, la sollicitación de rotura del acero.



La adherencia del acero al hormigón permite una buena unión entre ambos, aumentando dicha adherencia con el perfil de salientes helicoidales, también llamado "corrugado del acero".



Por otra parte, el recubrimiento que el hormigón proporciona a las barras de acero, contribuye a una mayor protección del acero ante la oxidación y, por tanto, favorece su durabilidad.

Otra importante cualidad es la ductilidad de ambos materiales, refiriéndonos con esto, a la deformación que la pieza experimenta antes de llegar a la rotura. Esta propiedad ofrece la ventaja de que, ante cualquier sollicitación imprevista que pudiera alcanzar la rotura, ésta la haría de forma mucho más lenta que si se tratase de un material frágil.

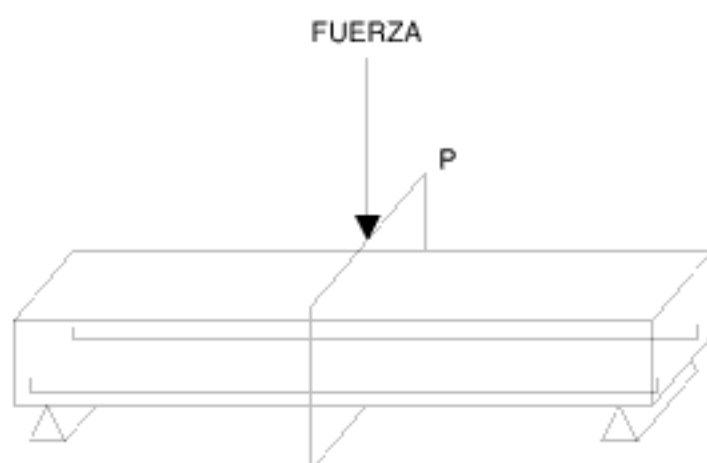
Si en algún punto se produce una concentración de tensiones, las grandes deformaciones del material dúctil, tienden a igualar las diferencias; mientras que en el material frágil se puede originar un daño o rotura localizada. En estos casos el material dúctil, en cierta forma, "avisa" que va a romper, mediante fisuraciones en la pieza y por las grandes deformaciones que experimenta. En cambio, el material frágil, rompe de forma repentina, sin una manifestación previa visible.

A modo de resumen, la introducción del acero en el hormigón, dota a la mayoría de las piezas de varias ventajas, tales como:

- Un grado de "ductilidad" del que carece el hormigón por sí mismo.
- Una "deformabilidad" mayor, antes de llegar a la rotura, de la que tiene por sí mismo el hormigón.
- En el complejo "hormigón-acero", el hormigón es el encargado de absorber, fundamentalmente, los esfuerzos de compresión; no teniéndose en cuenta, en la práctica, su resistencia a tracción, ya que dichos esfuerzos han de ser absorbidos, en su totalidad, por las armaduras.

1.3.- ARMADURAS.

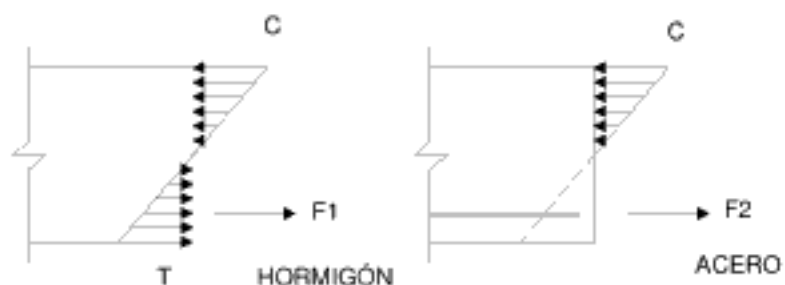
Para considerar a una pieza de Hormigón Armado como tal, deberá estar **correctamente armada**, y por lo que toda sección que trabaje a tracción deberá tener una armadura mínima, o sea, una cuantía mínima, que garantice una resistencia a tracción superior a la del hormigón en masa.



Para que no haya rotura brusca, el acero a tracción resistirá más que el hormigón, por tanto, la resistencia a compresión y a tracción aportadas por el conjunto, alejarán la pieza de su rotura frágil (que no avisa).

Si tenemos la pieza anterior con armadura, sus fibras podrán soportar tracciones y compresiones, según el diagrama de tensiones siguiente:

PLANO P: DIAGRAMA TENSIONAL



F1: RESULTANTE DE LA SUMA DE LAS FUERZAS DE TRACCIÓN DEL HORMIGÓN

F2: FUERZA DE TRACCIÓN TOTAL DEL ACERO

En el caso de que la pieza no esté correctamente armada, y F_1 sea superior a F_2 : debido al fenómeno de adherencia hormigón-acero, el hormigón transmite las tensiones de tracción a las armaduras, y como éstas no son capaces de absorberlas en su totalidad, al haber sobrepasado su capacidad de trabajo a tracción, se produce la rotura frágil de la pieza.

Esta rotura es peligrosa, porque provoca la ruina de la pieza, y la de las demás piezas que se vean afectadas por el impacto de aquélla en su caída. $F_1 > F_2 =$ ruina de la pieza

Posición de las armaduras:

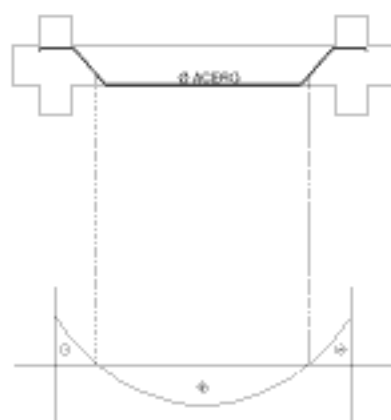
Las armaduras deberán colocarse correctamente, dependiendo del cálculo de los diagramas de esfuerzos de la pieza.

Veamos, como ejemplo, la posición correcta de las armaduras en las piezas de Hormigón Armado más corrientes:

- Jácena apoyada en sus extremos: armadura principal situada en la parte inferior, en la zona de momentos flectores positivos.



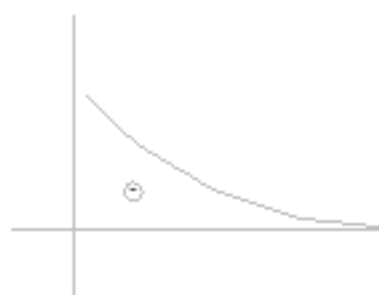
- Jácena empotrada: la armadura principal se colocará en la parte inferior, en la zona central de la jácena (momentos positivos) y en la parte superior (momentos negativos) en los extremos de la misma.



- Pilar: armadura colocada en las cuatro caras del mismo (en el caso de tener la base cuadrada o rectangular). Al desconocer hacia donde se deforma, armamos igual las 4 caras.



- Jácena en voladizo: armadura principal colocada en la parte superior de la misma (momentos negativos).



1.4.- LA RETRACCIÓN DEL HORMIGÓN.

La retracción consiste en la disminución de volumen del hormigón debido a la pérdida de parte de agua amasado. Provoca roturas o fisuras superficiales o en su totalidad en la pieza de hormigón.

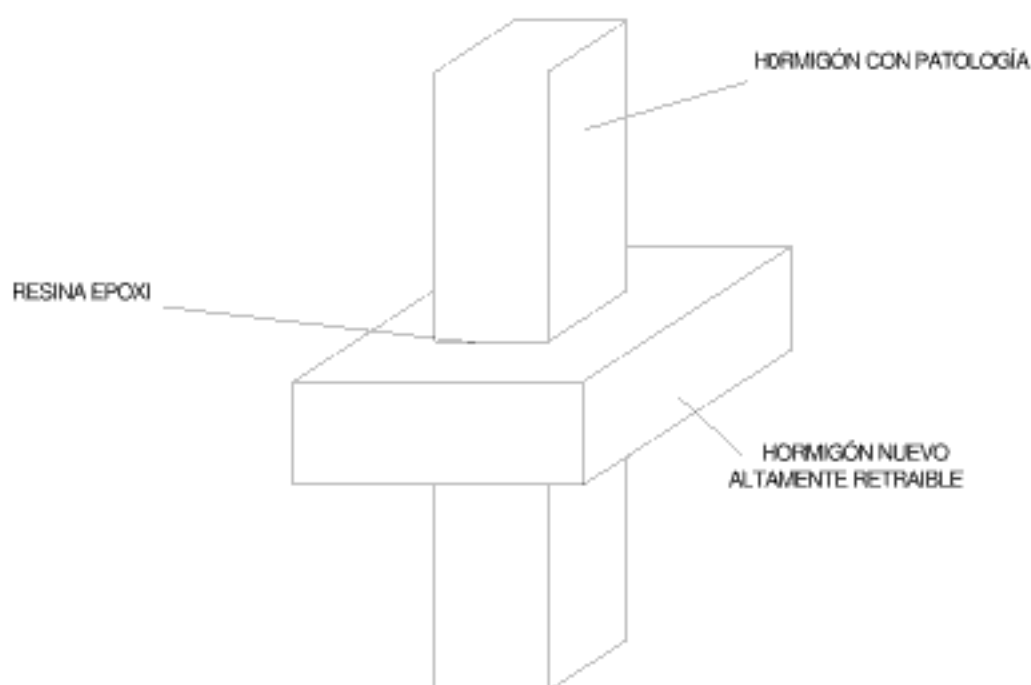
La introducción de armaduras en la masa de hormigón no hace que desaparezca el fenómeno de la retracción, pero sí sus manifestaciones (fisuras). Cuando retrae el hormigón, pone a las armaduras en compresión localmente, impidiendo el resultado de la fisura grande, pasando a tener muchas microscópicas (microfisuras).

La retracción disminuye con la introducción de áridos gruesos en la pasta. En cambio, puede aumentar de diversas formas, como son:

- a) Mayor riqueza de cemento.
- b) Mayor grado de finura en los áridos.
- c) La cantidad de agua del amasado.
- d) La velocidad de evaporación del agua de amasado.

No siempre la retracción es mala. En restauración de piezas con patología se utiliza hormigón altamente retraible para aumentar el poder de compresión de unos hormigones con respecto a otros.

Se emplea “resinas epoxi” para aumentar la adherencia entre ambos hormigones (el antiguo y el reciente) y para evitar que retraiga separándose del pilar.



1.5.- LA INSTRUCCION EHE.

Es la Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Estructural. Aprobada por Real Decreto 2661/1998, quedando derogadas las Instrucciones EH-91, EP-93 y EH-88. Con este documento se pretende la garantía de calidad de las obras de hormigón.

El ámbito de aplicación de esta Instrucción comprende, con carácter obligatorio, todas las obras, tanto de las Administraciones Públicas como las de carácter privado, así como los productos prefabricados de hormigón.

La Instrucción obliga en el Proyecto y en la Ejecución a que se apliquen los criterios técnicos contenidos en ella. Bajo la responsabilidad del técnico proyectista, puede utilizar otros criterios, siempre que los justifique.

No es objeto de esta asignatura el extenderse en el tema del "hormigón" como material, puesto que el alumno, al llegar a *Construcción de Estructuras*, ya debe poseer los conocimientos básicos sobre el hormigón, sus características, oficios, puesta en obra, curado,..., que además, vienen suficientemente descritos en la mencionada Instrucción.

Sólo vamos a insistir en las *juntas de hormigonado* y en la *durabilidad*, puesto que afectan notablemente a esta asignatura.

1.6.- JUNTAS EN EL HORMIGON.

Lo ideal, en todo tipo de construcción, es que el hormigonado se haga continuo, evitando juntas y consiguiendo un monolitismo total. Pero en la práctica esto es imposible conseguirlo y en las obras son muchas las juntas de trabajo que hay que dejar para continuar el hormigonado al día siguiente u otro día. Además, las juntas son necesarias para evitar que se produzcan fisuraciones por retracción.

Las juntas deben situarse en los puntos de menor fatiga y con superficie normal a las direcciones de compresión. Deberá evitarse las juntas en las zonas de fuertes tracciones.

Las juntas de hormigonado que deberán, en general, estar previstas en el proyecto, se situarán en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión, y allí donde su efecto sea lo menos perjudicial, alejándolas, con dicho fin, de las zonas en las que la armadura esté sometida a fuertes tracciones. Se les dará la forma apropiada mediante tableros u otros elementos que permitan una compactación que asegure una unión lo más íntima posible entre el antiguo y el nuevo hormigón.

Es muy común el empleo de tela de gallinero en las juntas de hormigonado, especialmente en las losas o placas de cimentación. También se utiliza para dicho fin la fibra de vidrio.

Tipos de juntas:

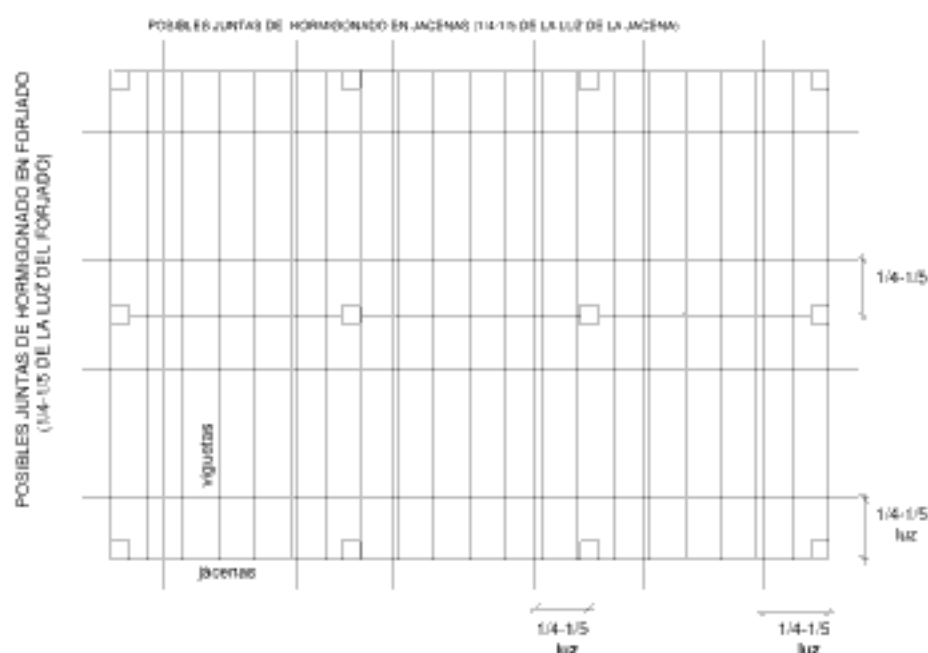
- Juntas de trabajo o de hormigonado.
- Juntas de retracción.
- Juntas de dilatación (las veremos más adelante). Su objeto es facilitar los movimientos del hormigón debidos a sus cambios de dimensión, originados por factores de tipo climatológico. Suelen colocarse como máximo cada 30-40m.

Las juntas de hormigonado y retracción:

Las juntas de hormigonado deben efectuarse en la zona comprendida entre 1/4 y 1/5 de la luz de las jácenas y forjados, lugar aproximado donde el valor de los momentos flectores es prácticamente nulo, puesto que cambian de signo..

En el dibujo adjunto vemos el lugar donde podríamos dejar juntas, tanto en forjado como en jácenas. Eso no quiere decir que obligatoriamente tengamos que dejarlas todas, sino las estrictamente necesarias, por cuestión de trabajo o por retracción.

Siempre que sea posible debemos hacer coincidir las juntas de trabajo con las de retracción.



La distancia máxima entre las juntas, para su eficacia como juntas de retracción, debe ser del orden de lo que a continuación se indica:

	Epoca calurosa	Epoca fría
Clima seco	10 m.	16 m.
Clima húmedo	12 m.	18 m.

El tiempo que las juntas deben permanecer abiertas (si el curado es correcto y se dispone de armadura de reparto en ambos sentidos), será como mínimo de 72 horas en verano y 48 horas en invierno.

Antes de reanudar el hormigonado deben tenerse en cuenta las precauciones especificadas en la Instrucción EHE.

1.7.- DURABILIDAD DEL HORMIGÓN Y DE LAS ARMADURAS.

La durabilidad de una estructura de hormigón es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Una estructura durable debe conseguirse con una estrategia capaz de considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases del proyecto, ejecución y uso de la estructura.

Una estrategia correcta para la durabilidad debe tener en cuenta que en una estructura puede haber diferentes elementos estructurales sometidos a distintos tipos de ambiente.

Según se especifica en la Instrucción EHE, la estrategia de durabilidad incluirá, al menos, los siguientes aspectos:

- Selección de las formas estructurales adecuadas, definiendo esquemas estructurales, detalles constructivos,...
- Consecución de una calidad adecuada del hormigón, y en especial en las zonas más superficiales donde se pueden producir los procesos de deterioro.
- Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras, utilizando separadores,...
- Control del valor máximo de fisuras, en función de la clase de exposición ambiental.
- Disposición de protecciones superficiales en el caso de ambientes muy agresivos. Si estas protecciones adicionales tuviesen una vida útil más pequeña que la del propio elemento estructural al que protegen, en el proyecto deberá contemplarse la planificación de un mantenimiento adecuado del sistema de protección.
- Adopción de medidas contra la corrosión de las armaduras. Éstas deberán permanecer exentas de corrosión durante todo el período de vida útil de la estructura. Para prevenir la corrosión, tendremos en cuenta: la agresividad ambiental, los espesores de recubrimiento, no poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencial galvánico, se prohíbe emplear materiales componentes que contengan iones despasivantes (cloruros, sulfuros y sulfatos) en proporciones superiores a las especificadas en la EHE.

La buena calidad de la ejecución de la obra y, especialmente, del proceso de curado, tienen una influencia decisiva para conseguir una estructura durable.

Las especificaciones relativas a la durabilidad deberán cumplirse en su totalidad durante la fase de ejecución. No se permitirá compensar los efectos derivados por el incumplimiento de alguna de ellas.

TEMA 2.- ARMADURAS EMPLEADAS EN EL HORMIGÓN ARMADO.

2.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS ARMADURAS.

a) Características geométricas:

- Diámetro nominal de una barra corrugada es el número convencional que define el círculo respecto al cual se establecen las tolerancias. Los diámetros de las barras corrugadas existentes en el mercado son los siguientes: 6-8-10-12-14-16-20-25-32 y 40 mm. En general el uso de cada barra es el siguiente:

Las barras de pequeño diámetro (6) se emplean como armadura de reparto.

Las de diámetro 6-8 para cercos y estribos.

Las de diámetros 8-10 para armadura de piel y montaje.

El resto de barras se utilizan como armaduras para la absorción de los esfuerzos de tracción, compresión, ..., de los elementos estructurales.

- Sección nominal de una barra: es el área del mencionado círculo.
- Forma de su superficie: lisa y corrugada.

b) Características mecánicas:

b.1) Resistencia a tracción: es el máximo esfuerzo de tracción que puede soportar una barra en el momento de la rotura, dividido por el área de la sección inicial.

$$R = \frac{\text{Máximo esfuerzo de Tracción}}{\text{Sección}}$$

b.2) Límite elástico teórico: es la máxima tensión que puede soportar el material sin que se produzcan deformaciones permanentes.

b.3) Alargamiento de rotura: es el aumento de longitud de la probeta correspondiente al momento de la rotura, expresado en %.

$$E = \frac{L_f - L_i}{L_i} * 100$$

E: alargamiento de rotura

L_i: longitud inicial

L_f: longitud final

b.4) Ensayo de plegado. Sirve para determinar la ductilidad de las armaduras (manipulaciones de doblado).

c) Características de adherencia:

Para resistir un mismo esfuerzo cuanto mejor sea la calidad del acero menor resulta el precio de la estructura.

Al aumentar el límite elástico de las armaduras (tensión de trabajo) es necesario aumentar la adherencia entre las barras y el hormigón, con objeto de evitar una fisuración peligrosa para la corrosión de las armaduras.

Por ello, las barras de límite elástico elevado tienen rugosidades o salientes en su superficie, con objeto de aumentar la adherencia y rozamiento. Son las barras corrugadas.

El corrugado aumenta el número de fisuras y mejora su distribución.

d) Características generales:

Las armaduras para el hormigón son de acero y sólo vamos a estudiar aquellas consideradas como **Armaduras Pasivas**:

- Barras corrugadas: barras de alta adherencia de acero de dureza natural (6-8-10-12-14-16-20-25-32 y 40 mm.).
- Mallas electrosoldadas (5-6-7-8-9-10-11-12 y 14mm).
- Armadura Básica Electrosoldada en celosía (5-6-7-8-9-10 y 12 mm.).

Las barras no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

Las barras corrugadas se fabrican por laminación en caliente.

La homologación significa el reconocimiento de que cumple con las condiciones exigidas en la normativa.

Los tipos de acero considerados en la Instrucción EHE son:

B 500 T, B 400 S, B 500 S y B 400 SD.

Se permite la utilización de alambres corrugados (B 500 T) como componentes de mallas electrosoldadas y de armaduras básicas en celosía (en este último caso, pueden también utilizarse los alambres lisos como elementos de conexión). Se prohíbe expresamente toda otra utilización diferente de las anteriores, de los alambres, lisos o corrugados, como armaduras pasivas tanto longitudinales como transversales.

En las armaduras pasivas, tanto en barras corrugadas como en los elementos constitutivos de las mallas electrosoldadas y armaduras básicas en celosía, los tipos de acero adecuados son:

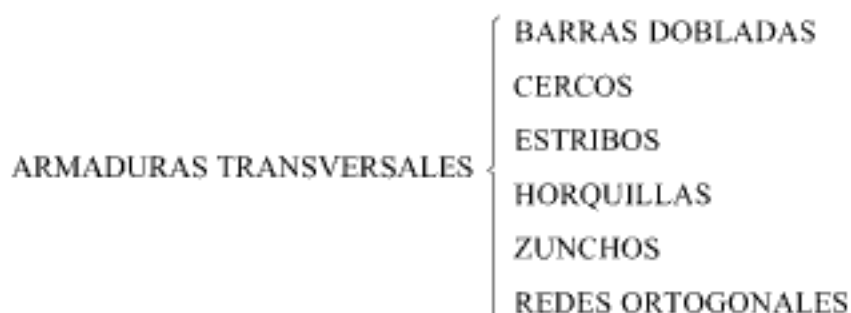
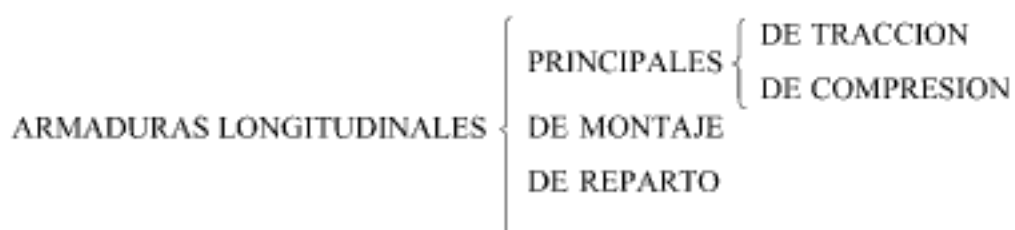
- **B 400 SD**: barras corrugadas de acero soldable con características especiales de ductilidad para armaduras de hormigón armado (UNE 36065/98).

- **B 500 S**: barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado (UNE 36068/94).

La sección de cada redondo equivale aproximadamente a la suma de las secciones de los dos redondos inmediatamente precedentes, lo que facilita las distintas combinaciones de empleo o sustitución.

2.2.- CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FUNCIÓN.

Las diferentes clases de armaduras que pueden intervenir en la construcción de una pieza de hormigón armado se clasifican en:



2.3.- ARMADURAS LONGITUDINALES.

Estas armaduras se sitúan a lo largo de toda la pieza (de un extremo al otro).

Las **Armaduras Longitudinales Principales** son las encargadas de absorber los esfuerzos normales en cada sección transversal de la pieza, y deben ocupar una posición: periférica en pilares y tirantes, y en las zonas superior e inferior en las vigas y en los arcos, tal como veremos en el tema siguiente.

Cuando en una de las esquinas no es necesaria la colocación de una armadura longitudinal principal (desde el punto de vista de cálculo), es preciso desde el punto de vista constructivo colocar una **Armadura Longitudinal de Montaje**, de pequeño diámetro (8-10 mm), con objeto de facilitar la colocación y montaje de las armaduras transversales.

Las **Armaduras Longitudinales de Reparto** se emplean en elementos superficiales (losas, forjados, etc.) en dirección ortogonal respecto a las armaduras longitudinales

principales, y tienen por misión el reparto de cargas y deformaciones en el sentido transversal, evitar fisuras por retracción, evitar perforaciones por impacto, etc.

Suelen emplearse las mallas electrosoldadas y con menor frecuencia armaduras cruzadas, de pequeño diámetro (6-8 mm.).

2.4.- ARMADURAS TRANSVERSALES.

Las **Barras Dobladas** se incluyen entre las armaduras transversales pese a ser, a veces, prolongación de las longitudinales, porque su función es análoga a la de aquéllas, al contribuir a la absorción de los esfuerzos cortantes.

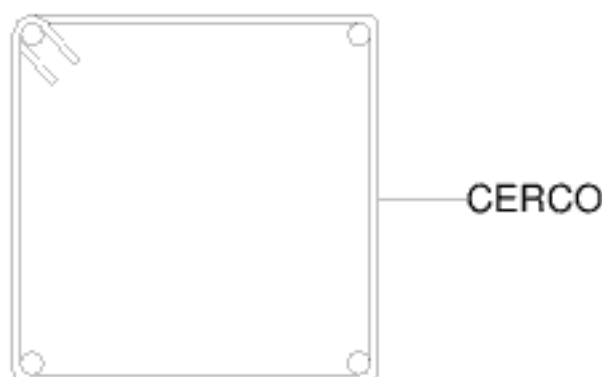


Las armaduras transversales propiamente dichas cumplen, además, otras tres funciones importantes:

- Producir un cierto efecto de zunchado del núcleo de hormigón que encierran.
- Impedir el pandeo de las armaduras longitudinales en compresión.
- Facilitar el montaje y la permanencia de las armaduras en su posición correcta durante el hormigonado.

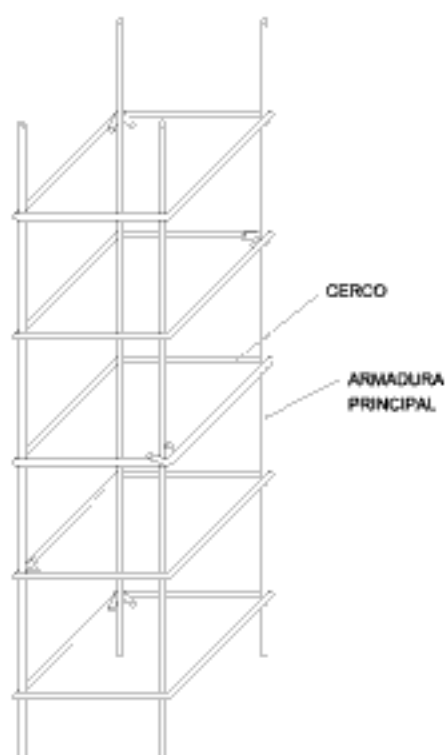
Este tipo de armadura transversal puede adoptar la forma de:

- **Cerco**, o atado perimetral de todas las barras longitudinales. Es la solución clásica más empleada.



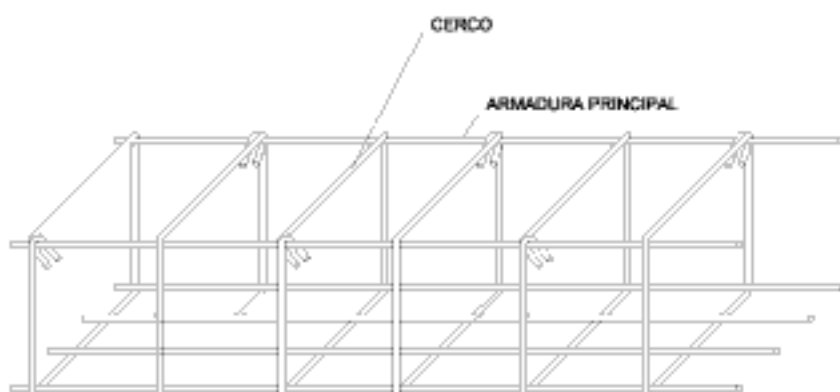
El cierre o atado de los cercos debe efectuarse en las zonas donde el hormigón trabaje a compresión. Como norma general, los cercos deben atar del siguiente modo:

En pilares: alternativamente en las 4 esquinas.



ATADO DE CERCOS EN PILARES

En jácenas a flexión: alternativamente en la parte alta.



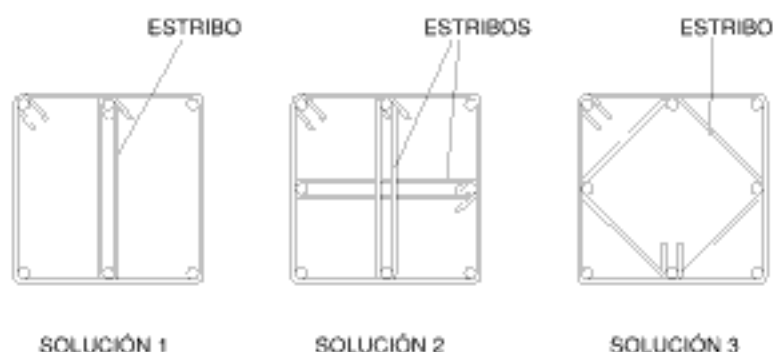
ATADO DE CERCOS EN VIGAS

En jácenas a torsión: se atarán en la zona donde haya más masa de hormigón.

En jácenas en voladizo: se atarán en la parte inferior.

- **Estribo**, o atado de barras opuestas. Es solución obligada en los casos de pilares de gran sección (cuando la distancia desde cualquier barra intermedia a una esquina sea superior a 15 cm., tal como veremos más adelante), de vigas planas muy anchas, de vigas sometidas a grandes esfuerzos cortantes, etc.

De los siguientes ejemplos, la solución 3 es mejor que la 2, ya que permite un mejor hormigonado del pilar:

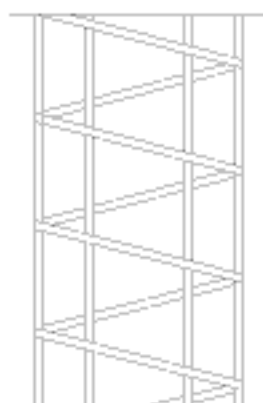


- **Horquilla**, o estribo abierto, de uno o dos brazos, que se emplea frecuentemente en vigas sometidas a torsión y en nudos de difícil colocación de cercos (tanto para pilares como para jácenas).



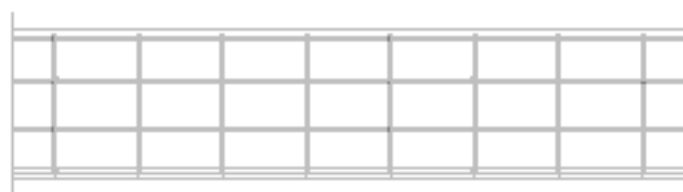
- **Zuncho**, o atado helicoidal, empleado en pilares poco esbeltos, pero con mucha carga, o en vigas sometidas a torsiones.

ATADO HELICOIDAL



- **Red Ortogonal**, o cuadrícula perimetral con cuantías análogas en ambas direcciones, que sustituye a las horquillas y zunchos en vigas sometidas a torsiones o cortantes importantes..

RED ORTOGONAL



2.5.- ARMADURAS DE ATADO.

Están constituidas por los ATADOS DE NUDO y ATADOS DE COSIDO y se realizan con alambres de atar, o alambre de acero (no galvanizado) de 1 mm. de diámetro.

ATADO DE NUDO



ATADO DE COSIDO



2.6.- ORGANIZACIÓN EN OBRA.

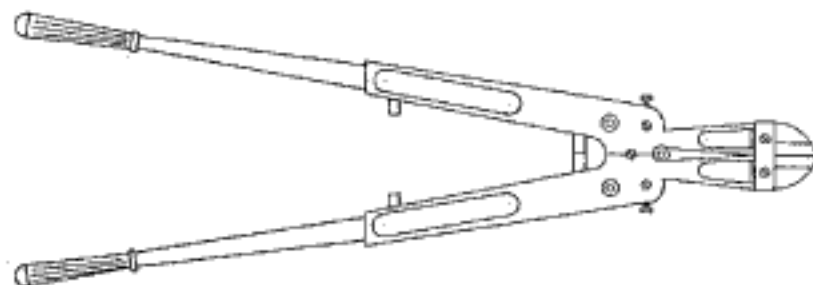
La construcción en hormigón armado obliga a la ejecución de una serie de operaciones de las cuales unas corresponden a las armaduras y otras al hormigón.

Las correspondientes al hormigón son las ya conocidas de: **Amasado, Transporte, Puesta en Obra y Curado**. Por otra parte, las armaduras exigen la realización de operaciones de: **Corte, Doblado, Montaje y Colocación**.

a) Corte:

El corte de las armaduras a la longitud necesaria se efectúa con la **Cizalla**, pudiendo cortarse los diámetros pequeños también con **Cíncel y Martillo**.

CIZALLA



b) Doblado:

El doblado se puede efectuar con la **Grifa**, herramienta formada por una barra metálica con dos salientes paralelos en uno de los extremos, que definen una U, donde se introduce el redondo que se quiere doblar.



GRIFA

Si se trata de doblar barras de grandes diámetros o de gran cantidad de barras, se suele utilizar el **Banco de Ferralla**.

Las armaduras pasivas se doblarán ajustándose a los planos e instrucciones del proyecto. En general esta operación se realizará en frío, mediante métodos mecánicos, con velocidad constante, y con ayuda de mandriles, de modo que la curvatura sea constante en toda la zona.

No se admitirá el enderezamiento de codos, incluidos los de suministro, salvo cuando esta operación pueda realizarse sin daño, inmediato o futuro, para la barra correspondiente.

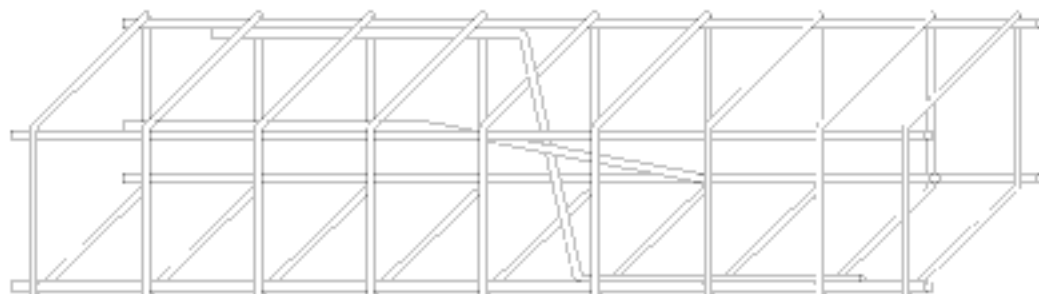
El doblado de barras, salvo indicación contraria del proyecto, se realizará con mandriles de diámetro no inferior a los indicados en la tabla 66.3 de la EHE.

Los cercos o estribos de diámetro igual o inferior a 12 mm podrán doblarse con diámetros inferiores a los anteriormente indicados con tal de que ello no origine en dichos elementos un principio de fisuración. Para evitar esta fisuración, el diámetro empleado en los mandriles no deberá ser inferior a 3 veces el diámetro de la barra, ni a 3 cm.

c) Montaje:

Sobre caballetes o asnillas se montan las barras longitudinales de las esquinas de la pieza con unos cercos. Luego se monta el resto de las armaduras longitudinales y se termina colocando todos los cercos y estribos, atando cada barra para evitar el cambio de posición de las mismas.

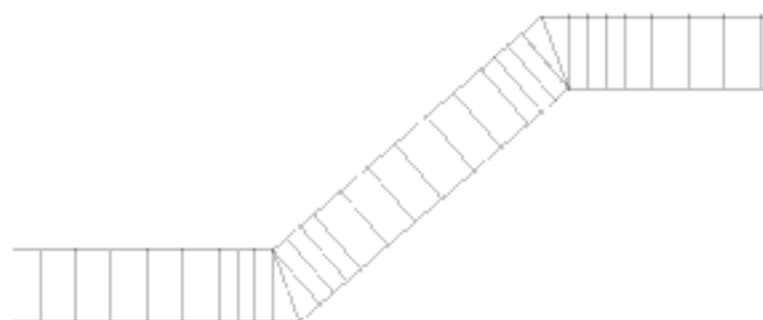
Cuando el conjunto no tiene rigidez suficiente (pilares esbeltos y poco armados, etc.) se refuerza dicha rigidez con barras inclinadas de montaje, que no cumplen ninguna función estructural y simplemente atan barras longitudinales opuestas.



d) Colocación de las armaduras:

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido no adherente, pintura grasa o cualquier otra sustancia perjudicial. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones del proyecto, sujetas entre sí y al encofrado o molde, de manera que no puedan experimentar movimiento durante el vertido y compactación del hormigón, y permita a éste envolverlas sin dejar coqueas.

En vigas y elementos análogos, las barras que se doblen deberán ir convenientemente envueltas por cercos o estribos en la zona del codo. Esta disposición es siempre recomendable, cualquiera que sea el elemento del que se trate. En esta zona cuando se doblan simultáneamente muchas barras, resulta aconsejable aumentar el diámetro de los estribos o disminuir su separación.



Los cercos o estribos se sujetarán a las barras principales mediante simple atado u otro procedimiento idóneo, prohibiéndose expresamente la fijación mediante puntos de soldadura. Esta prohibición viene, además, refrendada en la circular nº 1 de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes.

Se autoriza el uso de la técnica de la soldadura en la elaboración de la ferralla, siempre que la operación se realice con las debidas garantías y normas de la buena práctica, el acero sea apto para la soldadura y se efectúe previamente a la colocación de la ferralla en el encofrado.

Cuando exista peligro de que se puedan confundir unas barras con otras, se prohíbe el empleo simultáneo de aceros de características mecánicas diferentes. Se podrán utilizar, no obstante, en un mismo elemento dos tipos diferentes de acero, uno para la armadura principal y otro para los estribos.

Las barras se fijarán entre sí en todos los cruces y se dispondrán los separadores necesarios para mantener la distancia prevista a los encofrados, quedando impedido todo movimiento de las armaduras durante el vertido y compactación del hormigón, a la par que permitan a éste envolverlas completamente, sin dejar coqueras. Estas precauciones deberán extremarse con los cercos de los soportes y las armaduras del trasdós de los forjados, losas, placas y voladizos, para evitar su descenso.

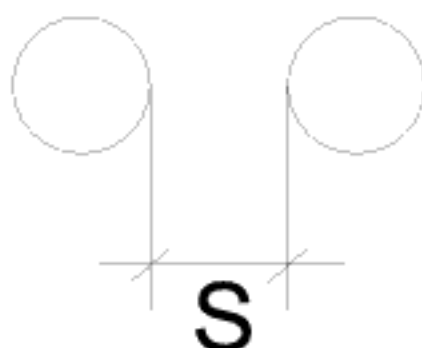
2.7.- DISTANCIA ENTRE BARRAS DE ARMADURAS PRINCIPALES.

La distancia horizontal libre 's' entre dos barras aisladas consecutivas será igual o superior a:

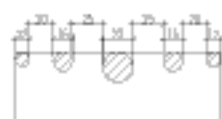
$$S \geq 2 \text{ cm.}$$

$$S \geq \text{el diámetro de la barra mayor.}$$

$$S \geq 1,25 \text{ veces el tamaño máximo del árido.}$$



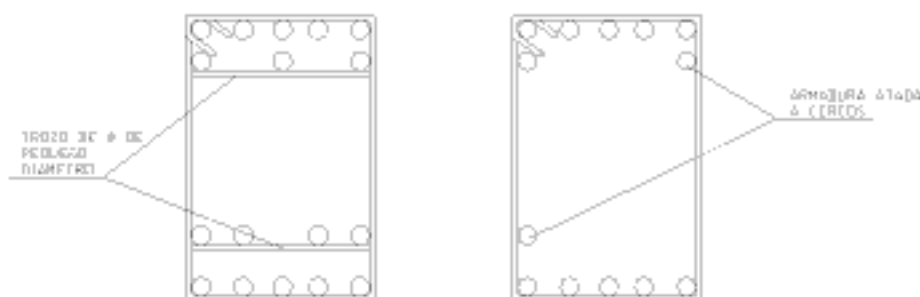
Como de ejemplo, se adjunta la sección de una jácena con el armado y separación de barras que se indica:



Cuando las armaduras no quepan en una fila, deberán colocarse en dos o tres filas, procurando siempre que el máximo número de armaduras estén colocadas en la primera fila (más alejada de la fibra neutra), tanto para momentos positivos como para momentos negativos.

En esa 1ª fila siempre se colocará las armaduras longitudinales más gruesas y todas las que quepan, dejando para la 2ª fila el resto. Si no caben pueden colocarse en la 3ª fila.

En las 4 esquinas de las jácenas siempre irán armaduras longitudinales.



Si en esa segunda fila de armaduras sólo existe una o dos barras, se atan directamente a los propios cercos; pero si existe más de dos armaduras, se colocan unos trozos de armadura cruzados, en varios puntos de la jácena, atados a los propios cercos de la jácena, sobre los que se apoyan y atan las mencionadas armaduras de la segunda o tercera fila.

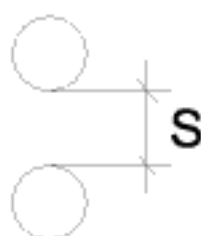
En jácenas no es necesario que exista simetría en la colocación de armaduras.

La distancia vertical libre "s" entre dos barras aisladas pasivas consecutivas será:

$$S \geq 2 \text{ cm.}$$

$$S \geq \text{el diámetro de la barra mayor.}$$

$$S \geq 1,25 \text{ veces el tamaño máximo del árido.}$$



Se podrán colocar grupos de hasta tres barras como armadura principal, siempre que sean corrugadas. Para determinar la separación, los recubrimientos,..., consultar el artículo 66.4.2 de la EHE.

2.8.- DISTANCIA A LOS PARAMENTOS.

Se observarán los siguientes recubrimientos mínimos:

- a) Si se trata de armaduras principales:

$R \geq \varnothing$ barra (o \varnothing equivalente si es grupo de barras)

$R \geq 0,8$ tamaño máximo árido ó $R \geq 1,25$ tam. máx. árido si la disposición de las armaduras respecto a los paramentos dificultan el paso del hormigón.

- b) Para cualquier tipo de armaduras pasivas o activas, el recubrimiento no será inferior al marcado en la tabla siguiente, en función de la exposición ambiental. Para garantizar estos valores mínimos se prescribirá en el proyecto un valor nominal del recubrimiento r_{nom} , donde:

$$r_{nom} = r_{min} + \Delta r$$

r_{nom} : Recubrimiento nominal

r_{min} : Recubrimiento mínimo (Ver tabla)

Δr : Margen de recubrimiento, en función del tipo de elemento y del nivel de control de ejecución, y su valor es:

0 mm (prefabricados control intenso)

5 mm (in situ, control intenso)

10 mm (resto de casos)

Resistencia característica del hormigón (N/mm^2)	Tipo de elemento	RECUBRIMIENTO MÍNIMO (mm) SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICIÓN									
		I	II a	II b	III a	III b	III c	IV	Qa	Qb	Qc
$25 < f_{ck} < 40$	general	20	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	elementos prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
$f_{ck} > 40$	general	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	elementos prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)

(*) el proyectista fijará el recubrimiento al objeto de que se garantice adecuadamente la protección de las armaduras frente a la acción agresiva ambiental.

(**) en el caso de clases de exposición H, F ó E, el espesor del recubrimiento no se verá afectado.

Qa= Exposición química de agresividad débil.

Qb= Exposición química de agresividad media.

Qc= Exposición química de agresividad fuerte.

H = Con heladas sin sales fundentes.

F = Con heladas y sales fundentes.

E = Erosión.

La clase de exposición vendrá reflejada en las siguientes tablas de la EHE:

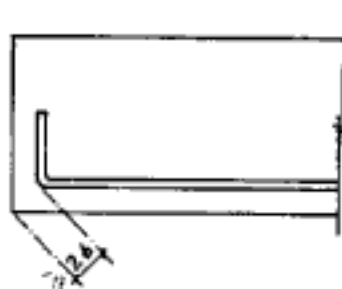
Tabla 8.2.2. Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras.

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN			DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación		
no agresiva		I	<ul style="list-style-type: none"> - interiores de edificios, no sometidos a condensaciones - elementos de hormigón en masa 	<ul style="list-style-type: none"> - interiores de edificios, protegidos de la intemperie
	normal	humedad alta	Ila	<ul style="list-style-type: none"> - interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones - exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - elementos enterrados o sumergidos.
humedad media		Ilb	<ul style="list-style-type: none"> - exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - construcciones exteriores protegidas de la lluvia - tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm
aérea		Illa	<ul style="list-style-type: none"> - elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar - elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km) 	<ul style="list-style-type: none"> - edificaciones en las proximidades de la costa - puentes en las proximidades de la costa - zonas aéreas de diques, pantales y otras obras de defensa litoral - instalaciones portuarias
marina	sumergida	IIlb	<ul style="list-style-type: none"> - elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar 	<ul style="list-style-type: none"> - zonas sumergidas de diques, pantales y otras obras de defensa litoral - cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar
	en zona de mareas	IIlc	<ul style="list-style-type: none"> - elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de mareas 	<ul style="list-style-type: none"> - zonas situadas en el recorrido de marea de diques pantales y otras obras de defensa litoral - zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea
con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	<ul style="list-style-type: none"> - instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino - superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas 	<ul style="list-style-type: none"> - piscinas - pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve - estaciones de tratamiento de agua

Tabla 8.2.3.a Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión

CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN			DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación		
química agresiva	débil	Qa	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver tabla 8.2.3.b)
	media	Qb	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - elementos en contacto con agua de mar - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 8.2.3.b)
	fuerte	Qc	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 8.2.3.b)
con heladas	sin sales fundentes	H	ataque hielo-deshielo	<ul style="list-style-type: none"> - elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C
	con sales fundentes	F	ataque por sales fundentes	<ul style="list-style-type: none"> - elementos destinados al tráfico de vehículos o peatonales en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0 °C
erosión		E	abrasión cavitación	<ul style="list-style-type: none"> - elementos sometidos a desgaste superficial - elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua

- c) La distancia libre de los paramentos a las barras dobladas no será inferior a 2 diámetros, medida en dirección perpendicular al plano de la curva.



- d) Cuando por exigencias de cualquier tipo (durabilidad, protección frente a incendios, o utilización de grupos de barras) el recubrimiento sea superior a 50 mm, deberá considerarse la posibilidad de colocarse una malla de reparto en medio del espesor del recubrimiento de la zona de tracción, con una cuantía geométrica del 5 por mil del área del recubrimiento para barras o grupos de barras de \varnothing ó $\varnothing_{eq} \leq 32$ mm, y del 10 por mil para $\varnothing > 32$ mm.
- e) En piezas hormigonadas contra el terreno $R \geq 70$ mm, salvo que se haya preparado el terreno y dispuesto hormigón de limpieza. En este caso no rige lo previsto en el apartado d).

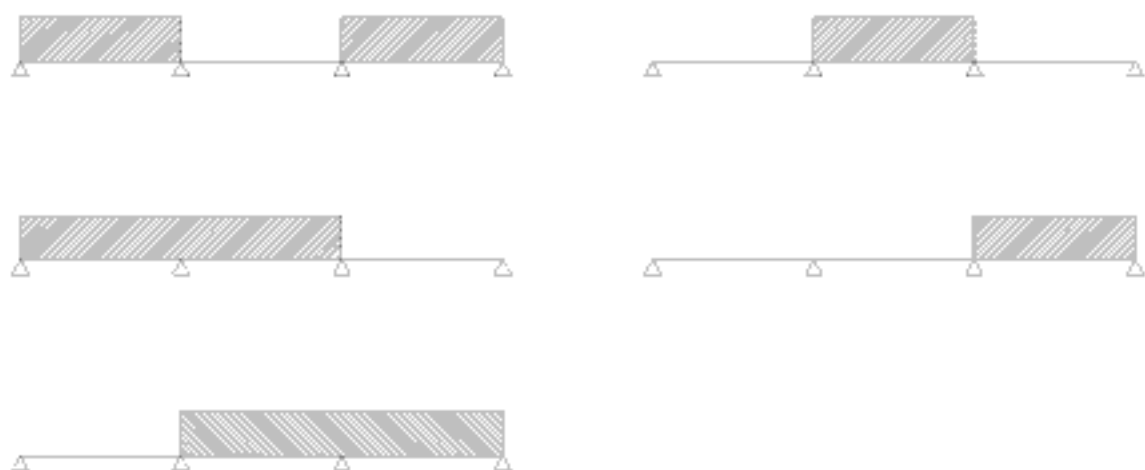
TEMA 3.- TIPIFICACIÓN DE LAS ARMADURAS.

3.1.- ARMADURAS TIPO.

Cuando se plantea el problema teórico del cálculo de un elemento constructivo de hormigón armado, de una viga por ejemplo, se puede determinar la armadura longitudinal que precisa cada sección, puntos de doblado, separación de los estribos, etc.

Pero en la realidad, son muy pocas las veces en que se presenta el caso de una viga aislada sometida a una ley de cargas perfectamente definida y fija. Lo normal es que se trate de una viga de varios tramos, o una estructura reticulada, en las que al considerar las sucesivas hipótesis de cargas (permanentes, de uso, viento, sismo, etc.) y las posibles combinaciones de tramos cargados y descargados, se obtienen diferentes gráficos de esfuerzos, en los que sus valores y puntos de momento nulo cambian de magnitud y de lugar.

Si analizamos por ejemplo el caso de una viga de tres tramos y observamos las distintas posibilidades de tramos cargados y tramos descargados:



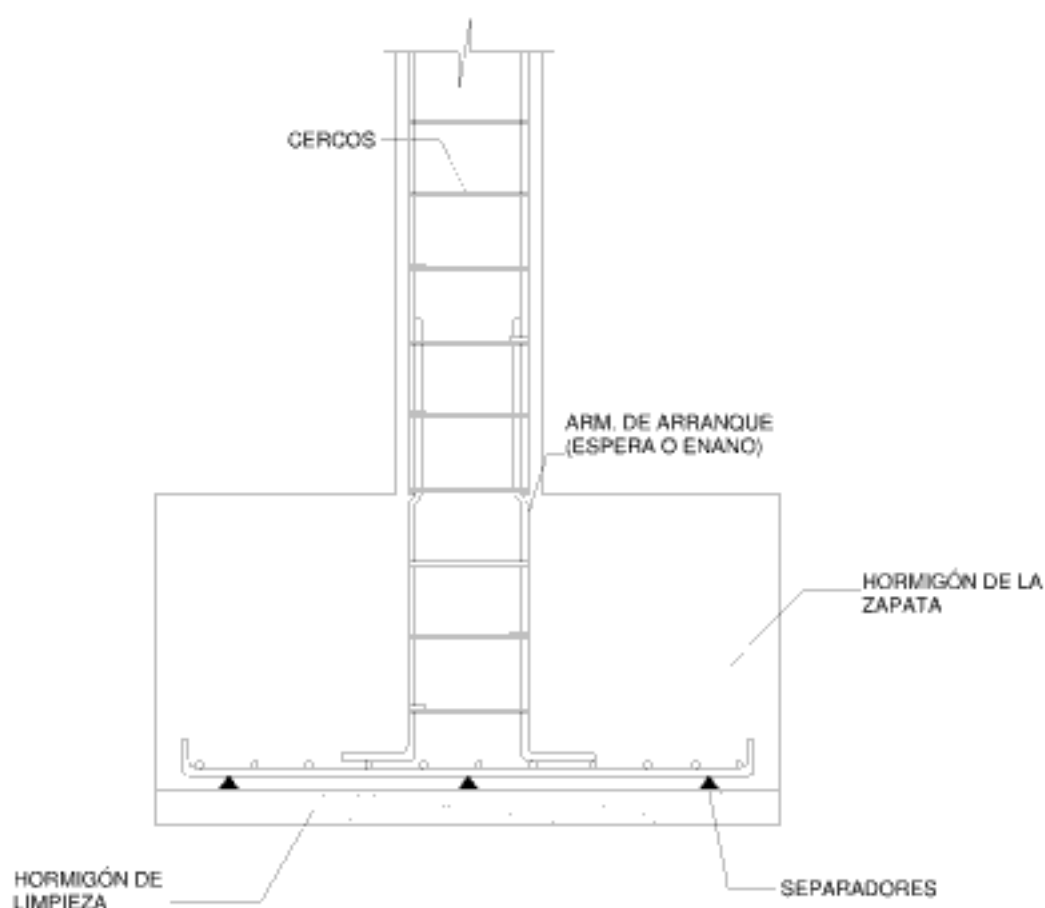
Obtendremos una serie de diagramas de momentos flectores y esfuerzos cortantes diferentes para cada una de las 5 opciones contempladas. Parece claro que en estos casos hay que considerar la envolvente general de todas las gráficas obtenidas, ¿pero con ello se han agotado todas las posibles soluciones?... Por ello, en la práctica, se tiende a **tipificar las armaduras para estructuras no excepcionales**, fijando tipos y dimensiones ya conocidos por la práctica, y que simplifican y clarifican notablemente el trabajo. Estas **armaduras tipo** se aplican fundamentalmente a los elementos constructivos más simples: pilares, vigas, losas y placas.

3.2.- ARMADURAS TIPO EN PILARES.

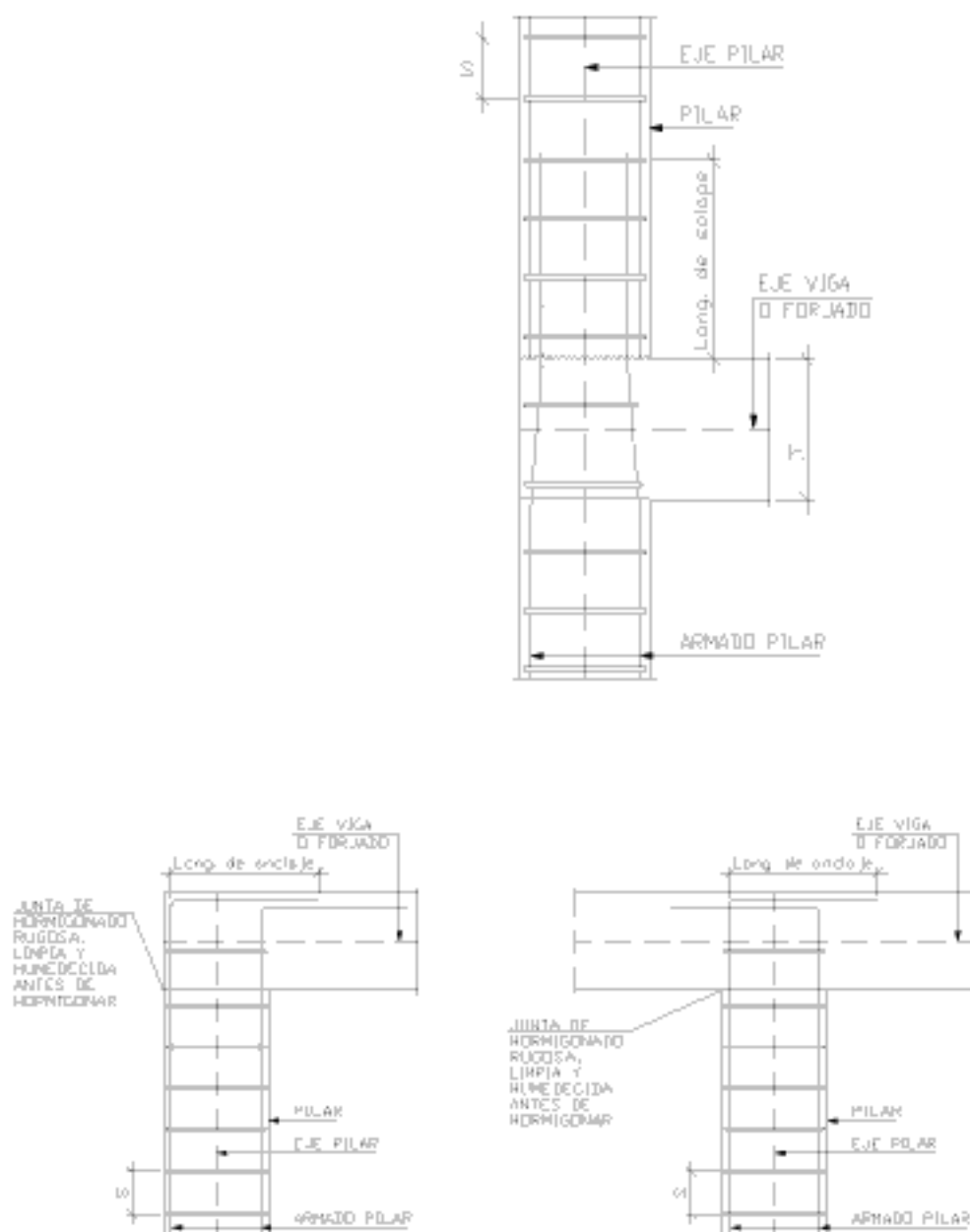
Las armaduras tipo de los **pilares** están constituidas, en primer lugar, por **BARRAS LONGITUDINALES**, que se colocan perimetralmente en la sección transversal, en esquinas y puntos intermedios, con los recubrimientos mínimos necesarios.

Las soluciones tipo de armadura longitudinal en pilares son:

- Armadura longitudinal de arranque (enano) empotrada en la zapata de cimentación.
- Armadura longitudinal de pilar normal, en planta intermedia.
- Armadura longitudinal de pilar superior intermedio.
- Armadura longitudinal de pilar superior extremo.



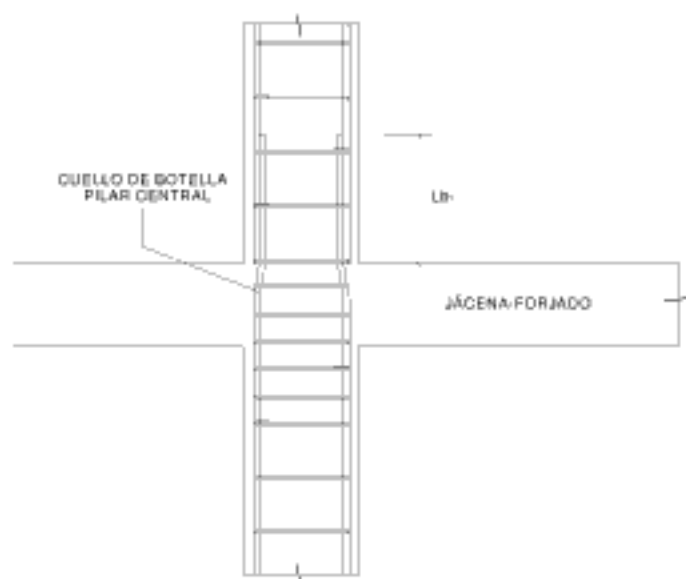
PILAR NORMAL:



En todo tipo de pilares, cuando no existan acciones dinámicas (sismo,...), la separación entre cercos puede ser constante en toda la longitud de cada pilar.

Cuando exista acciones dinámicas, los cercos deben concentrarse más en la zona inferior y superior de cada pilar, tal como especifica la instrucción EHE y las Normas Sismorresistente y que veremos más adelante.

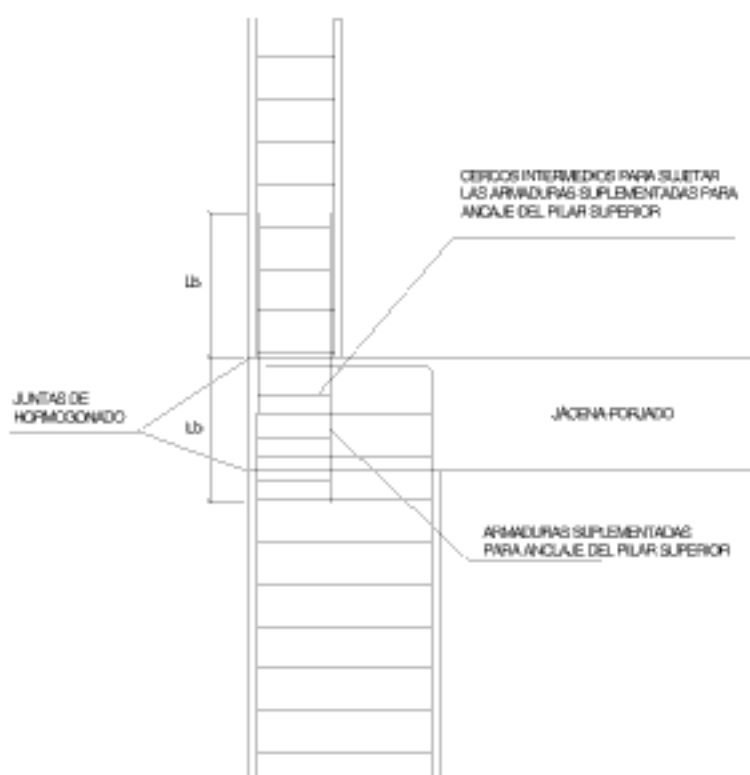
El cambio de un pilar al siguiente se efectúa doblando ligeramente las armaduras del pilar inferior. Este doblado o “cuello de botella” debe quedar embutido en el canto de la jácena o forjado, y puede considerarse correcto siempre que el ángulo que forme con la horizontal sea superior a 60°.



Existen pilares, tales como los de medianerías, fachadas, esquinas de patios, escaleras, etc. en los que la cara exterior debe permanecer vertical, sin retranqueos, por lo que la disminución de sección se efectuará en la cara opuesta.



En aquellos pilares de fachada o de medianería en los que existe una disminución importante en la sección del pilar y hay que respetar la verticalidad de la cara exterior (fachada o medianería), debe solucionarse doblando la armadura lateral del pilar inferior y añadir nuevas armaduras de espera para el pilar superior, tal como se observa en el detalle siguiente:



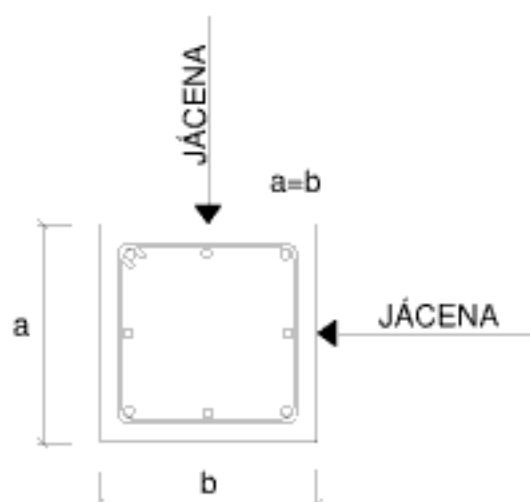
Disposición de las Armaduras Longitudinales de los pilares:

Es muy importante tener presente tanto la forma del pilar en planta como la colocación de sus armaduras, procurando siempre que ambos estén en el sentido de la máxima inercia, respecto a la jácena o jácenas que llegan al pilar. Se entiende por máxima inercia aquélla que se genera respecto al eje del pilar perpendicular a la dirección de las jácenas; es decir, que la mayor cantidad de hormigón y armadura estén lo más alejados posible del mencionado eje del pilar.

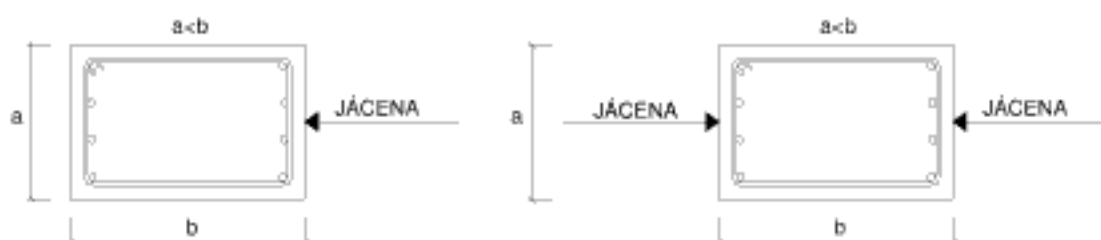
En pilares de planta cuadrada, la mayor cantidad de armadura debe colocarse en los laterales del pilar por donde acometen las jácenas.



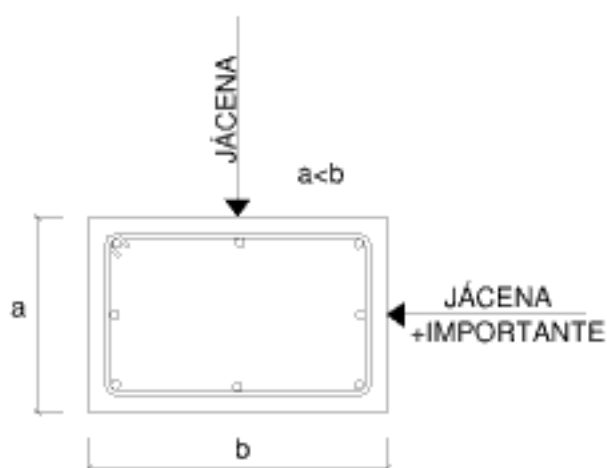
Cuando a este tipo de pilares le llegan dos jácenas perpendiculares, el armado total del pilar debe distribuirse en las 4 caras del mismo. En el caso de que una de las jácenas fuera mucho más importante (más longitud de carga) que la otra, se colocará más armadura en las caras paralelas por donde llega esa jácena.



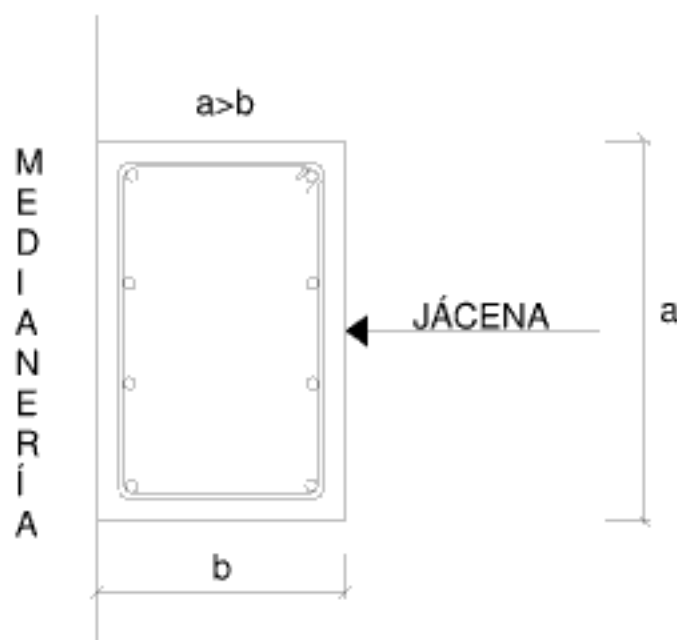
En los casos de pilares de planta rectangular, debe disponerse la máxima dimensión de los mismos y su armadura, en las caras del pilar por donde acometen las jácenas.



En el caso de que lleguen al mismo dos jácenas perpendiculares, la máxima inercia (máxima dimensión y máximo armado) deben disponerse en el lateral por donde acceda la jácena más importante.

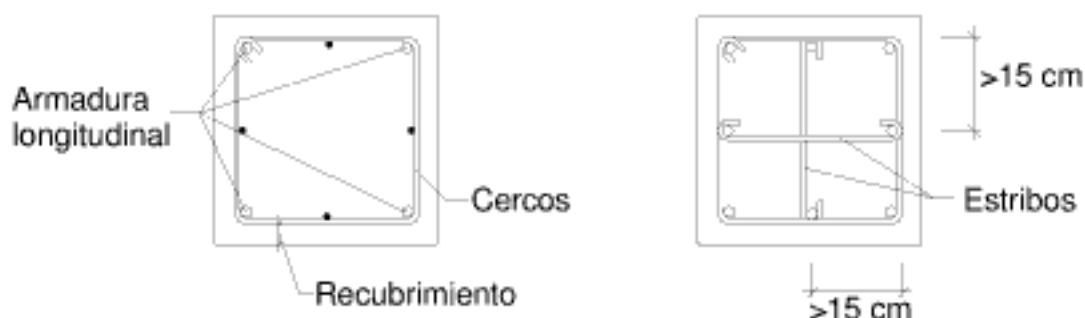


En ocasiones, en los pilares de medianería, la planta del mismo se dispone de forma contraria a lo indicado anteriormente, con el fin de que los mismos no sobresalgan por los pasillos de las viviendas. Sin embargo, el armado sigue los criterios vistos.



En segundo lugar, las armaduras tipo de pilares están constituidas por **ARMADURAS TRANSVERSALES**, que pueden ser de los siguientes tipos:

- **Cercos:** son armaduras perimetrales que abrazan y atan todas las barras longitudinales. Su atado se efectúa alternativamente en las cuatro esquinas del pilar. En el tema siguiente estudiaremos detalladamente el diámetro y separación de los mismos.

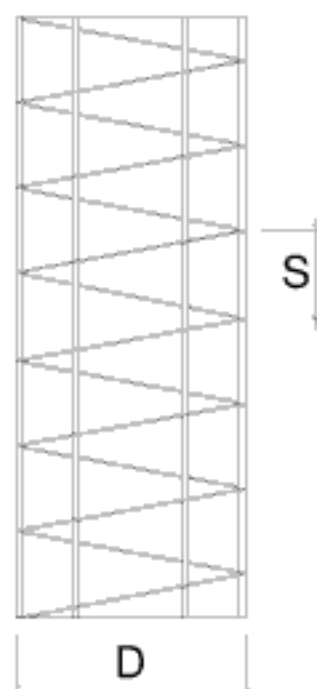


- **Estribos:** destinados a atar armaduras opuestas para poder garantizar su trabajo a compresión, sin que se produzca peligro de pandeo.

La necesidad de empleo de estribos, de sección y separación análoga a la de los cercos, con los que alterna, es consecuencia de que así como las barras de esquina están atadas de forma efectiva por los cercos, las barras situadas en las caras no están suficientemente atadas en cuanto que su separación de la esquina es superior a 15 cm.

- **Zunchos:** son armaduras transversales, definidas por un atado helicoidal cuya separación, que es el paso de hélice, no podrá exceder de la quinta parte del diámetro del núcleo zunchado, ni de 8 cm, para poder tener en cuenta el efecto de zunchado sobre el incremento de resistencia del pilar.

ATADO HELICOIDAL



$$S \leq D/5$$

$$S \leq 8 \text{ cm}$$

3.3.- ARMADURAS TIPO EN VIGAS.

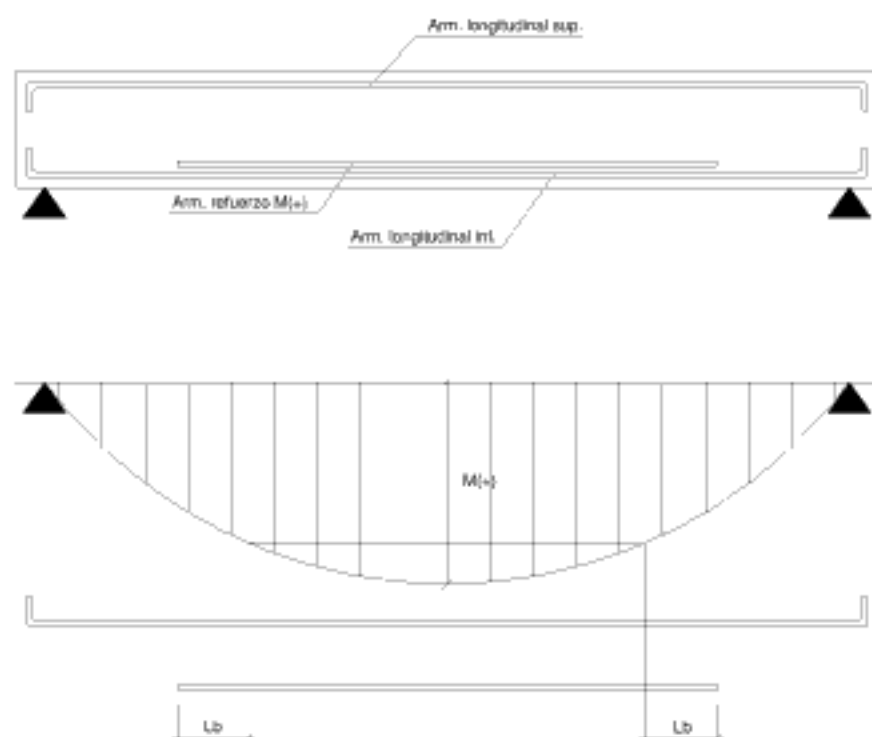
Las armaduras tipo de viga ofrecen soluciones distintas según que se trate de: **vigas apoyadas aisladas, vigas continuas o empotradas, vigas en voladizo y vigas de gran canto.**

A continuación estudiaremos las **armaduras longitudinales de los distintos tipos de vigas:**

VIGAS APOYADAS:

Sus armaduras tipo son las siguientes:

- Armadura longitudinal superior, de compresión o montaje.
- Armadura longitudinal inferior, de tracción.
- Armadura de refuerzo de tracción, en vano.



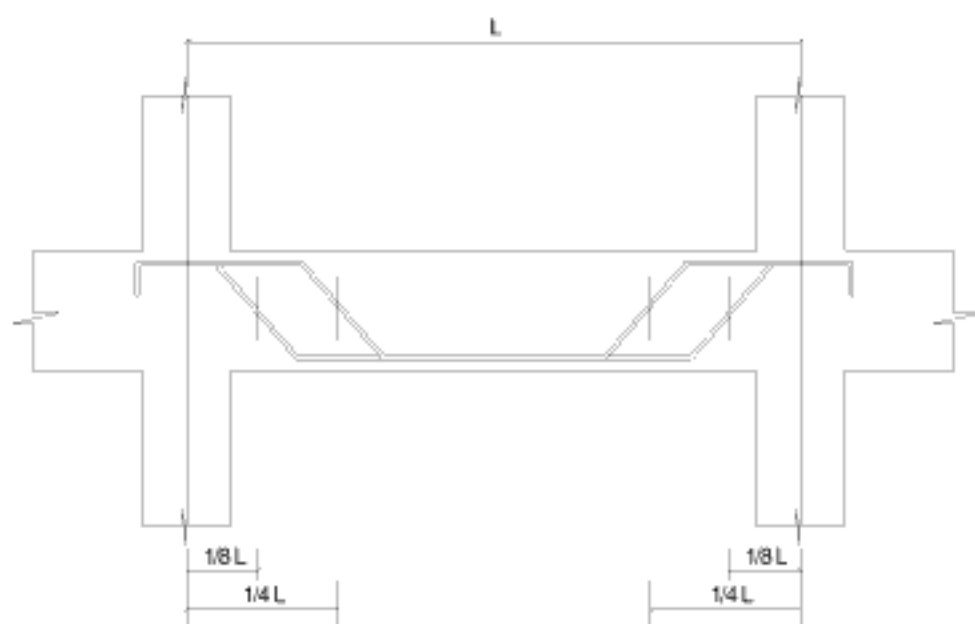
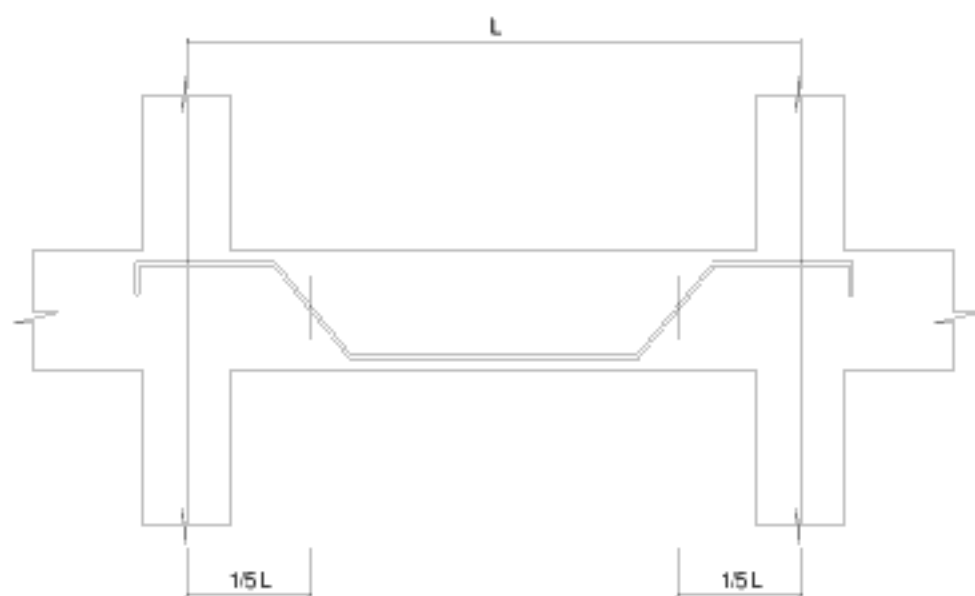
VIGAS CONTINUAS:

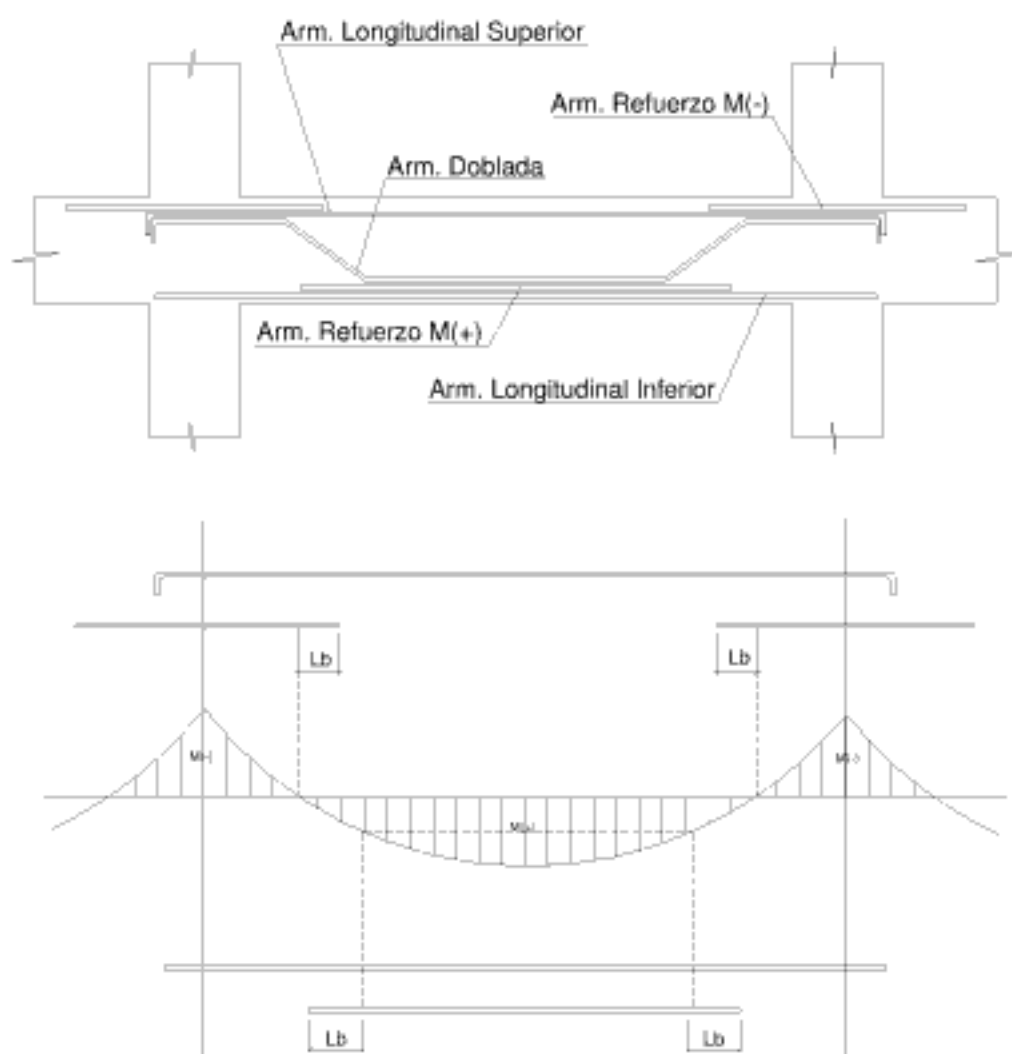
Sus armaduras tipo, en el caso de vigas intermedias, responden a las siguientes soluciones:

- Armadura longitudinal superior, que en este caso es de tracción junto a los apoyos y de compresión en vano, o de montaje.
- Armadura longitudinal inferior, de compresión junto a los apoyos y de tracción en vano.
- Armadura longitudinal doblada, (opcional) de tracción tanto en apoyos como en vano. Sus variantes son: con doblado de $1/5 L$ si acaban en un mismo punto; y de $1/4 L$ y $1/8 L$ si se emplean dos longitudes de refuerzo.

Estas armaduras pueden sustituirse por armaduras de refuerzo de momentos positivos, de momentos negativos y cercos para esfuerzos cortantes.

- Armadura de refuerzo de momentos negativos, superior, de tracción.





De toda la armadura necesaria para absorber el máximo momento flector positivo deberá continuarse, en el caso de apoyos extremos (viga extrema de un pórtico), al menos un tercio de la misma hasta los apoyos de la viga, y al menos un cuarto de dicha armadura cuando se trate de apoyos intermedios (vigas centrales de un pórtico).

Las armaduras longitudinales superior e inferior podrían acabar con patilla o sin ella (prolongación recta), según necesidades de anclaje.

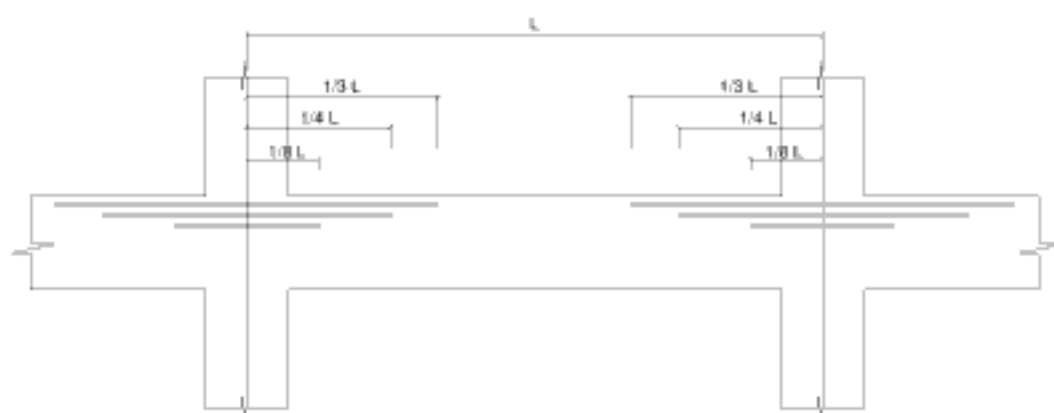
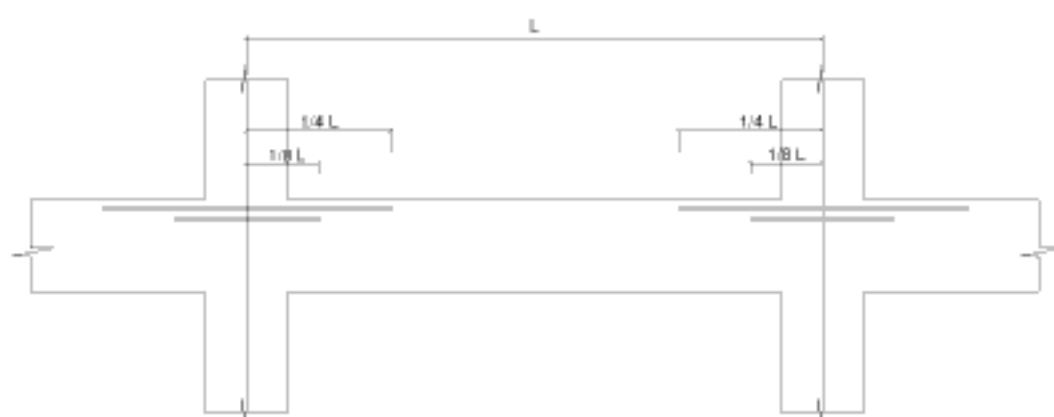
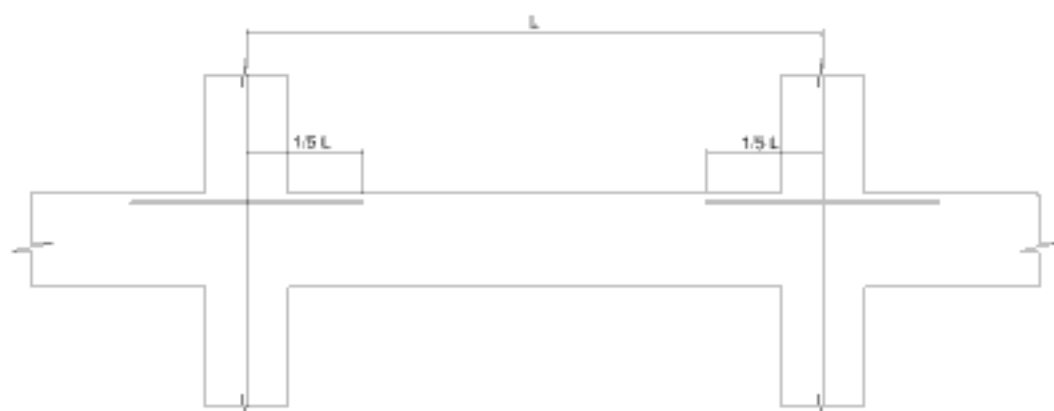
Normalmente en los apoyos extremos las armaduras acaban con patillas y en los apoyos centrales terminan rectas.

La longitud total de la armadura de momentos negativos viene determinada por el cálculo. No obstante, a título orientativo, podemos indicar sus dimensiones aproximadas:

Si todas las armaduras de M- tienen la misma longitud será $\approx 1/5 L$

Si utilizamos 2 tipos de armadura,, sus longitudes serán $1/4 L$ y $1/8 L$

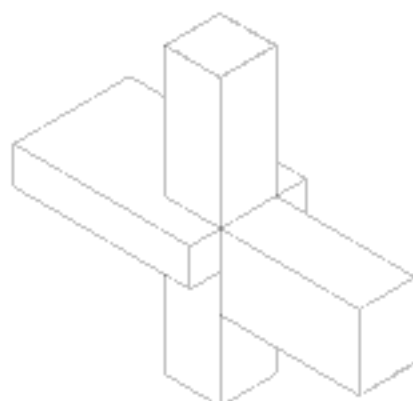
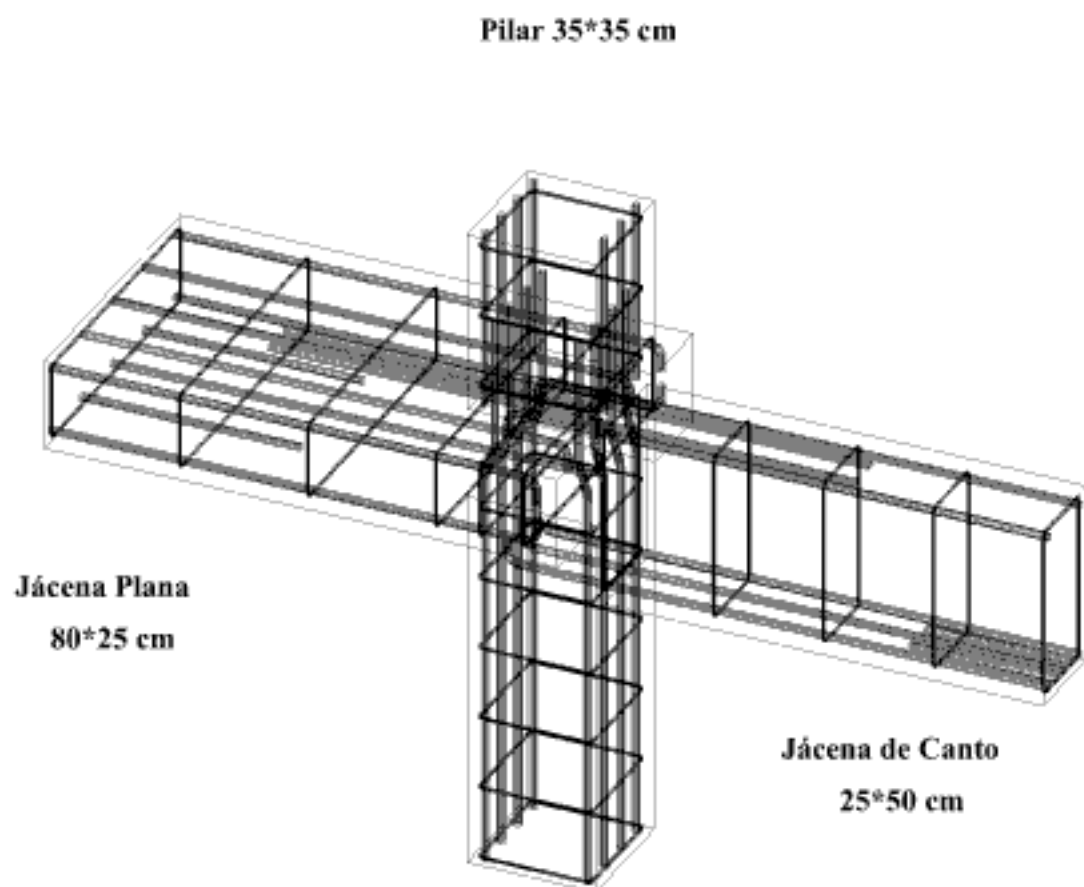
Si utilizamos 3 tipos de armadura,, sus longitudes serán $1/3 L$, $1/4 L$ y $1/8 L$



Las vigas continuas que atraviesan los pilares, pueden tener el mismo o distinto canto a ambos lados del pilar, debiendo siempre quedar enrasadas por la parte superior.

En el dibujo siguiente, vemos la unión de una viga plana, pilar y viga de canto. Obsérvese la correcta colocación del armado del pilar, así como la colocación de abundantes cercos en la unión de la jácena plana y el pilar.

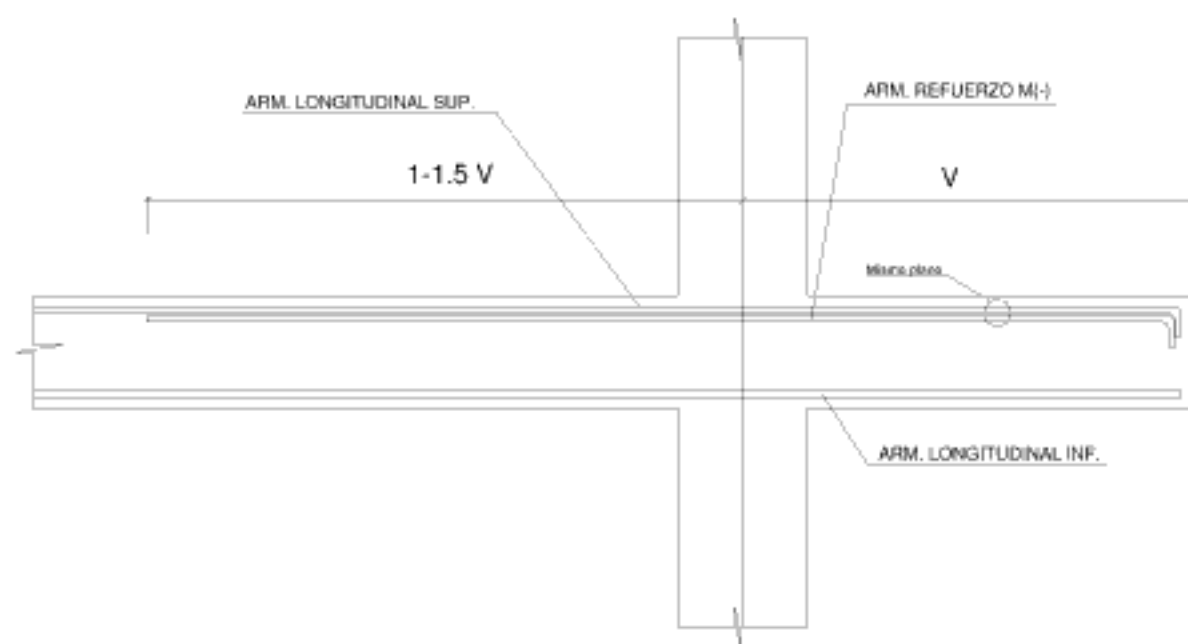
Para soportar los mismos esfuerzos las vigas planas son más anchas que las de canto.



VIGAS EN VOLADIZO:

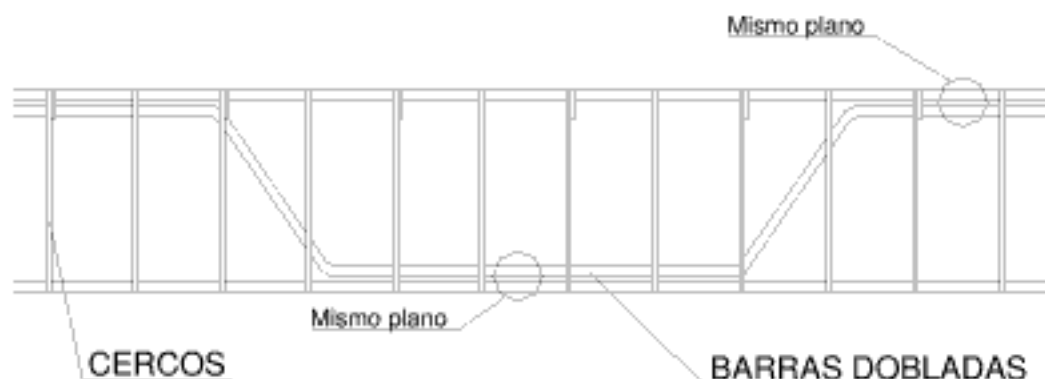
En estos casos, tan importante como la disposición de sus armaduras es el necesario anclaje de las mismas para equilibrar el momento de vuelco. Sus tipos son:

- Armadura longitudinal superior, de tracción.
- Armadura longitudinal inferior, de compresión o montaje.
- Armadura de refuerzo de momento negativo, superior, de tracción.



ARMADURAS TRANSVERSALES EN VIGAS, responden a los siguientes tipos:

1.- **Barras Dobladadas**, de absorción de esfuerzo cortante, de momentos positivos y de momentos negativos. Se emplean en vigas de canto sometidas a fuertes cargas, aunque su uso es poco frecuente.



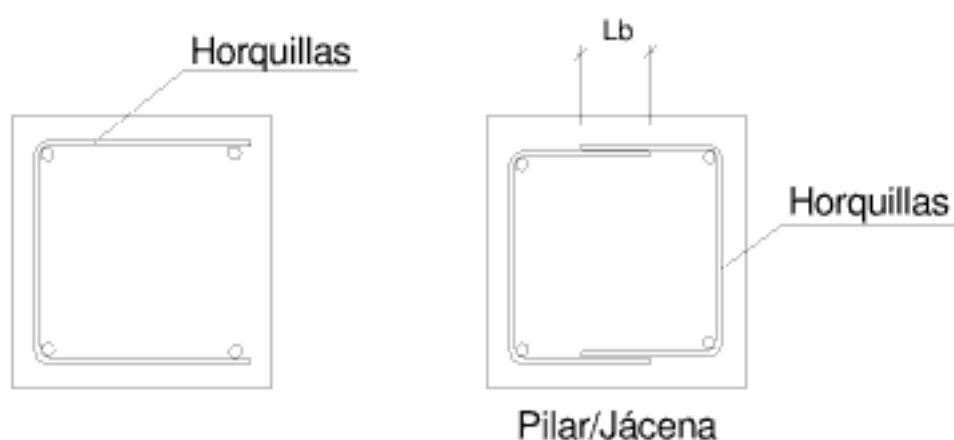
2.- **Cercos**, o atados perimetrales de las secciones transversales, cuya separación y diámetro estudiaremos en el tema siguiente.

Los cercos atan en la zona de compresión. Normalmente atan alternativamente en las esquinas superiores de las vigas, excepto en el caso de las vigas en voladizo, atando en las esquinas inferiores (zona de compresión).

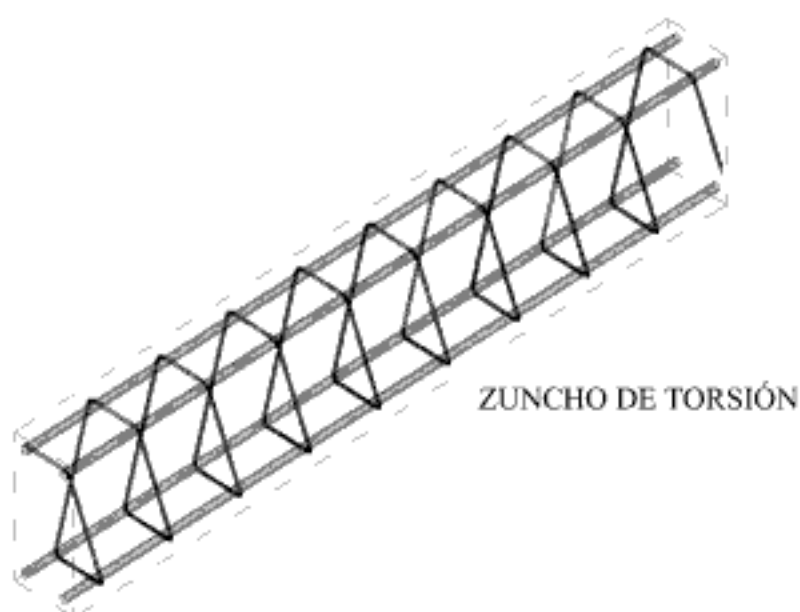
3.- **Estribos**, o armaduras transversales de atado de barras opuestas.



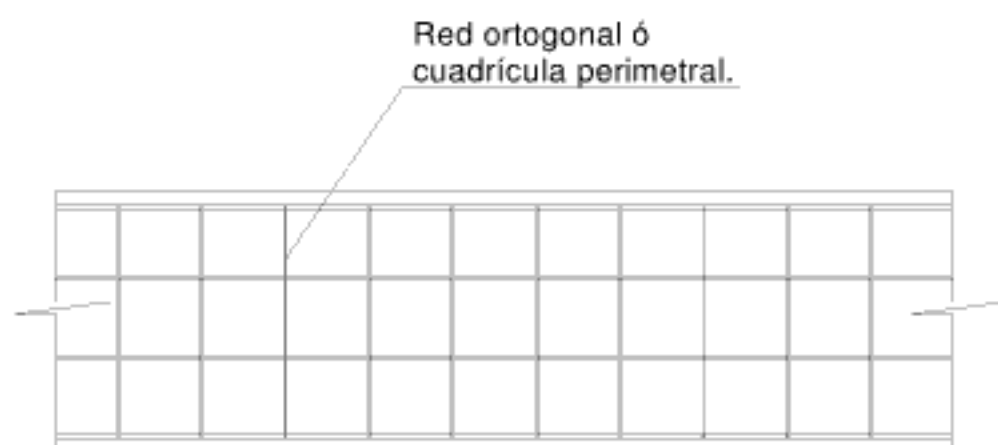
4.- **Horquillas**, o armaduras transversales abiertas, en forma de U, y que permiten la fácil organización constructiva de nudos de difícil colocación de cercos, tales como el encuentro en un mismo nudo de un pilar y dos jácenas de distinto canto y ancho, en cuyo caso los cercos completos no se pueden colocar y es necesario que cada pieza tenga sus cercos. Para ello, se colocan lateralmente grupos de 2 horquillas enfrentadas, que una vez atadas, cumplen la función del cerco. Es muy importante colocar dichas horquillas lateralmente, y nunca de arriba abajo.



5.- **Zunchos**, o armaduras de trazado helicoidal para la absorción de torsiones.



6.- **Cuadrículas Perimetrales**, cuya sencillez permite sustituir, desde el punto de vista constructivo, a las horquillas y zunchos, debiendo emplearse armaduras con secciones equivalentes en ambas direcciones.



VIGAS DE GRAN CANTO:

Se consideran como vigas de gran canto las vigas rectas, generalmente de sección constante y cuya relación entre la luz, l , y el canto total h , es: $l/h < 2$ en vigas simplemente apoyadas, ó $l/h < 2,5$ en vigas continuas.

El dimensionado, así como el armado de las mismas, viene definido en el artículo 62 de la EHE.

NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE. NCSE-02. PARTE GENERAL Y DE EDIFICACIÓN

De esta Norma se va a extraer únicamente la parte relacionada con la Construcción de Estructura: criterios de aplicación, diseño y armado.

Clasificación de las construcciones:

A los efectos de esta Norma, de acuerdo con el uso a que se destinan, con los daños ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate, las construcciones se clasifican en:

1.- De importancia moderada.

Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.

2.- De importancia normal.

Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio a la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

3.- De importancia especial.

Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen: hospitales, edificios de comunicaciones (radio, televisión, teléfonos, telégrafos), edificios de coordinación para casos de desastre, cuarteles de bomberos, policía, fuerzas armadas, parque de maquinarias, ambulancias, depósitos de agua, gas, centrales eléctricas, puentes, estaciones de ferrocarril, aeropuertos, puertos, centrales nucleares y térmicas, grandes presas, monumentos históricos o artísticos, grandes superficies y edificios destinados a espectáculos públicos, etc.

Criterios de aplicación de la norma:

Esta norma es de aplicación al proyecto, construcción y conservación de edificios de nueva planta. En los casos de reforma o rehabilitación se tendrá en cuenta esta Norma, a fin de que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original.

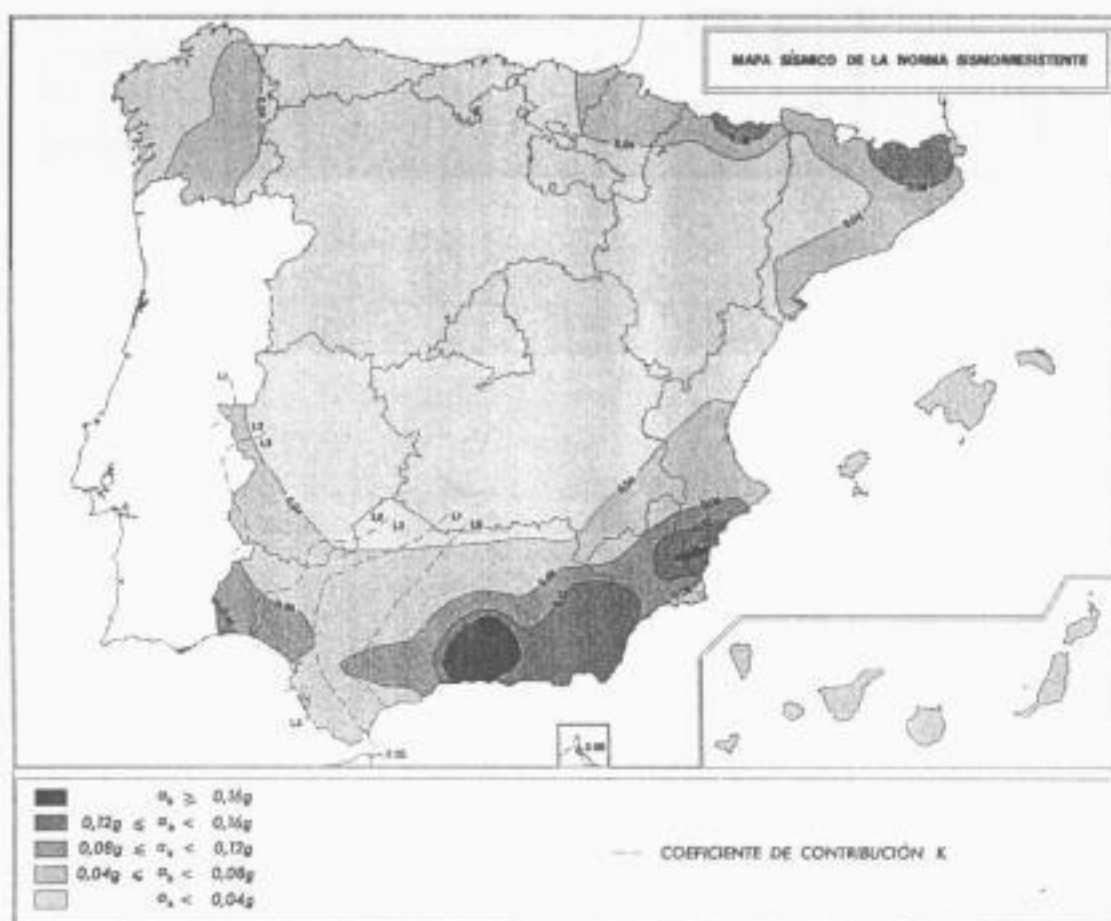
Del apartado anterior se exceptúan:

- a).- Las construcciones de importancia moderada.
- b).- Las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0.04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- c).- Las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas direcciones cuando la aceleración sísmica sea inferior a 0.08 g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de 7 plantas si la aceleración sísmica es igual o mayor de 0.08.

Si la aceleración sísmica básica es igual o mayor de 0.04 g deberán tenerse en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración sísmica básica.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica adjunto, que suministra, expresada en relación al valor de la gravedad "g" la aceleración sísmica básica "ab" (un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno) y el coeficiente de contribución "k", que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.



- Mapa de Peligrosidad Sísmica.

La Norma de Construcción Sismorresistente relaciona los coeficientes de aceleración sísmica de las ciudades de toda España que, de forma resumida se agrupan en los cinco bloques siguientes:

- **Provincias con coeficiente igual o menor de 0,04 g.**

Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, Tarragona, La Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra, Islas Baleares, Álava, Guipúzcoa.

- **Provincias con coeficiente mayor o igual que 0,04 g y menor de 0,08 g.**

Cádiz, Sevilla, Zaragoza, Albacete, Lérida, Valencia, Badajoz, Cáceres, Navarra, Ceuta, Melilla.

- **Provincias con coeficiente mayor o igual que 0,08 g y menor de 0,12 g.**

Córdoba, Jaén, Huesca, Barcelona, Gerona.

- **Provincias con coeficiente mayor o igual que 0,12 g y menor de 0,16 g.**

Almería, Huesca.

- **Provincias con coeficiente igual o mayor de 0,16 g.**

Granada, Málaga, Alicante, Murcia

Concretamente en la provincia de Alicante, las zonas con mayor coeficiente de sismicidad son las del centro y sur, especialmente la Vega Baja. A modo de curiosidad se adjunta relación de las ciudades de la provincia de Alicante, agrupadas por coeficientes de sismicidad, a partir de 0,08 g.

Ciudades con coeficiente mayor o igual que 0,08 g y menor de 0,12 g: Agost, Aiguës, Altea, Benidorm, Elda, Finestrat, Jijona, Pinoso, La Romana, Tibi, Villajoyosa.

Ciudades con coeficiente mayor o igual que 0,12 g y menor de 0,16 g.: Albatera, La Algueña, Alicante, Aspe, Benijófar, Benferri, Busot, El Campello, Catral, Crevillente, Elche, Formentera de Segura, Granja de Rocamora, Guardamar del Segura, Hondón de las Nieves, Hondón de los Frailes, Monforte, Monóvar, Montesinos, Muchamiel, Novelda, Pilar de la Horadada, Rojales, San Isidro, San Miguel de Salinas, San Vicente del Raspeig, San Juan, Santa Pola, Torrevieja.

Ciudades con coeficiente mayor o igual que 0,16 g: Algorfa, Almoradí, Benejúzar, Bigastro, Callosa de Segura, Cox, Daya Nueva, Daya Vieja, Dolores, Jacarilla, Orihuela, Rafal, Redován, San Fulgencio.

REGLAS DE DISEÑO Y PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS EN EDIFICACIONES

Los edificios deben diseñarse con una disposición geométrica, tanto en planta como en alzado, tan simétrica y regular como sea posible, evitando transiciones bruscas de forma o rigidez entre un piso y el siguiente.

Con objeto de evitar una concentración excesiva de tensiones, las masas de cada planta deben estar sensiblemente compensadas. Si en una planta existen zonas con cargas importantes, éstas deben situarse en torno al centro de la planta.

Debe procurarse una distribución uniforme y simétrica de rigideces en planta y una variación gradual de rigideces a lo largo de la altura. Ningún elemento estructural debe cambiar bruscamente de rigidez.

Para evitar efectos de excentricidad en los soportes, la distancia entre los ejes geométricos de las vigas y de los pilares será la menor posible y, en todo caso, no mayor de $b/4$, siendo b el ancho del pilar en la dirección transversal a la directriz de la viga.

Se evitará en lo posible que descansen sobre las vigas elementos resistentes principales de la estructura, tales como otras vigas o soportes. Cuando no pueda evitarse, el modelo de la estructura incluirá en ese nudo un grado de libertad vertical, se contemplarán las acciones sísmicas verticales y se calcularán las solicitaciones de cortante de las vigas que acometen al nudo.

Debe procurarse que la seguridad sismorresistente de los nudos sea superior a la de las piezas, que la de los soportes sea superior a la de las vigas, y en éstas que la seguridad al esfuerzo cortante sea superior a la de momento.

Toda construcción debe estar separada de las colindantes una distancia mínima para mitigar los efectos del choque durante los movimientos sísmicos.

En las zonas con aceleración sísmica mayor de $0.16 g$ no deben proyectarse juntas de apoyo en libre dilatación, salvo si se realiza un estudio especial.

No se instalarán conducciones generales atravesando planos de junta, salvo que dispongan de enlaces flexibles adecuados.

Debe evitarse la coexistencia, en una misma unidad estructural, de sistemas de cimentación superficiales y profundos.

Cada uno de los elementos de cimentación que transmita al terreno cargas verticales significativas deberá enlazarse con los elementos contiguos en dos direcciones mediante dispositivos de atado situados a nivel de las zapatas, encepados de pilotes, etc.

-Cuando la aceleración sísmica es igual o mayor de $0.16 g$ los elementos de atado serán vigas de hormigón armado.

-Cuando el coeficiente sea menor de $0.16 g$ podrá considerarse que la solera de hormigón constituye un elemento de atado, siempre que sea continua, este a nivel de las zapatas y tenga un espesor mínimo de 15 cm.

-En los pilotes de hormigón armado la armadura longitudinal estará formada al menos por seis barras de diámetro 12 mm, separadas como máximo 20 cm y cuya longitud no será inferior a 6 m, atada por cercos de diámetro mínimo 6 mm en toda su longitud.

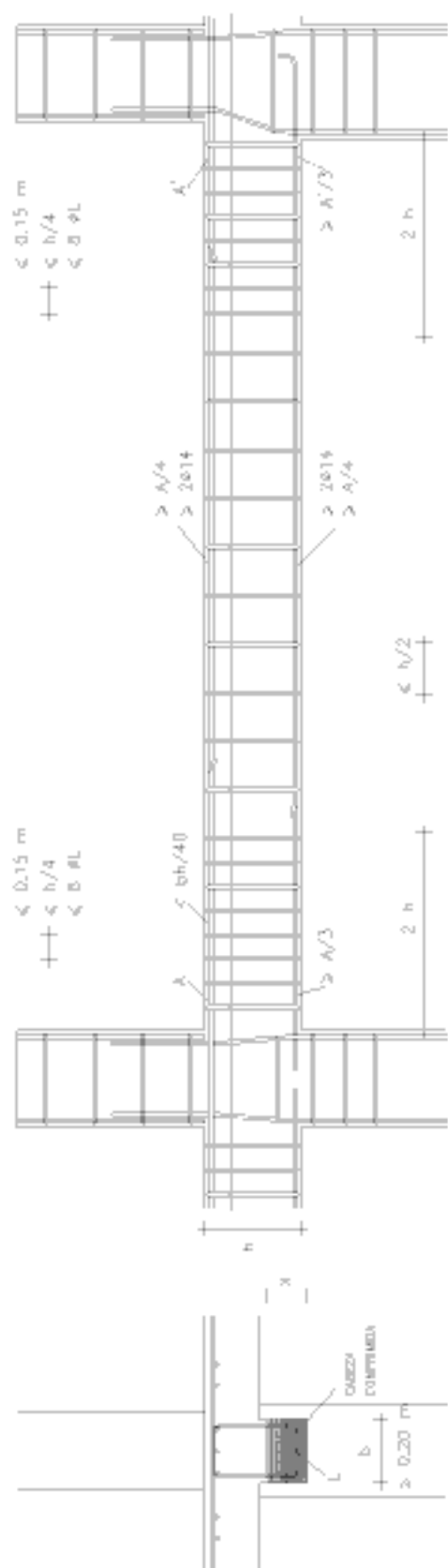
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

Vigas de hormigón.

Reglas generales para vigas.

Para poder considerar que la estructura, en la dirección de las vigas, se beneficia de las condiciones de ductilidad alta ($\mu=3$), deben cumplirse los requisitos siguientes (véase figura siguiente).

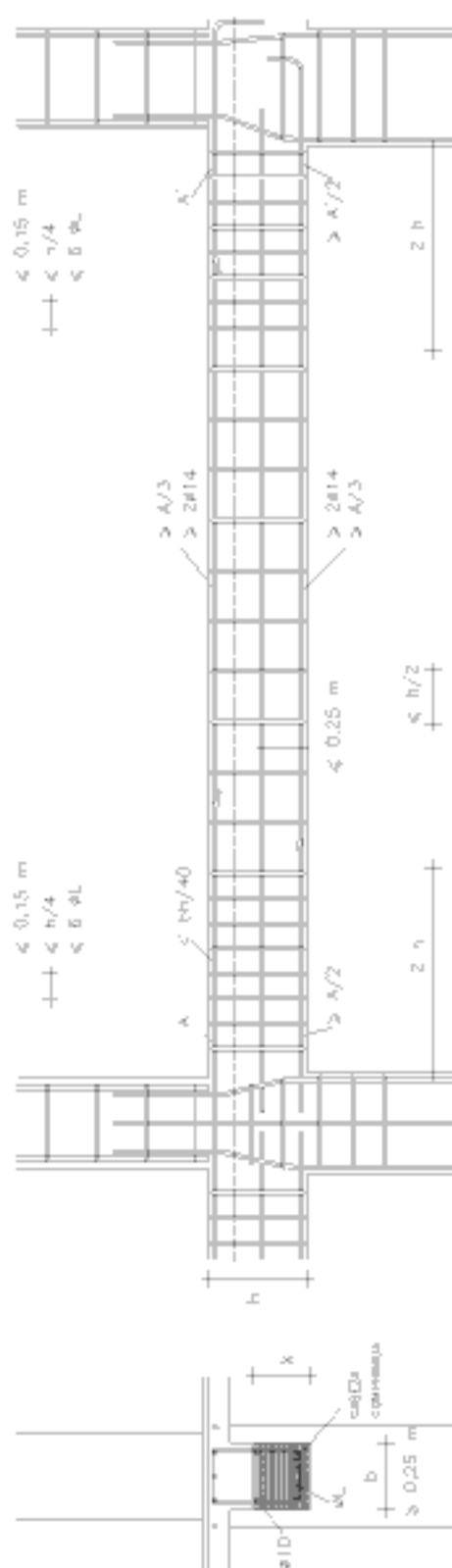
- El descuelgue bajo el forjado es superior a la profundidad de calculo de la cabeza comprimida en la sección fisurada.
- El ancho del descuelgue, b , es al menos 0.20 m.
- En la cara superior y en todo su desarrollo se disponen al menos $2 \varnothing 14$.
- En la cara superior, la armadura de continuidad en un nudo interior tendrá una sección menor de $(b \cdot h)/40$, siendo h el canto total de la viga.
- En la cara inferior y en todo su desarrollo se disponen al menos $2 \varnothing 14$ y del 4%.
- En la cara inferior llegara efectivamente anclada al extremo al menos una armadura $A/3$, siendo A la cuantía máxima de la armadura superior de tracción de ese mismo extremo
- Tanto en la cara superior como en la inferior, se dispondrá, en todo su desarrollo, una armadura mínima $A/4$, siendo A la cuantía de la máxima armadura negativa entre los dos extremos. La capacidad resistente a cortante de las secciones será un 25% superior a la requerida por el cálculo.
- En las zonas extremas de la viga, en una amplitud de dos cantos a partir de la cara del soporte, se dispondrán cercos de al menos 6 mm de diámetro y con una separación no mayor que:
 - $h/4$
 - $8 \varnothing_L$, siendo, \varnothing_L el diámetro de cualquier armadura longitudinal comprimida.
 - 0.15 m.
 - En el resto de la viga los cercos tendrán una separación máxima de $h/2$.



Requisitos de vigas para ductilidad alta ($\mu = 3$)

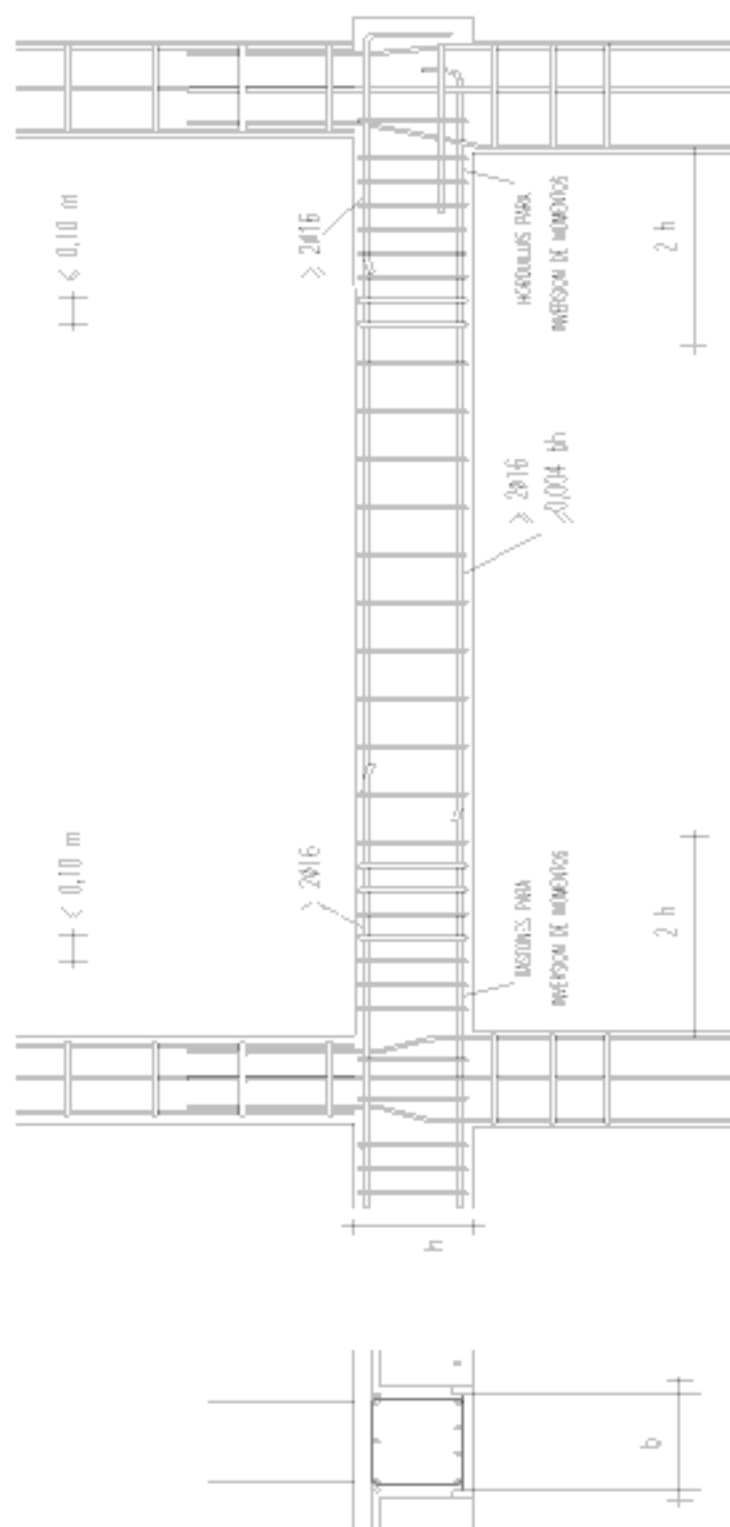
Para poder considerar que la estructura, en la dirección de las vigas, se beneficia de las condiciones de ductilidad muy alta ($\mu = 4$), no debe producirse inversión de momentos, es decir, el caso sísmico no debe provocar en extremos de las vigas momentos de ambos signos, y además de las condiciones para $\mu = 3$ del párrafo anterior, deben cumplirse los requisitos siguientes (véase figura siguiente).

- El ancho del descuelgue, b , será al menos 0.25 m, pero inferior al de cualquiera de los soportes a los que acomete la viga.
- En la cara inferior, llegará efectivamente anclada al extremo sin continuidad al menos una armadura $A/2$, siendo A la cuantía de la armadura de tracción de ese mismo extremo.
- Tanto en la cara superior como en la inferior, se dispondrá, en todo su desarrollo una armadura mínima $A/3$, siendo A la cuantía de la máxima armadura negativa entre los dos extremos.
- Existirá una armadura de piel longitudinal de al menos $2 \varnothing 10$, cada 0.25 m de canto.
- En las zonas extremas de la viga, en una amplitud de dos cantos a partir de la cara del soporte, se dispondrán cercos de diámetro de al menos 6 mm y con una separación menor de:
 - $6 \varnothing_{L_c}$, siendo \varnothing_{L_c} el diámetro de cualquier armadura longitudinal comprimida.



Requisitos de vigas para ductilidad muy alta ($\mu = 4$).

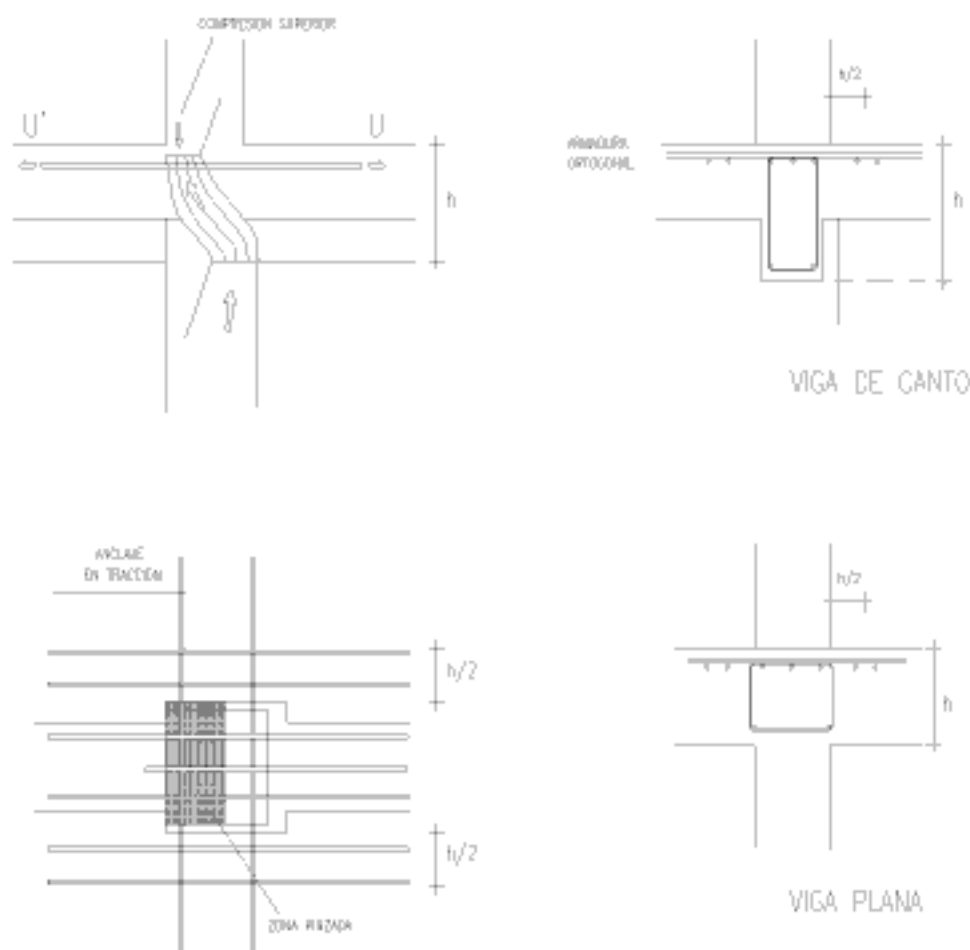
Independientemente del valor de μ , cuando la aceleración sísmica de cálculo, a_c , sea igual o superior a 0.16 g, la armadura longitudinal de las vigas principales será al menos de 2 \varnothing 16, y de 0.004 $b \cdot h$, extendida a todo su desarrollo, y la separación de cercos, en una amplitud de 2h desde la cara del soporte, no será superior a 0.10 m (véase figura siguiente).



Requisitos de vigas para $a_c \geq 0.16$

Condiciones particulares para la armadura superior

La armadura superior de continuidad en un nudo interior, que sea necesaria por sollicitación sísmica, puede disponerse en una banda de ancho igual al del soporte más medio canto de la viga a cada lado de él (Figura siguiente), siempre que, en una banda perpendicular del mismo ancho, exista armadura ortogonal que posea una sección de al menos una cuarta parte de la anterior. La armadura que pase dentro del soporte podrá contar con el efecto de pinzamiento de la compresión. La que pase por el exterior del soporte deberá dotarse de toda su longitud de anclaje teórica, en prolongación recta



Armaduras de continuidad en nudo interior

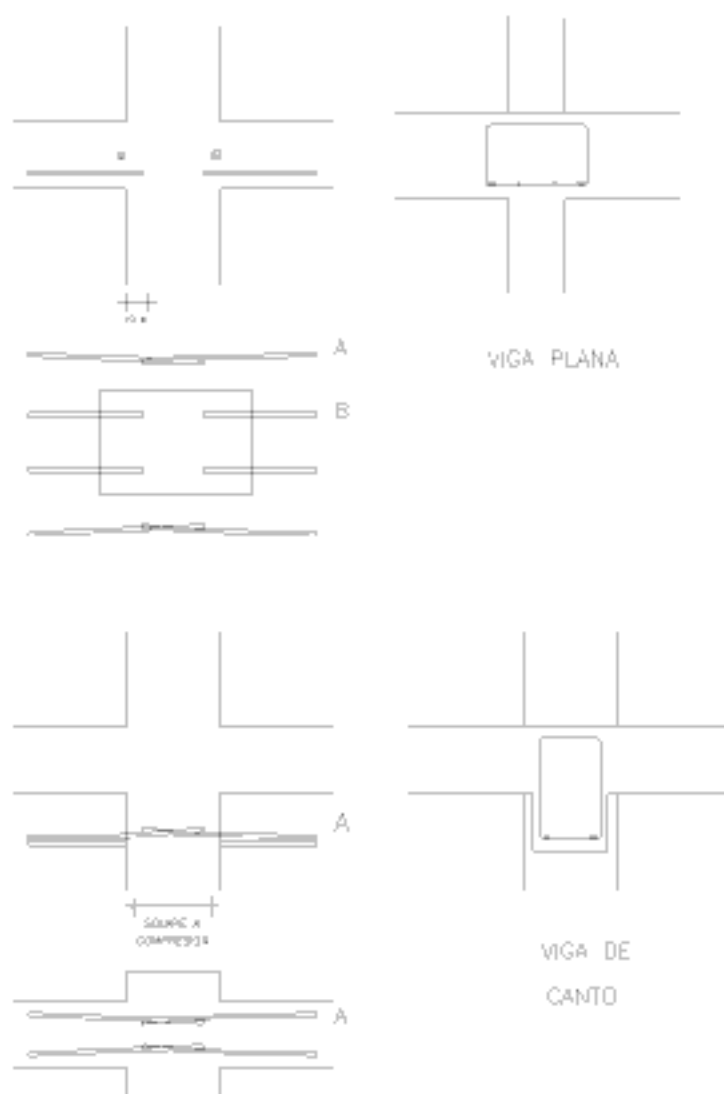
Condiciones particulares para la armadura inferior.

Para tener en cuenta la colaboración a compresión de la armadura inferior de la viga, debe confirmarse que desarrolla suficiente longitud para la compresión que se le atribuye, tras los haces de la cara interior del soporte, pudiendo contar con la mejora que permite el doblado en patilla.

Si dicha armadura nunca está traccionada, ni se tiene en cuenta a compresión, bastará comprobar que, desde el punto de tracción nula de la viga, se prolonga lo suficiente para anclarse y que, en cualquier caso, penetra al menos $10 \varnothing$ tras la cara interior del soporte.

En un nudo interior, si la armadura penetra en el soporte, puede rematarse en patilla; si el forjado es plano, se puede suponer que la compresión se descarga por punta en la zona que se encuentra comprimida en todas las direcciones.

En un nudo interior, para tener en cuenta a compresión las armaduras dispuestas por fuera del soporte, éstas deberán solaparse la correspondiente longitud de anclaje (ver figura siguiente).

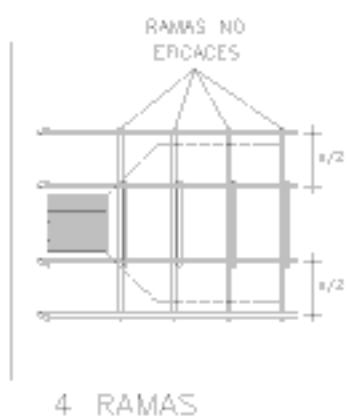
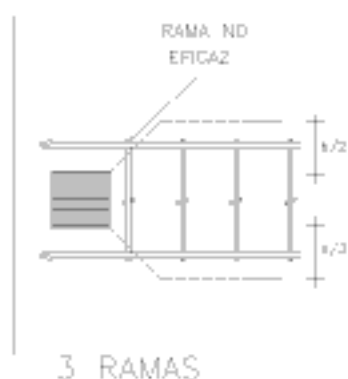
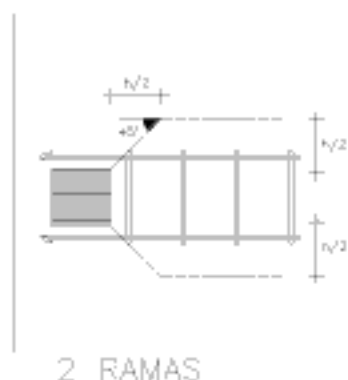


Solape de armaduras inferiores.

Condiciones particulares para estribos.

En un nudo extremo de viga plana, sólo se podrán tener en cuenta para resistir la sollicitación sismica las ramas verticales de los estribos existentes en la zona definida en la figura siguiente.

Cuando la viga es plana, sobre todo si el soporte es de sección alargada en la dirección de la viga, conviene que el estribo de ésta atraviese el nudo, disponiendo ramas en las proximidades de las caras laterales del soporte.



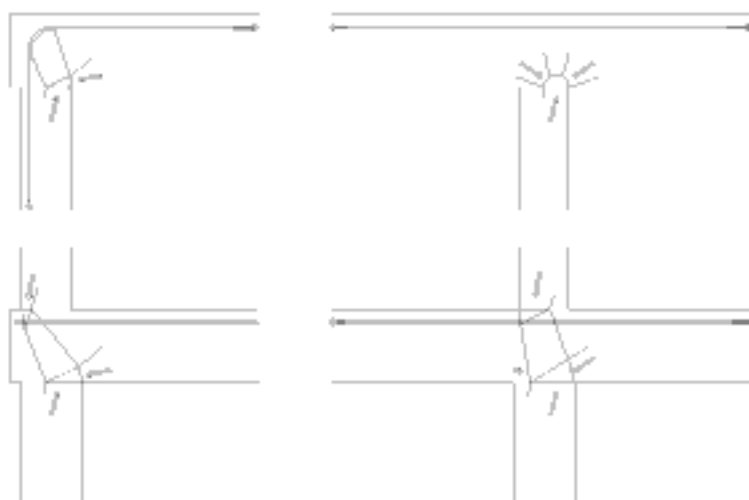
Ramas de estribos computables a cortante.

Condiciones particulares en caso de inversión de momentos.

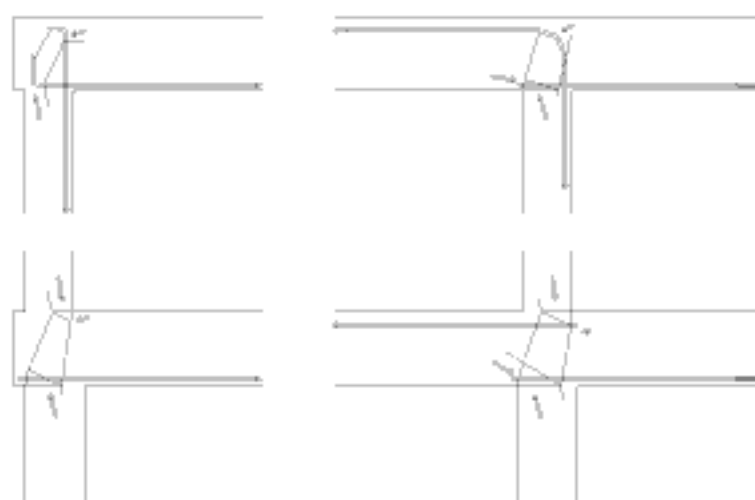
Se dice que hay inversión de momentos cuando, debido a la acción horizontal del sismo, el momento en el extremo de la viga cambia de signo y pasa a traccionar la fibra inferior (Figura siguiente).

Si hay inversión en un nudo extremo, para la armadura inferior rigen las mismas reglas que las indicadas en el epígrafe anterior para la superior.

Si se produce inversión en un nudo interior, ese encuentro, a los efectos de disposición de armadura inferior y superior y de los estribos, se comporta como dos nudos extremos adosados, salvo por lo que respecta al anclaje de la armadura de las vigas, que en todo caso se resolverá por prolongación recta a partir de la cara opuesta del soporte.



SIGNO HABITUAL DE MOMENTOS



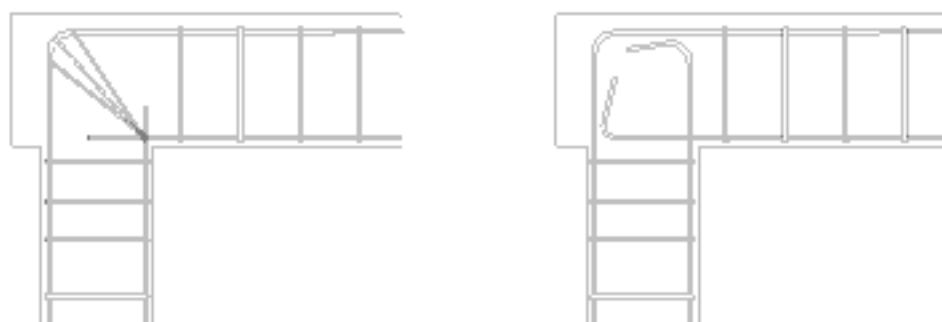
MOMENTOS INVERTIDOS

Inversión de momentos

En el caso particular de soportes metálicos, cuando se produce inversión en un nudo extremo, es preciso contar con dispositivos de engarce de armaduras, tanto superior como inferior.

Cuando la inversión afecta al nudo extremo de la última planta, hay que disponer una armadura específica en la diagonal del nudo, o bien anclar las armaduras de viga y soporte para dar cuenta de una biela comprimida en la diagonal opuesta (Figura siguiente).

Si la inversión de momentos es muy fuerte puede producirse, además, inversión de reacción en la viga; si el soporte es metálico, habrá que alterar en ese caso el diseño del dispositivo de engarce para que permita recoger carga en los dos sentidos.



Inversión de Momentos en Nudos Extremos de Última Planta

Soportes.

Reglas generales de soportes.

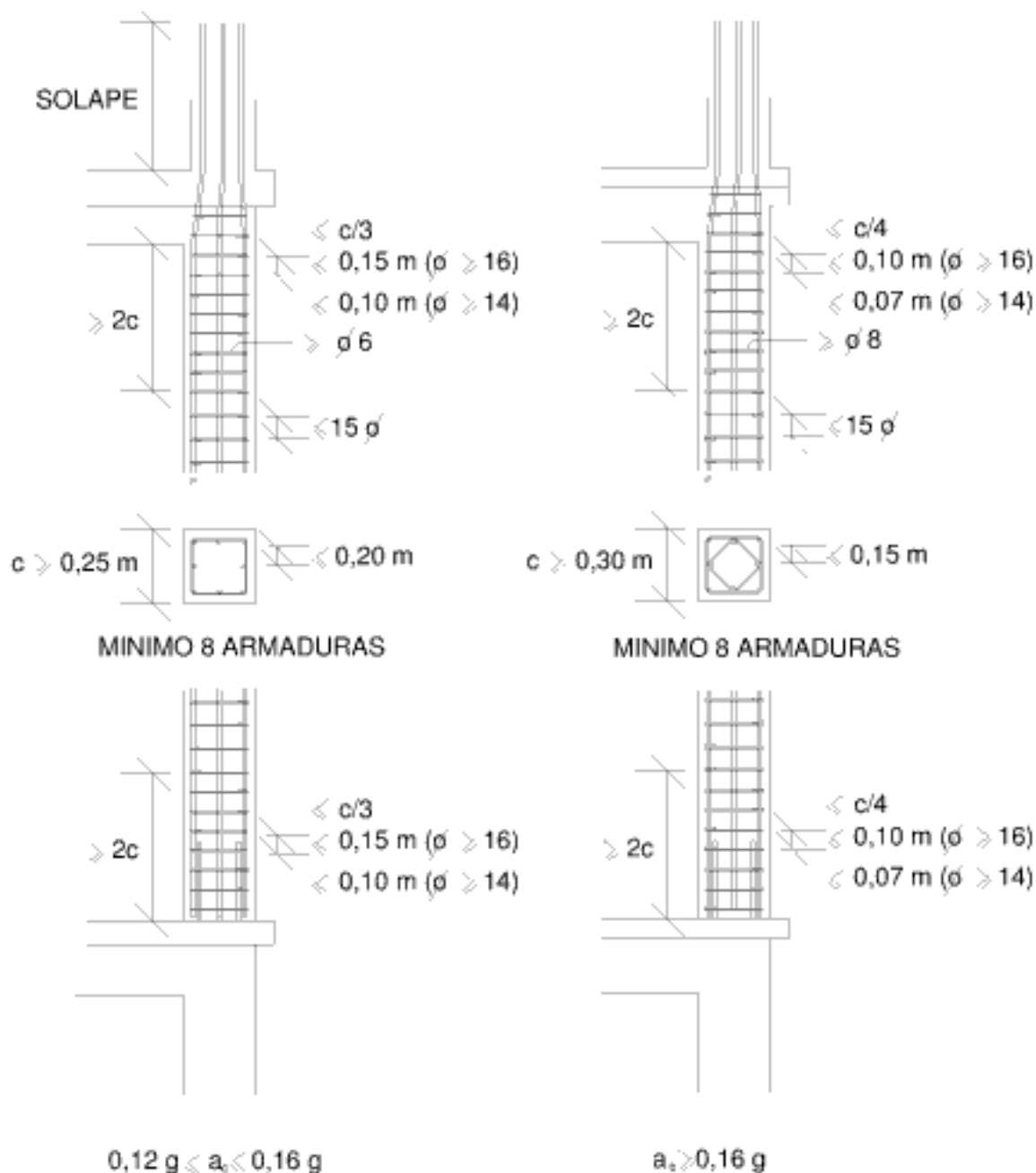
En soportes de hormigón (Figura siguiente) cuando la aceleración sísmica de cálculo, a_c , sea igual o superior a 0.12 g:

- La dimensión mínima no será inferior a 0.25 m.
- El armado longitudinal estará constituido por al menos tres barras en cada cara (seis en secciones circulares), con un intervalo no superior a 0.20 m.
- La capacidad resistente a cortante de las secciones será un 25% superior a la requerida por el cálculo.
- En las zonas extremas del soporte, en una amplitud medida a partir del entronque con el forjado o viga de al menos dos cantos, y si la viga es de descuelgue también al paso por el nudo, se dispondrán cercos de diámetro de al menos 6 mm y con un intervalo no mayor que:
 - $c/3$, siendo el canto c la dimensión menor del soporte.
 - 0.10 m si la armadura longitudinal es $\varnothing 12$ ó $\varnothing 14$ y 0.15 m si es $\varnothing 16$ ó mayor.

Además, cuando la aceleración sísmica de cálculo a_c sea igual o superior a 0.16 g:

- La dimensión mínima no será inferior a 0.30 m.
- El intervalo entre barras longitudinales no será superior a 0.15m.
- La sección de la armadura longitudinal no será inferior al 1% ni superior al 6% de la sección de hormigón.
- En las zonas extremas del soporte, en una amplitud medida a partir del entronque con el forjado o viga de al menos dos cantos, y al paso por el nudo, se dispondrán cercos de diámetro al menos 8 mm y con un intervalo no mayor que:
 - $c/4$, siendo c la dimensión menor del soporte.

- 0.07 m si la armadura longitudinal es $\varnothing 12$ ó $\varnothing 14$, y 0.10 m si es $\varnothing 16$ ó superior.



Armado de soportes de hormigón.

Además de las condiciones generales, en todo soporte, sea cual sea la aceleración sísmica de cálculo, deben respetarse las reglas particulares que se detallan a continuación.

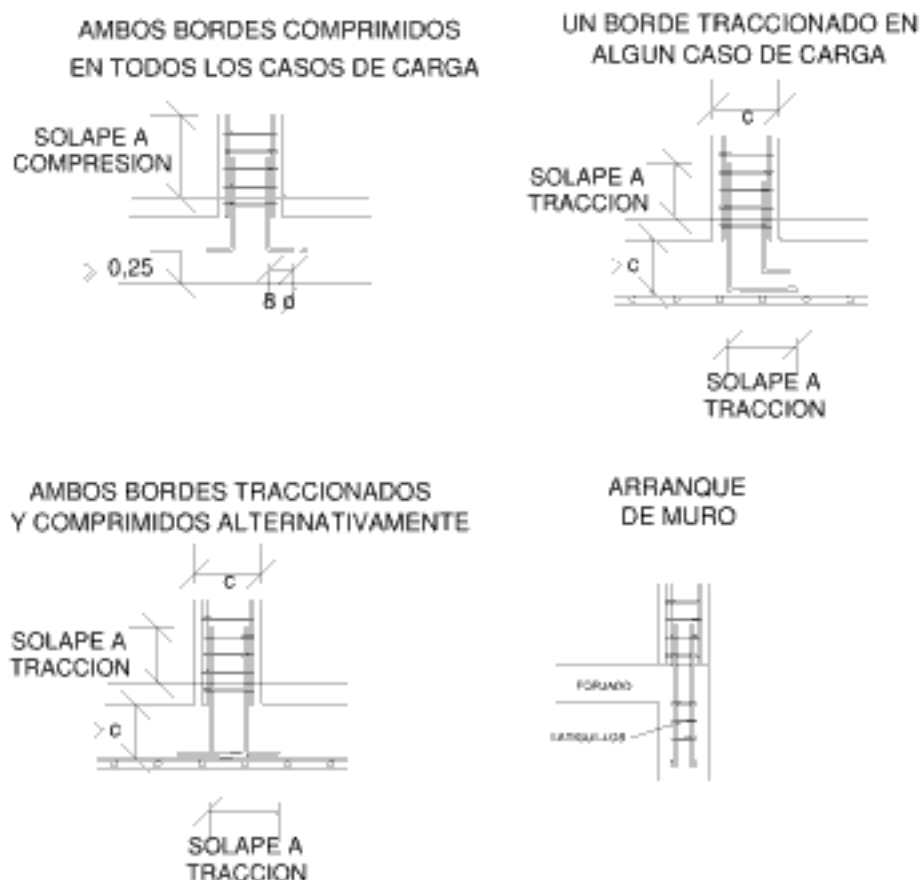
Condiciones particulares del nudo de arranque.

En la base de arranque de los soportes deben disponerse armaduras de espera para transferir correctamente las solicitaciones del fuste al elemento inferior, pozo, zapata, muro, pilote, viga, losa o en su caso, encepado de grupo de pilotes.

Debido al carácter alternativo de la acción sísmica, las tensiones de los bordes del soporte cambian cíclicamente, oscilando de la compresión máxima a una menor que ella. Si la acción sísmica consigue provocar la aparición de tracciones es imprescindible confiar la tracción al solape entre las armaduras del soporte y las de espera, dando a estas últimas la longitud de entrega acorde con ello y comprobando que pueden vincular suficiente peso para equilibrar la tracción.

Si el elemento de arranque donde se introduce la espera en una zapata, viga, losa, pozo o pilote de sección muy superior a la del pilar, la armadura puede rematarse en patilla, siendo recomendable disponerla hacia fuera si su tensión predominante es de compresión. La parte solapada con el fuste del soporte debe disponerse necesariamente en prolongación recta.

Si el elemento de arranque es un muro o viga, las armaduras de espera, dispuestas dentro de ese elemento, deben dotarse al menos de estribos transversales a las caras de dicho elemento (Figura siguiente).



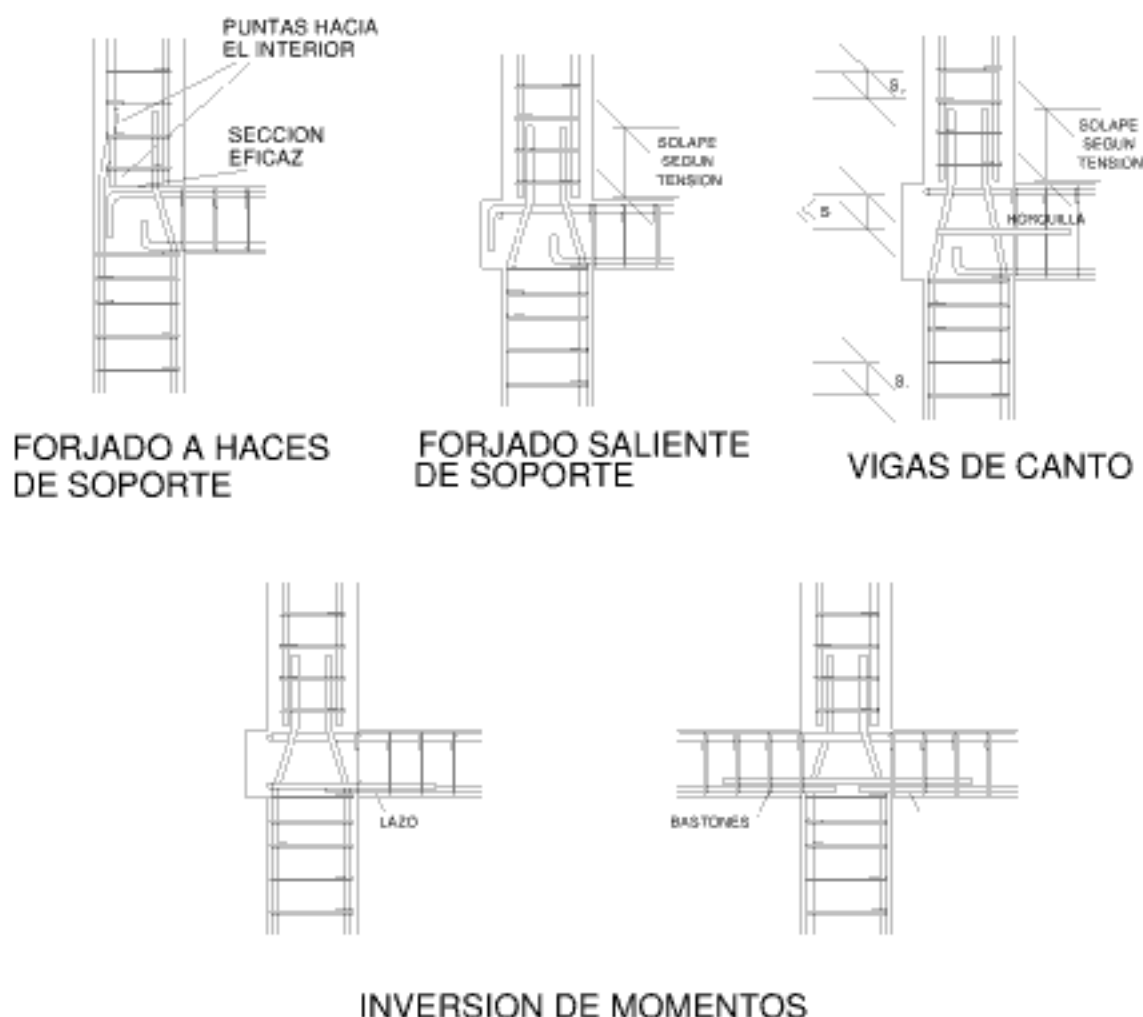
Arranque de armaduras de espera de soporte.

Condiciones particulares en nudos intermedios.

En general, la armadura de cada fuste se prolonga en el superior. Como en el caso del arranque, si la acción sísmica provoca la aparición de tracciones en un borde, la longitud de solape de ambos tramos debe permitir la transferencia de dicho esfuerzo, rematando el del inferior en prolongación recta.

En el caso de soporte extremo, para evitar el efecto de expulsión de la armadura comprimida del borde exterior, o el que revienta debido al efecto de transferencia de compresión de la armadura por punta, es recomendable, además de la fijación de la armadura del soporte a los estribos y a las esperas del fuste inferior, disponer la cara del forjado por fuera de los haces del soporte (véase figura siguiente).

En el caso de soporte extremo, si la armadura de viga que produce el quebranto de la biela se dispone rematada respecto al soporte, éste debe recalcularse tomando como sección efectiva la que resulta de prescindir de la zona situada por fuera de los haces de la misma.



Nudos intermedios

En general con vigas de descuelgue conviene que sean los estribos de soporte los que se dispongan dentro del nudo. En todo caso, los soportes extremos y esquina contarán al paso del nudo con estribos u horquillas, con cadencia no menor de la de cualquiera de los fustes que acometen a él, para producir confinamiento en la dirección perpendicular al borde o bordes libres.

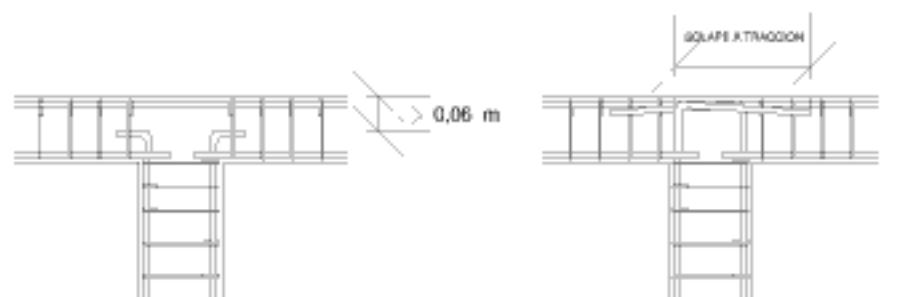
Además de la comprobación de la biela oblicua de nudo, citada en apartados anteriores, por lo que respecta a los soportes, debe comprobarse que su armadura tiene suficiente desarrollo y condiciones de adherencia para dar cuenta del cambio de tensión al paso por el encuentro con la viga, habida cuenta del aspecto dinámico, procedente del cambio cíclico del signo y dirección de la tensión, que los modelos clásicos no tienen expresamente en cuenta.

Condiciones particulares del nudo superior.

En nudos interiores (figura siguiente), si ambos bordes del soporte se encuentran comprimidos, en todas las hipótesis de carga consideradas en el cálculo, podrá acudir a la solución en patilla, siempre que ésta sea hacia el exterior del soporte y a prudente distancia de la cara superior del forjado.

Si, en algún caso de carga, se alcanzan tracciones en uno de los bordes, --y, si eso sucede por acción sísmica, lo será alternativamente en ambos--, resulta preferible conseguir la longitud de anclaje para dicha tracción por doblado hacia adentro y solape con la armadura superior de la planta.

Si la acción sísmica produce inversión de momentos en un nudo superior, debe comprobarse tanto la solución como la longitud de anclaje, y, en particular, la capacidad resistente de la biela que resulta, así como las variantes en la disposición de estribos que el nudo demanda para ello.



AMBOS BORDES COMPRIMIDOS
EN TODOS LOS CASOS DE CARGA

BORDES ALTERNATIVAMENTE
COMPRIMIDOS Y TRACCIONADOS



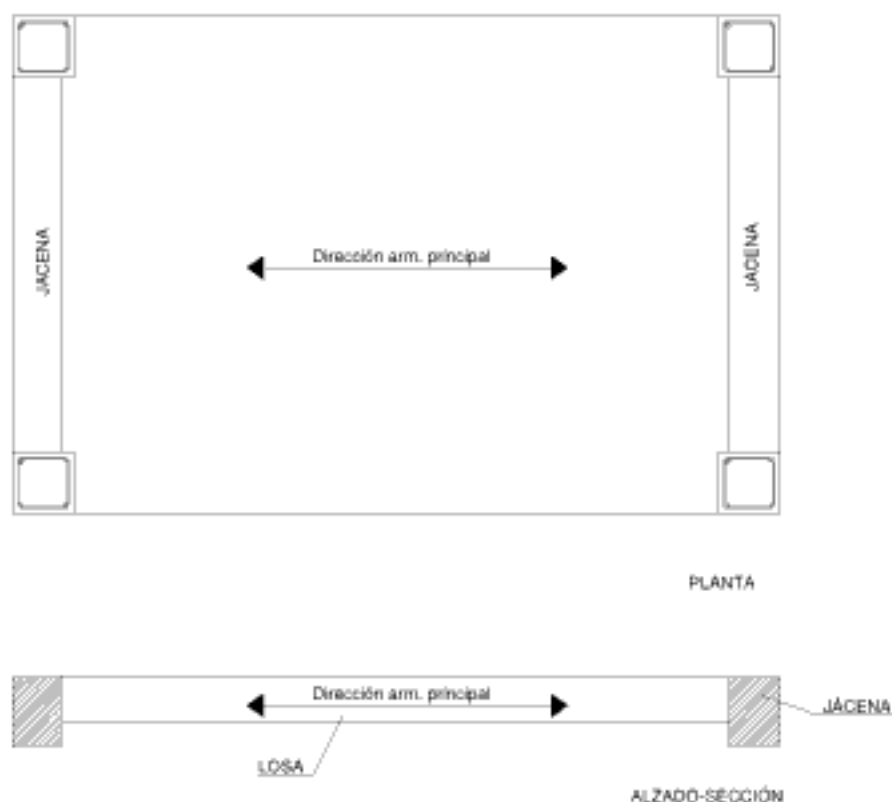
INVERSION DE MOMENTOS

Nudos superiores

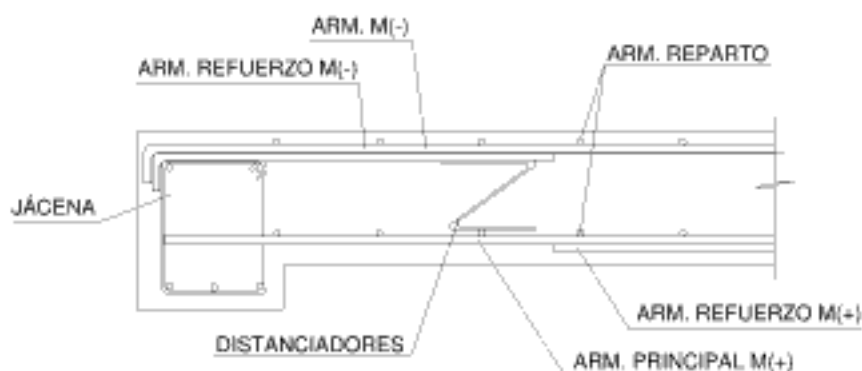
3.4.- ARMADURAS TIPO EN LOSAS DE FORJADO.

Las losas son elementos estructurales planos de espesor constante, que trabajan a flexión en la dirección perpendicular a sus apoyos. Las losas de forjado son como vigas de gran anchura y reducido canto. Su armadura es similar al de las jácenas, sustituyendo los cercos por armadura de reparto. Se sustenta en apoyos sensiblemente paralelos, pudiendo éstos ser: jácenas, muros, etc. Se emplean en los forjados-losas para maquinaria del ascensor, en forjados para soportar grandes cargas etc.

APOYO DE LOSA



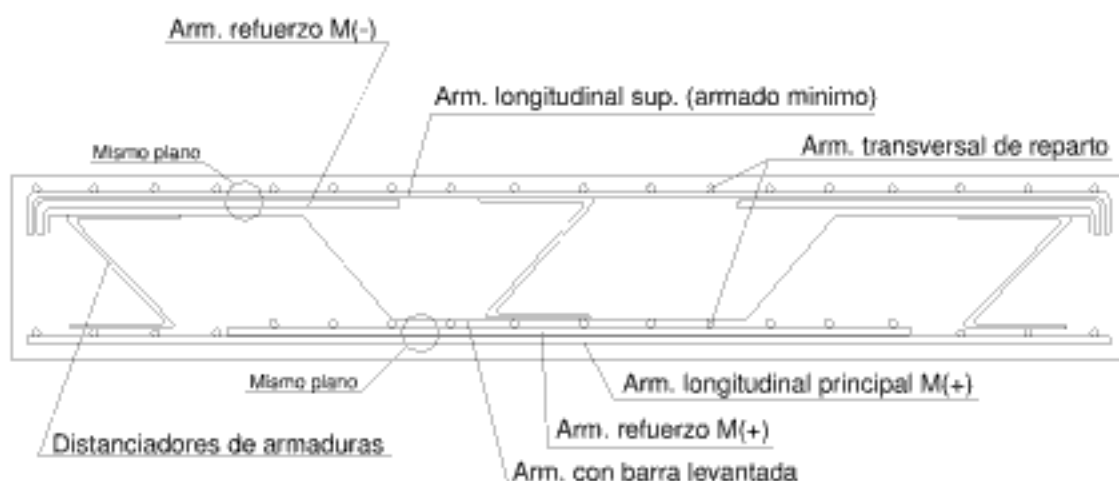
UNIÓN DE LOSA CON JÁCENA



Sus armaduras tipo son:

- Armadura longitudinal principal de momento positivo; recta y en cara inferior.
- Armadura longitudinal principal de momento positivo y negativo. Las barras levantadas se colocan si el canto de la losa no es muy pequeño, para absorción de esfuerzos cortantes.
- Armadura de refuerzo de momento negativo.
- Armadura transversal de reparto.

La distancia entre armaduras superior e inferior hay que garantizarla mediante el empleo de distanciadores.



3.5.- ARMADURAS TIPO EN LOSAS DE ESCALERA.

Con frecuencia se recurre a resolver las **zancas de escalera** con losas quebradas de hormigón armado, y que, precisamente por la singularidad de sus quiebrros requiere un armado especial, con barras de refuerzo, que impidan la rotura del hormigón en dichos puntos.

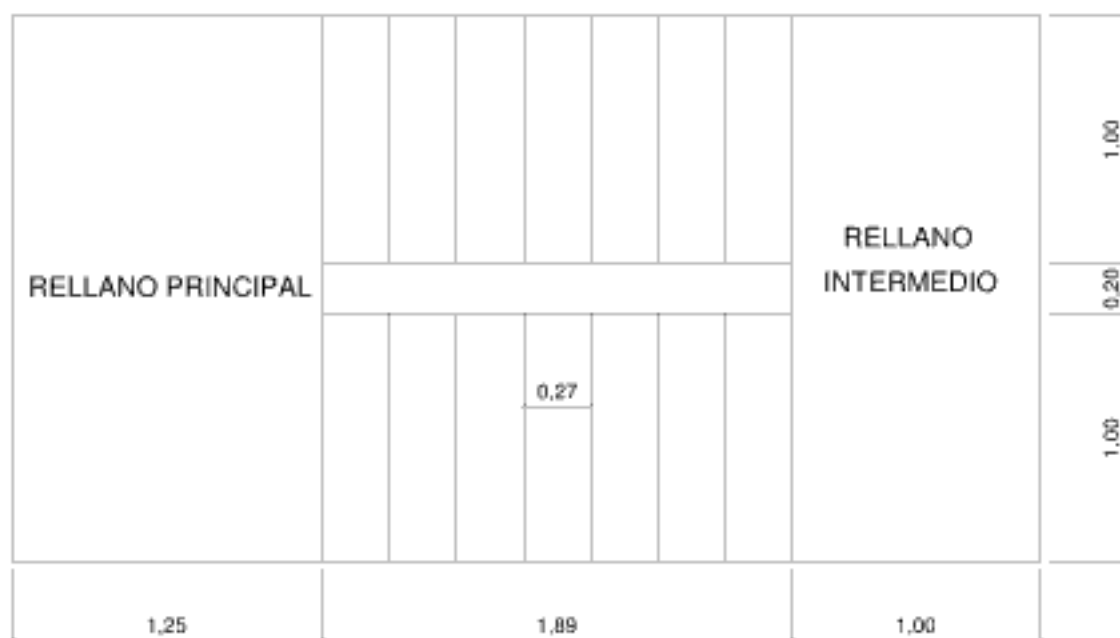
Su armado está constituido por un conjunto de barras longitudinales situadas en la parte inferior de la losa, otras en la parte superior, todas ellas ancladas a la jácena o zuncho de remate de la escalera.

Armaduras de refuerzo en los quiebrros, situadas en el mismo plano que las anteriores y solapadas a ellas, para evitar desprendimientos del hormigón en los quiebrros de la losa debidos a las tracciones de las armaduras que tienden a enderezarse. Estas armaduras, junto con las longitudinales forman en los quiebrros una figura tipo rombo, que habitualmente a nivel de calle se le conoce con el nombre de "pastilla juanola".

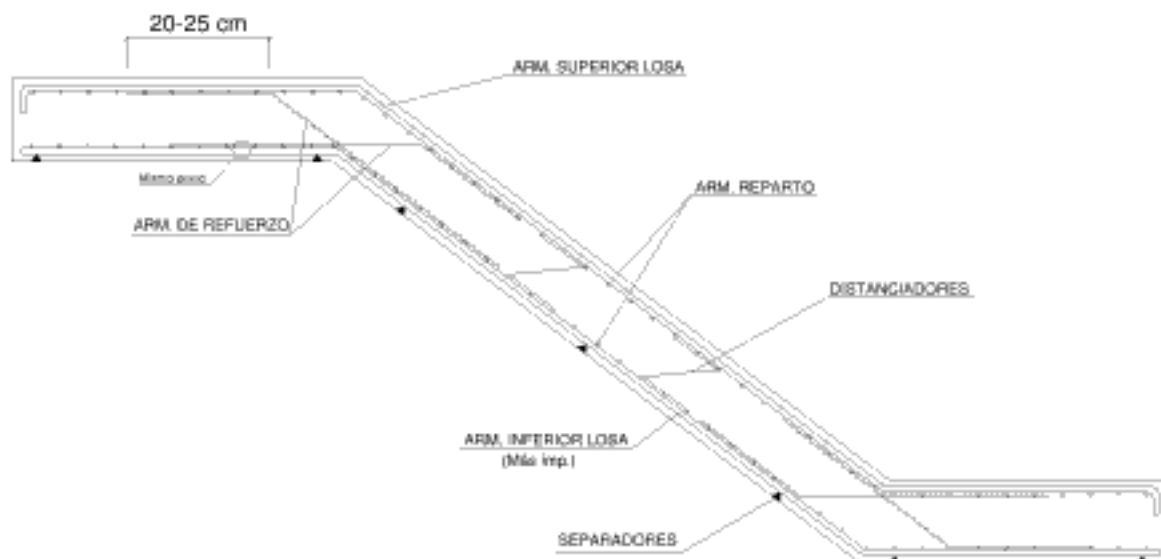
Deberán disponerse distanciadores de armaduras, para impedir que se junten ambas capas de armadura.

Asimismo se dispondrá armadura de reparto tanto inferior como superior.

En los dibujos siguientes pueden verse las dimensiones aproximadas de una escalera de dos tramos para una altura normal de viviendas, así como el armado típico de una losa de escalera.

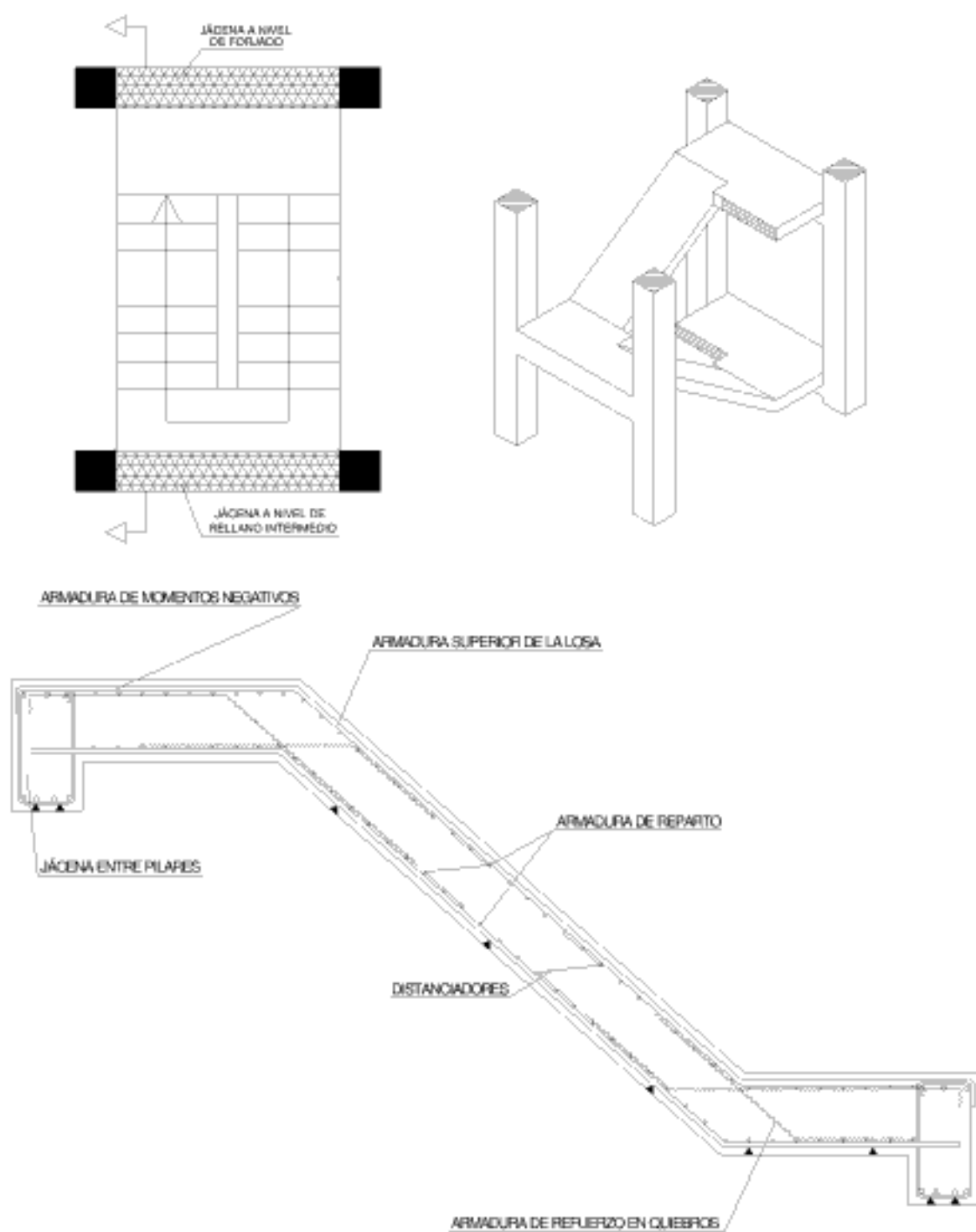


ARMADO TÍPICO DE LA LOSA DE ESCALERA:

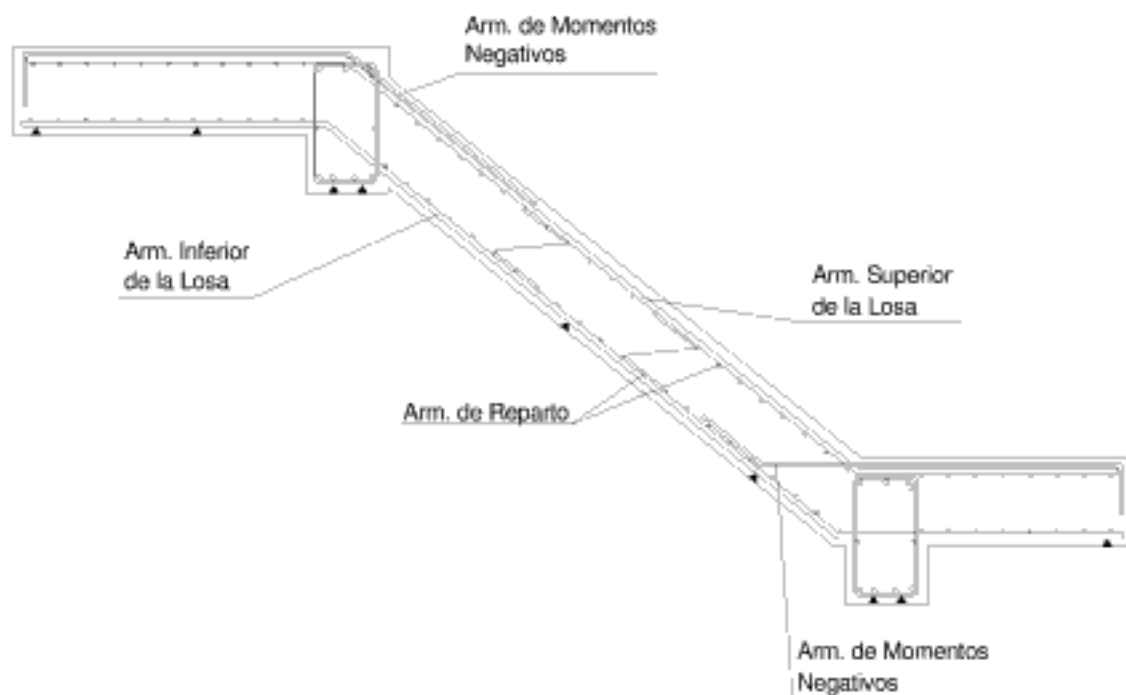
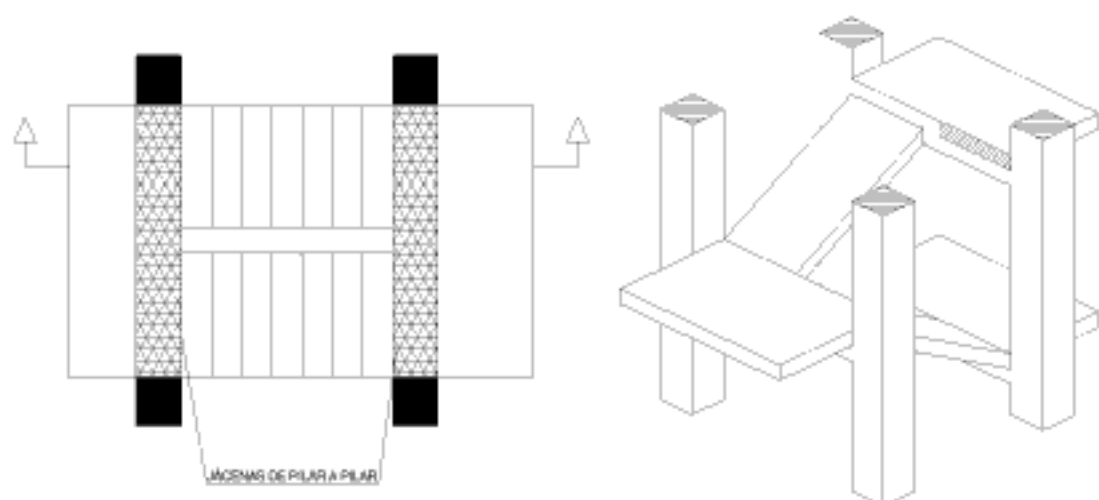


La losa de escalera puede sostenerse de varios modos:

- Anclada a dos jácenas paralelas situadas en los extremos de la losa.



- Anclada a dos jácenas paralelas situadas en el inicio o centro de los rellanos, tal como vemos en las figuras siguientes:

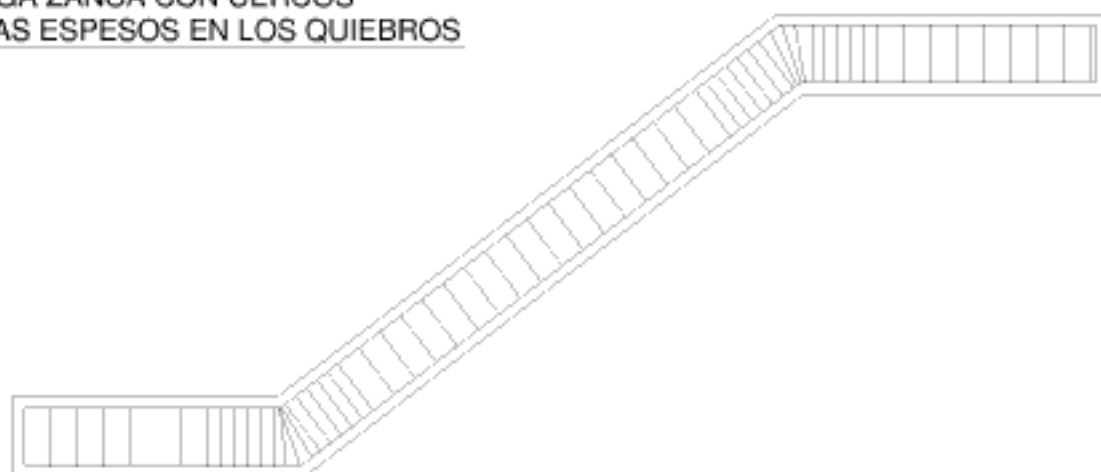


Asimismo, también puede sostenerse mediante vigas zancas.

Las vigas zancas son vigas quebradas, que siguen la directriz de la escalera, de igual o superior canto que el de la losa de la escalera y cuya armadura admite dos opciones:

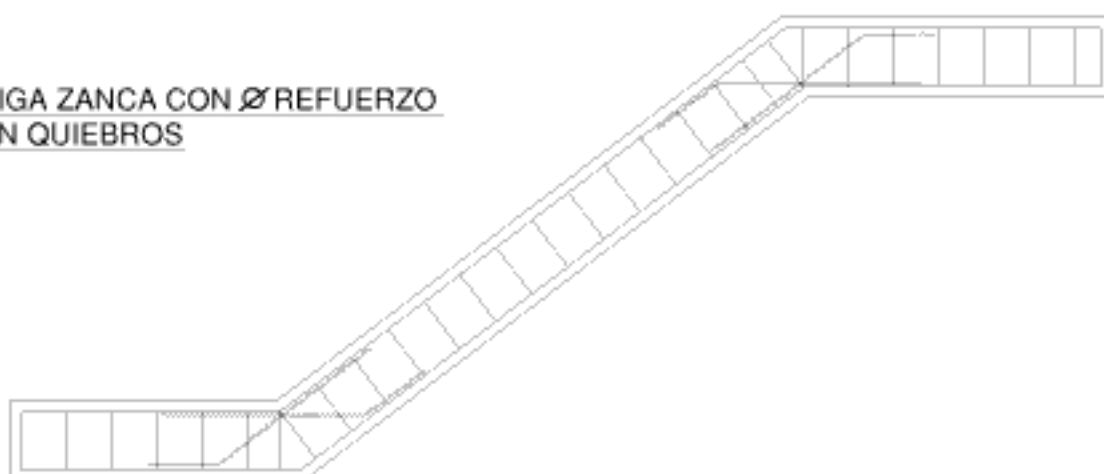
- (1) Armado idéntico al de cualquier viga, colocando cercos más juntos en las proximidades de los quiebros.

VIGA ZANCA CON CERCOS
MAS ESPESOS EN LOS QUIEBROS

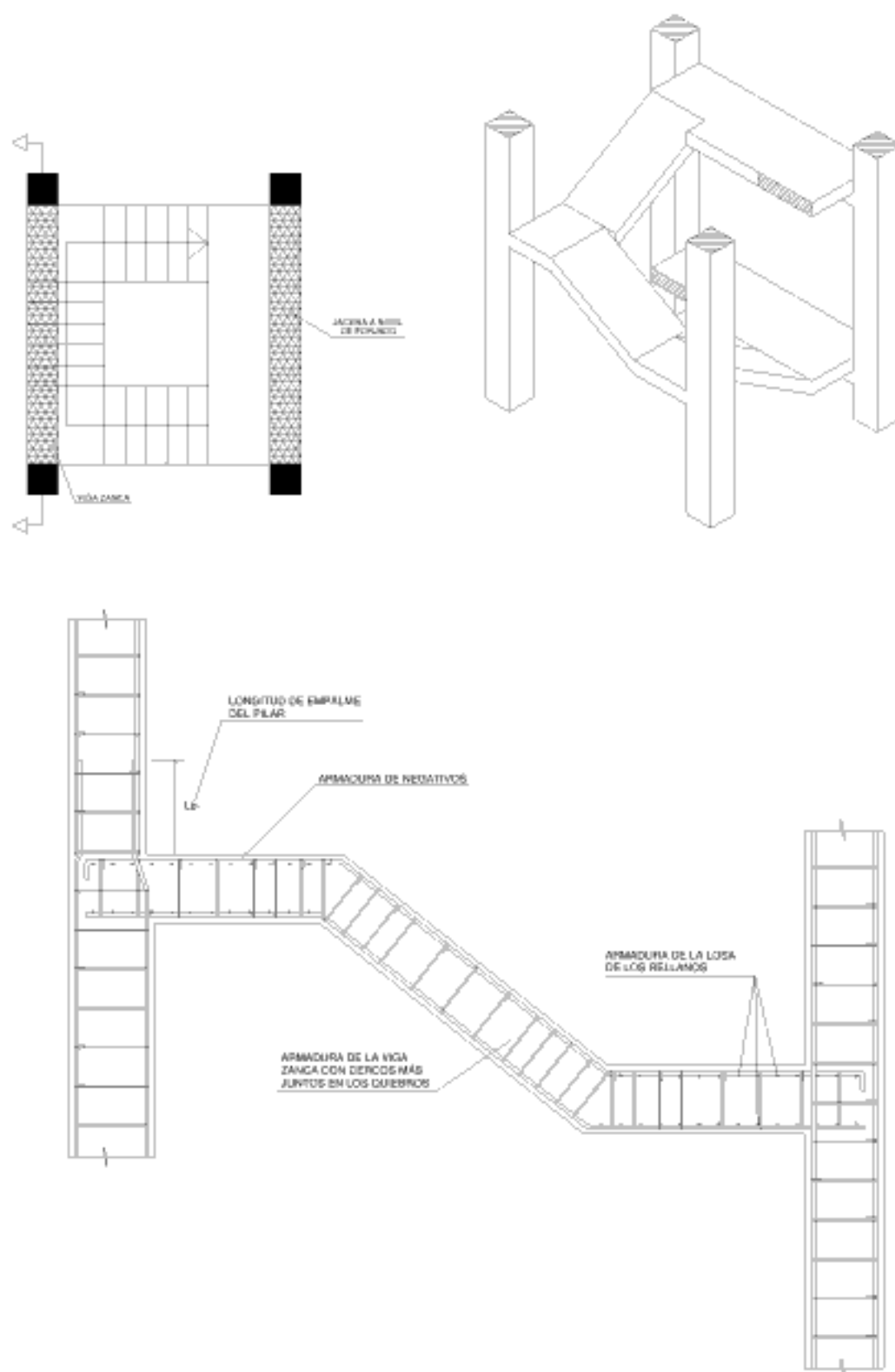


- (2) Armado similar al de la losa de la escalera, colocando armadura de refuerzo en los quiebros, con los cercos dispuestos a una separación normal.

VIGA ZANCA CON Ø REFUERZO
EN QUIEBROS



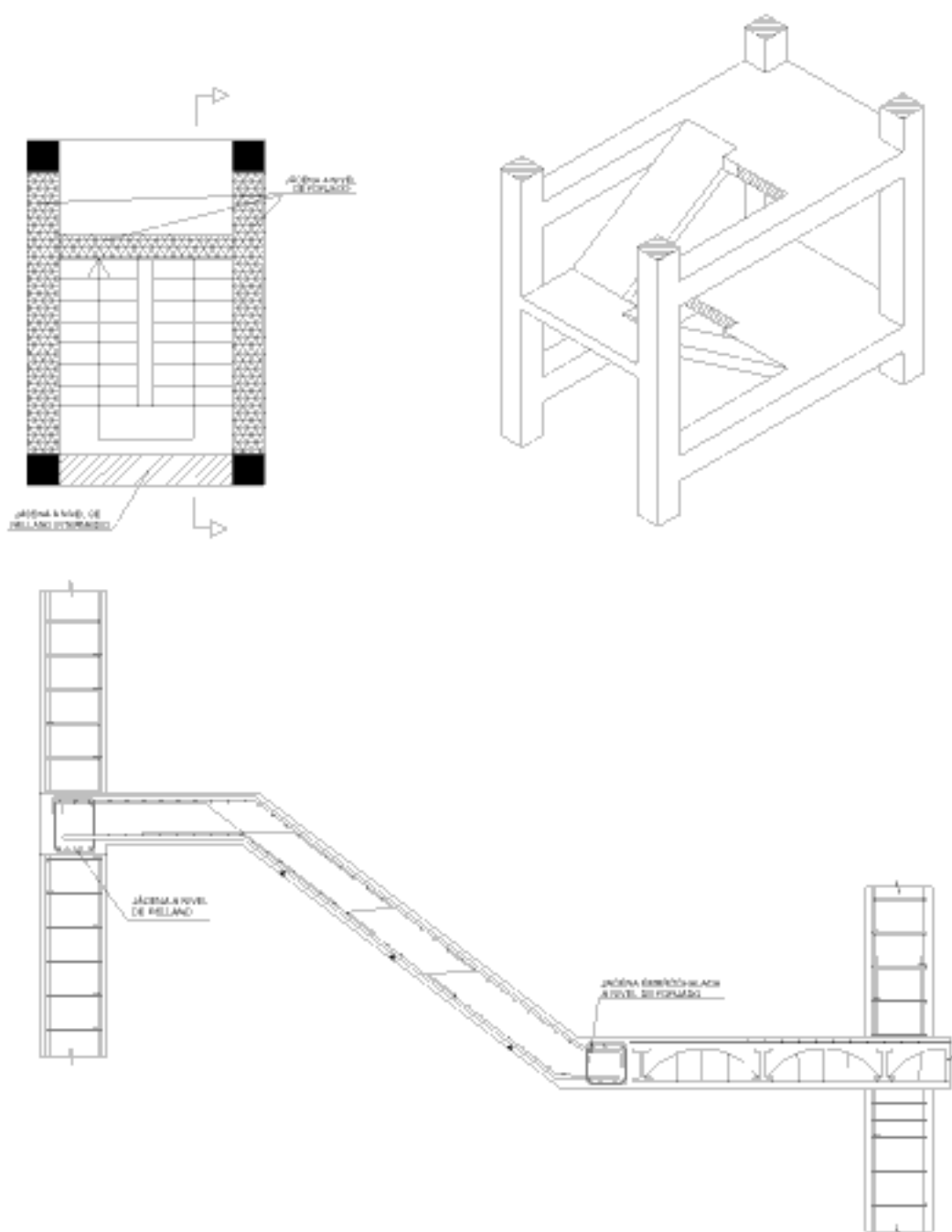
En la figura siguiente podemos ver una escalera solucionada con viga zanca.

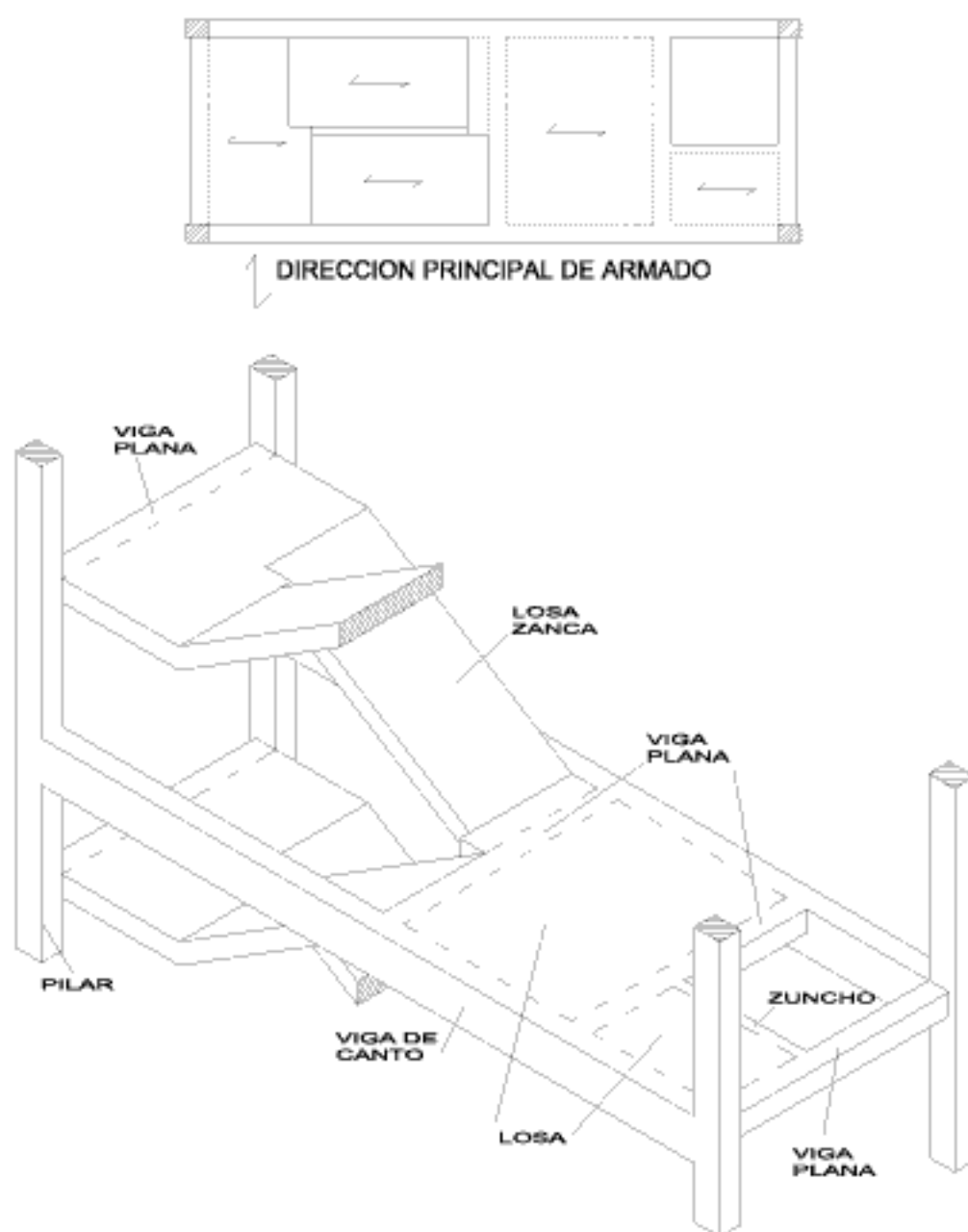


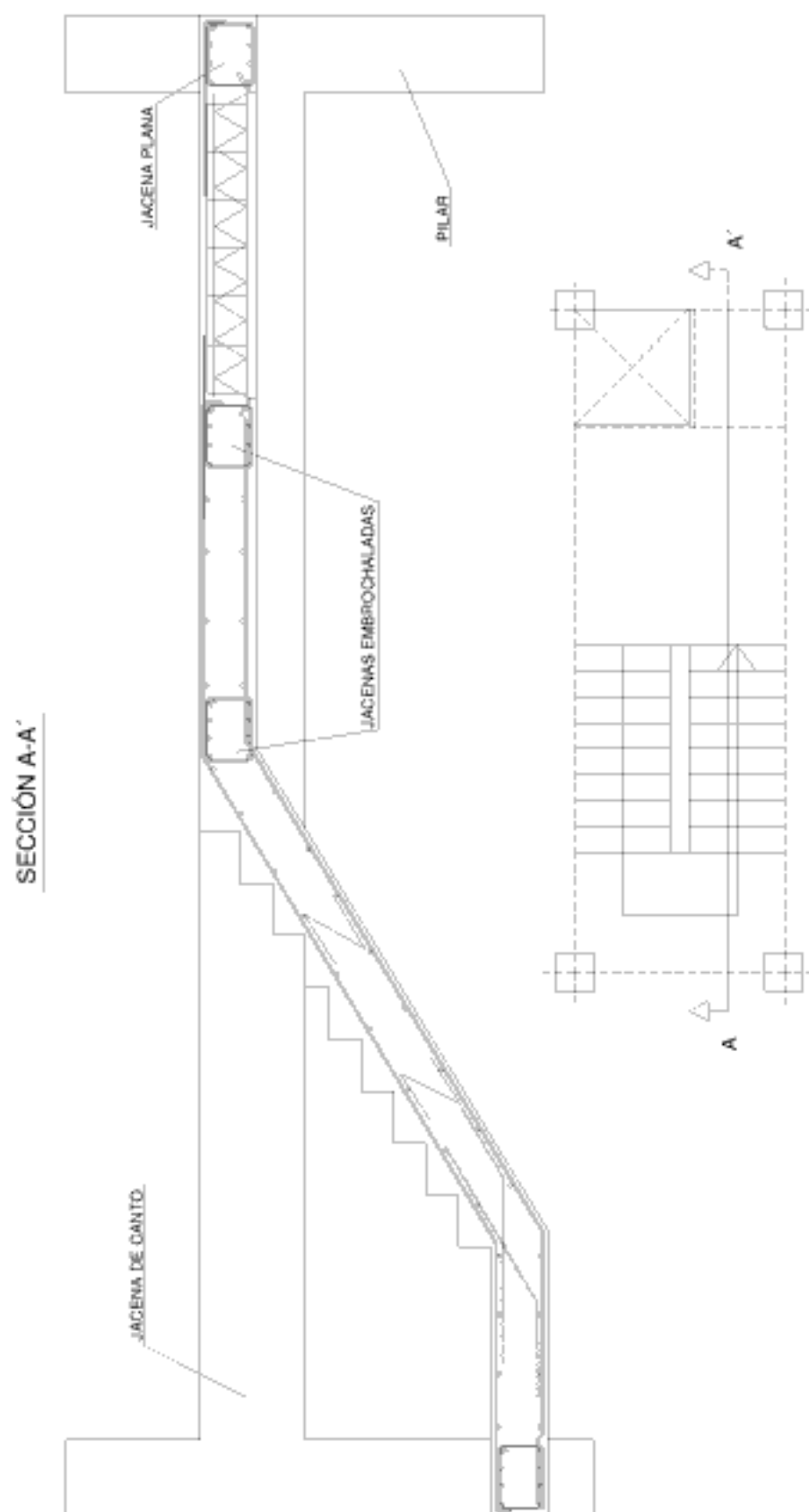
La mayor parte de las escaleras también se podría resolver utilizando vigas zancas en todo el contorno de la losa, aunque no es buena solución.

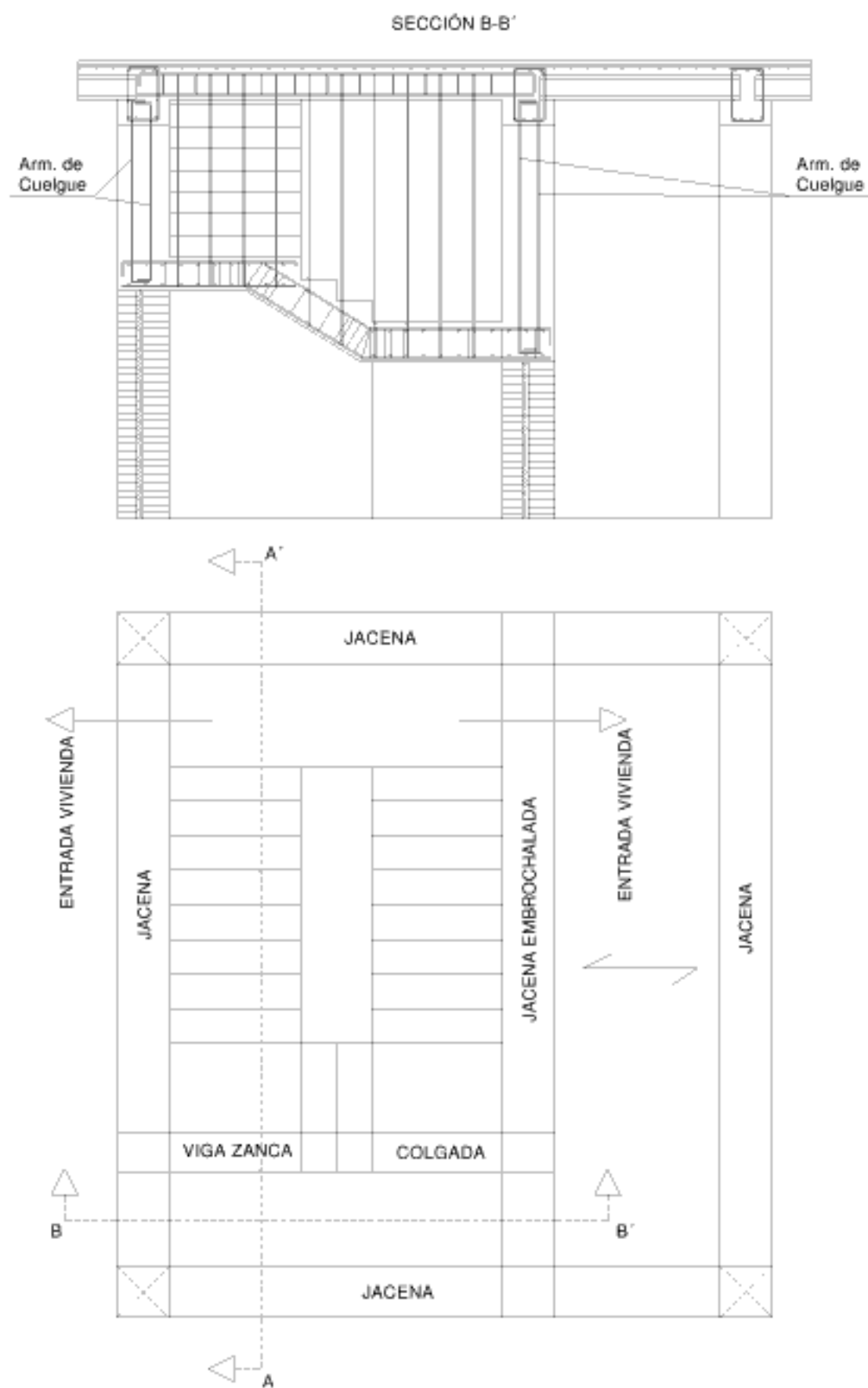
Debe utilizarse el menor número de vigas zancas, puesto que debido a su forma quebrada, encarecen la construcción, recomendándose su uso en aquéllos casos en que sea estrictamente indispensable.

Cuando el rellano principal (de entrada a viviendas) es excesivamente grande, podemos solucionarlo con la misma losa de escalera, recurriendo a efectuar una jácena embrochalada, a nivel de forjado, a la que empotramos la losa de escalera. El resto del rellano se puede solucionar con viguetas de forjado, o del modo que nos interese, tal como se ve en las siguientes figuras.

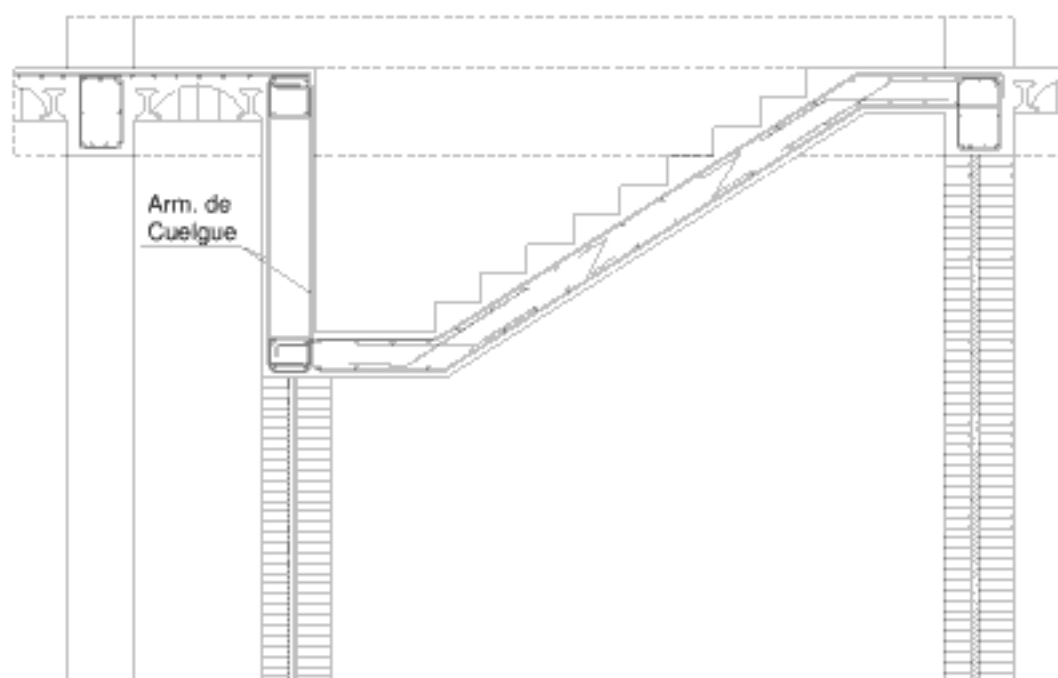








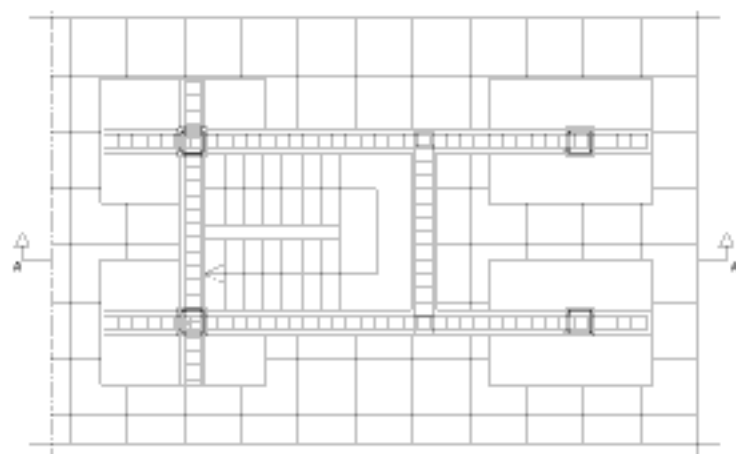
SECCIÓN A-A'

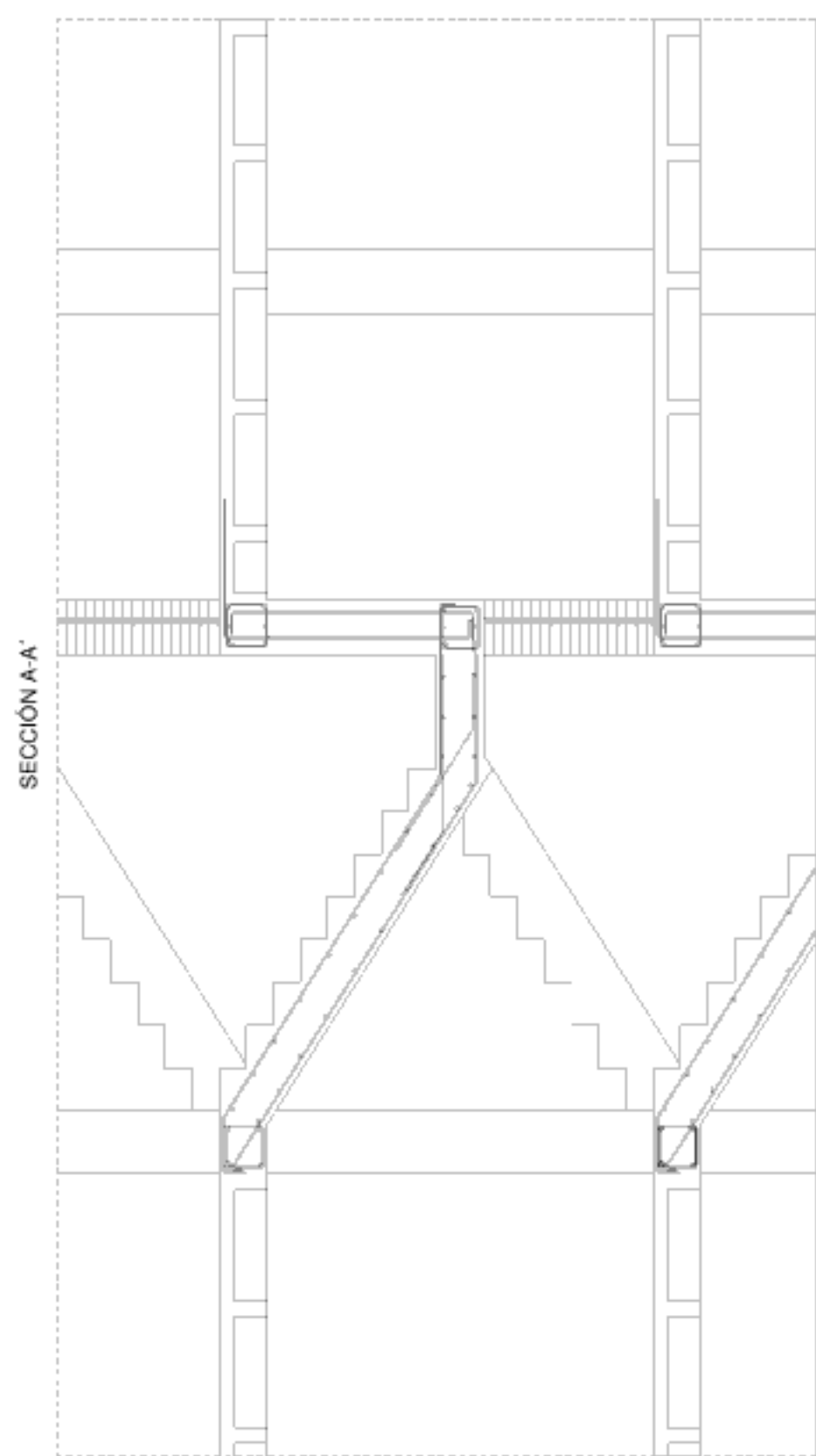


Notas:

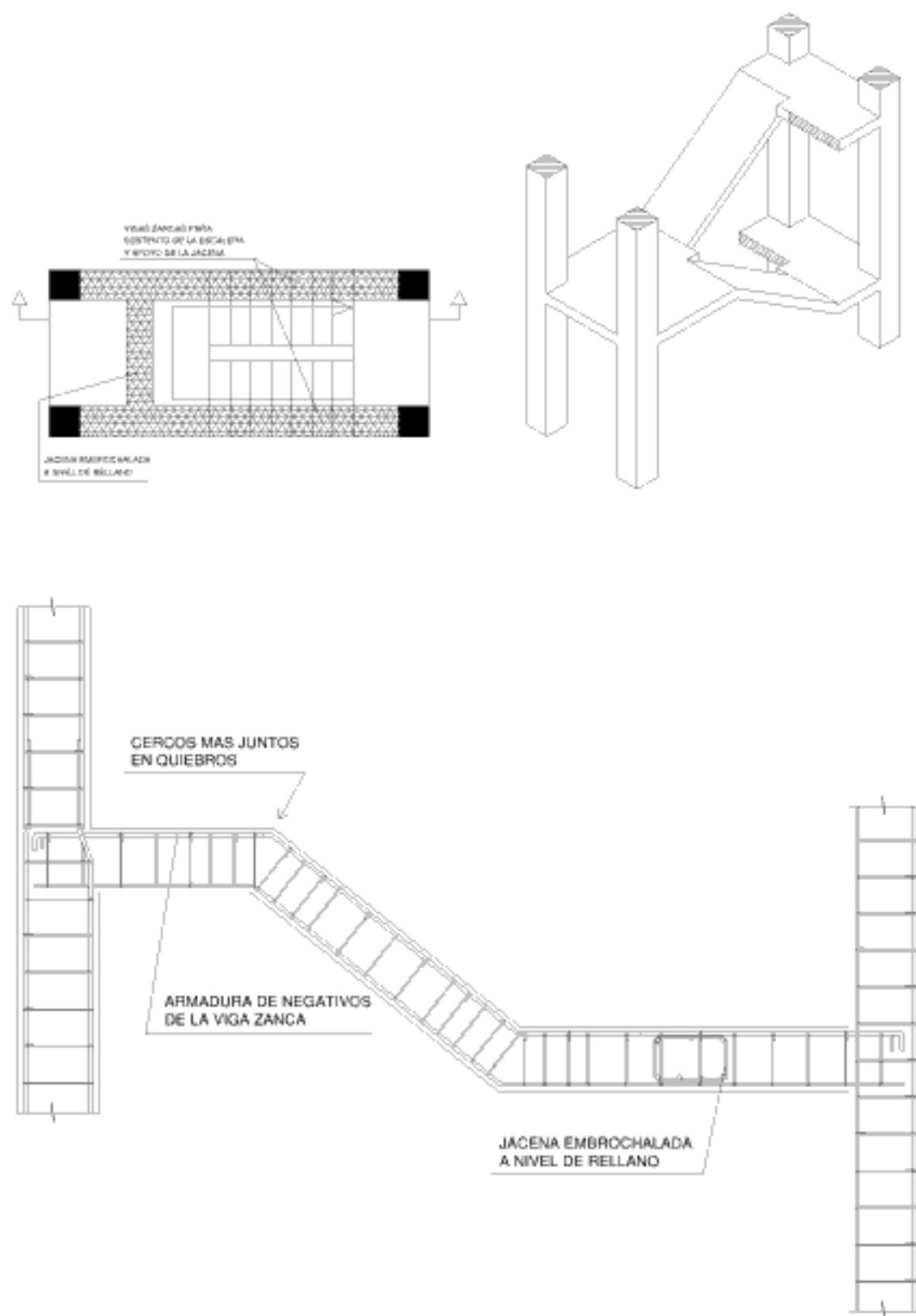
- El zuncho perimetral tiene dos funciones:
 - (1) Arriostrar el hueco de la escalera a la altura del forjado.
 - (2) Ayudar a la viga zanca colgada, al soportar parte del peso del cerramiento.
- Hay que tener en cuenta que la escalera va colgada, ya que de lo contrario invadiría parte de la vivienda.

En el caso de la unión de una escalera con un forjado reticular, no presenta ninguna dificultad añadida respecto a los forjados unidireccionales. Simplemente y tal como se observa en las figuras siguientes, la losa de escalera se apoya y se ancla a los zunchos o jácena que delimitan el hueco de la escalera, sin influir para nada en la zona de los casetones.

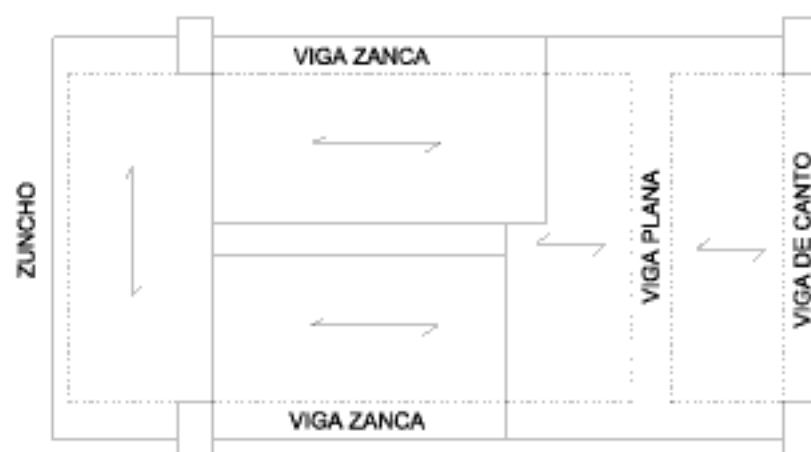
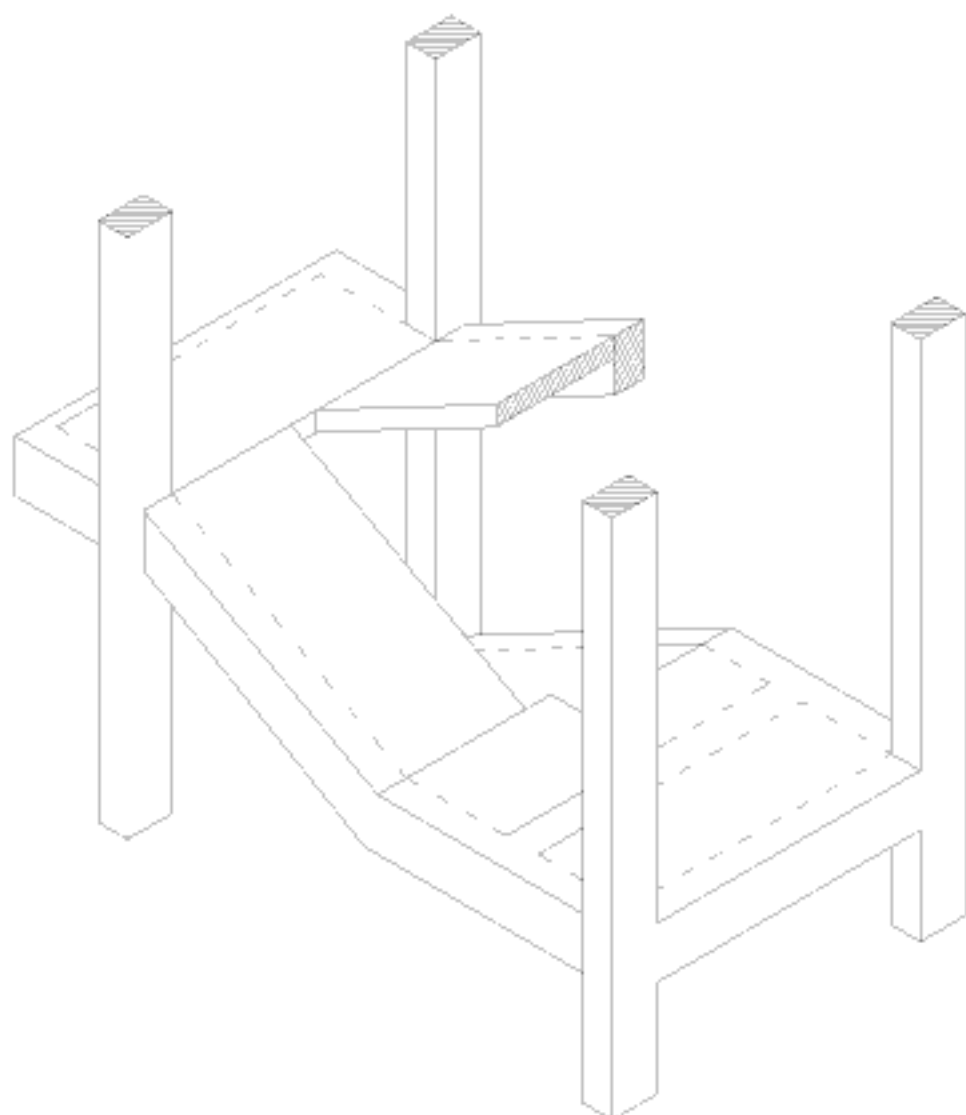


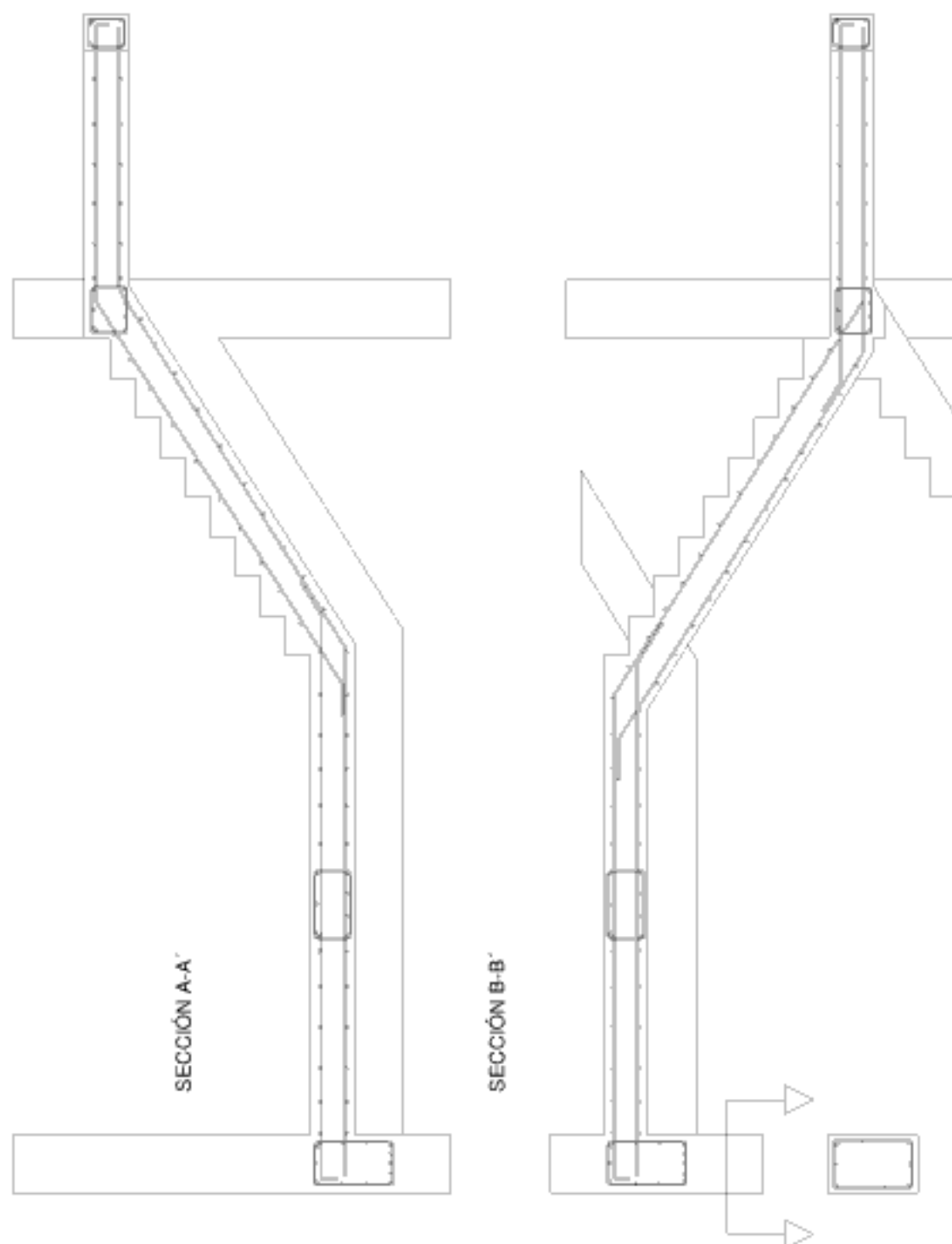


Si el rellano intermedio es demasiado grande para sostenerse con la propia losa de escalera, la solución adecuada consiste en colocar una jácena embrochalada a las 2 vigas zancas de la escalera, tal como se muestra en el dibujo siguiente.



Puede existir un rellano volado y el otro ser de gran dimensión, para lo cual adoptaremos la siguiente solución.





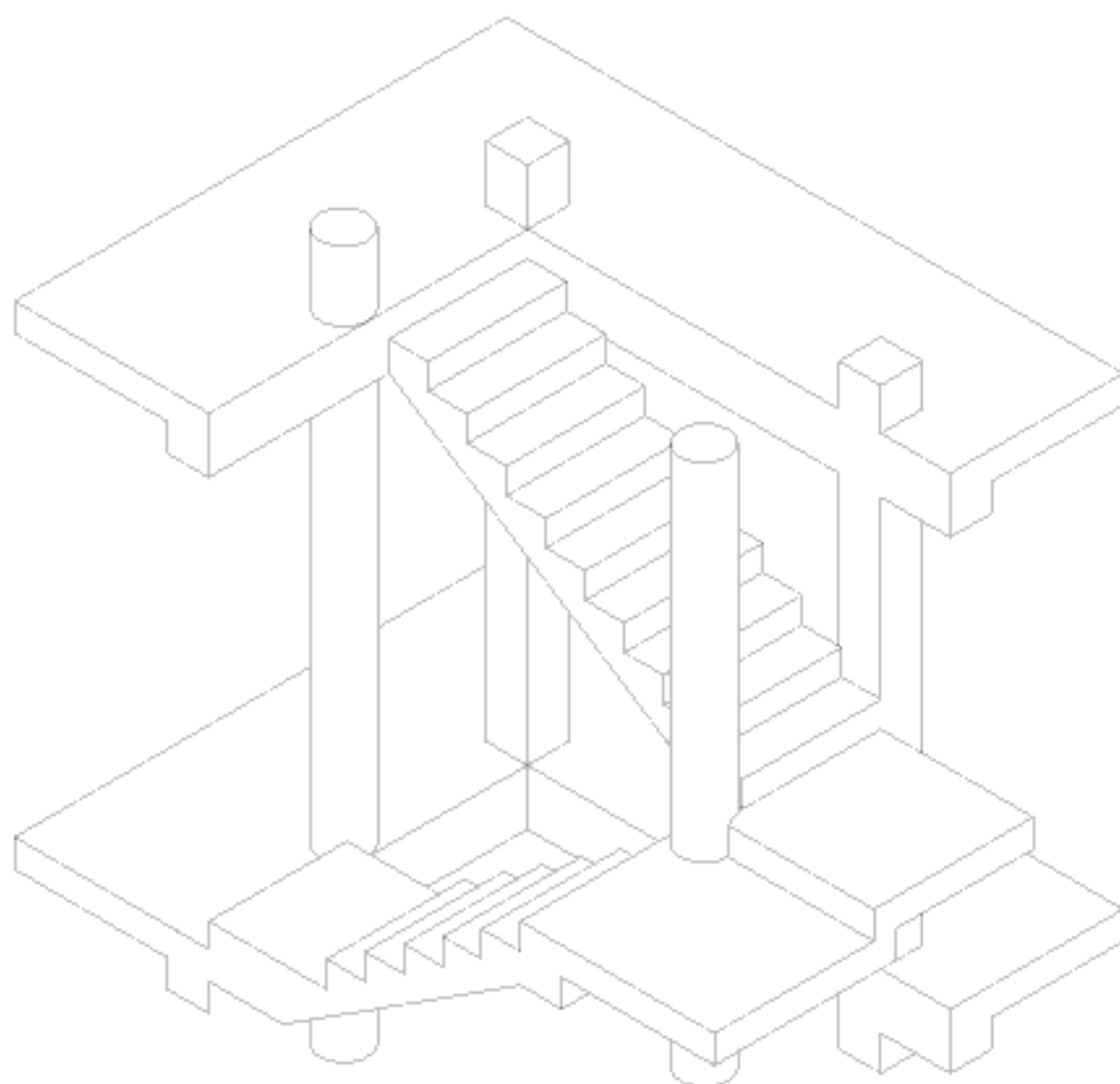
Nota:

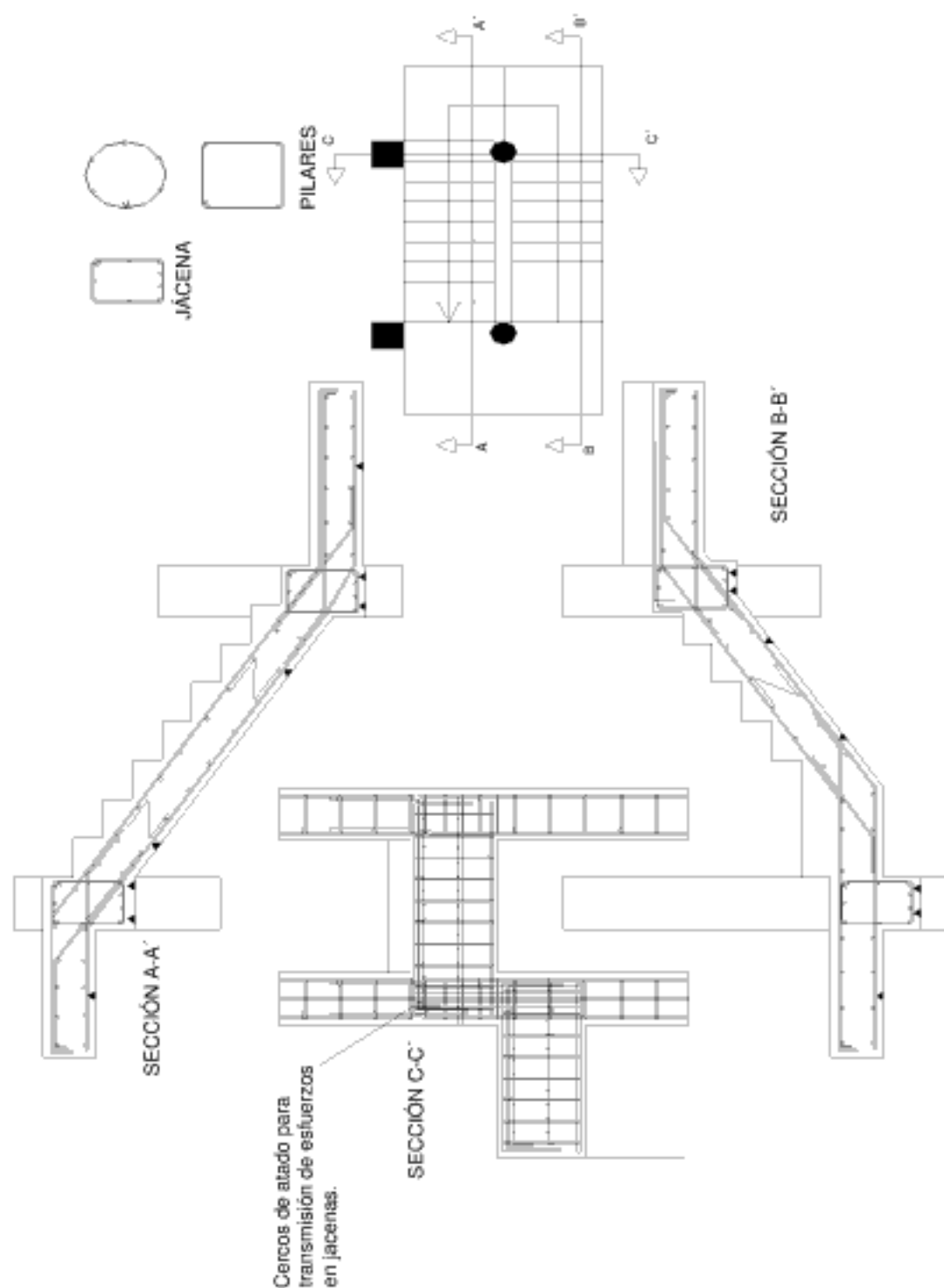
Es importante que exista un buen anclaje de las armaduras superiores del rellano (M). La armadura de la losa de escalera, al llegar al rellano, si éste está en voladizo, la armadura importante (la de abajo), pasará a la zona superior en el rellano.

Debemos tener presente que, en caso de que el acceso a las viviendas se efectúe desde el rellano más grande, sobraría algún zuncho de los que se ve en la perspectiva anterior, porque impediría la entrada a las viviendas.

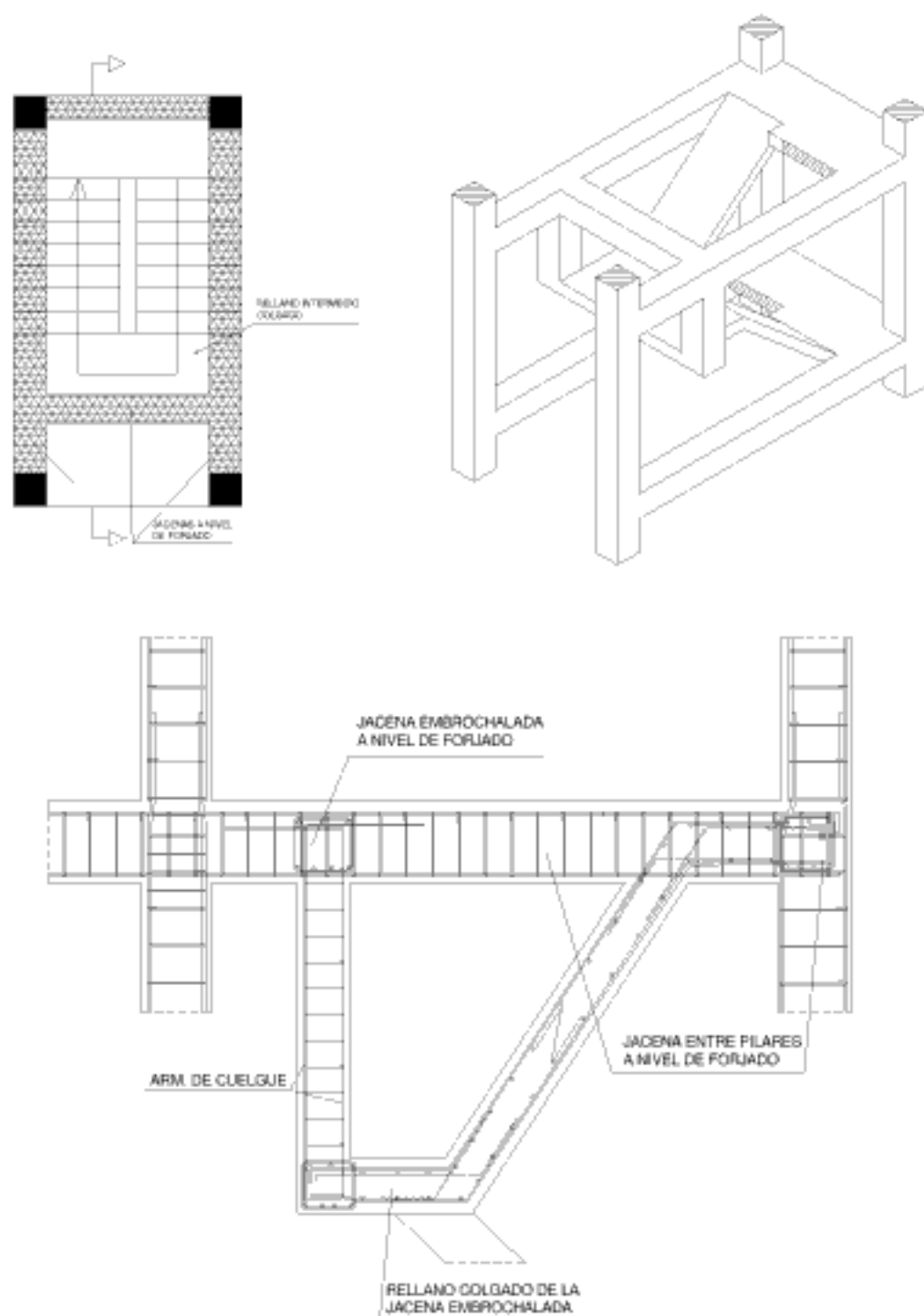
Es importante que exista un correcto anclaje de las armaduras superiores del rellano que está volado ya que, por su disposición, tienen que absorber momentos negativos.

Igualmente existen escaleras que pueden tener volada una de las rampas, tal como observamos en los dibujos siguientes.





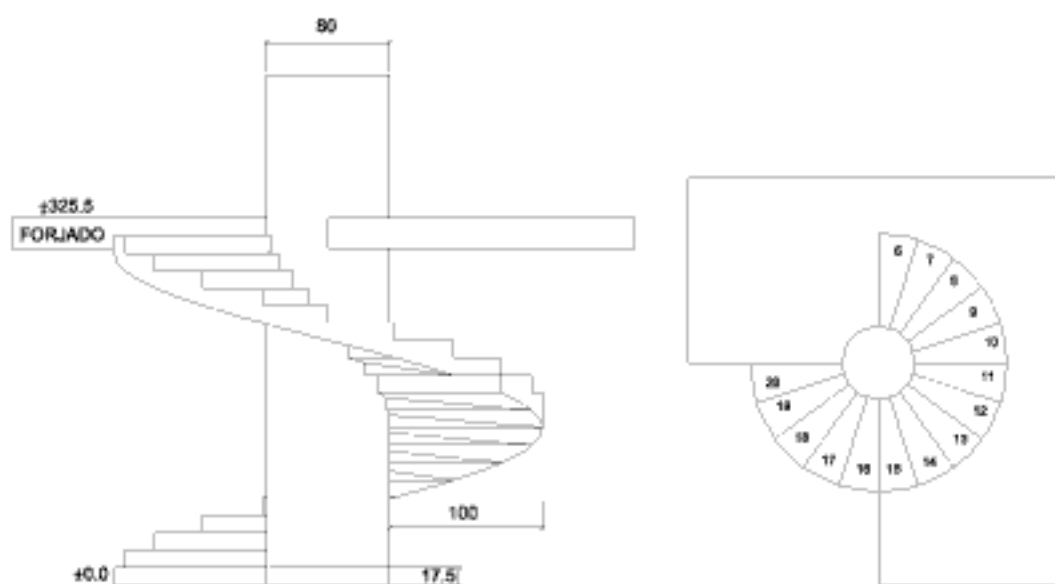
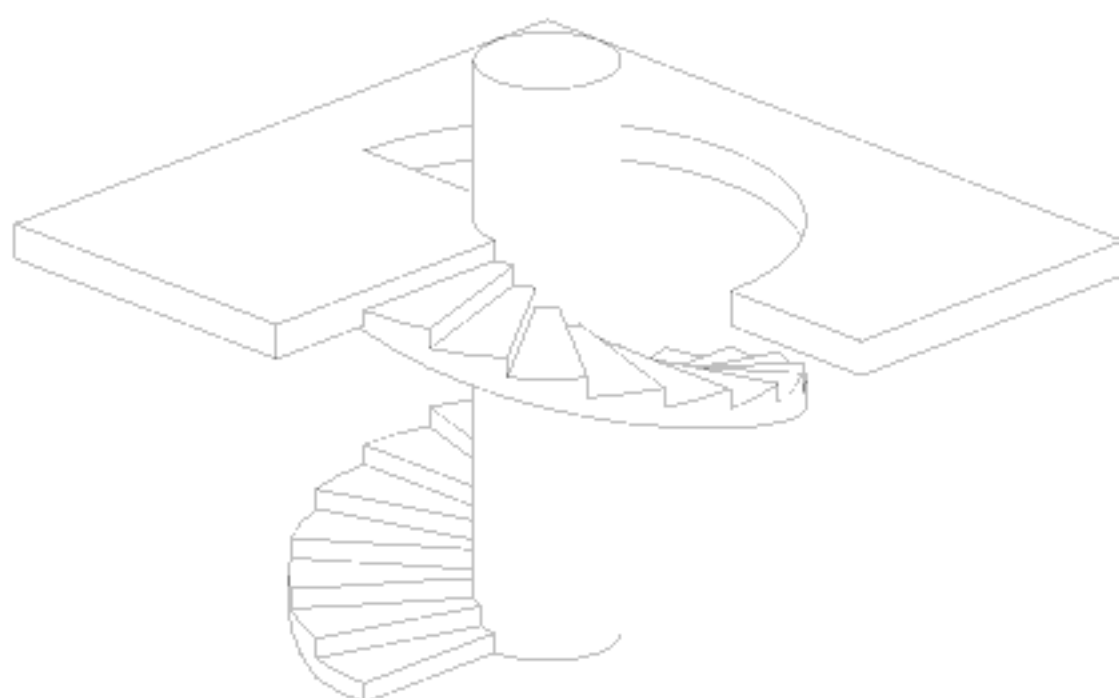
En ocasiones resulta realmente complicada la sujeción del rellano intermedio de una escalera, ya que está situado a cota intermedia entre ambas plantas y no existe posibilidad de anclarlo a vigas que unan pilares, ni a vigas zancas, etc. Entonces se recurre a "colgar" el rellano intermedio de una viga embrochalada colocada a nivel del forjado, tal como se muestra en el dibujo siguiente.



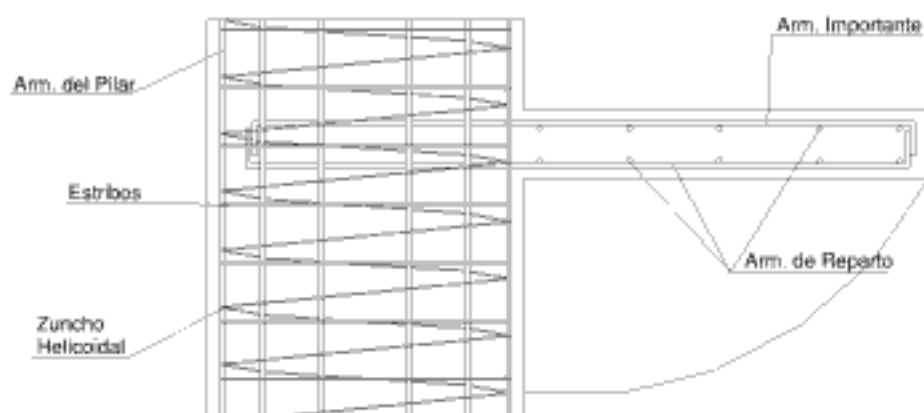
En las cajas de escalera, el empalme de pilares se realiza siempre a nivel del forjado, y nunca a la altura del rellano intermedio.

Las escaleras de caracol tienen los peldaños compensados y van ancladas al pilar central de la misma, siendo importante una adecuada colocación y anclaje de la armadura superior de la losa.

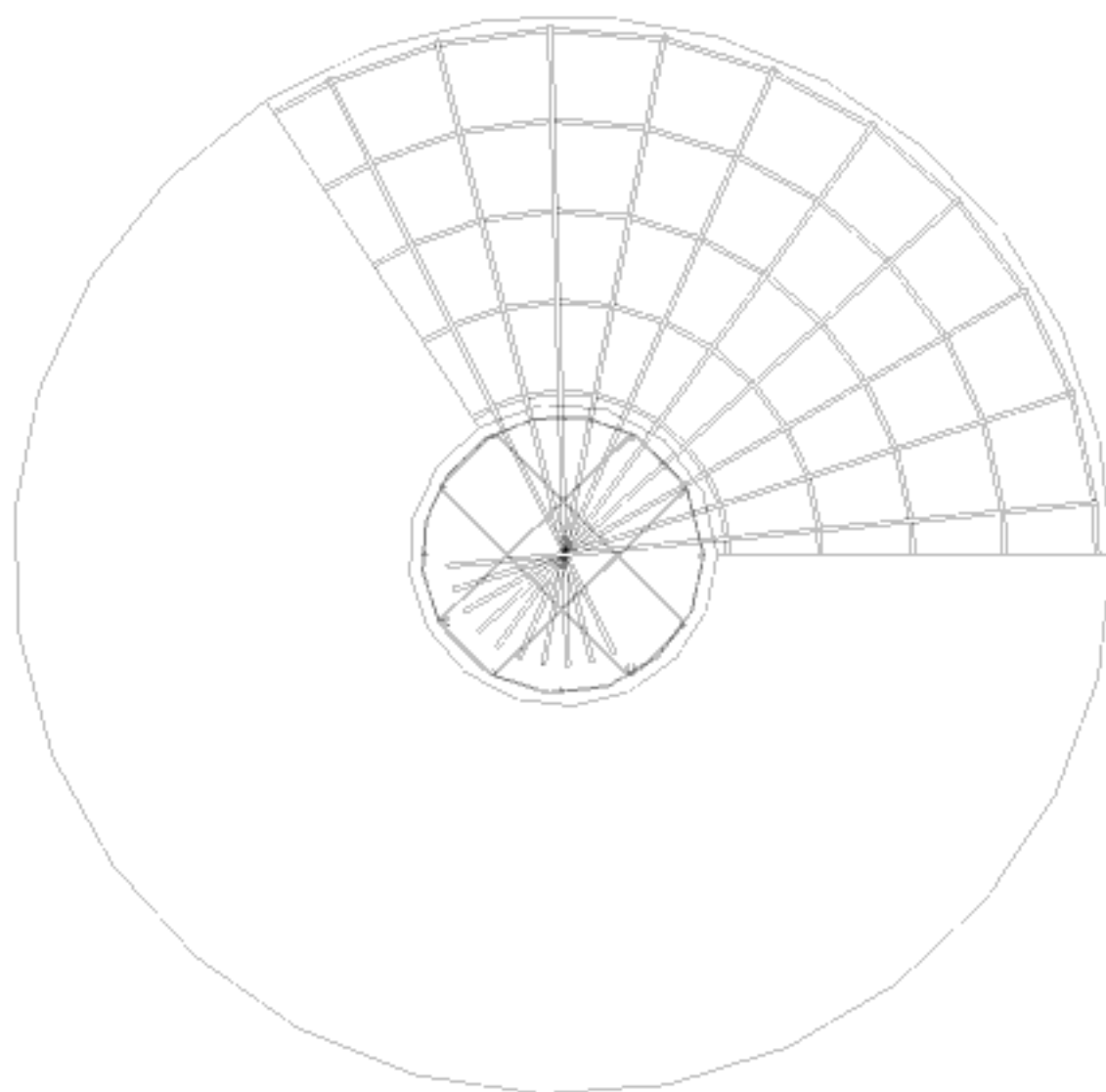
ESCALERA DE CARACOL



ALZADO-SECCIÓN



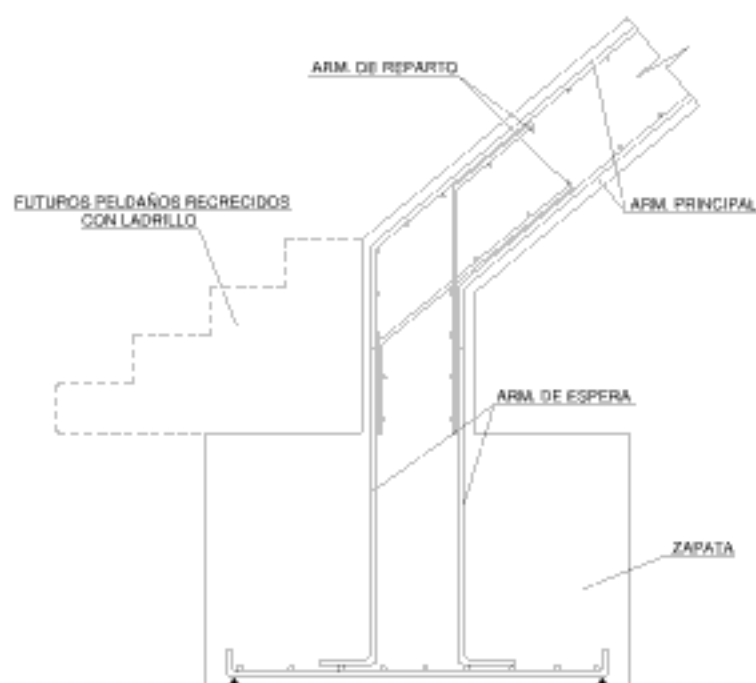
PLANTA



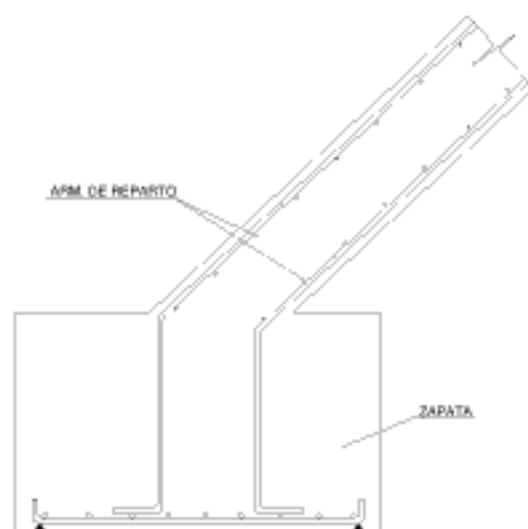
Otros detalles constructivos de escaleras:

El arranque de la escalera desde el terreno puede efectuarse de 2 formas:

- a) Sobre zapata, con pie vertical. Debe efectuarse correctamente el armado del quiebro de la losa de escalera, cruzando armaduras.



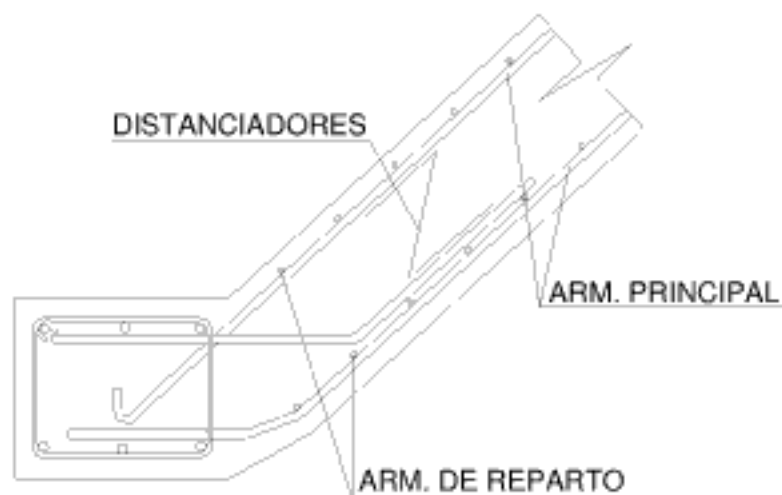
- b) Sobre zapata, con arranque inclinado. En este caso como el "quiebro" de la losa de escalera queda unido a la zapata no necesita armadura de refuerzo.



LOSA DE ESCALERA CON QUIEBROS EN LOS RELLANOS.



ANCAJE DE LA LOSA DE ESCALERA EN ZUNCHO O JACENA.

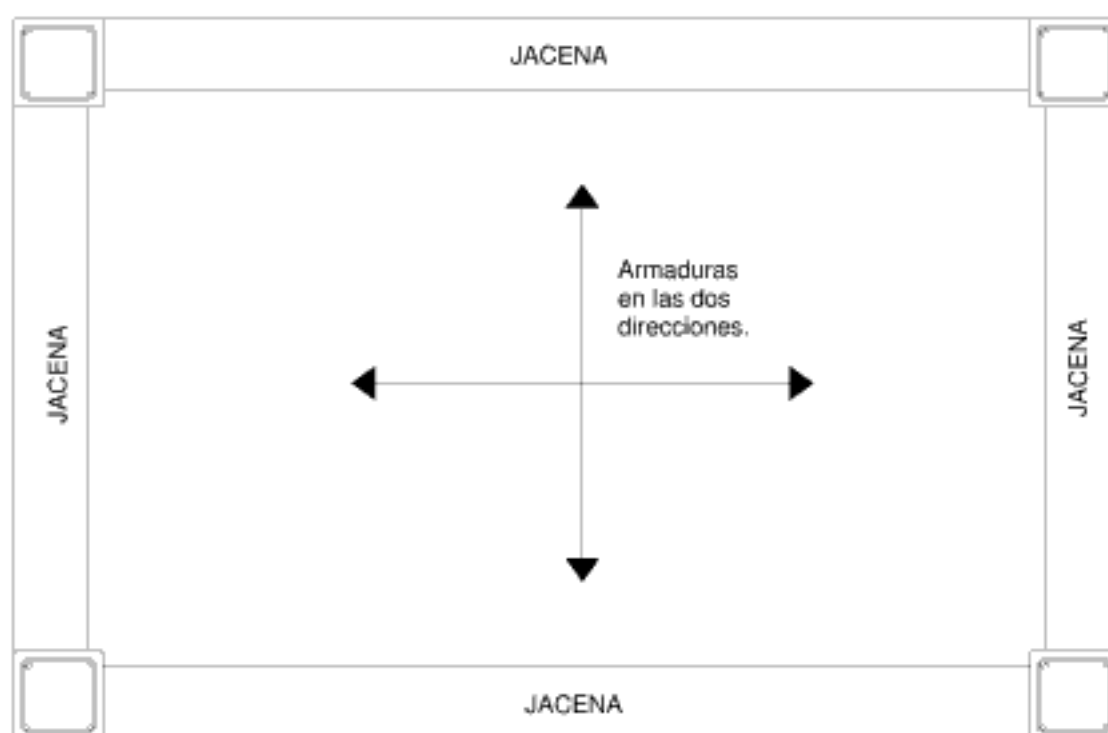


3.6.- ARMADURAS TIPO EN PLACAS.

Las placas son elementos estructurales planos, de espesor constante, que trabajan a flexión en las dos direcciones de su plano, y que pueden estar sustentadas sobre bordes paralelos o sobre apoyos aislados. Suelen utilizarse en placas forjadas para sustentación de la maquinaria de ascensor, en forjados que tengan que soportar grandes cargas, etc.

Placas sustentadas sobre apoyos continuos (en todo su contorno):

En este apartado incluimos las placas rectangulares de espesor constante, sustentadas en sus cuatro bordes, cualesquiera que sea la forma de sustentación en cada uno de ellos: apoyo simple, semiempotramiento o empotramiento perfecto.



La unión de la armadura con las jácenas perimetrales es similar a la que hemos visto para las losas.

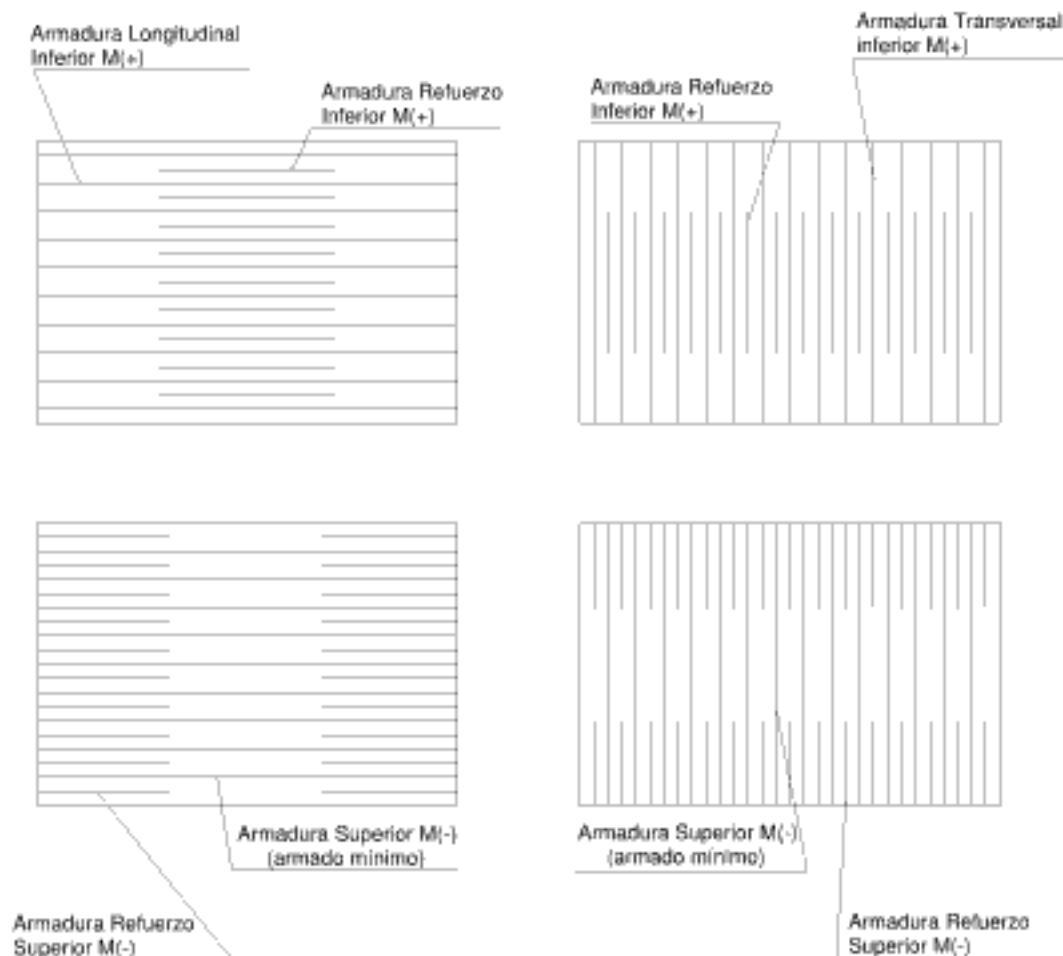
Salvo expresa justificación contraria, el canto total de estas placas no será inferior a $L/40$ (siendo L = luz del vano más pequeño), ni a 8 cm.

Desde el punto de vista constructivo, el armar una placa es análogo a disponer de sus armaduras como si se tratase de dos losas cruzadas.

Debe tenerse la precaución de colocar distanciadores de armaduras, que garanticen la inmovilidad de ambos emparrillados.

Para absorber tanto los momentos positivos como los negativos se dispondrá las oportunas armaduras con arreglo a lo indicado en la figura siguiente, viéndose la armadura

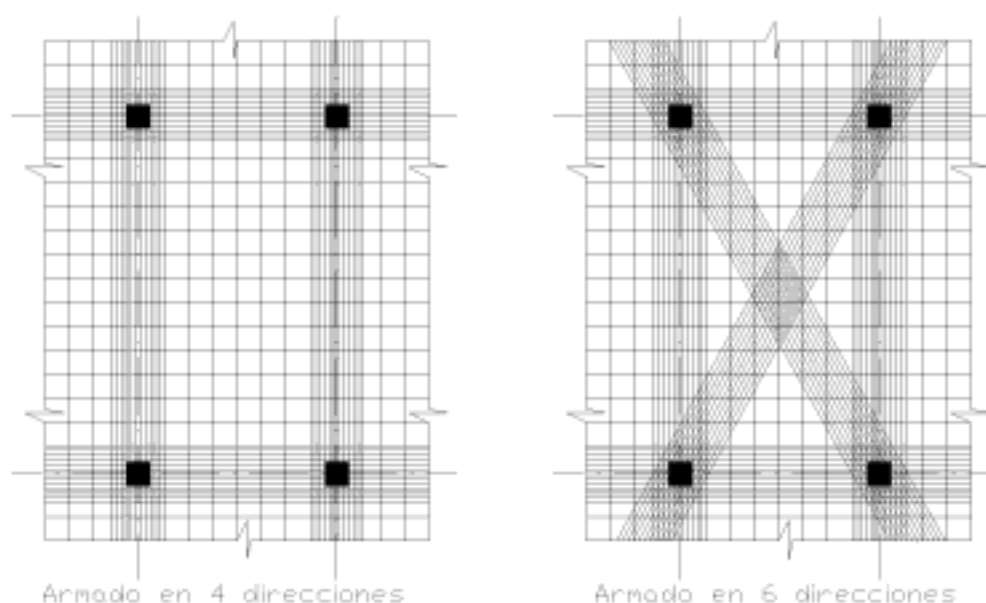
longitudinal inferior (dib.sup.izq.), la armadura transversal inferior (dib.sup.dcha.), la armadura longitudinal superior (dib.inf.izq.) y la armadura transversal superior (dib.inf.dcha.).



Armaduras tipo de placas sobre apoyos continuos.

Placas sobre apoyos aislados:

Se refiere este apartado a las estructuras constituidas por placas macizas o aligeradas, con nervios en dos direcciones perpendiculares, que no poseen, en general, vigas para transmitir las cargas a los apoyos y descansan directamente sobre soportes de hormigón armado con o sin capitel.

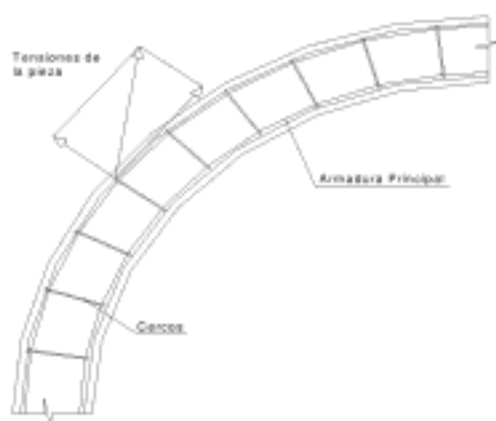


En el tema de forjados reticulares se estudiará con mayor profundidad este apartado. El artículo 56 de la EHE relaciona las definiciones de los elementos de estas placas, dimensiones, etc.

3.7.- ARMADURAS TIPO EN PIEZAS ESPECIALES.

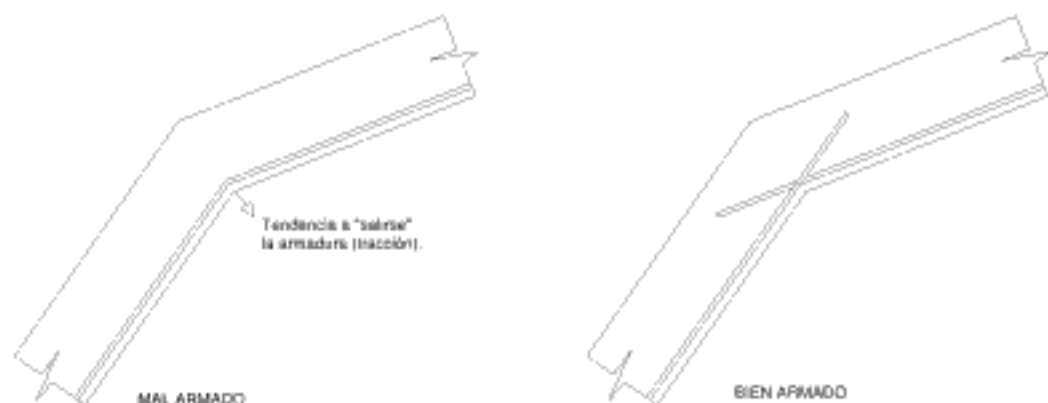
Piezas de trazado curvo o poligonal:

En piezas curvas las armaduras longitudinales de trazado curvo trabajando a tracción junto a paramentos cóncavos, o a compresión junto a paramentos convexos, irán envueltas por cercos o estribos normales a ellas, y capaces de soportar las componentes radiales que aquéllos producen.



En los ángulos de piezas poligonales o análogas y, en general, en los encuentros en ángulo de dos piezas, se evitará colocar, junto al paramento interior, barras continuas de tracción dobladas según el trazado poligonal de dicho paramento. Por el contrario, se

procurará despiezar esas barras de forma que se consiga un trazado rectilíneo, con anclajes en las zonas comprimidas. De no adoptarse esta última solución, se dispondrán los oportunos cercos o estribos para contrarrestar la tendencia de la armadura continua de tracción a salirse de la pieza, en la zona de los codos, desgarrando el hormigón.



Análogas medidas deberán adoptarse para las barras continuas de compresión colocadas junto a paramentos exteriores.

3.8.- ARMADURAS TIPO EN ARTICULACIONES.

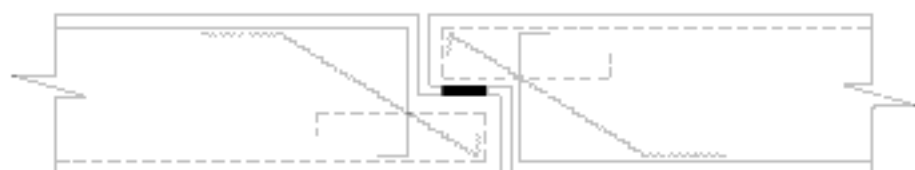
Articulaciones en vigas:

La solución más característica consiste en cortar la viga en forma de ensamble a medio canto, por lo que hay que armar las pequeñas ménsulas para que resistan las flexiones y esfuerzos cortantes actuantes. Sus armaduras tipo son:

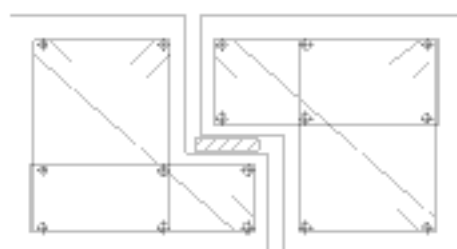
- Armadura longitudinal de tracción y compresión.
- Barras dobladas para absorción de cortante.
- Armadura pasante de la articulación, que atraviesa la placa de plomo o neopreno que forma la rótula.



Estos ensambles a medio canto también se puede hacer sin la pieza metálica de unión:



La solución de ensamble a medio canto sirve igualmente para unir dos forjados (uno apoyado sobre el otro), formando junta de dilatación, o bien para unir 2 jácenas paralelas, igualmente una apoyada sobre la otra formando junta de dilatación.

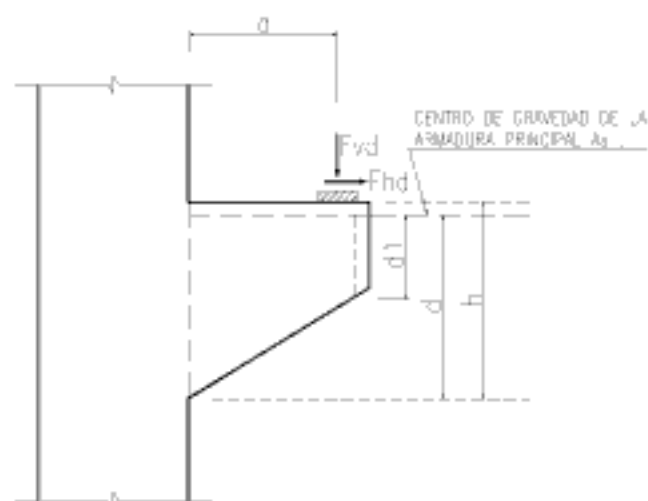


3.9.- ARMADURAS TIPO EN MENSULAS CORTAS.

Se definen como ménsulas cortas aquellas cuya distancia "a", entre la línea de acción de la carga vertical principal y la sección adyacente al soporte, es menor o igual que el canto útil "d1" en dicha sección.

El canto útil "d1" medido en el borde exterior del área donde se aplica la carga, será igual o mayor que 0,5 d.

Para $a > d$, la ménsula se considerará como una pieza de luz normal.

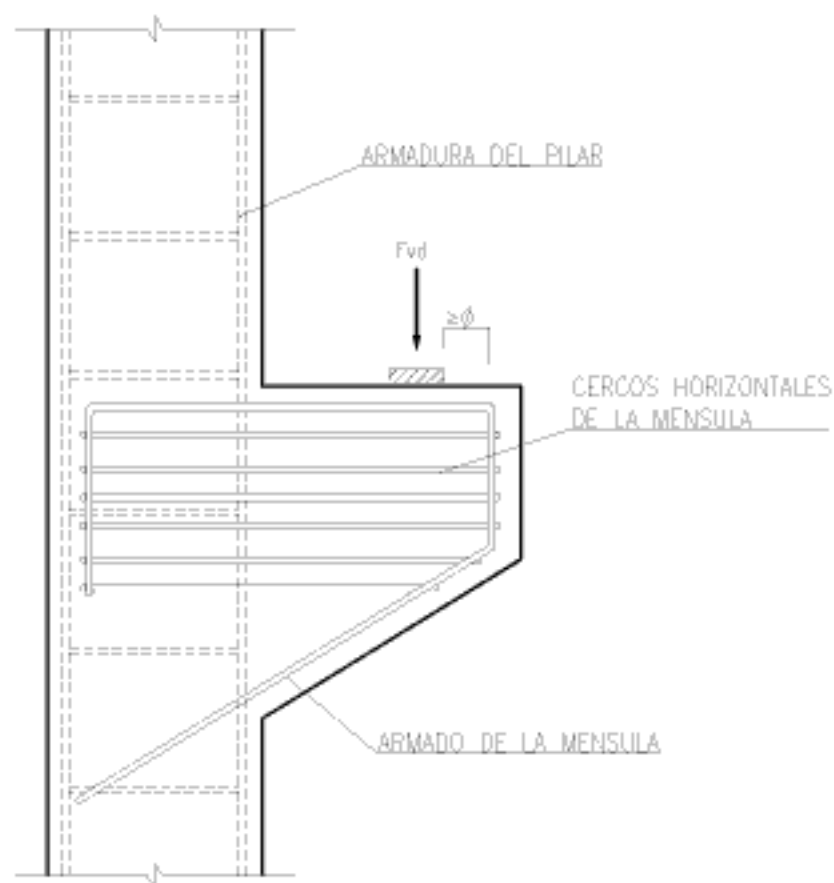


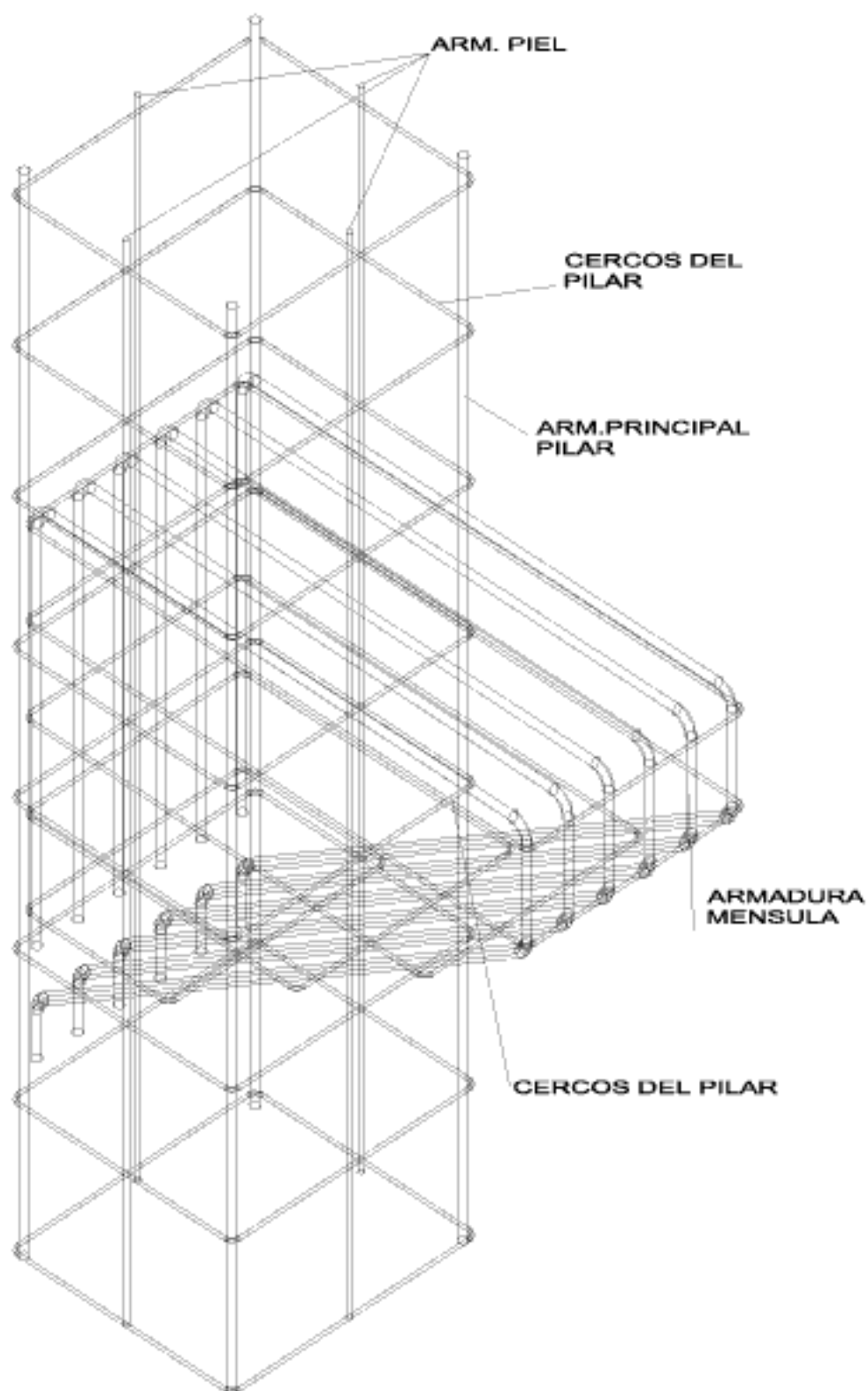
Armadura de la ménsula corta:

El armado de la ménsula corta está constituido por armaduras principales, que contornean el perímetro de la ménsula, para absorber el esfuerzo cortante, y por armadura secundaria formada por estribos horizontales, según se indica en la figura adjunta.

Tanto la armadura principal como las armaduras secundarias deberán estar convenientemente ancladas en el soporte y en el extremo de la ménsula.

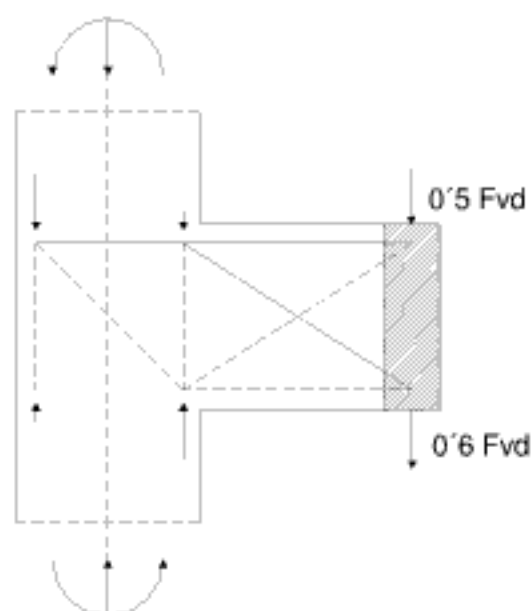
El anclaje de la armadura principal deberá efectuarse de acuerdo a la Instrucción EHE, art. 63.2.1.3.



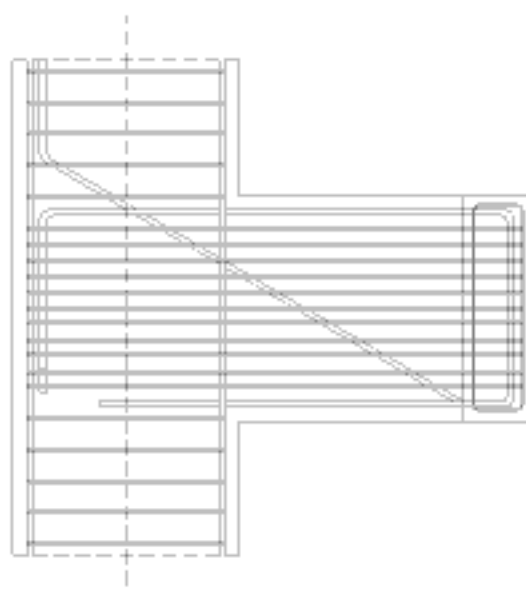


Cargas colgadas en ménsulas cortas:

En la parte superior de la ménsula corta actúa una fuerza de $0'5F$ y en la parte inferior actúa una fuerza de $0'6F$.



Para asegurar el buen funcionamiento de dichas ménsulas deberemos colocarle el siguiente armado:



- Armadura propia de la ménsula corta, colocada en la parte superior e inferior, correctamente anclada.
- Armadura de cuelgue, inclinada y anclada.
- Cercos horizontales de unión ménsula-pilar.
- Cercos verticales de conexión superior e inferior de la misma, colocados en la zona del extremo, para conectar cargas superior e inferior.

TEMA 4.- DISPOSICIONES DE LAS ARMADURAS PASIVAS.

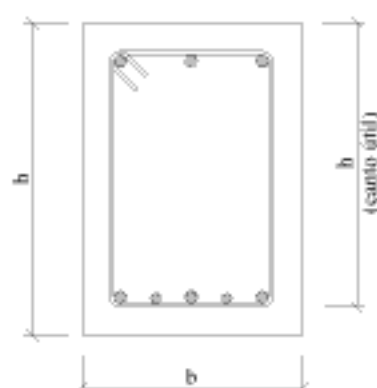
4.1.- DISPOSICION PARTICULAR: CASO DE VIGAS.

Definiremos la pieza $b \times h$, en la que:

b = ancho total de la viga.

h = altura total de la viga.

d = altura o canto útil de la viga



En las vigas o piezas sometidas a flexión, simple o compuesta, siempre se dispondrá la armadura de tracción en cantidad suficiente para evitar que, debido a la insuficiencia de dicha armadura para asegurar la transmisión de los esfuerzos en el momento en que el hormigón se fisura, pueda romperse la pieza sin aviso previo (rotura frágil), al alcanzar el hormigón su resistencia en tracción.

Ese armado mínimo se establece en la EHE, en función de la sección de la pieza y de la resistencia de cálculo del acero en tracción y del hormigón en compresión.

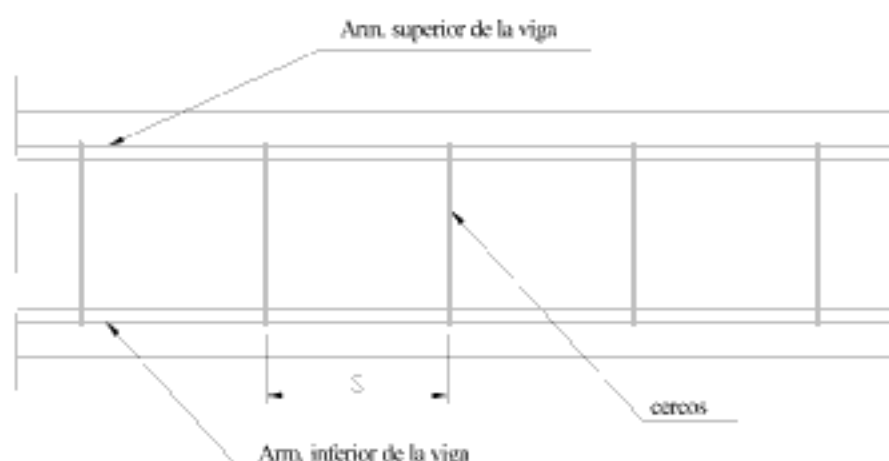
En cualquier caso, deberá comprobarse además que las cuantías geométricas de armadura cumplen lo establecido en la tabla 42.3.5 de la EHE (cuantías geométricas mínimas referidas a la sección total de hormigón) para pilares, losas, vigas y muros.

Si existen además armaduras en compresión, para poderlas tener en cuenta en el cálculo será preciso que vayan sujetas por cercos cuya separación "s" sea igual o inferior a 15 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida más delgada y cuyo diámetro sea igual o superior a la cuarta parte del diámetro de la barra longitudinal comprimida más gruesa.

Si la separación entre cercos es inferior a $15\varnothing$ su diámetro podrá disminuirse de tal forma que la relación entre la sección del cerco y la separación siga siendo la misma indicada anteriormente.

$$\varnothing \text{ cerco} \geq \frac{1}{4} \varnothing_{\text{máx}}$$

$$s \text{ cerco} \leq 15 \varnothing_{\text{mín}}$$



S = separación entre cercos

Scercos $\leq 15 \varnothing$ barra longitudinal comprimida más delgada.

\varnothing cercos $\geq 1/4 \varnothing$ barra longitudinal comprimida más gruesa.

\varnothing cercos ≥ 6 mm

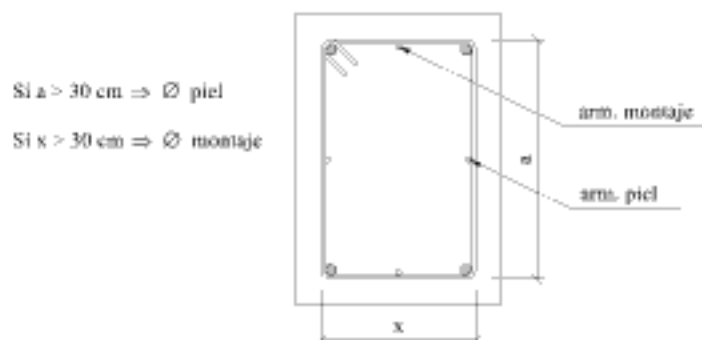
Las anteriores Instrucciones del Hormigón recomendaban que también se cumpliese la condición $S \text{ cercos} \leq 0,85 d$ (d = canto útil de la viga).

La EHE en su artículo 42.3.1 dice que para piezas a compresión la máxima separación entre armaduras será de 30 cm. Y siempre menor que la menor dimensión del elemento.

Si la separación entre las armaduras de una jácena es mayor de 30 cm se colocará armaduras intermedias, de pequeño diámetro (8-10 mm), denominado de **piel** o de **montaje**.

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, quedará distribuida convenientemente para evitar zonas de hormigón sin armaduras, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas cumpla:

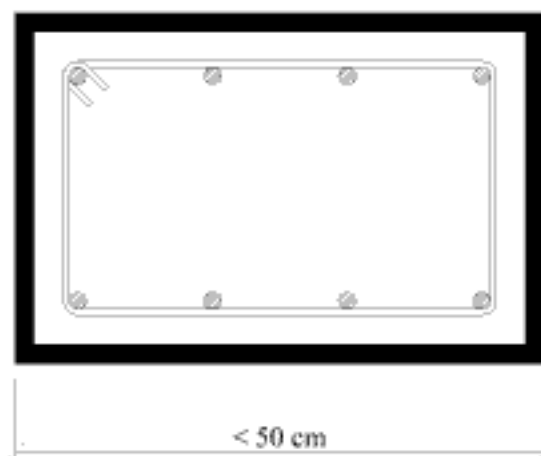
- $s \leq 30$ cm
- $s \leq 3$ veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas.



La armadura de piel nunca se estriba, excepto en jácenas planas muy anchas que necesitan ser estribadas y en ese caso aprovechamos la armadura de piel para sujetar el estribo.

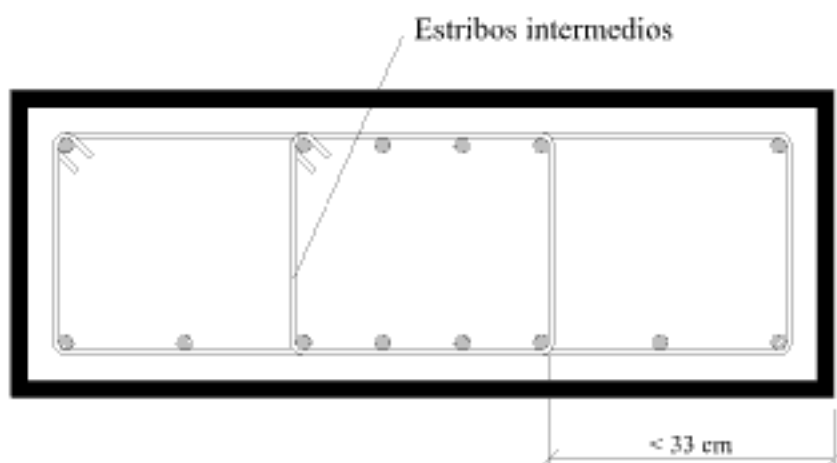
La máxima jácena plana sin estribos intermedios será de 50 cm. de ancha.

Sin estribos intermedios

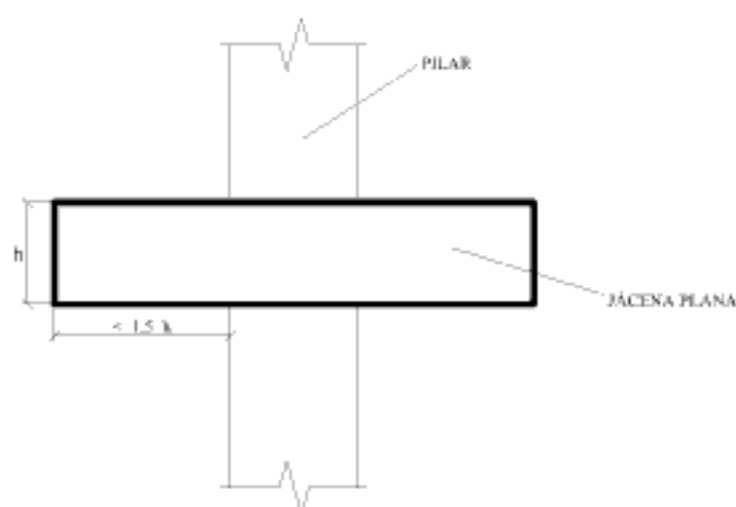


En jácenas planas anchas, no debe haber más de 33cm. (en sentido del ancho) sin estribar.

El ancho de las jácenas planas tiene la siguiente limitación:



A partir de la cara del pilar, los redondos situados a más de 1,5 veces el canto de la jácena plana ya no son eficaces.



Se recomienda que el menor lado que debe tener una pieza prismática sea de 20 cm. Como mínimo se colocarán 2 barras de diámetro 12 mm. trabajando a tracción.

El armado de las jácenas, así como del resto de piezas de hormigón armado, deberá cumplir la cuantía geométrica mínima, tal como veremos más adelante.

4.2.- DISPOSICION PARTICULAR: CASO DE SOPORTES.

En las secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales se dimensionarán de acuerdo a lo establecido en la Instrucción, en función de la resistencia de cálculo del acero y del hormigón a compresión, de la sección total de hormigón, de las cargas, etc.

Se comprobará, además, que las cuantías geométricas de armadura no son inferiores a los valores exigidos en la citada tabla 42.3.5.

La armadura principal estará formada, al menos, por 4 barras en el caso de secciones rectangulares y por 6 barras en el caso de secciones circulares, siendo la separación entre dos barras consecutivas de 35 cm. como máximo. El diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm.(art. 55 EHE)

Además, dichas barras irán sujetas por cercos o estribos, cuya separación "s" habrá de ser igual o inferior a 15 veces el diámetro de la barra comprimida más delgada y cuyo diámetro habrá de ser igual o superior a la cuarta parte del diámetro de la barra comprimida más gruesa.

La separación entre cercos o estribos no podrá superar la menor dimensión del soporte, ni 30 cm.

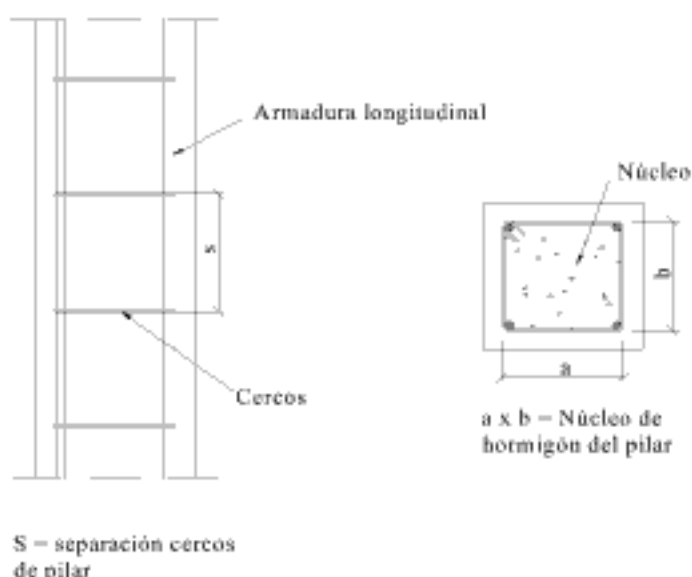
Scercos $\leq 15 \varnothing$ barra longitudinal comprimida más delgada.

Scercos \leq menor dimensión del soporte.

Scercos ≤ 300 mm.

\varnothing cercos $\geq 1/4$ del diámetro barra comprimida más gruesa.

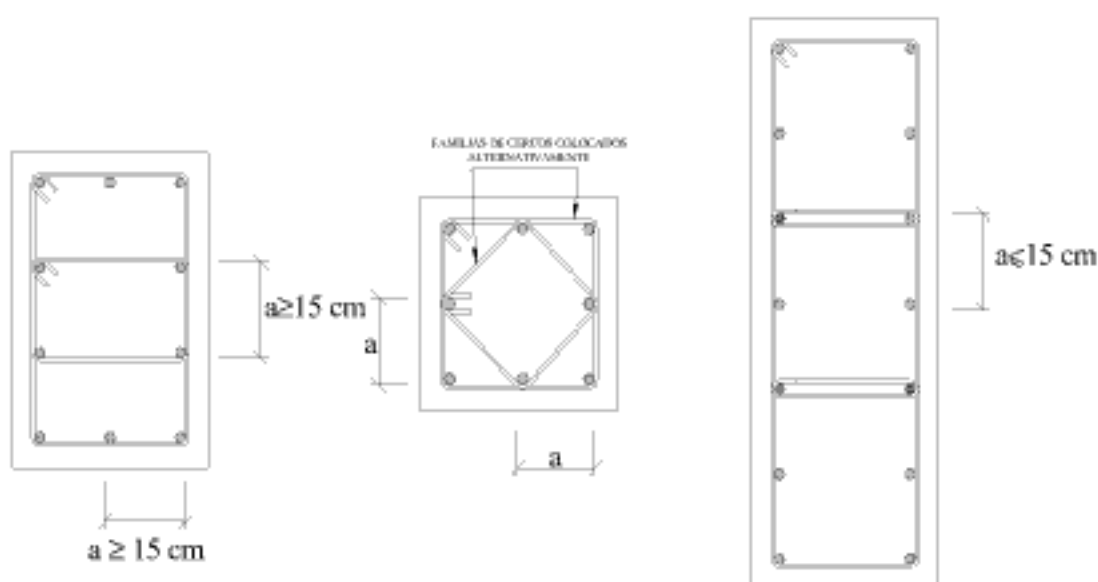
\varnothing cercos ≥ 6 mm.



En soportes circulares el número mínimo de barras será de seis, pudiendo los estribos ser circulares o adoptando una distribución helicoidal de la armadura transversal.

El pilar mínimo de hormigón armado in situ es de 25x25.

Para que la acción de los cercos sea eficaz es preciso que sujeten realmente las barras longitudinales en compresión, evitando su pandeo. Así, por ejemplo, si en un soporte la armadura longitudinal se dispone, no sólo en las esquinas sino también a lo largo de las caras, para que las barras centrales queden realmente sujetas, convendrá disposiciones del tipo de las indicadas en las figuras siguientes, sujetando, al menos, una de cada dos barras consecutivas de la misma cara y todas aquellas que se dispongan a una distancia mayor de 15 cm. de la esquina. Entendemos por esquina la propia del pilar ferrallado o aquellas formadas por barras longitudinales ya sujetas por cercos o estribos.



4.3.- CUANTIAS GEOMETRICAS MINIMAS.

Cuantía es la relación existente entre el área de la sección transversal de acero y el área de la sección transversal de hormigón, expresada en ‰.

Una de las razones que justifica la exigencia de cuantías mínimas es la presencia de esfuerzos térmicos y de retracción que, con frecuencia, no se tienen en cuenta en el cálculo.

En la tabla 42.3.5 se indica los valores de las cuantías geométricas mínimas de armadura que, en cualquier caso, debe disponerse en los diferentes tipos de elementos estructurales, en función del tipo de acero utilizado, siempre que dichos valores resulten ser más exigentes que los resultantes de efectuar los cálculos correspondientes.

TABLA 42.3.5 Cuantías geométricas mínimas, en ‰, referidas a la sección total del hormigón

Tipo de elemento estructural	Tipo de acero		
	B 400 S	B 500 S	
Pilares	4,0	4,0	
Losas (*)	2,0	1,8	
Vigas (**)	3,3	2,8	
Muros (***)	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

(*) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Las losas apoyadas en el terreno requieren un estudio especial.

(**) Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

(***) La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. Para muros vistos por una sola cara podrán disponerse hasta 2/3 de la armadura total en la cara vista. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse a la mitad.

Una vez efectuado el cálculo de cualquier pieza de hormigón armado (sección y armadura), debemos comprobar si cumple las cuantías geométricas mínimas exigidas en la citada tabla.

Por ejemplo, si en un soporte de hormigón armado empleando acero B 400 S, viésemos que la cuantía geométrica mínima es mayor al 4 por mil, dichos cálculos pueden ser correctos. En caso contrario, habría que aumentar la sección del acero.

En soportes se tiene en cuenta la armadura de piel para el cálculo de la cuantía geométrica mínima.

En jácenas, para dicho cálculo se tiene en cuenta la armadura de piel situada en la parte superior o inferior, pero no se tiene en cuenta la armadura de piel lateral que vaya en la zona de fibra neutra.

4.4.- DISPOSICIONES GENERALES DE LAS ARMADURAS PASIVAS.**Distancia entre barras de armaduras principales:**

La disposición de armaduras debe ser tal que permita un correcto hormigonado de la pieza, de manera que las barras queden perfectamente envueltas por el hormigón.

La distancia libre, horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas, será igual o superior al mayor de los tres valores siguientes:

- 2 cm.
- El diámetro de la barra mayor.
- 1,25 veces el tamaño máximo del árido.

Distancia a los paramentos:

El recubrimiento de hormigón es la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana.

- a) Si se trata de armaduras principales:

$$R \geq \varnothing \text{ barra (o } \varnothing \text{ equivalente si es grupo de barras)}$$

$R \geq 0,8 \text{ tam. máx. árido}$ ó $R \geq 1,25 \text{ tam. máx. árido}$ si la disposición de las armaduras respecto a los paramentos dificultan el paso del hormigón.

- b) Para cualquier tipo de armaduras pasivas o activas, el recubrimiento no será inferior al marcado en la tabla siguiente, en función de la exposición ambiental. Para garantizar estos valores mínimos se prescribirá en el proyecto un valor nominal del recubrimiento r_{nom} , donde:

$$r_{nom} = r_{min} + \Delta r$$

r_{nom} : Recubrimiento nominal

r_{min} : Recubrimiento mínimo

Δr : Margen de recubrimiento, en función del tipo de elemento y del nivel de control de ejecución, y su valor es: 0 mm (prefabricados control intenso)

5 mm (in situ, control intenso)

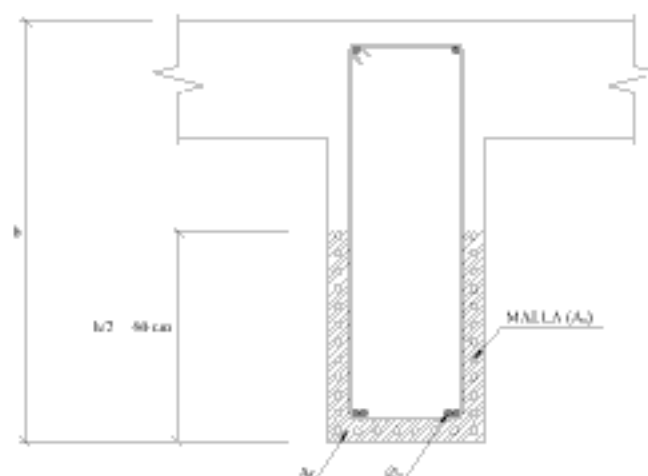
10 mm (resto de casos)

Resistencia característica del hormigón (N/mm^2)	Tipo de elemento	RECUBRIMIENTO MÍNIMO (mm) SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICIÓN									
		I	II a	II b	III a	III b	III c	IV	Qa	Qb	Qc
$25 < f_{ck} < 40$	general	20	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	elementos Prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
$f_{ck} > 40$	general	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	elementos Prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)

(*) el proyectista fijará el recubrimiento al objeto de que se garantice adecuadamente la protección de las armaduras frente a la acción agresiva ambiental.

(**) en el caso de clases de exposición H, F ó E, el espesor del recubrimiento no se verá afectado.

- c) R barras dobladas $\geq 2\emptyset$ barra (medido en dirección perpendicular al plano de la curva).
- d) Cuando por exigencias de cualquier tipo (durabilidad, protección frente a incendios, o utilización de grupos de barras) el recubrimiento sea superior a 50 mm, deberá considerarse la posibilidad de colocarse una malla de reparto en medio del espesor del recubrimiento de la zona de tracción, con una cuantía geométrica del 5 por mil del área del recubrimiento para barras o grupos de barras de \emptyset ó $\emptyset_{eq} \leq 32$ mm, y del 10 por mil para $\emptyset > 32$ mm.



- e) En piezas hormigonadas contra el terreno $R \geq 70$ mm, salvo que se haya preparado el terreno y dispuesto hormigón de limpieza. En este caso no rige lo previsto en el apartado 'd'

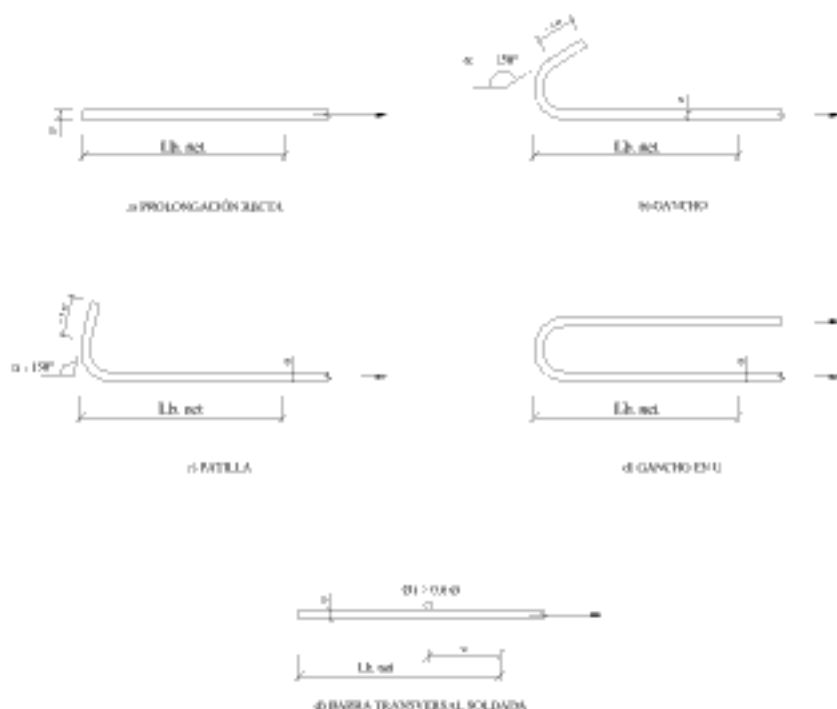
La clase de exposición la tenemos reflejada en las tablas 8.2.2 y 8.2.3.a de la EHE (ver apartado 2.8 del tema 2).

4.5.- ANCLAJE DE ARMADURAS.

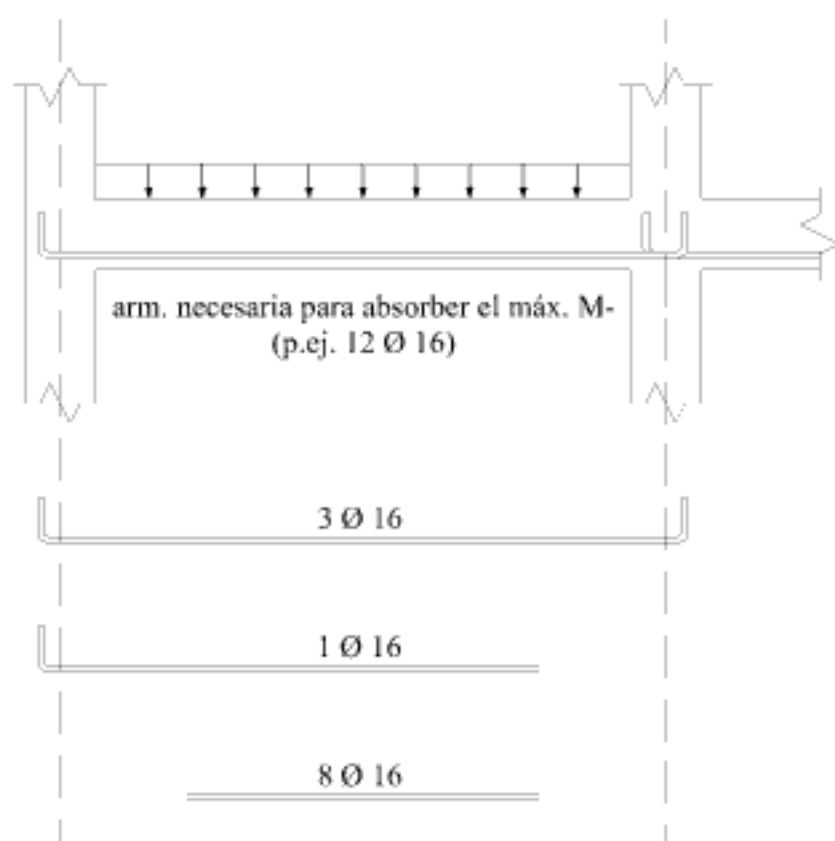
Anclaje es el medio de unión de las partes de una construcción con elementos metálicos destinado a conseguir la inmovilidad del elemento constructivo.

Anclaje de armaduras es la disposición dada a una barra de acero, en sus extremos, para impedir el deslizamiento en el hormigón que la envuelve.

Los anclajes extremos de las barras podrán hacerse por los procedimientos normalizados indicados en la figura siguiente, o por cualquier otro procedimiento mecánico garantizado mediante ensayos que sea capaz de asegurar la transmisión de esfuerzos al hormigón sin peligro para éste.

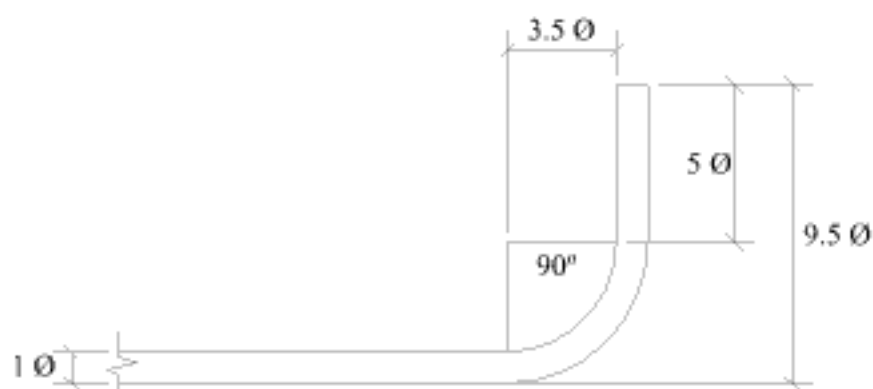


Deberá continuarse hasta los apoyos al menos un tercio de la armadura necesaria para resistir el máximo momento positivo, en el caso de apoyos extremos de vigas; y al menos un cuarto en los apoyos intermedios. Esta armadura se prolongará a partir del eje de apoyo en una magnitud igual a la correspondiente longitud neta de anclaje reducida, que se estudiará más adelante.

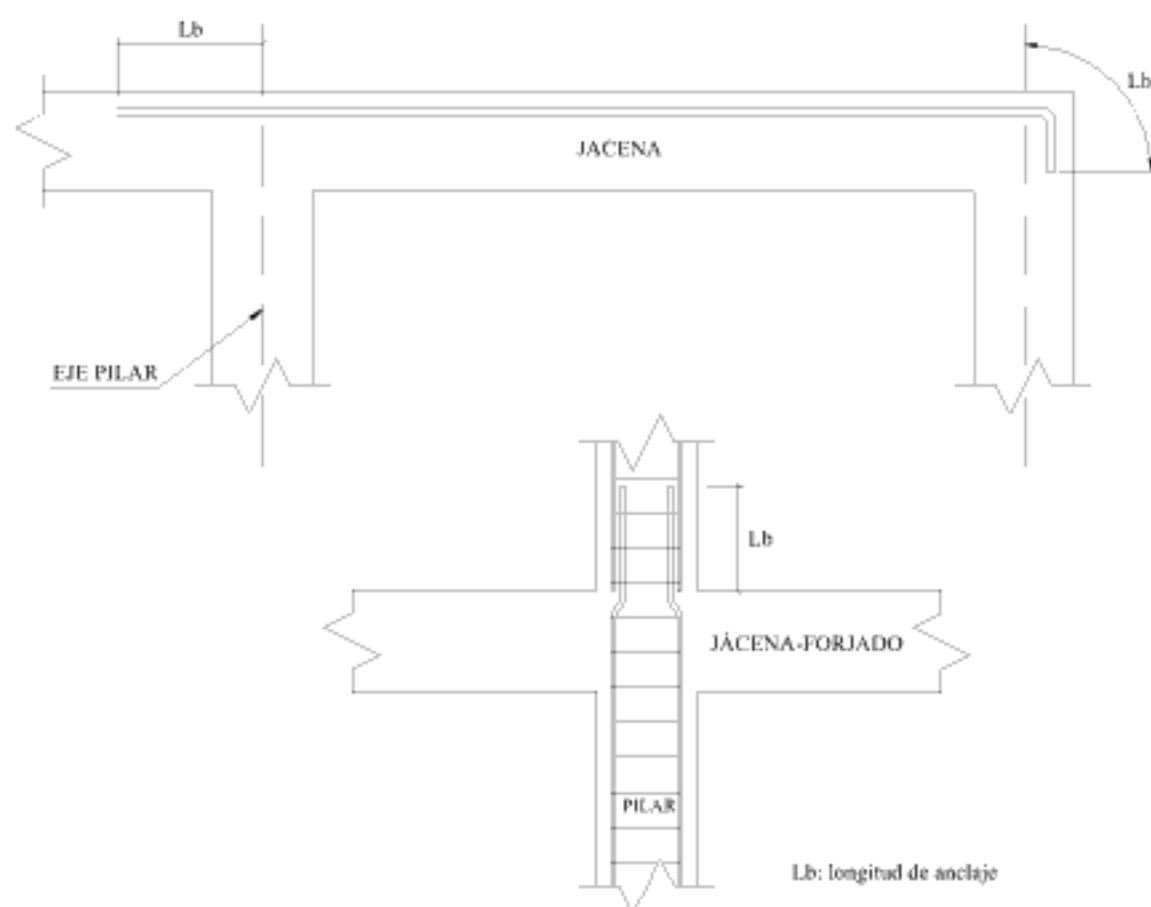


El anclaje de barras corrugadas se efectuará, preferentemente, por prolongación recta, pudiendo también emplearse patillas en las barras trabajando a tracción.

La patilla normal para barras corrugadas está formada por un cuarto de círculo de radio interior igual a 3,5 diámetros, con una prolongación recta igual o mayor a 5 diámetros.



La longitud de anclaje se mide a partir del eje de apoyo en el caso de jácenas y elementos horizontales, y a partir de la cara superior del forjado en el caso de pilares.



Longitudes de anclaje de las barras corrugadas:

Las longitudes de anclaje dependen de la posición que ocupen las barras en la pieza de hormigón. Se distinguen las dos posiciones siguientes:

- Posición I: de adherencia buena, para las armaduras que durante el hormigonado forman con la horizontal un ángulo comprendido entre 45° y 90° , o que en el caso de formar un ángulo inferior a 45° , están situadas en la mitad inferior de la sección o a una distancia igual o mayor a 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.
- Posición II: de adherencia deficiente, para las armaduras que, durante el hormigonado, no se encuentran en ninguno de los casos anteriores. En esta posición, las longitudes de anclaje serán iguales a 1,4 veces las de la posición I.

En el caso de que puedan existir efectos dinámicos, las longitudes de anclaje indicadas se aumentarán en ambas posiciones en 10 diámetros.

Las longitudes prácticas de anclaje pueden calcularse para las barras corrugadas con las siguientes fórmulas:

$$\text{Para barras en posición I: } L_{bI} = m \varnothing \geq (f_{yk}/20) \varnothing$$

Para barras en posición II: $L_{bl} = 1,4 m \varnothing^2 \geq (f_{yk}/14) \varnothing$

donde: \varnothing Diámetro de la barra, en cm.
 m Coeficiente de la tabla 66.5.2.a, en función del tipo de acero
 f_{yk} Límite elástico del acero, en N/mm².

Tabla 66.5.2.a

Resistencia característica del Hormigón (N/mm ²)	m	
	B 400 S	B 500 S
25	12	15
30	10	13
35	9	12
40	8	11
45	7	10
50	7	10

La terminación en patilla, gancho o con barra transversal soldada, de cualquier anclaje de barras corrugadas en tracción, permite reducir la longitud de anclaje.

Longitud Anclaje neta = 0'7 Longitud Anclaje normal.

La longitud de anclaje neta adoptará valores mayores a:

$$L_{b \text{ neta}} > 10 \varnothing$$

$$L_{b \text{ neta}} > 15 \text{ cm}$$

$$L_{b \text{ neta}} > 1/3 L_b \text{ (barras traccionadas)}$$

Ejemplo de cálculo de las longitudes de anclaje:

Calcular la longitud de anclaje de las barras de un pilar de hormigón H-25, con armaduras de diámetro 20 mm y acero B 500 S.

Al ser barras verticales, se trata de la Posición I.

En la tabla 66.5.2.a vemos que para H-25 y B 500 S, resulta $m=15$.

$$L_{bl} = m \varnothing^2 = 15 * 2^2 = 60 \text{ cm.}$$

$$L_{bl} = (f_{yk}/20) \varnothing = (500/20) * 2 = 50 \text{ cm.}$$

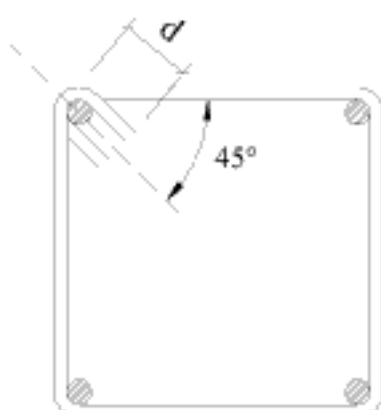
De hecho cumple con $L_{bl} = m \varnothing^2 \geq (f_{yk}/20) \varnothing$ siendo $60 > 50$.

$$L_{bl} \geq 15 \text{ cm.}$$

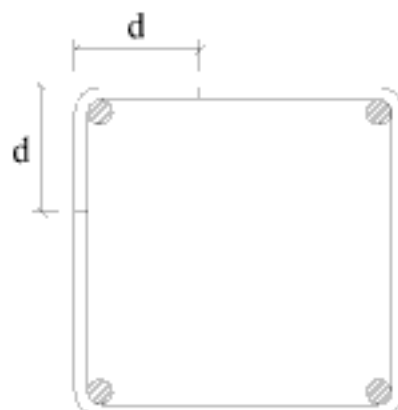
Cogemos el valor mayor de los tres valores obtenidos (15, 60 y 50), resultando una longitud de anclaje de 60 cm (medidos a partir de la cara superior del forjado o jácena).

El anclaje de grupos de barras y de mallas electrosoldadas, viene especificado en los artículos 66.5.3 y 66.5.4 de la Instrucción.

El anclaje de los cercos, se hará en función de su forma de terminación, del siguiente modo:



$d \geq 5 \varnothing$ cerco
 $d \geq 5$ cm



$d \geq 10 \varnothing$ cerco
 $d \geq 7$ cm

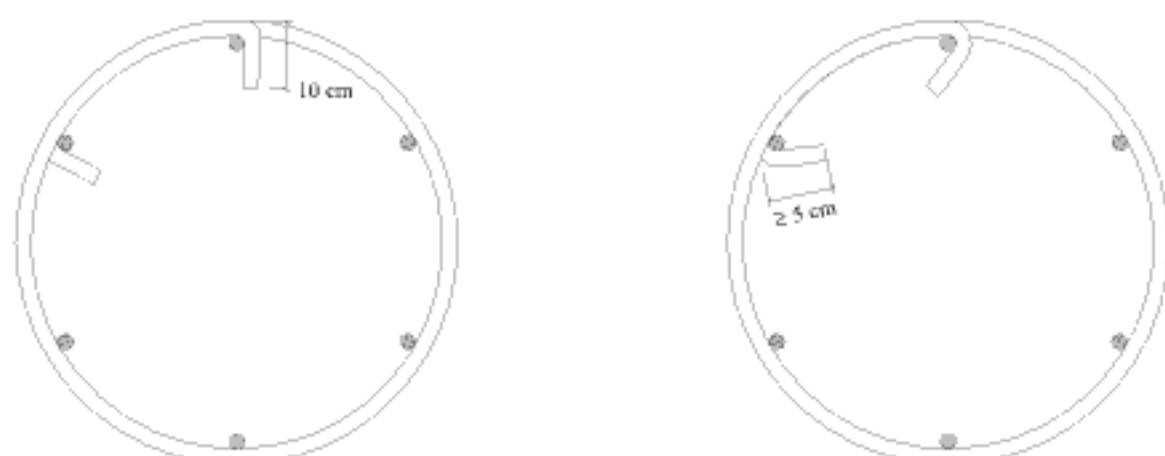
Cuando no tengamos espacio para anclar las barras de otro modo, podremos efectuarlo mediante barra transversal cruzada soldada de ± 15 cm. Con 2 \varnothing soldados, anclan la longitud de anclaje necesaria.



En pilares circulares, existe 2 formas de atado con armaduras transversales:

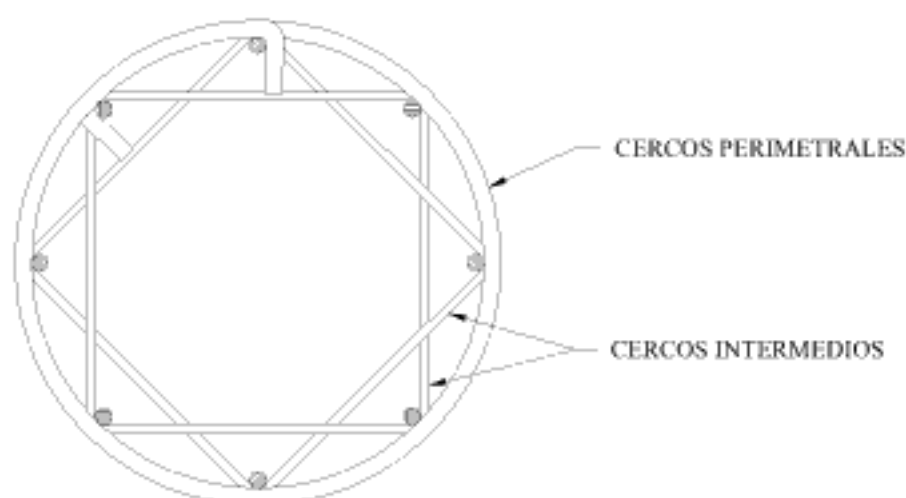
- a) Atado helicoidal, ya visto anteriormente.
- b) Atado con cercos circulares colocados horizontalmente y correctamente anclados.

El anclaje o cierre del cerco se hará tal como se indica en las siguientes figuras, no debiendo atarse prolongando el cerco.



En el caso de pilares circulares muy gruesos o con mucha carga, deberán colocarse cercos o estribos intermedios atando barras opuestas.

En pilares circulares no debe existir más de 35 cm. de separación entre armaduras. En esos casos se colocarán armaduras de piel.



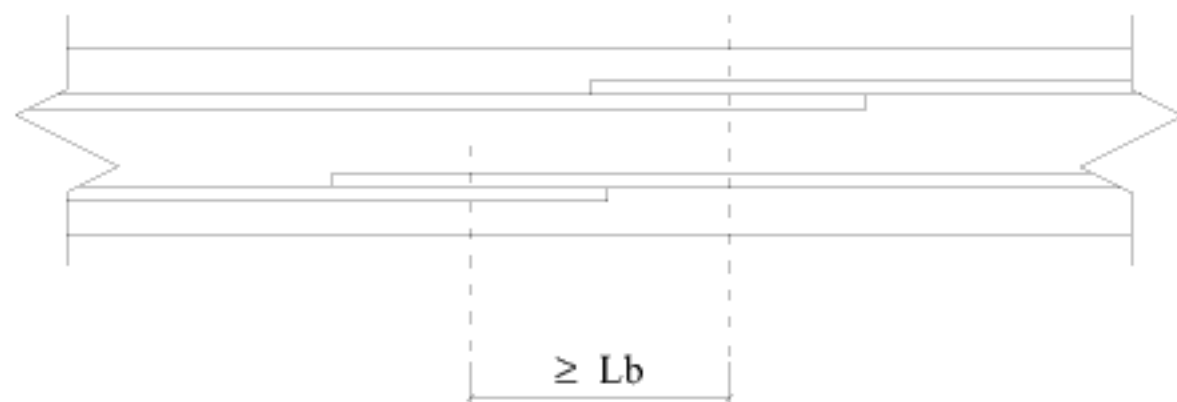
4.6.- EMPALME DE LAS ARMADURAS PASIVAS.

Los empalmes entre barras deben diseñarse de manera que la transmisión de fuerzas de una barra a la siguiente quede asegurada, sin que se produzcan desconchados o cualquier otro tipo de daño en el hormigón próximo a la zona del empalme.

No se dispondrán más que aquellos empalmes indicados en los planos y los que autorice la Dirección de Obra. Se procurará que los empalmes queden alejados de las zonas en las que la armadura trabaje a su máxima carga.

Los empalmes podrán realizarse por solapo o por soldadura. Se admiten también otros tipos de empalme, con tal de que los ensayos con ellos efectuados den resultados garantizados.

Como norma general, los empalmes de las distintas barras en tracción de una pieza, se distanciarán unos de otros de tal modo que sus centros queden separados, en la dirección de las armaduras, una longitud igual o mayor a la longitud de anclaje en prolongación recta.



- Empalme por solapo:

Este tipo de empalmes se realizará colocando las barras una al lado de la otra, dejando una separación entre ellas de 4 diámetros como máximo. Para armaduras en tracción esta separación no será menor de 2 veces el diámetro de la barra, ni de 2 cm., ya que así aseguramos la transmisión del esfuerzo de una barra a otra, al existir suficiente espesor de hormigón alrededor de las barras.

Cuando se trate de barras corrugadas, no se dispondrán ni ganchos ni patillas, y la longitud de solapo será igual o superior a la longitud de anclaje. Estos datos vienen reflejados en tabla 66.6.2 de la EHE.

El empalme por solapo de grupos de barras y de mallas electrosoldadas viene definido en el artículo 66.6.3 y 66.6.4 de la Instrucción.

- Empalmes por soldadura:

Deberán realizarse de acuerdo con los procedimientos de soldadura descritos en la UNE 36832:97, y ejecutarse por operarios debidamente cualificados.

Las superficies a soldar estarán secas y libres de todo material que pudiera afectar a la calidad de la soldadura.

Queda expresamente prohibida la soldadura de armaduras galvanizadas o con recubrimientos epoxídicos.

No podrán disponerse empalmes por soldadura en los tramos de fuerte curvatura del trazado de las armaduras.

Las soldaduras a tope de distinto diámetro podrán realizarse siempre que la diferencia entre diámetros sea inferior a 3 mm.

No se podrán realizar soldaduras en períodos de intenso viento, cuando esté lloviendo o nevando, o a menos que se adopten las debidas precauciones, tales como la disposición de pantallas o cubiertas protectoras y se proteja adecuadamente la soldadura para evitar un enfriamiento rápido. Bajo ningún concepto se llevará a cabo una soldadura sobre una superficie que se encuentre a una temperatura $\leq 0^{\circ}\text{C}$ justo antes de soldar.

- Empalmes mecánicos:

Los empalmes realizados mediante dispositivos mecánicos deberán realizarse de acuerdo con los procedimientos establecidos por los fabricantes.

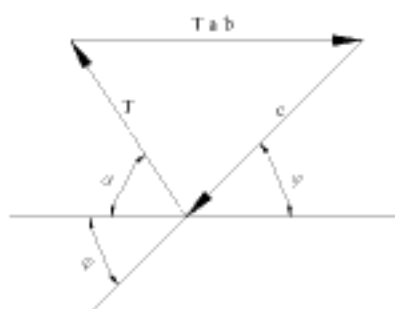
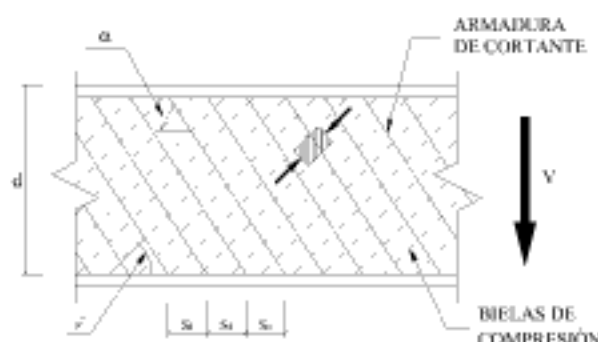
Estos dispositivos deberán tener, al menos, la misma capacidad resistente que la menor de las barras que se empalmen. Se admite concentrar la totalidad de estos empalmes en una misma dirección siempre y cuando no afecte a la colocación del hormigón.

4.7.- ARMADURAS PARA ESFUERZO CORTANTE.

Consideraciones generales sobre el esfuerzo cortante:

La Instrucción española plantea en principio el análisis de las estructuras de hormigón frente al esfuerzo cortante estableciendo la “regla de cosido” como una generalización del método de las bielas de Ritter-Mörsch, que debe utilizarse en todos aquellos elementos estructurales que presentando estados planos de tensión o asimilables a tales, estén sometidos a solicitaciones tangentes según un plano conocido.

Toda sección de un elemento, según un plano P cualquiera, sobre el que las acciones exteriores originan tensiones tangenciales, debe ser atravesada por armaduras transversales (de cosido) convenientemente ancladas a ambos lados de aquel plano P, calculadas de acuerdo a las normas de dicha Instrucción.



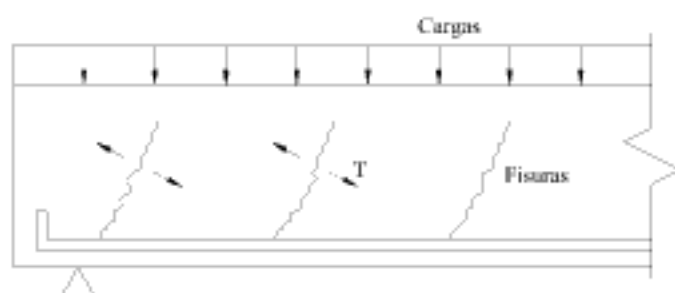
Dado que la “regla de cosido” es un método conservador al no contar para nada en el mecanismo resistente con la colaboración del hormigón a tracción, y dado que experimentalmente en determinados elementos se sabe que su resistencia a la cortadura es superior a los resultados que proporciona la mencionada regla, establece unas consideraciones complementarias de reducción de armadura.

La condición para que no haya rotura a tracción, como consecuencia de las fuerzas de compresión, es que se disponga una armadura ortogonal a dicho plano de compresiones (fisuras) cuya capacidad mecánica supere el valor de T obtenido en el equilibrio de fuerzas.

El comportamiento real es que en vigas sin fisurar, las tensiones cortantes son absorbidas exclusivamente por el hormigón, por lo que solamente será necesario disponer una armadura **transversal** de seguridad, que no trabajará más que en el caso de una eventual fisuración.

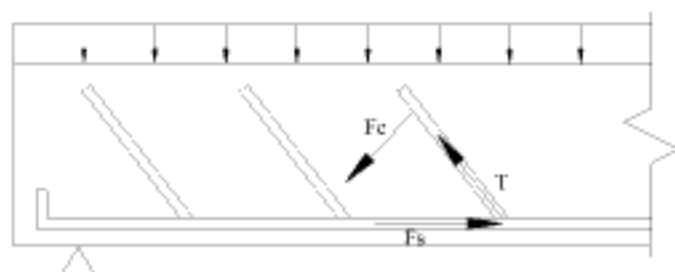
Una vez que el hormigón se ha fisurado, es incapaz de resistir ningún esfuerzo cortante, por lo que todo el trabajo se le confiará a la armadura transversal.

La viga fisurará cuando la máxima tensión principal de tracción rebase la resistencia a tracción del hormigón.

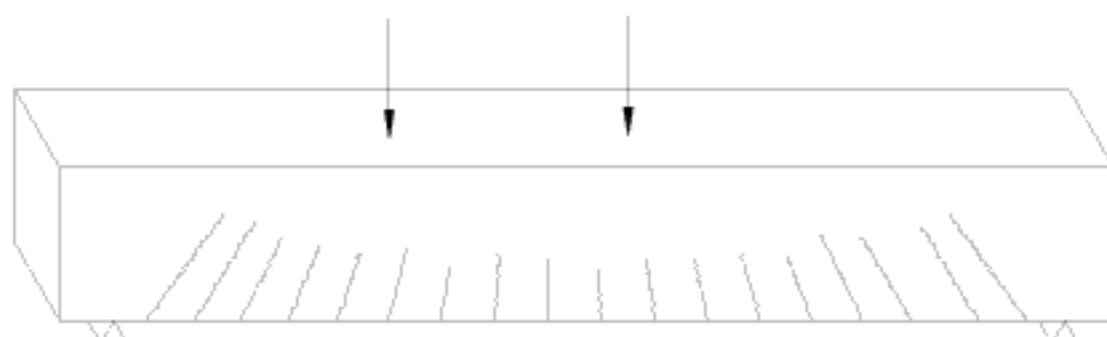


SISTEMA DE EQUILIBRIO DE FUERZAS

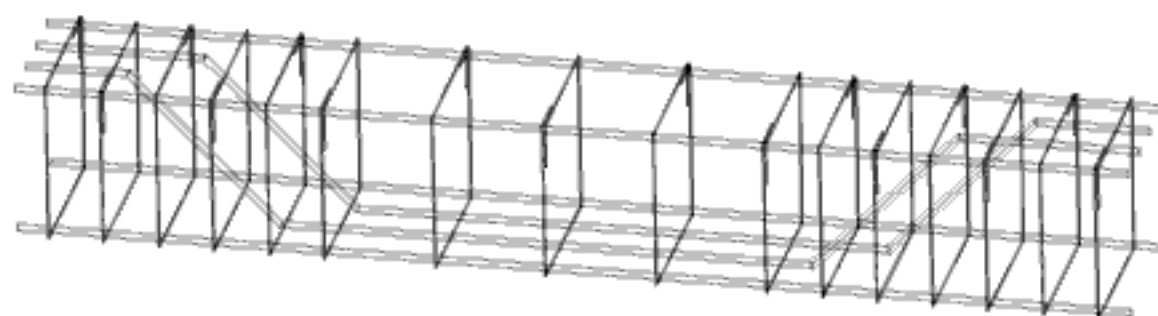
Fc: Bielas de compresión
T: Tensión que provoca rotura por tracción



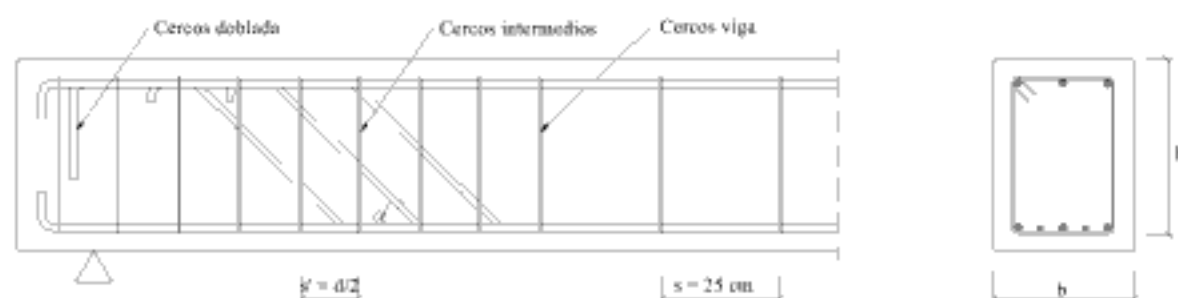
Al no resistir el hormigón, aparecerá en la zona de tracción unas grietas inclinadas a 45° de acuerdo con lo indicado en el cálculo de tensiones tangenciales.



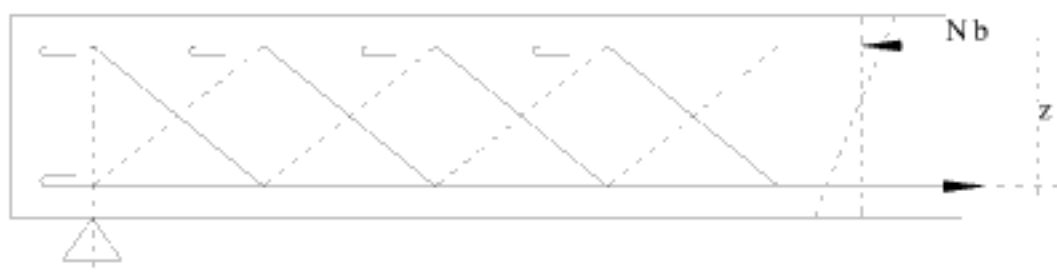
La armadura transversal está constituida, generalmente, por barras levantadas a 45° , por cercos o estribos, ó por ambos simultáneamente. Obsérvese que en ambos extremos de la viga, donde el esfuerzo cortante es mayor, se colocan los cercos más espesos.



En cada uno de los planos inclinados a 45° pueden disponerse una o varias barras dobladas.



Obsérvese que de esta forma puede asimilarse la viga de hormigón armado a un entramado de celosía, de modo que los elementos de tracción son las armaduras y los de compresión el propio hormigón.



Una parte de las tensiones cortantes las absorben las barras levantadas y el resto se absorbe con estribos o cercos.

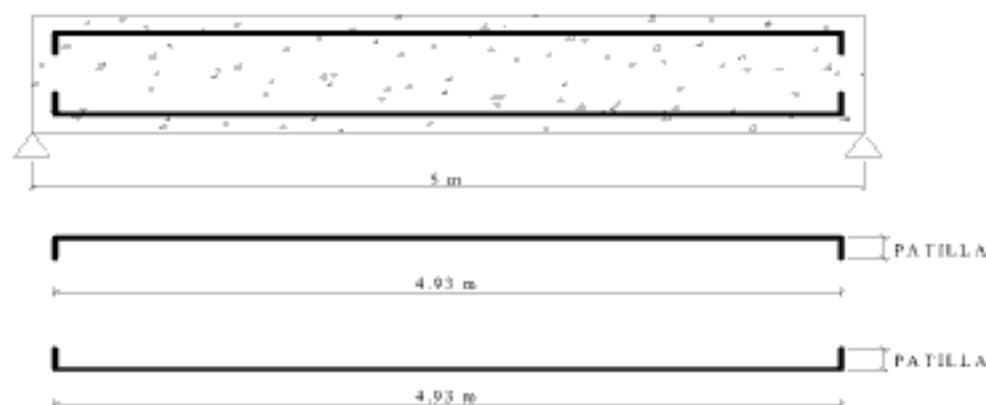
4.8.- DESPIECE DE ARMADURAS.

El despiece de armaduras consiste en efectuar el dibujo detallado y acotado de las mismas, para que el ferralla pueda cortar y montar las armaduras de acuerdo a lo especificado en proyecto.

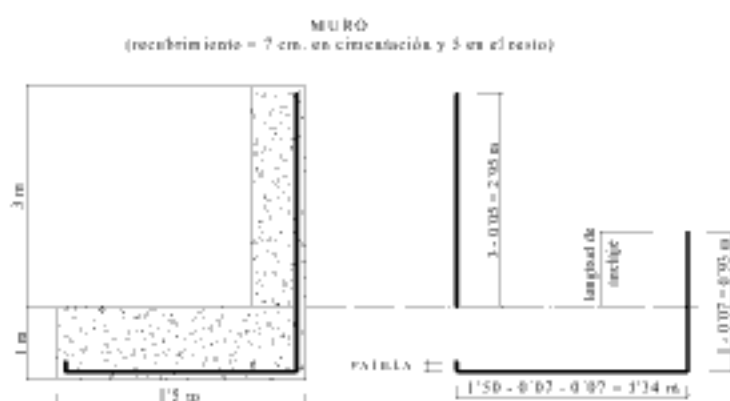
Para despiezar armaduras, partiendo de cotas de piezas de hormigón debemos deducir los recubrimientos, las patillas, etc.

A continuación vemos el despiece de las armaduras de una jácena de hormigón armado, de 5 metros de longitud total, con recubrimientos de hormigón de 3,5 cm. Obsérvese que las longitudes de las armaduras son de 4,93 m, ya que se han deducido los 3,5 cm. de recubrimiento en cada uno de sus dos extremos. Debemos tener en cuenta la "patilla" para efectos de las longitudes de las barras.

JÁCENA (Recubrimiento = 3.5 cm)



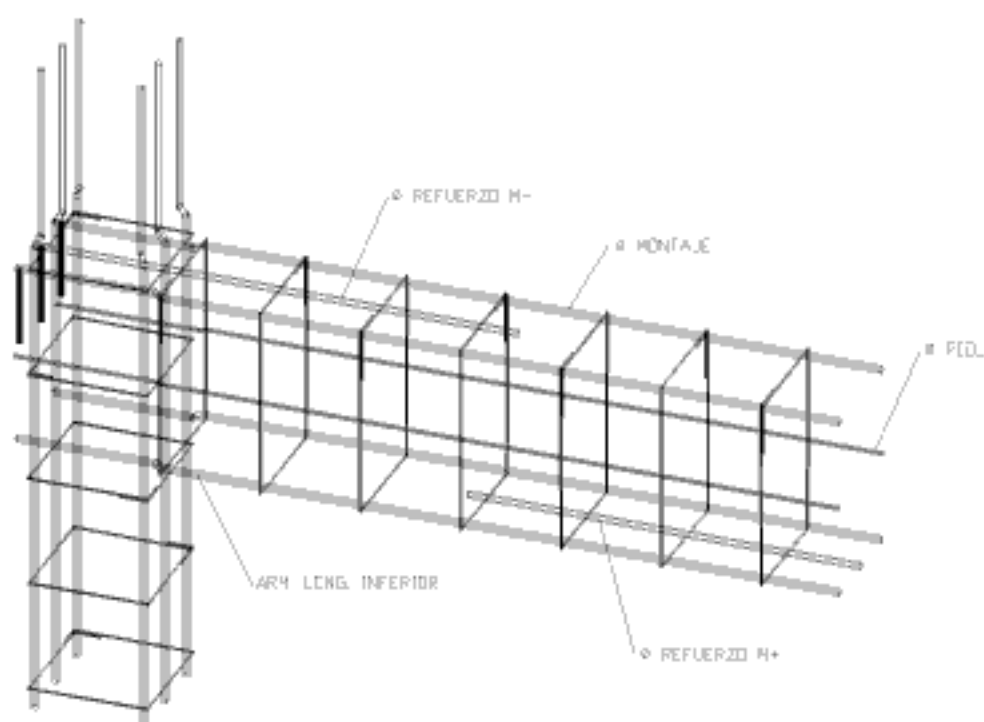
Veamos otro ejemplo, correspondiente a un muro de contención de tierras, cuyos datos vemos en el dibujo siguiente, con recubrimientos de armaduras de 7 cm en la zapata de cimentación y recubrimientos de 5 cm. en el resto del muro.

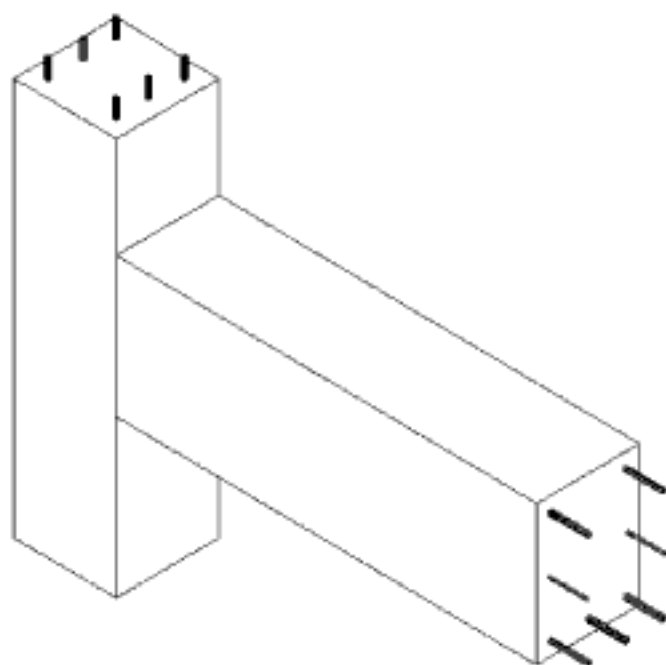


Al igual que en el caso anterior, para hallar la longitud de cada barra deberemos descontarle los recubrimientos en los extremos, etc. y tener en cuenta las patillas.

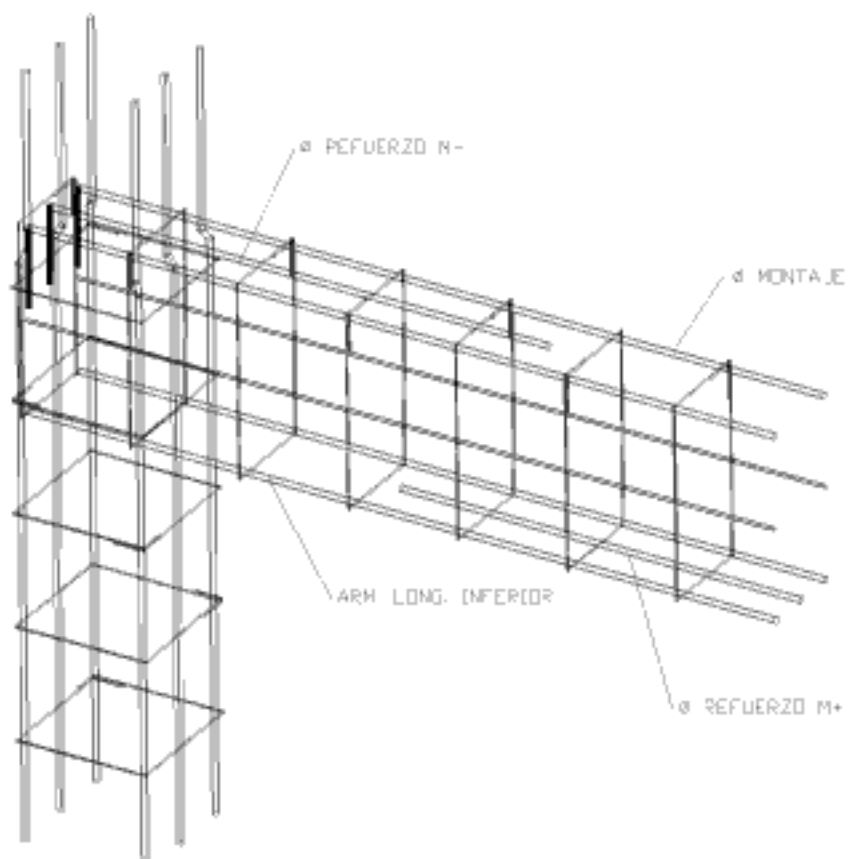
4.9.- DETALLES CONSTRUCTIVOS.

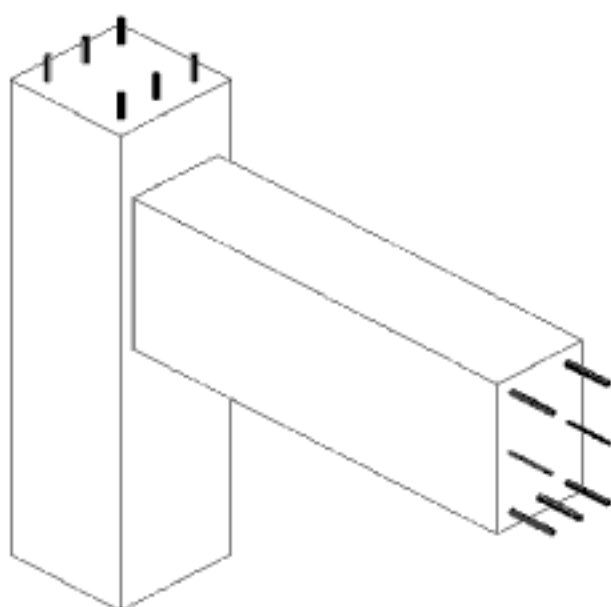
Perspectiva del detalle de unión de un pilar y una jácena, ambos del mismo ancho.





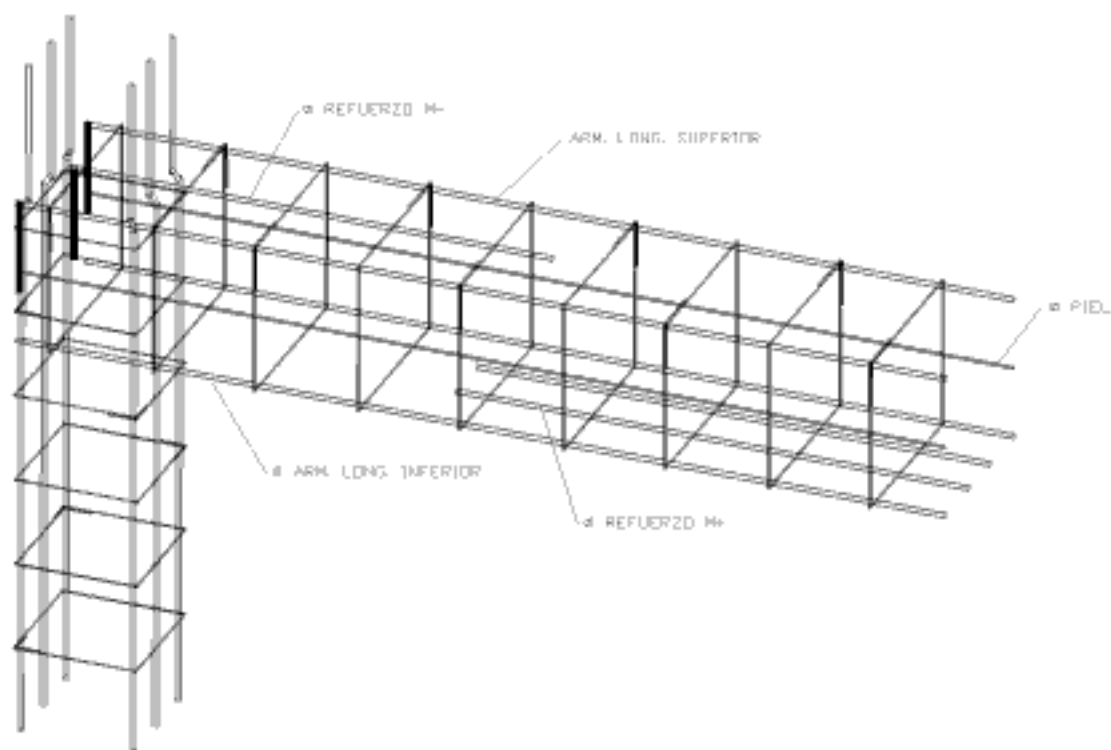
Perspectiva del detalle de unión de un pilar con una jácena más estrecha que el pilar.

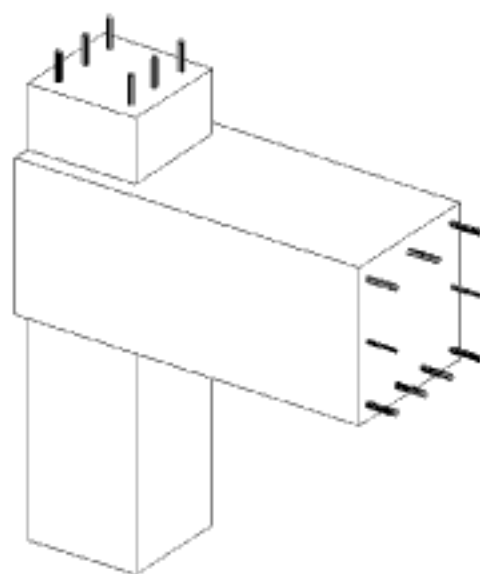




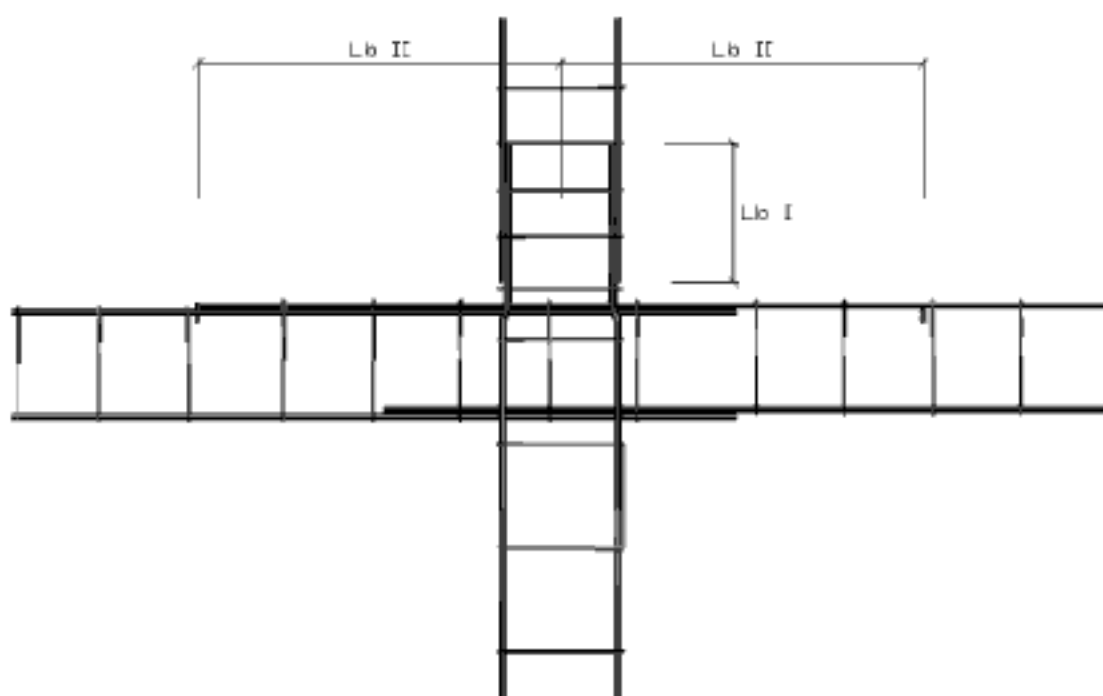
Perspectiva del detalle de la unión de un pilar con una jácena más ancha que el pilar.

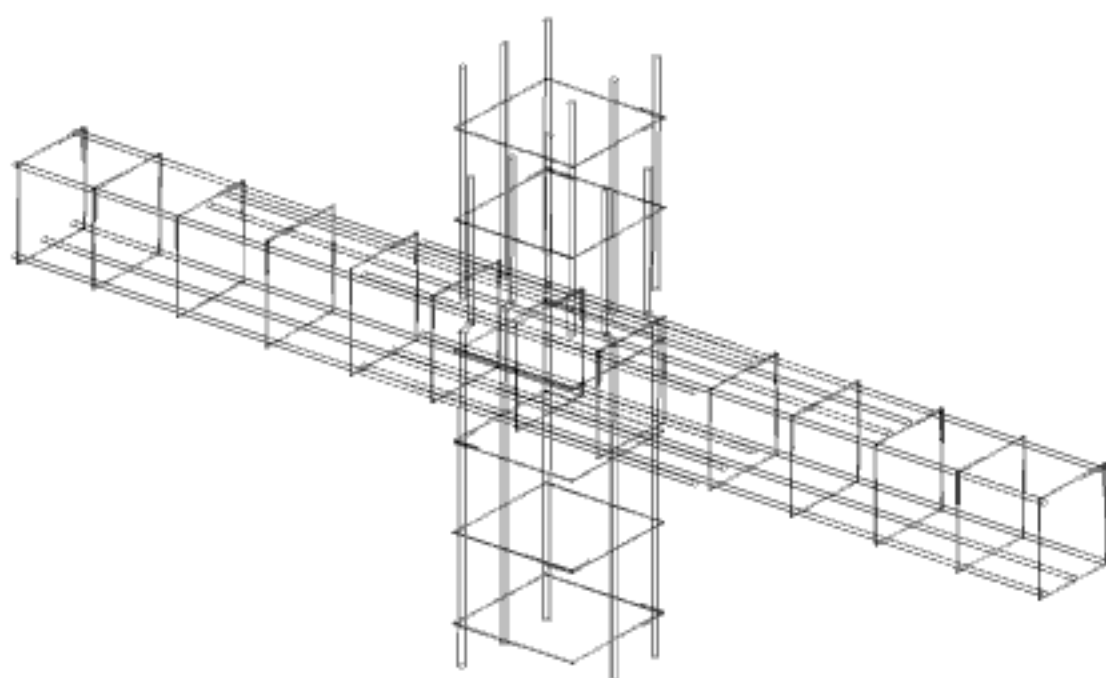
En la unión de una jácena plana con un pilar de menor anchura que ésta, se debe aumentar el número de cercos de la jácena, porque de lo contrario las barras extremas de dicha jácena (que quedasen fuera del pilar) no trabajarían.



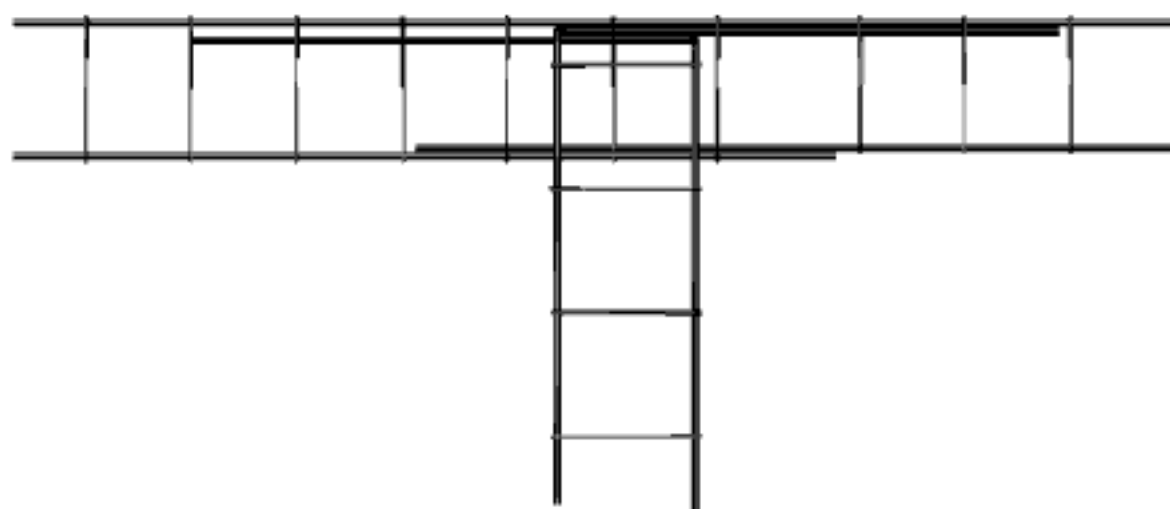


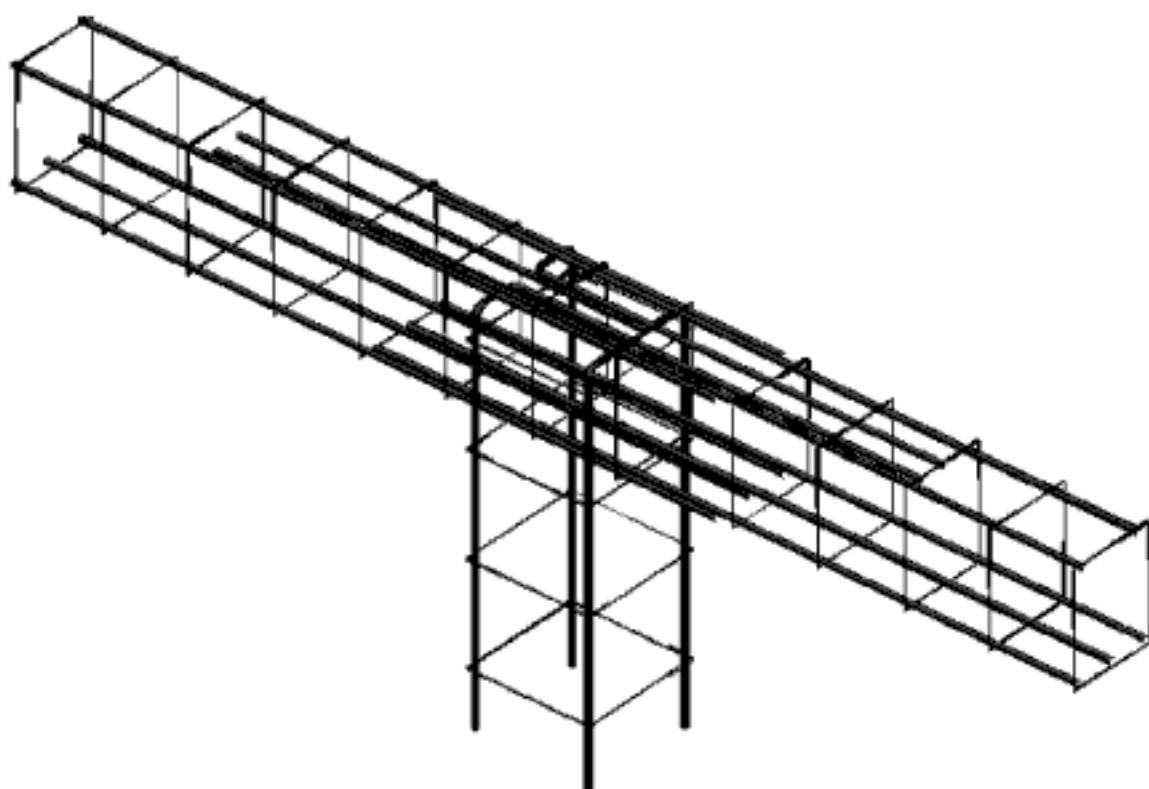
Cuando a un pilar central acometen dos jácenas alineadas (una por cada lado), la armadura de refuerzo de momentos negativos se coloca en prolongación recta, de una pieza para ambas jácenas. Las armaduras de las propias jácenas, con el fin de que cumplan con la longitud de anclaje necesaria, pueden terminar dentro del pilar (con patilla) o bien en prolongación recta, como vemos en la figura siguiente.





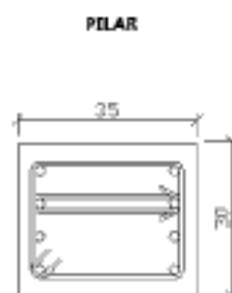
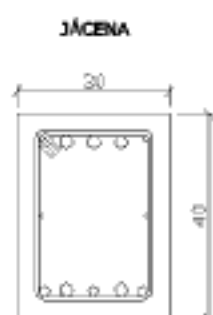
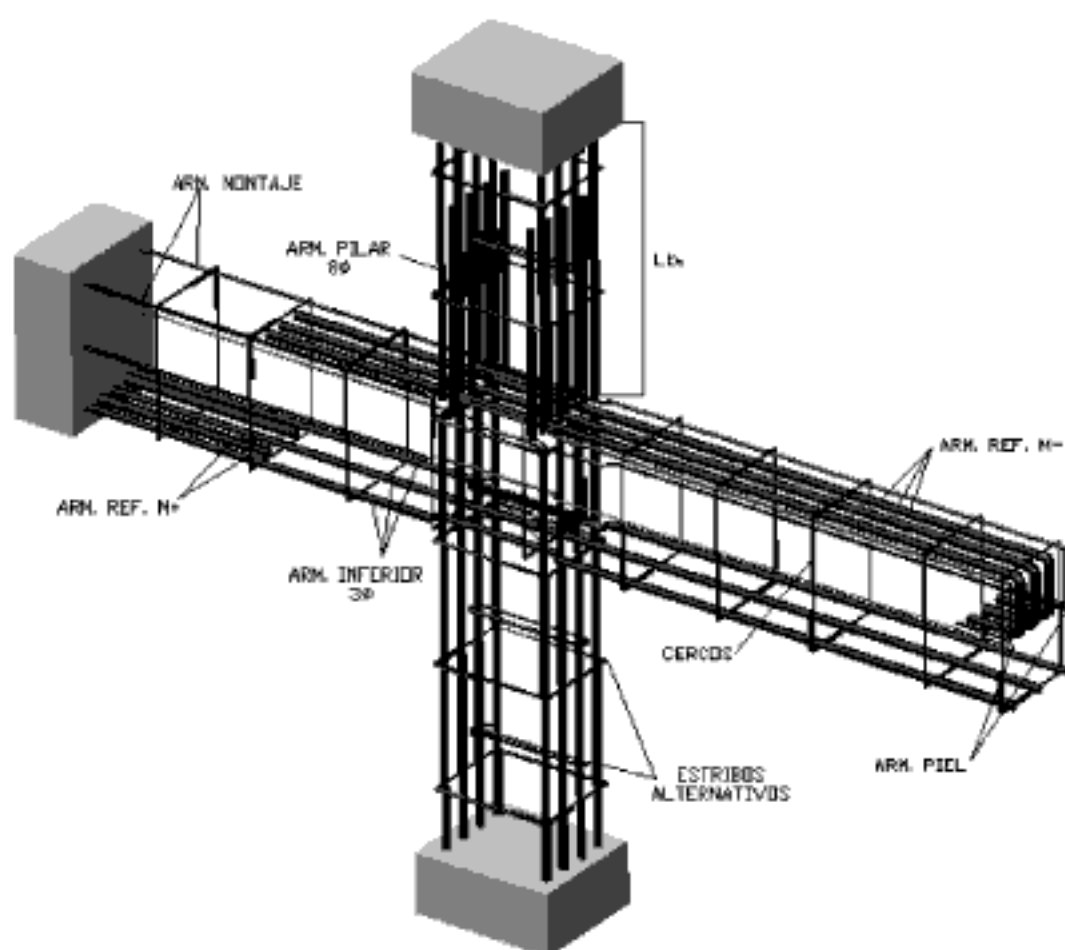
En la última planta, las armaduras verticales de los pilares se doblan hacia los laterales, introduciéndolas dentro de las jácenas para mejor anclaje.



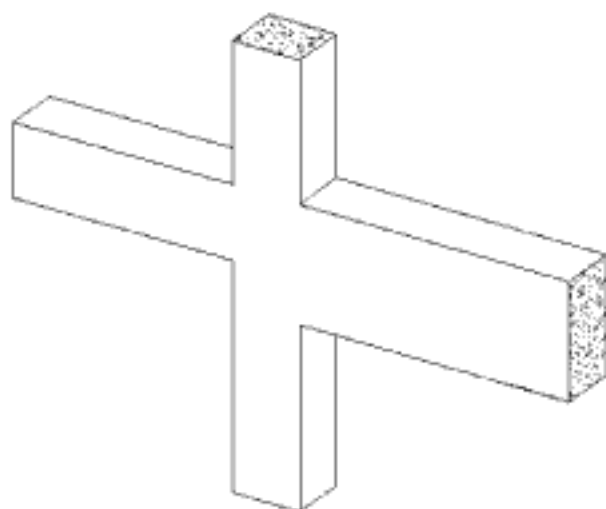
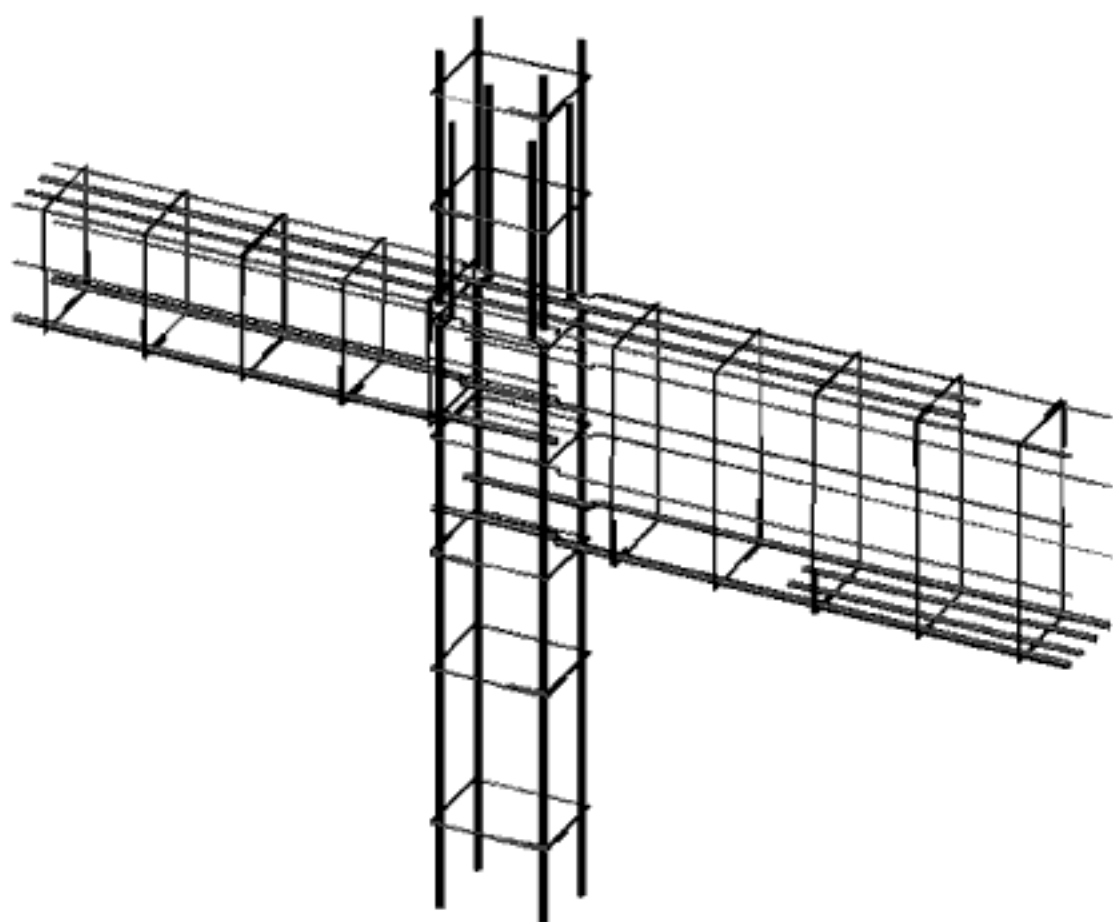


En la perspectiva siguiente vemos el enlace de un pilar con una jácena de canto en voladizo, observándose que los cercos de la jácena atan en la parte superior en el vano, y en la parte inferior (zona de compresiones) en el voladizo.

Asimismo, se puede observar que las armaduras de la jácena volada, al ser de diámetros gruesos, necesitan mucha longitud de anclaje, siendo necesario doblarlas nuevamente hacia el interior de la misma.



En la perspectiva siguiente observamos una jácena en voladizo, con diferente altura en la parte interior que en la parte volada, con el fin de que en la zona volada no sobresalga por la parte inferior de los forjados.



TEMA 5.- CIMENTACIONES SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. DOCUMENTO BÁSICO SE-C. SEGURIDAD ESTRUCTURAL. CIMIENTOS.

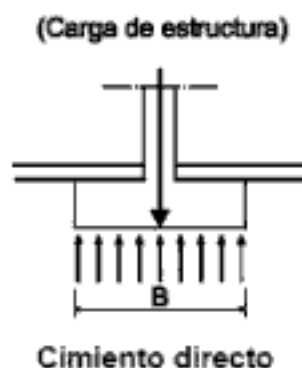
En la primera parte del tema, apartado 5.1, se transcriben textualmente los contenidos especificados en el Código Técnico de la Edificación SE-C, sobre cimentaciones directas: zapatas aisladas, con independencia de que, posteriormente, se agreguen o amplíen conceptos.

El Código Técnico de la Edificación establece tres grupos de cimentaciones:

- cimentaciones directas
- cimentaciones profundas
- elementos de contención

5.1.- CIMENTACIONES DIRECTAS: definiciones y tipologías.

Una cimentación directa es aquella que reparte las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal, tal como se indica en la siguiente figura.



Las cimentaciones directas se emplearán para transmitir al terreno las cargas de uno o varios pilares de la estructura, de los muros de carga o de contención de tierras en los sótanos, de los forjados o de toda la estructura.

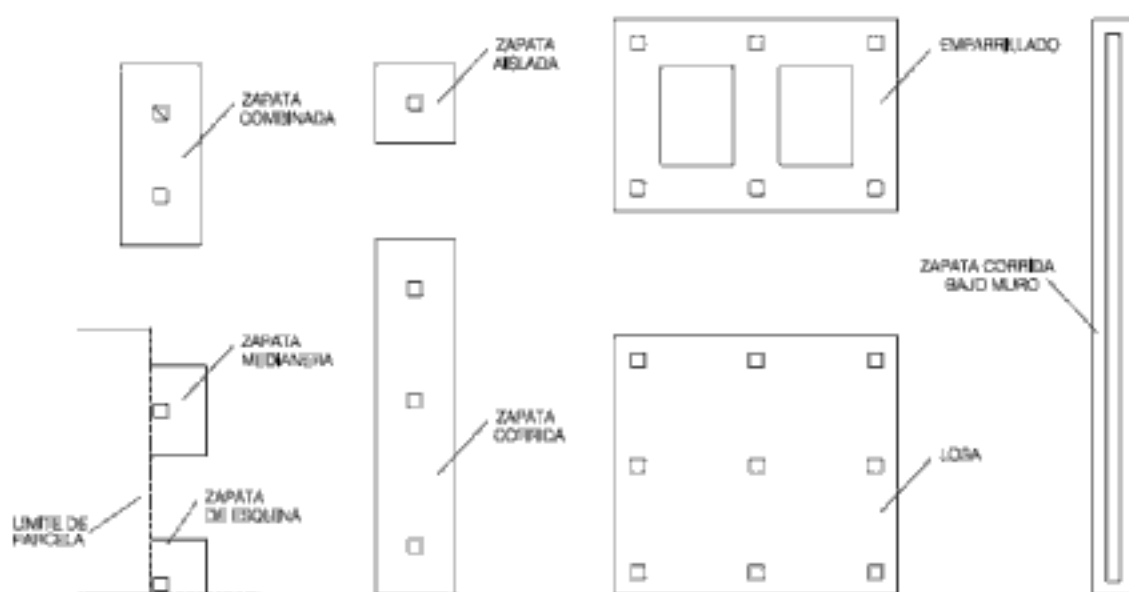
Cuando las condiciones lo permitan se emplearán cimentaciones directas, que habitualmente, pero no siempre, se construyen a poca profundidad bajo la superficie, por lo que también son llamadas cimentaciones superficiales.

Los tipos principales de cimientos directos y su utilización más usual se recogen en la tabla y figura siguientes:

Tipo de cimiento directo Elementos estructurales más usuales a los que sirve de cimentación

Zapata aislada.....	Pilar aislado, interior, medianero o de esquina
Zapata combinada.....	Dos ó más pilares contiguos
Zapata corrida.....	Alineaciones de 3 ó más pilares o muros
Pozo de cimentación.....	Pilar aislado
Emparrillado.....	Conjunto de pilares y muros distribuidos en retícula
Losa.....	Conjunto de pilares y muros

En el siguiente dibujo pueden observarse, en planta esquemática, los mencionados tipos de cimentaciones directas.



Tipos de cimentaciones directas

ZAPATAS AISLADAS

Cuando el terreno sea firme y competente, se pueda cimentar con una presión media alta y se esperen asientos pequeños o moderados, la cimentación normal de los pilares de un edificio estará basada en zapatas individuales o aisladas.

En general, las zapatas interiores serán de planta cuadrada, tanto por su facilidad constructiva como por la sencillez del modo estructural de trabajo. Sin embargo, podrá convenir diseñar zapatas de planta rectangular o con otra forma, entre otros, en los siguientes casos:

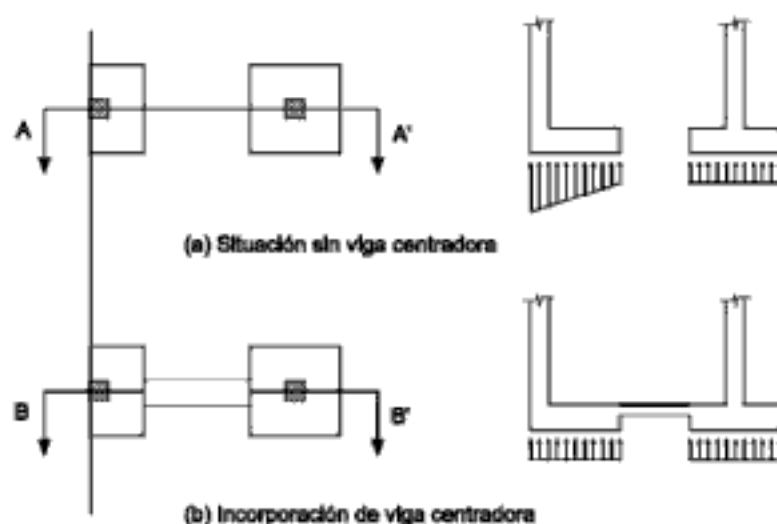
- Las separaciones entre crujías sean diferentes en dos sentidos perpendiculares.
- Existan momentos flectores en una dirección
- Los pilares sean de sección rectangular
- Se haya de cimentar dos pilares contiguos separados por una junta de dilatación
- Casos especiales de difícil geometría

Si los condicionantes geométricos lo permiten, las zapatas de medianería serán de planta rectangular, preferentemente con una mayor dimensión paralela a la medianería, y las de esquina de planta cuadrada.

Desde el punto de vista estructural se tendrán en cuenta las prescripciones de la Instrucción EHE respecto a la rigidez de las zapatas. Se considerarán estructuralmente rígidas las zapatas cuyo vuelo v , en la dirección principal de mayor vuelo, sea menor o igual a dos veces el canto h . Y se considerarán flexibles cuando v sea mayor que $2h$.

Las zapatas aisladas se podrán unir entre sí mediante vigas de atado o soleras, que tendrán como objeto principal evitar desplazamientos laterales. En especial se tendrá en cuenta la necesidad de atado de zapatas en aquellos casos prescritos en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE vigente.

Podrá ser conveniente unir zapatas aisladas, en especial las fuertemente excéntricas como son las de medianería y esquina, a otras zapatas contiguas mediante vigas centradoras para resistir momentos aplicados por muros o pilares, o para redistribuir cargas y presiones sobre el terreno, tal como se indica en la figura siguiente. Para cumplir este cometido se podrá disponer asimismo de otras múltiples posibilidades de diseño (contribución de forjados, introducción de tirantes, etc.), debiendo justificarse en cada caso.



En el caso de vigas de atado o vigas centradoras hormigonadas directamente sobre el terreno, deben considerarse los posibles esfuerzos derivados del asiento previsto en las zapatas unidas por ellas. Del mismo modo se considerarán los efectos derivados de cualquier

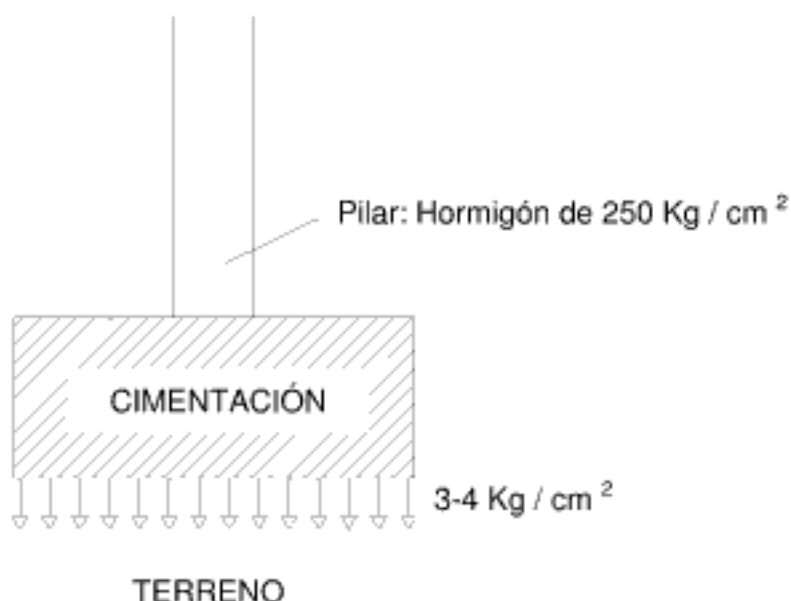
otro movimiento relativo que pueda inducir esfuerzos sobre dichas vigas y sobre los demás elementos de cimentación unidos por ellas. En especial no se considera aconsejable recurrir al apoyo directo de las vigas de un íon entre zapatas en el caso de cimentar sobre terrenos metaestables (expansivos o colapsables).

5.2.- GENERALIDADES SOBRE CIMENTACIONES.

Se denomina "superficie de cimentación" a la superficie mediante la cual se transmite la mayor parte de la carga del cimiento al terreno, en cimentaciones superficiales.

La misión de la cimentación es transmitir al terreno la carga del edificio, de modo que dicha carga le llegue al terreno con una tensión tolerable para que pueda soportarla con cedimientos admisibles.

Debemos tener en cuenta que a la parte superior del cimiento llegan pilares con cargas importantes (hormigones de resistencias iguales o superiores a 250 Kg/cm^2) y por la parte inferior tienen que salir cargas del orden de $3-4 \text{ Kg/cm}^2$ para que el terreno pueda soportarlas, por lo tanto es necesario colocar un elemento intermedio (cimentación) con mayor base que el pilar para que distribuya correctamente las cargas al terreno.



Los efectos que deben tenerse en cuenta al calcular una cimentación son:

- carga y sobrecarga que transmite la estructura, con sus momentos flectores.
- peso propio del cimiento y subsuelo situado sobre el mismo.
- eventualmente la sobrepresión debida a la capa freática.

Es necesario que la resultante de las distintas cargas de una cimentación superficial pase por el centro de gravedad de la superficie de cimentación, con objeto de que las presiones sean lo más uniformes posible.

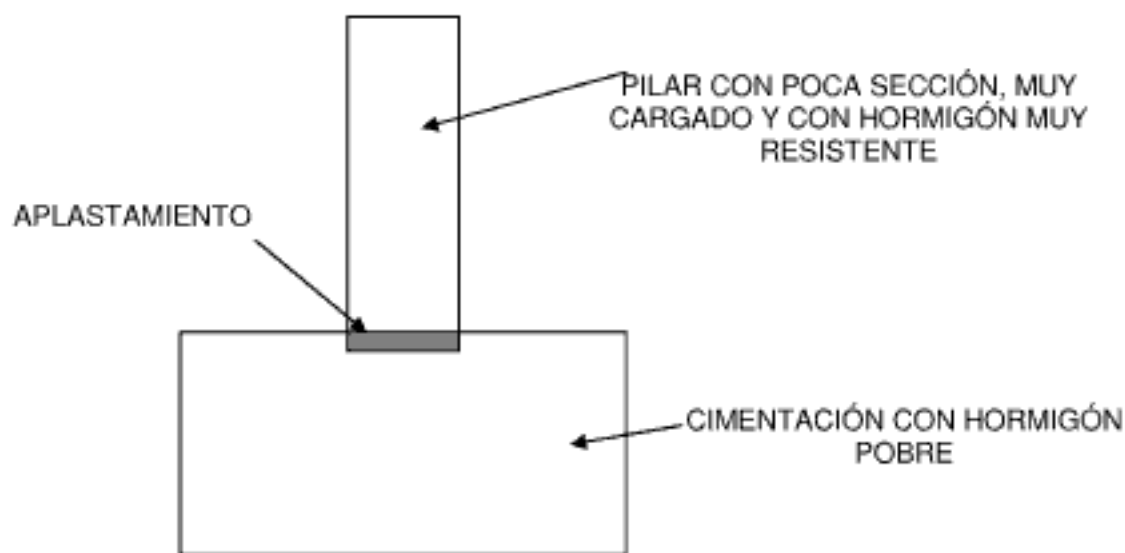
Se denomina **firme** a las capas subterráneas del terreno, sobre las que arranca la cimentación, y su único cometido es ser capaces o competentes para absorber las tensiones que va a transmitirle la cimentación.

El firme en un mismo terreno puede ocupar posiciones más o menos profundas, según que se le exija que sea capaz de absorber mayor o menor tensión, con un cedimiento tolerable.

El problema general que resuelve la cimentación es el pasar de un área pequeña de un elemento constructivo que soporta tensiones altas (soporte o pilar...) a otro de mucha mayor magnitud para que las tensiones repartidas (menores) sean capaces de ser absorbidas por el terreno.

Por regla general cuanto más profundo es un firme, más resistente es, y el planteamiento económico aconsejará, en cada caso, si conviene ir a cimentaciones poco profundas pero con mucha base, o bien ir a cimentaciones más profundas pero con menor base.

Se denomina **aplastamiento del hormigón** (penetración) al hecho que puede ocurrir en el encuentro de un pilar con una zapata de cimentación, cuando el pilar está muy cargado y es de poca sección, y el hormigón de la cimentación es pobre. Esa diferencia de tensiones admisibles por el hormigón pueden causar un aplastamiento en el punto de unión de ambos elementos.



Se denomina **asiento de consolidación** cuando al cargar una cimentación el terreno expulsa el agua y el aire: se consolida el terreno.

Para los efectos de cálculo es importante tener presente el **coeficiente de seguridad**. La seguridad se introduce a través de los 3 coeficientes: dos de minoración de las resistencias del hormigón y del acero, y otro de ponderación de las cargas y acciones en general.

Es muy importante dimensionar las zapatas de acuerdo al cálculo. No conviene "pasarse" ni "quedarse cortos". Y sobre todo que cada zapata tenga la dimensión adecuada a su carga. Con ello evitaremos los **asientos diferenciales**.

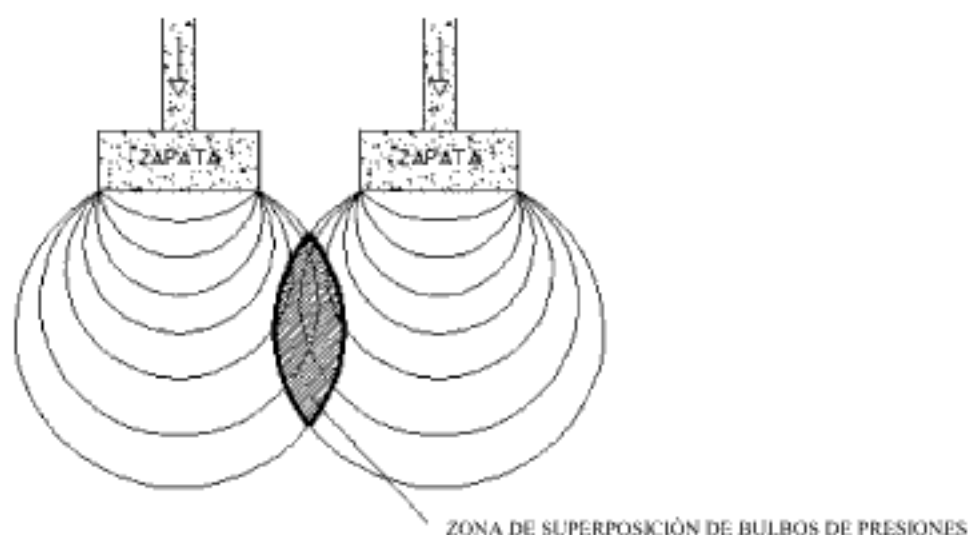
EL BULBO DE PRESIONES.

Es la zona de terreno afectada por las presiones que la zapata produce sobre el mismo. En todo los tipos de cimentación es muy importante un estudio geotécnico, ya que pueden existir a mayor profundidad estratos menos resistente que al ser alcanzados por el bulbo de presiones no sean capaces de soportar las presiones que le llegan.

Si se trata de zapatas de mayor dimensiones o de losas de cimentación dichos estratos profundos se encontraran más afectados.



Cuando los distintos cimientos de una estructura se encuentran próximos, debe de tenerse en cuenta la posible superposición de los bulbos de presiones originadas por cada uno de dichos cimientos. Esto ocurre con mucha mayor frecuencia en cimentaciones de losas.



Esa primera clasificación en Cimentaciones directas o superficiales y cimentaciones profundas depende del tipo de terreno sobre el que vayamos a cimentar y sobre todo del sistema empleado para efectuar el cimiento.

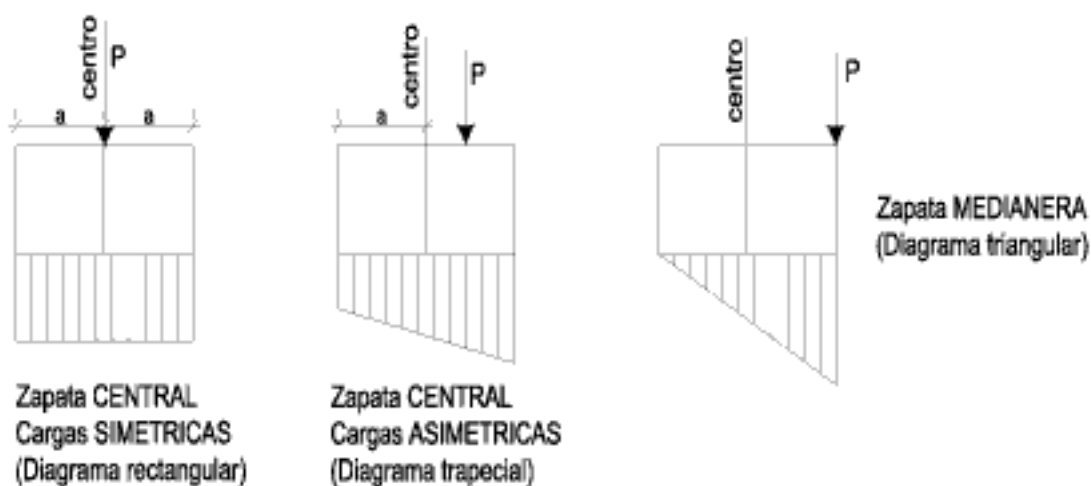
Cuando la transición de las cargas al terreno se realice en toda la superficie ocupada por la obra, la cimentación se denomina por losa o placa y cuando se realice por zonas aisladas del terreno, correspondientes a pilares o grupos de pilares, se llama cimentación por zapatas o emparrillado.

Las zapatas que han de sustentar un solo pilar se denominan zapatas aisladas o individuales y si, por el contrario, han de transmitir la carga de varios pilares, se le denominan zapatas combinadas. Las cimentaciones corridas de apoyo de muros, o de pilares muy próximos, se llaman zapatas continuas o corridas.

Diagramas de tensiones de las zapatas:

Según el lugar de aplicación de la carga P nos dará lugar a los siguientes diagramas.

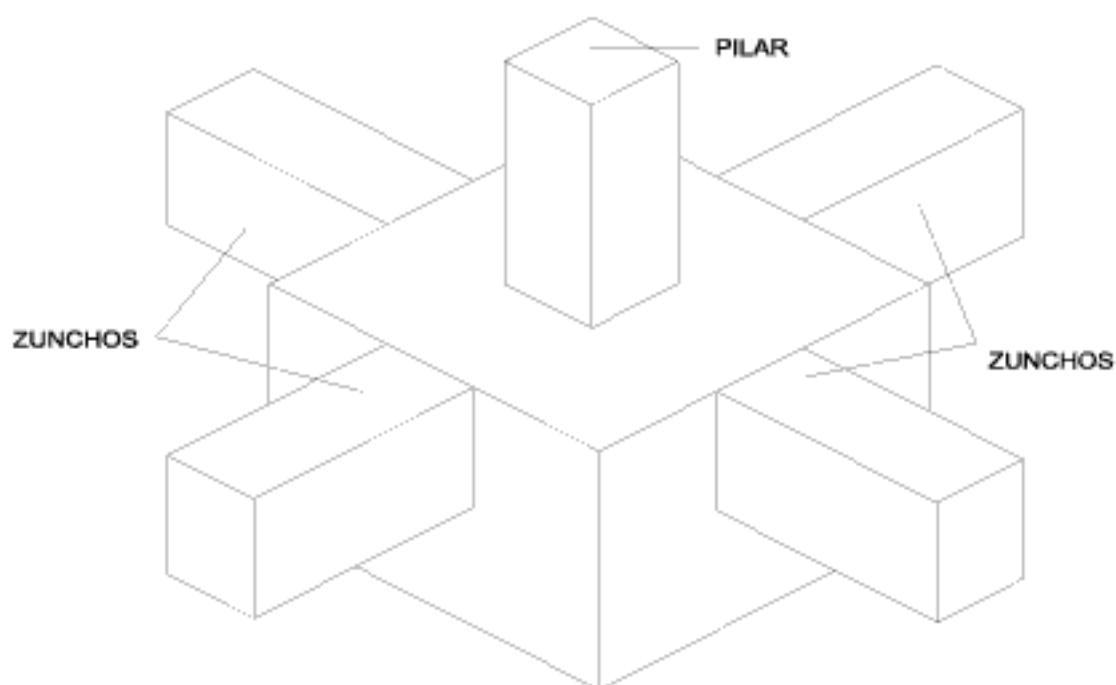
- Zapata central con cargas simétricas: diagrama rectangular.
- Zapata central con cargas diferentes a ambos lados del pilar: diagrama trapecial.
- Zapata de medianería: diagrama triangular.



5.3.- ZAPATA AISLADA CENTRADA.

Está constituida por un dado de hormigón de planta cuadrada, con su cara superior plana o piramidal.

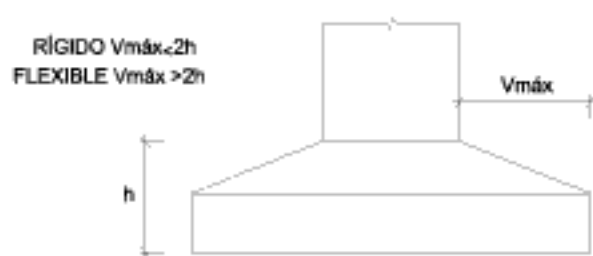
Tendrán un espesor mínimo, fijado por la EHE, y su armadura está constituida por una parrilla uniformemente repartida, y en algunos casos más espesa en sus bandas centrales que en las extremas.



5.4.- TIPOS DE ZAPATAS SEGÚN LA EHE Y EL CTE

Las zapatas de cimentación pueden clasificarse en rígidas y flexibles.

- Rígidos: las zapatas cuyo vuelo V en la dirección principal de mayor vuelo es menor que $2h$.
- Flexibles: las zapatas cuyo vuelo V en la dirección principal de mayor vuelo es mayor que $2h$.

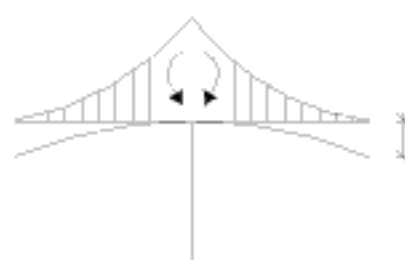
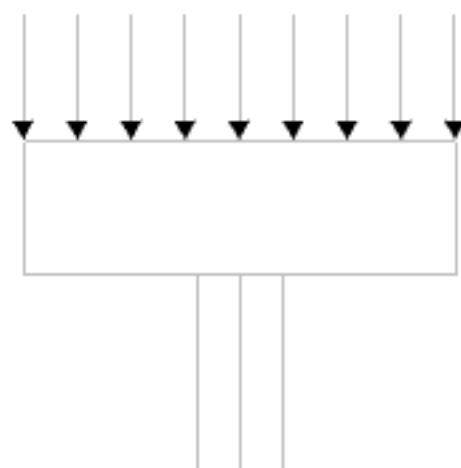


5.5.- FORMA DE TRABAJO.

El cálculo de esta zapata (parrilla) se hace teniendo en cuenta su trabajo en forma de ménsula invertida.

Intentemos entender el funcionamiento de la zapata aislada, para lo cual colocamos la zapata al revés, tipo ménsula, y consideramos que la carga es el terreno de encima (equilibrio entre carga de la zapata y empuje del terreno). En realidad esa carga podría ser parabólica, pero para efectos de cálculo la dejamos así.

Carga sobre la zapata al revés (terreno) = tipo MÉNSULA



DIAGRAMAS DE MOMENTOS

**DEFORMADA SIMILAR A
LA VIGA MÉNSULA**

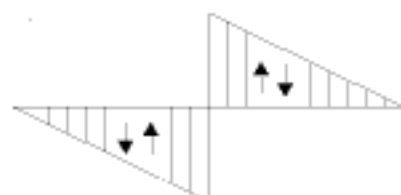
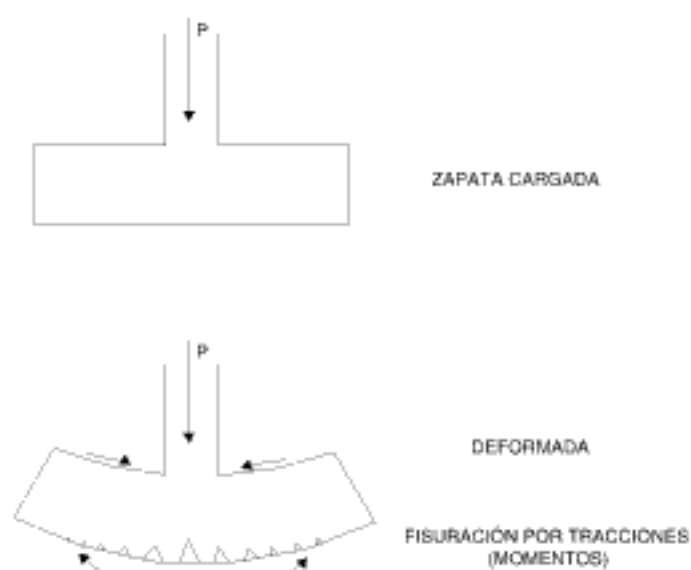


DIAGRAMA DE CORTANTES

La pieza trabaja como dos voladizos sobre un soporte, con una carga correspondiente a la reacción del terreno a las acciones siguientes: peso que soporta el pilar, más el peso propio de la zapata, más el peso del terreno que asienta sobre la zapata.

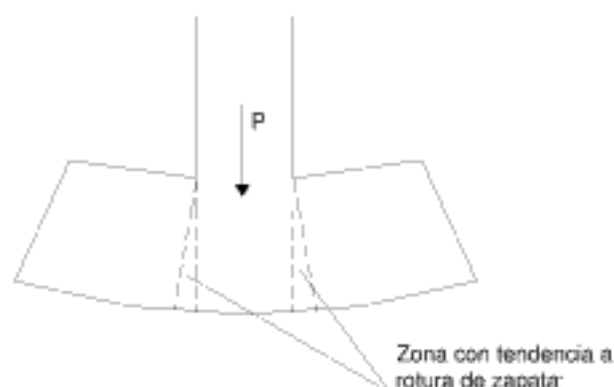
Si colocamos al derecho la zapata, tendría una deformada debida a la reacción del terreno, que produce fuertes tracciones por momento flector.



Para evitar esta fisuración introducimos una armadura longitudinal de tracción, colocada en la parte inferior de la zapata.



Debido a la tendencia a separarse el soporte de las dos alas de la zapata, ésta rompe por la parte inferior y fisura.



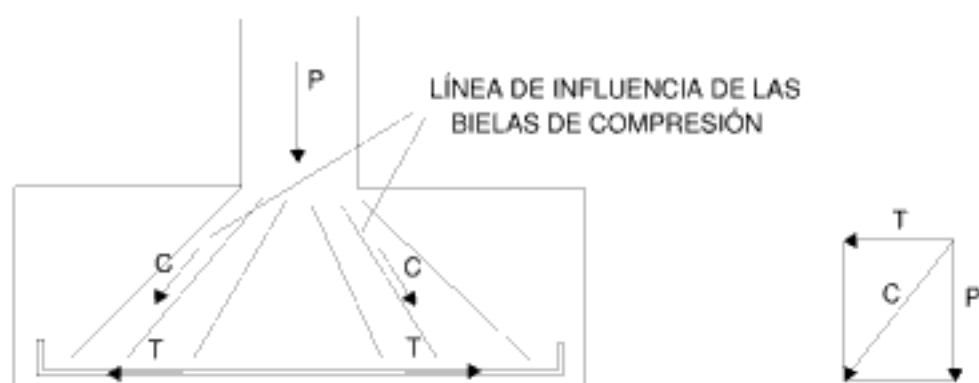
Para evitar la rotura por cortante y punzonamiento adoptaremos la solución de aumentar el canto o aumentar la armadura, dependiendo de la solución que resulte más económica.

Existen fórmulas que nos den el **canto económico**, y estará en función de los precios del hormigón y del acero.

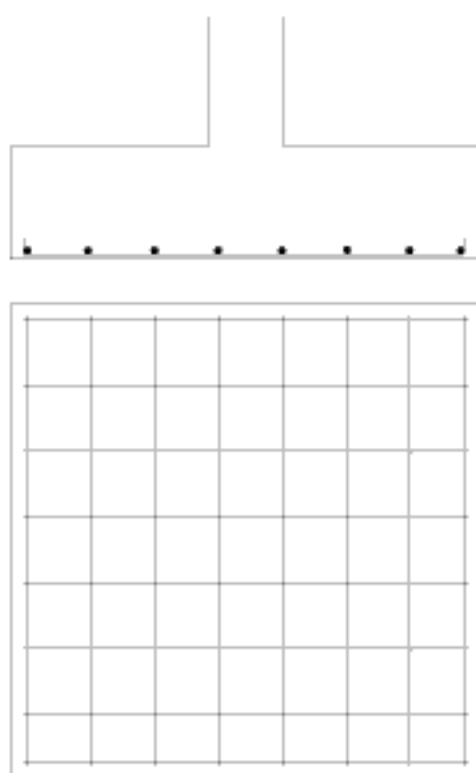
5.6.- DISPOSICION DE SUS ARMADURAS.

En las zapatas apoyadas sobre el terreno, un porcentaje importante de las compresiones transmitidas por el pilar se distribuyen en el interior del macizo de la zapata por efecto de arco a través de bielas inclinadas (bielas de compresión). Esas "bielas" someten a las barras (armadura inferior) a un esfuerzo de tracción. Por esta causa, la armadura no se escalonará y se extenderá, sin reducir su sección, de un extremo a otro de la zapata. Además convendrá doblarla en sus extremos en ángulo recto o soldarle barras transversales. No es conveniente dejar las barras rectas sin doblar, en el borde de la zapata por las razones siguientes:

- Por anclaje (para absorber las tracciones de las bielas).
- Porque se puede oxidar y la capa de óxido hace de "funda" (exfoliación) para el resto del acero, que podría deslizar por el interior de dicha "funda" sin adherencia.

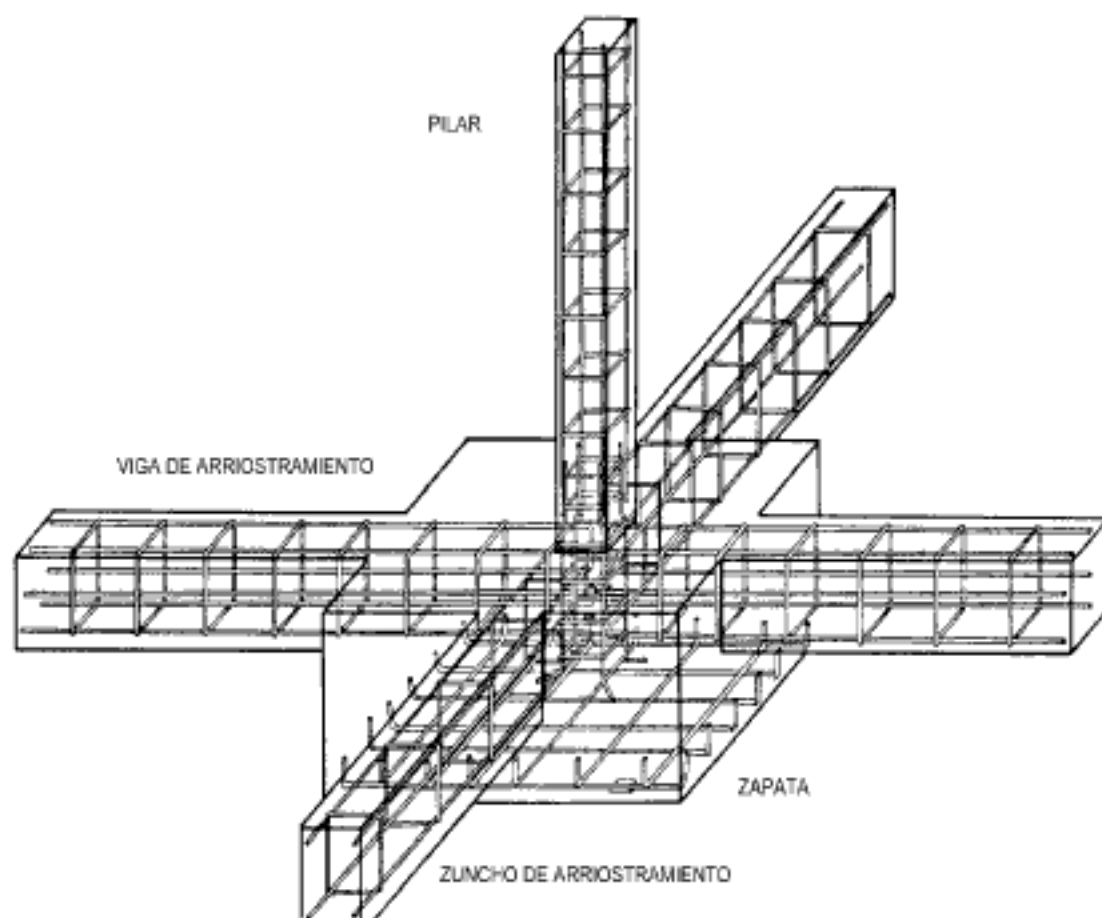


Si la base de la zapata es cuadrada, la armadura se podrá distribuir uniformemente y paralelamente a los lados de la base de la zapata.

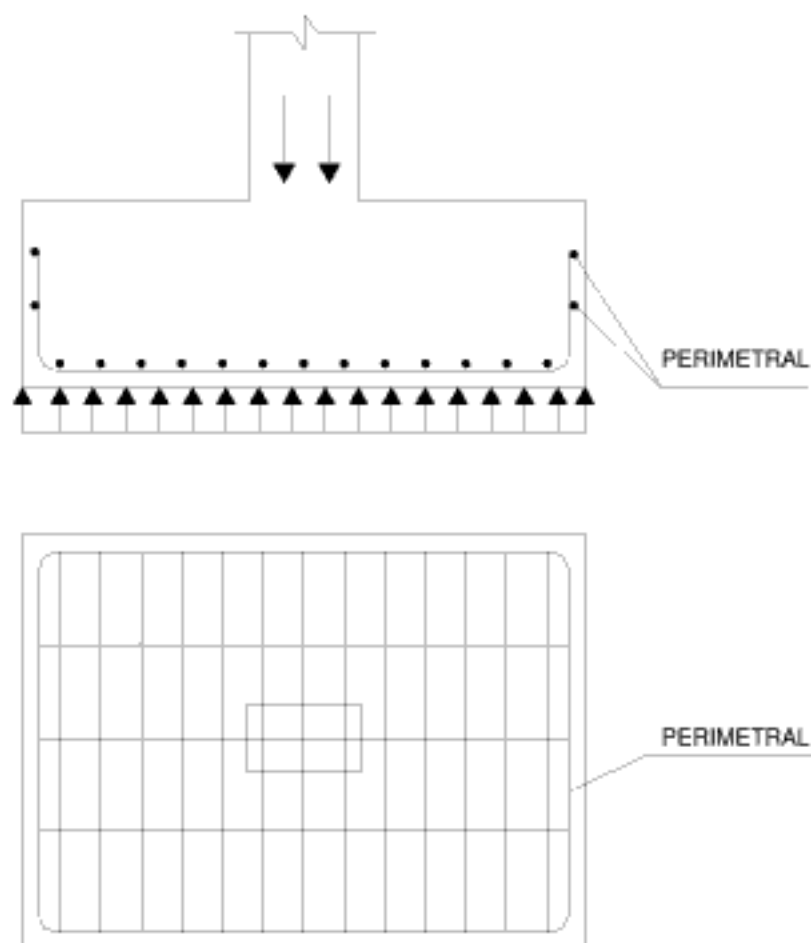


Las zapatas centrales deben arriostrarse con las zapatas colindantes al menos en una dirección (recomendable en ambas direcciones), con el fin de garantizar su inmovilidad, reducir riesgos de asientos diferenciales, sismos, etc.

Estos arriostramientos se efectúan con vigas riostras o zunchos de arriostramiento, normalmente poco armados, quedando enrasados con la parte superior de la zapata, tal como vemos en la perspectiva adjunta.



En las zapatas solicitadas con cargas portantes importantes y a efectos de flexión en las 2 direcciones, es recomendable disponer una armadura perimetral para producir el zunchado de las bielas de compresión, además de la armadura principal.



5.7.- CANTO MÍNIMO Y ARMADO MÍNIMO.

El canto mínimo en el borde de las zapatas será el resultante de los cálculos. No obstante no deben utilizarse cantos inferiores a 30 cm. (caso de zapatas achaflanadas por su parte superior).

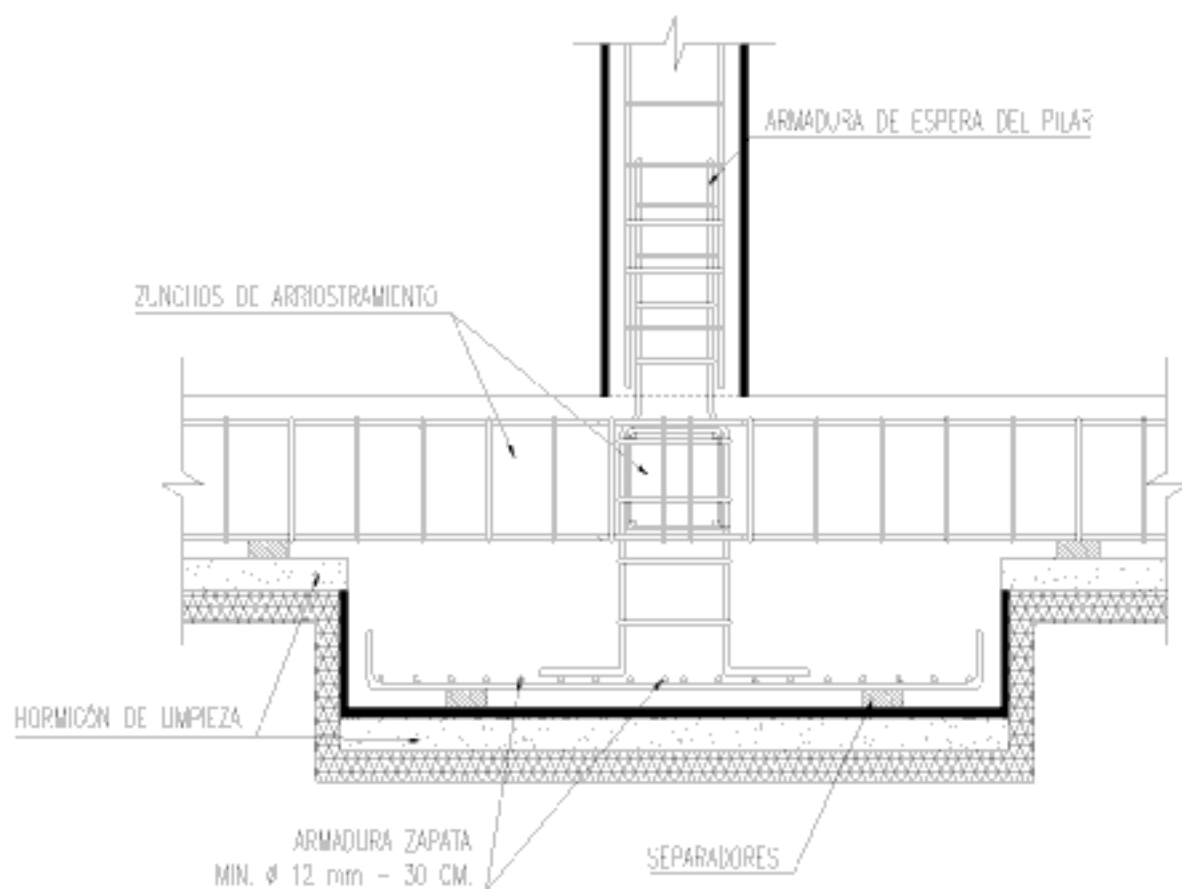
El diámetro mínimo de las armaduras a disponer en un elemento de cimentación no será inferior a 12 mm. Dichas armaduras no distarán más de 30 cm.

En principio no se requiere armadura en la parte superior de las zapatas, excepto en los casos especiales en los que sea necesaria, que vienen determinados en la EHE, zapatas para soportes trabajando a tracción, zapatas con grandes momentos flectores, etc.

5.8.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LA ZAPATA AISLADA.

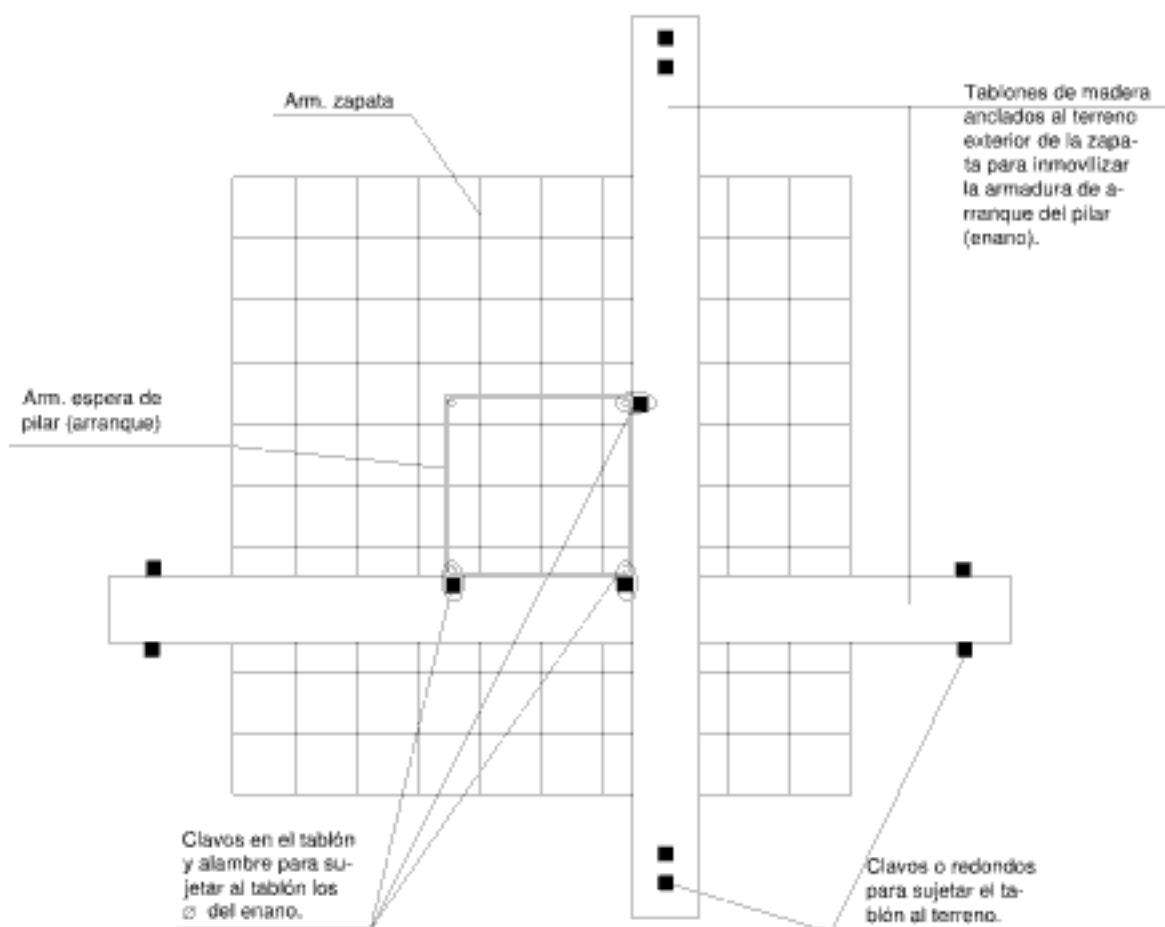
- 1.- Partimos de unos planos detallados de cimientos y replanteos.
- 2.- Preparación del solar: limpieza de la costra vegetal, de escombros, plantas, etc.

- 3.- Replanteo del cimiento, con ayuda de los útiles necesarios: aparatos topográficos, cinta métrica, lienzas o hilos, escuadras, camillas, clavos, redondos, martillo, yeso en polvo (saco), etc.
- 4.- Excavación con la maquinaria adecuada, hasta la cota de 10 cm. por encima de la cota definitiva.
- 5.- Refinado manual del pozo, para compactar terreno y limpieza.
- 6.- Entibado del terreno, o encofrado, si fuese necesario.
- 7.- Vertido del hormigón de limpieza, hasta la cota deseada. Previamente excavado de esos 10 cm. últimos de terreno, inmediatamente antes del vertido del hormigón de limpieza.
- 8.- Puesta en obra de la armadura: parrilla (con separadores), armadura de arranque del pilar, zunchos de atado, armadura suplementaria si la llevase, etc., todas ellas bien atadas.
- 9.- Comprobar el replanteo e inmovilizar las armaduras.
- 10.- Puesta en obra del hormigón hasta la cota deseada: vertido, compactado, curado, etc.



La armadura de espera del pilar debe inmovilizarse, para que durante el hormigonado no cambie de posición.

El sistema más sencillo para conseguirlo consiste en colocar unos tablones de madera cruzados, anclados al terreno exterior de la zapata, a los cuales se atan las armaduras mediante alambre y clavos, consiguiendo que las mismas permanezcan en su posición correcta, tal como se indica en el dibujo siguiente:



5.9.-CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LAS ZAPATAS SEGÚN EL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (SE-C)

Las condiciones constructivas que se relacionan a continuación son las que el CTE (SE-C) especifica para todas las zapatas (centrales, medianería, esquina, corridas, etc.)

Precauciones contra defectos del terreno.

1.- Todas las cimentaciones directas sobre zapatas se conciben con la hipótesis de que el suelo situado debajo de las mismas se halle aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante las investigaciones realizadas para estudiarlos. Si el suelo contiene balsadas blandas no detectadas por dichos reconocimientos, o si se altera la estructura del suelo durante la excavación, el asiento será mayor y más irregular de lo que se ha supuesto. Si

dentro de la zona que pudiera quedar afectada por la zapata se encuentran puntos excepcionalmente blandos, debe proyectarse de nuevo la zapata.

2.- Todos los elementos encontrados en el fondo de las excavaciones, tales como rocas, restos de cimentaciones antiguas y, de una manera general, todos los lentejones resistentes susceptibles de formar puntos duros locales, serán retirados y se rebajará lo suficiente el nivel del fondo de la excavación para que las zapatas apoyen en condiciones homogéneas.

3.- De la misma manera, todos los lentejones o balsadas más compresibles que el terreno en conjunto serán excavados y sustituidos por un suelo de compresibilidad sensiblemente equivalente a la del suelo general, o por hormigón en masa. El suelo de relleno debe compactarse convenientemente, pues una simple colocación por vertido no puede asegurar el grado de compresibilidad requerido.

Solera de asiento.

1.- Si las zapatas son de hormigón en masa o armado, sobre la superficie de la excavación debe extenderse una capa de hormigón, de regularización, que recibe el nombre de solera de asiento u hormigón de limpieza.

2.- La solera de asiento tiene por misión crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la zapata y, en suelos permeables, evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos.

3.- El espesor mínimo de la solera de asiento será de 10 cm. El nivel de enrase de la solera de asiento será el previsto en proyecto para la base de las zapatas y las vigas riostras. El perfil superior tendrá una terminación adecuada a la continuación de la obra.

Excavaciones. Terminación de las excavaciones.

1.- La terminación de la excavación en el fondo y las paredes debe tener lugar inmediatamente antes de la colocación de la solera de asiento, sea cual sea la naturaleza del terreno. Especialmente se tendrá en cuenta en terrenos arcillosos.

2.- Si la solera de asiento no puede ponerse en obra inmediatamente después de terminada la excavación debe dejarse ésta de 10 a 15 cm. por encima de la cota definitiva de cimentación hasta el momento en que todo esté preparado para hormigónar.

3.- La excavación debe hacerse con sumo cuidado para que la alteración de las características mecánicas del suelo sea la mínima inevitable.

4.- Una vez hecha la excavación hasta la profundidad necesaria y antes de constituir la solera de asiento, se nivelará bien el fondo para que la superficie quede sensiblemente de acuerdo con el proyecto, y se limpiará y apisonará ligeramente.

Dimensiones de las excavaciones.

1.- Las zanjas y pozos de cimentación tendrán las dimensiones fijadas en el proyecto.

2.- La cota de profundidad de estas excavaciones será la prefijada en los planos, o las que el Director de Obra ordene por escrito o gráficamente a la vista de la naturaleza y condiciones del terreno excavado.

3.- Aunque el terreno firme se encuentre muy superficial, es conveniente profundizar de 0,5 a 0,8 m. por debajo de la rasante.

4.- Si los cimientos son muy largos es conveniente también disponer de llaves o anclajes verticales más profundos, por lo menos cada 10 m.

Excavaciones para zapatas a diferentes niveles.

1.- En el caso de excavaciones para cimentaciones a diferentes niveles, la ejecución de los trabajos debe hacerse de modo que se evite todo deslizamiento de las tierras comprendidas entre los dos niveles distintos.

2.- La inclinación de los taludes de separación entre zapatas a diferentes niveles debe ajustarse a las características del terreno. A efectos indicativos y salvo justificación en contra, la línea de unión de los bordes inferiores entre dos zapatas situadas a diferente nivel no debe superar la inclinación de 90 grados en caso de rocas y suelos duros, debiendo reducirse dicha inclinación a 45 grados para suelos flojos o medios.

Excavaciones en presencia de agua.

1.- En el caso de suelos permeables que requieran agotamiento del agua para realizar las excavaciones de las zapatas, el agotamiento se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos de cimentación.

2.- El agotamiento debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.

3.- En el caso de excavaciones ejecutadas sin agotamiento en suelos arcillosos y con un contenido de humedad próximo al límite líquido, se procederá a un saneamiento del fondo de la excavación previo a la ejecución de las zapatas.

4.- Cuando haya que efectuar un saneamiento temporal del fondo de las excavaciones por absorción capilar del agua del suelo, para permitir la ejecución en seco, en los suelos arcillosos, se emplearán materiales secos permeables.

5.- En el caso de excavaciones ejecutadas con agotamiento de los suelos cuyo fondo sea suficientemente impermeable como para que el contenido de la humedad no disminuya sensiblemente con los agotamientos, debe comprobarse, según las características del suelo, si es necesario proceder a un saneamiento previo de la capa inferior permeable, por agotamiento o por drenaje.

Drenajes y saneamiento del terreno.

1.- Siempre que se estime necesario, se realizará un drenaje del terreno de cimentación.

2.- El drenaje se podrá realizar con drenes colocados en el fondo de zanjas, en unas perforaciones inclinadas con suficiente pendiente (por lo menos 5 cm. por metro), mediante empedrados, o con otros materiales idóneos.

3.- Los empedrados se rellenarán de cantos o grava gruesa, dispuestos en una zanja, cuyo fondo penetrará en la medida necesaria y tendrá una pendiente longitudinal de al menos 3 a 4 cm. por metro. Con anterioridad a la colocación de la grava se dispondrá un geotextil en

la zanja que cumpla las condiciones de filtro necesarias para evitar la migración de los materiales finos.

4.- Se podrá también emplear un procedimiento mixto, de dren y empedrado, colocando un dren en el fondo del empedrado.

Ejecución de zapatas de hormigón armado.

1.- El recubrimiento mínimo de la armadura se ajustará a las especificaciones de la EHE.

2.- Las armaduras verticales de los pilares deben penetrar en la zapata hasta el nivel de la capa inferior de armadura de ésta.

3.- Las zapatas se hormigonarán a sección de excavación completa, después de la limpieza del fondo, si las paredes de la excavación presentan una cohesión suficiente. En caso contrario el hormigonado se ejecutará entre encofrados que eviten los desprendimientos.

4.- Si el nivel de fabricación del hormigón es superior al de hormigonado de las zapatas, la colocación del hormigón se efectuará mediante los dispositivos necesarios para evitar la caída libre del hormigón. La colocación directa no debe hacerse más que entre niveles de aprovisionamiento y de ejecución sensiblemente equivalentes.

5.- No debe circularse sobre el hormigón fresco.

TEMA 6.- CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE HORMIGÓN ARMADO: ZAPATAS MEDIANERAS Y DE ESQUINA.

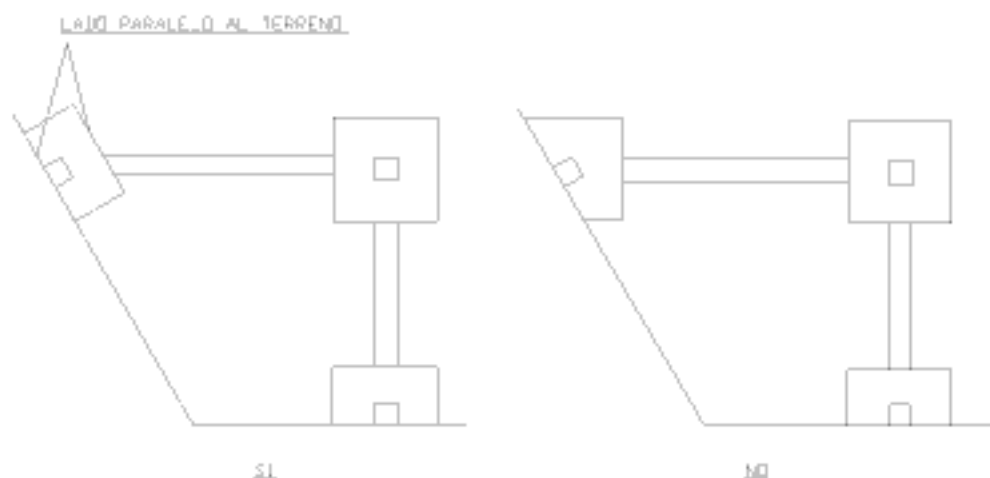
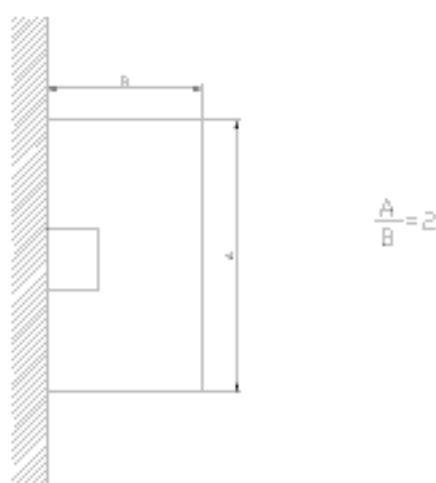
6.1.- INTRODUCCIÓN.

Estas zapatas se utilizan en aquellos pilares localizados en el perímetro de la edificación, y en múltiples ocasiones adosados a edificaciones ya construidas con anterioridad.

Una zapata de medianería es aquella en la que la excentricidad del pilar respecto a la zapata es total, es decir, la cara exterior del pilar y la de la zapata coinciden.

En el caso de pilares medianeros, su zapata de cimentación recibe la carga excéntrica, con lo que además de no conseguir una reacción uniforme del terreno, se produce un momento que tiende a producir el vuelco del elemento constructivo.

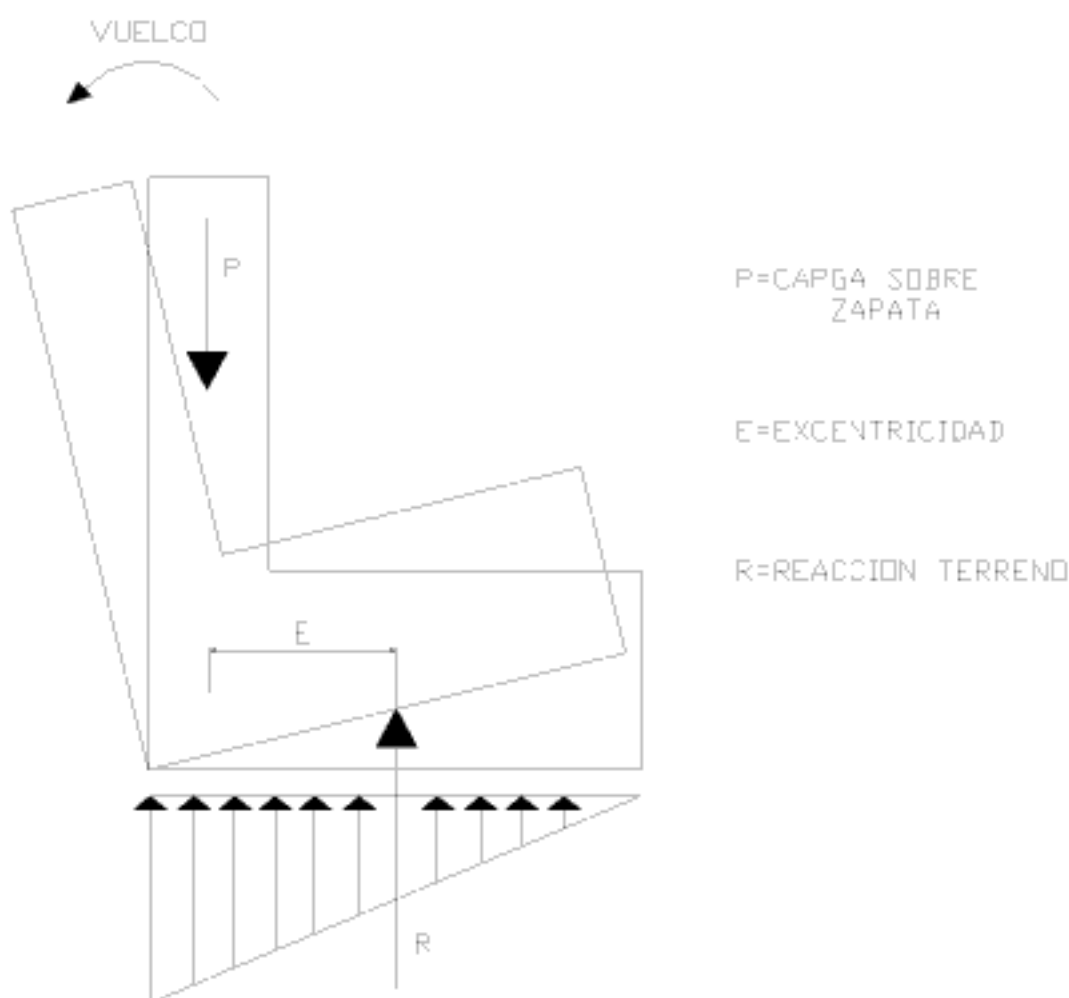
En este tipo de zapatas conviene construirlas con su dimensión mayor paralela a la medianera, a fin de hacer lo más pequeña posible la excentricidad, siendo corriente una relación a/b aproximada a 2.



Si esta zapata es flexible, sólo un ancho igual a los $\frac{3}{2}$ de la dimensión mayor del soporte participa como activa, pues en el resto se crean tensiones de tracción que la separan del suelo.

6.2.- FORMA DE TRABAJO.

Al igual que la zapata aislada centrada, trabaja como ménsula invertida. El diagrama de tensiones de la zapata medianera es triangular, produciéndose una excentricidad entre la carga que recae sobre la zapata y la reacción del terreno. Esta excentricidad produce un momento de vuelco en la zapata que tiende a "volcarla" hacia el exterior.



6.3.- SOLUCIONES PARA EVITAR EL VUELCO: LA VIGA CENTRADORA.

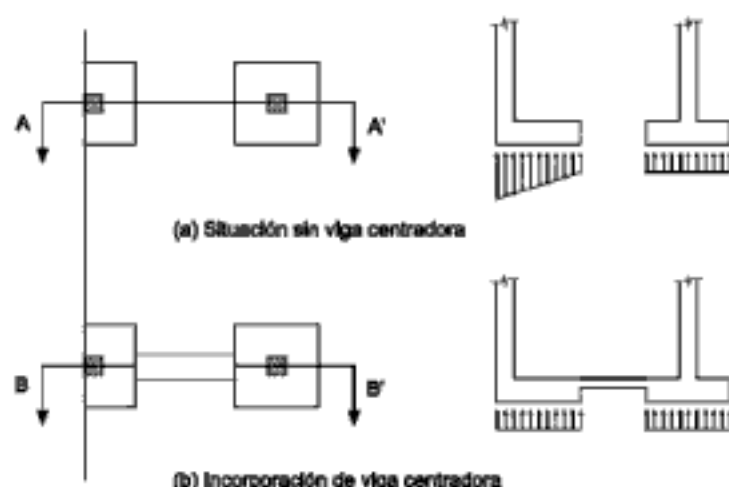
Con objeto de coartar este efecto, pueden adoptarse las siguientes soluciones:

1.- En el caso de existir muro de sótano: hacer el reparto de cargas en el sentido longitudinal, reduciendo al máximo posible la excentricidad de la carga.

2.- Construir una zapata corrida uniendo la de medianería y la central colindante, con lo cual eliminamos el momento de vuelco. Esta zapata ha de armarse correctamente, tal como veremos en el siguiente tema.

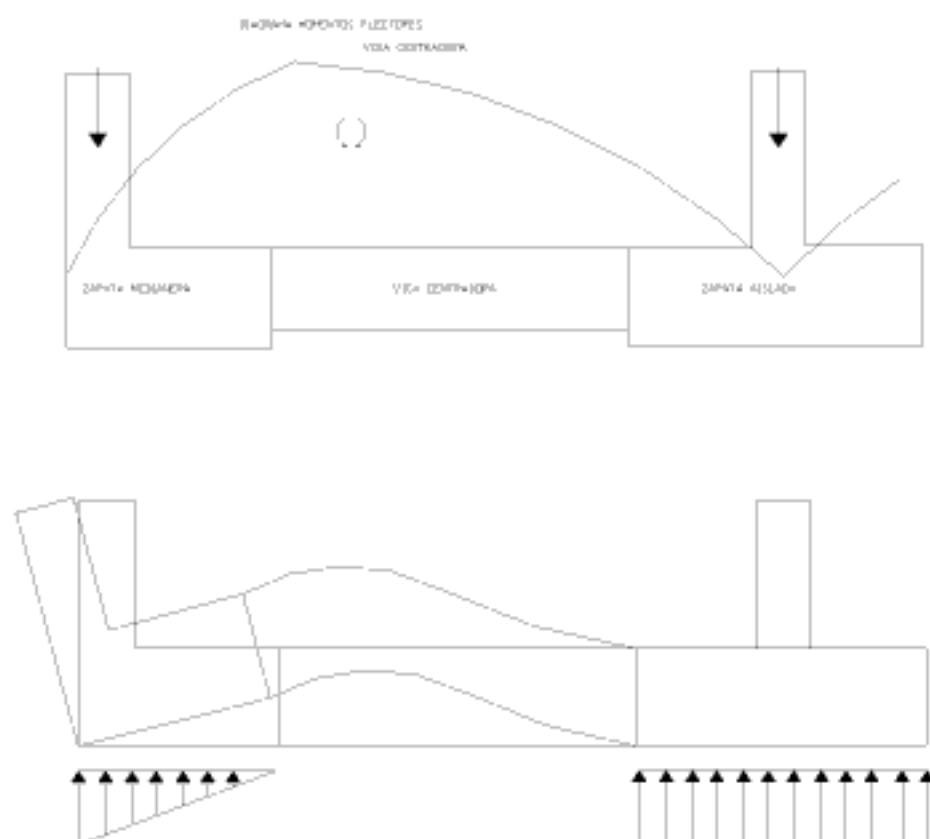
3.- Equilibrar la zapata perimetral con las contiguas del interior, mediante la correspondiente **viga centradora o equilibradora**, armada adecuadamente para absorber la ley de momentos que la solicita. Suelen ser bastante altas (60-100 cm) y suelen ser efectivas hasta luces de 6-7-8 m. Es el sistema más utilizado.

El Código Técnico de la Edificación en su documento básico SE-C especifica la conveniencia de unir las zapatas de medianería y de esquina a las contiguas mediante vigas centradoras para resistir los momentos aplicados por los pilares o para redistribuir cargas y presiones sobre el terreno. En las zapatas colindantes, a las que va la viga centradora, deben contemplarse los posibles esfuerzos derivados de asientos de las zapatas unidas por la mencionada viga centradora. En la figura siguiente pueden observarse los diagramas de presiones sobre el terreno de las zapatas y la viga centradora, en el caso de "sin viga centradora" y en el de "viga centradora incorporada".



Ejemplo del empleo de vigas centradoras para redistribución de presiones sobre el terreno

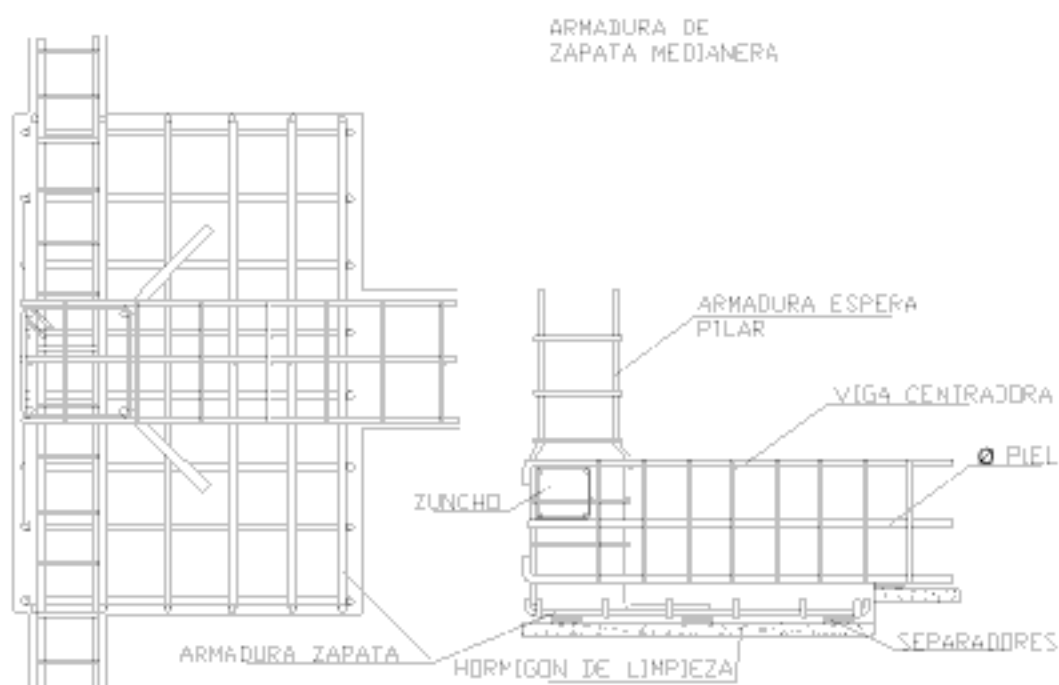
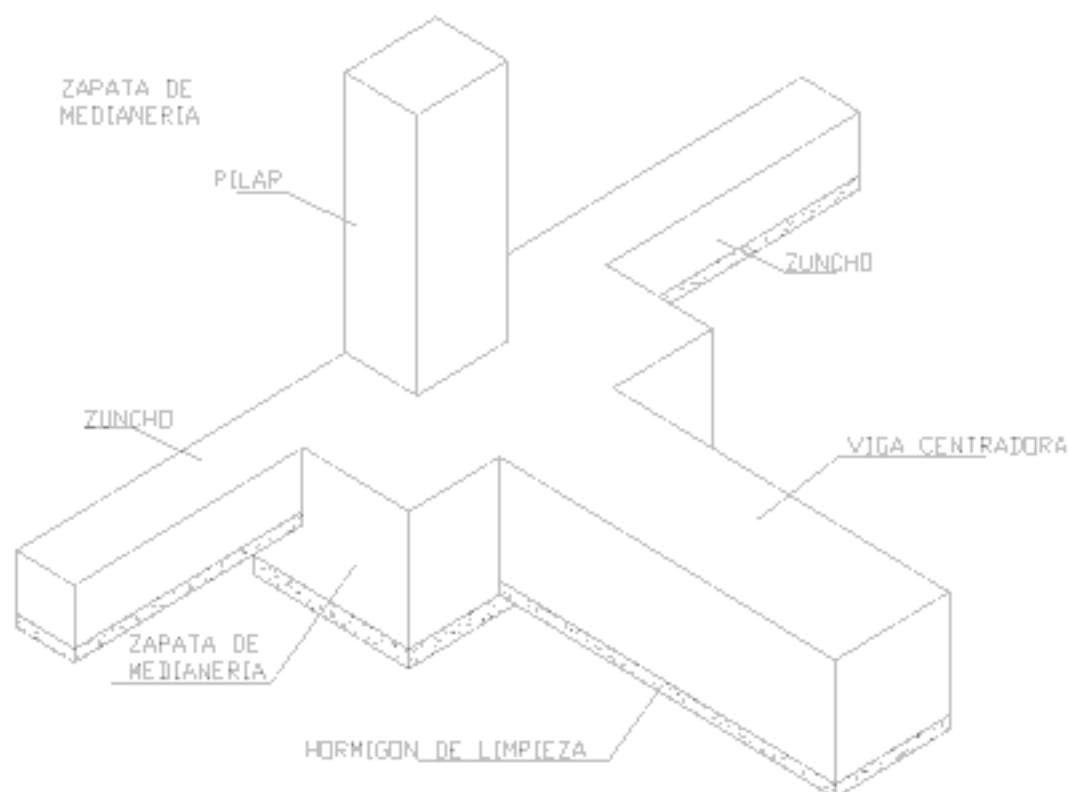
En las figuras siguientes vemos el diagrama de momentos flectores y la deformada del conjunto zapata medianera, viga centradora y zapata central.



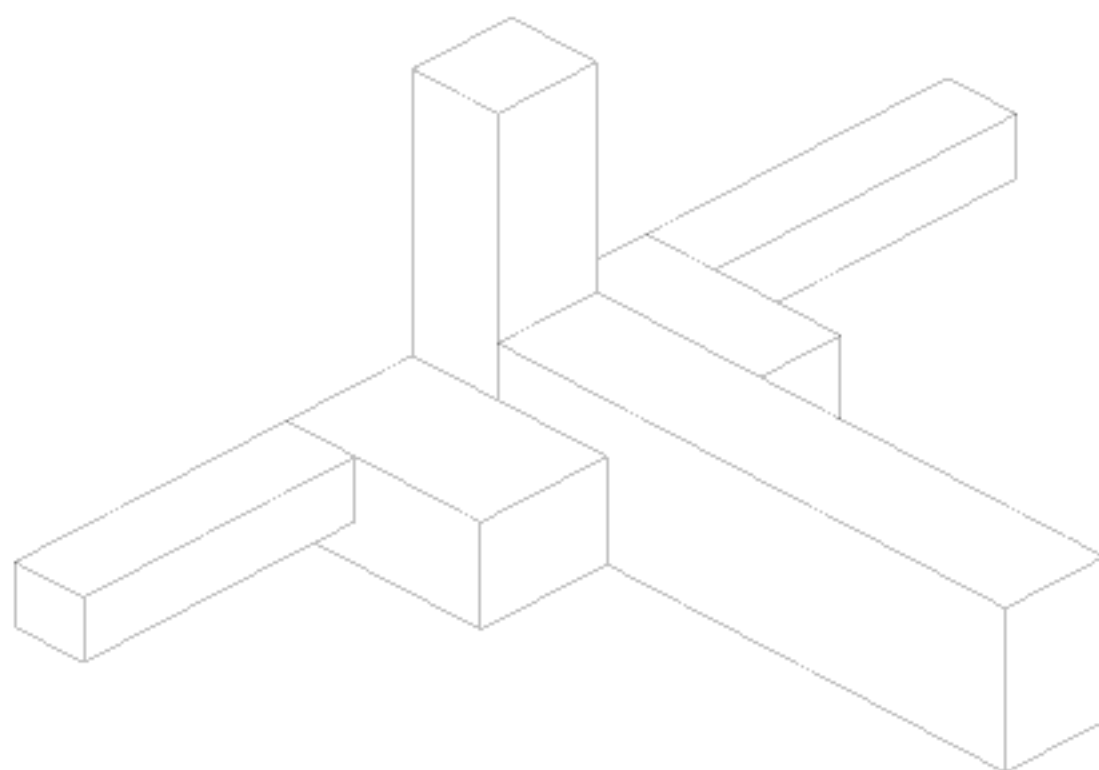
Las vigas centradoras o equilibradoras, dada su forma de trabajo, llevan la “armadura importante” en la parte superior, disponiendo de armados mínimos en la parte inferior o zona de compresiones.

Los cercos atan en la parte inferior, alternativamente a ambos lados.

En la perspectiva siguiente vemos la zapata de medianería con su viga centradora y los zunchos de arriostamiento, así como el armado de la misma.



Podría ocurrir que la viga centradora fuera más alta que el canto total de la zapata medianera, en cuyo caso la viga sobresaldría por encima de la zapata, anclando directamente al pilar de medianera, que es realmente al que tiene que sujetar para evitar el vuelco, tal como se observa en la perspectiva siguiente:



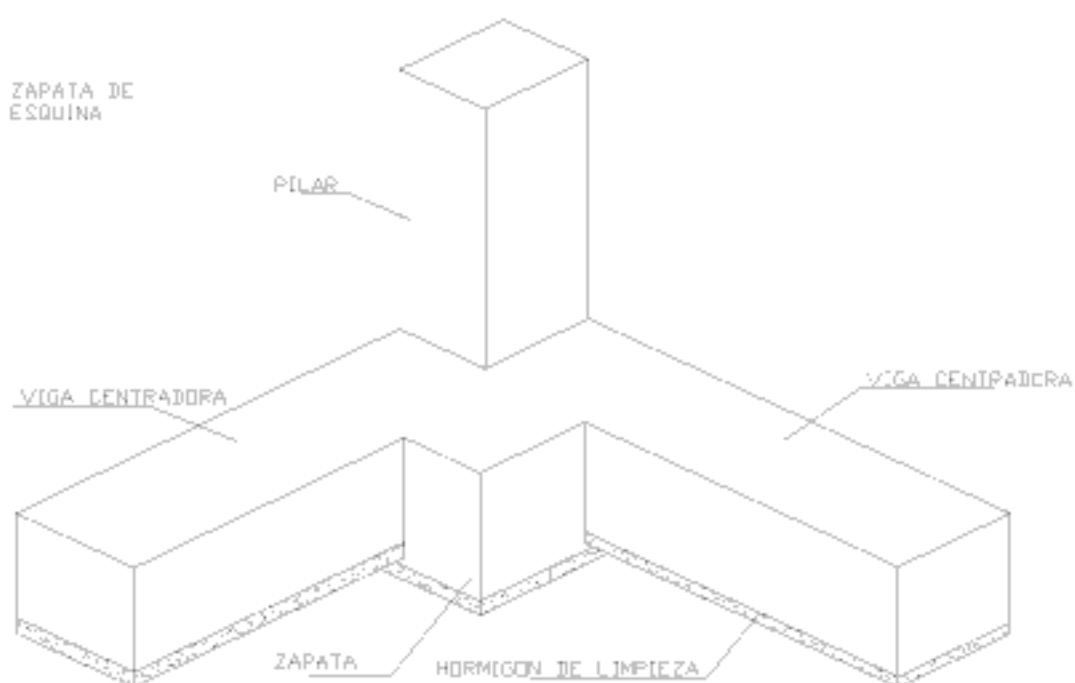
En el caso de **zapatas de esquina** la excentricidad es por ambos laterales, ya que el pilar se halla situado en el mismo vértice de la zapata.

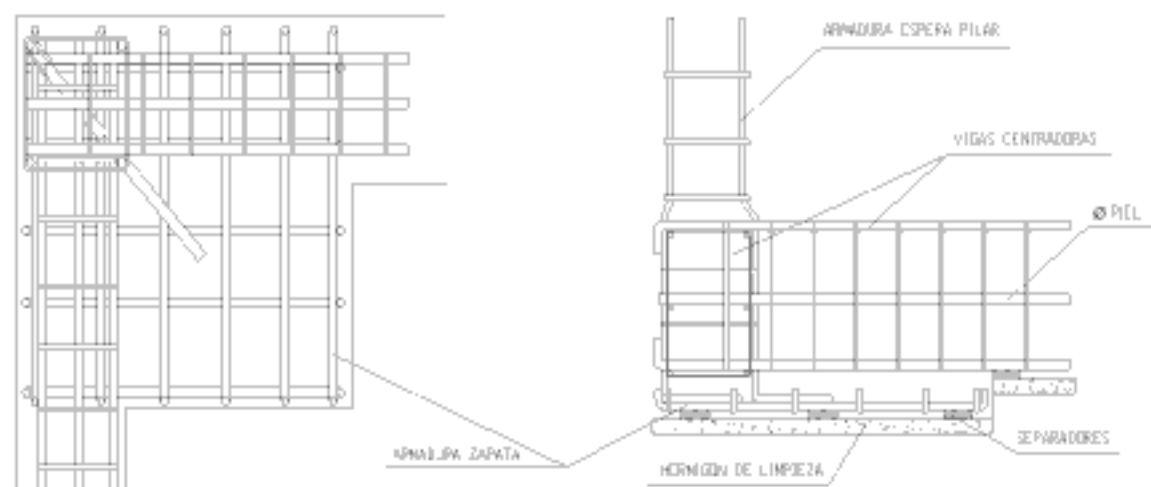
El centrado de la carga en este tipo de zapatas se puede realizar de dos formas:

a) Unión con dos vigas centradoras en ángulo recto, unidas a dos zapatas contiguas de medianería



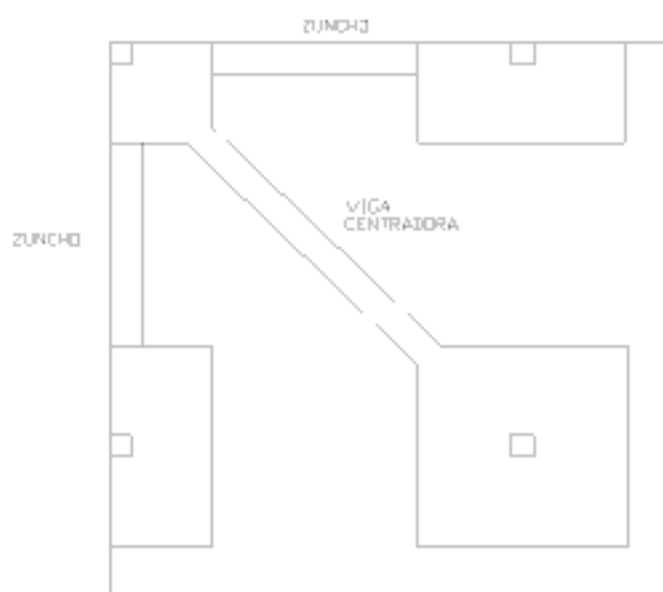
En los dibujos siguientes vemos la zapata de esquina con sus dos vigas centradoras, así como el armado de la misma.



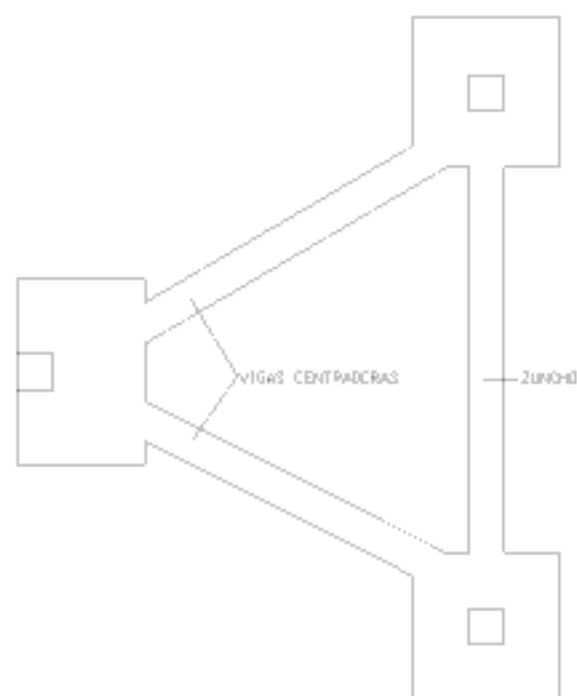
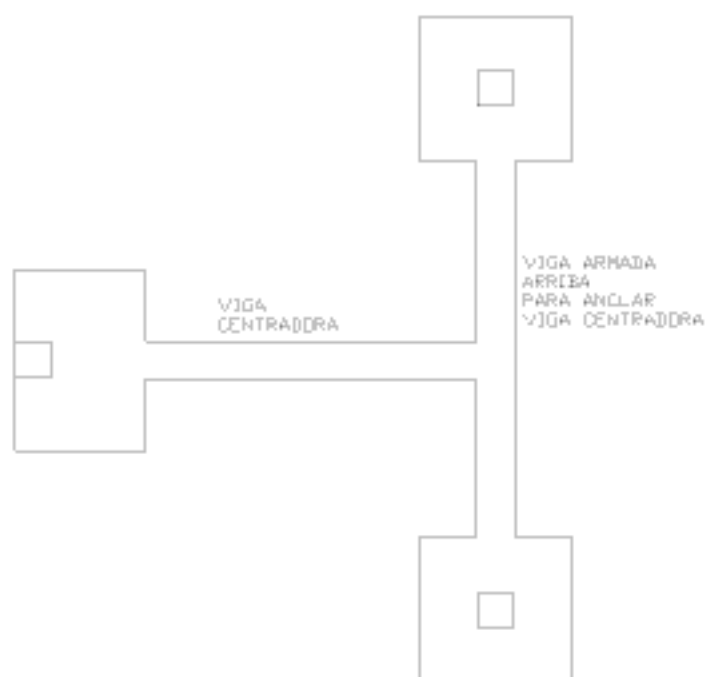


b) Unión en diagonal con una sola viga centradora a una zapata interior con carga centrada. Esta solución tiene el inconveniente, respecto a la anterior, de resultar más cara, ya que es imprescindible el atado de las zapatas mediante vigas de arriostramiento, sobre todo en zona sísmica.

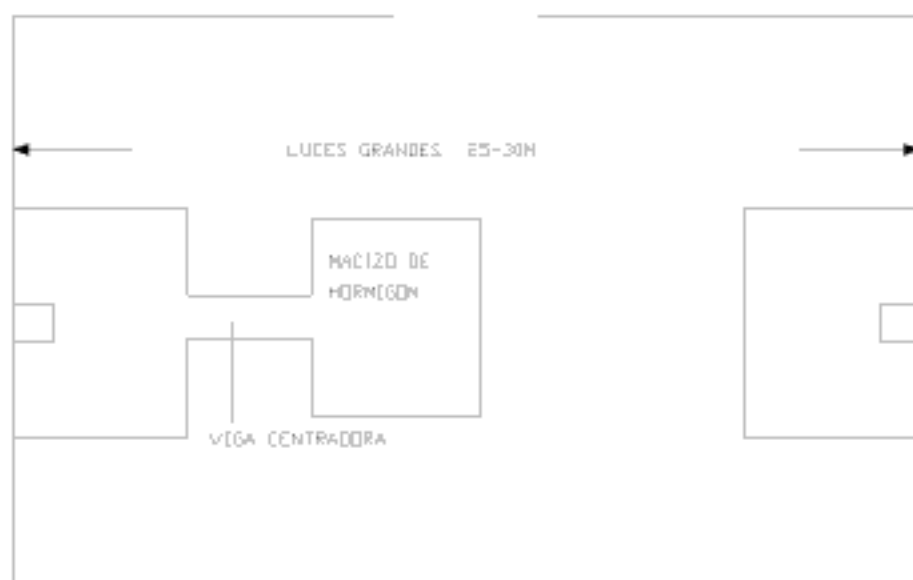
ZAPATA ESQUINA: OPCION B=1 V.C. Y 2 ZUNCHOS DE ARRIOSTRAMIENTO.



En las zapatas medianeras en las que la viga centradora no la podemos unir con pilar, podemos unirla a otra viga que enlace dos pilares, pero teniendo en cuenta el armado de esta última viga, con la carga "hacia arriba" ya que la viga centradora tira de ella hacia arriba.

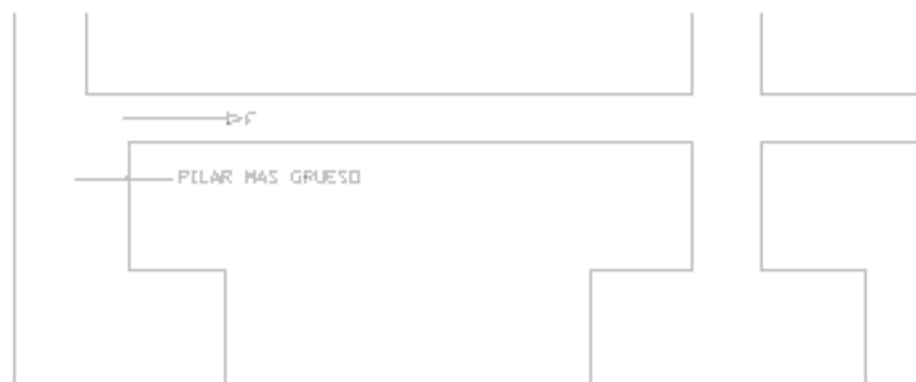


Cuando los pilares están muy separados, como el caso de naves, y necesitemos equilibrar zapatas medianeras, lo podremos solucionar creando una zapata o mazacote de hormigón próximo a la zapata medianera y a ella enlazaremos la viga centradora, siendo necesario que la zapata nueva que construyamos sea capaz de soportar las tracciones transmitidas por la viga equilibradora.

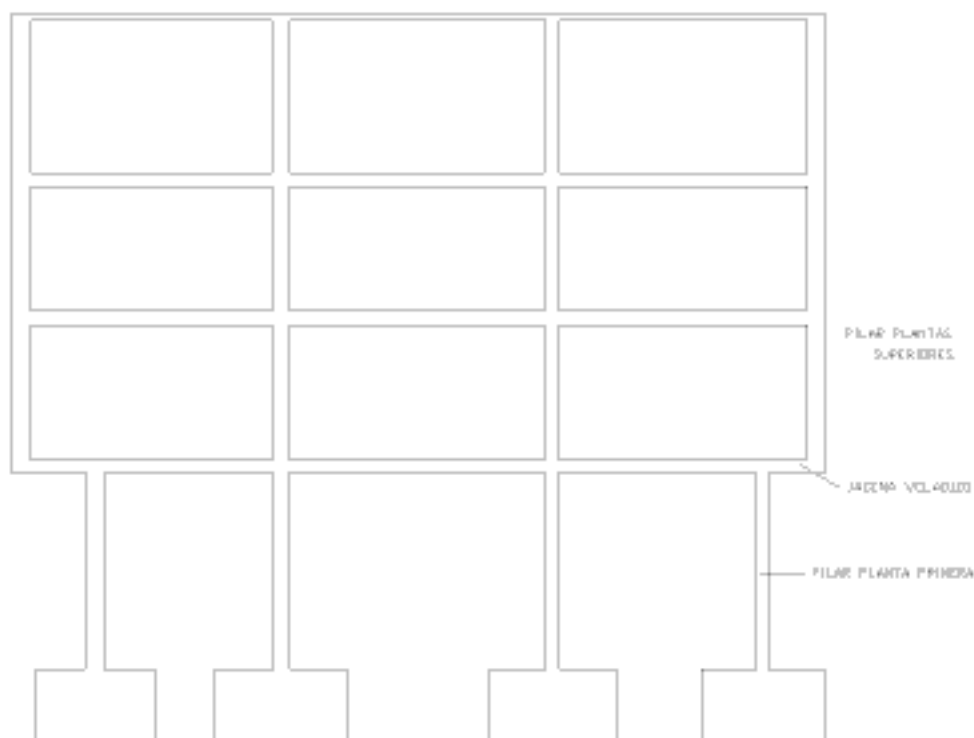


Las soluciones que se indican a continuación son peores y más problemáticas que las citadas anteriormente:

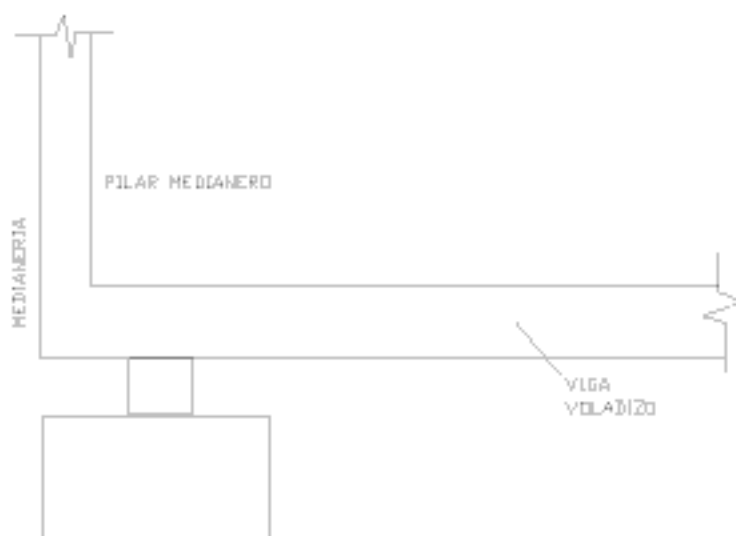
4.- Centrando la carga sobre la zapata de cimentación mediante la introducción de una fuerza horizontal en el forjado de la primera planta. Esta solución trae consigo el refuerzo de los pilares de planta baja.



5.- Cuando la ocupación parcial del espacio interior no suponga problema, en la planta primera desplazaremos los pilares hacia el centro del edificio, colocando vigas voladas, sobre las que arrancan los pilares de las plantas superiores.



6.- Una solución similar a la anterior consiste en construir la zapata como central y sobre ella ejecutamos una gran viga apoyada puntualmente, sobre la que se colocarán los pilares de las plantas altas.

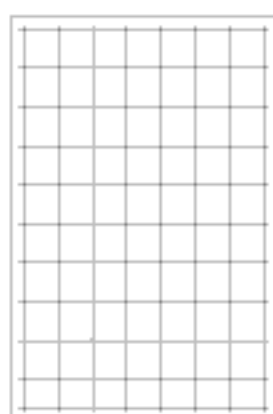


6.4.- DISPOSICIÓN DE LAS ARMADURAS DE LA ZAPATA MEDIANERA.

Ya hemos indicado anteriormente que esta zapata trabaja en forma de ménsula invertida, lo cual nos indica que el armado de la misma irá colocado en la parte inferior, uniformemente repartida.

Al tener diferentes dimensiones en ambas direcciones, el armado será el resultante del cálculo y suele distribuirse uniformemente en cada uno de los lados del rectángulo.

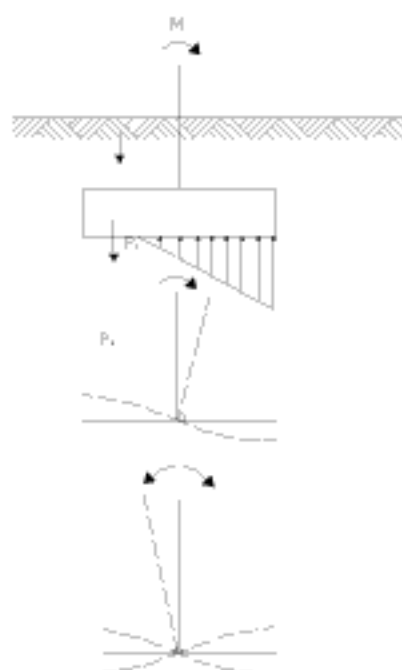
Podría darse el caso de precisar mayor cantidad de armado en las proximidades a la zona de apoyo del pilar, en cuyo caso efectuaríamos una distribución de armado similar a la que hicimos para las zapatas centradas rectangulares.



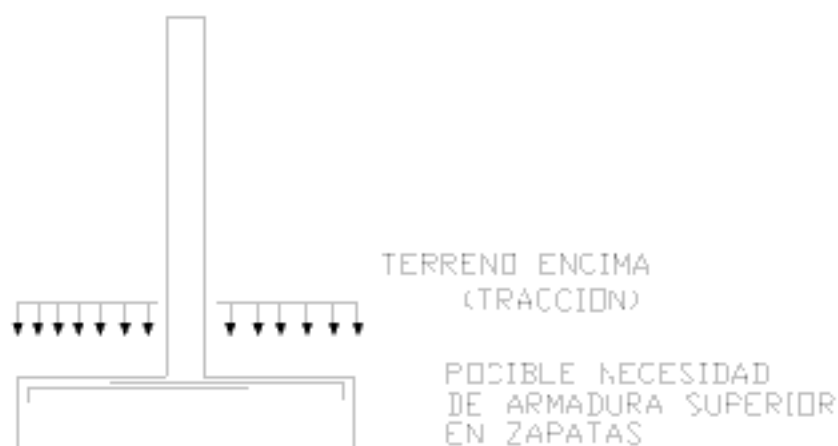
ARM ZAPATA MEDIANERA
UNIFORMEMENTE REPARTIDA

En zapatas de esquina, que suelen ser cuadradas, el armado es similar al de zapatas centrales.

En aquellos casos en los que la distribución tensional en el terreno es de tipo triangular (caso de naves industriales), puede jugar un papel importante el peso propio de la zapata y el del terreno que carga sobre ella, provocando deformadas como la de la figura adjunta.



En estos casos, para absorber las tracciones en la parte superior de la zapata, producidas por el peso del terreno o por el momento de giro del pilar, debe armarse superiormente.



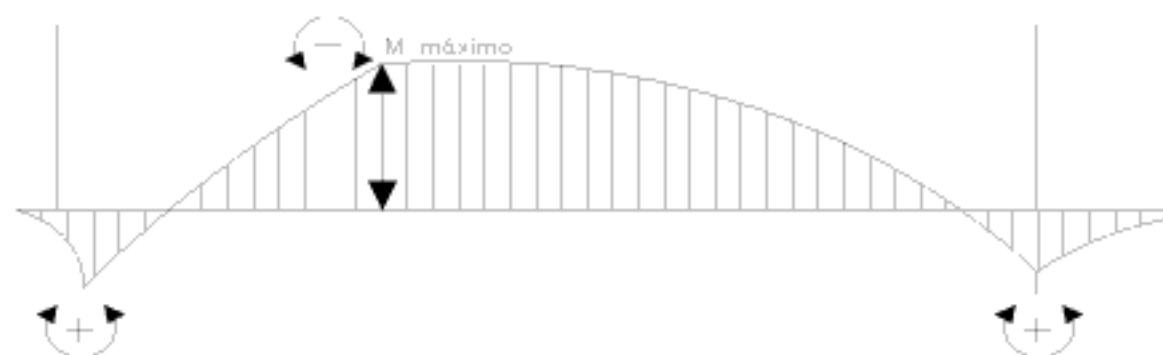
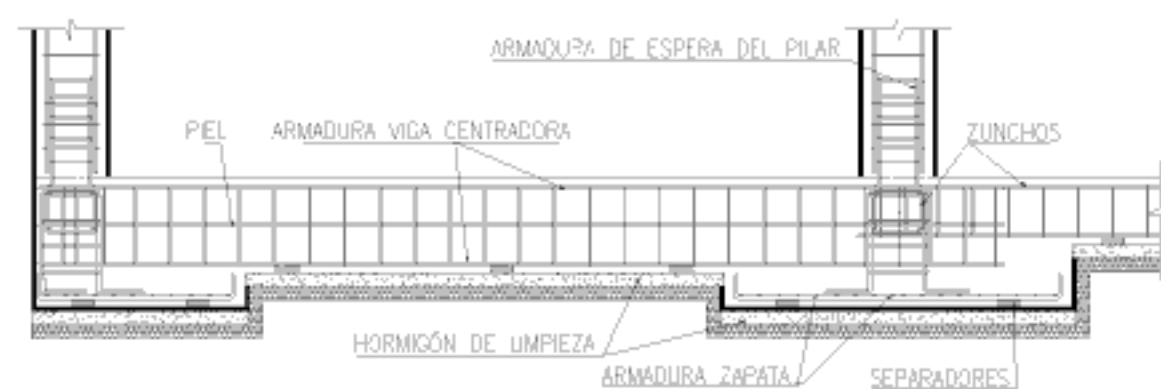
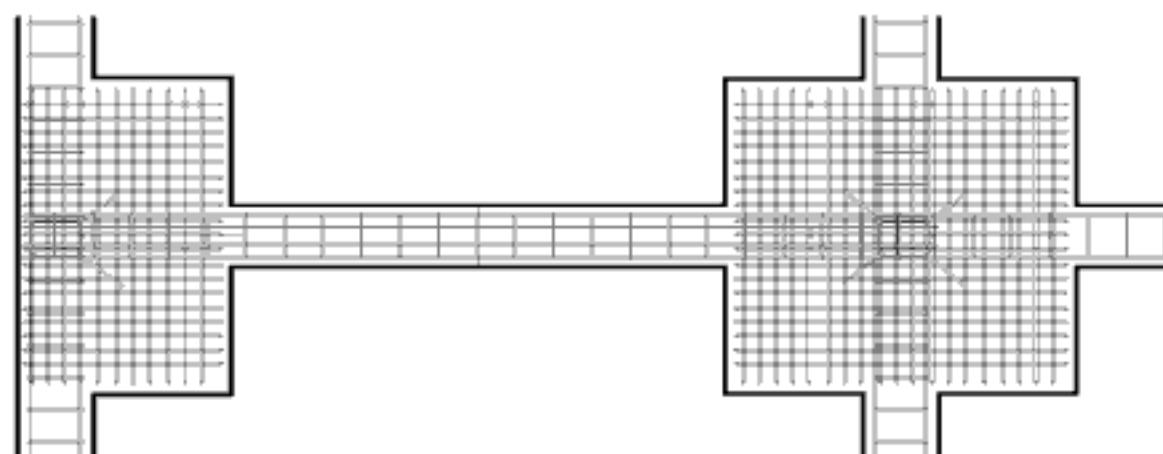
6.5.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LA ZAPATA MEDIANERA.

Las operaciones que deben realizarse son las mismas que para la zapata central, vista en el tema anterior, en cuanto hace referencia a: preparación del solar, replanteos, excavación del cimiento, refinado de pozos, entibado, hormigón de limpieza, puesta en obra de armaduras, hormigonado, previsión de posibles juntas de hormigonado, curado del hormigón, etc.

Es muy importante hormigonar a la vez la zapata medianera, la viga centradora y la zapata central a la que va unida ésta. Si no fuese posible habría que prever juntas de hormigonado y se hormigonará por tongadas, como pieza única.

La jaula de la viga centradora debe ser completa, de una pieza y debe sobrepasar los ejes de los pilares. En caso de que no sea posible, al efectuar los empalmes procurar que no coincidan con las zonas de máximos momentos y tener la precaución de colocar las longitudes de anclaje o solape adecuadas.

En los esquemas siguientes vemos la solución clásica del armado de ambas zapatas, la viga centradora y el diagrama de momentos flectores de dicha viga.



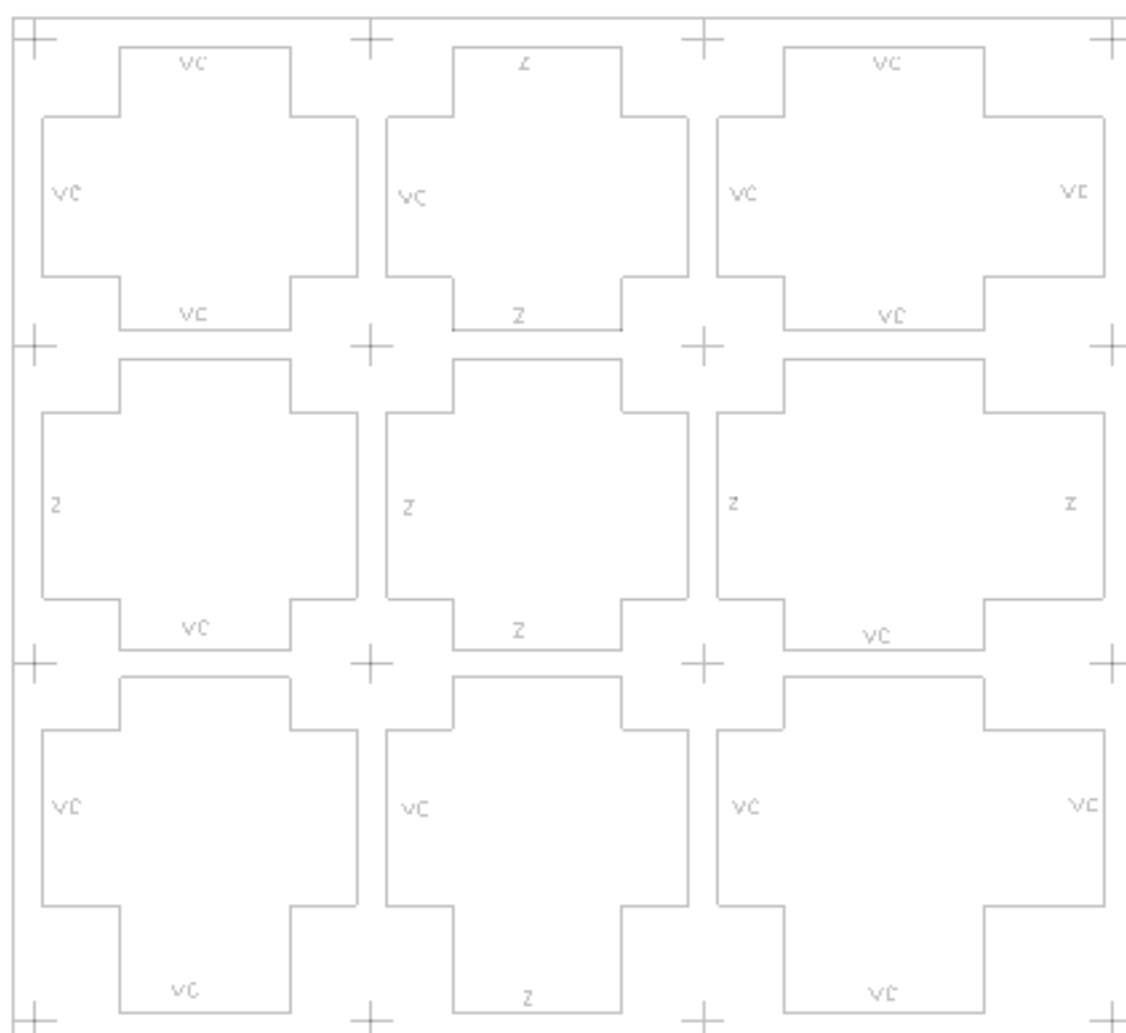
6.6.- ARRIOSTRAMIENTO DE LAS ZAPATAS.

Todas las zapatas (centrales, medianeras y de esquina) deben ir arriostradas, preferentemente en dos direcciones.

Las zapatas medianeras y de esquina irán arriostradas mediante vigas centradoras, y las zapatas centrales irán unidas entre sí mediante zunchos de atado o vigas de arriostramiento.

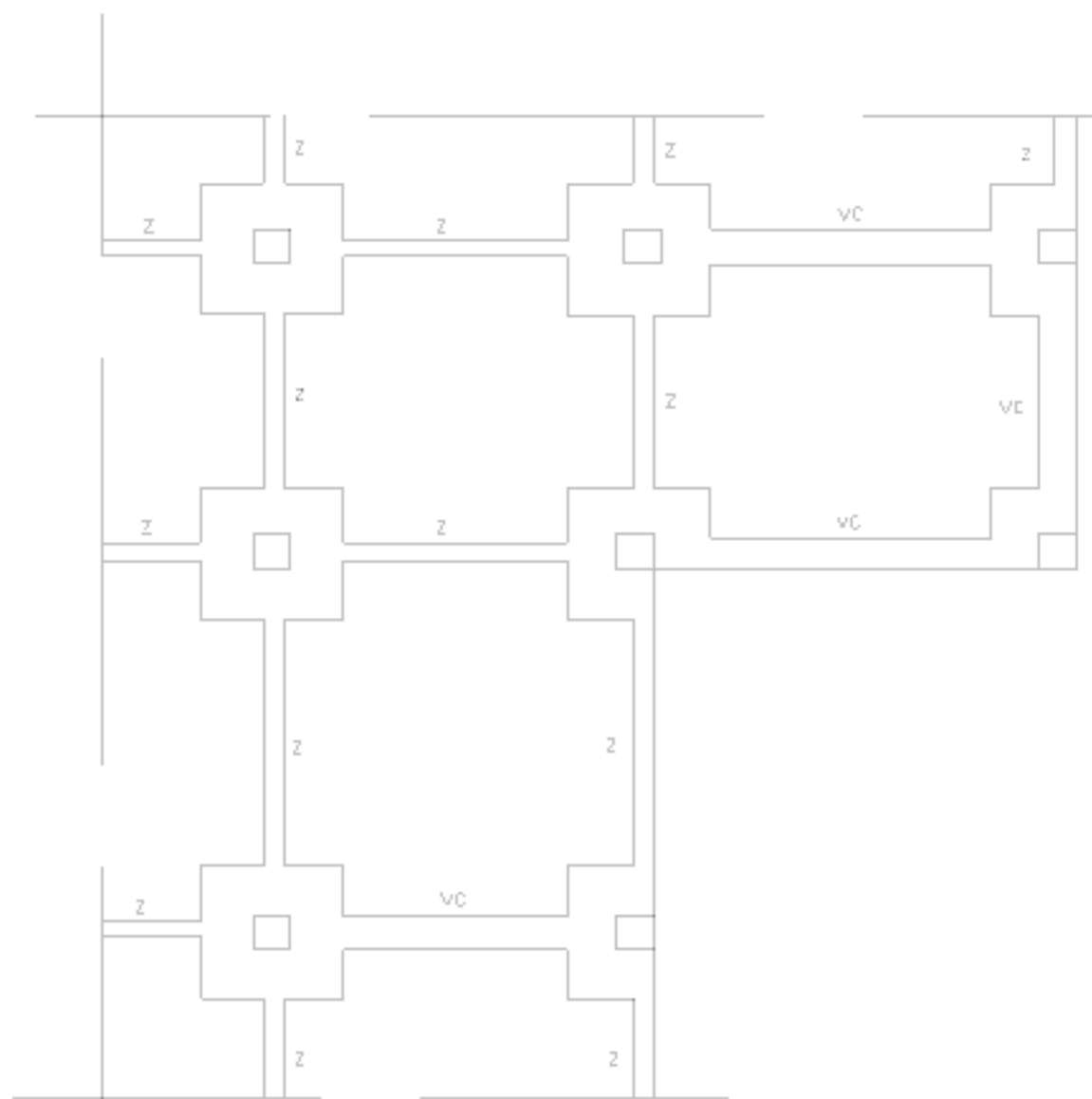
Con este arriostramiento evitamos asentamientos diferenciales, queda arriostrado el cimiento y cumplimos la normativa sísmica.

En la figura siguiente vemos el arriostramiento de todas las zapatas, mediante zunchos (Z) o vigas centradoras (VC).

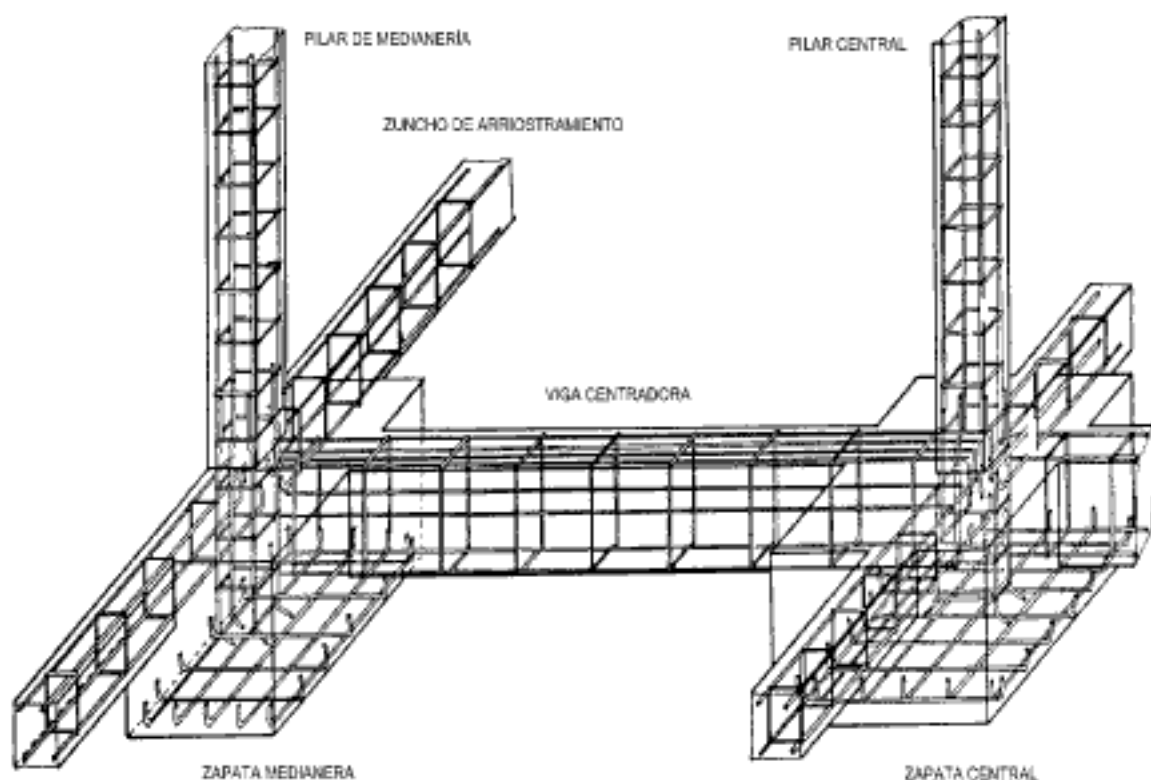


En las zapatas de esquina interior se sigue el mismo criterio, debiéndose arriostrar, por tanto, como si fueran zapatas centrales.

ZAPATA DE ESQUINA INTERIOR:



En la perspectiva siguiente podemos ver el arriostramiento completo de una zapata de medianería (viga centradora y zunchos) y el de una zapata central.



TEMA 7.- CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE HORMIGÓN ARMADO: ZAPATAS COMBINADAS Y CORRIDAS. POZOS DE CIMENTACION. EMPARRILLADOS.

7.1.- CONTENIDO DEL CTE.

A continuación se transcriben literalmente los 5 apartados que el **Código Técnico de la Edificación (DB- SE-C cimientos)** especifica para las zapatas combinadas y corridas.

1.- Cuando la capacidad portante del terreno sea pequeña o moderada, existan varios pilares muy próximos entre sí, o bien las cargas por pilar sean muy elevadas; el dimensionado de los cimientos puede dar lugar a zapatas aisladas muy cercanas, incluso solapadas. En ese caso se podrá recurrir a la unión de varias zapatas en una sola, llamada **zapata combinada** cuando recoja dos o más pilares, o **zapata corrida** cuando recoja tres o más pilares alineados.

2.- El diseño de zapatas combinadas o corridas podrá ser recomendable para evitar movimientos o asentamientos diferenciales excesivos entre varios pilares, ya sea por una variación importante de sus cargas o por posibles heterogeneidades del terreno de cimentación.

3.- Asimismo, si en la base del pilar se producen momentos flectores importantes, lo que puede dar lugar a excentricidades grandes, las zapatas combinadas y corridas podrán constituir una solución apropiada, ya que podrán facilitar que, en su conjunto, la carga total se sitúe relativamente centrada con el centro de gravedad de la zapata.

4.- La forma habitual en planta de las zapatas combinadas será la rectangular, aunque ocasionalmente podrá resultar conveniente emplear zapatas combinadas de formas irregulares, particularmente de planta trapecial.

5.- Un caso particular de zapata corrida será la empleada para cimentar muros. En el caso de muros de sótano en los que los pilares forman parte del muro sobresaliendo del mismo, el cimiento del muro más el pilar puede considerarse una zapata corrida que generalmente tendrá un ensanchamiento en la zona del pilar en sentido transversal.

7.2.- DEFINICIÓN.

La zapata combinada y corrida es una cimentación superficial de forma prismática o de T invertida, en la que predomina una dirección sobre las otras dos, transmitiendo la tensión al terreno de forma lineal, ya que suele recibir una carga lineal, generalmente un muro o de pilares alineados próximos.

Se utiliza en los siguientes casos:

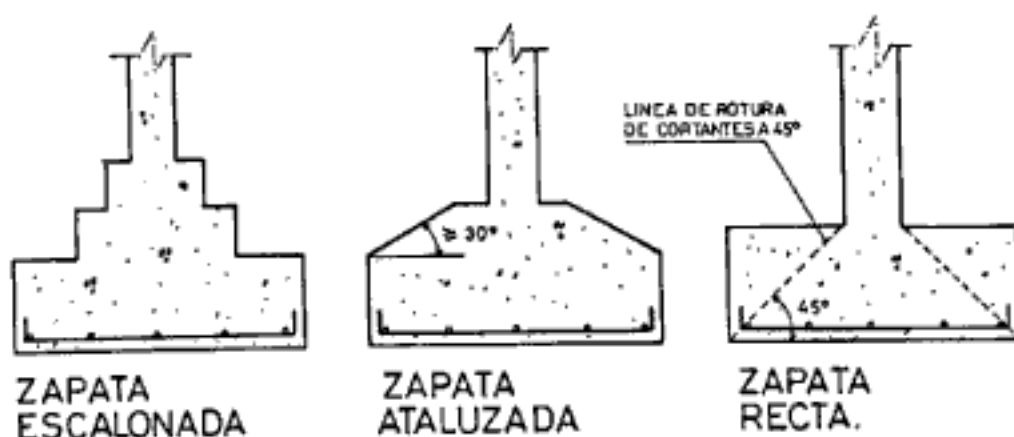
- cimentación de muros de carga.
- cimentación de pilares alineados muy próximos.

- para equilibrar las cargas excéntricas sobre zapatas medianeras
- cuando existe fuerte desproporción entre la carga lineal transmitida al cimiento y la escasa resistencia del terreno en el cual se apoya. En lugar de seguir excavando en busca de terreno más resistente, se opta por cimentaciones corridas o de ancha base.

Formas de la zapata corrida:

Al igual que el resto de las zapatas, las formas que puede adoptar son: escalonada, ataluzada y recta.

En el gráfico siguiente se representan esquemáticamente cada una de ellas.



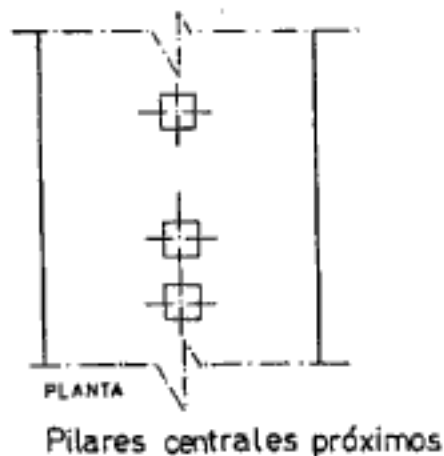
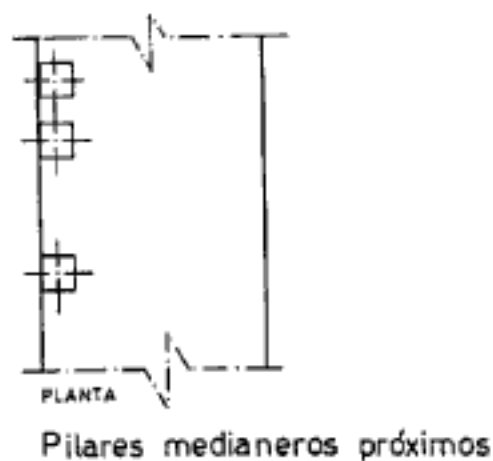
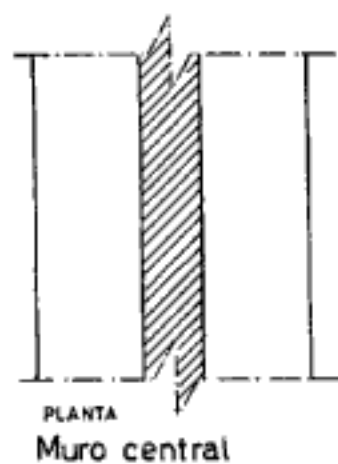
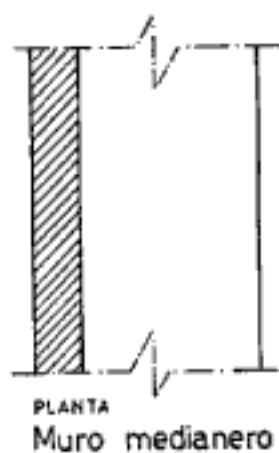
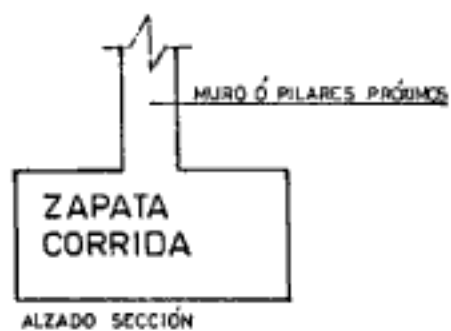
Podemos hacer la misma clasificación, en cuanto a rigidez, que para las zapatas aisladas, es decir: rígidas y flexibles.

Las razones de rotura, son las mismas que el resto de zapatas:

- mal dimensionado de la zapata.
- por esfuerzos cortantes.
- mal dimensionado del armado, etc.

7.3.- DISPOSICIÓN EN PLANTA.

Según reciba la carga de un muro o de pilares próximos, la disposición en planta será la indicada en el gráfico siguiente:

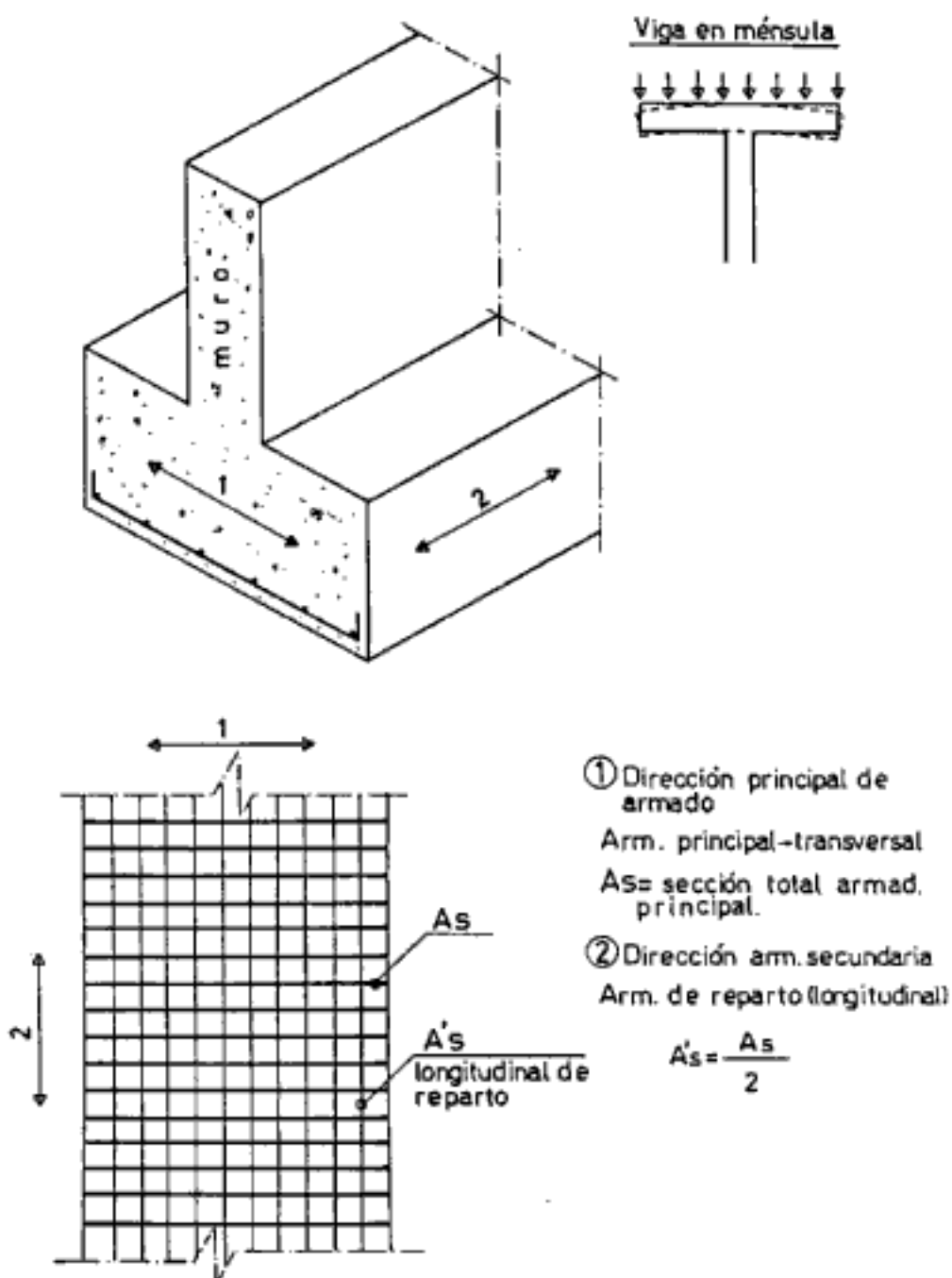


7.4.- FORMA DE TRABAJO DE LAS ZAPATAS COMBINADAS Y CORRIDAS.

Analizaremos por separado el caso de que exista un muro de carga recayendo sobre la zapata y el caso de que sean pilares los que se apoyan en dicha zapata.

A.- Caso de muro de carga:

a) Sección transversal: trabaja como una viga en ménsula.



La dirección principal de armado (armadura principal) es la correspondiente a la sección transversal.

La dirección secundaria de armado (armadura de reparto) corresponde a la sección longitudinal.

La cuantía en sección de la armadura de reparto será aproximadamente la mitad de la sección de armadura empleada en la dirección principal.

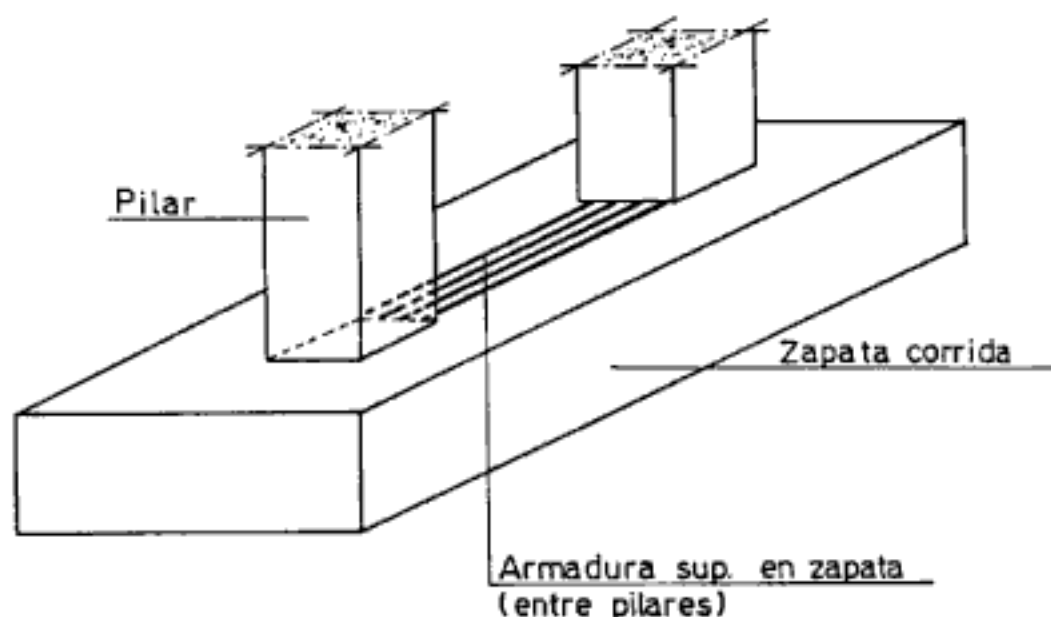
b) La sección longitudinal en el caso de muros no representa ninguna particularidad, ya que se trata de soportar una carga uniformemente repartida (terreno) mediante un muro continuo, y la sección que trabaja es fundamentalmente la transversal.

B.- Caso de pilares:

a) Sección transversal: armado idéntico al visto en el apartado anterior correspondiente al caso de muros.

b) Sección longitudinal: con armadura similar a la vista para el caso de muros, pero teniendo en cuenta su forma de trabajo, será necesario colocar armadura en la parte superior, entre pilares.

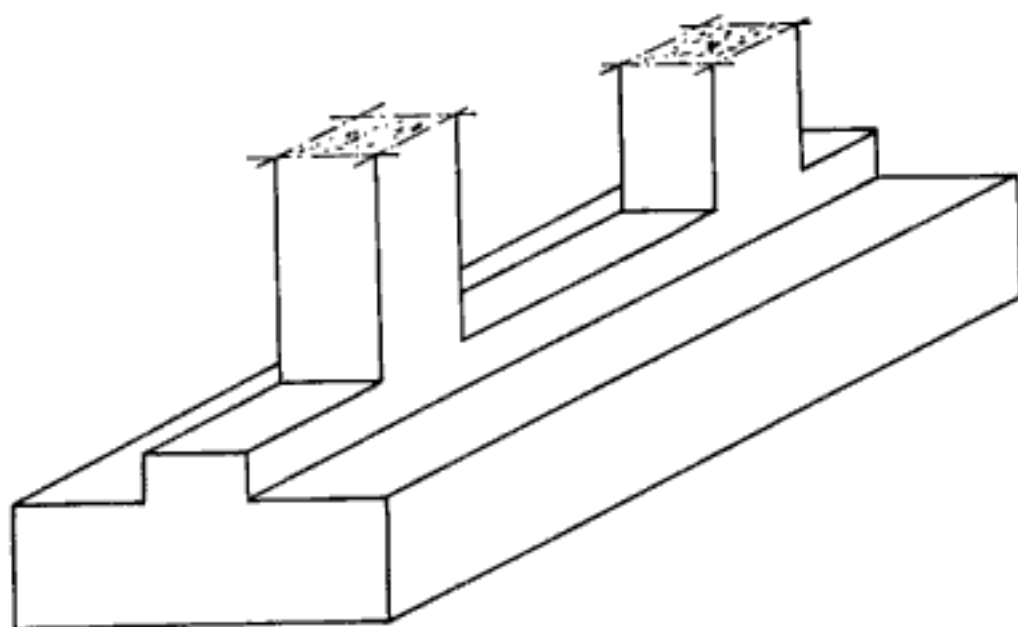
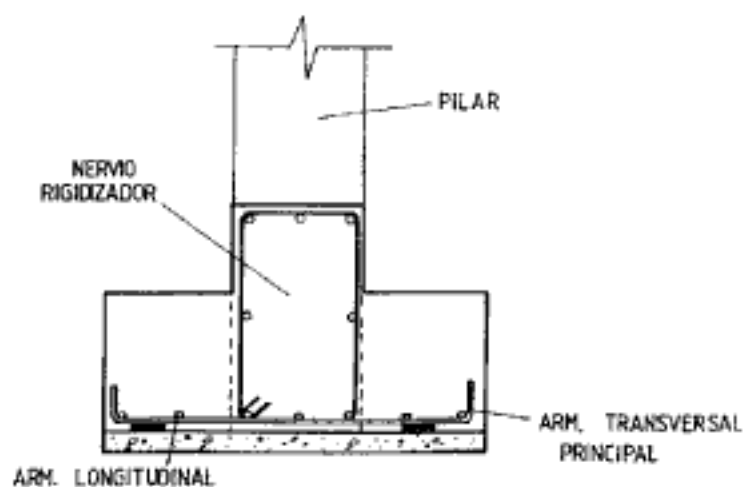
ZAPATA CORRIDA



Si la zapata es muy flexible (poco canto) puede ocurrir que pandee. Para evitar dicho pandeo tendremos dos opciones:

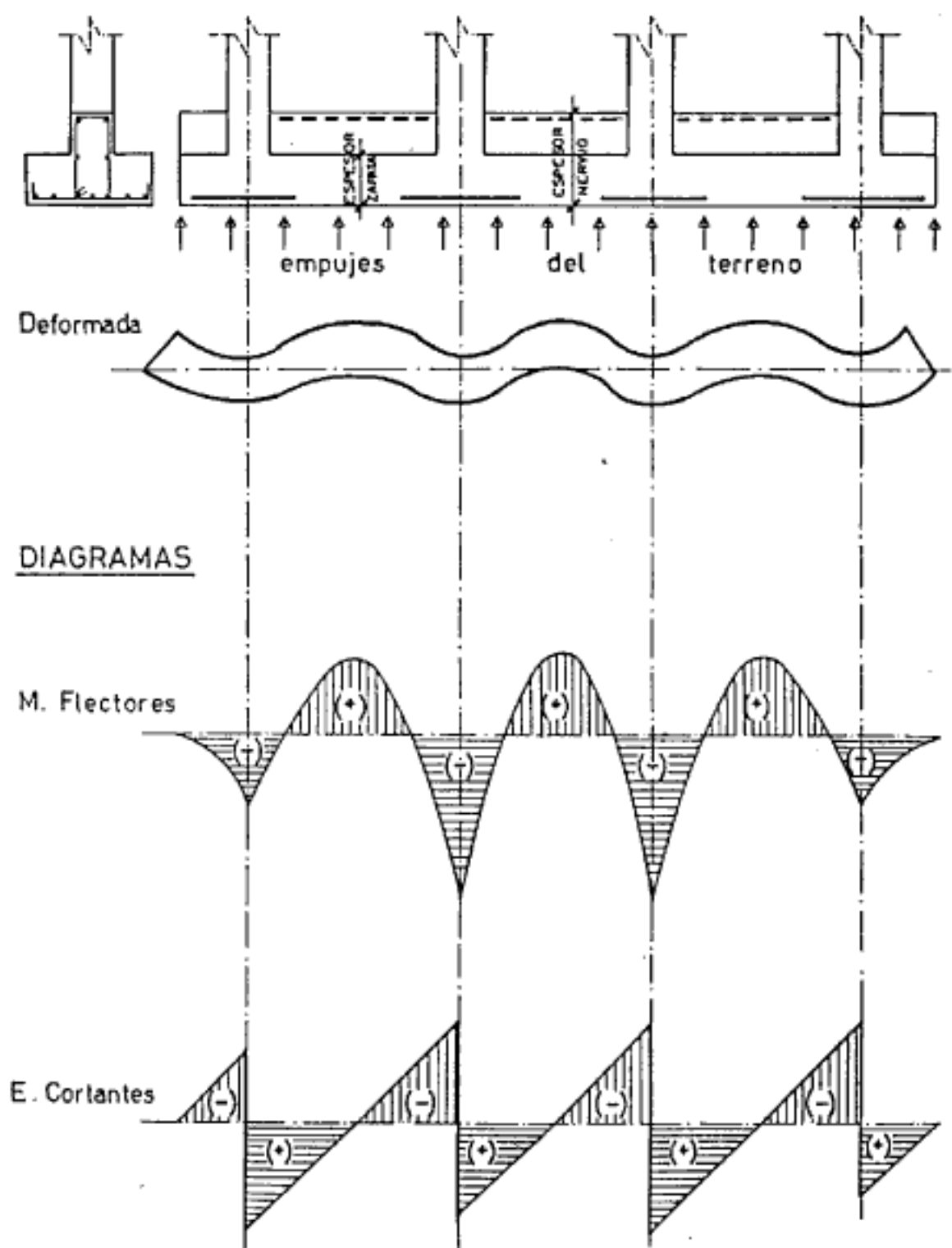
- aumentar el canto de la zapata.
- colocar un nervio rigidizador uniendo los pilares, con lo cual evitaremos el posible pandeo y economizaremos hormigón.

ZAPATA CORRIDA NERVADA:



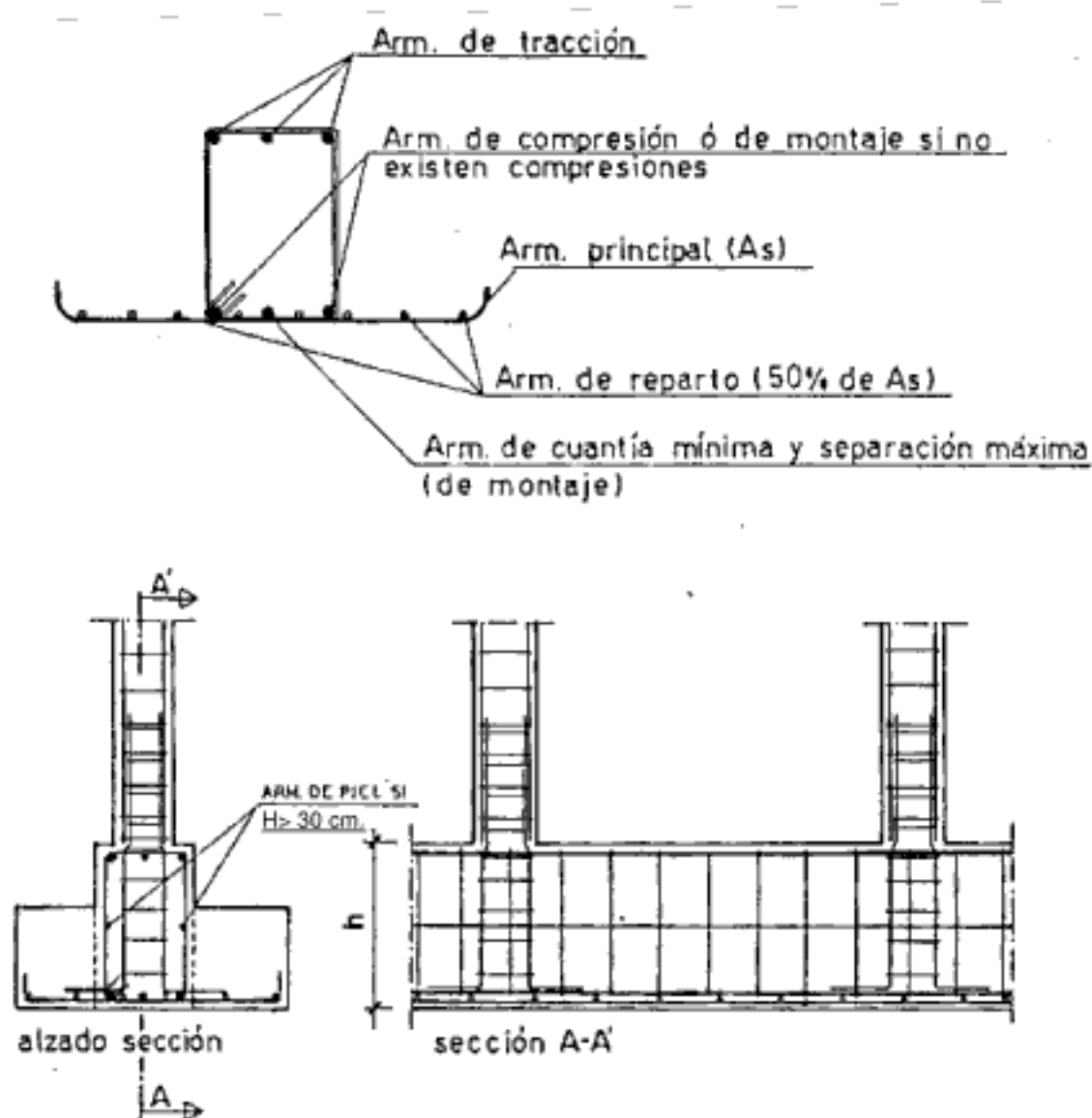
En este caso tendremos dos tipos de armadura: la correspondiente a la propia zapata corrida (transversal y longitudinal) y la del nervio rigidizador, con sus correspondientes refuerzos.

En la sección longitudinal trabaja como una viga invertida (soportando el empuje del terreno).

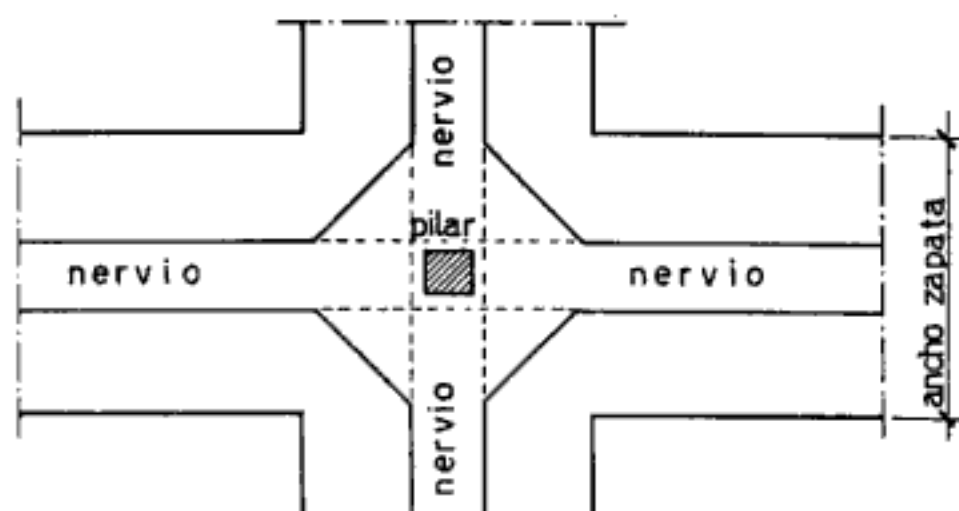


7.5.- DISPOSICIÓN DE SU ARMADURA.

Siguiendo las directrices marcadas anteriormente, así como la forma de trabajo y diagramas de momentos flectores y cortantes, el armado de ambas secciones será el siguiente:



En caso de cargas importantes es conveniente achaflanar los cruces de los nervios, para darle mayor sección de hormigón y absorber mejor el punzonamiento.



7.6.- CASO DE CARGAS MUY VARIABLES. ZAPATA COMBINADA.

Cuando existan dos pilares alineados, próximos, con cargas desiguales (luces diferentes), presentan la dificultad de poder lograr una distribución uniforme de la presión unitaria sobre el terreno.

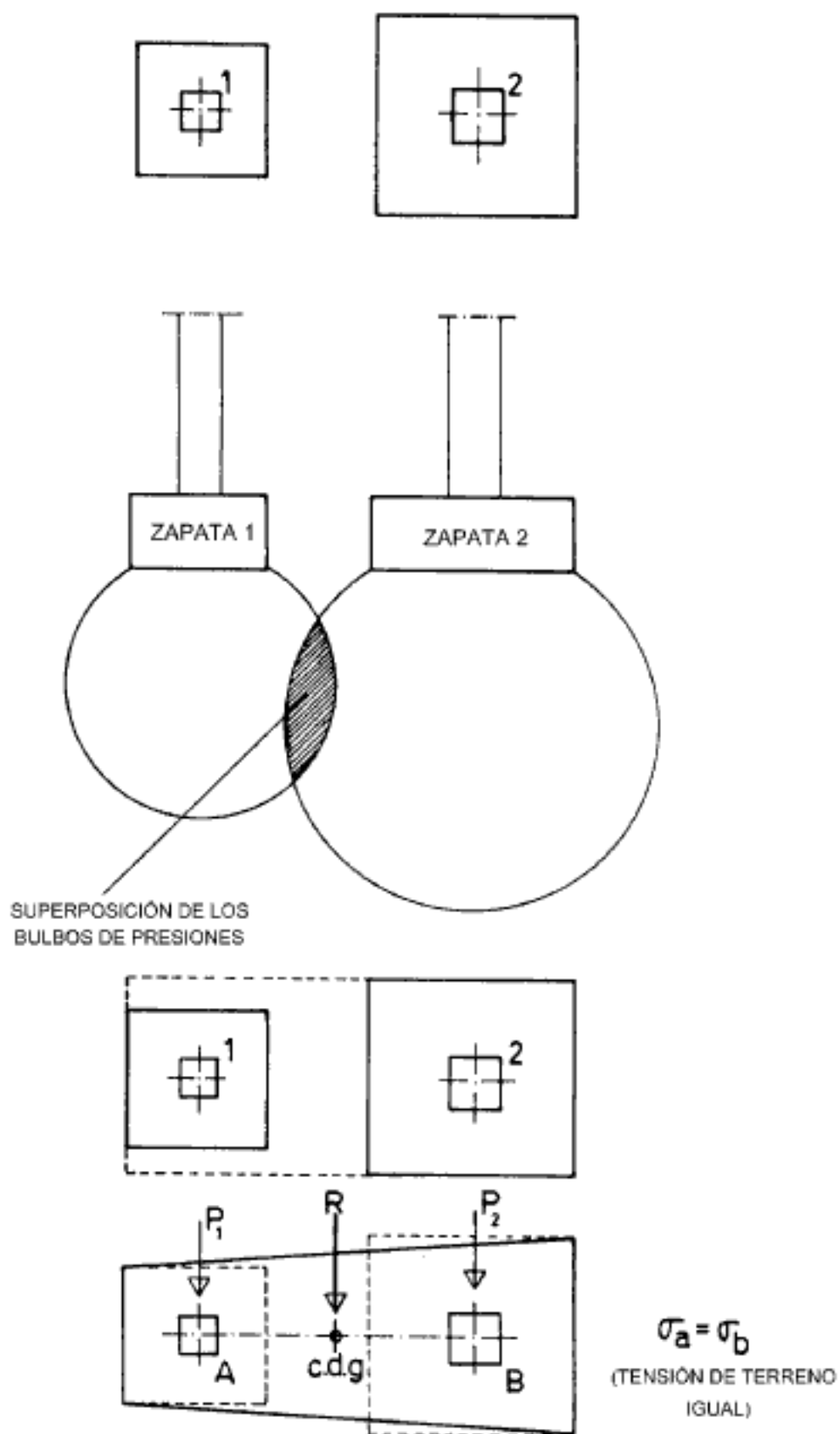
Si construimos zapatas aisladas quedan prácticamente unidas, con superposición del bulbo de presiones.

Si hacemos una zapata que absorba las cargas de los dos pilares debemos tener la precaución de que la distribución de cargas bajo ambas zapatas sea sensiblemente igual, con el fin de evitar asientos diferenciales.

Si adoptamos la solución del dibujo siguiente, vemos que la zona de terreno existente debajo de la zapata 1 soportará menos carga que la de debajo de la zapata 2, por lo que se pueden producir asientos diferenciales.

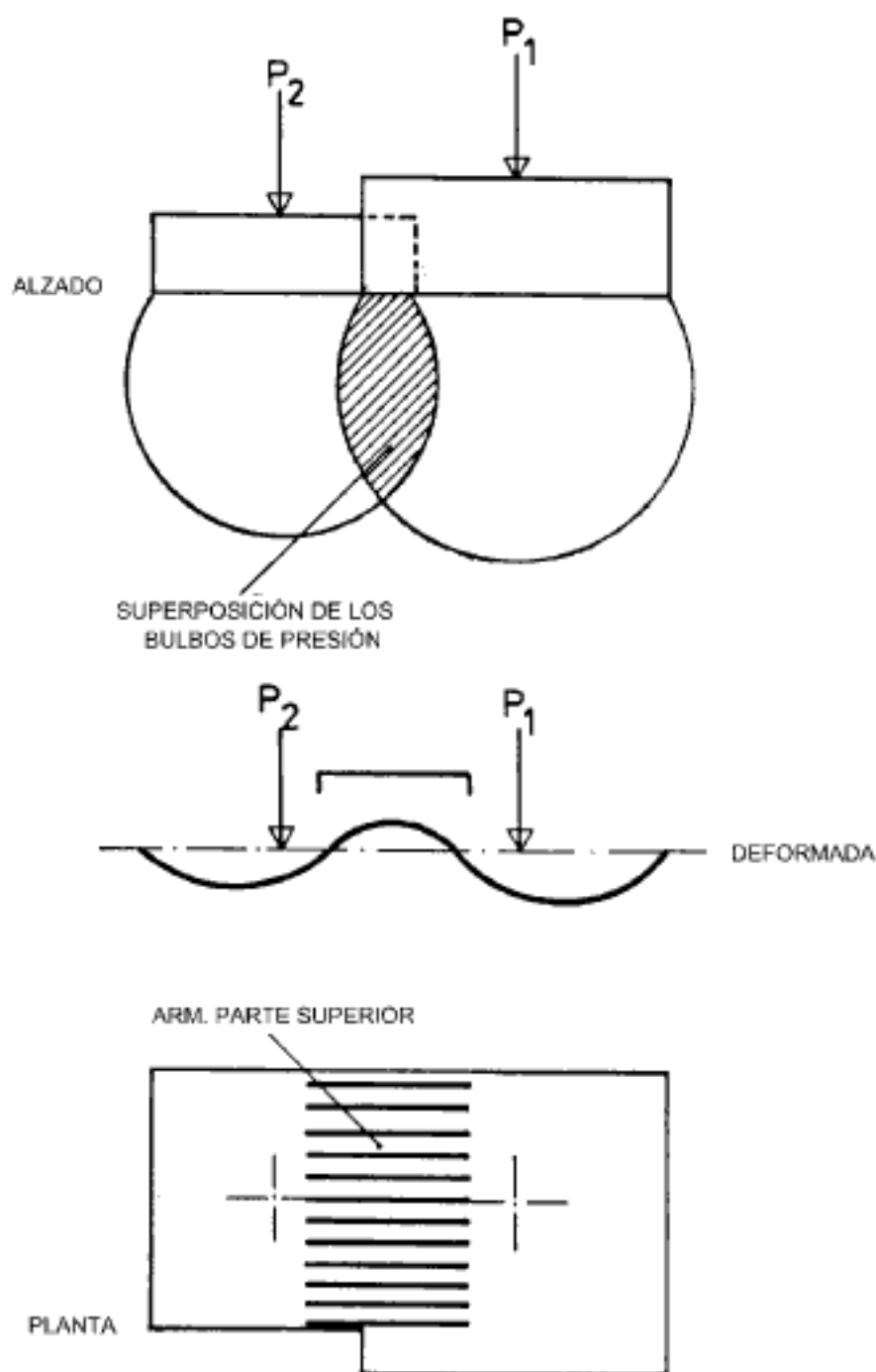
Si adoptamos la solución de proyectar una zapata de ancho variable, hallaremos la resultante R de las cargas P_1 y P_2 así como su línea de acción y diseñaremos un elemento cuyo centro de gravedad coincida con la línea de acción de R , con lo cual conseguiremos la tensión que soporta el terreno sea igual, economía de hormigón y estabilidad al evitar asientos diferenciales.

En el dibujo siguiente se detallan esquemáticamente las opciones enunciadas anteriormente:



Cuando se superponen las superficies de cimentación de dos cargas, resulta conveniente construir una sola zapata para ambas cargas.

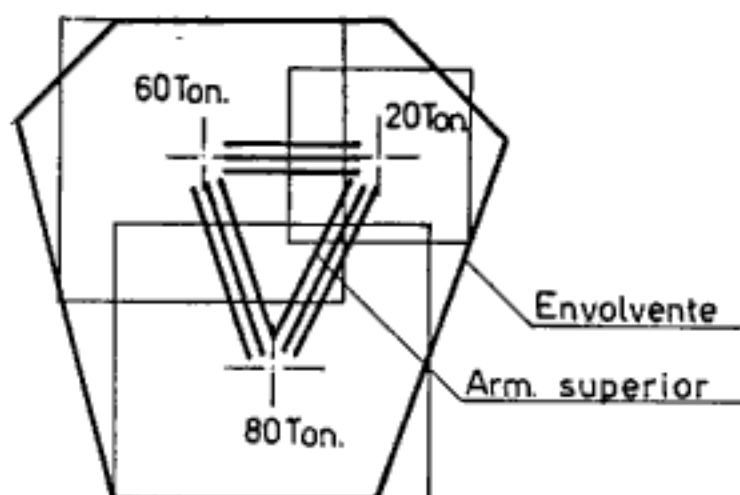
En estas zapatas combinadas, aparece un esfuerzo de tracción en la parte superior que las une. Ahí debemos colocar armadura superior.



En el caso de tres zapatas que se superponen, construimos una envolvente que compense las superficies superpuestas, que será sensiblemente paralela a los ejes que unen las tres zapatas.

El centro de gravedad de la envolvente creada debe coincidir con el centro de las 3 cargas.

Igualmente colocaremos armadura en la parte superior de la zapata, en la dirección del eje de unión de los pilares.

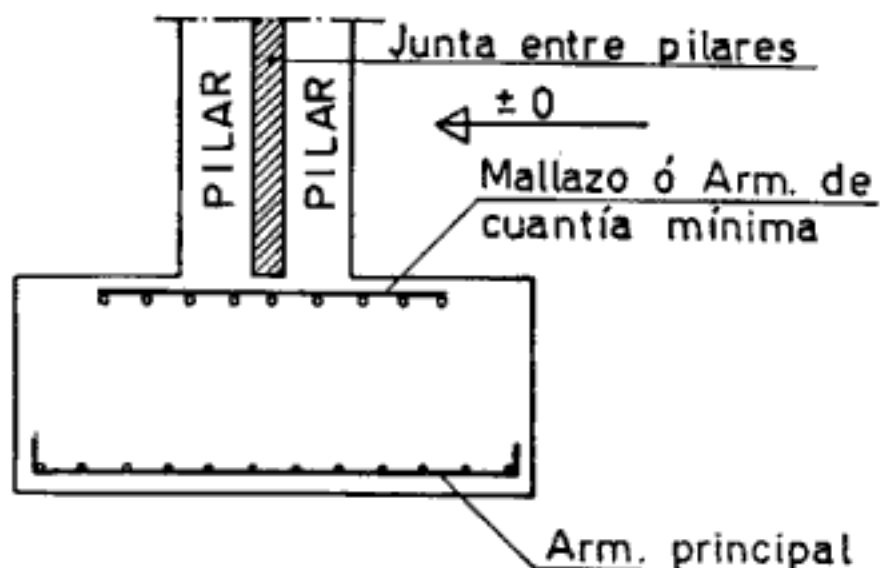


7.7.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LAS ZAPATAS COMBINADAS Y CORRIDAS.

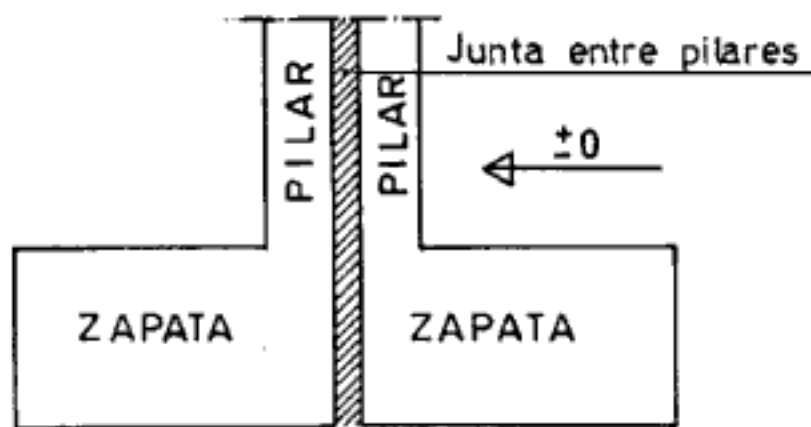
- 1.- Movimiento de tierras y limpieza del solar.
- 2.- Replanteo.
- 3.- Excavación de cimientos: entibado y encofrado si es necesario
- 4.- Refinado manual de la excavación.
- 5.- Excavación de los 10 cm. últimos de tierra y colocación del hormigón de limpieza.
- 6.- Puesta en obra de la armadura:
 - Parrilla inferior (con separadores)
 - Jaula de la viga de rigidización (armadura gruesa arriba)
 - Armadura de arranque de los soportes, etc.
- 7.- Verificación del replanteo y alineación de muros y pilares.
- 8.- Hormigonado, dejando juntas de hormigonado donde el diagrama de momentos sea cero. La disposición de las juntas será al contrario de la viga normal.
- 9.- Curado del hormigón.

Debemos recordar que la separación entre armaduras estará comprendida entre 10 y 30 cm.; que la armadura mínima serán barras de diámetro 12 mm.

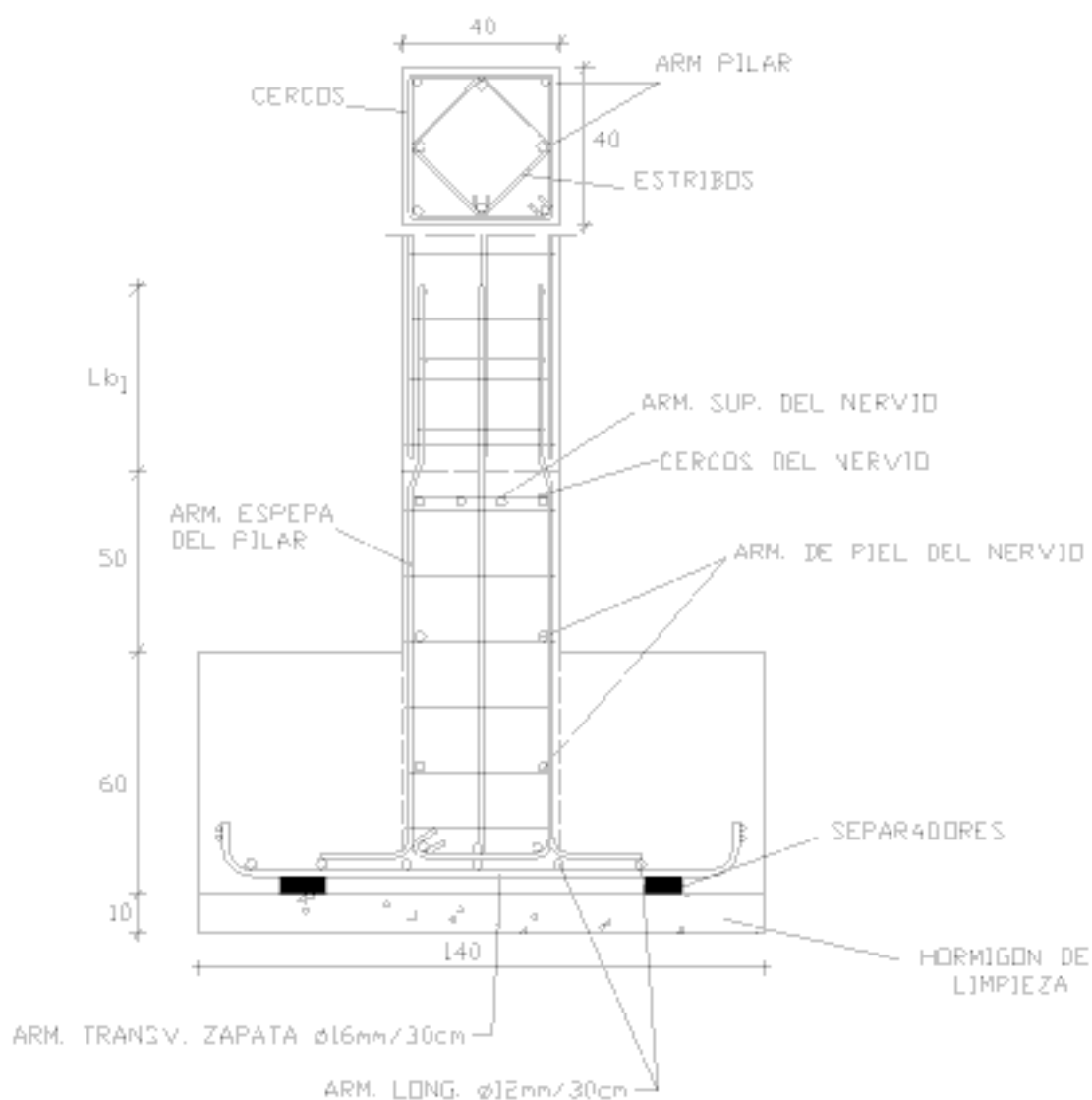
Las juntas de dilatación o retracción deberán hacerse del siguiente modo:



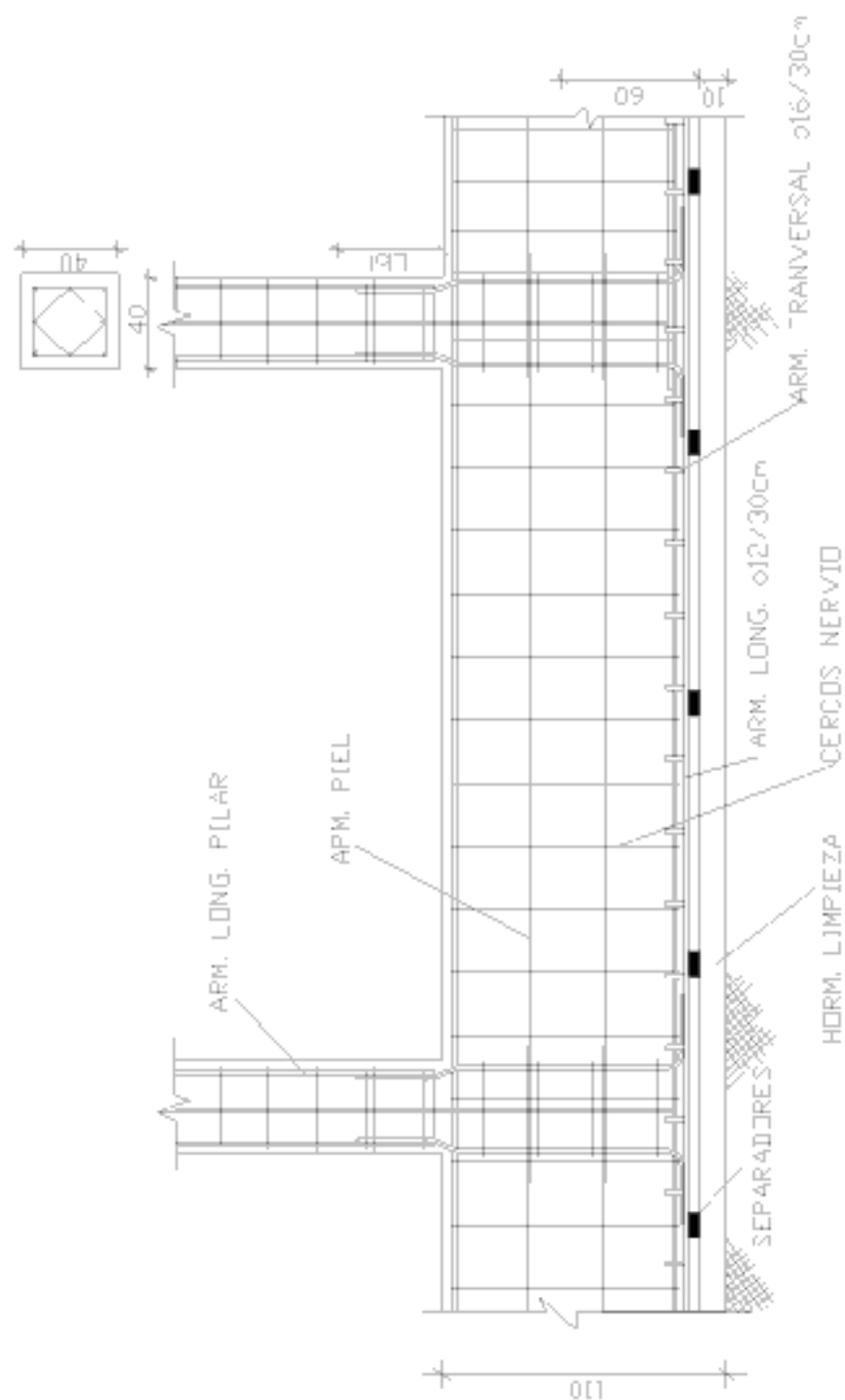
No debiendo ejecutarse del modo siguiente porque las zapatas dejarían de ser centrales, para trabajar excéntricamente. Debajo del suelo no hay cambios de temperatura, por tanto las zapatas no necesitan esas juntas de dilatación.



A continuación se insertan las secciones longitudinal y transversal de una zapata corrida nervada, con toda su armadura.



SECCION LONGITUDINAL ZAPATA CERRIDA NERVADA



7.8.- POZOS DE CIMENTACION.

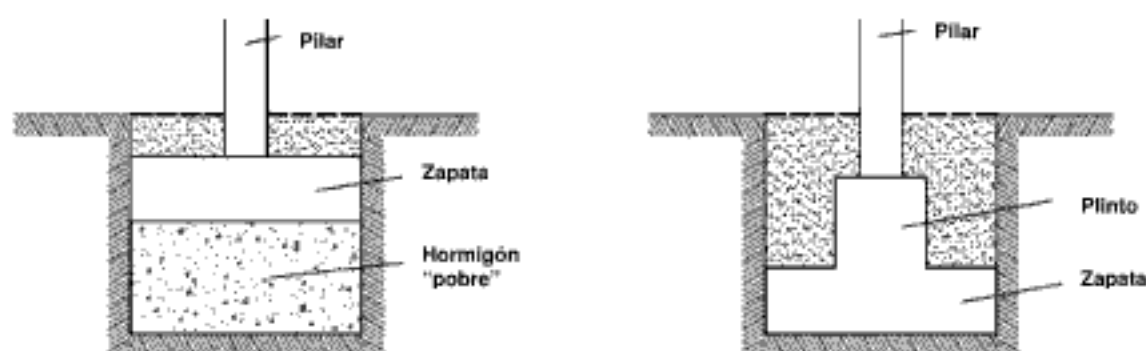
El Código Técnico de la Edificación (SE-C), especifica los siguientes apartados.

1.- Se podrán realizar pozos de cimentación cuando el terreno lo permita y la ejecución sea ventajosa con respecto a las otras soluciones.

2.- Los pozos más habituales en edificación son de dos tipos, tal como se detalla en las figuras siguientes. El primero consiste en un relleno de la excavación desde la cota de apoyo con hormigón pobre, situando la zapata encima de éste de forma que se transmitan las cargas a la profundidad deseada. El segundo tipo, menos habitual, consiste en bajar la cota de la zapata hasta alcanzar el nivel de terreno competente de apoyo, elevando a continuación un plinto de gran rigidez con el fin de evitar problemas de pandeo.

3.- Para efectos de cálculo, hay que añadirle a las cargas transmitidas por la estructura el peso de la columna de hormigón pobre.

4.- En el caso de que existan momentos o esfuerzos horizontales y no se justifique la colaboración lateral del terreno, se deben introducir vigas centradoras.



Tipos principales de pozos de cimentación

7.9.- CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LOS POZOS DE CIMENTACIÓN SEGÚN EL C T E (SE-C)

1.- La excavación de los pozos se puede hacer manualmente, si no se alcanza el nivel freático, o mecánicamente en cualquier caso. Se cuidará de que los medios de excavación no alteren el terreno en el fondo del pozo. Si las paredes del pozo no son estables sin un revestimiento, se entibarán.

2.- Si la excavación se ejecuta por debajo del nivel freático y se procede al agotamiento para rellenar en seco, se pondrá especial cuidado en evitar la alteración del terreno en el fondo por las corrientes de agua. Esto es especialmente importante si el fondo del pozo está constituido por arenas finas o limos sin cohesión.

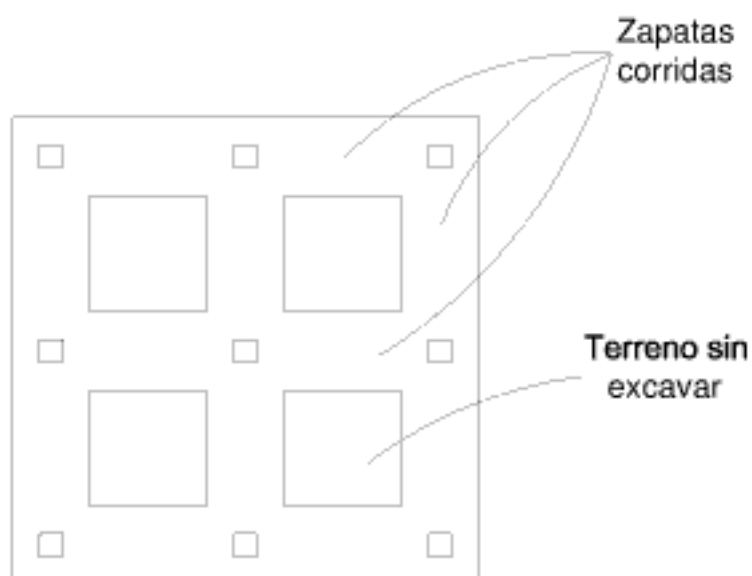
3.- Antes de proceder al relleno, se ejecutará una buena limpieza del fondo y, si es necesario, se apisonará o compactará debidamente.

7.10.- EMPARRILLADOS.

El CTE (SE-C) especifica lo siguiente:

1.- Cuando el terreno presente baja capacidad de carga y elevada deformabilidad, o bien muestre heterogeneidades que hagan prever asentamientos totales elevados y, consiguientemente, importantes asentamientos diferenciales, se podrá cimentar por el sistema de emparrillados.

2.- En este caso todos los pilares de la estructura quedarán recogidos en una única cimentación, consistente en zapatas corridas entrecruzadas en malla habitualmente ortogonal, tal como se detalla en la figura siguiente. Al quedar así reunidos todos los apoyos de la estructura en una sola cimentación se podrá conseguir una considerable rigidización con el fin de disminuir el problema de la heterogeneidad del terreno impidiendo grandes asentamientos diferenciales.



TEMA 8.-CIMENTACIONES DIRECTAS O SUPERFICIALES DE HORMIGÓN ARMADO: LOSAS Y PLACAS DE CIMENTACIÓN.

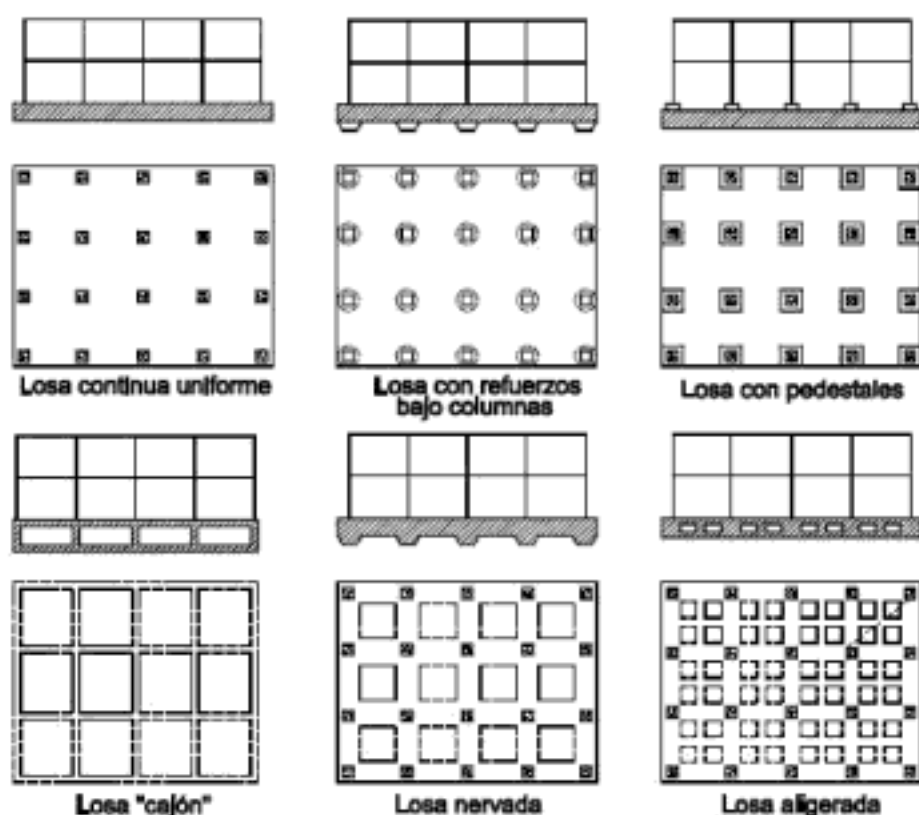
8.1.- LOSAS, SEGÚN EL CTE (SE-C)

En este apartado se transcribe el contenido del Código Técnico de la Edificación (SE-C) relativo a losas de cimentación.

1.- Se podrá cimentar por el sistema de losa cuando el terreno presente baja capacidad de carga y elevada deformabilidad, o bien muestre heterogeneidades que hagan prever asientos totales elevados y, consiguientemente, importantes asientos diferenciales.

2.- Se pueden emplear cuando el área cubierta por posibles cimentaciones aisladas o por emparrillados cubra un porcentaje elevado de la superficie de ocupación en planta del edificio.

3.- Las losas de cimentación pueden ser de los siguientes tipos: continua y uniforme, con refuerzos bajo pilares, con pedestales, con sección en cajón, nervada, aligerada, tal como se detallan en el dibujo siguiente.



4.- La losa recogerá los elementos estructurales del edificio y cubrirá el área disponible, dando así lugar a la mínima presión unitaria, pero a la máxima anchura de cimentación. Especialmente en el caso de suelos compresibles de gran espesor, estas consideraciones pueden dar lugar a asientos considerables a no ser que se planteen compensaciones de cargas con el peso del terreno excavado.

5.- Las losas de cimentación se utilizarán preferentemente para reducir los asientos diferenciales en terrenos heterogéneos, o cuando exista una variabilidad importante de cargas entre apoyos cercanos. El sistema de cimentación por losa tiende a integrar estas heterogeneidades, aunque a cambio de una distribución irregular de las presiones sobre el terreno.

6.- También podrá ser conveniente una solución mediante losa cuando, aunque el terreno de apoyo sea homogéneo y resistente, el edificio contenga sótanos y su cota inferior se sitúe por debajo del nivel freático. En estos casos se debe tener en cuenta los posibles empujes ascensionales del agua subálvea (subpresión) y los requisitos de estanqueidad necesarios.

7.- Cuando el edificio vaya a disponer de sótanos y se vaya a cimentar por medio de losa, es posible que el peso de las tierras excavadas sea semejante al peso total del edificio. En este caso, la presión unitaria neta que transmitirá la losa al terreno será del mismo orden de magnitud que la presión efectiva preexistente, y los asientos serán probablemente de pequeña entidad. Esta situación particular se denomina **cimentación compensada**.

8.- La cimentación compensada de edificios con zonas de diferente altura (y por tanto de peso) podrá requerir la disposición de un número variable de sótanos distribuidos de forma proporcional al número de plantas a construir por encima de la superficie del terreno. En estas circunstancias será preciso disponer de juntas estructurales debidamente tratadas entre las diferentes zonas del edificio, e intentar que el centro de gravedad de las acciones de la estructura en cada zona coincida con el centro de gravedad de las losas, de forma que se reduzca cualquier tendencia al giro. Asimismo será necesario analizar con detalle los asientos inducidos sobre las construcciones colindantes.

En cuanto a las **condiciones constructivas de las losas de cimentación** deben cumplirse todas las normas generales indicadas sobre: soleras de asiento, excavación y ejecución de zapatas. Se recomienda que la losa de hormigón se coloque sobre una solera de asiento u hormigón de limpieza de 10 cm. de espesor mínimo, a fin de permitir la fácil colocación de las armaduras, evitando el contacto directo con el terreno. El recubrimiento de las armaduras será el especificado en la EHE. Los sótanos bajo el nivel freático se deben proteger de las filtraciones de agua conforme a lo indicado en el CTE (DB-HS sección 1).

El Código Técnico de la Edificación solo menciona las losas de cimentación, no haciendo referencia a las placas. No obstante como en la práctica habitual se mencionan ambas, en el resto del tema, correspondiente a ampliación, explicaciones, armados, etc. hago referencia a ambas.

8.2.- GENERALIDADES.

Se denominan losas o placas a todo elemento de cimentación cuyas dimensiones en planta sean muy grandes comparadas con su espesor y que, en general, definen un plano sobre el que apoyan los pilares o muros del edificio. Las losas o placas son como una gran zapata que abarca toda la superficie cubierta por el edificio.

Las losas trabajan en una dirección y las placas trabajan en dos direcciones.

La diferencia entre losa o placa no depende de la forma del solar, sino de la disposición de las cargas o soportes.

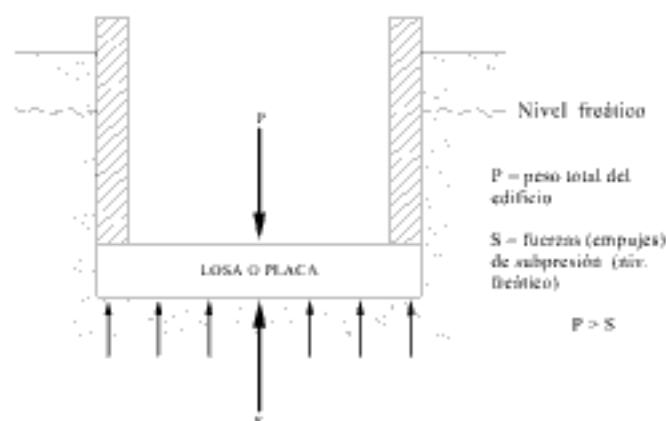
Las placas o losas pueden ser parciales o totales, según abarquen parcial o totalmente el área ocupada por el edificio.

La función de la losa o placa es la de uniformizar las tensiones y hacerlas aseguibles al terreno.

8.3.- APLICACIÓN.

Se recomienda la utilización de losas o placas:

- Cuando la superficie de cimentación mediante zapatas aisladas supera el 50% de la superficie del solar.
- Cuando la capacidad portante del terreno es pequeña y la edificación proyectada sea importante, resultando zapatas de gran tamaño (del orden de 4 x 4 m).
- Cuando las zapatas aisladas o cimentaciones corridas no son suficientes para la transmisión de la carga al terreno.
- Cuando los asientos a través de una cimentación directa (por zapatas) sean superiores a los admisibles, o bien porque la estructura no admita asientos diferenciales.
- Cuando se trate del relleno de cubetas sometidas a subpresión producida por el nivel freático



8.4.- CRITERIOS DE DISEÑO Y FORMA DE LAS LOSAS O PLACAS.

Normalmente en edificaciones las losas de cimentación se construyen de canto constante por economía, facilidad de encofrado y de colocación de ferralla.

Para efectos de cálculo es muy importante que los pilares estén alineados y dispuestos en malla regular. De lo contrario se complica mucho el cálculo.

Cuanto más rígida sea la losa más homogénea será la respuesta del suelo. Es por ello y por problemas de punzonamiento que en una losa tiene importancia fundamental su canto, el cual y como orden de magnitud será aproximadamente:

$$\text{Canto} = \frac{\text{Luz entre pilares}}{10} + K$$

Siendo K una constante que varía, según la carga, entre 10 y 20 cm.

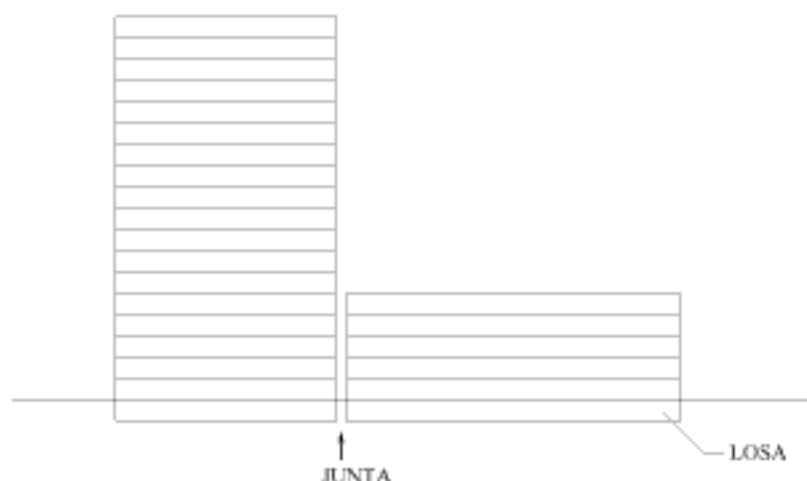
Debe procurarse que la forma en planta de la losa o placa sea bastante regular, evitando entrantes y ángulos agudos, que darían lugar a torsiones y sollicitaciones anómalas.

Las luces entre pilares no deben ser muy diferentes y las cargas no deben variar en más del 50% de unos pilares a otros.

No deben construirse losas de gran longitud sin disponer de juntas intermedias. Máxima longitud 30-40 m sin juntas.

Si en el edificio hay zonas cargadas muy desigualmente deben realizarse losas separadas mediante juntas.

LOSAS SEPARADAS

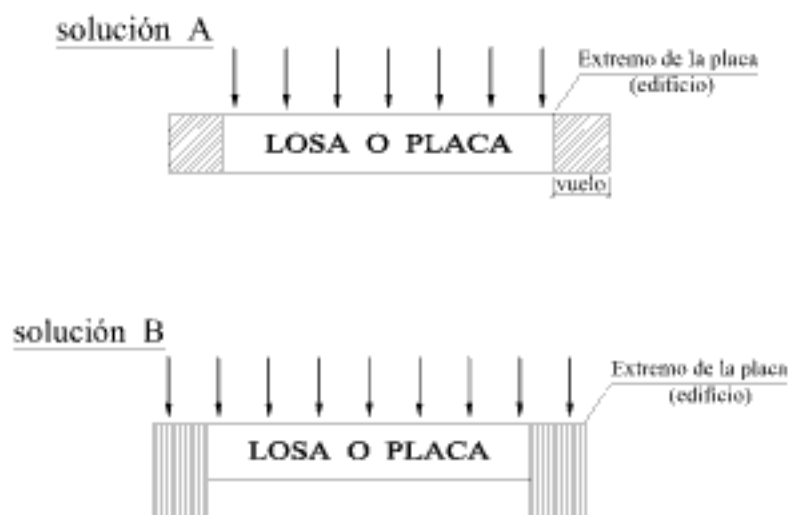


Debe evitarse construir losas con pilares ubicados en su perímetro, por cuanto se somete a la losa a grandes esfuerzos de punzonamiento y torsión, siendo preferible optar siempre por losas voladas.

El bulbo de presiones en las losas es muy importante, aunque corresponda a presiones del terreno menores, puede afectar a mayor cantidad de estratos, siendo más alta la probabilidad de encontrarnos con un estrato débil.

Podría ocurrir que el fallo del terreno debajo de una losa o placa de cimentación se produjese por corrimiento del terreno, que fluye alrededor de ella. Para evitarlo es conveniente adoptar una de las dos soluciones siguientes:

a) Que la placa vuele alrededor de la línea de fachada del edificio.



b) Si no es posible la solución anterior, se recurre a crear un zuncho perimetral, de mayor canto que la losa, que impida ese corrimiento del terreno.



Para la estabilidad de toda cimentación es condición indispensable que las resultantes de las cargas del edificio y de las reacciones del terreno sean colineales, con lo que se evita la creación de un par de vuelco. En el caso de placas y losas esta condición es más difícil de lograr. Si el edificio es realmente importante, podría recurrirse a lastrar alguna zona o ampliar la placa en alguna dirección para conseguir esta condición de equilibrio.

Forma de las losas:

Atendiendo a sus condiciones geométricas, las losas o placas las podemos agrupar, tal como se indica en el CTE, del siguiente modo:

- Losas continuas de canto uniforme.
- Losas con refuerzos (por la parte inferior bajo pilares o por la superior tipo pedestal).
- Losas nervadas, en cajón y aligeradas.

Las losas de **canto uniforme**, vistas anteriormente, son las que tienen el mismo espesor en toda su superficie.

Cuando necesitamos más canto, por tratarse de cargas muy importantes, o de fuertes punzonamientos, y queremos economizar hormigón, podemos recurrir al empleo de losas **con refuerzos** en zona de pilares. Estos refuerzos pueden ejecutarse por la parte inferior de la losa o por la parte superior, justamente debajo de los pilares.

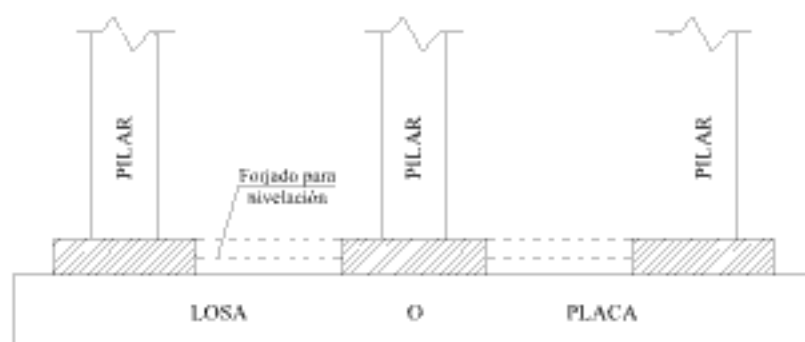
El refuerzo por la parte inferior de la losa no necesita encofrado y además tiene la ventaja de que queda uniforme la superficie superior de la losa.

LOSA CON REFUERZOS (en zona de pilares debajo de la losa):

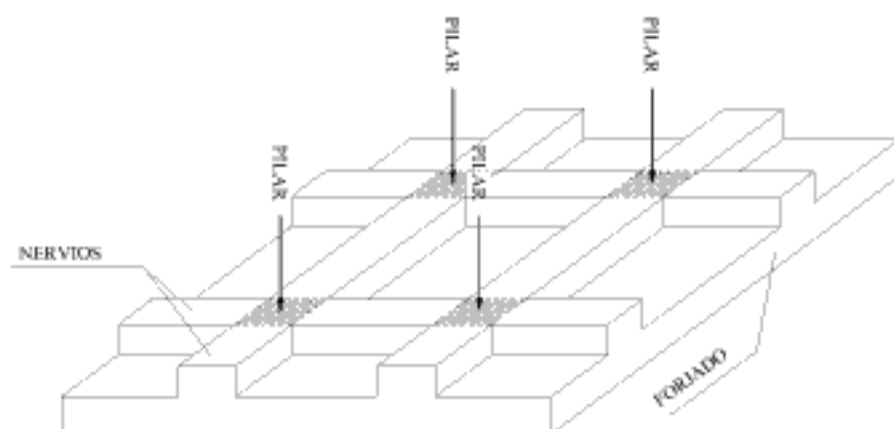


El refuerzo por la parte superior de la losa, aparte de necesitar encofrado, tiene el inconveniente de que haría falta un forjado o material de relleno para nivelar la superficie superior.

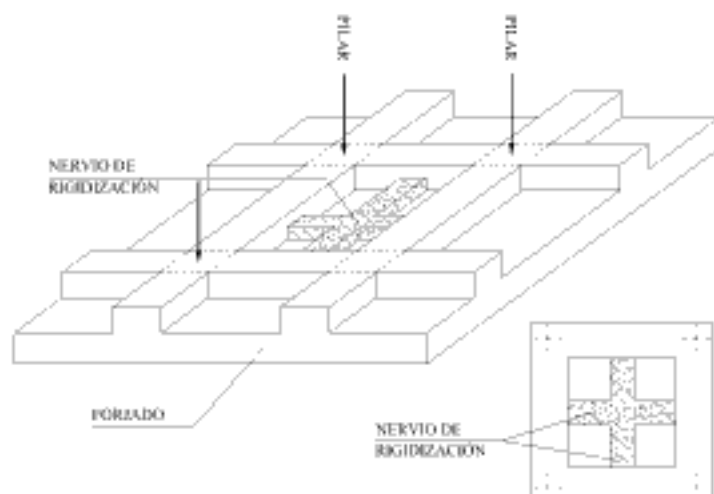
LOSA CON REFUERZOS (en zona de pilares encima de la losa):



Otra solución, alternativa a la anterior, y sin aumentar el canto de la losa, es la utilización de las **losas nervadas**. Se refuerza la linealidad entre los pilares a través de unos nervios o vigas



Si la luz entre los pilares es muy grande, conviene colocar unos "nervios de rigidización" intermedios, para evitar el pandeo de la losa o placa.



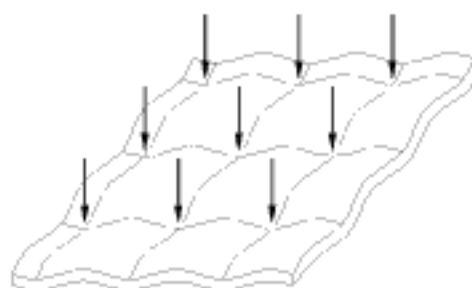
De los 3 tipos de losas vistos anteriormente, la que con más frecuencia se utiliza es la de canto constante, pues no necesita encofrado y el montaje de la ferralla es realmente sencillo, puesto que el armado de la losa es de doble parrilla. Suelen utilizarse cuando las luces entre pilares y las cargas no sean excesivamente grandes.

Las losas nervadas se utilizan con mucha frecuencia cuando las luces entre pilares y las cargas sean bastante importantes. Al construir los nervios de la misma conseguimos disminuir la cantidad de hormigón necesaria y tener gran canto para apoyo de los pilares.

Están prácticamente en desuso las losas con refuerzos bajo pilares.

8.5.- DEFORMADA Y FORMA DE TRABAJO.

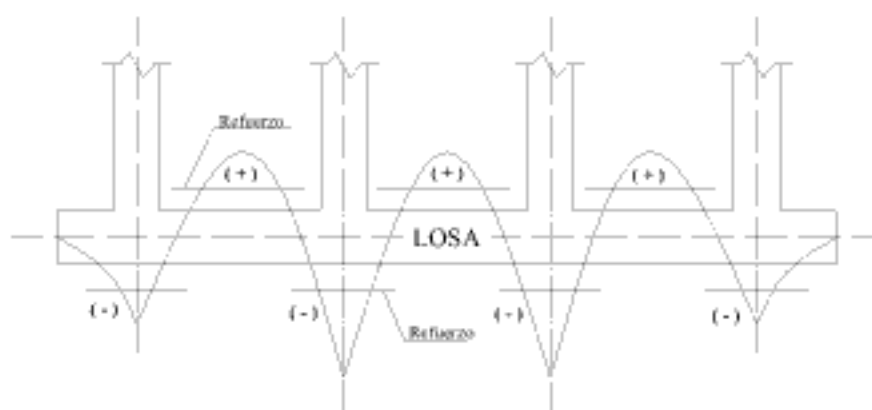
La deformada de una losa o placa de cimentación es asimilable a un plano sinuoso, cuyas cúpulas se situarían entre pilares y los valles debajo de éstos



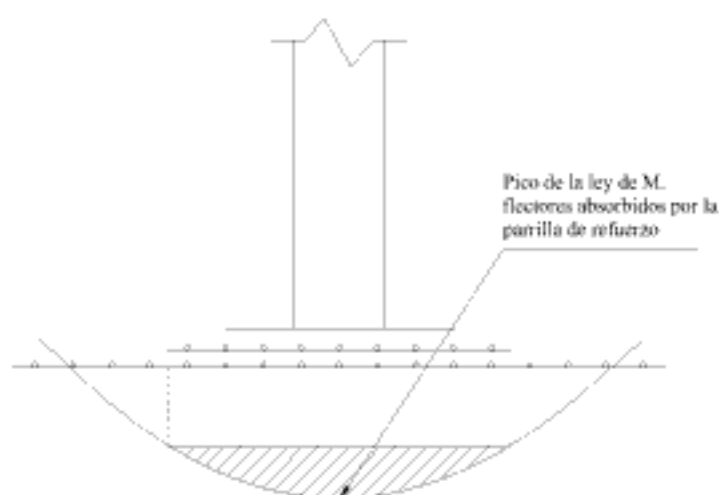
Se observa fácilmente que las cúpulas suponen fibras traccionadas en la parte superior y que los valles significan otro tanto en la zona inferior. Entonces se puede suponer que el solape de mallas inferiores se dará entre pilares y el solape de las superiores se realizará bajo pilares.

Las cúpulas y los valles antes citados nos delatan la existencia de unos máximos y unos mínimos en las leyes de momentos. Puede darse el caso de que las mallas superior e inferior con que se realiza toda la losa, no sean suficientes para absorber estos picos de momentos, por lo que se suelen disponer bajo pilares o en el centro de los vanos, parrillas de refuerzo.

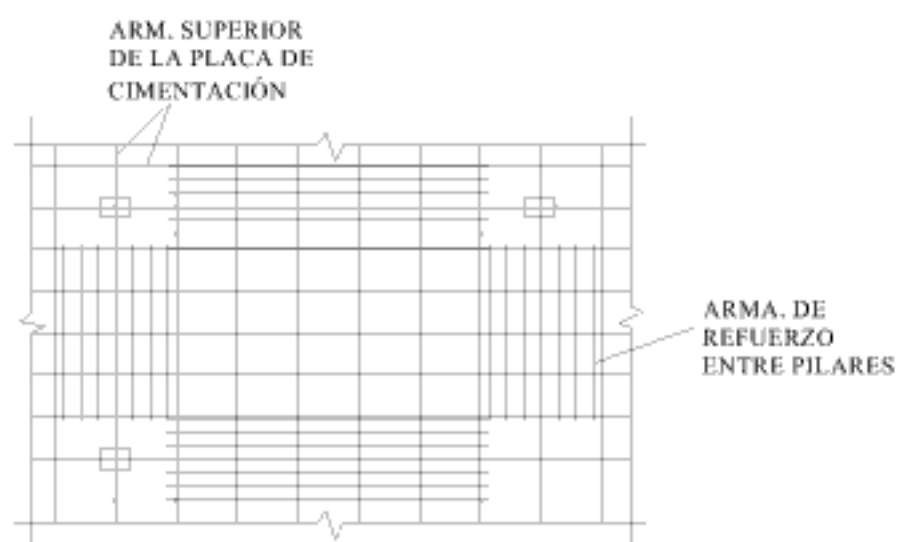
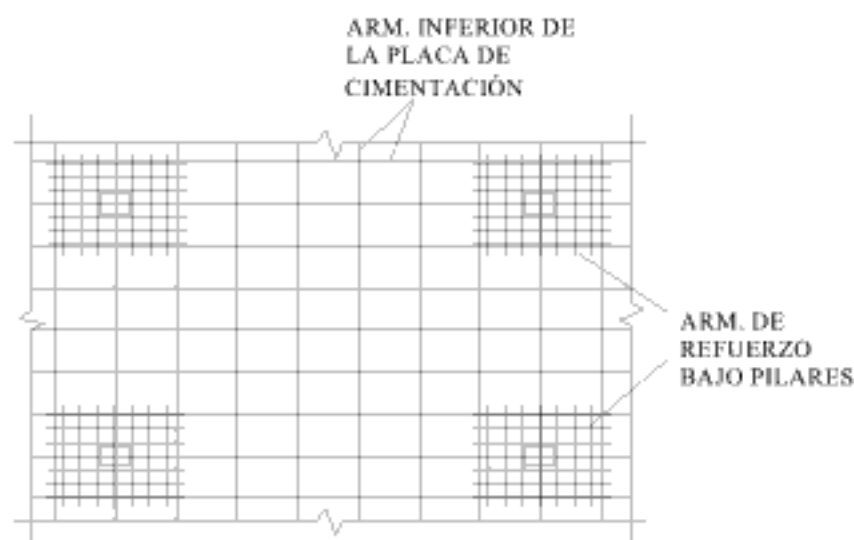
DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN UNA LOSA



Estas parrillas de refuerzo tienen su razón de ser en el hecho de tener que ayudar a la armadura de cálculo en la resistencia de los picos de momentos, en dos direcciones.



Normalmente se colocan parrillas de refuerzo bajo pilares con dimensiones que oscilan entre 3x3 y 4x4 m y entre pilares se sitúan barras flotantes (superiores).

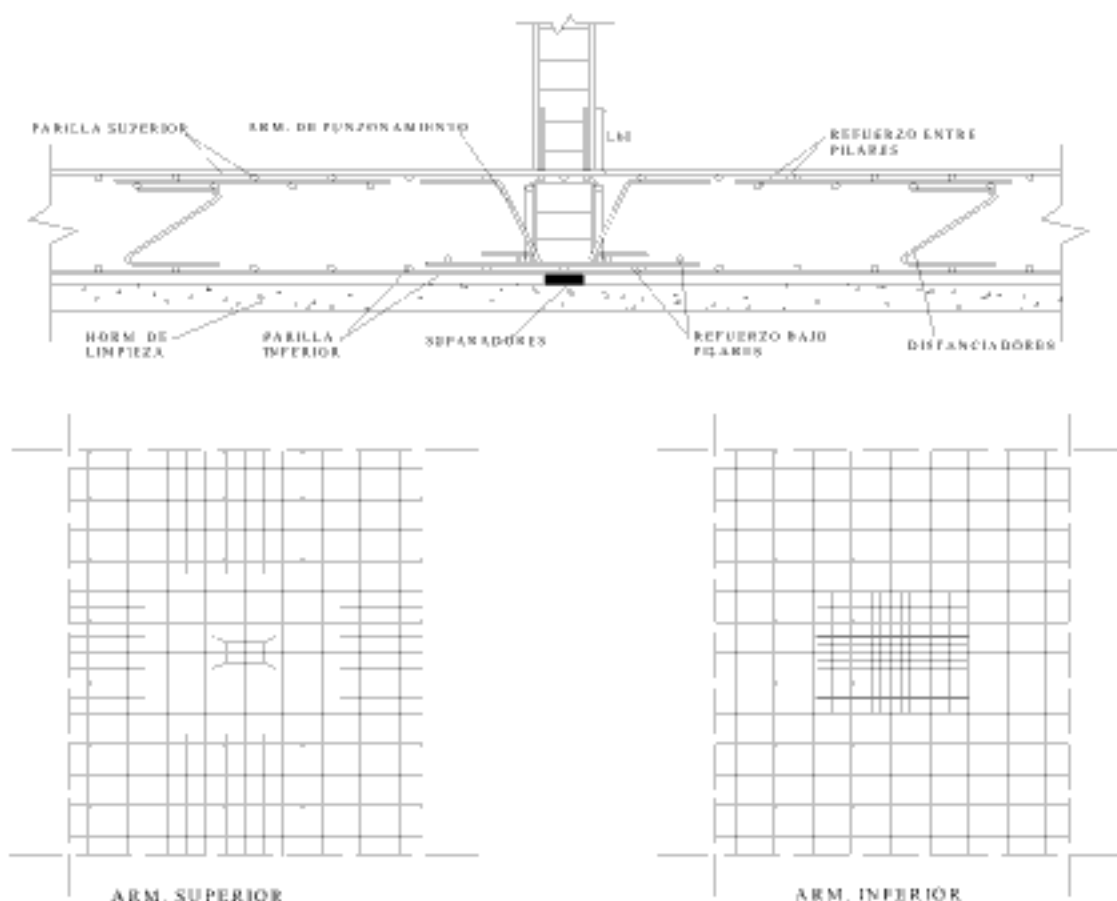


8.6.- ARMADO DE LOSAS Y PLACAS DE CIMENTACIÓN.

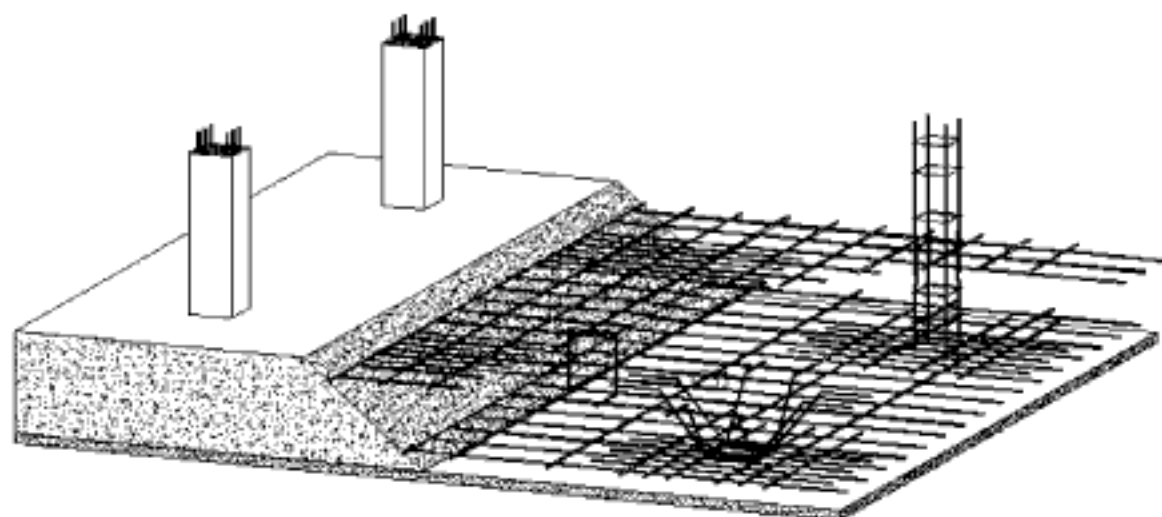
La losa o placa de cimentación de espesor uniforme llevará las siguientes armaduras, por orden de colocación en obra:

- Parrilla superior (en ambas direcciones).
- Armadura de refuerzo bajo pilares, colocada en la parte inferior.
- Armadura de espera para pilares, muros etc.
- Distanciadores de armaduras, para evitar que se junten ambas parrillas.
- Armadura de punzonamiento, colocada debajo de los pilares.
- Zuncho perimetral
- Parrilla superior (en ambas direcciones).
- Armadura de refuerzo entre pilares, colocada en la parte superior.

ALZADO-SECCIÓN



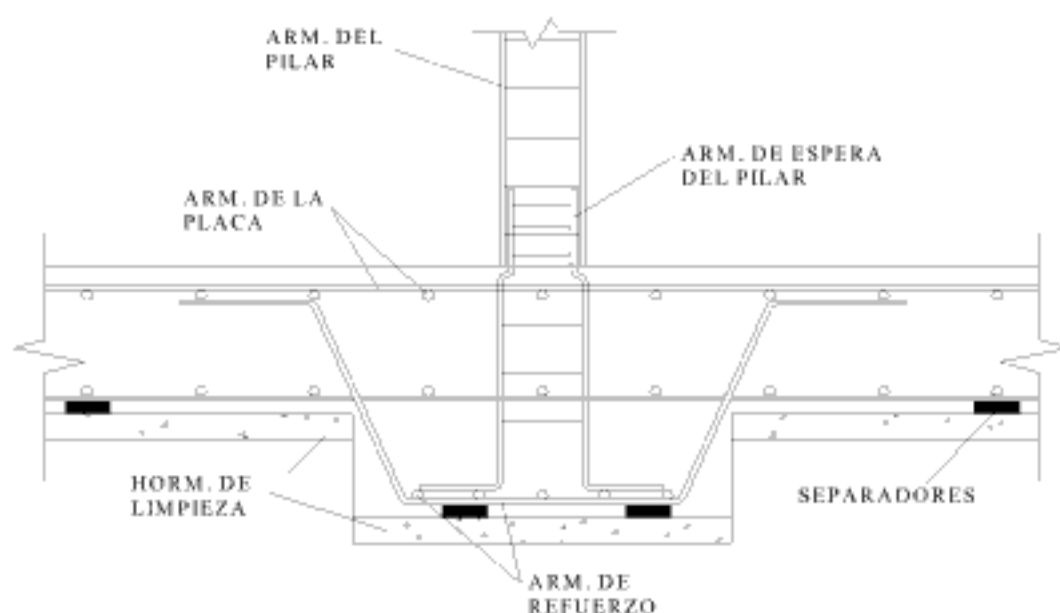
PLACA DE CIMENTACIÓN DE ESPESOR UNIFORME



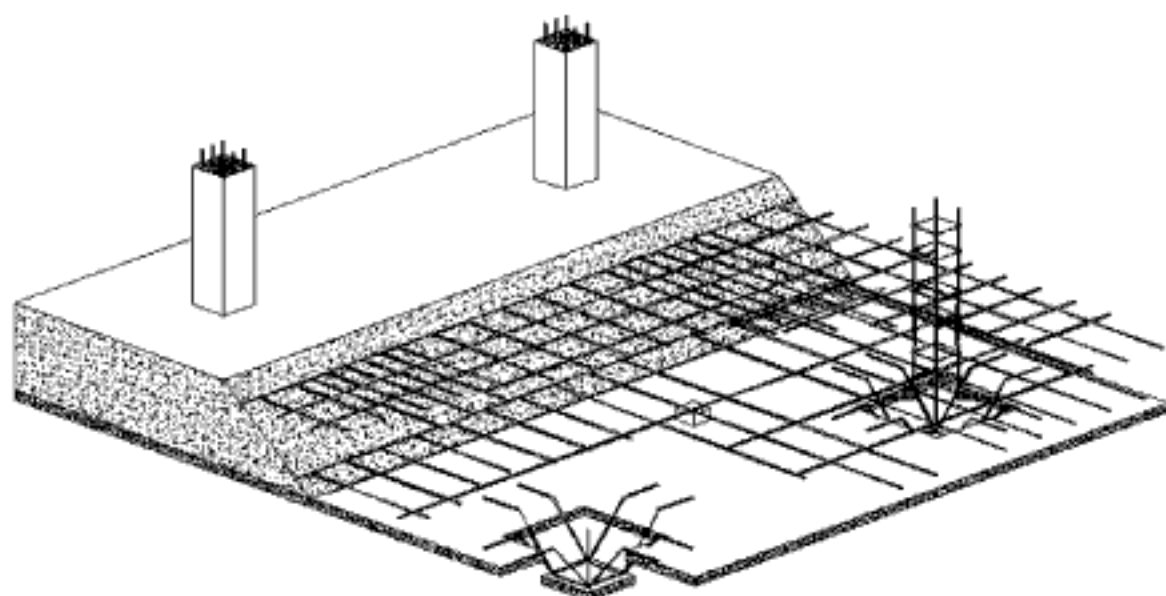
La armadura de la **placa de cimentación con refuerzos inferiores** es similar a la vista anteriormente, con la diferencia de que se coloca un emparrillado de refuerzo inferior, conectado a la placa, y normalmente no necesita armadura de punzonamiento.

La armadura de espera del pilar puede colocarse sobre la armadura inferior de la placa o bien bajarla para apoyarla sobre el armado del refuerzo.

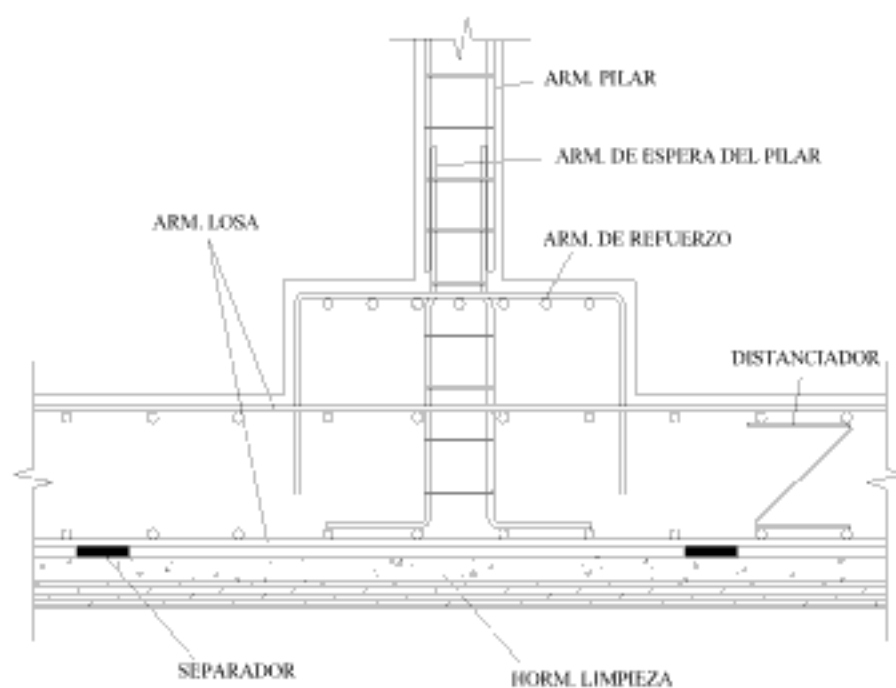
PLACA DE CIMENTACIÓN CON REFUERZO INFERIOR

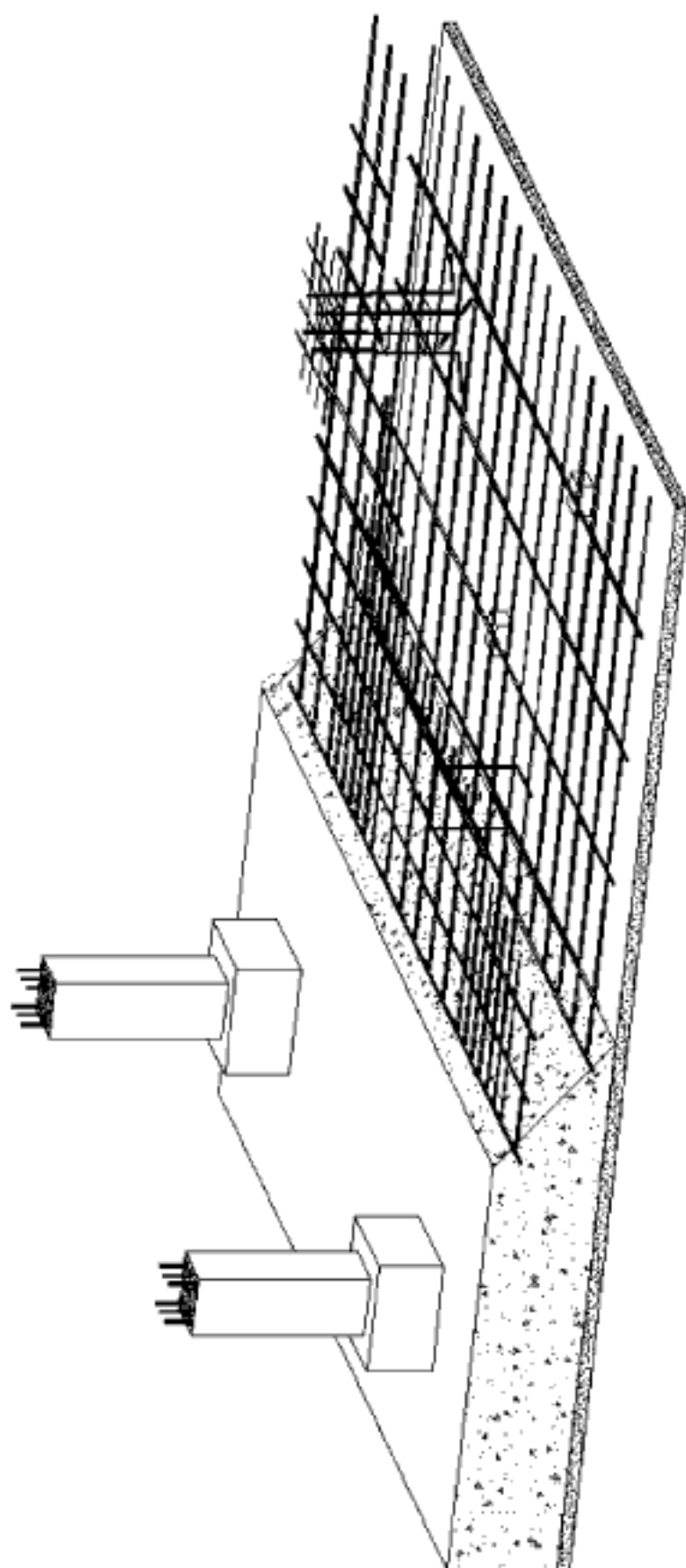


PLACA DE CIMENTACION CON REFUEZOS INFERIORES



Cuando efectuamos el **refuerzo por la parte superior de la placa**, colocaremos en el mismo una parrilla, anclada a la armadura superior de la placa.

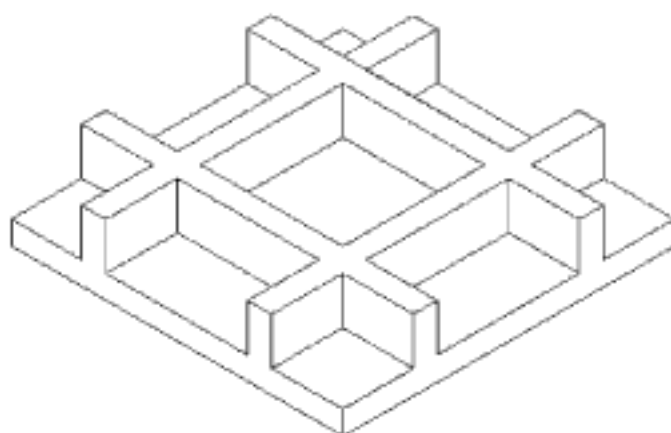




PLACA DE CIMENTACIÓN CON REFUERZO SUPERIOR

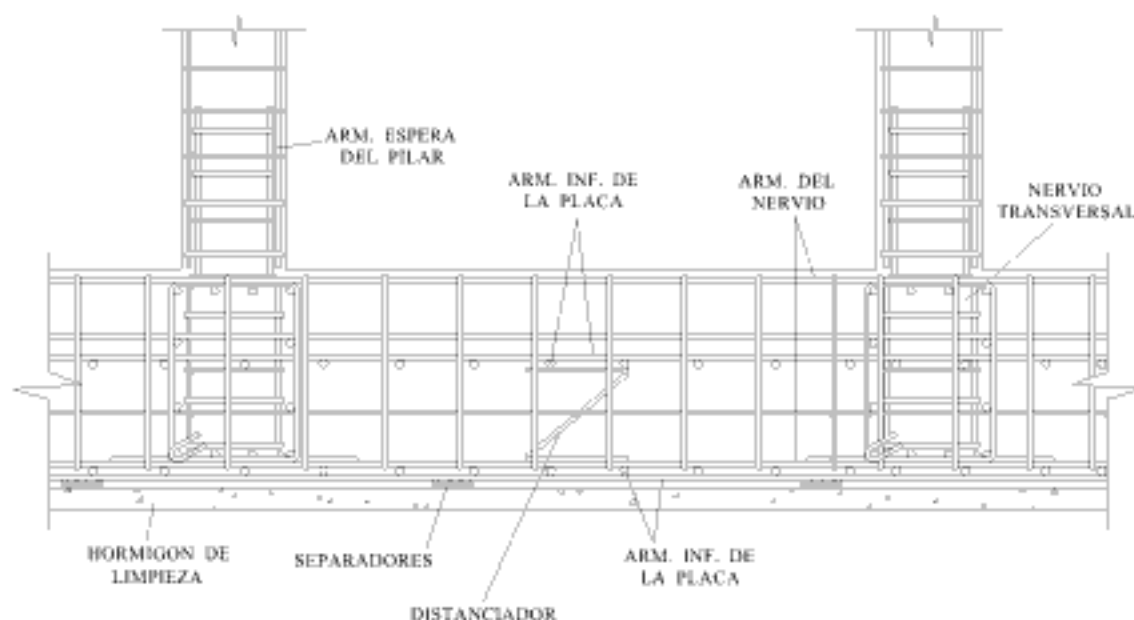
El armado de la **placa de cimentación nervada** es similar al de la placa de espesor constante, y lleva además nervios de refuerzo en ambas direcciones, formando cuadrículas.

Cuando la placa de cimentación es nervada, no es necesaria la armadura de punzonamiento ni el refuerzo entre pilares. En el caso de llevar armadura de refuerzo entre pilares, iría en la parte superior del nervio y sólo en la dirección longitudinal.

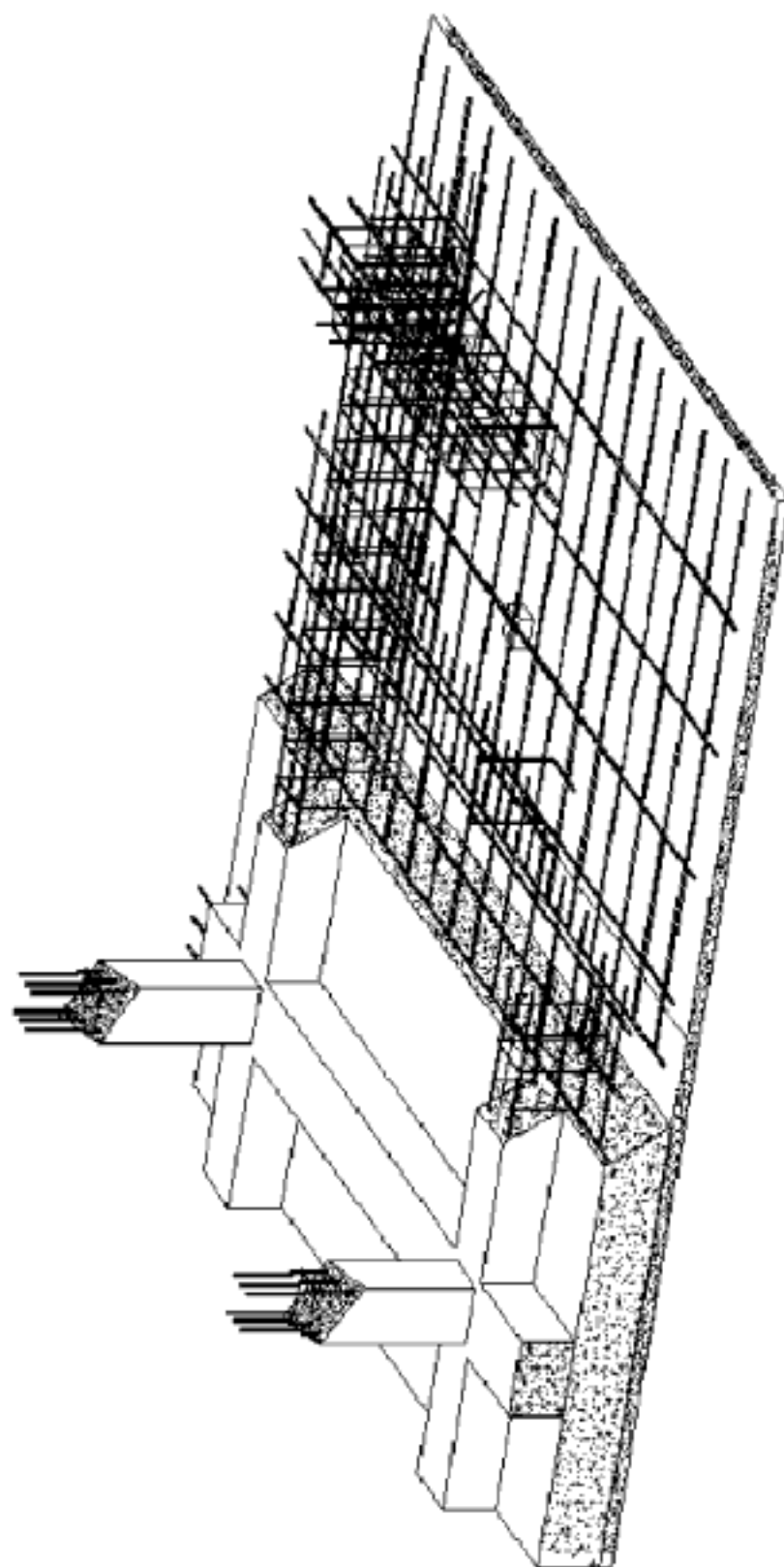


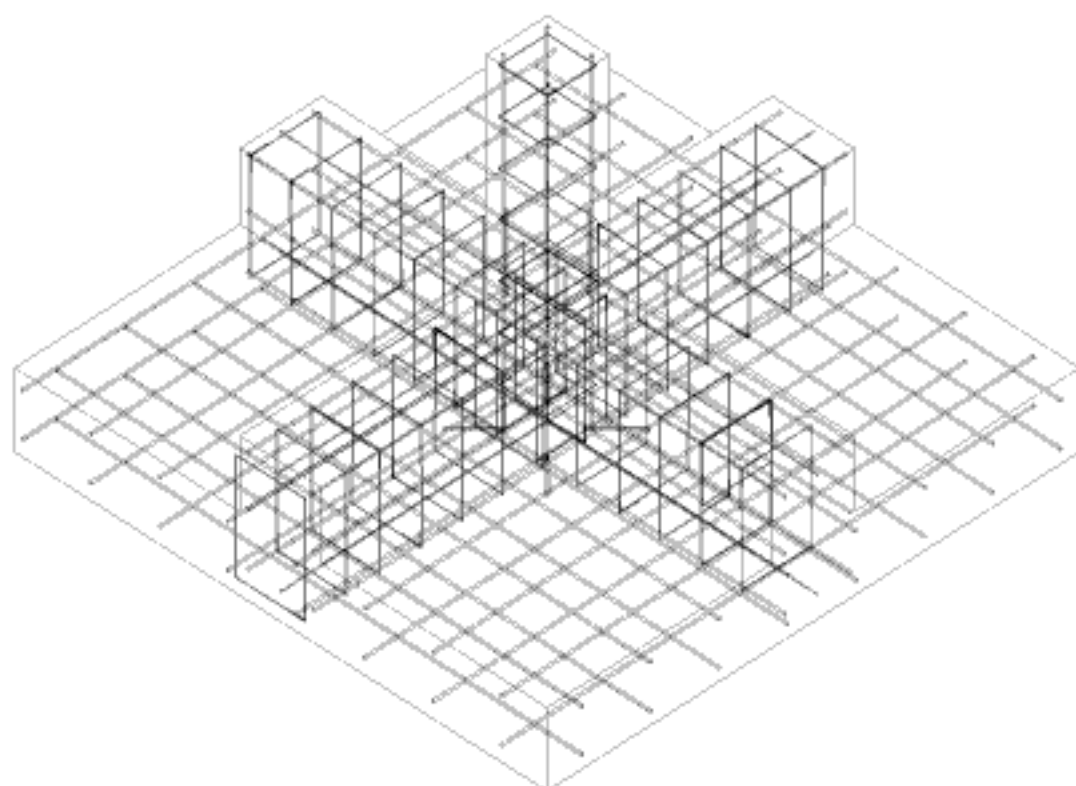
PLACA DE CIMENTACIÓN
NERVADA

PLACA DE CIMENTACIÓN NERVADA:

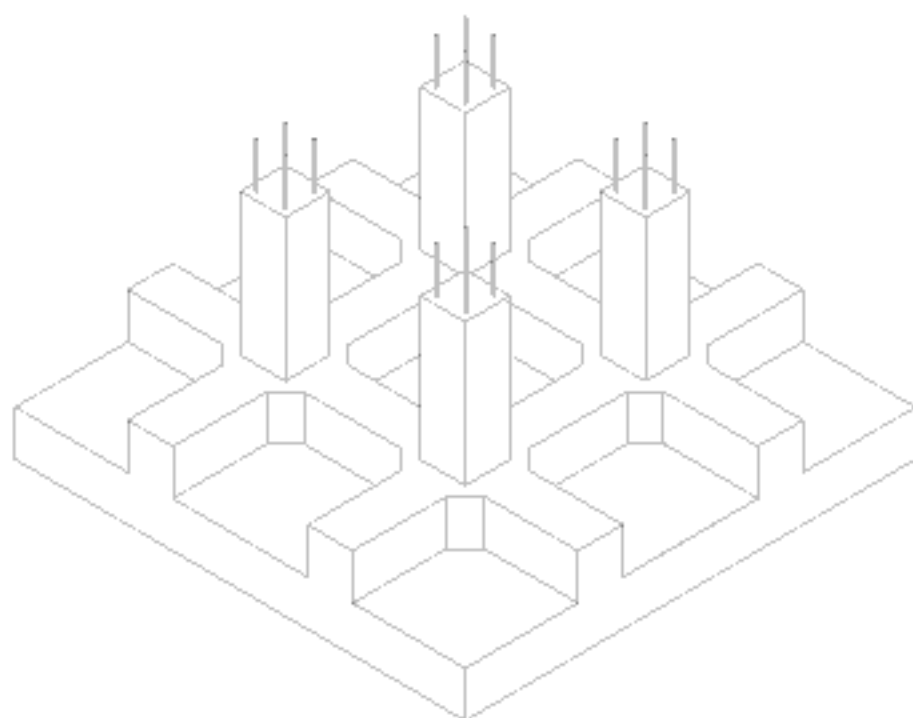


PLACA DE CIMENTACION NERVAIDA





Para absorber bien el cortante, los nervios pueden achaflanarse en las proximidades a los pilares, con lo cual reforzamos dicho encuentro y le damos mejor apoyo al pilar, sin ser necesaria armadura especial para estos chaflanes.



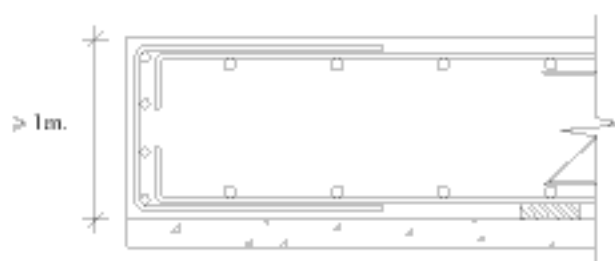
Los nervios también pueden sobresalir por la parte inferior de la placa, consiguiendo el mismo efecto, con las ventajas de evitar el encofrado de los mismos y quedar la parte superior de la placa horizontal, es decir, sin resaltos.

8.7.- DISPOSICIÓN DE SU ARMADURA.

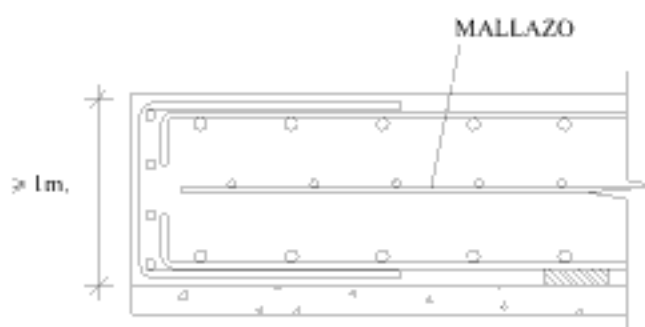
Las armaduras no deben ser de diámetro inferior a 12 mm., y no deben quedar separadas menos de 10 cm. ni más de 30 cm. Las dos caras de la losa deben quedar armadas en forma de malla en toda su superficie, y si el canto es superior a un metro debe disponerse malla también en las caras laterales.

Si el canto de la losa es superior a 1 m, habrá que armarla lateralmente con una cuadrícula; y en el caso de ser hormigonada en dos tongadas, teóricamente se debería colocar un mallazo.

LOSA CON CANTO MAYOR DE 1 m

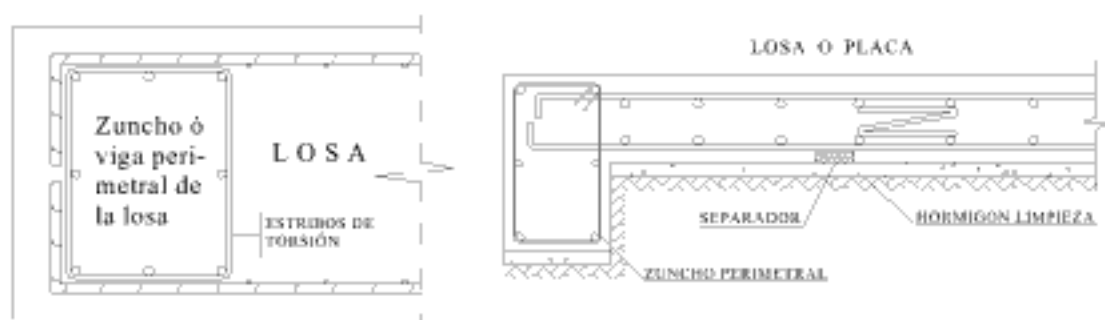


LOSA CON $H > 1$ m Y HORMIGONADA EN DOS TONGADAS

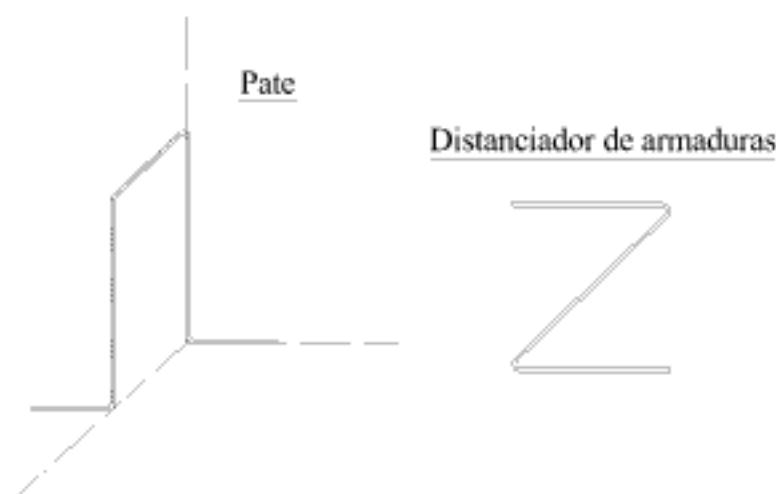


Los bordes de la losa han de ser reforzados con un zuncho o viga perimetral, ya que en esta zona es donde mayor asiento y donde mayores torsiones y cortantes se concentran, existiendo un peligro real de rotura.

Este zuncho debe hallarse debidamente estribado:



La sustentación a la altura requerida de la malla superior se consigue mediante distanciadores tipo "pates" o "borriquetas", que son elementos de ferralla que se intercalan entre ambas mallas de armadura que impiden que se desplacen.



Debe colocarse 10 cm. de hormigón de limpieza, sobre el que se dispone la armadura de cara inferior con los correspondientes separadores para asegurar un buen recubrimiento (3-4 cm.). El hormigonado debe hacerse sin interrupción, pero si son necesarias juntas de hormigonado deben dejarse en zonas alejadas de los pilares.

No se debe cortar (empalmar) armaduras en lugares de momento máximo.

De acuerdo a los diagramas de máximos momentos vistos anteriormente para la losa y para la viga o pórtico, deducimos que:

- en la parte superior de la losa puede cortarse la armadura cerca de los pilares.
- en la parte inferior la armadura puede cortarse en los centros de los vanos (lejos de los pilares).

En los dibujos insertados a continuación se efectúa un estudio comparativo de los diagramas de momentos flectores de un pórtico normal de un edificio (con las cargas de las jácenas y forjados sobre los pilares), con el diagrama de momentos flectores de una losa (donde las cargas son justamente al revés: pilares sobre la losa).

En este segundo diagrama, correspondiente al tema en estudio, observamos las zonas donde podrían cortarse o empalmarse las armaduras de la losa, correspondiendo siempre a las zonas de mínimos esfuerzos.

En estos empalmes de armadura, deberemos tener presente siempre las longitudes de solape o anclaje.

DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DE UN PÓRTICO

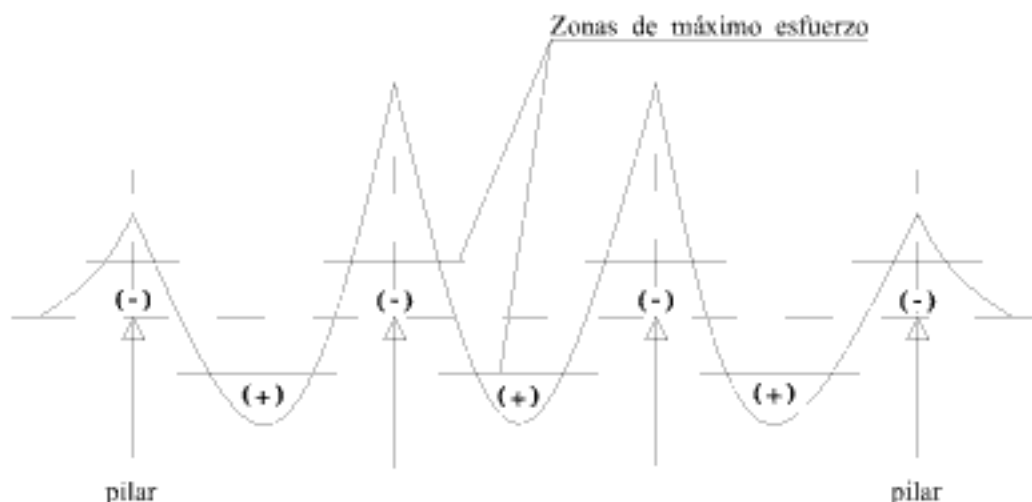
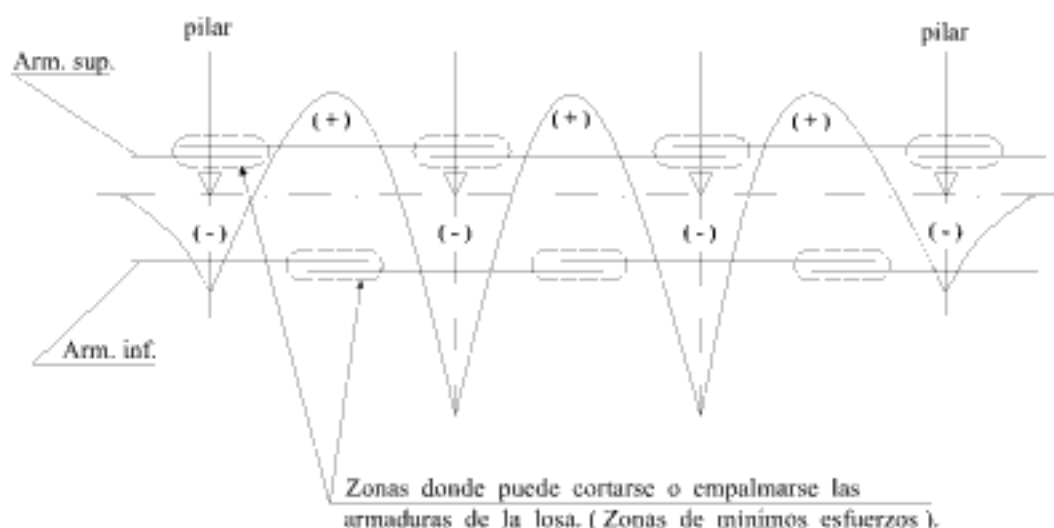
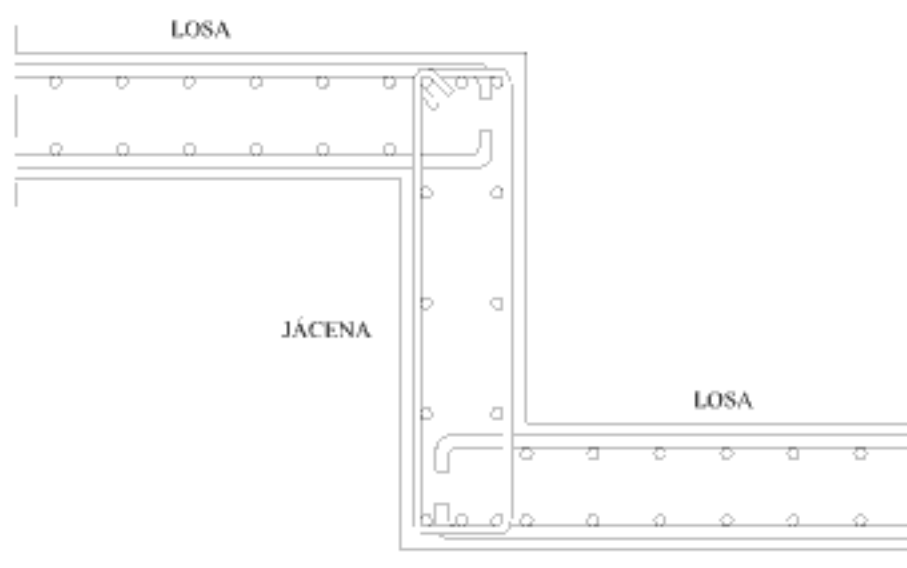


DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DE UNA LOSA



Cuando en una placa existen cambios de altura, la solución más cómoda y constructiva, consiste en colocar una jácena lo suficientemente alta para que ancle ambos extremos de la placa, tal como vemos en el detalle siguiente.



8.8.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LAS LOSAS Y PLACAS.

1.- Excavación de tierras hasta la profundidad deseada. Si fuese necesario se compactará el terreno con rodillo vibrante, con la precaución de evitar que las vibraciones afecten a las estructuras colindantes.

2.- Vertido del hormigón de limpieza, de espesor mínimo 10 cm. Si fuese necesario, previamente, se colocaría una capa de zahorra, etc.

3.- Replanteo de pilares y nervios de rigidización si existen.

4.- Colocación de la armadura inferior de la losa, colocada sobre calzos o separadores, colocando las parrillas de refuerzo (si existen) debajo de los pilares, atando e inmovilizando armaduras.

5.- Colocación de la armadura de espera de los pilares, la de los nervios si existen, los distanciadores de armaduras y la armadura de punzonamiento (caso de llevarla).

6.- Colocación de la malla superior apoyada sobre los distanciadores, situando en su sitio las barras flotantes de refuerzo superior entre pilares.

7.- Hormigonado de la losa por tongadas de 20 a 25 cm. de espesor, cosidas con el vibrador. Si la planta tuviese gran extensión podrá ejecutarse por fases, teniendo siempre la precaución de dejar armaduras salientes de los encofrados, para conectar con la fase siguiente. Se procurará que las juntas entre fases se sitúen a 3/4 de la luz entre pilares.

8.- Curado del hormigón.

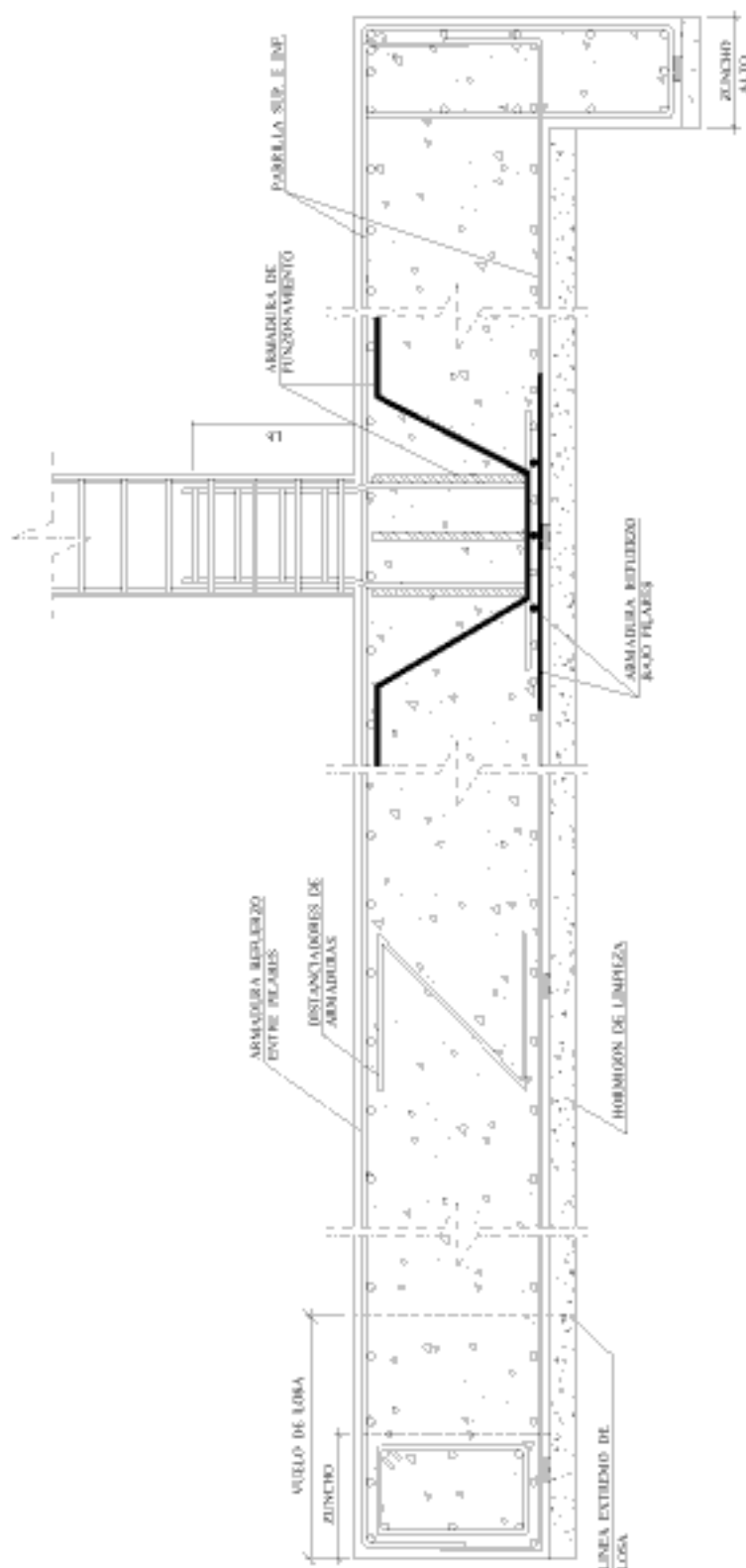
Detalle constructivo:

En el dibujo siguiente tenemos el armado completo de la placa de cimentación de canto uniforme, con las dos soluciones para evitar que puedan pandear los extremos de la misma.

- En el lado izquierdo podemos observar la solución de prolongar la placa hacia el exterior de la línea de pilares.

- En el lado derecho se ha adoptado la solución de colocar un zuncho más alto que el espesor de la placa. Esta solución es más viable que la anterior, ya que con aquélla habrá ocasiones en la que invadiríamos el terreno ajeno.

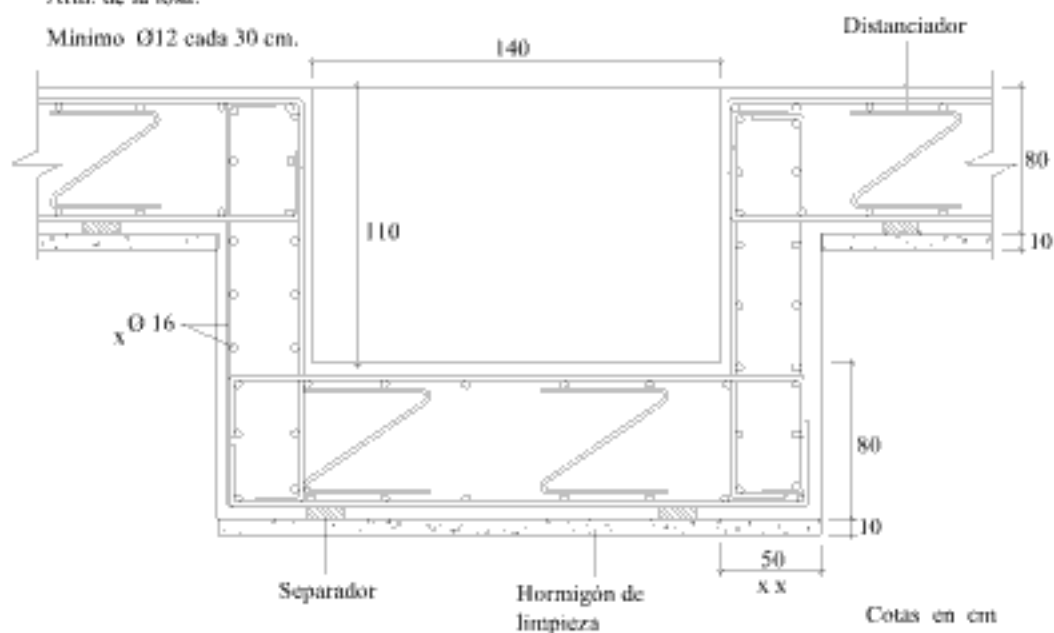
A continuación podemos observar una losa de canto constante en la cual el refuerzo entre pilares sólo va en dirección longitudinal, y no en las dos.



QUIEBRO EN LOSA DE CIMENTACIÓN : HUECO DE ASCENSOR

Arm. de la losa.

Mínimo Ø12 cada 30 cm.

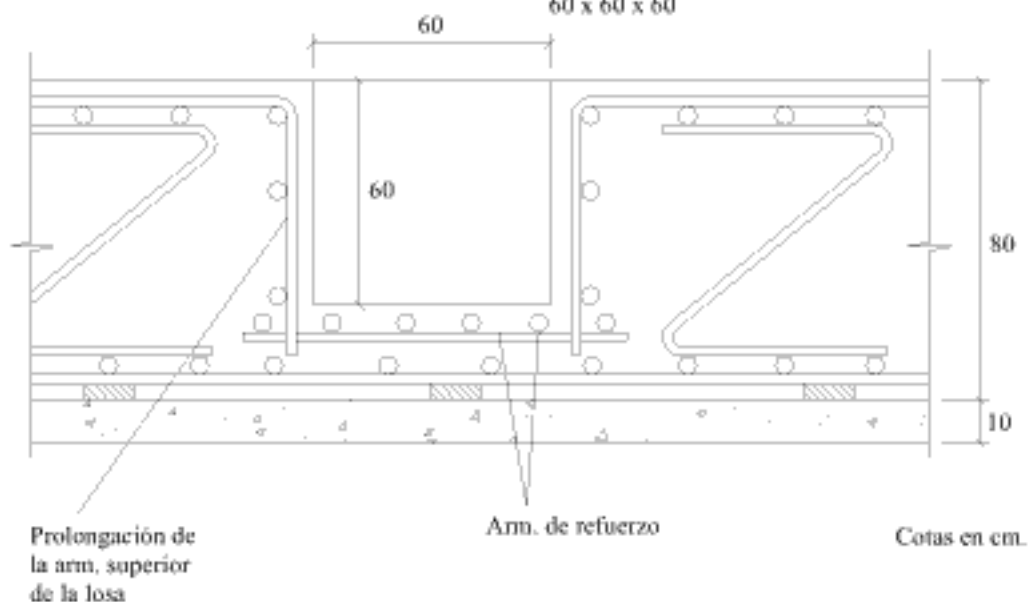


x El armado en el quiebro debe ser similar al de la losa

xx Esta cota debe ser > que la mitad del canto de la losa

QUIEBRO EN LOSA : ARQUETA DE DESAGÜE

Hueco de arqueta
60 x 60 x 60



TEMA 9.- CIMENTACIONES PROFUNDAS: PILOTES. DEFINICIONES Y TIPOLOGIAS SEGÚN EL CTE (SE-C)

En los apartados 9.1, 9.2, 9.3, 9.4 y 9.5 se transcribe el contenido del Código Técnico de la Edificación. DB. Seguridad Estructural. Cimientos. En los apartados posteriores se amplían conceptos, criterios de armados, técnicas de ejecución, etc.

9.1.- DEFINICIONES

1.- A efectos de este Documento Básico se considerará que una cimentación es profunda si su extremo inferior, en el terreno, está a una profundidad superior a 8 veces su diámetro o ancho.

2.- Cuando la ejecución de una cimentación superficial no sea técnicamente viable, se debe contemplar la posibilidad de realizar una cimentación profunda.

3.- Las cimentaciones profundas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

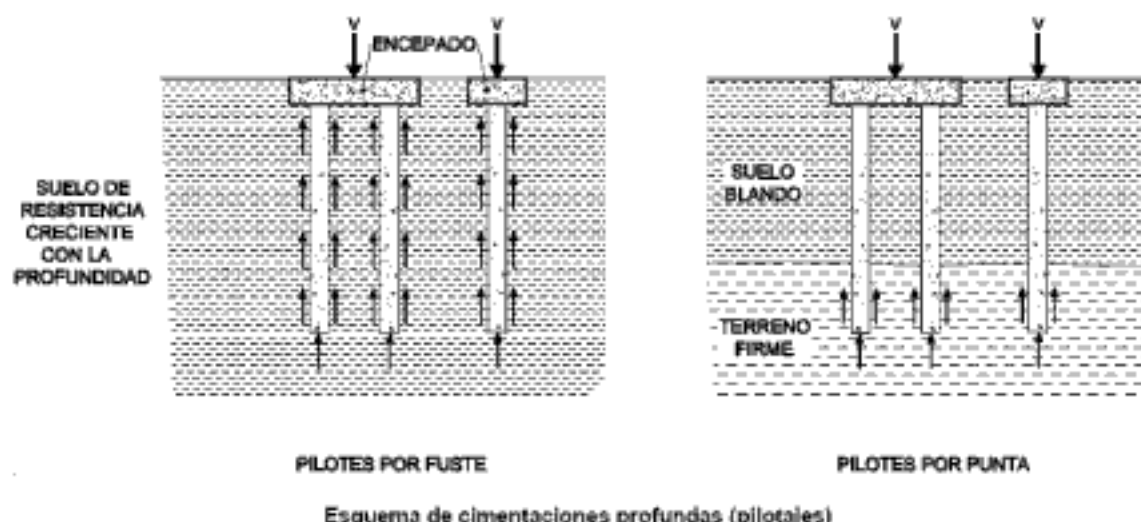
- a) pilote aislado: aquél que está a una distancia lo suficientemente alejada de otros pilotes como para que no tenga interacción geotécnica con ellos.
- b) grupo de pilotes: son aquellos que por su proximidad interaccionan entre sí o están unidos mediante elementos estructurales lo suficientemente rígidos, como para que trabajen conjuntamente.
- c) zonas pilotadas: son aquellas en las que los pilotes están dispuestos con el fin de reducir asientos o mejorar la seguridad frente a hundimiento de las cimentaciones. Suelen ser pilotes de escasa capacidad portante individual y están regularmente espaciados o situados en puntos estratégicos.
- d) micropilotes: son aquellos compuestos por una armadura metálica formada por tubos, barras o perfiles introducidos dentro de un taladro de pequeño diámetro, pudiendo estar o no inyectados con lechada de mortero a presión más o menos elevada.

9.2.- TIPOLOGIAS

Por su forma de trabajo

En cuanto a la forma de trabajo, los pilotes tal como se detalla en la figura siguiente, se clasifican en:

- a) pilotes por fuste: en aquellos terrenos en los que al no existir un nivel claramente más resistente, al que transmitir la carga del pilotaje, éste transmitirá su carga al terreno fundamentalmente a través del fuste. Se suelen denominar pilotes “flotantes”.
- b) pilotes por punta: en aquellos terrenos en los que al existir, a cierta profundidad, un estrato claramente más resistente, las cargas del pilotaje se transmitirán fundamentalmente por punta. Se suelen denominar pilotes “columna”.



Por el tipo de pilote

Los pilotes pueden ser de naturaleza y forma variada. En general siempre será un elemento aproximadamente prismático cuya longitud es mucho mayor que la dimensión transversal media.

Para diferenciar los tipos de pilotes se pueden utilizar los siguientes criterios: por el tipo de material del pilote, por la forma de su sección transversal y por el procedimiento constructivo.

Por el tipo de material del pilote

Para la construcción de pilotes se podrán utilizar los siguientes materiales:

- a) hormigón "in situ": se ejecutarán mediante excavación previa, aunque también podrán realizarse mediante desplazamiento del terreno o con técnicas mixtas (excavación y desplazamiento parcial).
- b) hormigón prefabricado: podrá ser hormigón armado (hormigones de alta resistencia) u hormigón pretensado o postensado.
- c) acero: se podrá utilizar secciones tubulares o perfiles en doble U o en H. Los pilotes de acero se deben hincar con azuches (protecciones en la punta) adecuados.
- d) madera: se podrá utilizar para pilotar zonas blandas amplias, como apoyo de estructuras con losa o terraplenes.
- e) mixtos: como los de acero tubular rodeados y rellenos de mortero.

Por la forma de la sección transversal

La forma de la sección transversal del pilote podrá ser circular o casi circular (cuadrada, hexagonal u octogonal) de manera que no sea difícil asimilar la mayoría de los pilotes a elementos cilíndricos de una cierta longitud L y de un cierto diámetro D .

Por el procedimiento constructivo

- 1.- De forma general, atendiendo al modo de colocar el pilote dentro del terreno, se considerarán los siguientes:
 - a) pilotes prefabricados hincados: la característica fundamental de estos pilotes estriba en el desplazamiento del terreno que su ejecución puede inducir, ya que el pilote se introduce en el terreno sin hacer excavaciones previas que faciliten su alojamiento en el terreno.
 - b) pilotes hormigonados "in situ": son aquellos que se ejecutan en excavaciones previas realizadas en el terreno.
- 2.- También podrán ejecutarse pilotes de carácter intermedio entre los dos anteriores, tales como los hincados en preexcavaciones parciales de menor longitud y mayor diámetro que el pilote.

Pilotes prefabricados hincados

- 1.- Las formas de hincar pilotes pueden ser diferentes según se use vibración o se emplee, como suele ser más frecuente, la hincada o percusión con golpes de maza. A efectos de este Documento Básico se considerará el pilote prefabricado hincado de directriz recta cuya profundidad de hincada sea mayor a 8 veces su diámetro equivalente.
- 2.- Los pilotes hincados podrán estar constituidos por un único tramo, o por la unión de varios tramos, mediante las correspondientes juntas, debiéndose, en estos casos, considerar que la resistencia a flexión, compresión y tracción del pilote nunca será superior a la de las juntas que unan sus tramos.
- 3.- Los pilotes prefabricados hincados se podrán construir aislados siempre que se realice un arriostramiento en dos direcciones ortogonales y que se demuestre que los momentos resultantes en dichas direcciones son nulos o bien absorbidos por la armadura del pilote o por las vigas riostras.

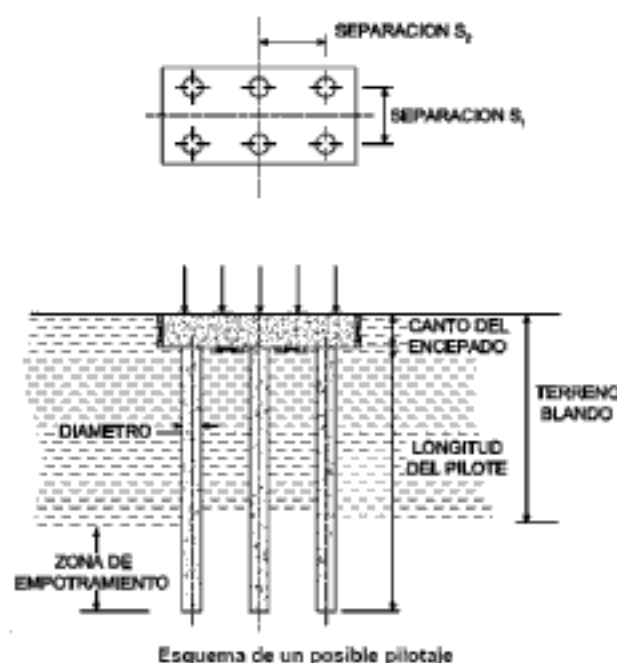
Pilotes hormigonados "in situ".

- 1.- A efectos de este DB se diferencian los siguientes tipos:
 - pilotes de desplazamiento con azuche
 - pilotes de desplazamiento con tapón de gravas
 - pilotes de extracción con entubación recuperable
 - pilotes de extracción con camisa perdida
 - pilotes de extracción sin entubación con lodos tixotrópicos
 - pilotes barrenados sin entubación
 - pilotes barrenados hormigonados por el tubo central de la barrena

- pilotes de desplazamiento por rotación.
- 2.- Para los pilotes hormigonados "in situ" se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:
 - a) diámetro $< 0,45$ m: no se deben ejecutar pilotes aislados, salvo en elementos de poca responsabilidad en los que un posible fallo del elemento de cimentación no tenga una repercusión significativa.
 - b) $0,45\text{m} < \text{diámetro} < 1,00$ m: se podrán realizar pilotes aislados siempre que se realice un arriostramiento en dos direcciones ortogonales y se asegure la integridad del pilote en toda su longitud de acuerdo con los métodos de control habituales.
 - c) diámetro $> 1,00$ m: se podrán realizar pilotes aislados sin necesidad de arriostramientos siempre y cuando se asegure la integridad del pilote en toda su longitud y el pilote se arme para las excentricidades permitidas y momentos resultantes.
- 3.- Para la selección del tipo de pilote se tendrán en cuenta las indicaciones recogidas en el apartado de condiciones constructivas, que veremos más adelante.

9.3.- CONFIGURACION GEOMETRICA DE LA CIMENTACION

- 1.- En el proyecto, la disposición geométrica de una cimentación por pilotes se realizará tanteando diferentes disposiciones de pilotes hasta alcanzar una situación óptima. Cuando se trate de analizar una situación ya existente, será imprescindible conocer los datos geométricos de la disposición de los pilotes.
- 2.- Los datos geométricos de mayor interés para analizar el comportamiento de un pilote aislado son la longitud dentro del terreno y su diámetro, o la ley de variación de su diámetro si es que éste no fuera constante.
- 3.- En los grupos de pilotes será necesario tener en cuenta además su distribución geométrica, en particular su separación, tal como se detalla en la figura siguiente.



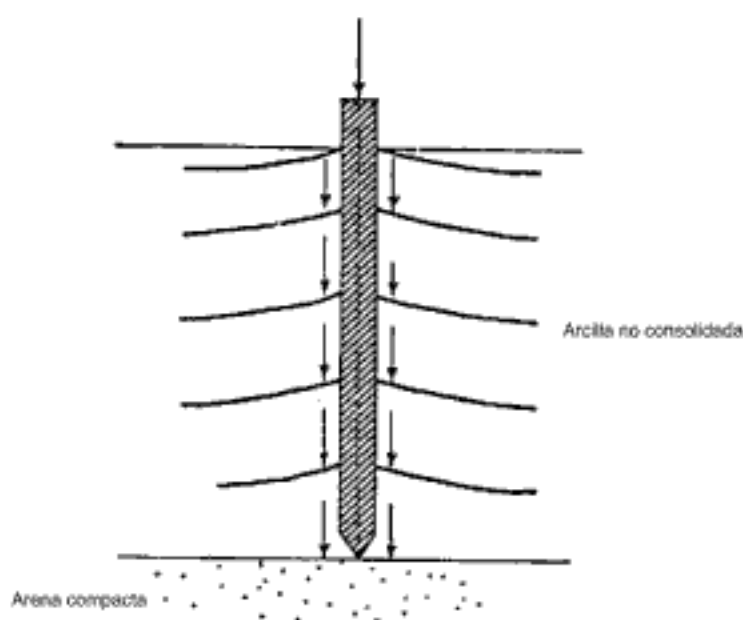
- 4.- De cada pilote se debe conocer su sección transversal y su ubicación dentro del encepado. Normalmente, los pilotes serán de igual longitud; en caso contrario, habrá de considerarse en los cálculos de detalle.

9.4.- ACCIONES A CONSIDERAR

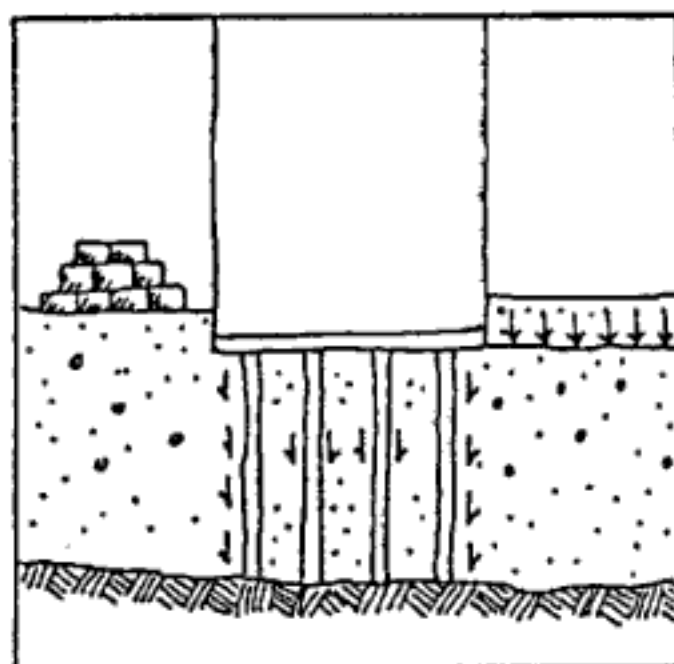
- 1.- Además de las acciones de la estructura sobre la cimentación se tendrá en cuenta que los pilotes puedan estar sometidos a efectos "parásitos" inducidos por acciones derivadas por el movimiento del propio terreno de cimentación.
- 2.- Debe considerarse la forma y dimensiones del encepado a fin de incluir su peso, así como el de las tierras o aquello que pueda gravitar sobre éste, en el cómputo de acciones.
- 3.- En su caso, se especificará el nivel del terreno alrededor del pilotaje. En aquellos casos en los que pueda existir socavación habrá que considerar al menos, con carácter accidental, la situación correspondiente a la máxima prevista.

Rozamiento negativo

- 1.- La situación de rozamiento negativo se produce cuando el asiento del terreno circundante al pilote es mayor que el asiento del pilote. En esta situación, el pilote soporta, además de la carga que le transmite la estructura, parte del peso del terreno. Como consecuencia, el rozamiento negativo hace que aumente la carga total de compresión que el pilote tiene que soportar.



Comportamiento estático de un pilote en presencia de terrenos no consolidados (rozamiento negativo).

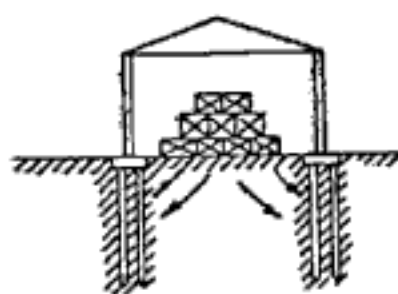


Rozamiento negativo

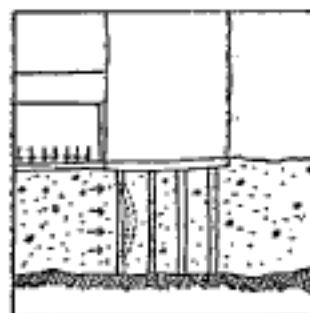
- 2.- Debe estudiarse el posible desarrollo de rozamiento negativo cuando se dé alguna de las circunstancias siguientes:
 - a) consolidación por su propio peso de rellenos o niveles de terreno de reciente deposición.
 - b) consolidación de niveles compresibles bajo sobrecargas superficiales
 - c) variaciones del nivel freático
 - d) humectación de niveles colapsables
 - e) asientos de materiales granulares inducidos por cargas dinámicas (vibraciones, sismo)
 - f) subsidencias inducidas por excavaciones o disolución de materiales profundos.
- 3.- La identificación del problema puede realizarse comparando, mediante un cálculo previo, los asientos del terreno y del pilote. En general es suficiente una pequeña diferencia de asientos para que se produzca la situación de rozamiento negativo. Un asiento de 1cm. puede producir ya efectos notables.
- 4.- El rozamiento lateral por fuste se puede reducir notablemente en pilotes prefabricados (hormigón, metálicos o madera), tratándolo mediante pinturas bituminosas.
- 5.- Los pilotes exteriores de los grupos de pilotes deben considerarse sometidos al mismo rozamiento negativo que si estuviesen aislados, especialmente los situados en las esquinas.

Empujes horizontales causados por sobrecargas

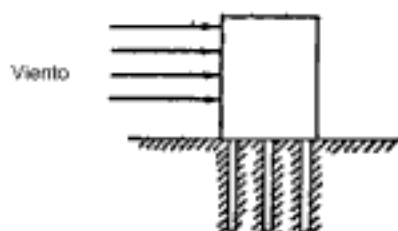
- 1.- Cuando existan suelos blandos en profundidad, las cargas colocadas en superficie producen desplazamientos horizontales del terreno que pueden afectar negativamente a las cimentaciones, tal como se detalla en las siguientes figuras.



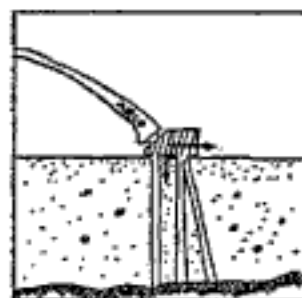
Cargas en nave



Empujes laterales

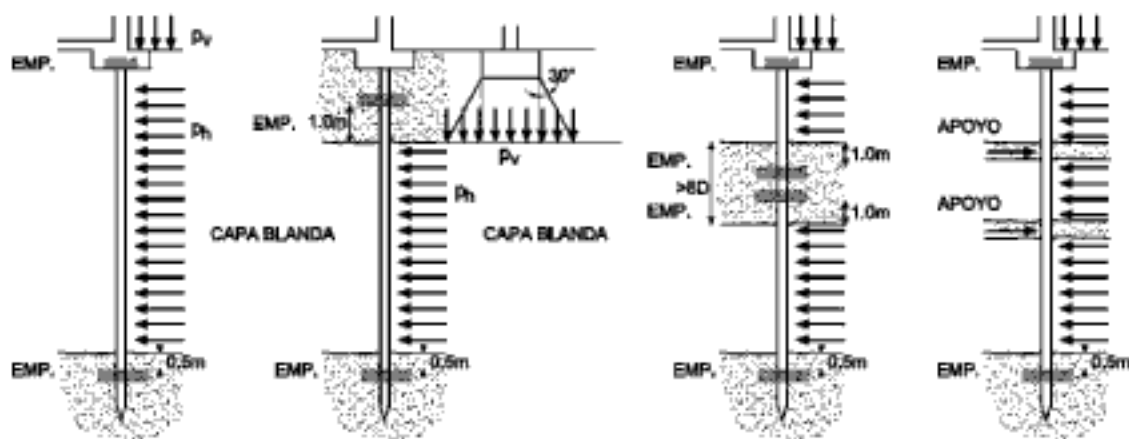


Viento



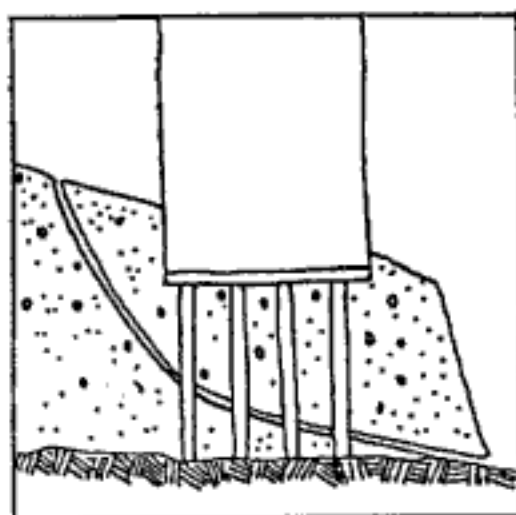
Cargas horizontales

Por tanto, si en ese tipo de terreno se proyecta un edificio contiguo a una construcción pilotada, debe evitarse una cimentación superficial, puesto que el empuje lateral del terreno presionado por las zapatas, produce efectos negativos sobre los pilotes, tal como se detalla a continuación.



Condiciones de apoyo para el cálculo de esfuerzos horizontales en los pilotes

- 2.- Los pilotes ejecutados en taludes pueden estar sometidos también a cargas horizontales importantes.



- 3.- A efectos de este DB podrá prescindirse de la consideración de los empujes horizontales sobre los pilotes siempre que la máxima componente de estos empujes sea inferior al 10% de la carga vertical compatible con ella.
- 4.- El estudio del efecto de los empujes horizontales requiere un análisis de interacción terreno-pilote, que será necesario realizar con tanto más detalle cuanto más crítico resulte el problema.

Otras consideraciones

- 1.- Las formas de fallo de una cimentación profunda pueden ser de muy diverso tipo. Los tipos de rotura más comunes, y que en cualquier caso deben verificarse son:
 - a) estabilidad global
 - b) hundimiento
 - c) rotura por arrancamiento
 - d) rotura horizontal del terreno bajo cargas del pilote
 - e) capacidad estructural del pilote

Estabilidad global. El conjunto de la estructura y su cimentación pilotada pueden fallar mediante un mecanismo de rotura aún más profundo que la cimentación o que, no siendo tan profundo, pudiera cortar los pilotes por su fuste.

Hundimiento. Se podrá producir este modo de rotura cuando la carga vertical sobre la cabeza del pilote supere la resistencia del terreno causando asientos desproporcionados.

Rotura por arrancamiento. Los pilotes podrán utilizarse para soportar cargas de tracción en su cabeza. Si estas cargas exceden la resistencia de arrancamiento, el pilote se desconecta del terreno, rompiendo su unión y produciéndose el consiguiente fallo.

Rotura horizontal del terreno bajo cargas del pilote. Cuando las cargas horizontales aplicadas en los pilotes producen en el terreno tensiones que éste no puede soportar, se producen deformaciones excesivas o incluso, si el pilote es corto y suficientemente resistente como estructura, el vuelco del mismo.

Capacidad estructural del pilote. Las cargas transmitidas a los pilotes en su cabeza inducen esfuerzos en los mismos que pueden dañar su estructura: esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores a lo largo de su eje.

- 2.- Se tendrán en cuenta otros efectos que pueden afectar a la capacidad portante o aptitud de servicio de la cimentación. Entre los posibles problemas que puedan presentarse se hará una consideración expresa de los siguientes:
 - a) influencia de la hincada de pilotes prefabricados en estructuras o edificaciones cercanas
 - b) ataques del medio ambiente al material del pilote con la consiguiente merma de capacidad. Se debe prestar una atención especial al efecto de la corrosión del acero en las zonas batidas por la carrera de marea o por las oscilaciones del nivel freático
 - c) posible expansividad del terreno que pueda provocar el problema inverso al rozamiento negativo, causando el levantamiento de la cimentación
 - d) posible heladicidad del terreno, que pudiera afectar a encepados poco empotrados en el terreno.
 - e) protección contra la helada en las cabezas de los pilotes recién construidos
 - f) posible ataque químico del terreno o de las aguas a los pilotes
 - g) posible modificación local del régimen hidrogeológico por conexión de acuíferos ubicados a distinta profundidad que podrían quedar conectados al ejecutar los pilotes
 - h) posible contaminación medioambiental por la utilización de lodos o polímeros durante la excavación de pilotes de hormigón in situ
 - i) estabilidad de los taludes de las excavaciones y plataformas realizadas para construir el pilotaje
 - j) desprendimientos sobre la cabeza del pilote recién construido, debidos a la diferencia de cota entre el pilote terminado y la plataforma de trabajo, así como desprendimientos o contaminaciones causadas por la limpieza de la plataforma, especialmente en el caso de pilotes de hélice continua, en los que es necesaria la limpieza de la cabeza para la introducción de la armadura
 - k) mala limpieza del fondo de las excavaciones de los pilotes perforados
 - l) problemas de colapso de suelos que tengan estructura metaestable
 - m) posibles efectos sísmicos
 - n) posible pérdida de capacidad portante por socavación de pilotajes
- 3.- No se considerará el efecto grupo de pilotes, para una separación entre ejes de pilotes igual o mayor a 3 diámetros. A partir de grupos de 4 pilotes se debe considerar que la proximidad entre los pilotes se traduce en una interacción entre ellos.
- 4.- En los pilotes sometidos a tracción (arrancamiento) se debe prestar un especial cuidado a los problemas de posible corrosión.

9.5.- CONDICIONES CONSTRUCTIVAS

Pilotes hormigonados “in situ”

- 1.- Los pilotes hormigonados al amparo de entubaciones metálicas (camisas) recuperables deben avanzar la entubación hasta la zona donde el terreno presente paredes estables, debiéndose limpiar el fondo. La entubación se retirará al mismo tiempo que se hormigone el pilote, debiéndose mantener durante todo este proceso un resguardo de al menos 3 m. de hormigón fresco por encima del extremo inferior de la tubería recuperable.
- 2.- En los casos en los que existan corrientes subterráneas capaces de producir el lavado del hormigón y el corte del pilote o en terrenos susceptibles de sufrir deformaciones debidas a la presión lateral ejercida por el hormigón se debe considerar la posibilidad de dejar una camisa perdida.
- 3.- Cuando las paredes del terreno resulten estables, los pilotes podrán excavarse sin ningún tipo de entubación (excavación en seco), siempre y cuando no exista riesgo de alteración de las paredes ni del fondo de la excavación.
- 4.- En el caso de paredes en terrenos susceptibles de alteración, la ejecución de pilotes excavados con o sin entubación, debe contemplar la necesidad o no de usar lodos tixotrópicos para su estabilización.
- 5.- El uso de lodos tixotrópicos podrá también plantearse como método alternativo o complementario a la ejecución con entubación recuperable siempre que se justifique adecuadamente.
- 6.- En el proceso de hormigonado se debe asegurar que la docilidad y fluidez del hormigón se mantiene durante todo el proceso de hormigonado, para garantizar que no se produzcan fenómenos de atascos en el tubo Tremic, o bolsas de hormigón segregado o mezclado con el lodo de perforación.
- 7.- El cemento a utilizar en el hormigón de los pilotes se ajustará a los tipos definidos en la instrucción vigente para la Recepción de Cemento.
- 8.- En los pilotes barrenados la entubación del terreno la produce el propio elemento de excavación (barrena o hélice continua). Una vez alcanzado el fondo, el hormigón se coloca sin invertirle sentido de la barrena y en un movimiento de extracción del útil de giro de la perforación. La armadura del pilotaje se introduce a posteriori, hincándola en el hormigón aún fresco hasta alcanzar la profundidad de proyecto, que será como mínimo de 6 metros ó 9 diámetros.
- 9.- A efectos de este DB no se deben realizar pilotes de barrena continua cuando:
 - a) se consideren pilotes aislados, salvo que se efectúen con registro continuo de parámetros de perforación y hormigonado, que aseguren la continuidad estructural del pilote
 - b) la inclinación del pilote sea mayor de 6°, salvo que se tomen medidas para controlar el diseccionado de la perforación y la colocación de la armadura.
 - c) existan capas de terreno inestable con un espesor mayor que 3 veces el diámetro del pilote, salvo que pueda demostrarse mediante pilotes de prueba que la ejecución es satisfactoria.
- 10.- En relación con el apartado anterior, se considerarán terrenos inestables los siguientes: terrenos uniformes no cohesivos, terrenos flojos no cohesivos y terrenos blandos cohesivos.

- 11.- No se considera recomendable ejecutar pilotes con barrena continua en zonas de riesgo sísmico o que trabajen a tracción salvo que se pueda garantizar el armado en toda su longitud y el recubrimiento de la armadura.
- 12.- Para la ejecución de pilotes hormigonados "in situ" se consideran adecuadas las especificaciones constructivas con relación a este tipo de pilotes, recogidas en la norma UNE-EN 1536:2000.

Pilotes prefabricados hincados

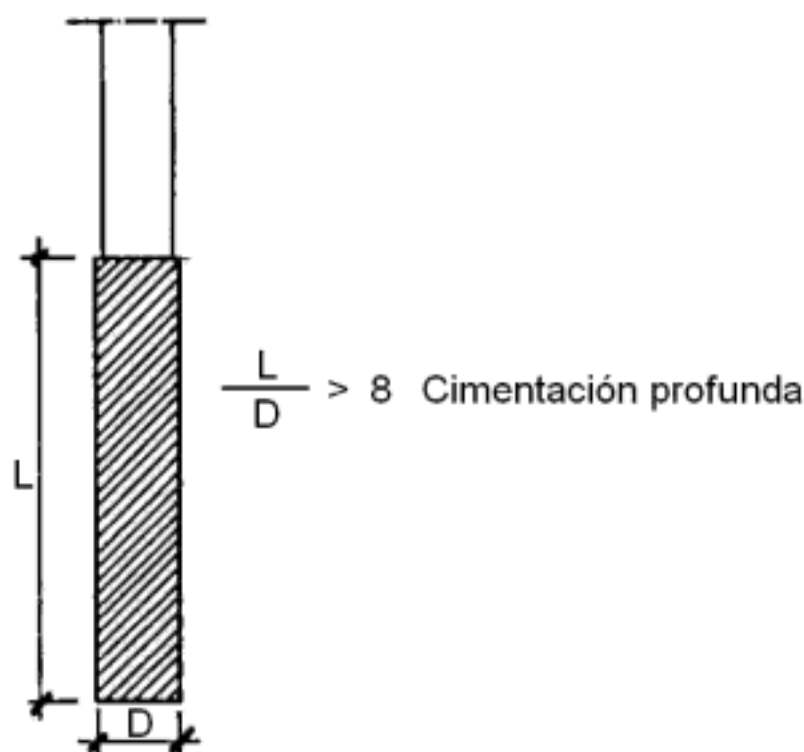
Para la ejecución de los pilotes prefabricados se consideran adecuadas las especificaciones constructivas recogidas con relación a este tipo de pilotes en la norma UNE-EN 12699:2001.

9.6.- CIMENTACIÓN PROFUNDA. GENERALIDADES.

La cimentación profunda nace de la necesidad de resolver el problema de sustentar estructuras cuando las capas superficiales del terreno son de baja calidad. Es necesario buscar capas profundas, más o menos firmes, sobre las que transferir las cargas de aquél.

Las cimentaciones profundas se ejecutan desde la superficie, no se ven, y sirven para soportar cargas o para contener tierras.

Cuando la relación entre la profundidad y el ancho de la base de un cimiento es mayor que 8, calificamos a la cimentación como profunda.



Dentro de las cimentaciones profundas vamos a estudiar los pilotes y los muros pantalla.

9.7.- APLICACIÓN DE ESTE TIPO DE CIMENTACIONES.

Son recomendables las cimentaciones profundas:

- Cuando el firme está profundo o no es alcanzable por medios corrientes.
- Cuando la naturaleza del terreno exige una entibación continua.
- Cuando hay que bajar a cotas inferiores a la del nivel freático

9.8.- PILOTES. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN.

Definición:

Los pilotes son elementos estructurales lineales de cimentación de gran longitud, comparada con su sección transversal, que se hincan o se construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno y son capaces de recoger cargas de la superficie y transmitir las a capas más profundas.

Ante la necesidad de apoyar una carga aislada sobre un terreno sin firme, o si lo hay, difícilmente accesible, se recurre al empleo de pilotes de cimentación, de los que existen grandes variedades, según sus formas de trabajo o sus procedimientos de ejecución.

Los pilotes son tan antiguos como la arquitectura, inicialmente en forma de estacas o pilotes hincados, posteriormente los metálicos y hacia 1939 comenzaron a utilizarse los pilotes de hormigón.

Actualmente los pilotes alcanzan grandes profundidades de 50 m o más, y diámetros hasta 4m, con cargas por encima de las 2.000 toneladas.

Aplicación:

Las cimentaciones por pilotes se utilizan cuando:

- La carga transmitida por el elemento estructural no puede ser distribuida a través de una cimentación superficial, o bien, que sin sobrepasar la capacidad portante del terreno, los asentamientos sean mayores que lo aceptable.
- Cuando exista a cierta profundidad un estrato resistente que no podamos alcanzarlo con los medios existentes, y si lo podamos alcanzar de forma económica mediante el empleo de pilotaje.
- Cuando el terreno es susceptible de sufrir, superficialmente, grandes variaciones estacionales: hinchamientos y retracciones.
- Cuando la naturaleza del terreno (suelos flojos, marismas, rellenos, etc.) exija una entibación continua.
- En edificios cimentados sobre el agua o en terrenos en que exista gran cantidad de ésta, o hay que profundizar por debajo del nivel freático.
- Cuando sea necesario resistir cargas inclinadas y horizontales de importancia y sea necesaria la colocación de pilotes inclinados.

- Cuando la cimentación pueda ser solicitada a tracción, por ejemplo en edificios de gran altura a causa de la acción del viento, etc.
- Para cargas muy fuertes y concentradas (edificios muy altos sobre pocos pilares).

La construcción de estas cimentaciones requiere, normalmente, la utilización de considerables medios auxiliares (máquinas de hinca, perforadoras, grúas para la colocación de las armaduras, equipos de hormigonado, etc.) que deben estudiarse y elegirse adecuadamente para llegar a una solución óptima desde el punto de vista económico.

En el proyecto y en la construcción de una cimentación por pilotes conviene **tener en cuenta:**

- 1.- En la fase previa al proyecto habrá que seleccionar, en función de las circunstancias especiales que inciden en cada caso, el material a utilizar, el tipo de pilotes y el método de puesta en obra. Afortunadamente existen suficientes tipos de pilotes para escoger.
- 2.- En la fase del proyecto habrá que estudiar la cimentación desde el punto de vista geotécnico (cargas de hundimiento, asentos, etc.) y estructural (distribución de cargas, cálculo de pilotes, encepados y vigas de arriostamiento).
- 3.- En la fase de construcción es importante llevar un buen control de la misma debido a que:
 - El pilote es un elemento que queda enterrado y no es accesible a una observación directa.
 - En el caso de pilotes moldeados in situ, el hormigonado se realiza en condiciones difíciles.
 - Los pilotes son elementos a los que se les suele confiar cargas importantes, y el fallo de uno de ellos puede causar serios daños a la estructura del edificio.

En cuanto a la **selección del tipo de pilote** más adecuado juega un papel muy importante las condiciones que impone el suelo. Por ejemplo:

- En terrenos con agua o nivel freático alto, suelos granulares de baja capacidad portante superficial, arenas sueltas, limos, arcillas, son interesantes los pilotes hincados prefabricados.
- En terrenos donde hay bolos de grandes dimensiones o capas cementadas entre estratos blandos, no son indicados los pilotes prefabricados y sí los "in situ".
- En terrenos de relleno o superficialmente muy blandos, situados sobre estratos duros, se usan pilotes que trabajan preferentemente por punta (incluso pueden tener la base ensanchada).
- En subsuelos de resistencia media hasta gran profundidad, se utilizan pilotes que trabajan primordialmente por rozamiento entre el suelo y el fuste. También resisten algo en punta, tanto más cuanto más se haya ensanchado la base.

9.9.- CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO.

Una vez seleccionado el tipo de pilote y los posibles diámetros, el cálculo comprende las fases siguientes:

- 1.- Determinación de la carga de hundimiento del pilote aislado para diversas longitudes de implantación, hasta lograr un aprovechamiento de la resistencia nominal.
- 2.- Estimación de los asientos correspondientes a la carga admisible o de trabajo.
- 3.- Estimación de la carga admisible de los pilotes en grupo y de los asientos asociados.
- 4.- Dimensionado estructural del pilote.
- 5.- Dimensionado de elementos auxiliares como encepados, vigas riostras, etc.

Los pilotes se pueden calcular para resistir por punta o por fuste, la verdad es que luego, puestos en carga, "resisten como pueden", parte por punta y parte por fuste.

En cuanto a la longitud que debe tener el pilote, viene dada en función de los resultados del estudio geotécnico, realizado previamente, que nos dará una serie de datos y ensayos que nos fijarán la profundidad de los pilotes. En el caso de que los pilotes sean prefabricados lo ideal es chequear esa profundidad mediante el estudio geotécnico y además el "rechazo" o control de la profundidad de entrada de un pilote cuando se le da un número determinado de golpes.

Los pilotes generalmente se diseñan para trabajar a esfuerzo axil (compresiones y menos frecuentemente tracciones), si bien se debe contar siempre con la eventualidad de otras sollicitaciones especiales, mencionadas anteriormente en los apartados del CTE.

9.10.- CLASIFICACIÓN DE LOS PILOTES.

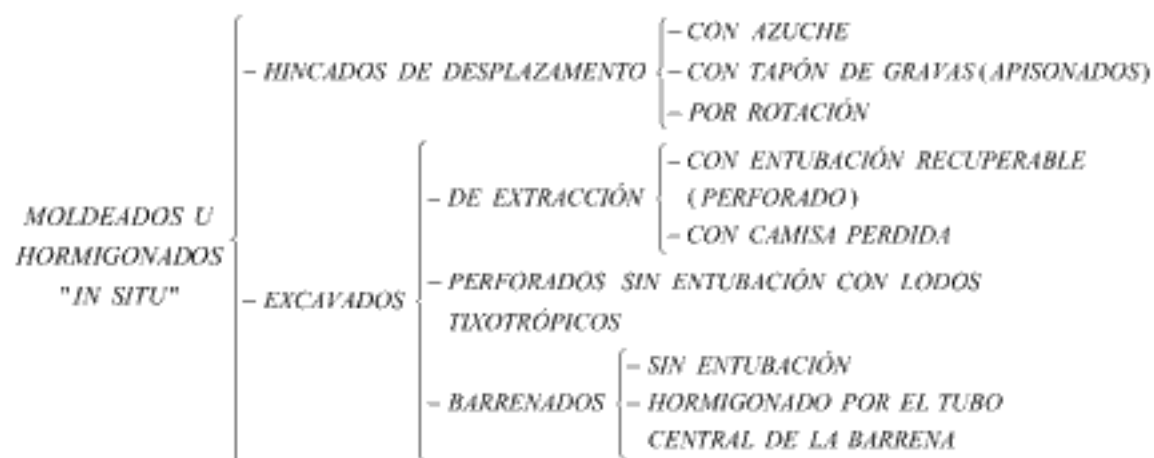
En el apartado 9.2 ya hemos visto la clasificación de los pilotes según el CTE. No obstante, a continuación se concreta la clasificación de los mismos por su **modo de ejecución** del siguiente modo:

- a) Pilotes de hinca o prefabricados.
- b) Pilotes hormigonados "in situ".

En cada uno de los dos grupos se hacen subdivisiones, según sea el material del pilote, en los prefabricados, y en función del sistema concreto de excavación y hormigonado en los hormigonados o moldeados in situ.

En el esquema siguiente se muestran los diferentes tipos de pilotes.

PREFABRICADOS { *DE MADERA*
METÁLICOS
DE HORMIGÓN ARMADO
DE HORMIGÓN PRETENSADO



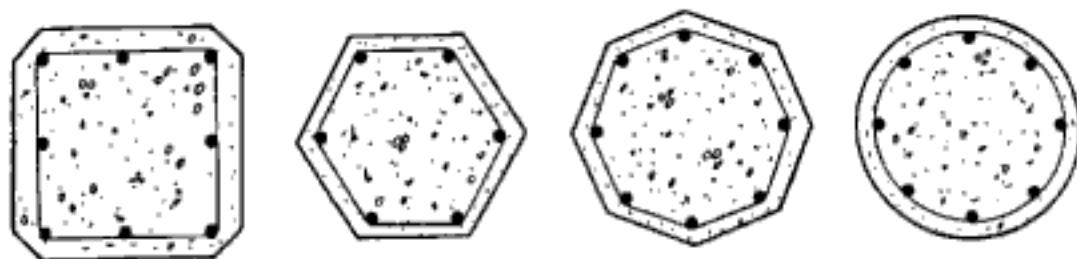
9.11.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PILOTES.

9.11.1.- PILOTES PREFABRICADOS.

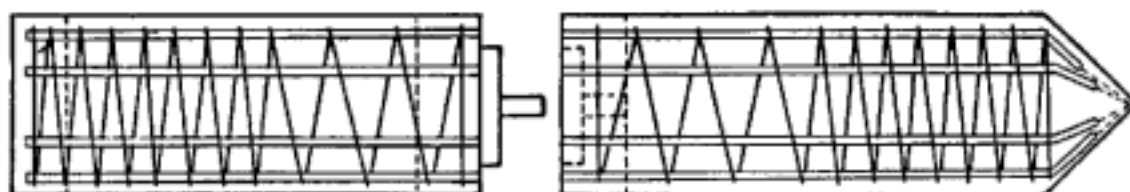
Estos pilotes se introducen en el terreno hincándolos en él, pudiendo realizarse con cualquiera de los materiales que aparecen en el esquema de clasificación. Los más utilizados son los pilotes de hormigón armado, que son los que estudiaremos con mayor amplitud.

Son piezas lineales de directriz recta compuestas por uno o varios tramos de sección constante, circular o poligonal regular.

SECCIONES DE PILOTES DE HORMIGÓN ARMADO



ARMADURA DE PILOTES PREFABRICADOS



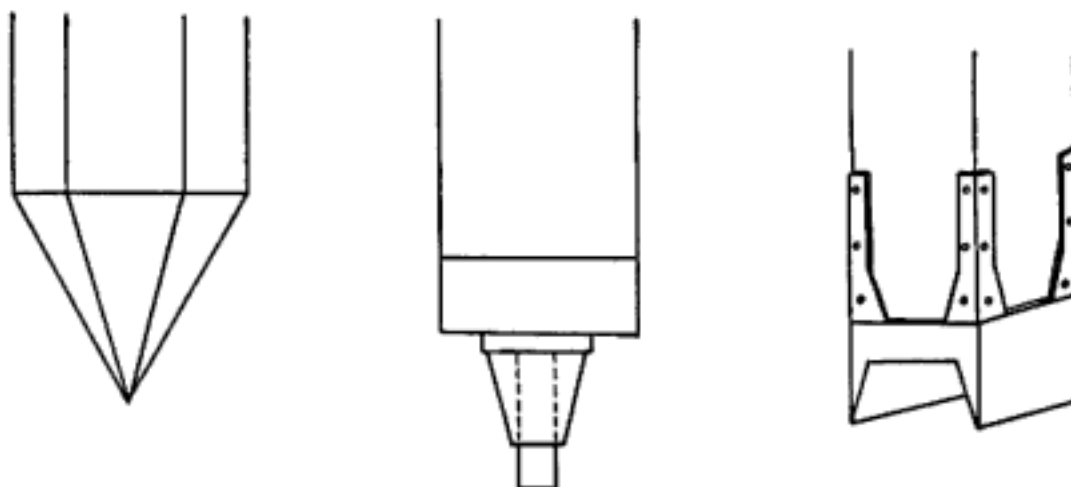
Sus cargas máximas de servicio pueden oscilar entre 30 y 150 toneladas.

El hormigón ha de ser de alta calidad, puesto que se verá sometido a elevadas tensiones durante el transporte del pilote y durante la hincada. Su resistencia característica será superior a 350 kg/cm^2 .

El pilote trabaja fundamentalmente a compresión y lleva armaduras longitudinales dispuestas una en cada vértice si la sección es poligonal y si la sección es circular, se dispondrán uniformemente en el perímetro, con un mínimo de 6 barras de 12 mm. Asimismo se dispondrá de la armadura transversal necesaria dispuesta en forma helicoidal, sujetando en posición a la armadura longitudinal.

En el extremo inferior que va a ser hincado, el pilote llevará un azuche de protección, que puede ser: un simple revestimiento de acero, plano, en punta cónica o piramidal cuando se hincan en suelos, o bien llevar un tocho cilíndrico de acero o elemento similar cuando debe atravesar terrenos con pedruscos u obstáculos duros.

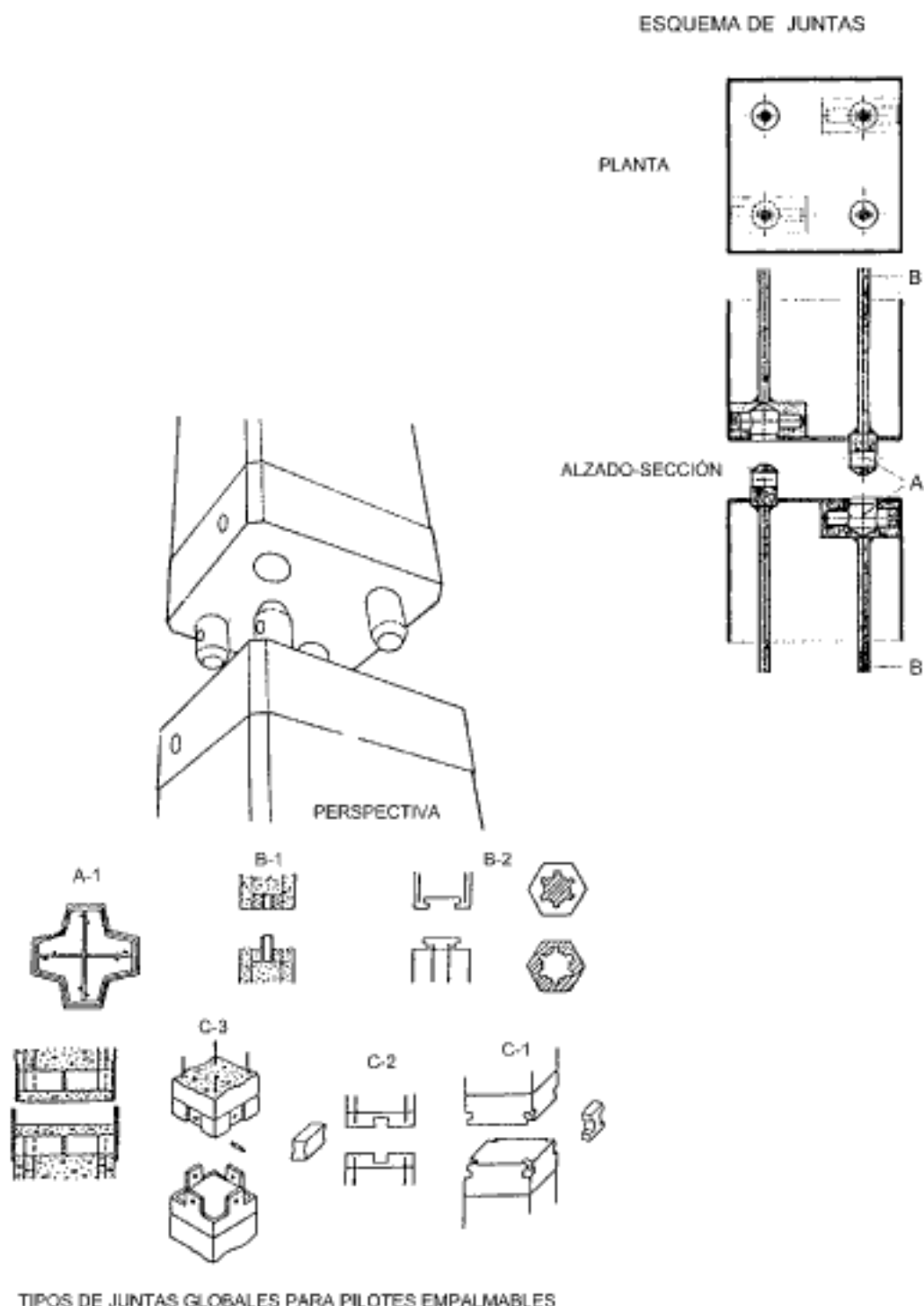
AZUCHES PARA PROTECCIÓN DEL EXTERMO INFERIOR



Un problema que suele plantearse en los pilotes prefabricados de hormigón es el del empalme de diferentes trozos a medida que se van hincando en el terreno, ya que la longitud máxima de un pilote viene limitado: a las Normas de Transporte por Carreteras, longitud que imponga la maquinaria con la que se va a manipular en obra, los máximos momentos flectores en operación de izado de la pieza, etc.

Cuando la longitud total que debe hincarse el pilote en el terreno supere los límites anteriores, habrá que acudir a empalmar diferentes trozos prefabricados.

La unión de éstos, se realiza colocando a tope sus extremos, que terminan en juntas o dispositivos metálicos que enlazan de modo resistente las armaduras de un elemento con las del otro.

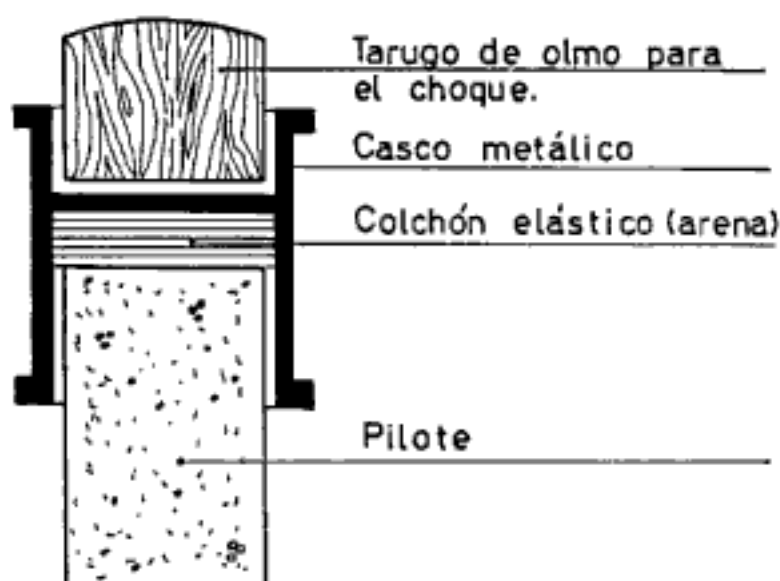


Las juntas deberán garantizar el correcto funcionamiento del pilote. A este respecto el CTE establece que, cuando el pilote está compuesto de varios tramos, el sistema de empalme garantizará el comportamiento del conjunto como si fuese un pilote de un solo tramo.

Una vez hincados todos los pilotes, las cabezas de los mismos no quedarán, en general, al mismo nivel, por lo que es necesario "descabezar" los que superen la cota prevista inicialmente. Una vez hecho lo anterior habrá que descubrir la armadura de todos los pilotes en una longitud superior a 50 cm o a 40 veces el diámetro de sus barras principales, de modo que puedan quedar ancladas en el futuro encepado.

El sistema más habitual de hincas es por percusión. En la superestructura de la excavadora se colocan "martinetes". Esta máquina iza el pilote y lo coloca en disposición de hincas, en la cual se emplean martillos de caída libre, aire comprimido o diesel.

Entre el pilote y el martillo se intercala una "sufridera" para evitar que el choque directo de la maza o martillo pueda degradar o deformar la cabeza del pilote.

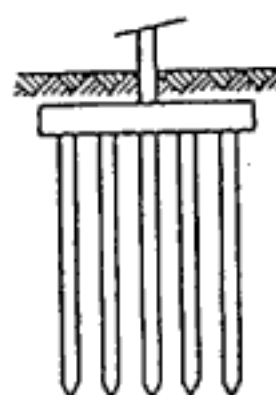


Las principales **ventajas** de los pilotes prefabricados son las siguientes:

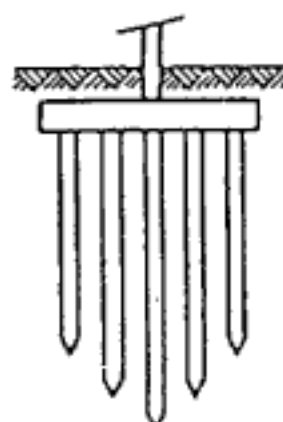
- Menor plazo de ejecución, gracias al elevado ritmo de colocación que permiten. Una hincas de 100 a 120 metros lineales por cada turno es normal en pilotes prefabricados.
- Es posible conocer la historia de la puesta en obra del pilote con la condición del rechazo a lo largo de toda la hincas, lo que nos permite detectar cualquier anomalía, y subsanarla inmediatamente. La hincas es una prueba para el terreno y para el pilote.
- El pilote compacta el terreno, mejorando su capacidad resistente, sobre todo en arenas en donde en la misma hincas de varios pilotes próximos es posible comprobar la mayor resistencia a la penetración de los últimos sobre los primeros.

Según el tipo de terreno y el punto desde donde se comiencen a hincar los pilotes, obtendremos grupos de pilotes similares a las de los 4 grupos siguientes.

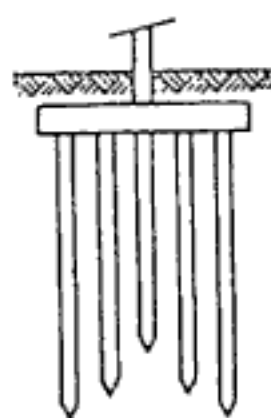
Obsérvese que en los grupos de pilotes B, C y D sus longitudes hincadas no son iguales.



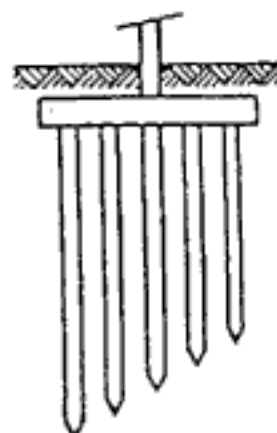
A
Grupo deseado



C
Hinca del centro hacia el exterior



B
Hinca desde el exterior hacia el centro



D
Hinca desde un extremo al otro

- No existe la posibilidad de lavados, segregación y cortes en el hormigón, cosa que puede ocurrir en los pilotes "in situ".
- Al emplearse un hormigón de alta calidad, perfectamente vibrado, con un buen recubrimiento de las armaduras y colocado en obra ya endurecido, la resistencia a un posible medio agresivo es superior a la que pueda conseguirse con los pilotes moldeados in situ.
- Mayor facilidad para colocarlos inclinados, hasta 1/4 normalmente.

- Aun siendo verticales, tienen más capacidad para absorber esfuerzos horizontales, bien por ser de acero y hormigón pretensado, o por estar sobreamados para su manipulación.
- Al no haber tierras extraídas, como en los "in situ", consiguen mantener limpia y despejada la obra.
- Cuando es posible la aparición de rozamiento negativo, el pilote prefabricado presenta la ventaja de que en vez de tener que contar con él, reduciendo la carga útil del pilote, puede revestirse éste de betún o hincarlo con azuche ensanchado de modo que el efecto desfavorable de aquél sea mínimo.
- En general los esfuerzos de compresión que soporta el pilote prefabricado durante la hincada, son superiores a los que tendrá en servicio, por lo que un pilote prefabricado hincado hasta el rechazo conveniente, ya ha sido sometido a una verdadera prueba de carga, lo cual ocurre en este tipo de pilotaje.

9.11.2.- PILOTES MOLDEADOS IN SITU.

En todos estos pilotes se utiliza un hormigón de buena resistencia característica y con una docilidad suficiente para garantizar la continuidad absoluta en su ejecución, aún extrayendo la entubación.

En este sentido, se considera que la consistencia, medida en el cono de Abrams, será la correspondiente a un asiento entre 10 y 15 cm (fluida), salvo para los pilotes de desplazamiento, con tapón de gravas, en que el asiento estará comprendido entre 1 y 5 cm (seco-plástica) y para los perforados sin entubación, con lodos tixotrópicos, en los que debe obtenerse un asiento entre 16 y 20 cm (líquida).

Llevarán armadura longitudinal y transversal constituida por zuncho de espiral o cercos. El diámetro exterior de los cercos o del zuncho será 8 cm más pequeño que el diámetro del pilote, para lograr un recubrimiento mínimo de 4 cm, por las difíciles condiciones en que se hormigonan.

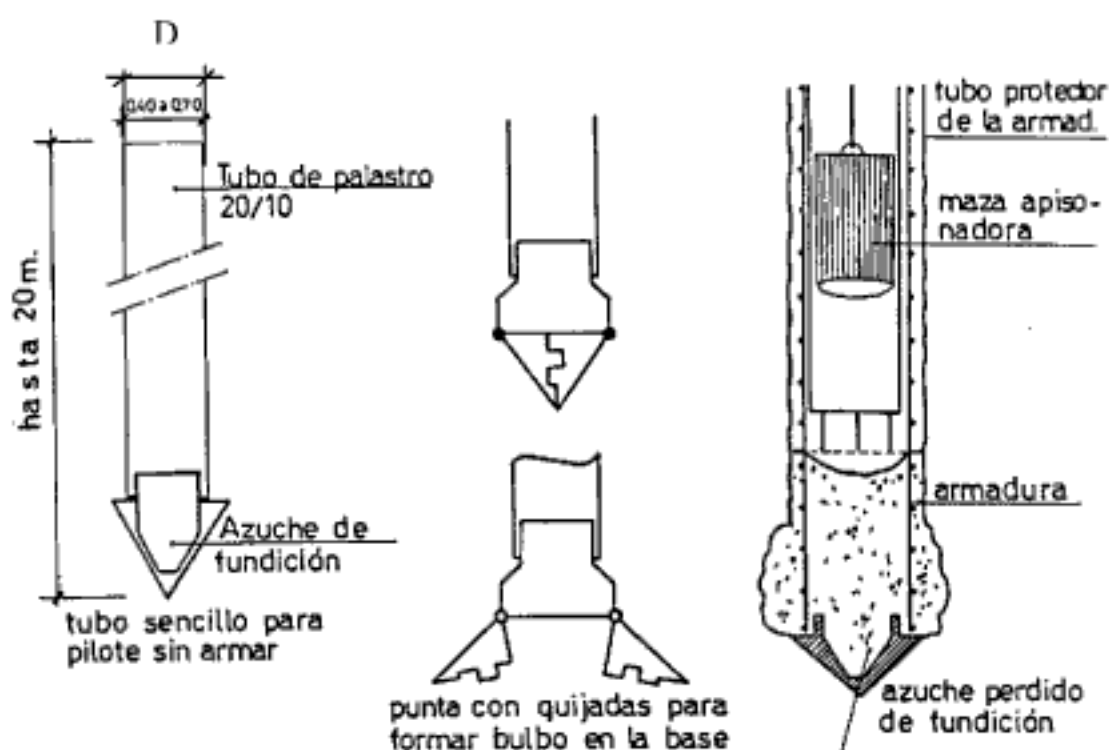
a) Pilotes de desplazamiento con azuche.

Se hincará en el terreno una entubación de diámetro exterior D . Esta estará provista en su extremo inferior de un azuche de punta cónica o plana, metálica o de hormigón prefabricado de diámetro exterior mayor que el del pilote en 5 cm con su parte superior cilíndrica preparada para encajar en el extremo inferior de la entubación.

El hormigonado se realizará en seco, de forma continua o discontinua. La entubación se extraerá de manera que siempre quede un mínimo de $2D$ de hormigón dentro de ella, que impida la entrada de agua por la parte inferior de la entubación. La extracción se simultaneará con un golpeo en cabeza para conseguir un efecto de vibrado del hormigón.

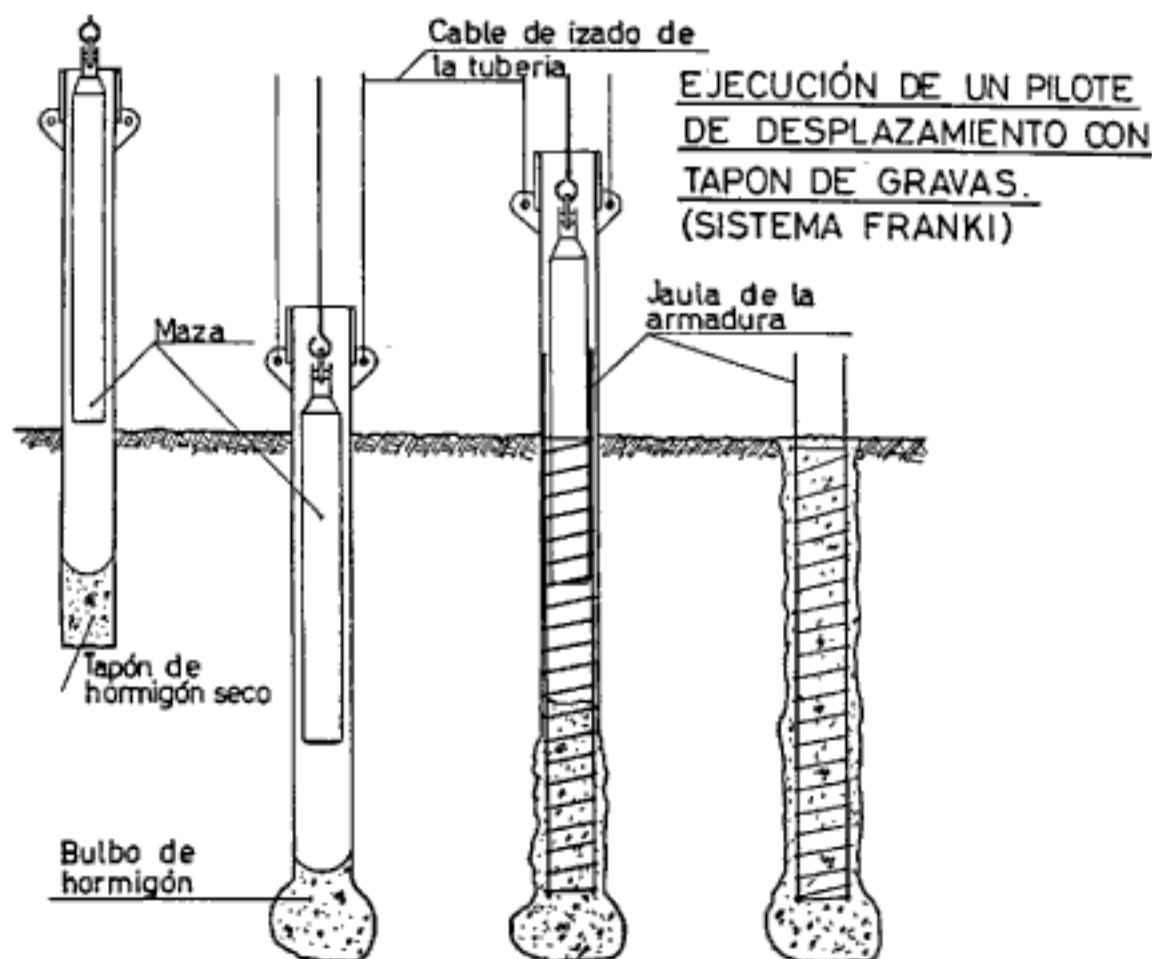
En el dibujo siguiente se observan las diferentes fases de ejecución de este tipo de pilotes.

EJECUCIÓN DE UN PILOTE CON AZUCHE

**b) Pilotes de desplazamiento con tapón de gravas (Apisonado)**

La hincada de la entubación se hará por golpeo sobre un tapón de gravas, arenas u hormigón, introducido previamente en la entubación, dispuesto en tongadas pequeñas y compactando fuertemente hasta obtener un tapón de espesor de $3D$ (D = diámetro del tubo) mínimo, colocado en el fondo de la tubería. El hormigón de gravas tendrá una consistencia de cero en el Cono de Abrams.

En todos los casos, al final de la hincada, el golpeo de la maza desalojará el tapón de la entubación quedando como punta de los pilotes un ensanchamiento. Ese desalojo o desfonde del tapón se consigue suspendiendo la tubería del mástil de la máquina y se continúa con los golpes de la maza, hasta lograr que el tapón desaloje la entubación.



La armadura, generalmente formada por barras longitudinales y una espiral, es izada por medio de un cabrestante auxiliar y colocada en el interior de la tubería de revestimiento provisional, con holgura tal que permita el paso del pisón o maza por su interior.

El hormigón se vierte, sin presencia de agua, en pequeñas cantidades, y se golpea enérgicamente con el pisón. La extracción del tubo de revestimiento tiene lugar al mismo tiempo que el impacto del pisón sobre el hormigón, mediante un sistema sincronizado que excluye la posibilidad de toda discontinuidad en el hormigón del pilote.

La entubación se extraerá de manera que siempre quede un mínimo de 2 D de hormigón dentro de ella, que impida la entrada de agua por la parte inferior de la entubación.

Los diámetros normales de este tipo de pilotes oscila entre 40 y 60 cm siendo las longitudes más usuales hasta un máximo de unos 20 metros.

Este tipo de pilote tiene la ventaja de no necesitar la extracción de tierras del interior.

Tiene el inconveniente de los impactos en edificios colindantes producidos por los golpes del pisón, así como la necesidad de revestimientos provisionales (lo que encasilla su dimensionado).

c) Pilotes de extracción con entubación recuperable (Perforados con entubación).

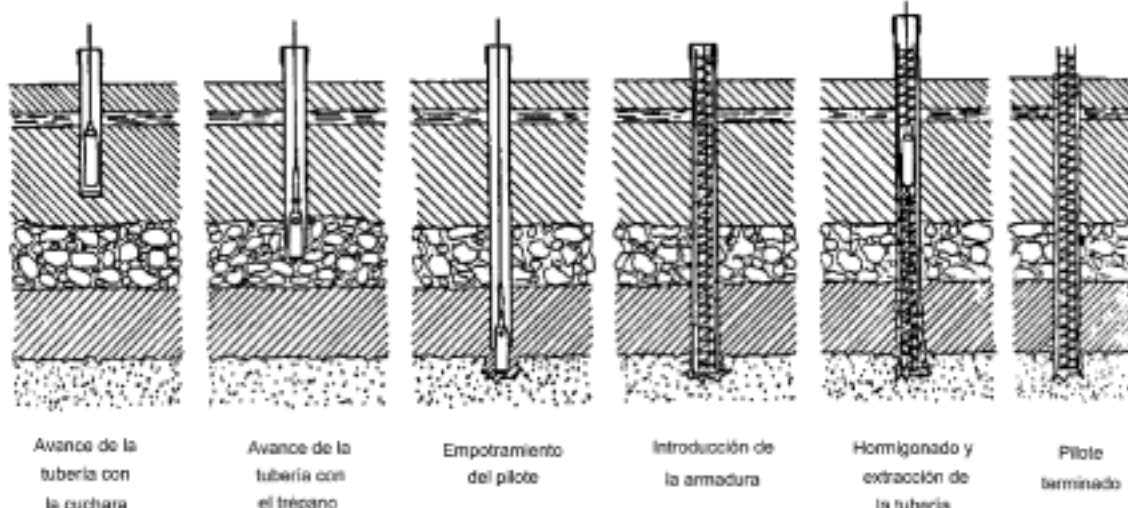
Las fases de ejecución de este tipo de pilotes son para ambos similares, si bien, en el caso de que haya que disponer "camisa perdida" aparece una operación más en la ejecución del pilotaje.

Estos pilotes se aplican en terrenos difíciles, con presencia de bolos y capas de roca.

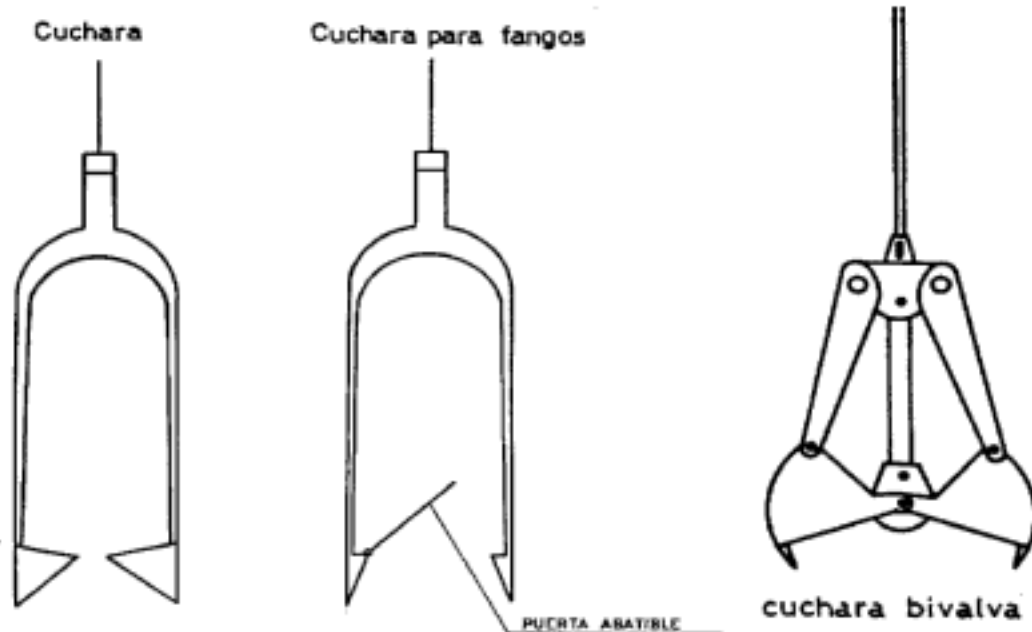
La entubación se introducirá en el terreno acompañando la excavación y siempre por delante de la misma, salvo en el caso de que haya que atravesar capas intermedias que obliguen al uso del trépano.

La extracción de tierras se realiza por el interior de la tubería con cucharas.

DETALLE DE PILOTE PERFORADO CON ENTUBACIÓN



TIPOS DE CUCHARAS



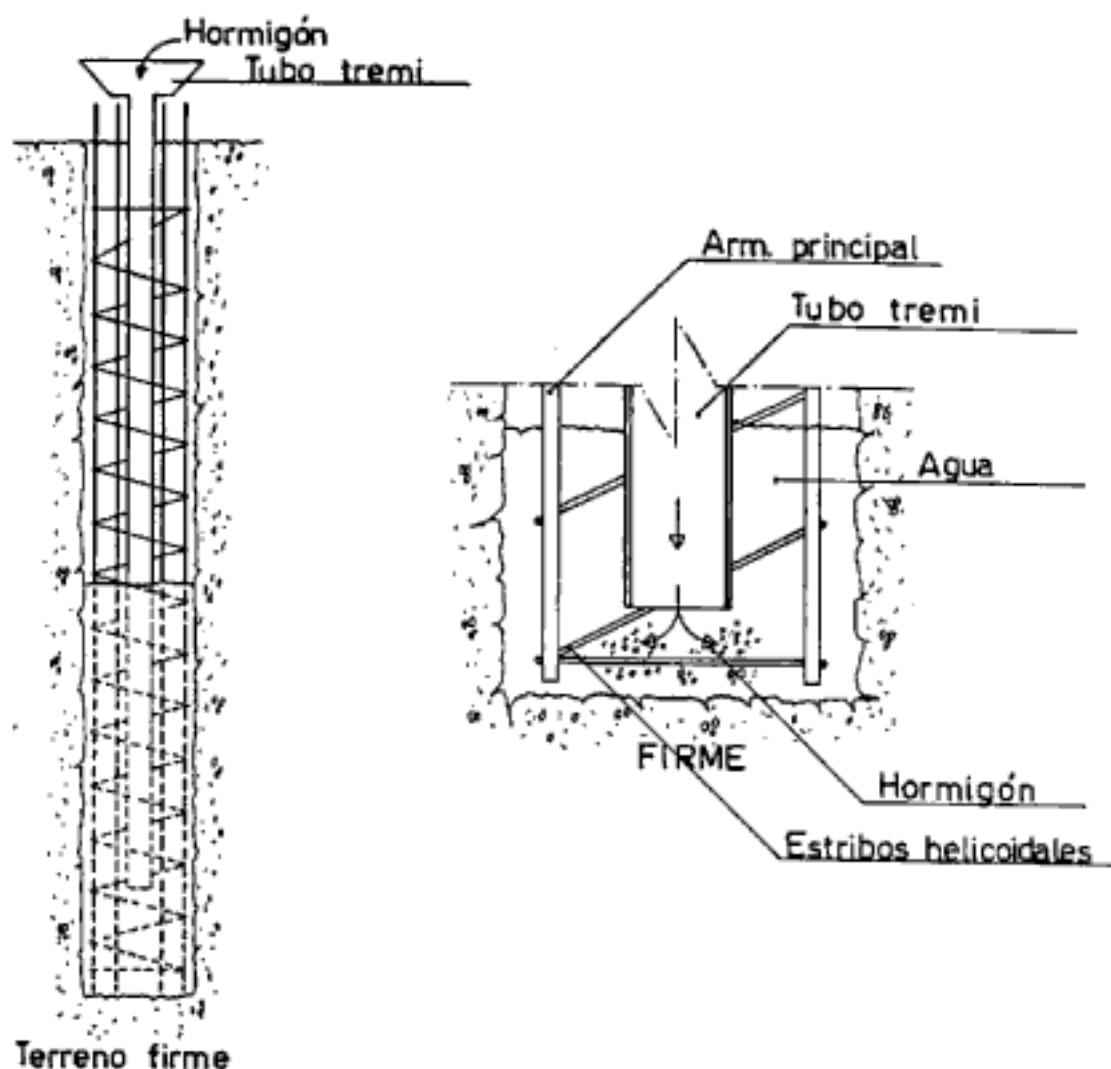
Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de las paredes y se cuidará, especialmente, la limpieza del fondo de la excavación, antes del vertido del hormigón.

En terrenos muy blandos o susceptibles de sifonamiento, durante la excavación se mantendrá el nivel del agua en el interior de la entubación por encima del nivel freático.

En el caso de que haya que disponer camisa de protección, ésta se introducirá en la entubación una vez realizada la excavación y antes del hormigonado.

Durante el hormigonado, la entubación recuperable quedará siempre, como mínimo 2D dentro del hormigón anteriormente vertido, para evitar la producción de anillos discontinuos o coqueras en el hormigón.

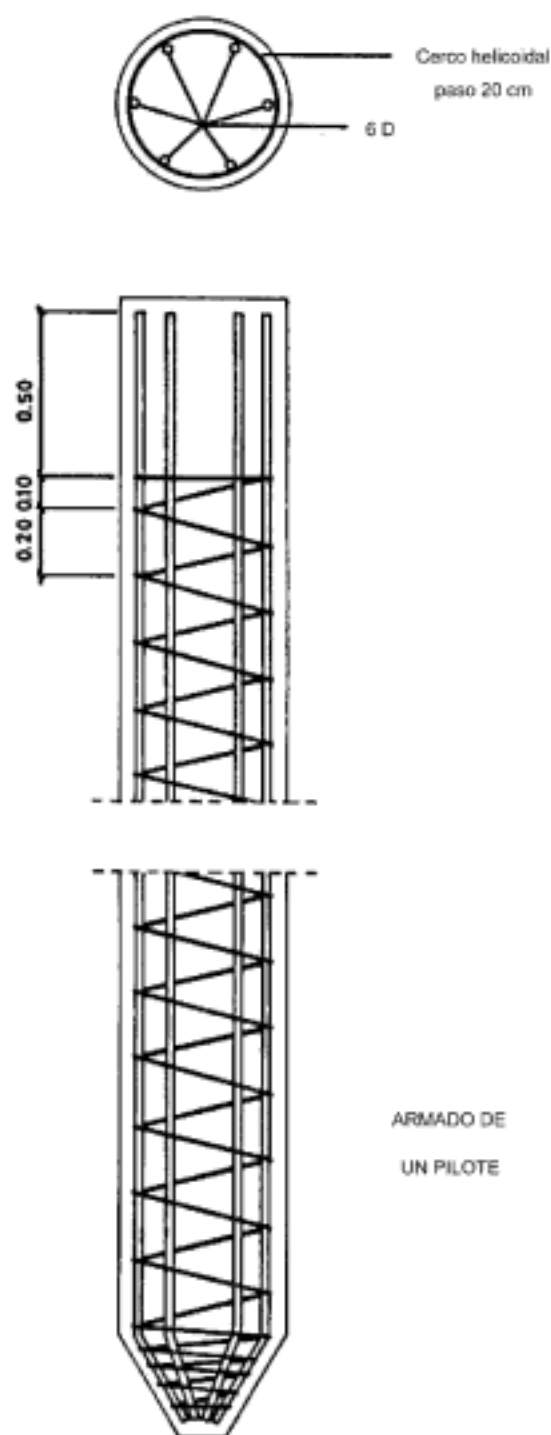
El hormigonado en presencia de agua se efectuará mediante un tubo Tremie. Ejecutaremos el hormigonado continuo; la primera capa de hormigón desplaza el agua hacia arriba y, a medida que vertemos más hormigón, la primera capa va subiendo, al mismo tiempo que subimos la canal de hormigonado. Al finalizar el proceso de hormigonado, esa primera, mezclada con impurezas, nos la encontramos en la parte alta, la cual desmocharemos para ejecutar el encepado.



Los diámetros normales de estos pilotes pueden oscilar entre 40 y 125 cm con unas capacidades de 50 a 500 toneladas (en servicio). El rendimiento es ahora pequeño, de unos 20 ml/turno.

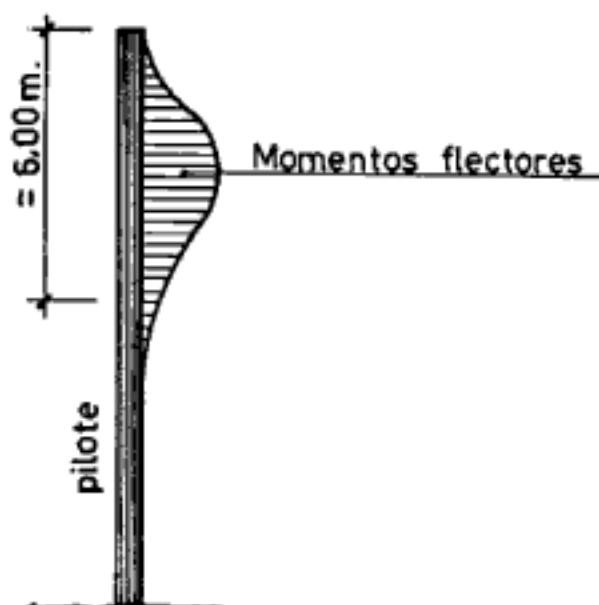
La armadura estará compuesta por barras longitudinales y una espiral o zuncho. El recubrimiento mínimo debe ser de 4-5 cm.

ARMADO DE UN PILOTE



Las armaduras pueden suprimirse parcialmente en pilotes verticales que no estén sometidos a flexión.

Se suele colocar la armadura en los 6 primeros metros, por ser la zona de mayor momento flector.



Las ventajas de este tipo de pilotes son:

- Permite trabajar en presencia de agua (debajo del nivel freático).
- Conocemos qué tipo de terreno vamos atravesando y sobre todo el terreno de apoyo del pilote.

Tiene los inconvenientes siguientes:

- Los golpes de trépano producen vibraciones en los edificios colindantes al solar.
- Extracción de fangos y evacuación de los mismos.
- Necesidad de revestimientos auxiliares, tubos, etc.

d) Pilotes excavados con la ayuda de lodos tixotrópicos sin entubación.

Antes de hablar del sistema, recordaremos lo que es un lodo de perforación, agua densa, lodo tixotrópico o bentonita.

Bajo esa denominación caben todos los líquidos y suspensiones que permiten mantener las paredes de perforación, facilitar la evacuación de los sedimentos o detritus y refrigerar los útiles de ataque del suelo o roca.

La más utilizada de estas suspensiones es la "bentonita", que es una arcilla con agua.

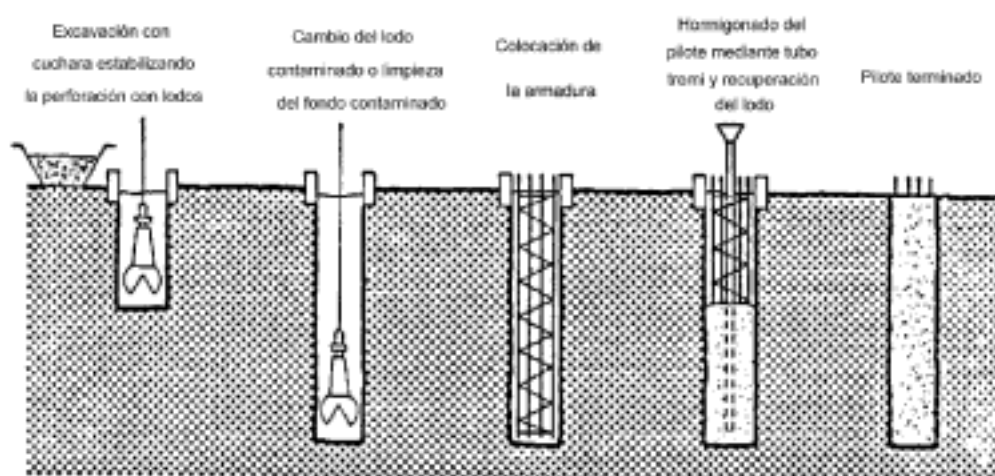
Se denomina "tixotropía" a la propiedad de ciertos geles en virtud de la cual la agitación los convierte en líquidos. Son líquidos en movimiento y sólidos en reposo.

Para la ejecución de este tipo de pilotes se sigue una técnica igual a la empleada en muros pantalla. Pueden adoptarse formas circulares o rectangulares o incluso en H o T.

Es de aplicación en todo tipo de suelos, tiene posibilidad de grandes longitudes sin necesidad de un revestimiento provisional de las paredes de la perforación y los diámetros empleados son diversos, pudiendo oscilar entre 60 y 260 cm.

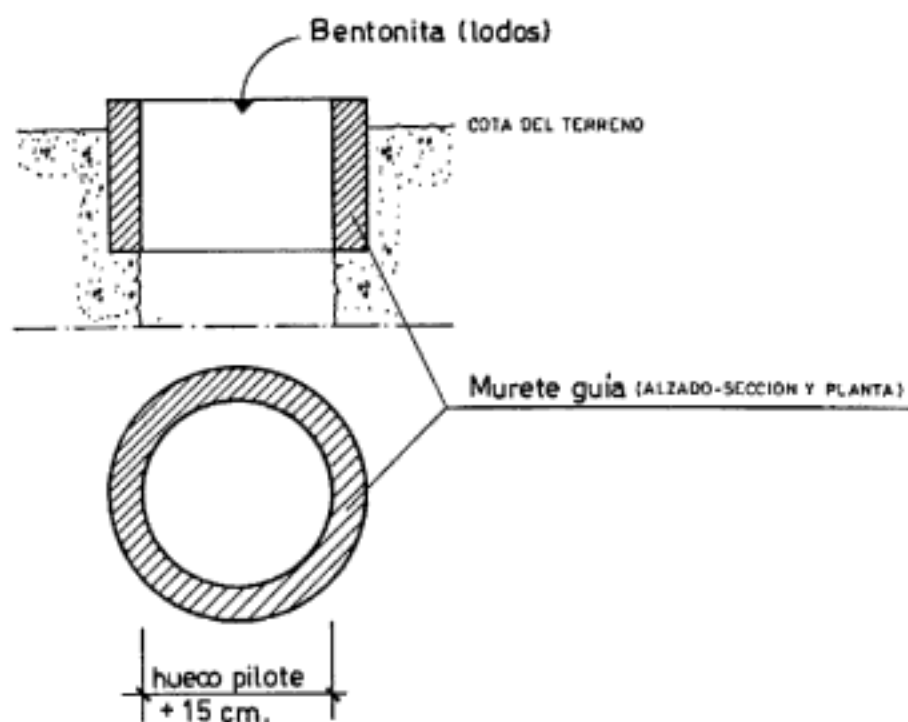
Los rendimientos de trabajo pueden ser del orden de 60 ml/turno, y las cargas que pueden soportar son muy elevadas, del orden de 1.000 toneladas o más.

PILOTES REALIZADOS CON CUCHARA Y LODOS TIXOTRÓPICOS



La técnica de ejecución del pilote consta de las siguientes fases:

- Replanteo del pilote, según el radio.
- Ejecución de un murete-guía (de radio 15 cm más que el pilote) que después se derribará.



- Se llena de bentonita ese "pequeño pozo" y con máquinas telescópicas por cuyo interior ascienden los detritus mezclados con bentonita van extrayendo el terreno. La bentonita impide el desmoronamiento de las paredes. Trabajan por rotación y percusión. A medida que vamos profundizando vamos llenando el pozo con bentonita.
- Una vez conseguida la profundidad deseada se limpia el fondo de la perforación. Entonces tenemos el pozo lleno de bentonita.
- Se suspende la armadura apoyada sobre el murete guía para que no se deslice.
- Se hormigona con tubos Tremie, de abajo a arriba y como el hormigón es más denso que la bentonita, ésta sube y se recupera en la parte alta, para decantarla, tamizarla y volverla a utilizar.

e) Pilotes barrenados sin entubación (Pilote perforado a rotación).

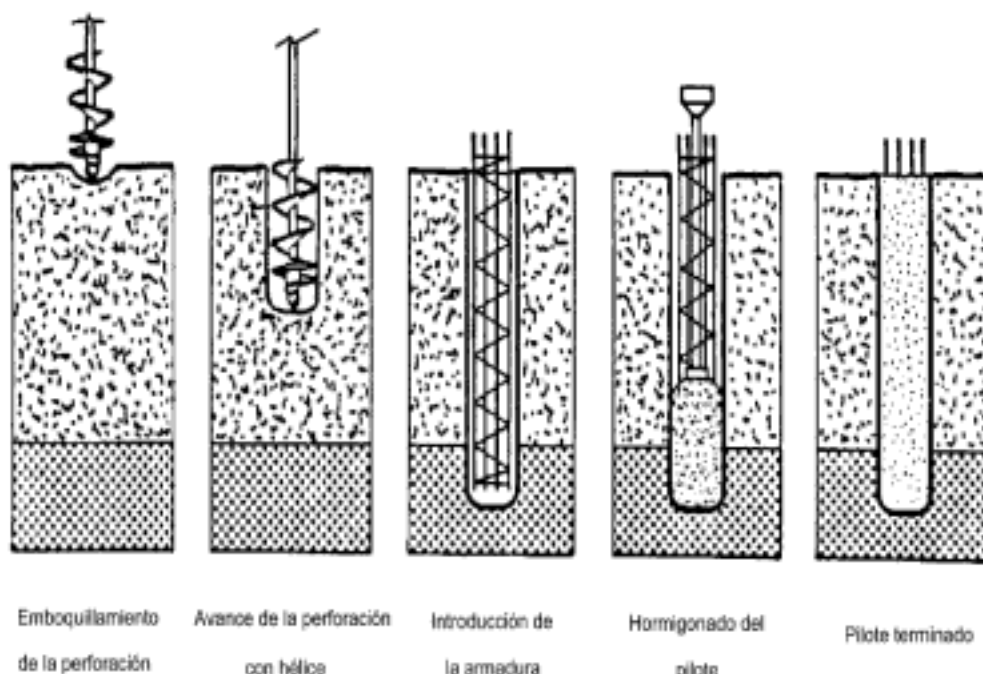
La perforación se realiza mediante una barrena introducida en el terreno a rotación, con extracción del mismo.

Durante la excavación de las tierras las paredes no cuentan con ninguna entibación, por lo cual es esencial que la calidad del terreno garantice su permanencia. Todo el pilote deberá estar por encima del nivel freático.

Las fases de ejecución son:

- perforación y extracción de las tierras mediante barrenado.
- limpieza del fondo y las paredes de la excavación antes de la colocación de las armaduras y vertido del hormigón, al objeto de garantizar que no se produzcan desprendimientos de las paredes durante estos trabajos. El hormigonado se realizará en seco y de forma continua.

EJECUCIÓN DEL PILOTE A ROTACIÓN



Los diámetros normales de estos pilotes son del orden de 40 a 60 cm. Los rendimientos de construcción son buenos, del orden de los 100 ml/turno.

Las ventajas de este pilote son: rapidez de ejecución, economía y ausencia de golpes.

Los inconvenientes que presenta son: limitación de uso a los suelos coherentes perforables en seco, dificultad de limpieza de las perforaciones, riesgo de desprendimientos e imposibilidad de su uso con nivel freático alto.

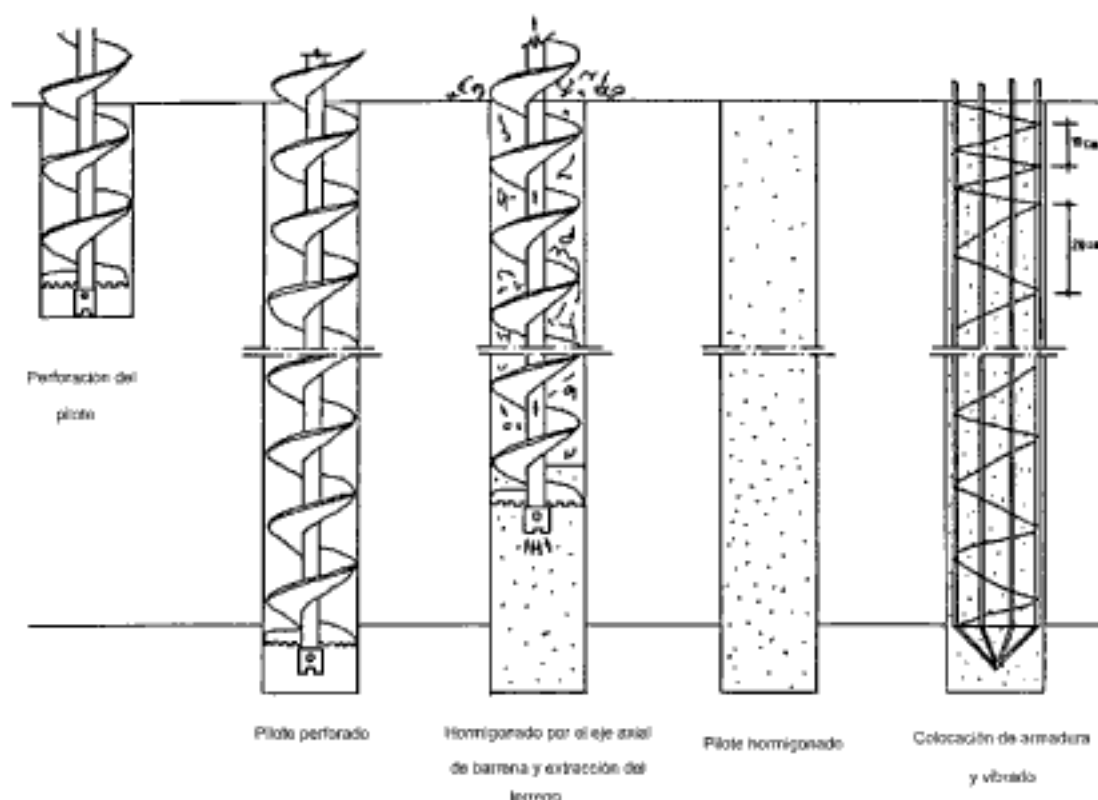
f) Pilotes barrenados con hormigonado por el tubo central de la barrena (Pilotes perforados con barrena continua).

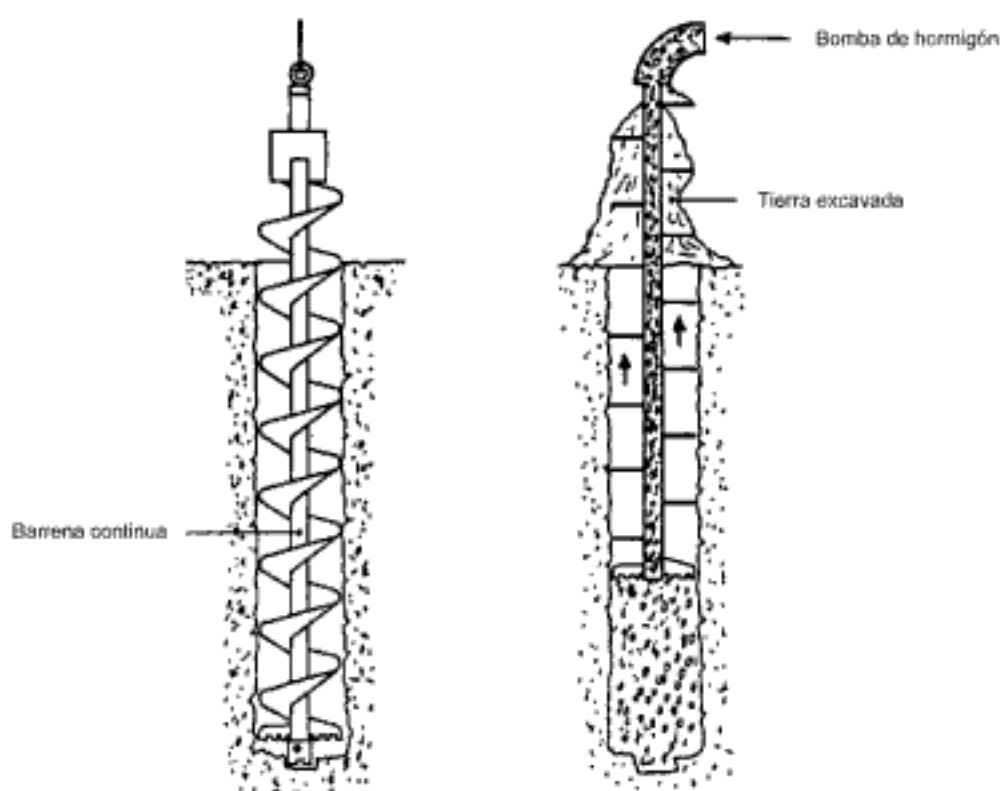
En este tipo de pilote se utiliza una barrena de hélice continua que se introduce en el terreno sin extracción notable del mismo. Una vez alcanzada la profundidad requerida se procederá a la extracción de la barrena con las tierras alojadas en ella y el hormigonado por bombeo a través del tubo central de la misma.

El hormigonado se realizará en seco o bajo agua, de forma continuada, y seguidamente se introducirá la armadura en el hormigón fresco.

El hormigonado a presión a través del cuerpo axial de la barrena permite, de forma controlada, la extracción de la misma, así como la expulsión de los detritus de la perforación del pilote, asegurando la continuidad del fuste hormigonado.

PILOTE PERFORADO CON BARRENA CONTINUA





Los diámetros normales de estos pilotes oscilan entre 40 y 60 cm. La profundidad máxima sin empalmes de la barrena continua es de 18 m. Empalmado barrena pueden conseguirse 50-60 metros.

Los rendimientos que se consiguen son importantes, del orden de 150 ml/turno.

Por el proceso de ejecución de estos pilotes es difícil conseguir su armado, aunque al menos llevarán armaduras en su zona superior.

Este sistema tiene las ventajas siguientes:

- Permite conocer en cada momento las características de las distintas capas del suelo, pudiendo extraer dichas capas para efectuar ensayos.
- La maquinaria es poco voluminosa y no produce vibraciones en el suelo ni en edificios colindantes.
- Posibilidad de su construcción en presencia de agua, ya que el hormigonado a presión a través de la barrena (al mismo tiempo que se efectúa la extracción de tierras) garantiza la continuidad del fuste.
- El hormigón se vibra al introducir la armadura recién vertido éste.

Presenta el inconveniente de que hay que separar la cara exterior del pilote unos 10 cm de las medianerías (por imposibilidad de aproximación de la maquinaria empleada).

9.12.- VENTAJAS DE LOS PILOTES HORMIGONADOS IN SITU.

Una vez comentadas las principales características de los materiales (hormigón y acero) que constituyen los pilotes moldeados "in situ" y descrito el proceso constructivo de los diferentes tipos, recogemos las principales ventajas de estos pilotes, que son:

- 1.- Posibilidad de atravesar terrenos con bolos, piedra o capas duras, mediante el uso del trépano o cuchara adecuada.
- 2.- No se desaprovecha el material por causa de que sean demasiado largos y tengan que cortarse.
- 3.- Al no quedar su longitud prefijada, si en ciertas zonas el estrato resistente se encuentra a mayor profundidad, es posible llegar a él sin especial dificultad.
- 4.- Se evita la creación de un parque de prefabricación o el transporte de piezas largas.
- 5.- La maquinaria utilizada es más sencilla y su transporte menos embarazoso, con relación a la requerida por los pilotes prefabricados.
- 6.- La construcción del pilote es menos ruidosa que para los pilotes hincados.
- 7.- Solo llevan la armadura estrictamente necesaria para el servicio del pilote, evitando el gasto de armadura extra que requieren los pilotes prefabricados a causa de los esfuerzos que aparecen en su manipulación.
- 8.- Puede conseguirse un buen rozamiento entre el terreno y el pilote y un ensanche de la punta de éste, mejorando su capacidad portante.
- 9.- Pueden construirse pilotes de gran diámetro y capacidad, en sustitución de un número importante de pilotes esbeltos.
- 10.- Se evitan los posibles daños que pueden sufrir los pilotes prefabricados durante su hinca.

9.13.- MICROPILOTES.

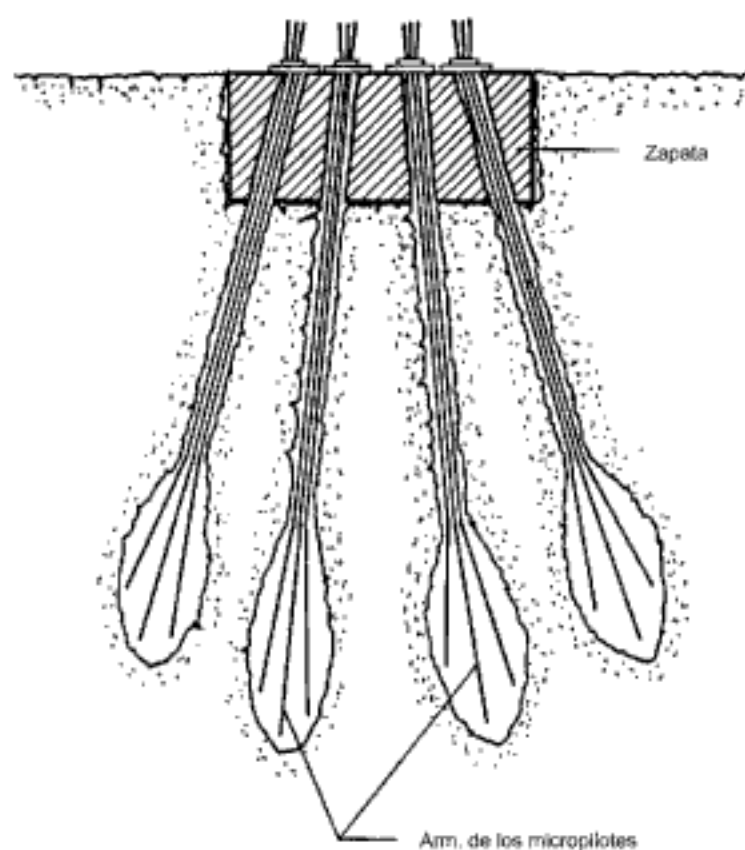
Es un pilote de pequeño diámetro que sirve para recalzar estructuras que se hundan. Tiene un diámetro menor de 20 cm y reducida capacidad de carga (2 a 25 toneladas) en servicio.

El procedimiento de construcción es como sigue:

- Se perfora el terreno en donde se va a construir el micropilote. Para ello, se utilizan sondas rotativas que permitan atravesar niveles resistentes (ejemplo: zapatas de un edificio a recalzar). Estas máquinas permiten trabajar con gálibos pequeños (sótanos de edificios).
- En el hueco obtenido, se introduce la armadura (grupo de redondos o tubo metálico) y se rellena, seguidamente, con un mortero inyectado o colocado con aire comprimido. En los diámetros mayores puede verse el hormigón en el taladro.

El funcionamiento del micropilote es entrelazando y trabando el terreno, consiguiendo un efecto conjunto entre una red de micropilotes.

ZAPATA RECALZADA CON MICROPILOTES



Se utilizan en:

- 1.- Recalce de edificios y estructuras.
- 2.- Cimentaciones con accesos difíciles.
- 3.- Sostenimiento de cimentaciones existentes para excavación de sótanos.
- 4.- Cimentaciones profundas en terrenos no aptos para pilotajes convencionales.
- 5.- Cimentaciones profundas en solares de pequeñas dimensiones.

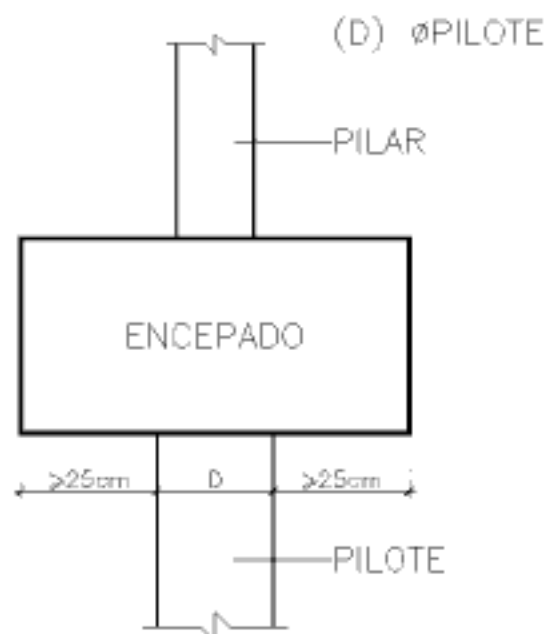
TEMA 10.- CIMENTACIONES PROFUNDAS. ENCEPADOS.

10.1.- DEFINICIÓN.

Los encepados son bloques prismáticos que unen las cabezas de los pilotes para que trabajen conjuntamente, sirviendo de base a los pilares, y a través de los cuales se distribuyen a los pilotes las solicitaciones de la estructura.

10.2.- CRITERIOS DE DISEÑO Y NORMAS GENERALES.

En el encepado de 1 pilote, la distancia desde la cara exterior del pilote hasta la cara exterior del encepado será, como mínimo, de 25 cm.

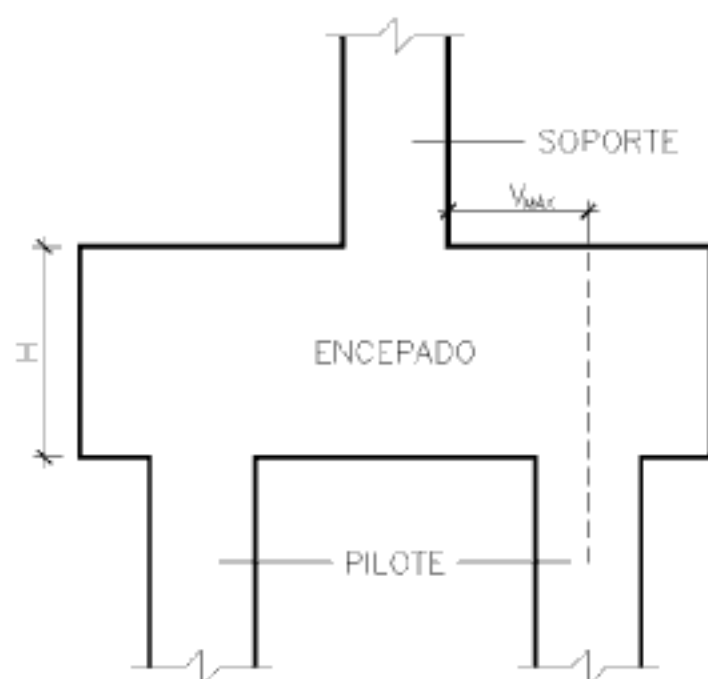


Por ejemplo, para un pilote de $\varnothing 30\text{cm}$ el encepado mínimo será de $80 \times 80\text{cm}$.

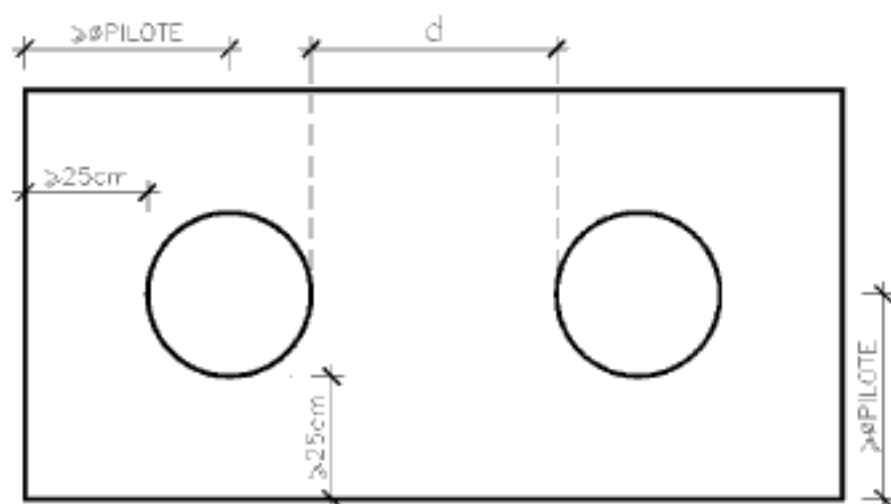
La Instrucción, en función del canto h y del vuelo máximo $V_{\text{máx}}$, al igual que en las zapatas, distingue dos tipos de encepados:

- Rígido: $V_{\text{máx}} \leq 2h$
- Flexible: $V_{\text{máx}} > 2h$

El canto mínimo (h) será de 40 cm, y además será mayor que el diámetro del pilote.



En general, para economizar armadura y evitar el peligro de punzonamiento, conviene que los encepados sean lo más rígidos posibles (bastante altura),



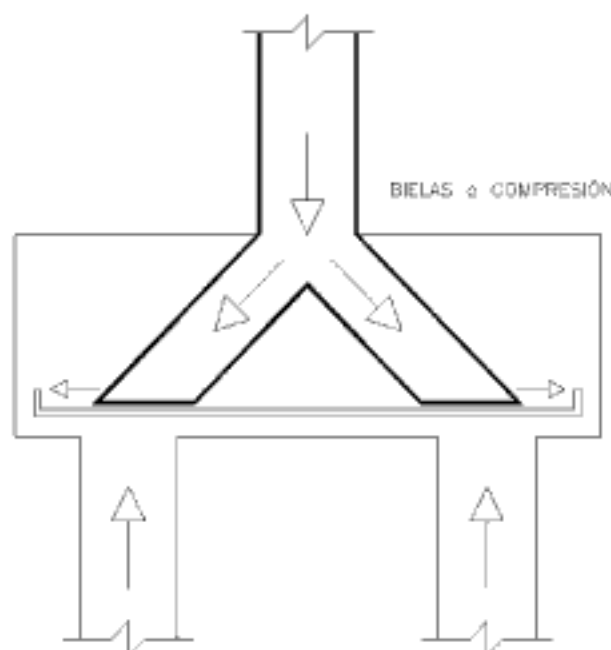
La proyección en planta del eje del soporte y el centro de gravedad del grupo de pilotes deberán ser coincidentes. En caso contrario será necesario equilibrar el desplazamiento de fuerza con vigas centradoras.

Las solicitaciones del grupo de pilotes serán las del arranque del soporte más el peso del encepado.

Cuando el terreno en contacto con el encepado sea agresivo, el hormigón de éstos será objeto de estudio especial, pudiendo actuar sobre la masa o protegiendo la superficie de contacto de estos con el terreno mediante membranas de fibra sintéticas o similar.

10.3.- FORMA DE TRABAJO.

La forma de trabajo es similar a la de las zapatas aisladas: bielas a compresión. En zapatas la reacción del suelo está uniformemente repartida y en los encepados la reacción vendrá determinada por los pilotes (puntual).



10.4.- ARRIOSTRAMIENTO.

En general debe evitarse colocar un solo pilote bajo un pilar, ya que cualquier excentricidad constructiva introducirá esfuerzos de flexión no previstos.

El encepado de un sólo pilote deberá arriostrarse en dos direcciones ortogonales, uniéndose los distintos encepados.

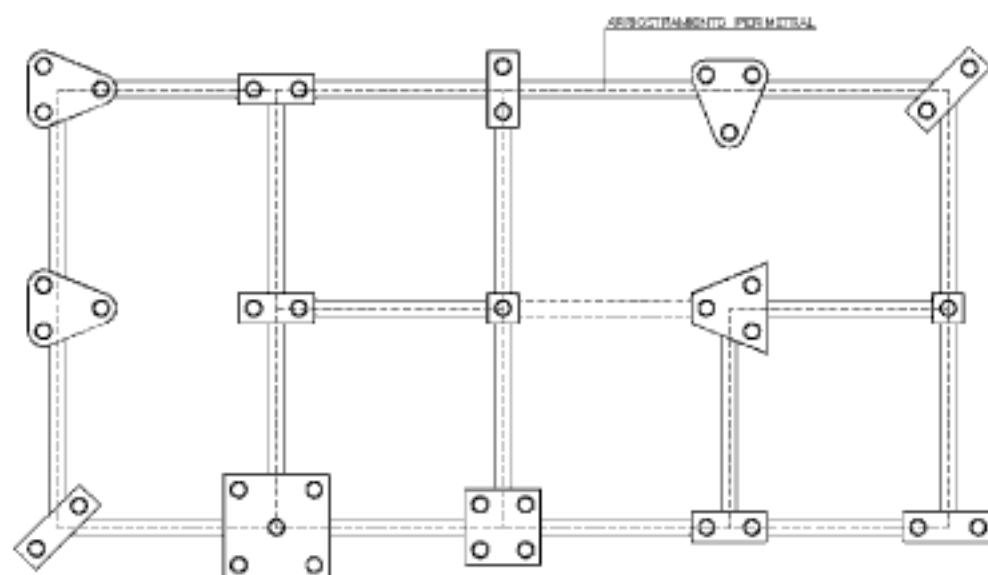
El encepado del grupo de dos pilotes precisa arriostrarse al menos en un sentido ortogonal al eje XX del grupo (arriostrando en el sentido de la menor inercia).

Siempre se arriostrará todo el perímetro que delimita el solar (zona de pilotes).

Eventualmente podrá prescindirse de las riostras cuando los encepados estén unidos por una losa continua de hormigón armado de espesor superior a 20 cm. o cuando el diámetro de los pilotes sea superior a 1 m.

Las vigas riostras tendrán un ancho mínimo de 30 cm. y un canto igual o mayor de 35 cm. dependiendo de la distancia entre pilares.

ARRIOSTRAMIENTO DE ENCEPADOS

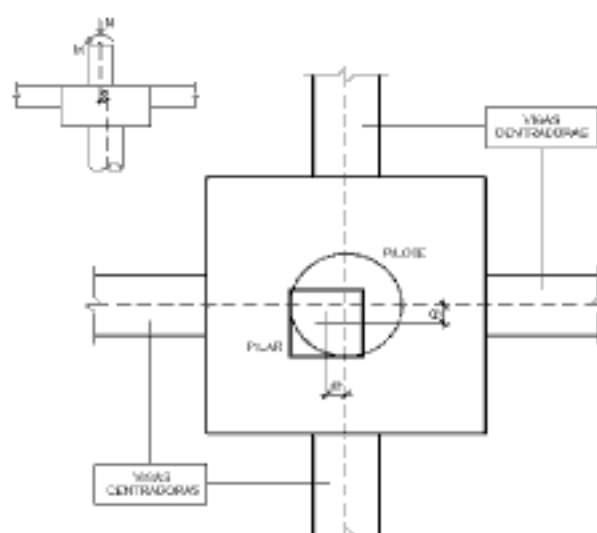


En los encepados de un sólo pilote bajo un pilar, podría aparecer cualquier excentricidad, debido a defectos de construcción o de replanteo.

En estos casos serán necesarias vigas centradoras que compensen dichas excentricidades, pudiendo ser necesarias vigas en ambas direcciones.

Esto también podría ocurrir en el encepado de dos pilotes en dirección ortogonal a su eje X-X.

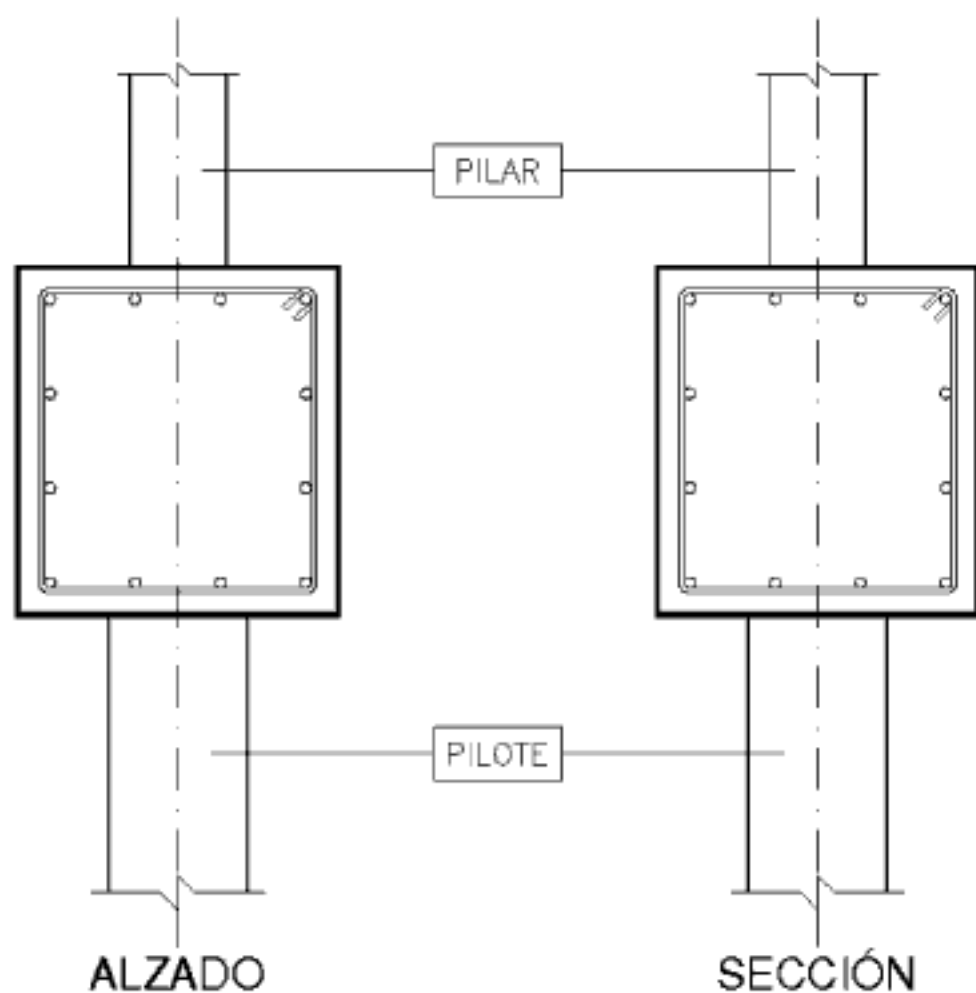
Veamos a continuación la disposición en planta y en alzado-sección del encepado de un pilote y un pilar con excentricidad en ambas direcciones, colocando dos vigas centradoras para compensarla.



10.5.- DISPOSICIÓN DEL ARMADO DEL ENCEPADO DE UN PILOTE.

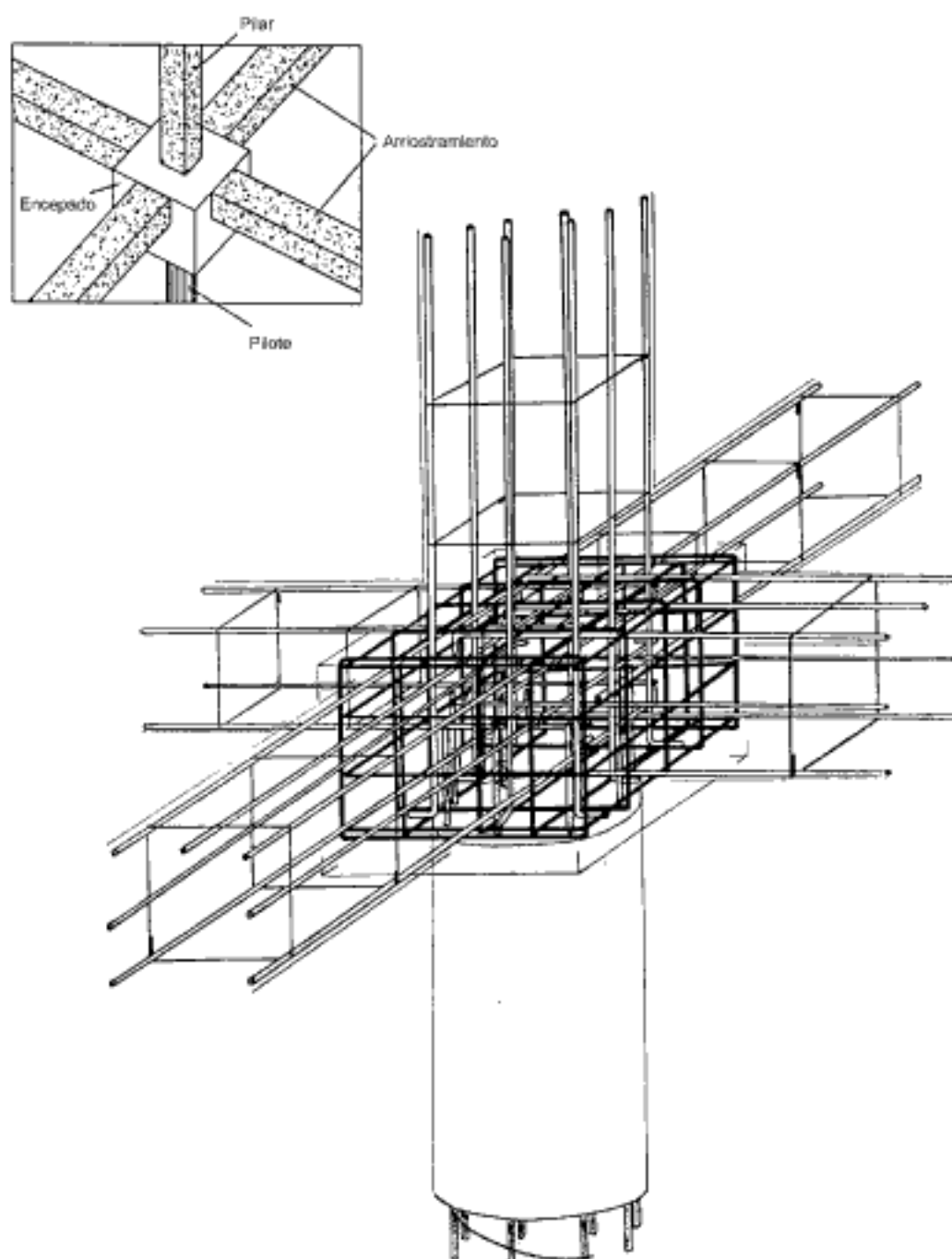
Estará formado por un conjunto de armaduras a modo de cercos envolviendo el cubo constitutivo de dicho encepado.

Forma de trabajo: a compresión y a cortante.



PERSPECTIVA DEL ENCEPADO DE UN PILOTE

PERSPECTIVA DEL ENCEPADO DE UN PILOTE

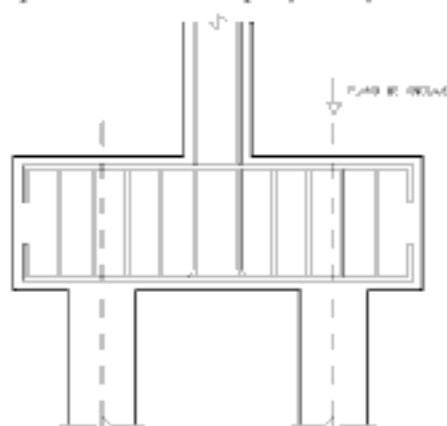


10.6.- DISPOSICION DEL ARMADO DEL ENCEPADO DE DOS PILOTES.

Ya hemos visto la forma de trabajo de este tipo de encepado, idéntico a la zapata aislada, formándose unas bielas de compresión inclinadas, que van desde el soporte hasta los pilotes, cuyas componentes horizontales han de absorberse mediante armadura a modo de tirante.

ARMADURA PRINCIPAL

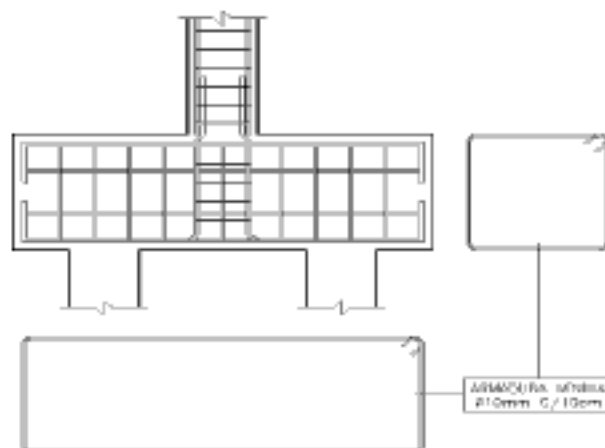
La armadura necesaria para resistir la tracción (inferior) se colocará, sin reducir su sección, en toda la longitud del encepado. Esta armadura se anclará, por prolongación recta y/o en ángulo recto, a partir de planos verticales que pasen por el eje de cada pilote.



ARMADURA SECUNDARIA:

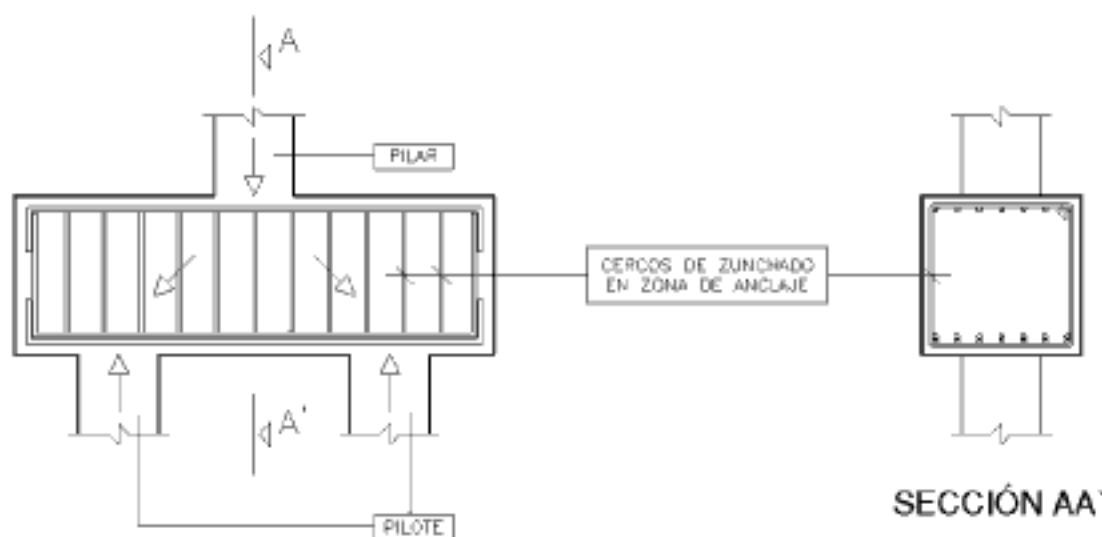
En los encepados de 2 pilotes la armadura secundaria consistirá en:

- Una armadura longitudinal dispuesta en la cara superior del encepado y extendida, sin escalonar, en toda la longitud del mismo. Su capacidad mecánica no será inferior a 1/10 de la capacidad mecánica de la armadura inferior.
- Una armadura horizontal y vertical dispuesta en retícula en las caras laterales. La armadura vertical consistirá en cercos cerrado que aten ala armadura longitudinal superior e inferior. La armadura horizontal consistirá en cercos cerrado que aten a la armadura vertical.



En la zona de anclaje de la armadura principal, conviene aproximar los cercos verticales, para zunchado de las bielas.

Como orientación suelen colocarse cercos de diámetro 10 mm cada 10 cm para pilares con carga hasta 90 toneladas.



Resumiendo, el armado de estos encepados se dispondrá del siguiente modo:

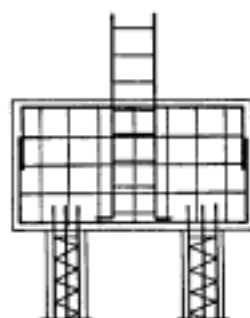
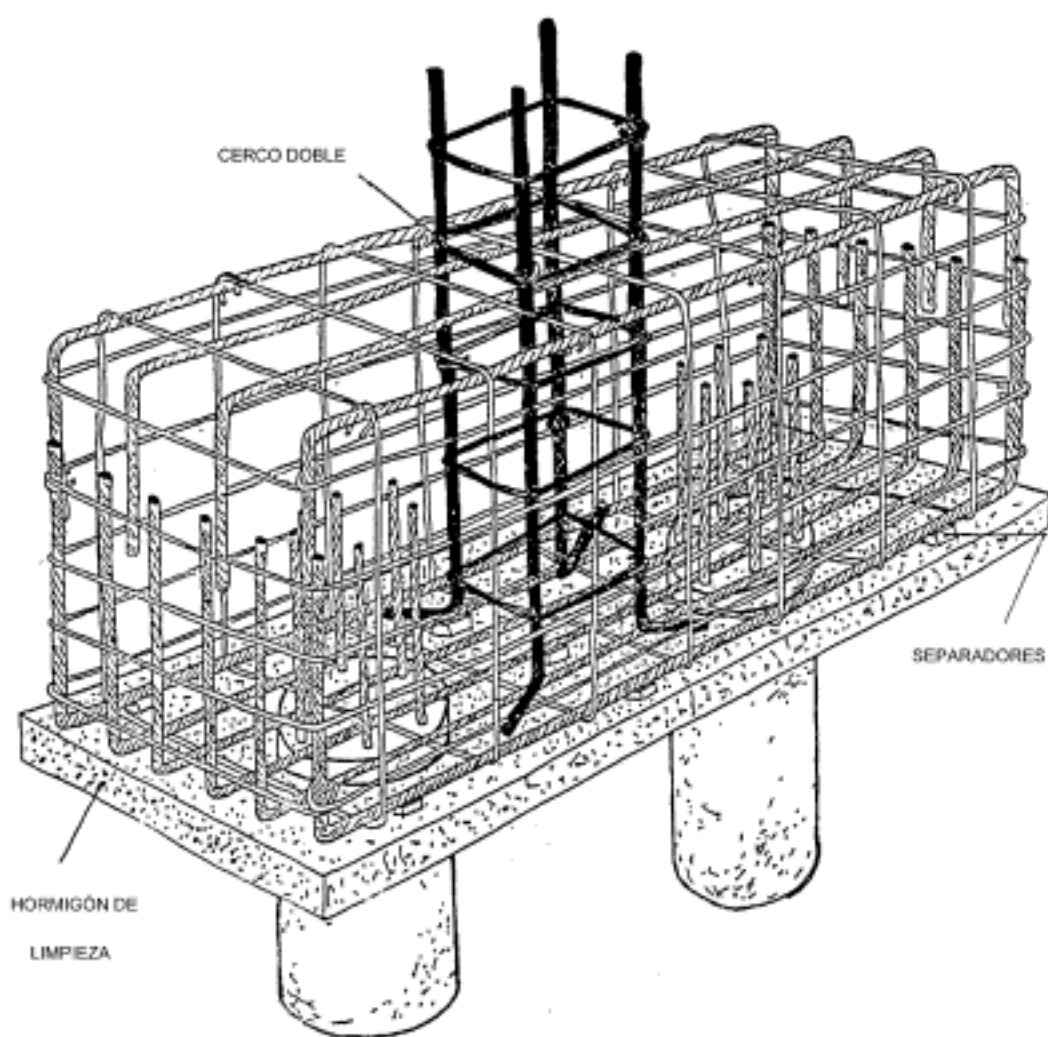
- Armadura longitudinal inferior con anclaje hacia arriba.
- Armadura longitudinal superior con patillas hacia abajo.
- Cercos horizontales y verticales envolviendo el conjunto.

Conviene tener presente las prescripciones de la normativa respecto a la longitud de hormigón del pilote que debe entrar en el encepado, armaduras, etc.

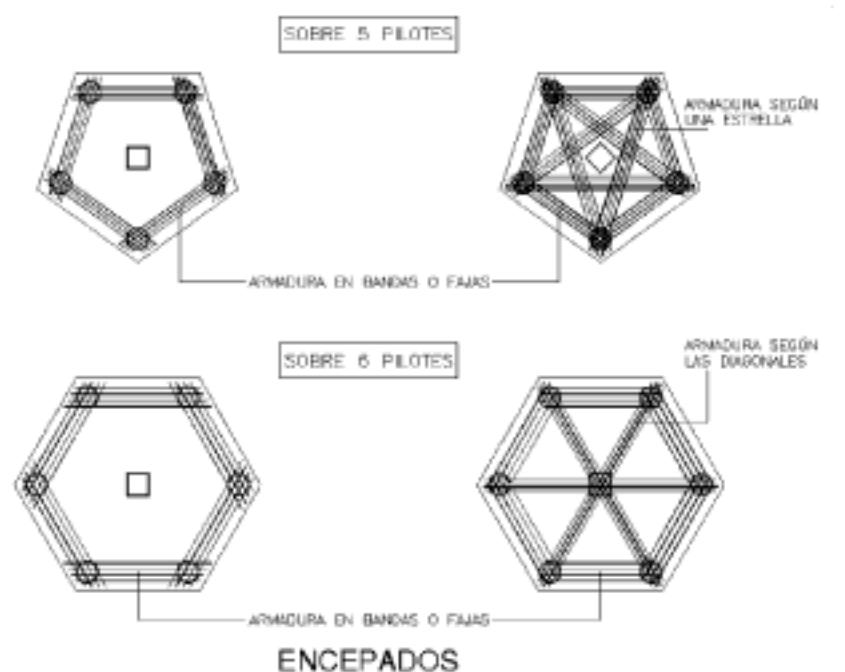
Igualmente, para la puesta en obra del encepado, sería necesario colocarle las armaduras de arriostramiento, en las direcciones correspondientes.

Asimismo es conveniente que las armaduras del encepado no se apoyen directamente sobre las armaduras del pilote, para no impedir el recubrimiento de los mismos.

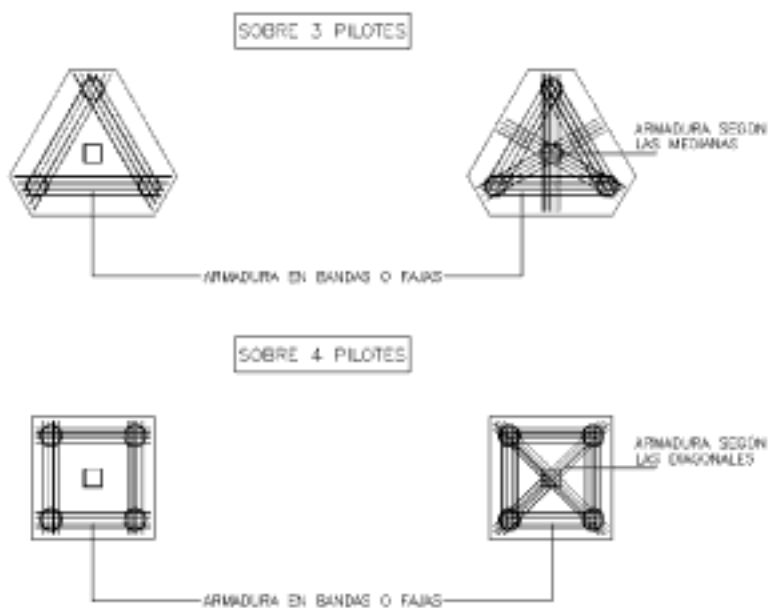
En la perspectiva siguiente quedan reflejadas las armaduras del encepado, las de espera pilar, con sus correspondientes cercos, separadores de armaduras,..., faltando por colocar las armaduras de las vigas de arriostramiento que no se han colocado por no complicar más dicho dibujo.



10.7.- DISPOSICIÓN DEL ARMADO DEL ENCEPADO DE TRES O MÁS PILOTES.



Para encepados de más de dos pilotes, el sistema de cálculo es análogo, partiendo, en cada caso, de la geometría de las posibles bielas.



La armadura principal inferior se colocará en bandas o fajas sobre los pilotes. Esta armadura se dispondrá de tal forma que se consiga un anclaje adecuado de la misma a partir de un plano vertical que pase por el eje de cada pilote y llevará cercos verticales atando la armadura principal de las bandas a modo de jácena, aunque en la parte superior carezca de armadura longitudinal o esta sea mínima.







Cuando quede entre la armadura principal grandes áreas sin armar, se dispondrá, además, una armadura secundaria en retícula cuya capacidad mecánica en cada sentido no será inferior a 1/4 de la capacidad mecánica de las bandas o fajas.

Es determinante que la armadura principal se concentre en bandas o fajas sobre los pilotes y no se distribuya uniformemente en toda el área de la base del encepado, ya que las bielas espaciales de compresión que se forman, van desde el soporte hasta los apoyos rígidos que le suponen los pilotes y allí es donde han de ser desviadas por el tirante.

En encepados solicitados con cargas portantes apreciables, se recomienda disponer, además, una armadura perimetral de tracción que zunche el conjunto de las bielas espaciales de compresión que se forman, evitando así la fisuración prematura de las caras laterales del encepado.

A efectos prácticos pueden utilizarse las expresiones simplificadas y las capacidades mecánicas que se indican en el cuadro siguiente.

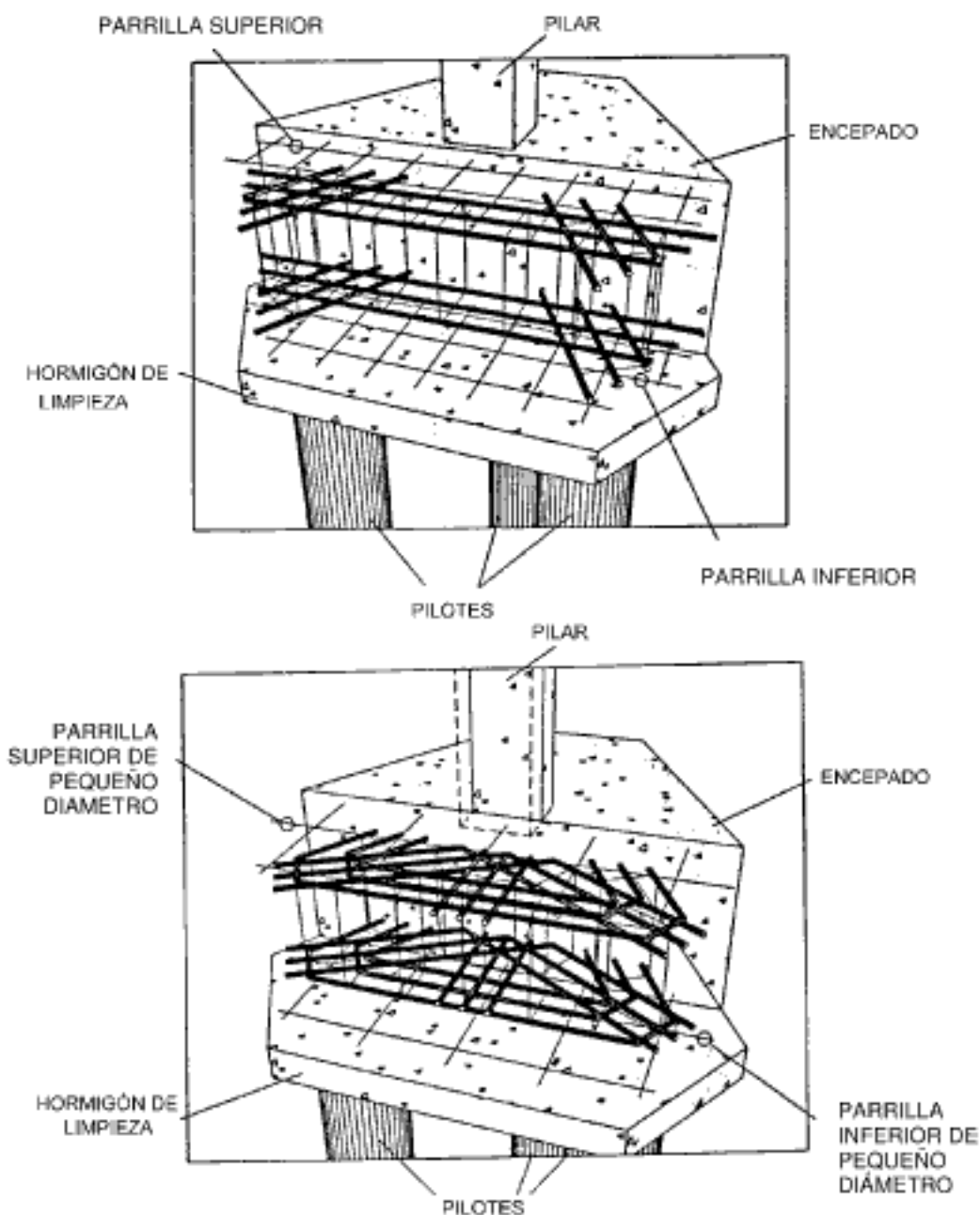
El armado puede hacerse únicamente con una armadura de zuncho perimetral N_p (en la cara inferior del encepado) junto con un mallazo inferior, o mediante una armadura perimetral algo menor, completadas con unas bandas de armadura N_m (cada una de ellas) uniendo cada dos pilotes y cruzando el encepado.

ARMADO DE ENCEPADOS						(*)	
n	ENCEPADO	GANTO	N_p	N_m	MALLAZO	$\frac{P}{d} \leq \sigma_{efck}$	$\frac{P}{nS} \leq \sigma_{efck}$
3		$d > 0,8(L - \frac{d}{2})$	$P/7,4$ $P/10,5$	$P/12,6$	$\geq 0,2 N_p$	0,5	0,5
4		$d > 0,85(L - \frac{d}{2})$	$P/9,3$ $P/13,3$	$P/11,3$	$\geq P/13,2$	0,6	0,6
5		$d > (L - \frac{d}{2})$	$P/11,6$ $P/16,6$	$P/14,1$	$\geq P/16,5$	0,75	0,6
6		$d > 1,15(L - \frac{d}{2})$ $3,4$	$P/8,3$ $P/11,0$	$P/40$	$\geq 0,25 N_p$	NO SE REQUIERE COMPROBACIÓN	
6		$d > 1,20(L - \frac{d}{2})$	$P/100$ $P/132$	$P/45$	$\geq 0,25 N_p$	Id.	
6		$d > 1,40(L - \frac{d}{2})$	$P/15,6$	$P/14,0$		Id.	

(*) $P/d \leq \sigma_{efck}$ y $P/nS \leq \sigma_{efck}$

En las dos perspectivas siguientes vemos el encepado del grupo de 3 pilotes, con las dos opciones vistas anteriormente:

- Con banda de armadura sobre los 3 pilotes (tipo jácena), una parrilla inferior y otra superior, que sirven para apoyo del pilar.
- Con banda de armadura sobre los 3 pilotes y otra banda uniendo éstos con los centros o medianas de las bandas opuestas.

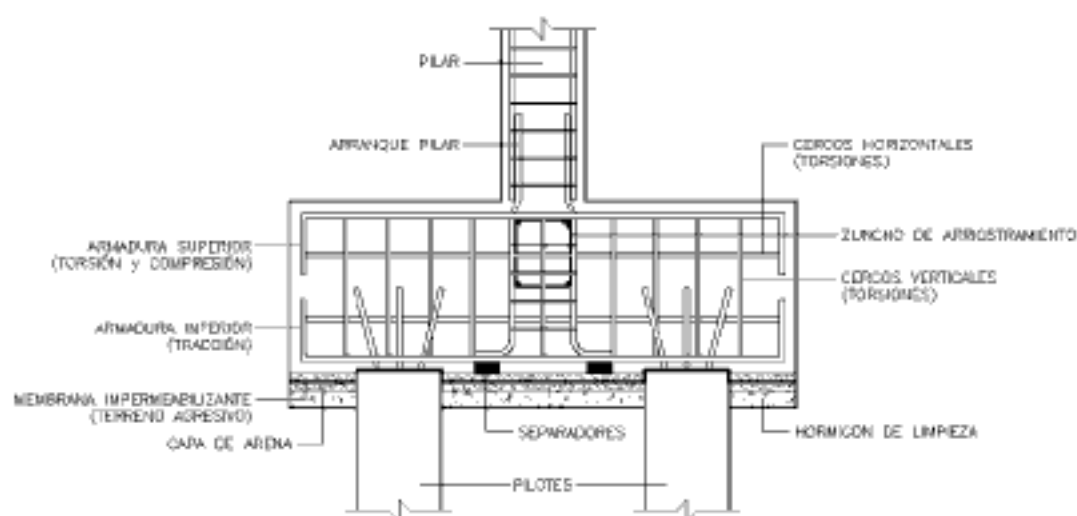


10.8.- ANCLAJES DEL ENCEPADO.

10.8.1.- Caso de soporte de hormigón armado:

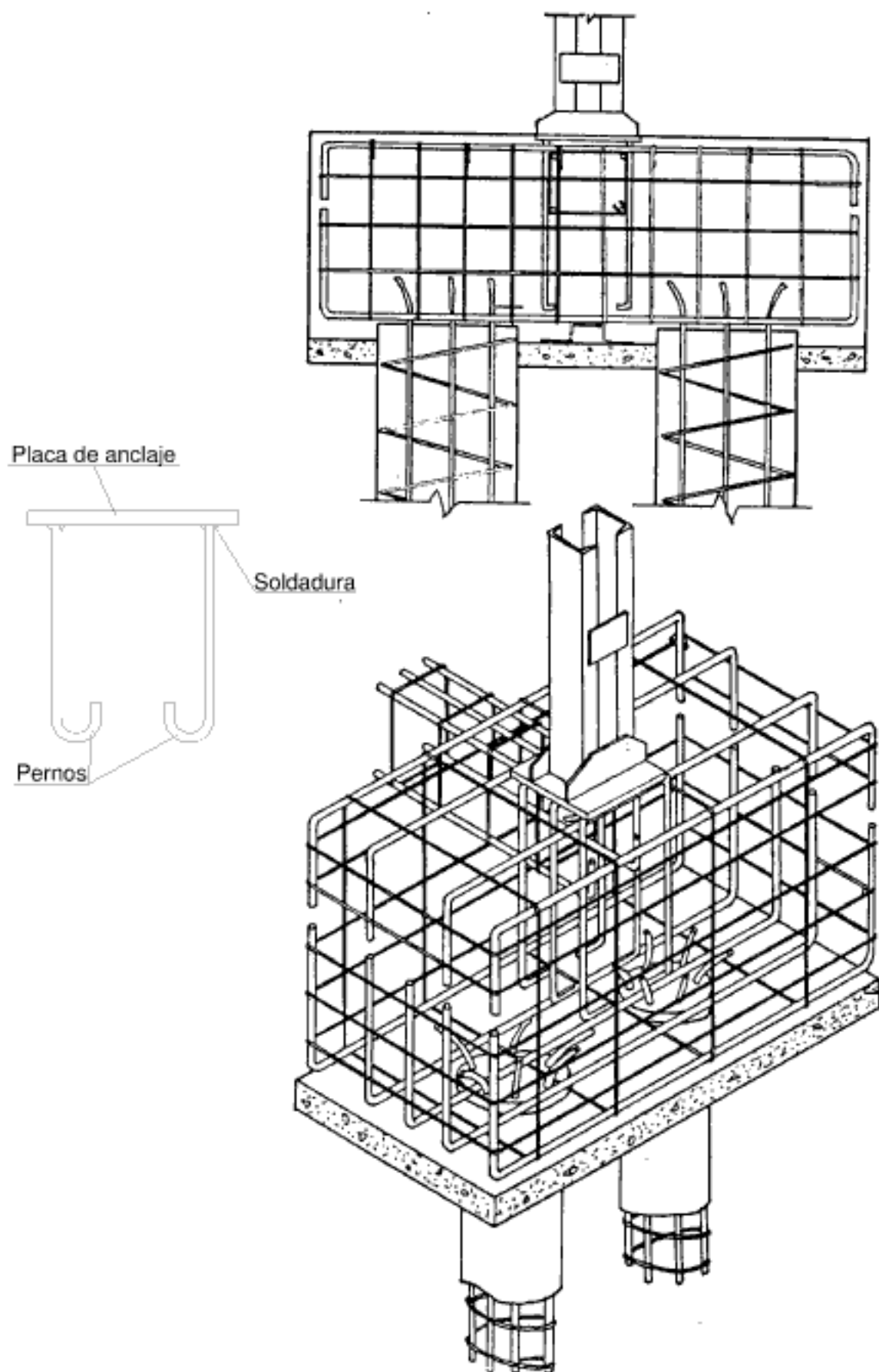
En este caso el anclaje se efectúa igual que en el caso de una cimentación superficial, o sea con armaduras de acero formando jaula y compuesta por una armadura longitudinal (de igual número de barras y diámetro que los del soporte) y una armadura transversal (formada por cercos y estribos).

ANCLAJE DE ENCEPADO CON SOPORTE DE HORMIGÓN ARMADO



10.8.2.- Caso de soporte metálico:

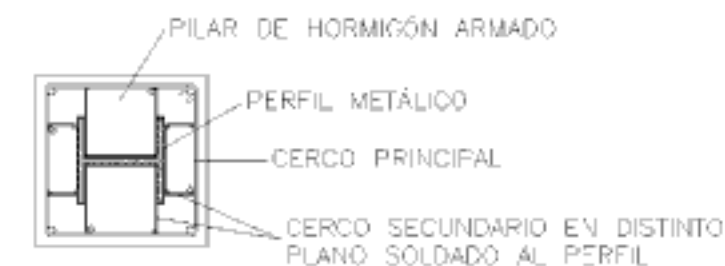
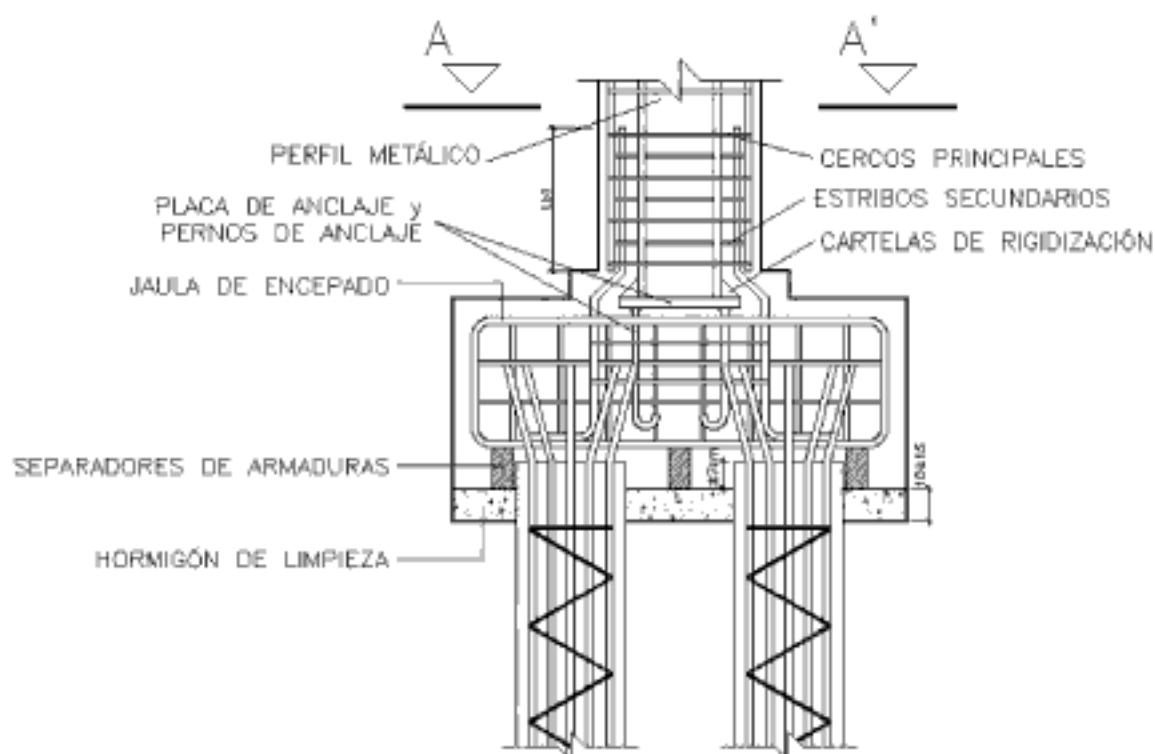
El anclaje de un soporte metálico con un encepado se efectúa con la ayuda de una placa metálica de anclaje unida al hormigón mediante los correspondientes pernos de anclaje, soldados a dicha placa, con terminación recta.



10.8.3.- Caso de soporte mixto:

Como su nombre indica, es la combinación de ambos. El pilar de hormigón se anclará con sus correspondientes armaduras de espera y el metálico mediante placa de anclaje.

El encepado deberá arriostrarse correctamente con las correspondientes vigas de arriostramiento.



SECCIÓN A-A'

10.9.- TÉCNICA DE EJECUCIÓN DE LOS ENCEPADOS.

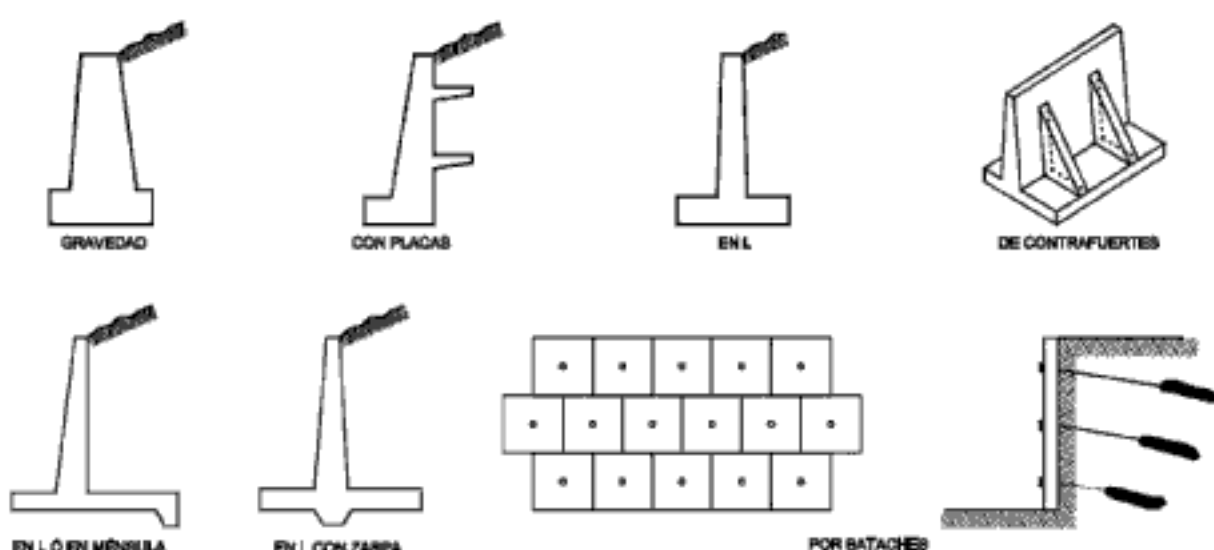
- 1.- Limpieza y nivelación general del terreno.
- 2.- Replanteo general de encepados y arriostramiento.
- 3.- Excavación del terreno, si fuese necesario.
- 4.- Nivelación de los pilotes ya construidos (pasar niveles).
- 5.- Descabezar los pilotes.
- 6.- Si existe terreno agresivo, protección de los encepados.
- 7.- Si existe nivel freático alto, colocación de piedra , zahorra y si fuese necesario, colocar membrana impermeabilizante.
- 8.- Vertido del hormigón de limpieza.
- 9.- Replanteo del eje de los pilares.
- 10.- Encofrado.
- 11.- Colocación de las armaduras (del encepado, de arriostramientos, de anclaje, complementarias, etc.) con separadores, y bien atadas para inmovilizarlas durante el hormigonado.
- 12.- Hormigonado.
- 13.- Curado del hormigón.

TEMA 11.- ELEMENTOS DE CONTENCION. DEFINICIONES Y TIPOLOGIAS. MUROS DE CONTENCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO.

El Código Técnico de la Edificación (SE-C) establece dos tipos de elementos de contención: muros y pantallas. En el apartado 11.1 se transcribe el contenido del CTE para muros y, en los apartados siguientes, se amplían dichos contenidos, detalles, armaduras, etc.

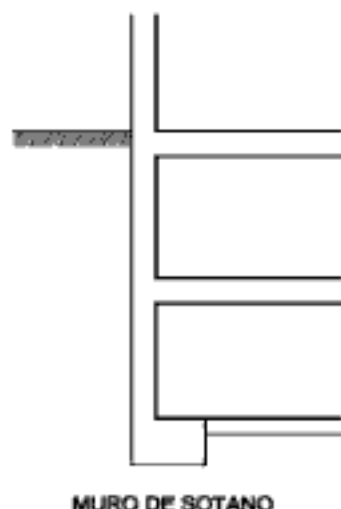
11.1.- MUROS

- 1.- Los muros se definen como elementos de contención destinados a establecer y mantener una diferencia de niveles en el terreno con una pendiente de transición superior a lo que permitiría la resistencia del mismo, transmitiendo a su base y resistiendo con deformaciones admisibles los correspondientes empujes laterales. En el caso de muros de sótano, éstos se utilizan para independizar una construcción enterrada del terreno circundante.
- 2.- En edificación, los muros de contención suelen ser construcciones quebradas o cerradas en planta, a las que acometen otros elementos tanto de la edificación como de la urbanización.
- 3.- No están cubiertos por este DB los muros de simple protección o revestimiento, los muros de cerramiento exentos por ambas caras, los muros de contención de agua o fluidos en depósitos no enterrados, etc. Tampoco es aplicable este DB a los paramentos cerrados por aumento artificial de la resistencia del terreno, los muros-criba, los muros de suelo reforzado y todos aquellos que, aún siendo soluciones adecuadas para diversos casos, por su carácter especial requieran métodos particulares de diseño, cálculo y ejecución.
- 4.- Por los materiales empleados, los muros generalmente son de hormigón en masa o armado, mampostería o fábrica.



Tipos de muros

- 5.- Por su concepto estructural se distinguen, entre otros, los muros de gravedad aligerados, de contrafuertes, en L o en ménsula, de sótano y los realizados por bataches a medida que se ejecuta la excavación. En la siguiente figura se muestran los mismos.
- 6.- Los muros de gravedad son elementos de contención cuyas dimensiones son suficientemente grandes como para equilibrar los empujes únicamente por su peso, sin que se produzcan tracciones en la fábrica u hormigón o siendo éstas despreciables. Estos muros en general no precisan armaduras y son los más resistentes a los agentes destructivos. Sus formas son muy variadas, y para el enlace de las partes construidas sucesivamente suelen dejarse retallos o llaves.
- 7.- En el caso de muros de gravedad aligerados, al reducirse el espesor del alzado del muro, las pequeñas tracciones correspondientes se absorben con una ligera armadura. El pie ha de sobresalir en ménsula para mantener el ancho de base necesario, por lo que es necesario también la colocación de armadura en la base de la zapata. En algunos casos, el muro se aligera recortando su trasdós en la zona donde las presiones transmitidas al terreno son menores.
- 8.- En el caso de disponer una o varias placas en ménsula en el trasdós del muro, al aliviar los empujes por efecto "sombra", permite una menor sección del muro.
- 9.- En los muros en L o en ménsula, la base del muro está constituida por una losa o zapata sobre la que se levanta el alzado, que suele ser de espesor reducido, absorbiéndose las flexiones de la ménsula mediante armadura sencilla o doble. Para mejorar la resistencia al deslizamiento, estos muros pueden llevar zarpas centrales o en el tablón posterior y si los esfuerzos son importantes el empotramiento de la zapata podrá reforzarse mediante cartabones.
- 10.- Los muros de contrafuertes son una variante de los anteriores en los que el ancho del muro se refuerza a determinados intervalos para reducir las flexiones del muro y conseguir además una orientación más favorable de los empujes. Las placas frontales pueden ser planas o abovedadas, de directriz circular preferentemente. Si es necesario, pueden llevar zarpas en el talón de la placa de base.
- 11.- Los muros realizados por bataches, a medida que se ejecuta la excavación, generalmente están constituidos por placas, de hormigón armado, de unos 3 x 3 m, y espesor entre 40 y 80 cm. hormigonadas contra el terreno, cada una de las cuales se ancla al terreno una vez endurecido el hormigón. Los bataches se ejecutan a medida que se efectúa la excavación, sin iniciar la apertura de un batache en tanto que la placa superior no se encuentre anclada y se solaparán para dar continuidad a las armaduras, tanto en sentido horizontal como en sentido vertical, formando módulos en general con al menos 3 anclajes. Salvo justificación en contra, este procedimiento se utilizará únicamente en excavaciones sobre el nivel del freático. Estos muros no se empotran en el terreno por debajo del nivel de excavación por lo que su estabilidad se logrará exclusivamente por medio de los anclajes.
- 12.- Los muros de sótano generalmente tienen forma de cajones cerrados y están sometidos al empuje del terreno y, en su situación definitiva, a las cargas procedentes de forjados, y en ocasiones a las de soportes o muros de carga que nacen de su cúspide. Los forjados actúan como elementos de arriostramiento transversal. A los efectos de su dimensionado o comprobación como elementos estructurales, las reglas de este DB deben complementarse con las de las demás funciones que poseen. En este tipo de muros los efectos derivados de la contención pueden ser secundarios, sobre todo en edificios de varias plantas.



- 13.- Dado que existen numerosos tipos y variantes de construcción en muros, puede utilizarse cualquier otro tipo de muro, de acuerdo con las solicitaciones, condicionantes exteriores, de funcionalidad o estéticas en cada caso, siempre que cumpla las condiciones indicadas en este DB.

Acciones a considerar:

- a) el peso propio del elemento de contención
- b) el empuje y peso del terreno colindante
- c) los empujes debidos al agua
- d) sobrecargas sobre la estructura de contención o sobre el terreno del trasdós
- e) los efectos sísmicos, cuando sea necesaria su previsión por la zona de emplazamiento de la estructura de contención
- f) los empujes de terrenos expansivos
- g) las sobrecargas debidas a la presencia de edificaciones próximas, posibles acopios de materiales, vehículos, etc,
- h) la fuerza de los puntales y anclajes.

Criterios básicos

- 1.- Debe comprobarse que los anclajes proyectados no afectan a los edificios y servicios próximos.
- 2.- El muro y cada uno de los paños debe ser estable en todas las fases de la construcción. Esta condición puede exigir el apuntalamiento de los muros de trasdós recortado mientras no se coloque el relleno.
- 3.- La estabilidad del muro puede verse afectada por procesos de socavación, erosión o por eliminación del terreno al pie del mismo, por lo cual deben adoptarse las medidas protectoras oportunas cuando haya lugar.

- 4.- En los muros de contención se debe tener en cuenta que un correcto dimensionado del drenaje a largo plazo del trasdós de muro, siempre es más ventajoso que el cálculo del muro, tomando en consideración la totalidad de las presiones hidrostáticas y la filtración a las que previsiblemente pueda estar sometido. En muros de sótano deben tenerse en cuenta las consideraciones sobre la impermeabilidad.
- 5.- Salvo en muros de muy escasa altura, la profundidad de apoyo de la cimentación respecto a la superficie no debe ser inferior a 0,80 m.

Juntas

- 1.- Los muros deben disponer de juntas de dilatación para absorber las deformaciones debidas a la temperatura y, en su caso, las de retracción.
- 2.- Deben existir juntas en los cambios de sección, o cuando existan singularidades del propio muro tales como escaleras, rampas de carga, etc.
- 3.- Análogamente se dispondrán juntas cuando se han de diferenciar entre tramos contiguos del muro.
- 4.- La distancia entre juntas de dilatación, salvo justificación, no será superior a 30 m. recomendándose una separación no superior a 3 veces la altura del muro.
- 5.- Cuando los efectos de la retracción puedan ser importantes se intercalarán falsas juntas, debilitando la sección del muro para predeterminar el plano de rotura. La separación entre estas juntas será de 8 a 12 m.
- 6.- Las juntas y los productos para el relleno de éstas cumplirán a efectos de la impermeabilidad, las especificaciones indicadas en el DB-HS sección 1.
- 7.- La abertura de las juntas de dilatación será de 2 a 4 cm. según las variaciones de temperatura previsibles.
- 8.- Se evitará el paso de armaduras a través de las juntas. Cuando esto sea necesario para mantener alineaciones o por circunstancias especiales, salvo justificación en contra, todas las armaduras que penetren en una cara de la junta deben proyectarse como pasadores lubricados y sin dobleces ni anclajes, para permitir los movimientos longitudinales y convenientemente protegidos de acuerdo con la durabilidad especificada.

Drenaje

Se considerarán preferentemente los siguientes sistemas de drenaje:

- a) drenes verticales de material granular, hormigón poroso, u otros que puedan ocupar toda la altura del muro o parte de ella
- b) láminas drenantes
- c) drenes inclinados
- d) tapices drenantes horizontales a uno o varios niveles
- e) drenes horizontales a través del relleno
- f) drenes longitudinales en la base o talud del relleno
- g) mechinales en contacto directo con el relleno

11.2.- GENERALIDADES

Es frecuente encontrarse con el problema de tener que establecer dos niveles geométricos de servicio a distinta cota y próximos entre sí. Este desnivel puede conseguirse estableciendo una transición más o menos suave mediante un talud, o bien puede obtenerse disponiendo un cambio brusco con discontinuidad vertical. Esta última solución viene a menudo obligada por la pérdida de espacio que supone la ejecución de un talud, o por las condiciones de seguridad para las obras situadas en el nivel superior. En edificaciones urbanas, es inevitable la solución de discontinuidad vertical por razones de funcionalidad y economía.

El terreno superficial no suele tener, en general, resistencia suficiente para soportar una discontinuidad vertical, por lo que se hace necesario disponer una obra de fábrica o de hormigón entre los dos niveles de servicio que asegure la resistencia y el funcionamiento del conjunto. Estas estructuras de contención tienen por misión soportar adecuadamente las acciones provenientes del terreno y del exterior.

Las fuerzas a considerar en una estructura de contención de tierras son:

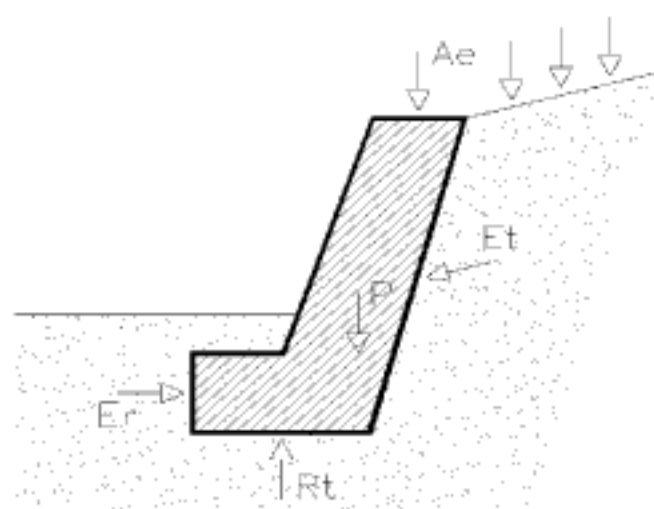
E_t = empuje del terreno que sostiene.

A_e = fuerzas exteriores.

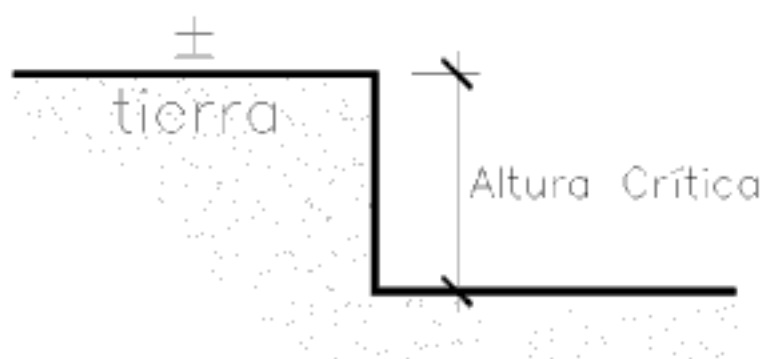
P = peso propio

R_t = reacción del terreno sobre el que se sitúa.

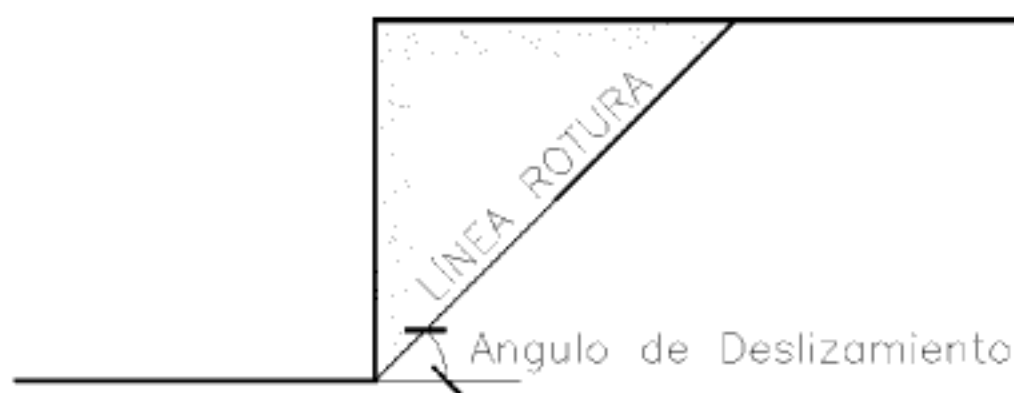
E_r = resistencia del terreno situado frente a su parte inferior, consecuencia de los movimientos que experimenta el conjunto.



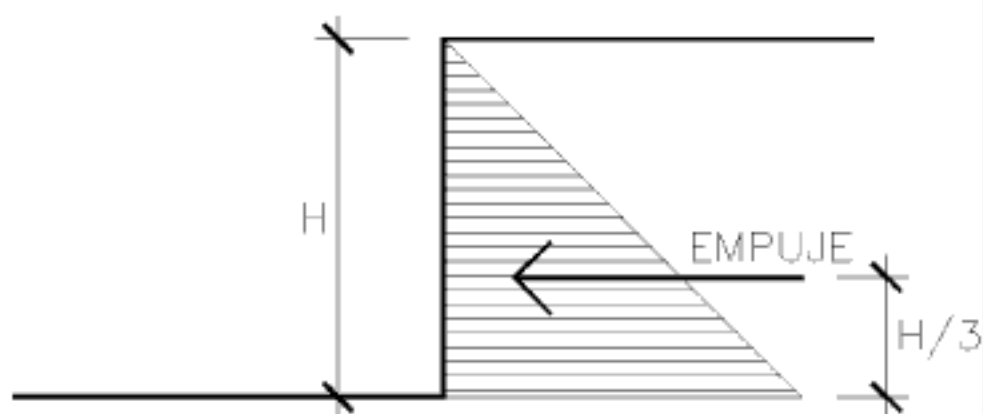
Se denomina altura crítica, aquella en que la tierra se mantiene sola.



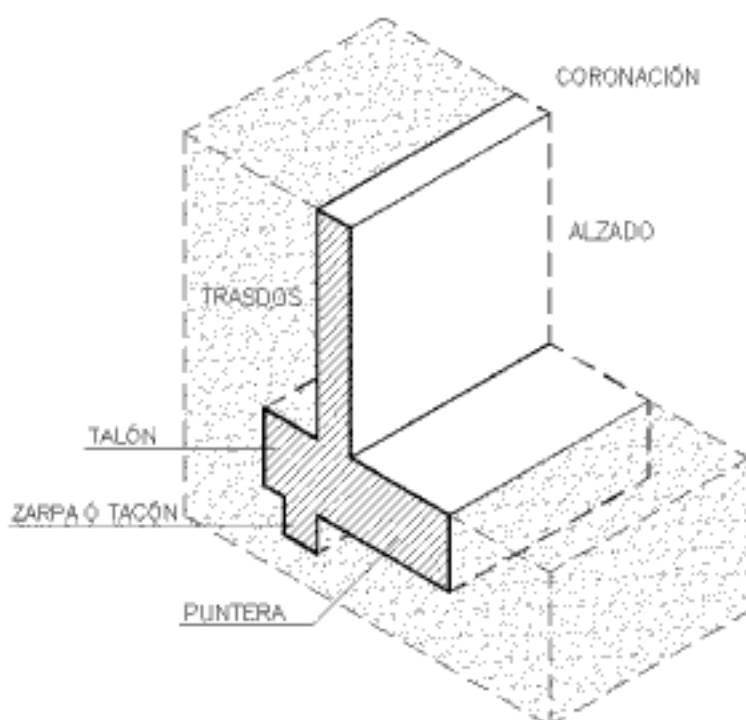
Línea de rotura y ángulo de deslizamiento son aquellos límites a partir de los cuales la tierra se desmorona, cayendo sobre el vacío.



La fuerza (empuje) del terreno sobre el muro viene grafiada a $1/3$ de la altura total del muro.

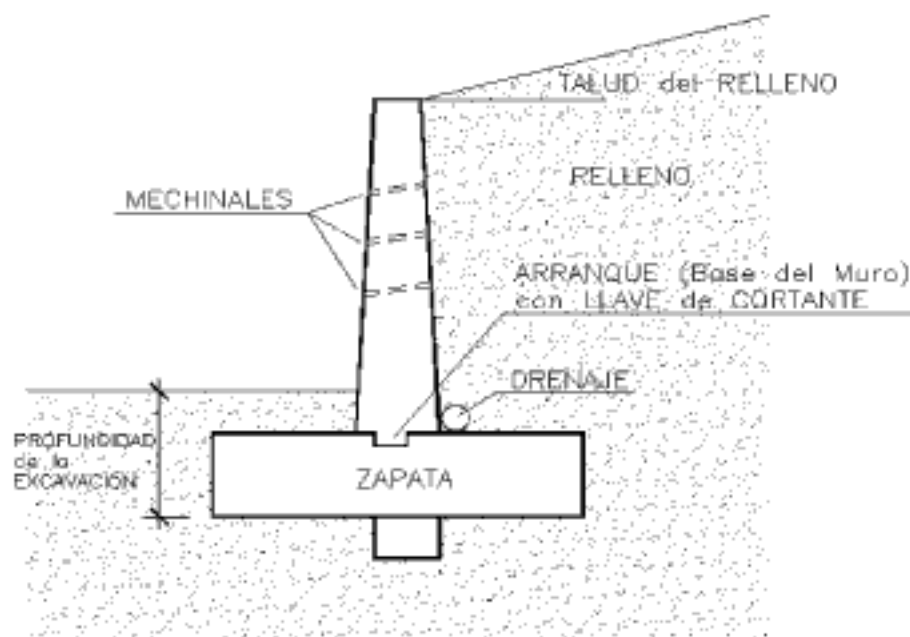


En la figura adjunta se detalla nomenclatura de las partes de un muro.



La parte inferior (puntera, talón, etc.) forma el cimiento del muro y suele ejecutarse con zapata corrida. El resto del muro es el cuerpo o alzado.

La designación del resto de elementos que pueden ir unidos a él es la siguiente:



Las estructuras de contención o muros, pueden ser rígidos o flexibles. Las rígidas son aquellas que por su morfología, dimensiones y materiales constituyentes cumplen su función sin cambiar de forma, es decir, con giros y desplazamientos de conjunto sin que se produzcan deformaciones apreciables de flexión o acortamiento. Pertenecen a este grupo la mayoría de los muros de contención.

Las estructuras flexibles son aquellas que por su morfología y dimensiones cumplen su función, experimentando deformaciones apreciables de flexión. Pertenecen a este grupo las pantallas continuas de hormigón armado, que se tratarán en tema aparte.

Los muros pueden estar destinados a retener sólidos (tierras), líquidos (depósitos, piscinas, etc.) y también a contener combinaciones de ambos.

11.3.- MUROS DE GRAVEDAD O DE HORMIGÓN EN MASA.

Además de los tradicionales muros de mampostería, cuyo uso hoy día no es frecuente, los muros de gravedad suelen ser muros de hormigón en masa, en los que la resistencia al empuje de las tierras y la estabilidad del conjunto se consiguen por el propio peso del muro. Suelen tener forma trapezoidal, ensanchada en la base, trasdós vertical o escalonado y pueden tener cimientado diferenciado o no.



Su principal ventaja es que no van armados, lo que en principio puede ser una economía. Sin embargo si el volumen de hormigón es excesivo, resulta conveniente el uso de muros de hormigón armado, que aunque contienen ferralla, permiten una apreciable economía de hormigón con respecto a los de hormigón en masa. Por tanto, éstos están indicados para alturas moderadas (4-5 metros) y siempre que el volumen de hormigón no sea excesivo (muros no muy largos).

En cuanto a la cimentación de este tipo de muros, mejoran su estabilidad si poseen zapatas con puntera, pues avanza el eje de giro del muro, aumentando el brazo estabilizante y permitiendo aligerar el mismo. Este esquema resistente requiere un estudio cuidadoso de las tensiones en la base de la puntera para que no superen la tensión admisible del hormigón en masa, cifrada en 1/10 de la tensión admisible de compresión.

11.4.- MUROS DE HORMIGÓN ARMADO.

Dentro de los muros de hormigón armado podemos distinguir los siguientes tipos, atendiendo a su morfología, dimensiones y esquema resistente:

- Muros de hormigón armado en ménsula o en L.
- Muros de hormigón armado con contrafuertes.
- Muros de hormigón armado con placas o bandejas exteriores.

- Muros de sótano.
- Muros de carga.
- Muros descolgados y parapetos anclados (por bataches).

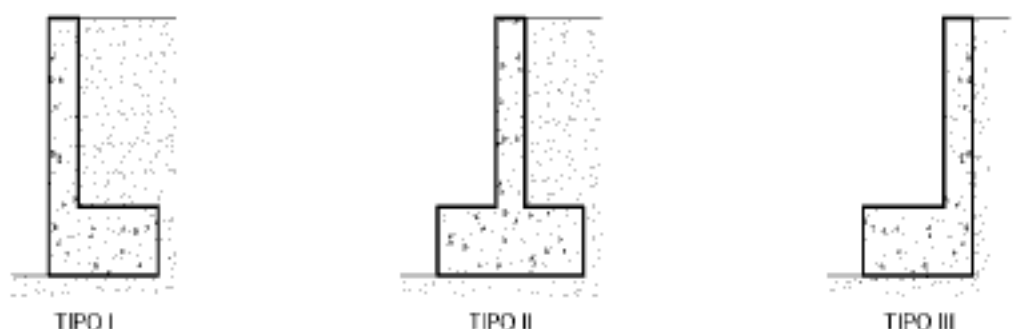
11.4.1.- MUROS DE HORMIGÓN ARMADO EN MÉNSULA O EN L:

Son los de empleo más corriente, dependiendo su campo de aplicación de los costes de excavación, encofrado, hormigón, acero y relleno. Podríamos decir que están indicados para alturas de hasta 10-12 metros.

Su forma puede ser en T invertida o en L, pudiendo llevar tacón en la base, o no.

El trasdós suele ser vertical y el intradós puede ser vertical o ligeramente inclinado. La parte superior vertical del muro suele llamarse alzado o cuerpo del muro, y la parte inferior horizontal suele llamarse cimiento o base del muro y contiene la puntera, el talón y a veces el tacón. Los muros en L pueden ser con puntera o con talón.

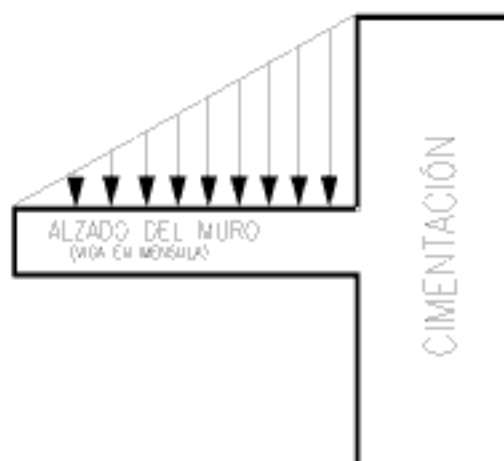
TIPOS DE MURO DE CONTENCIÓN



Forma de trabajo y armadura de los muros de H. armado en ménsula:

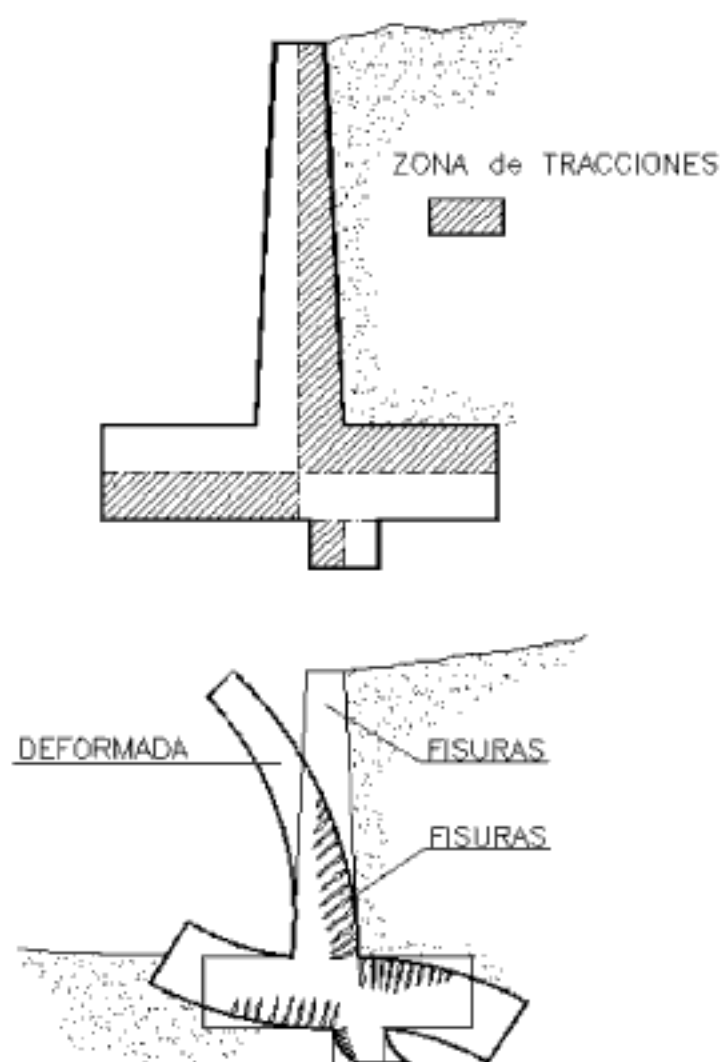
El muro trabaja como una viga en ménsula (flexión), esto es: en voladizo desde la cimentación. La estabilidad del conjunto se consigue por la forma del muro.

Dándole un giro al muro, entenderemos más claramente su forma de trabajo.



En las figuras siguientes se muestran genéricamente donde se sitúan las fibras traccionadas en este tipo de muros, su deformada (grafiada de forma exagerada), así como el diagrama de tensiones del terreno.

En todas las zonas donde exista tracciones, debemos colocar armadura, junto al paramento.





El muro se deformaría fisurando el hormigón y haciendo trabajar a las armaduras, de forma proporcional al valor de sus esfuerzos.

La puntera estaría sometida a fuertes tensiones de respuesta del terreno, siendo débiles en la zona del talón, por ser la carga de forma triangular.

En la zona del talón, el peso del terreno de relleno situado sobre éste, origina una resultante descendente mayor que las presiones de respuesta del suelo, fisurándose el estado final como se indica en la figura anterior.

En el frente de la puntera el suelo colabora a impedir el deslizamiento del muro.

El tacón o zarpa se deforma hacia donde está el terreno a contener, porque el empuje de las tierras tiende a "llevarse" el muro hacia adelante (deslizamiento) y el tacón se opone. Por ello necesitará armadura en la parte delantera.

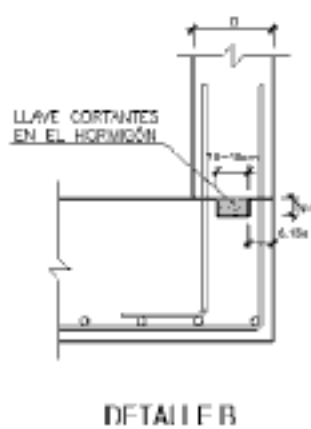
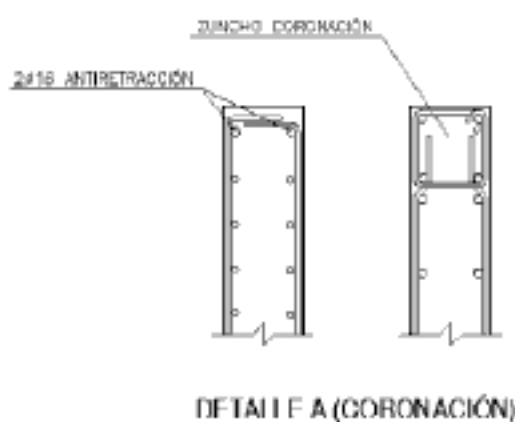
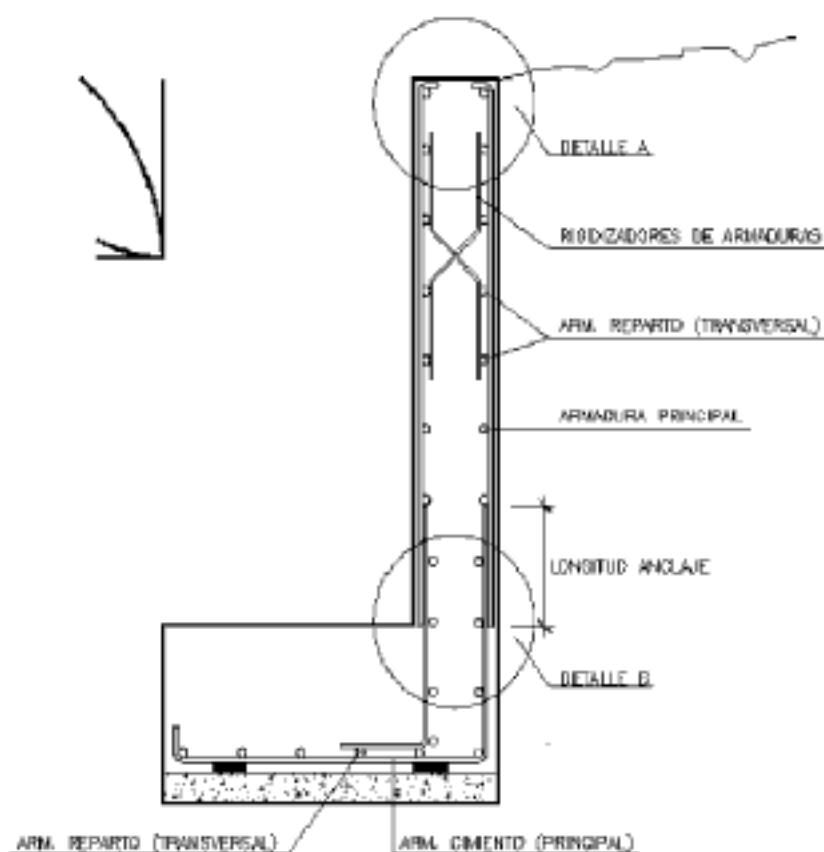
El conocimiento de la situación de las fibras traccionadas y comprimidas, nos dará una primera aproximación al diseño y distribución de la armadura del muro.

Como orden de magnitud, y de modo general, la relación entre la base B de la zapata corrida y la altura total H del muro que en ella se apoya es:

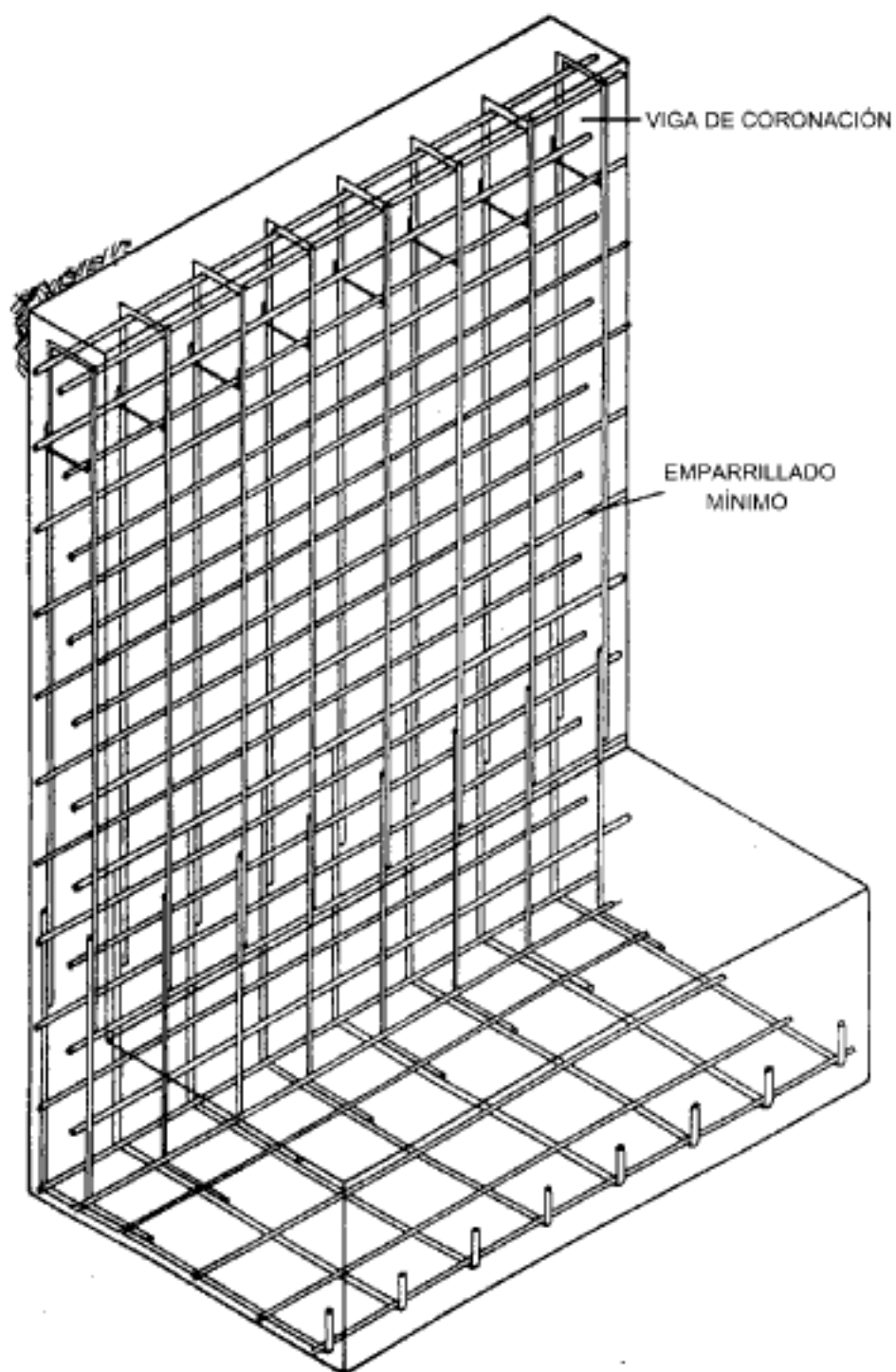
$$\frac{B}{H} = \frac{1}{3}$$

Veamos a continuación el armado de los tres tipos de muros ménsula:

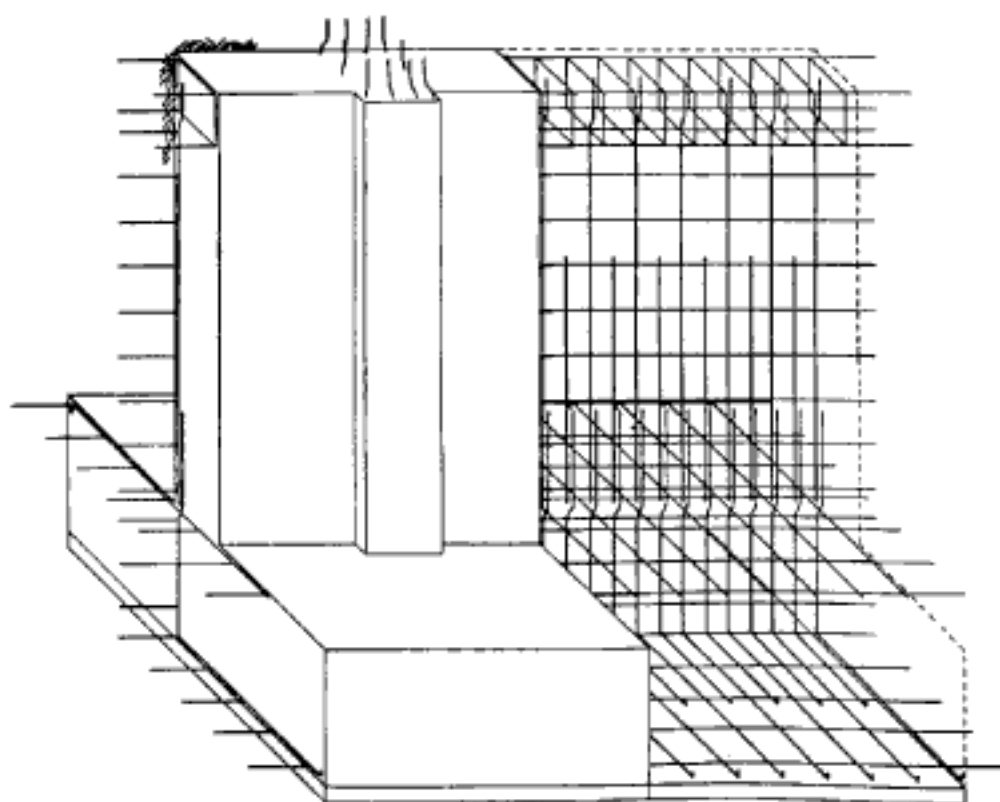
ARMADO DE MURO CON PUNTERA



ARMADO MURO DE CONTENCIÓN

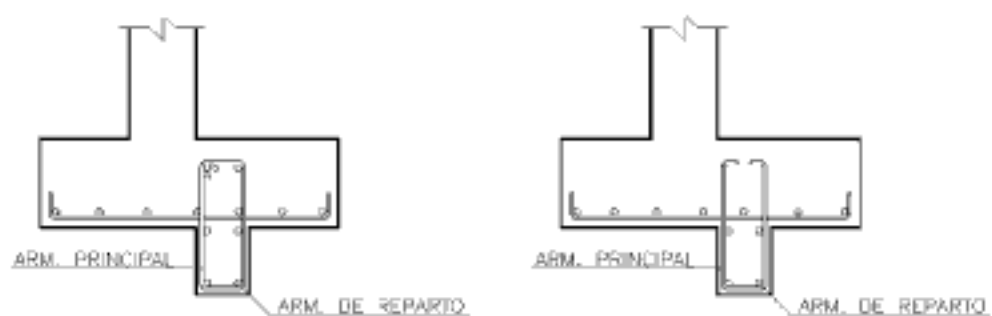
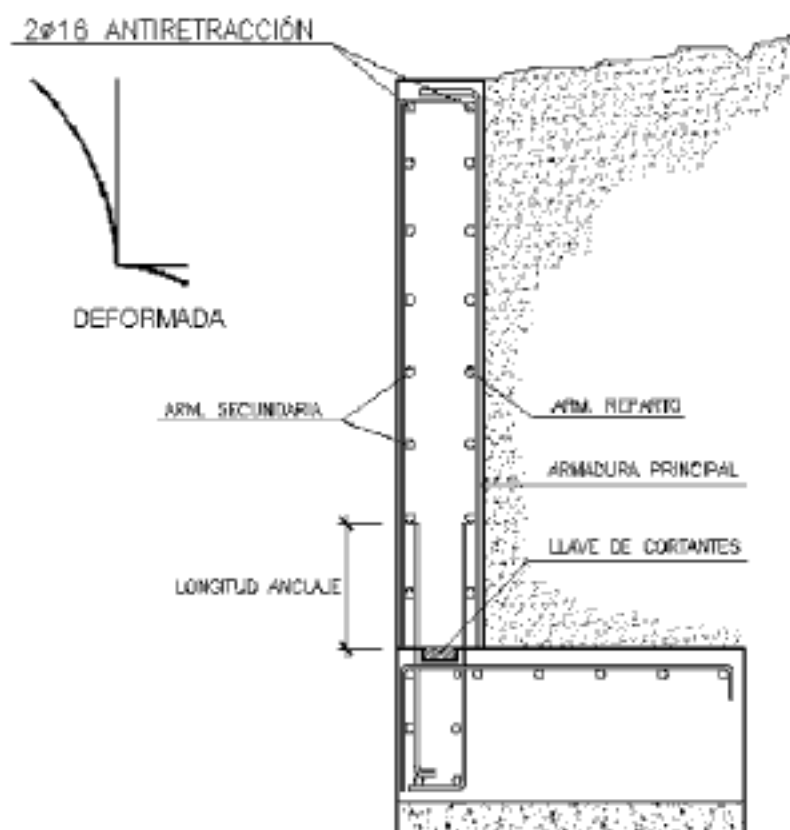


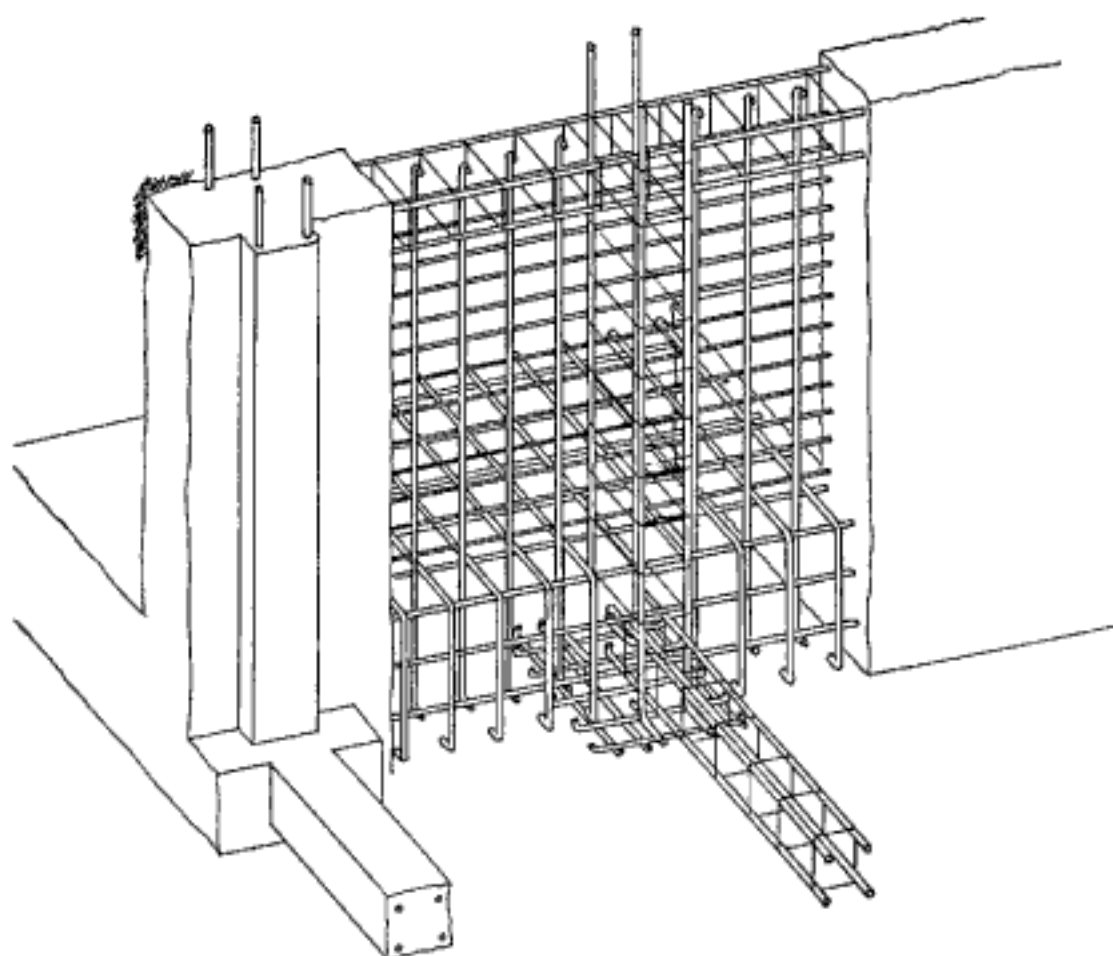
Hidden page



(En este caso no habrá que olvidar añadir a la armadura correspondiente del muro, la armadura propia de la zapata bajo el pilar).

ARMADO DE MURO CON TALÓN



ARMADO DE MURO

La función de los distanciadores es dar consistencia al conjunto de las armaduras y evitar que se deforme bajo su propio peso, especialmente cuando el muro tiene cierta altura. Estos rigidizadores se realizan a base de restos de ferralla y una vez construido el muro no tienen función resistente.

La armadura principal del alzado del muro está dimensionada para absorber los esfuerzos originados por el empuje de las tierras (flexión del muro) y está situada verticalmente. Puede extenderse en toda su longitud o bien, economizando armadura, que tan solo se extienda donde se requiera, en función del diagrama de momentos flectores. Por ello es frecuente que en dicho alzado existan armaduras de dos longitudes, una de ellas que llega hasta la parte alta y la otra que termina en el centro del alzado aproximadamente.

En las proximidades a las esquinas de los muros, tanto en los de contención de tierras como en los de piscinas, los dos laterales que forman el ángulo trabajan empotrados entre sí, aparte de empotrados en el cimiento, por lo cual en dicha zona (a partir de la línea a 45° con la horizontal) se podría disminuir el armado vertical y aumentar el horizontal.

Además de la armadura principal en el alzado del muro, debe disponerse una armadura transversal, con una cuantía equivalente al menos al 20% de la armadura principal, según indica la norma.

La armadura principal de la puntera del cimiento está dimensionada para absorber la reacción del terreno frente a los empujes producidos por el muro.

El armado principal del talón del cimiento del muro se dimensionará para soportar el momento flector provocado por el peso de las tierras que se hallan sobre el mismo.

En estos dos últimos supuestos, las mencionadas armaduras principales pueden extenderse en toda su longitud, o bien, siguiendo el diagrama de momentos, colocarlas solamente donde sean necesarias, de forma idéntica a como se ha indicado para el alzado del muro.

El esfuerzo cortante será resistido en su totalidad por el hormigón, ya que los muros no se ferrallan para resistir cortantes, por la dificultad que supondría.

En ocasiones, dado que en la base del muro es donde son mayores los flectores y cortantes, se suele diseñar el muro con un mayor espesor en esta zona. Además, como el muro se realiza en dos fases, primero la zapata corrida y luego el muro propiamente dicho, es inevitable una junta de hormigonado; junta que se da en la zona más desfavorable. Es por ello que siempre, sin excepción, se deberán realizar las denominadas "llaves de cortante".

Las 2 armaduras situadas en la coronación del muro tienen como misión evitar la aparición de fisuras de retracción. La misma función corre a cargo de la armadura secundaria, que siempre se dispondrá en sentido vertical y horizontal.

La ausencia de estas armaduras produce fisuras en los muros, entre los 6-8 metros, con fisuras más abiertas en la parte superior que en la inferior.

Si el armado es mínimo, estas fisuras aparecen cada 10-12 m.

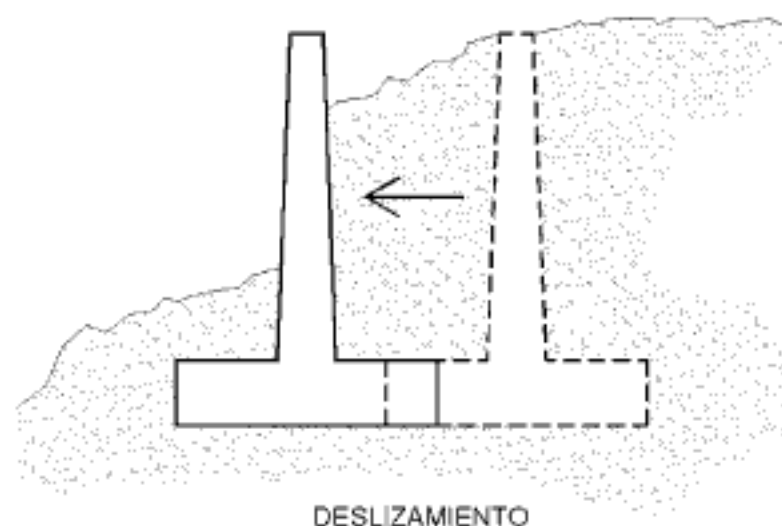
Si está convenientemente armado son inevitables cada 18-20 m.

Posibles fallos del muro de hormigón armado en ménsula:

1.- Rotura por momento.

En principio las tierras empujan, produciéndose el momento máximo de trabajo debido a las cargas, en la base del muro, provocando una rotura en la sección, en el caso de armado insuficiente.

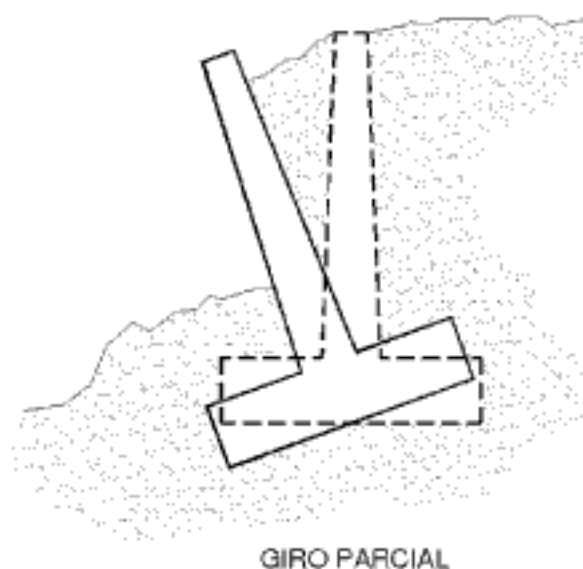


2.- Deslizamiento:

El muro puede fallar por deslizamiento entre el terreno y la superficie de contacto de la base del muro. Falta peso al muro para provocar rozamiento suficiente con el terreno. Esto puede ocurrir antes de cargar los forjados sobre el muro. Ayuda a evitarlo la colocación del tacón.

3.- Giro parcial:

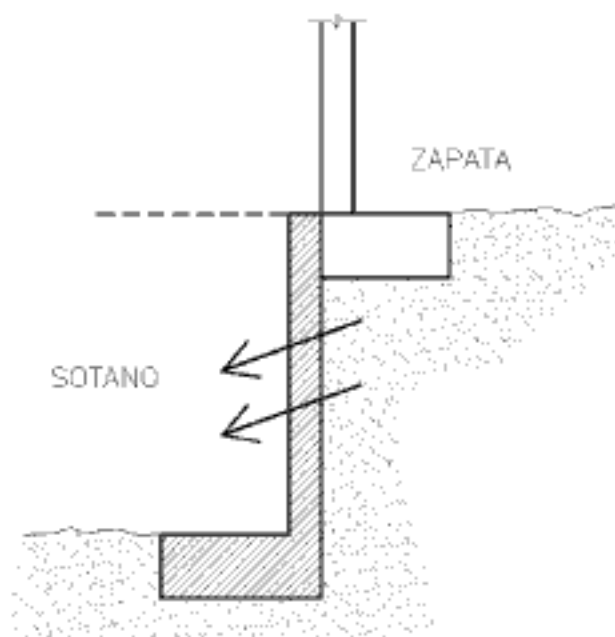
Si el muro falla en la zona del cimiento de la puntera, debido a una presión mayor de la admisible por el terreno, se provoca un giro parcial. Esto traerá consigo el desplazamiento de la coronación de la cabeza del muro, incompatible con las condiciones de servicio. Incluso podría llegar a volcar. Defecto debido a tener poca puntera.



Hidden page

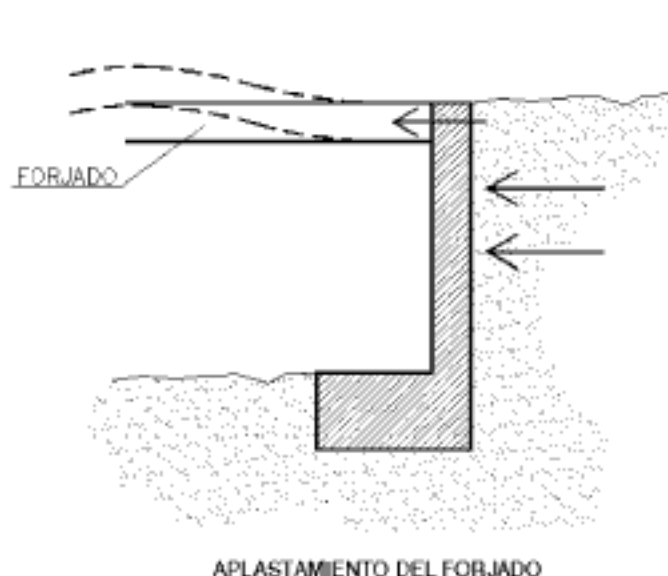
6.- Colocación de un cimiento muy cargado, junto al muro, en la parte alta:

Posteriormente a la ejecución de dicho muro, podría construirse un edificio colindante, con cargas importantes junto al muro, situadas en la parte alta, cuyo bulbo de presiones podría repercutir en la seguridad del muro.



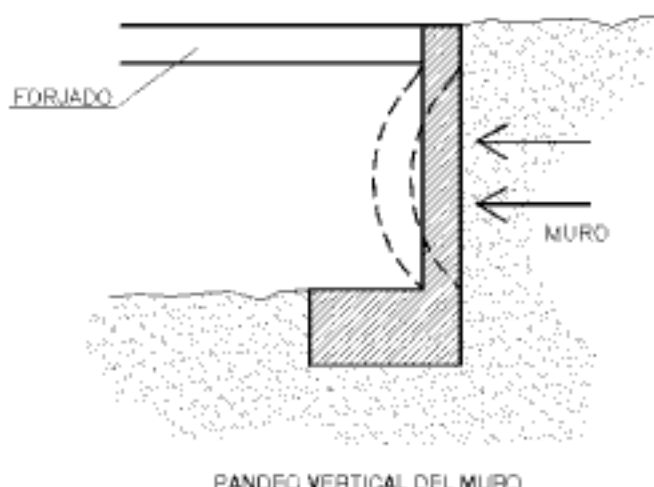
7.- Aplastamiento del forjado:

Si en el diseño del muro se ha tenido en cuenta la colaboración del forjado de planta baja, dicho forjado podría flechar, como consecuencia de los empujes del terreno sobre el muro, levantando dicho forjado y poniendo en peligro el muro.



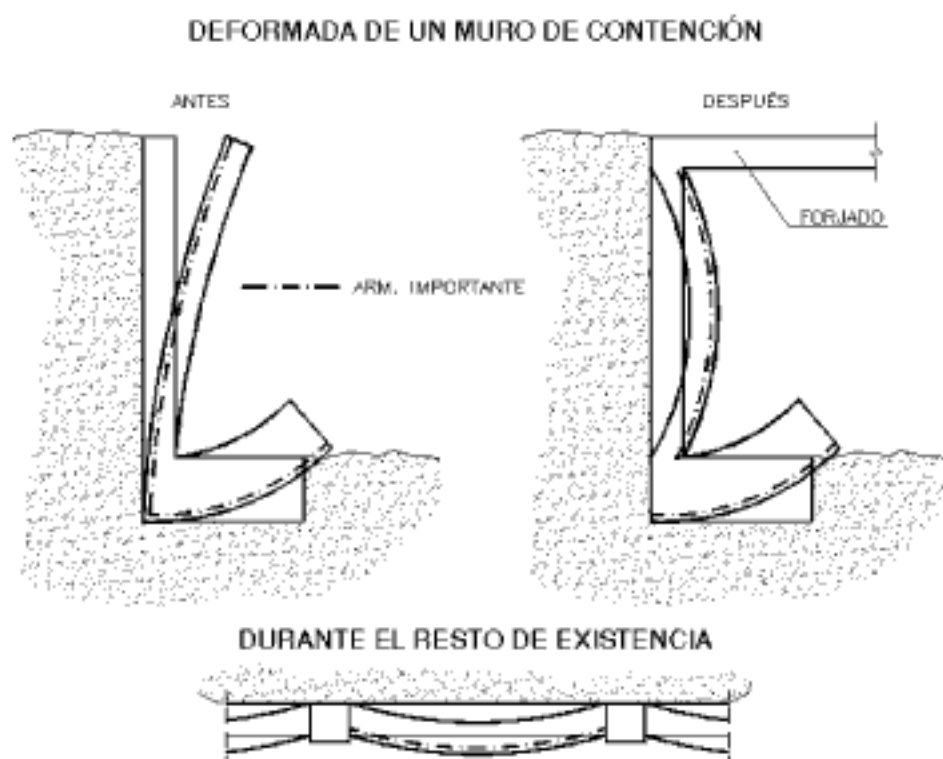
8.- Flechas verticales del muro:

Cuando el muro es muy estrecho y el forjado es muy rígido, dicho muro podría funcionar como apoyo en ambos extremos (cimiento y forjado), produciendo la deformada de la figura, no estando armado para soportar dichos esfuerzos.



9.- Que los pilares empotrados en el muro actúen como contrafuertes del muro:

En este caso, al actuar los pilares como contrafuertes, cambian el funcionamiento del muro. Necesita armadura horizontal importante, en la cara exterior, para absorber dichos esfuerzos.

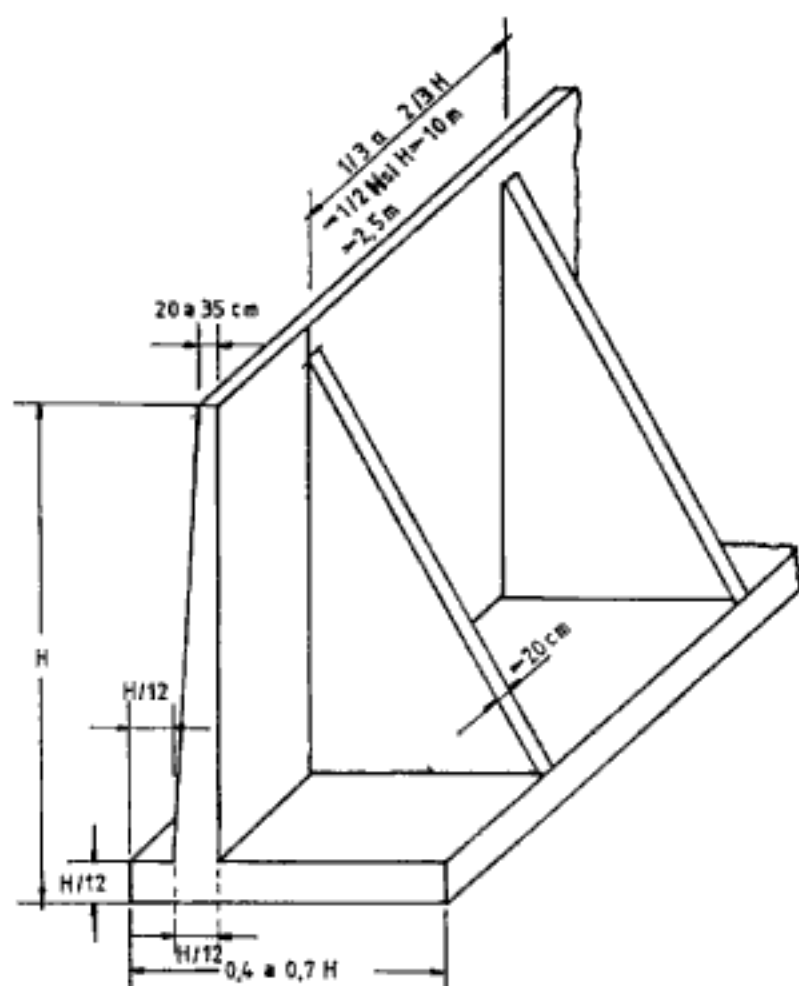


11.4.2.- MUROS CON CONTRAFUERTES:

En los muros ménsula, para alturas superiores a los 10-12 m las elevadas flexiones originadas por el empuje de las tierras requiere, para ser resistidas con una deformabilidad aceptable, fuertes espesores de hormigón y una cuantía de armaduras importante que conduce a un costo elevado.

En tales circunstancias, surge la idea de disponer, a intervalos regulares, unas ménsulas de gran canto, o contrafuertes, que mejoran los empujes que le son transmitidos por las losas frontales de pequeño espesor, empotradas en los contrafuertes y en la cimentación.

Estos muros con ménsulas aisladas de gran rigidez, presentan una clara ventaja desde el punto de vista resistente y de menor deformabilidad en relación con los muros ménsula ordinarios. En el aspecto económico tienen a su favor un ahorro de materiales y en su contra, una ejecución más costosa, debido a las dificultades que supone un encofrado, disposición de ferralla, hormigonado, colocación y compactación del terreno.



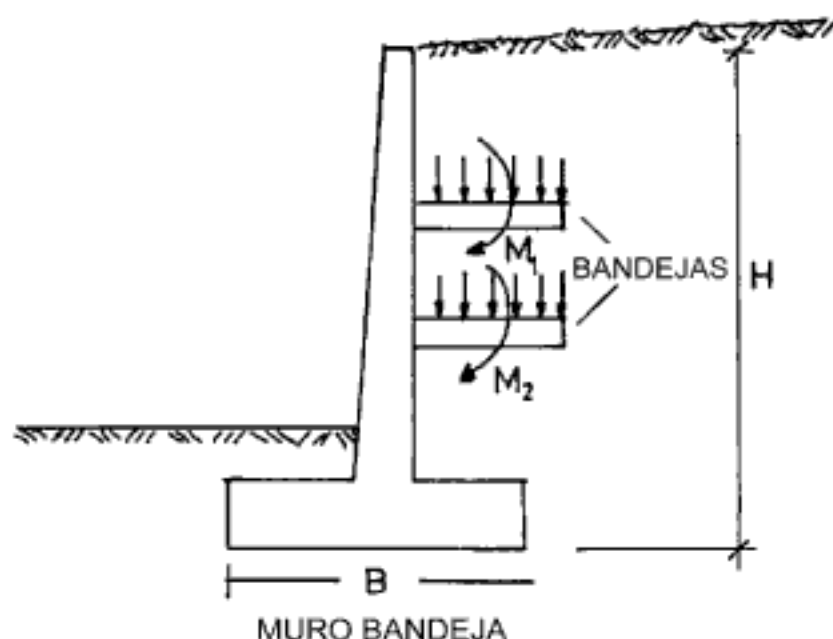
PREDIMENSIONADO DE UN MURO DE CONTRAFUERTES

Los contrafuertes pueden situarse tanto en el intradós como en el trasdós.

En la figura siguiente se puede comprobar cuál es su deformada y por lo tanto su esquema resistente.

Hidden page

11.4.3.- MUROS CON PLACAS O BANDEJAS EXTERIORES:



El concepto de muro de bandeja es considerablemente diferente de los tipos ya expuestos. La idea básica es que en lugar de transmitir todo el peso del terreno al talón con lo que dicho peso es eficaz a efectos de proporcionar seguridad al vuelco y deslizamiento, sin reducir los esfuerzos sobre el alzado, el relleno actúa sobre bandejas, proporcionando no sólo una fuerza vertical, sino también unos momentos compensadores de los producidos por los empujes de las tierras.

Esto nos permite construir muros sin talón o con éste muy reducido, con alzados esbeltos y, en definitiva, con poca penetración el trasdós y baja relación B/H .

Todas estas ventajas se ven, en parte, contrarrestadas por el superior coste de construcción de las bandejas, que deben ser encofradas y cimbradas a alturas importantes, pues este tipo de muro se halla indicado para alturas superiores a los 10-12 m, al igual que el de contrafuerte.

La particularidad más importante del muro de bandeja es el ferrallado de ésta, que se muestra en la figura adjunta, con armado importante en la parte superior, a modo de viga en voladizo.



Hidden page

Hidden page

Por lo tanto, en el dimensionado de un muro de sótano y en el diseño de su armado se debe prevenir una suficiente estabilidad al vuelco durante la fase constructiva, así como una resistencia suficiente ante las cargas transmitidas por los pilares perimetrales.

En este tipo de muro, la armadura horizontal tiene la misma importancia que la vertical, dado que tiene que soportar flexiones longitudinales.

En cuanto a la cimentación del muro de sótano, debe tenerse en cuenta que si se dimensiona la zapata corrida del muro en función de la estabilidad al vuelco, la zapata resultante dispondría de una planta excesivamente holgada para transmitir las tensiones al terreno debidas a las cargas verticales de los pilares. Esto no suele suceder. Siempre se dimensiona la zapata del muro teniendo en cuenta las cargas verticales y la tensión admisible del terreno. Una zapata mayor, calculada a vuelco, resulta antieconómica. Piénsese que el muro de sótano trabaja como muro ménsula durante algunos días, a lo sumo semanas.

Se ve aquí la importancia de la rapidez de ejecución de los muros de sótano, una vez descubierto el terreno a contener por un batache. Tras la ejecución del batache, éste se apuntala inmediatamente para colaborar en la contención de las tierras hasta que se coloque el forjado.

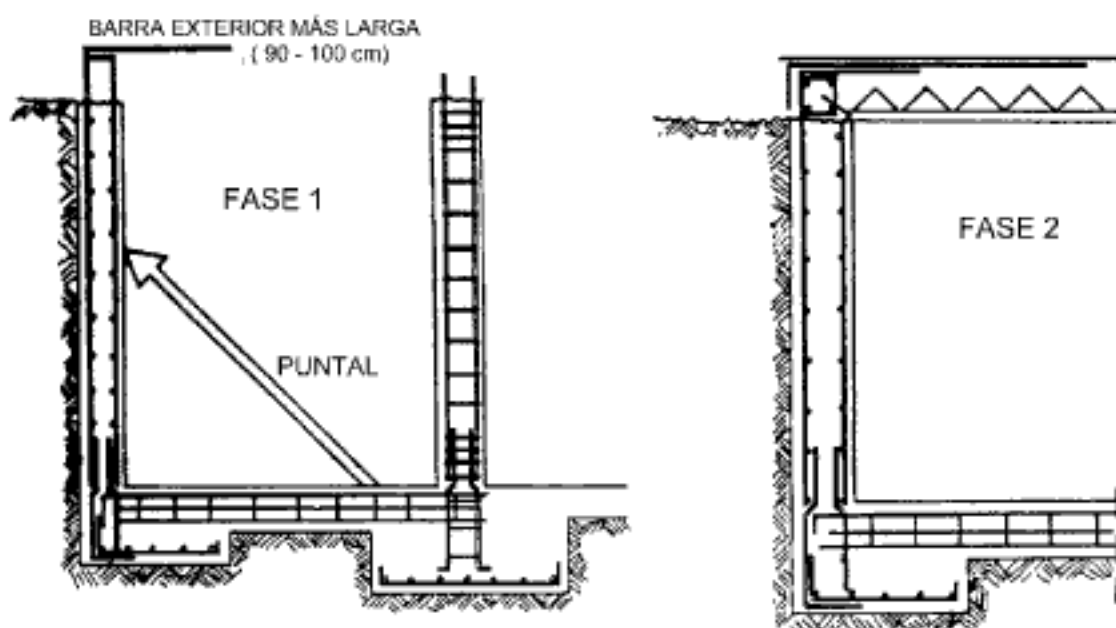
La zapata del muro se conectará mediante vigas centradoras con zapatas internas, ya que los pilares perimetrales aportan su carga excéntrica a la zapata del muro. Estas cargas descentradas, junto con acciones horizontales de forjado de planta baja, podrían inducir al muro de sótano a empujes pasivos que no sería capaz de resistir.

Esta tendencia al empuje pasivo es la que se alivia a través de las vigas centradoras.

En las figuras siguientes se muestra un esquema de armado del conjunto muro-viga centradora- zapata interna, así como la unión entre el muro y el forjado.

(FASE DE CONSTRUCCIÓN)

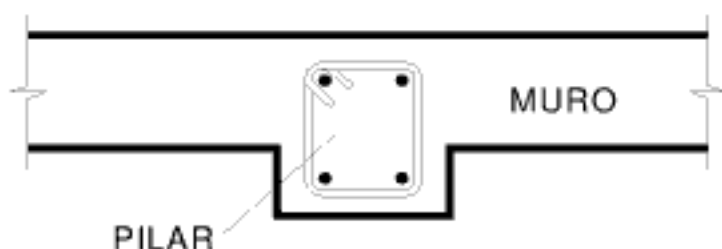
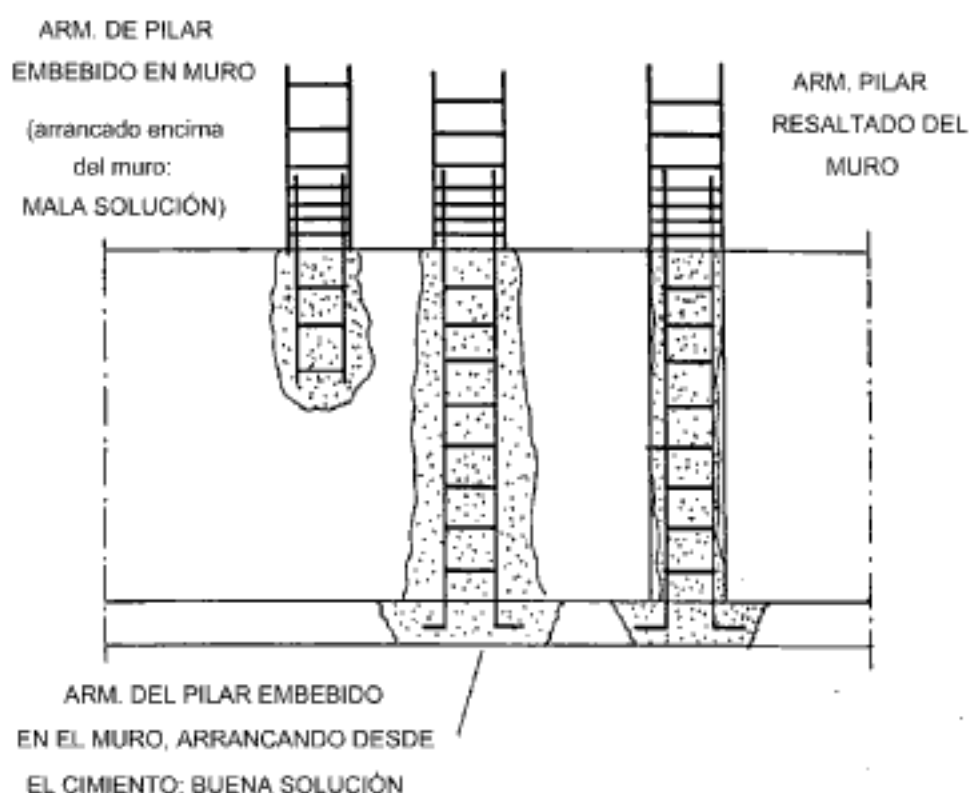
(FINALIZADO EL PROCESO CONSTRUCTIVO)



Los pilares que soportan forjados superiores pueden descansar en el muro o formar parte de él, con igual o mayor espesor.

Si tienen mayor espesor, se produce un encarecimiento de la construcción, por la mayor dificultad del encofrado. En estos pilares de mayor espesor que el muro, cabe tener en cuenta, en su cálculo, las flexiones que originan en los mismos el empuje de las tierras que le transmite el muro. La armadura del pilar siempre se prolongará hasta la cimentación.

Cuando el pilar tiene el mismo espesor que el muro, la armadura puede anclarse a éste (no llegando hasta la zapata) o bien llegar hasta el cimiento, siendo esta última la mejor solución.



11.5.- JUNTAS.

En el primer apartado 11.1 se ha transcrito el contenido del CTE referente a juntas. En este apartado se amplían algunos datos y explicaciones.

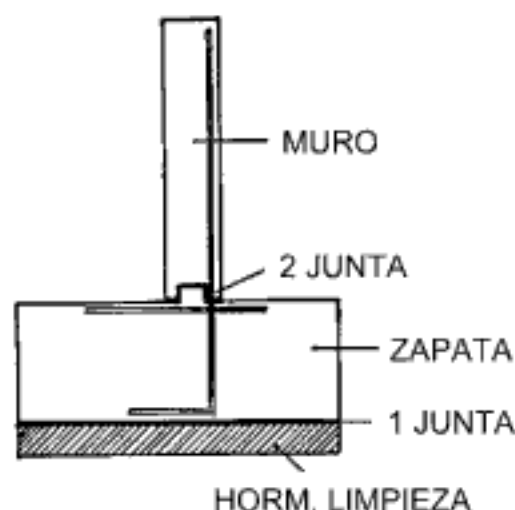
Existen diversos tipos de juntas: de trabajo u hormigonado, de retracción o contracción, de dilatación, etc.

Las juntas de trabajo, de hormigonado o de construcción, son las que por razones de trabajo (volumen de hormigón y horario laboral) hemos de dejar abiertas unas horas o de un día para otro. Existen de 2 tipos: horizontales y verticales.

a) Juntas horizontales:

La primera junta horizontal es la existente entre el hormigón de limpieza y el hormigón de la zapata.

La segunda junta horizontal es la que existe entre la zapata y el alzado del muro, que debe prepararse para absorber fuertes momentos flectores y esfuerzos cortantes.



b) Juntas verticales en el alzado del muro:

Para evitar la aparición de fisuras en los muros, por retracción, etc. es necesario realizar unas juntas llamadas de dilatación, retracción y hormigonado o simplemente juntas de retracción. Estas juntas conviene situarlas a intervalos máximos de 30 m, bajando hasta distancias entre 14 y 8 metros cuando la densidad de armadura horizontal es poca.

Deberán situarse, también, donde el muro sufra quiebras en planta, cambios de altura, y, en general, en todas aquellas zonas en que exista variación importante de forma o de condiciones de funcionamiento.

Hidden page

Entre las juntas descritas anteriormente vemos que existen de dos tipos: unas de ejecución simple, con remate liso entre ambos laterales del muro, y otras de ejecución más compleja, con llave de cortante, para transmitir efectos cortantes de una zona a otra. Las juntas verticales de retracción se disponen para permitir el acortamiento del hormigón por retracción y deberán hacerse coincidir con los ritmos constructivos del muro.

La llave de cortante consigue una magnífica unión entre los hormigones de edades diferentes.

11.6.- IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE.

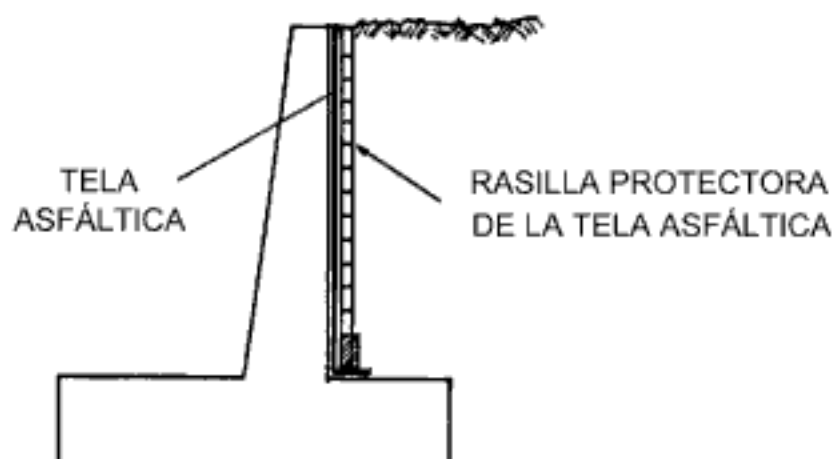
El agua puede penetrar por succión o por presión. La de succión o capilaridad es eliminada, con el paso del tiempo, por carbonatación, y nunca aparece en grandes cantidades. El agua por presión penetra a través de los orificios que dejan las burbujas de aire en el hormigón, por culpa de un mal vibrado.

Si no queremos manchas de humedad y filtraciones en el alzado del muro debemos proceder a efectuar una buena puesta en obra del hormigón y a ejecutar la impermeabilización del trasdós del muro.

Una buena impermeabilización de la cara del muro en contacto con el terreno es necesaria si se desea que no aparezcan manchas de humedad y filtraciones en su cara vista, lo cual, aparece muy conveniente si pretendemos cuidar el aspecto estático de las obras.

Cuando el muro no es accesible por el trasdós (en contacto con la tierra) la impermeabilización más sencilla consiste en colocar una lámina impermeabilizante junto a la tierra, colgada de la parte superior de la tierra, procurando que no se pinche.

Si durante la ejecución del relleno, en muros con puntera y talón, se prevé que se dañe la impermeabilización, o si el relleno es de piedras, conviene proteger la tela con un tabicado de rasilla.



Hidden page

Hidden page

Sobre el hormigón de limpieza se dispondrá la armadura de la cimentación del muro, igual como se explicó para las zapatas. Se debe cuidar que la armadura de espera del muro tenga la longitud de solape adecuada.

Se hormigona la zapata corrida y cuando el hormigón aún está fresco, se procede a la ejecución de la llave de cortante, con un tablón que se tiende entre los dos planos de armadura de espera.

El paso siguiente consisten en la colocación de la armadura del muro, en la que se hace imprescindible colocar en coronación 2 barras gruesas o un zuncho en sentido longitudinal, que son los encargados de evitar las fisuraciones verticales por retracción.

Si el muro es de contrafuertes, se coloca también la ferralla de éstos, habiendo tenido en cuenta la colocación de armaduras de espera para éstos en la cimentación.

Si el muro es de bandeja, se arma ésta al tiempo que se hace lo propio con el muro.

Colocada la ferralla, se ha de proceder al encofrado, que en los casos de muro de contrafuertes y muro de bandeja será más compleja.

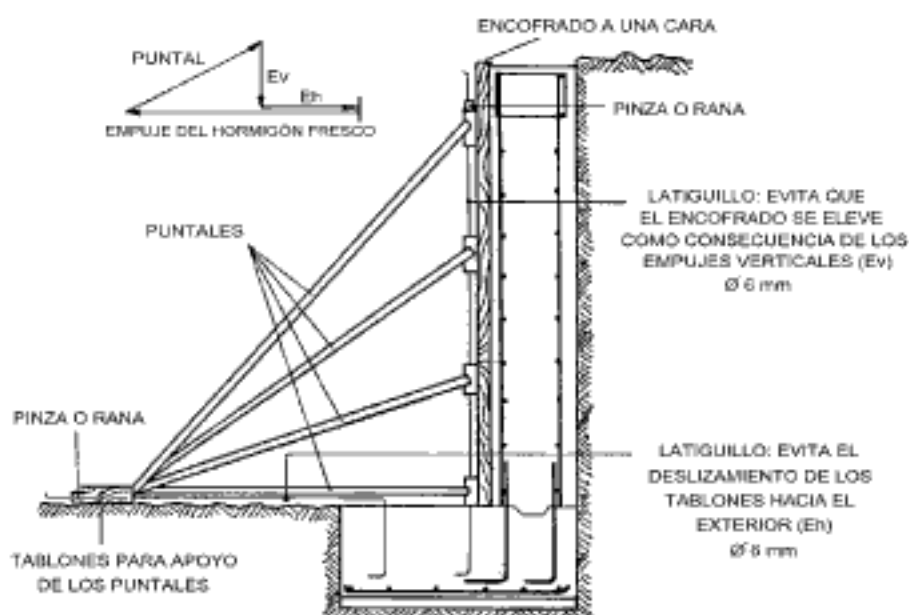
El encofrado del muro puede realizarse a dos caras o a una sola cara. El encofrado puede ser de madera o metálico.

Si el muro va encofrado a una cara, existe un mayor consumo de hormigón, debido al mal perfilamiento del terreno del trasdós, que actúa como "encofrado perdido".

El encofrado se apuntala mediante varios puntales que son clavados fuertemente al encofrado en un extremo y a una cama de tablones en el otro, con el objeto de que el encofrado pueda hacer frente a las fuertes presiones hidrostáticas que ejerce el hormigón durante su colocación.

Cuando se está hormigonando el cimiento del muro, se dejan ancladas unas barras largas, de pequeño diámetro (6-8 mm) para inmovilizar horizontalmente los tablones de apoyo de los puntales, y verticalmente otras para evitar que el encofrado se eleve como consecuencia de los empujes verticales al hormigonar.

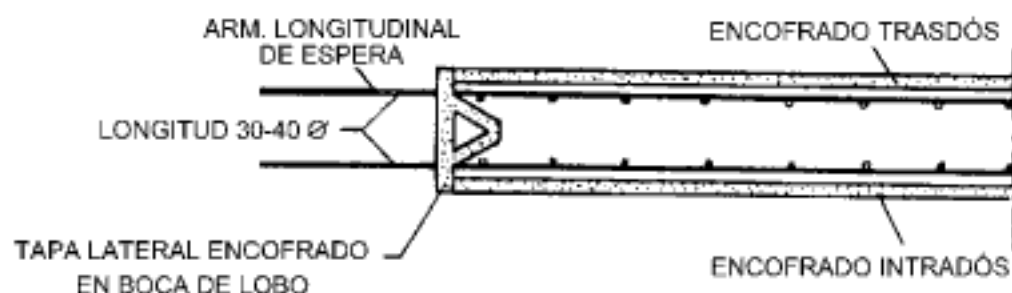
En el dibujo siguiente vemos el muro, encofrado, puntales, latiguillos, etc.



Se tiende a dar un desplome del encofrado hacia el muro, en su zona superior, de unos 2 cm., para contrarrestar el empuje del hormigón y conseguir un muro perfectamente vertical.

Si el muro se encofra a dos caras, el encofrado se sujeta mediante unos latiguillos o espárragos que atraviesan el muro y cuyos extremos roscados alojan dos mariposas, una en cada extremo y que sostienen el encofrado. Los extremos del encofrado se cierran con una tapa lateral que permite la salida de la armadura de espera del tramo siguiente, pero que, por su forma confiere al tramo ejecutado una junta en forma de "boca de lobo" y que hace trabajar solidariamente a los bataches contiguos frente al cortante.

PLANTA DE MURO ENCOFRADO A DOS CARAS
- DETALLE JUNTA LATERAL -



Colocado el encofrado procedemos al hormigonado del muro, vibrando convenientemente. La consistencia del hormigón ha de ser equivalente a 8-9 del Cono de Abrams.

Técnica constructiva para la ejecución :

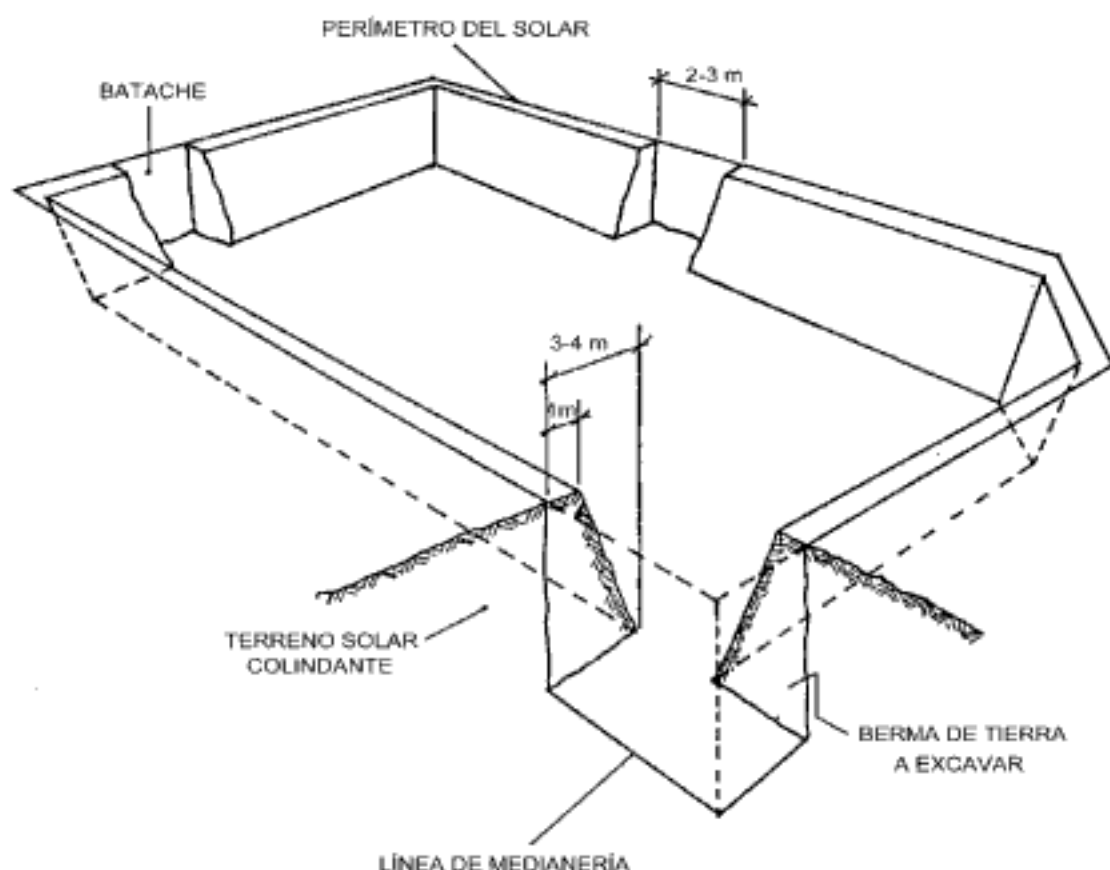
- 1.- Replanteo del solar
- 2.- Excavación para situar el cimiento
- 3.- Vertido del hormigón de limpieza
- 4.- Replanteo con azulete
- 5.- Colocación de las armaduras de cimentación
- 6.- Hormigonado de cimentación y creación de llaves de cortante
- 7.- Replanteo con azulete
- 8.- Colocación de armaduras del alzado del muro y otras (pilares, arriostramientos, etc.)
- 9.- Encofrado del alzado del muro
- 10.- Apuntalado y atirantado del encofrado
- 11.- Hormigonado y vibrado del alzado del muro
- 12.- Desencofrado y curado del hormigón

Todo lo hasta aquí expuesto es aplicable para los muros de sótano, si bien cabe hacer unas puntualizaciones.

Si la excavación es muy profunda, o como suele ser el caso de los muros de sótano, existen cimentaciones colindantes, con zapatas de medianería, y que ofrecen peligro de derrumbamiento, hay que construir el muro por bataches aislados y apuntalados hasta que se coloque el forjado.

En estos casos existen dos opciones:

a) Se excava toda la planta del solar, dejando una berma de tierra por el perímetro, tal como se muestra en la figura adjunta.



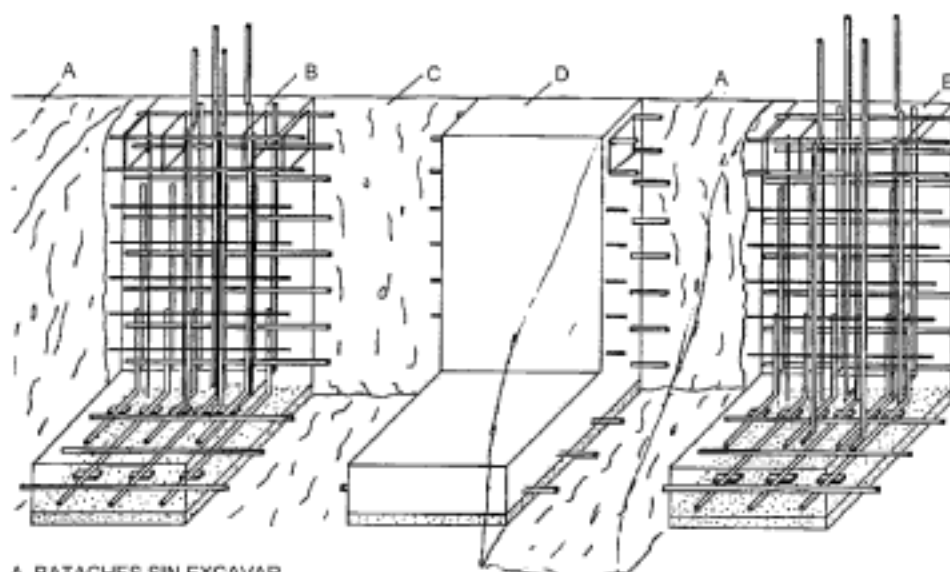
Con esta berma de tierra, se intenta respetar momentáneamente los bulbos de presiones de las cimentaciones adyacentes.

Cuanto más viejos sean los edificios que rodean el solar, mayor será la berma. Posteriormente se excava en esta berma por bataches, hasta que todo el perímetro del solar está rodeado por el muro. Estos bataches, una vez descubiertos, han de ser cubiertos por el muro lo más rápidamente posible, siendo inadmisibles un plazo superior a 1 día entre el descubrimiento del batache y la construcción del tramo de muro correspondiente.

Estos bataches deben tener una longitud aproximada de 2-3 m, dependiendo del tipo de terreno y de los edificios colindantes. Su proceso constructivo es el que se indicará más adelante como "técnica de ejecución propiamente dicha".

En el dibujo siguiente vemos varias fases de este proceso.

MURO DE HORMIGÓN ARMADO: TÉCNICA DE EJECUCIÓN



- A. BATACHES SIN EXCAVAR
- B. BATACHE HORMIGONADO. PILAR EMBEBIDO. HORMIGÓN TRANSPARENTE (VER ARMADO).
- C. BATACHE EXCAVADO. PREPARADO PARA REALIZAR 1ª FASE HORMIGONADO CIMENTACIÓN.
- D. BATACHE HORMIGONADO.
- E. BATACHE SIN HORMIGONAR. PILAR QUE SOBRESALE DEL MURO.

b) Efectuar solamente la excavación de tierras de los bataches que se van a efectuar de inmediato, de forma alterna, dándole unas dimensiones de 2-3 m de largos y unos 3 m de anchos.

La técnica constructiva general es la misma, con la variante de que el apuntalamiento del encofrado se hace de forma perpendicular al tablero, acodando los puntales sobre el tablero y sobre el terreno, quedando horizontales.

Este sistema tiene la ventaja de una mayor garantía del apuntalamiento y menor riesgo de derrumbamientos, dado que sólo excavamos trozos muy pequeños, quedando el resto del solar sin excavar.



Hidden page

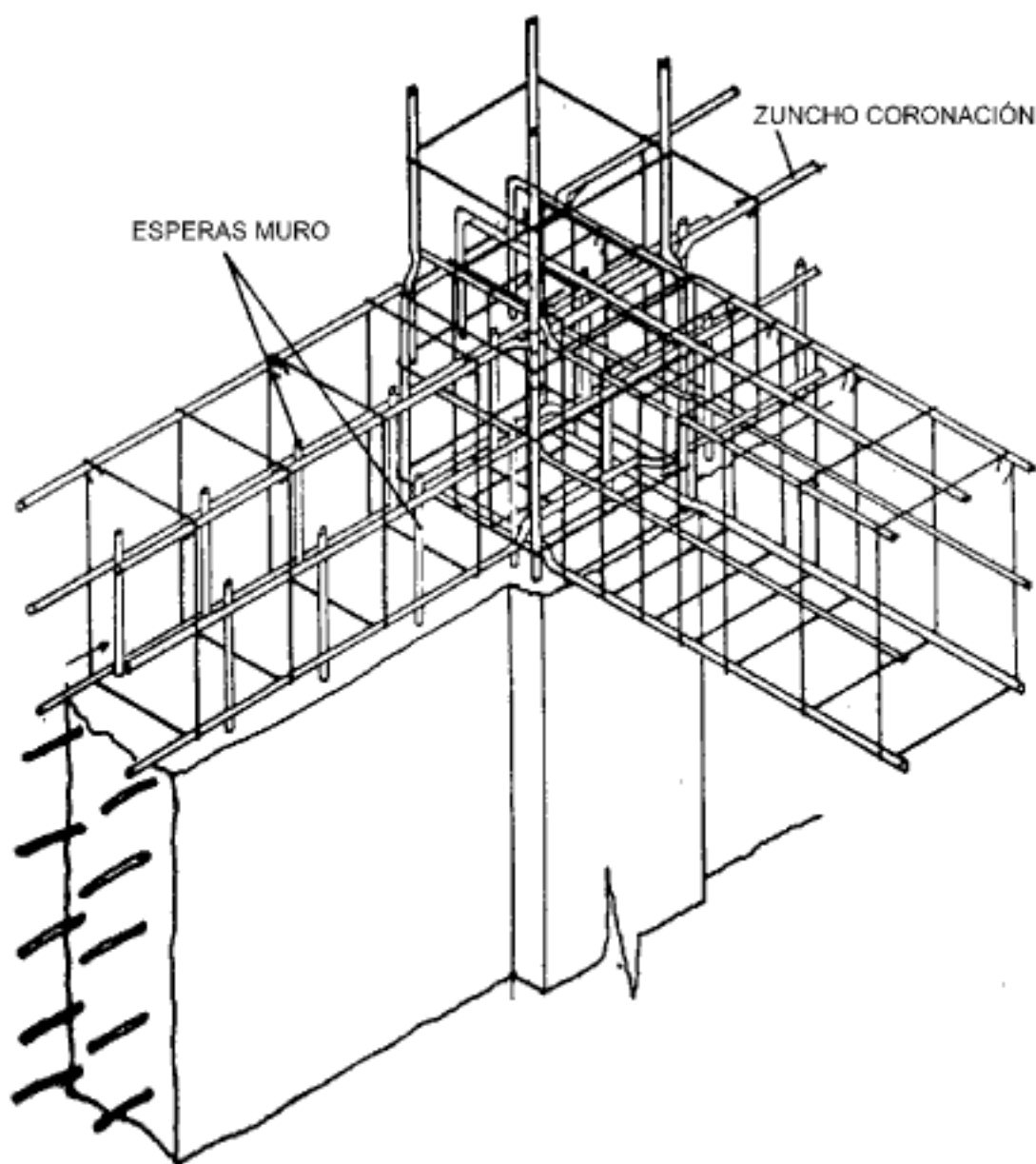
Hidden page

11.9.- UNIONES CON OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

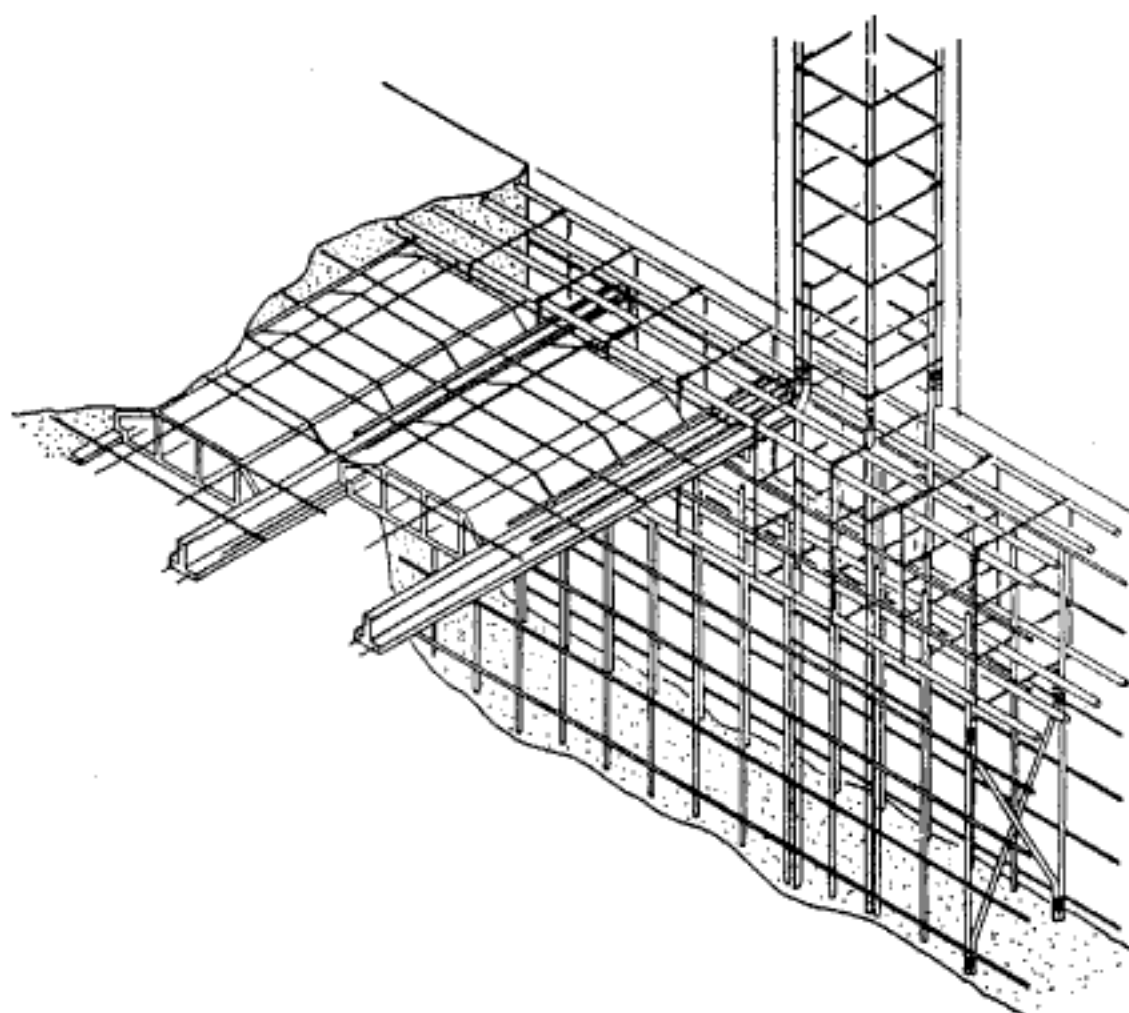
Teniendo en cuenta que estos muros se construyen por el sistema tradicional, de abajo hacia arriba, la unión con el resto de elementos estructurales ofrece pocas dificultades, dependiendo de cómo ejecutemos el muro, pudiendo darse como norma general los siguientes casos:

a) Que el muro lo construyamos verticalmente por tramos o plantas, en cuyo caso la unión con el resto de estructura no ofrece dificultad, ya que enlaza directamente sobre ese muro ejecutado, en cada planta.

En la perspectiva siguiente puede observarse la unión del muro con un pilar y una jácena.



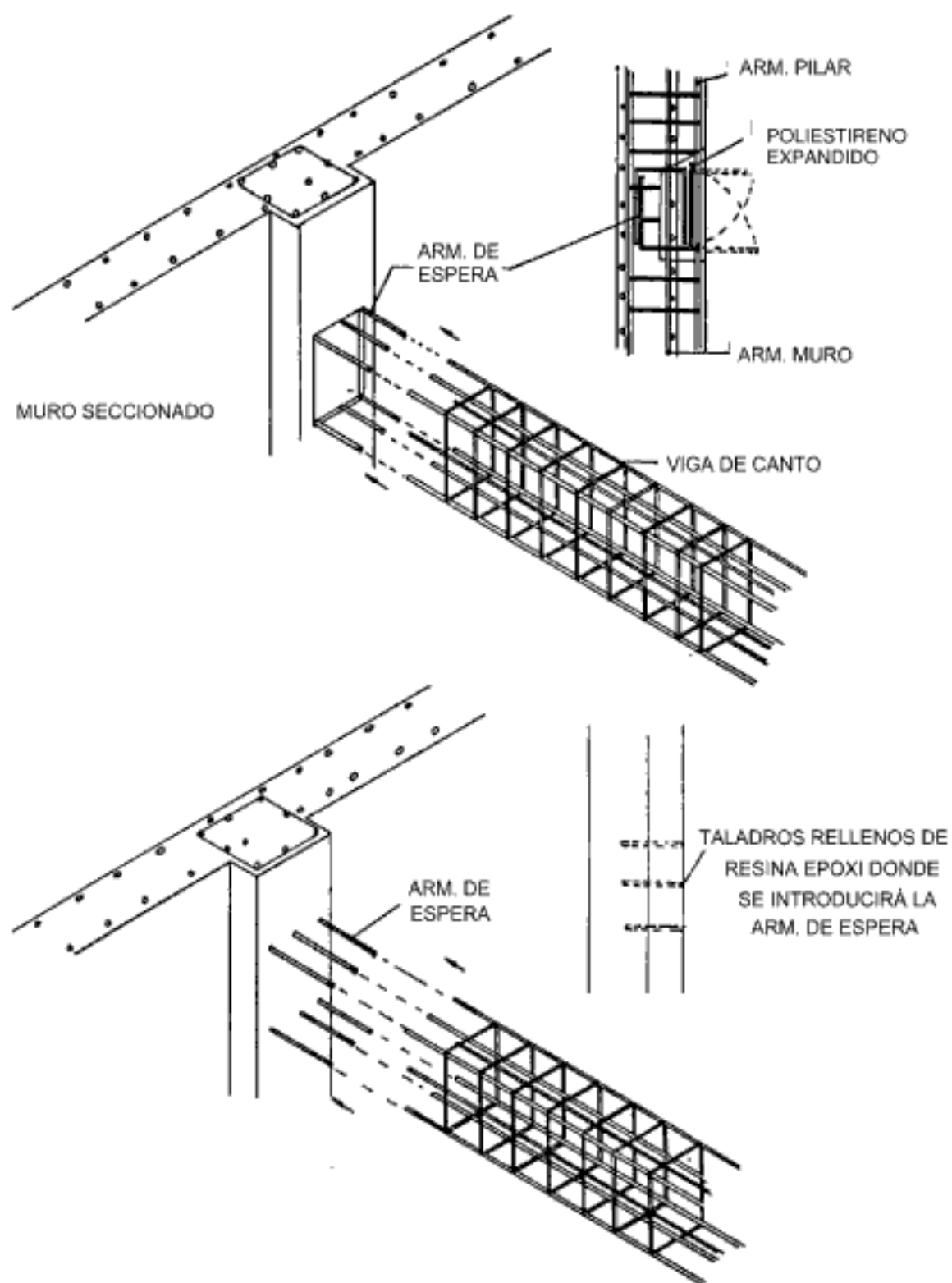
En la siguiente perspectiva vemos la unión de un muro con un forjado y un pilar.



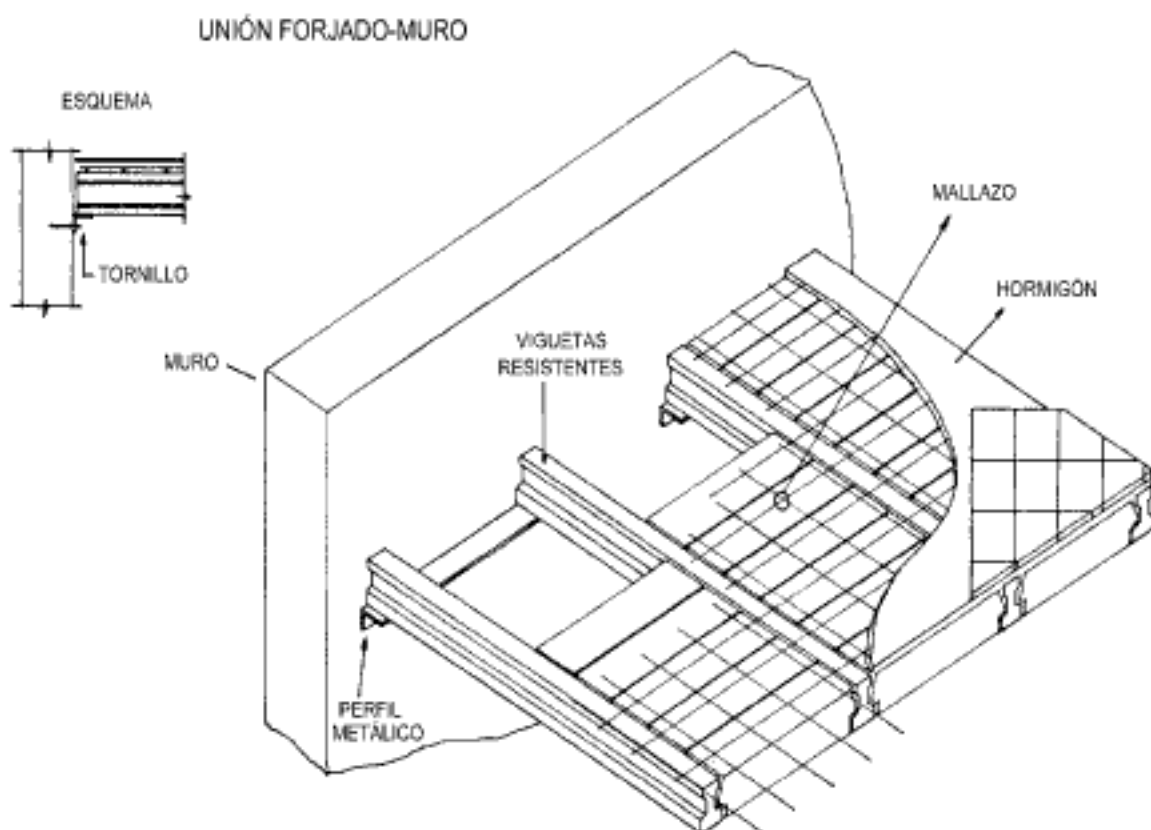
b) Que el muro lo construyamos verticalmente en toda su altura, sin interrumpirlo en las plantas intermedias. En este caso tendremos dos opciones:

- Dejar armaduras de espera embebidas en el muro, en aquellos lugares donde después tengamos que enlazar con la estructura.
- Otra opción sería que, una vez terminado el muro, efectuamos unos taladros y con resina epoxi introducimos las armaduras de anclaje necesarias para la unión con dichos elementos estructurales, siendo este sistema más caro que el anterior.

VIGA PERPENDICULAR AL MURO DE HORMIGÓN ARMADO



También se puede solucionar dicho apoyo con angulares metálicos anclados al muro con tornillos de alta resistencia, tal como vemos en la perspectiva siguiente.



11.10.- MUROS DESCOLGADOS Y PARAPETOS ANCLADOS O MUROS POR BATACHES..

Si la estabilidad de las tierras es mala y ha de afrontarse la construcción de dos o más sótanos, se puede recurrir a la técnica constructiva denominada "muros descolgados" y "muros por bataches o parapetos anclados", cuyo sistema constructivo consiste en construir los muros de arriba a abajo.

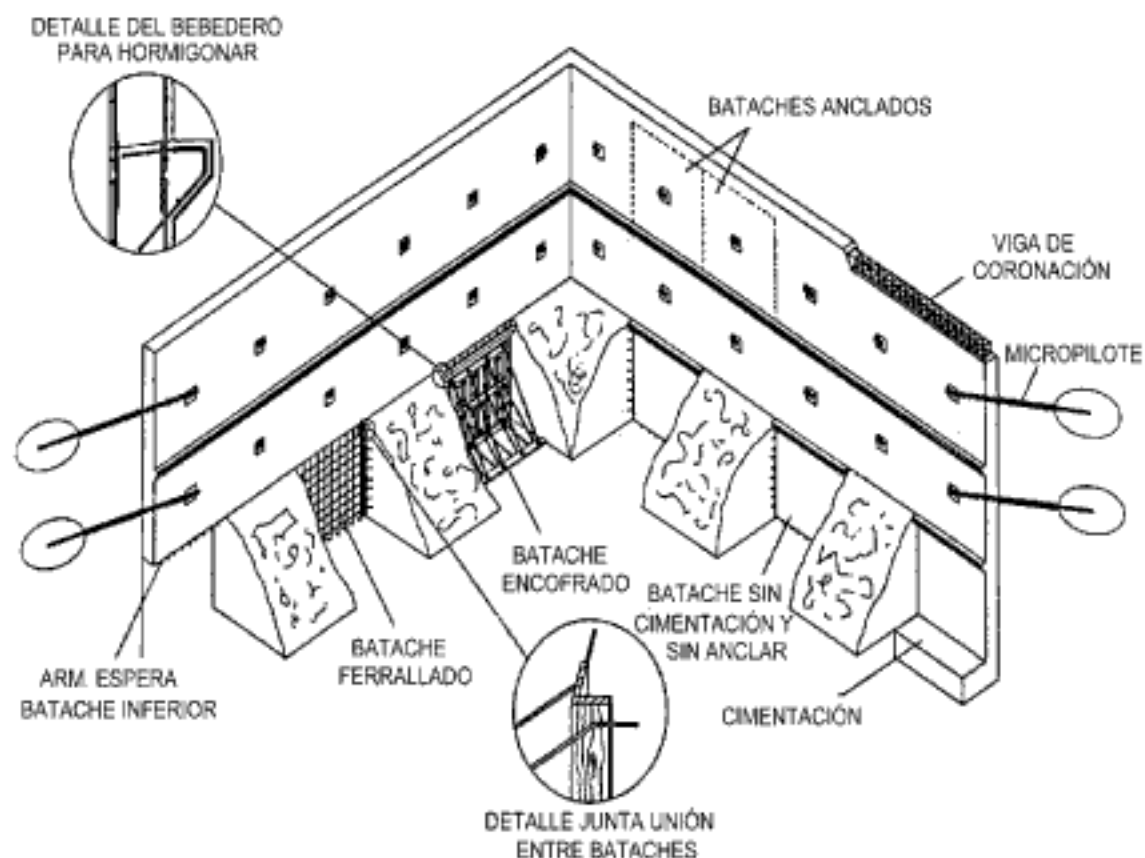
La diferencia esencial entre los muros descolgados y los parapetos anclados o muros por bataches estriba en que estos últimos se anclan al terreno mediante micropilotes, tal como veremos más adelante.

Son muros de contención intermedios entre los muros tradicionales y los muros pantalla. Y se suelen utilizar cuando los equipos de perforación de los muros pantalla no puedan utilizarse por ser solares pequeños, con estrechamientos, etc.

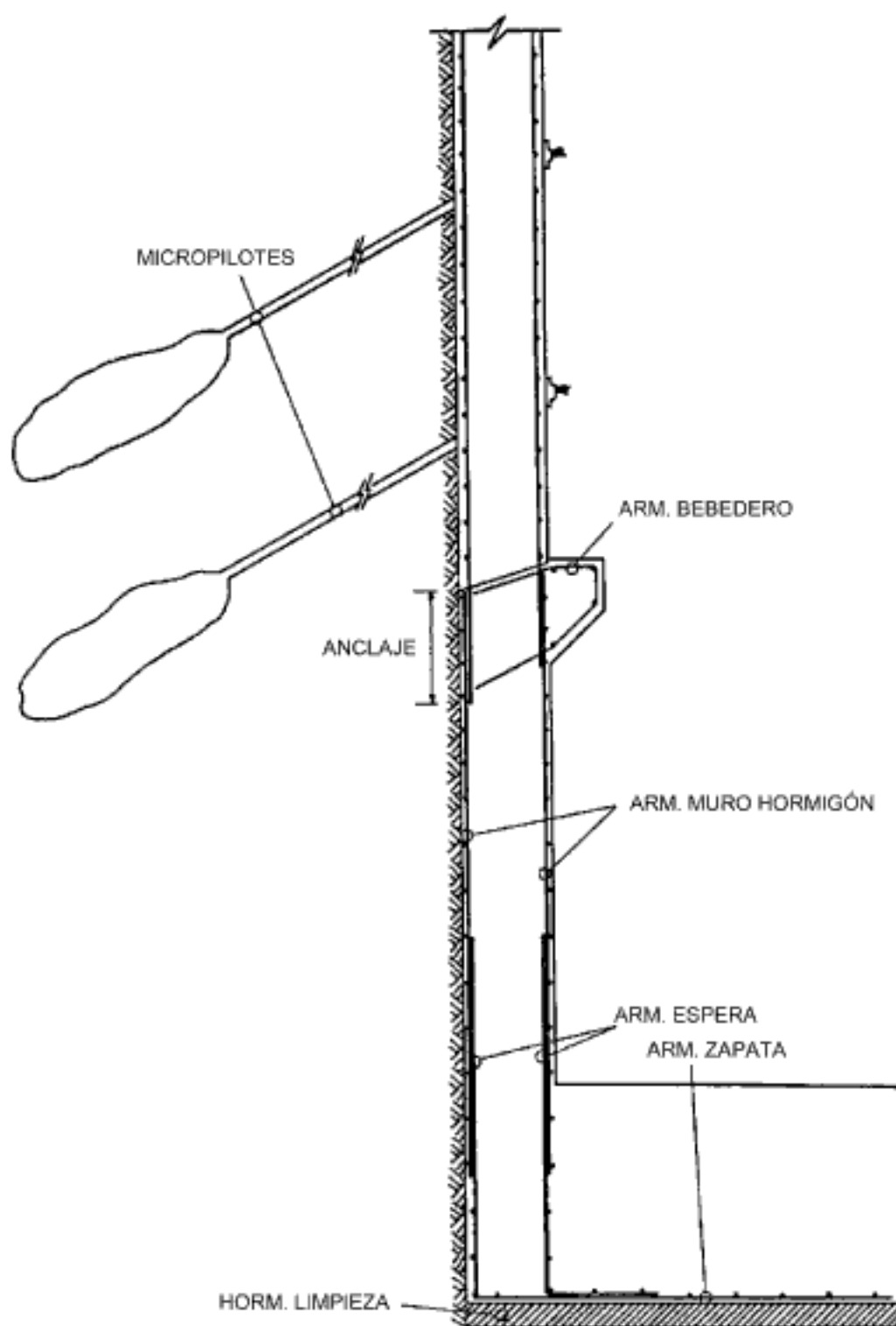
El sistema esencialmente consiste en la construcción de un muro de hormigón armado por fases descendentes o anillos, del orden de 3 m de altura, comenzando por la coronación del mismo y siguiendo el método clásico de excavación por bataches alternos.

Se comienza por excavar todo el solar con una profundidad de 1 m. Perimetralmente, se coloca un plástico y sobre él, se hincan en el suelo las armaduras de una viga perimetral que hará las veces de viga de coronación del futuro muro. Tras el encofrado y hormigonado de esta viga, se procede a continuar la excavación de la planta en la profundidad de un sótano, dejando una berma de tierra a los pies de la viga ejecutada. A continuación se irán descubriendo bataches en los que aparecerá la armadura hincada en el terreno y que servirá como armadura de conexión. En cada batache se colocará un plástico y se hincará en el suelo su armadura. Los bataches se irán ejecutando de manera alternativa, de modo que la viga penetre entre ellos. Se encofrará cada batache, previendo en el encofrado unas convenientes bocas de acceso del hormigón, denominadas "bebederos". Estos bebederos pueden o no llevar armadura.

En la perspectiva siguiente vemos el proceso constructivo de estos muros.

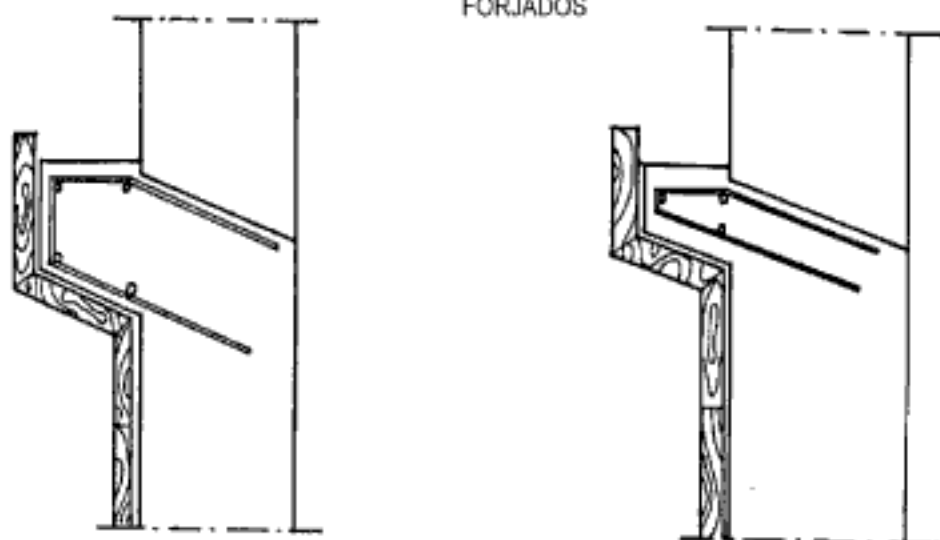


En la siguiente figura se observa el alzado-sección de la parte inferior de un muro anclado.

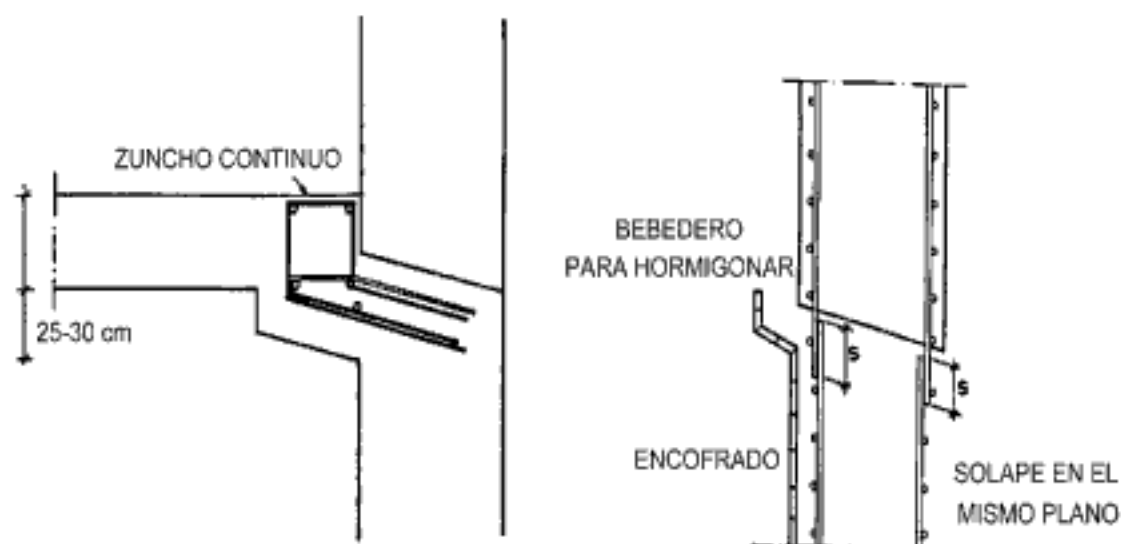


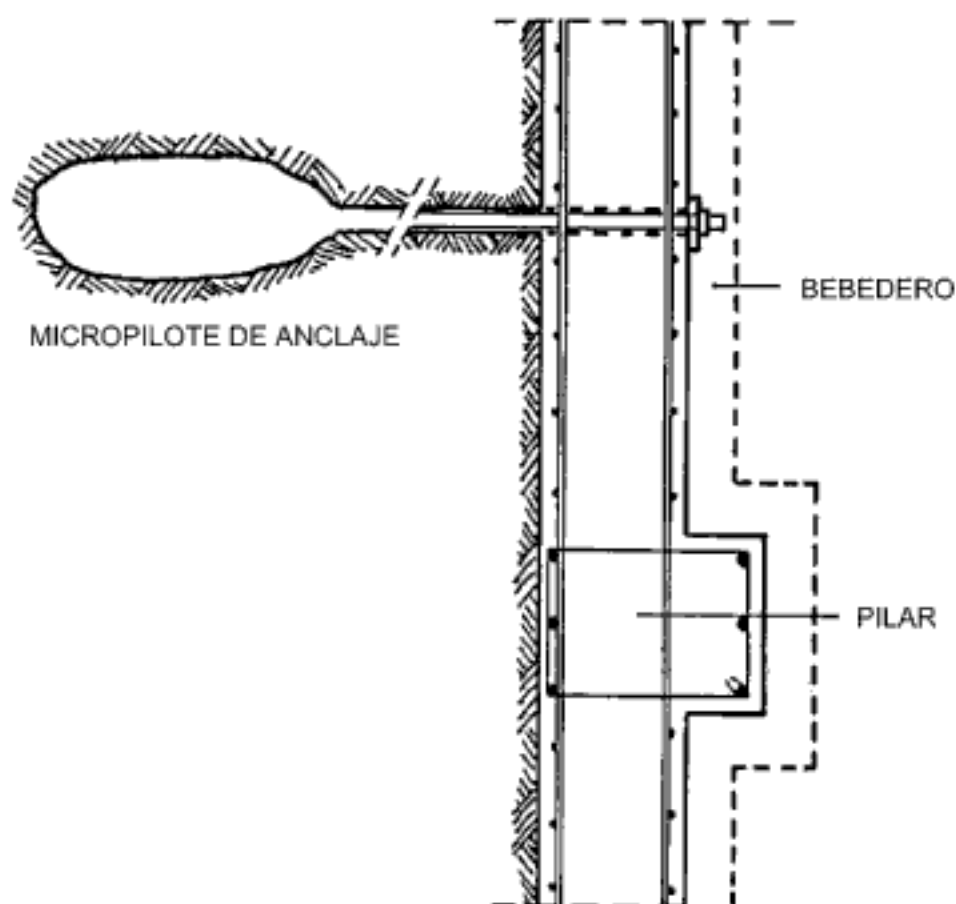
A continuación se muestran los diferentes tipos de armadura para bebedero, la unión de un batache con su inferior, así como una planta donde vemos un micropilote, bebedero, pilar, etc.

ARM. DE BEBEDERO
PARA APOYO DE LOS
FORJADOS

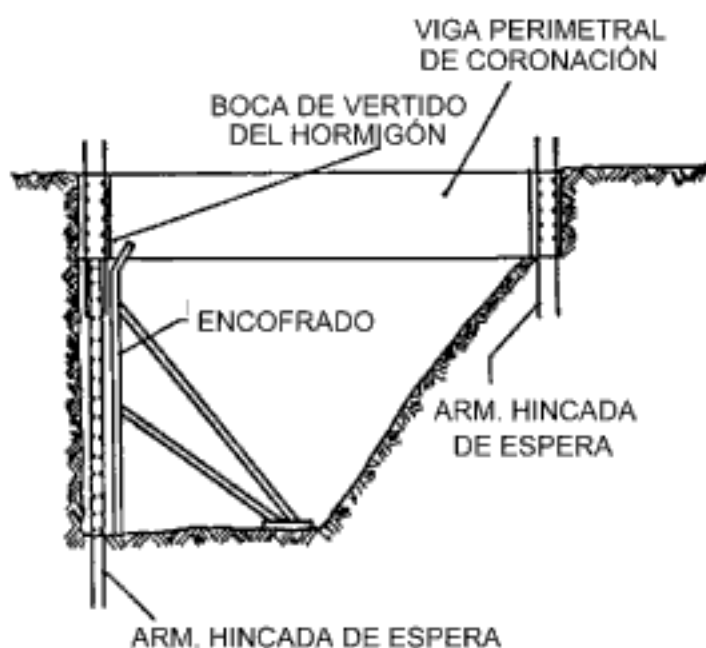


ARM. DE BEBEDERO
PARA EMPOTRAR FORJADOS



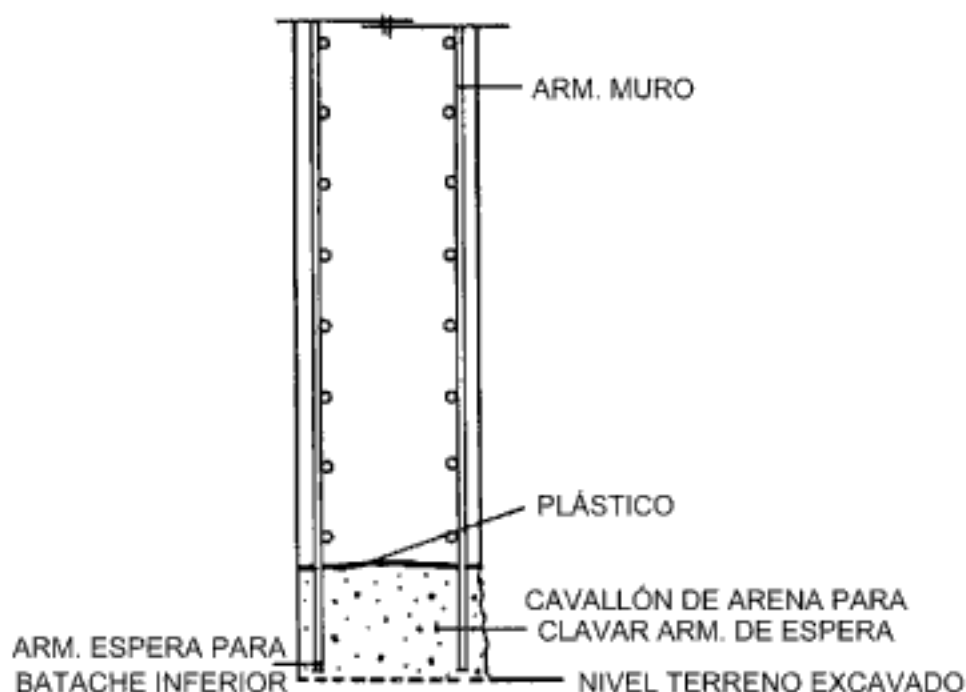


En cada batache se apuntalarán inmediatamente la viga de coronación y luego el batache construido. Se irán excavando tantas profundidades como niveles de sótano consten en el proyecto, repitiéndose las operaciones detalladas.



Cada batache de un parapeto anclado, una vez desencofrado, se ancla con micropilotes al terreno del trasdós.

Donde el terreno no permita el hincado de las armaduras, se puede facilitar éste, colocando un cavallón de arena en la base del batache y sobre el cual se colocará el plástico. Siempre se estará seguro de que la longitud de barras que quede para el solape, sea la adecuada, por lo que, si es necesaria la utilización de arena, habremos de excavar para cada sótano una profundidad algo superior.



Las barras verticales de estos muros también podrían dejarse dobladas, en su base inferior, y una vez hormigonado el batache y excavada la tierra del batache inferior, enderezar dichas armaduras, que nos servirán de anclaje para el siguiente batache.

El armado de estos muros es similar al de los muros tradicionales. La armadura de los pilares, de forma idéntica a la de los bataches, se incorpora en cada zona del muro, de tal forma que arranque desde el cimiento.

Las armaduras de los bataches del último sótano excavado conectarán directamente con la cimentación.

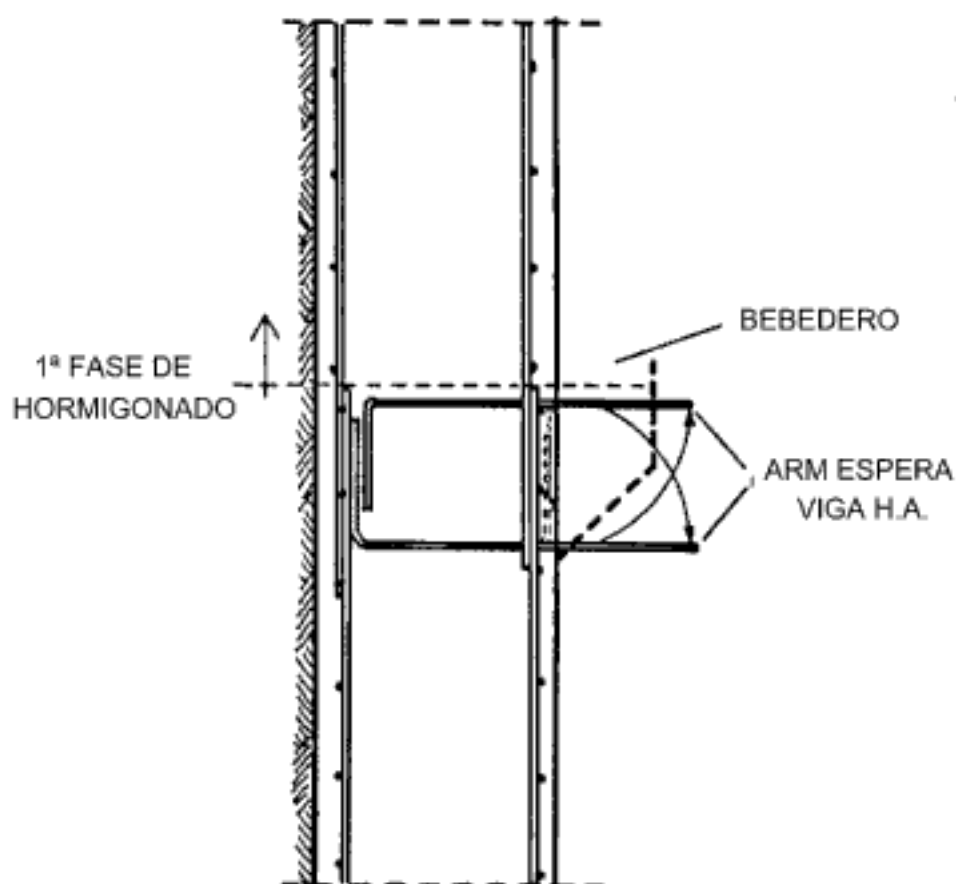


Hidden page

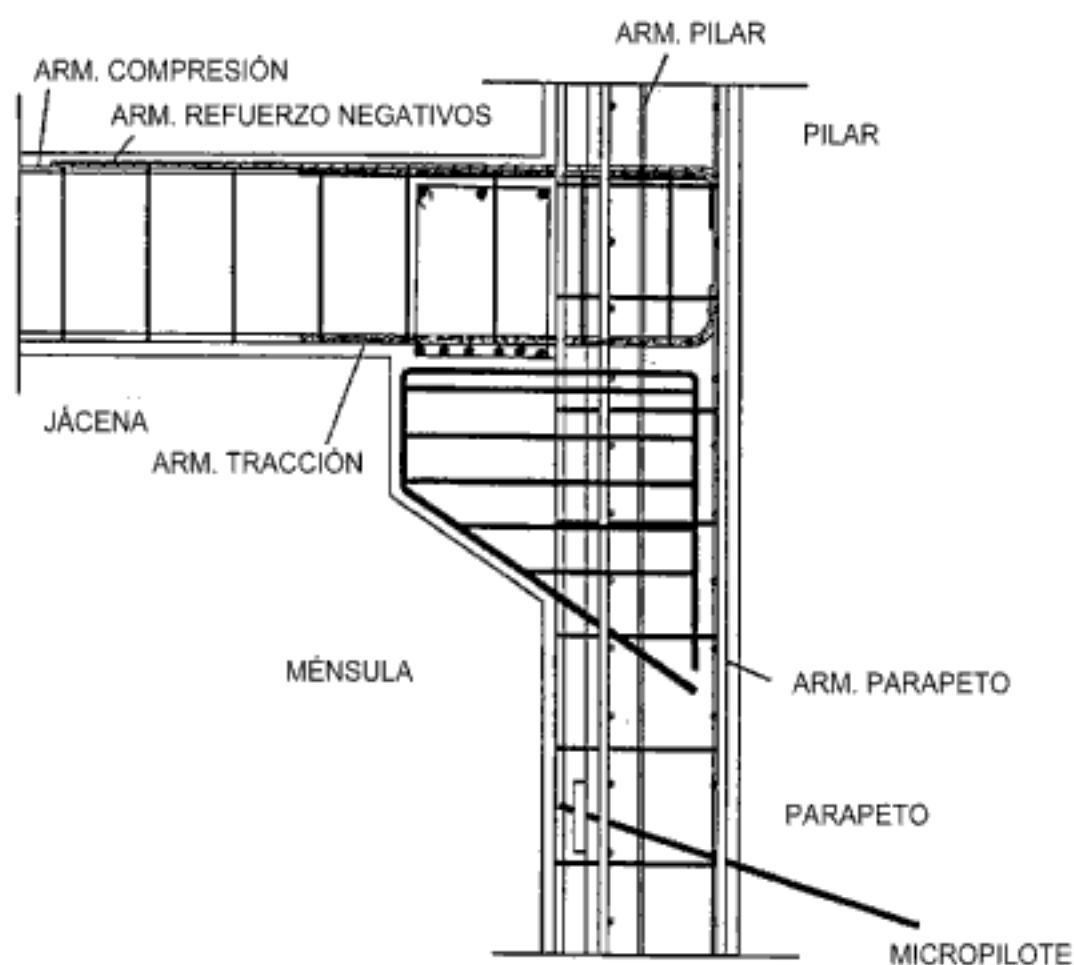
Uniones de los muros o parapetos anclados con otros elementos estructurales:

La unión de una jácena con un parapeto anclado o con un muro descolgado puede realizarse de diversas formas.

En el caso de jácena empotrada, tenemos que dejar previamente armaduras de espera en el muro, a la altura que nos interese (normalmente coincidiendo con los bebederos) a las cuales anclaremos posteriormente la jácena o el forjado.

UNIÓN DE MURO DESCOLGADO CON JÁCENA

En el dibujo siguiente, a la altura del bebedero, se ha construido una ménsula corta, que sirve para apoyo de una jácena (que puede ir en ambas direcciones), reflejándose igualmente el empotramiento en el muro de otra jácena.



ALZADO-SECCIÓN

Una vez que hayamos construido los forjados de los sótanos, éstos ya arriostan suficientemente al muro, por lo que los anclajes o micropilotes ya no sirven para nada, pudiendo eliminarlos, cortándolos.

Los bebederos que sirvieron para hormigonar, pueden utilizarse para crear vigas ménsula para apoyo de forjados.

Ventajas del muro anclado respecto al muro pantalla:

- 1.- Ausencia de murete-guía, pudiéndolos construir junto al linde o edificio colindante.
- 2.- Construcción simultánea del muro de contención y del vaciado del solar.
- 3.- En principio, profundidad de excavación no tiene límite.
- 4.- Son muy aptos para sótanos en solares de pequeñas dimensiones, con estrechamientos, etc.
- 5.- Tienen reducido espesor del muro, que además puede ser variable en función de las necesidades de la obra, economizando hormigón.
- 6.- Amplias posibilidades de diseño del muro, en cuanto a acabado del paramento. Posibilidad de absorber cargas verticales.
- 7.- La presencia de anclajes puede, en ocasiones, economizar acero.
- 8.- Menor cantidad de hormigón al ejecutar la zapata corrida de cimentación que al ejecutar el empotramiento del muro pantalla.
- 9.- Mayor facilidad de ejecución de los forjados, debido a la posibilidad de dejar bebederos de apoyo.
- 10.- Mayor limpieza de ejecución, ya que no empleamos bentonitas, etc.
- 11.- La superficie exterior del muro es lisa, ya que se encofra, mientras que en el muro pantalla presenta muchas irregularidades, propias del encofrado (propio terreno).

Inconveniente del muro anclado respecto al muro pantalla:

Sólo es útil para terrenos secos y consistentes.

Hidden page

TEMA 12.- ELEMENTOS DE CONTENCION. PANTALLAS O MUROS PANTALLA. DEFINICIONES Y TIPOLOGIAS.

En los apartados 12.1, 12.2, 12.3 y 12.4 se transcribe el contenido de los Documentos Básicos del Código Técnico de la Edificación. Seguridad Estructural. Cimientos, relativo a **Pantallas** y en los apartados siguientes se amplian conceptos, criterios de armadura, detalles, etc.

12.1.- PANTALLAS

- 1.- Se denominan pantallas a los elementos de contención de tierras que se emplean para realizar excavaciones verticales en aquellos casos en los que el terreno, los edificios u otras estructuras cimentadas en las inmediaciones de la excavación, no serían estables sin sujeción, o bien, se trata de eliminar posibles filtraciones de agua a través de los taludes de la excavación y eliminar o reducir a límites admisibles las posibles filtraciones a través del fondo de la misma, o de asegurar la estabilidad de éste frente a fenómenos de sifonamiento. Se construyen desde la superficie del terreno previamente a la ejecución de la excavación o vaciado del sótano y trabajan fundamentalmente a flexión. Quedan excluidas las pantallas que tienen únicamente por objeto la impermeabilización o estanqueidad.
- 2.- Si la excavación se produce por debajo del nivel freático, habrá que prever una impermeabilización suplementaria al propio hormigón, conforme a lo indicado en el DB-HS Sección 1.
- 3.- La pantalla cumple una labor estructural de contención de tierras, y de impermeabilización del vaso, pero no puede considerarse un elemento totalmente terminado ni absolutamente impermeable, dadas las características intrínsecas del material y del proceso de ejecución. En cualquier caso será necesario prever un acabado final de su superficie, ya que se hormigona contra el propio terreno. En general, la fase crítica en la vida de la pantalla es la de la ejecución.
- 4.- Las condiciones esenciales de las pantallas que las diferencian de los muros y las entibaciones, son:
 - a) se ejecutan previamente a la excavación o vaciado del sótano
 - b) en general alcanzan una profundidad bajo el fondo de la excavación que no es pequeña en relación con la altura libre de la pantalla.
 - c) el empotramiento de la pantalla en el terreno por debajo del fondo de la excavación es, en general, indispensable para su estabilidad, constituyendo en ocasiones el único elemento que la proporciona y siendo el peso propio de la pantalla un factor de influencia muy escasa o nula
 - d) son estructural flexibles y resisten los empujes del suelo deformándose.
- 5.- Los **tipos de pantallas** que se consideran en este Documento Básico son los siguientes:

Pantallas ejecutadas enteramente "in situ": pantallas *continuas de hormigón* y pantallas de *pilotes*.

Pantallas de elementos prefabricados: *Hincadas* (tablestacas de hormigón armado o pretensado, tablestacas de acero y tablestacas de madera) y *de paneles de hormigón armado o pretensado* que se colocan en una zanja previamente excavada.

- 6.- Las pantallas pueden requerir en muchos casos sujeción en uno o varios puntos de su altura libre, además del empotramiento en el terreno por debajo del nivel de excavación, bien sea por estabilidad, resistencia o para impedir excesivas deformaciones horizontales o verticales del terreno en el trasdós. En apartados posteriores se describen los procedimientos más habituales para la sujeción de las pantallas.

Pantallas continuas de hormigón

- 1.- Generalmente consisten en la excavación de una zanja, cuyo espesor varía normalmente entre 0,40 y 1,50 m. por paños o módulos de un ancho que oscila generalmente entre un valor mínimo correspondiente a la apertura de la cuchara y un valor máximo en función de la estabilidad del terreno, generalmente de 2,5 a 4,5 m. movimientos y deformaciones admisibles u otras condiciones de la obra.
- 2.- Un panel puede tener una o varias jaulas de armadura a lo largo de su longitud. En terrenos con cohesión y por encima del nivel freático, las zanjas, de las dimensiones antes indicadas para cada módulo y de la profundidad total de la pantalla, podrán ser estables sin necesitar ningún elemento de contención, debido, en parte, al efecto tridimensional asociado a sus proporciones.
- 3.- Sin embargo, en general, y especialmente si se trata de suelos sin cohesión, como arenas y limos, bajo el nivel freático, las zanjas no serán estables por sí mismas. La estabilidad sin entibación se conseguirá llenando cada módulo de zanja con lodos tixotrópicos (suspensiones de agua de arcillas tixotrópicas, de muy alta plasticidad, como bentonitas, sepiolitas, etc.).
- 4.- Las paredes de la zanja que constituye el encofrado de la pantalla, son planas y con bastantes irregularidades. El recubrimiento mínimo de las armaduras cumplirá las condiciones definidas en este DB y en la instrucción EHE sobre piezas hormigonadas contra el terreno.
- 5.- Si el terreno es cohesivo y muy estable y no existen edificaciones en las proximidades, pueden excavar módulos máximos, en función de la estabilidad del terreno.
- 6.- En terrenos muy sueltos o en las proximidad de medianerías en mal estado o edificaciones muy susceptibles a los asentamientos o movimientos horizontales, la longitud de los módulos o zanjas se reducirá todo lo posible.

Pantallas de pilotes in situ

- 1.- Comúnmente las pantallas de pilotes se efectúan mediante pilotes perforados, aunque en determinadas ocasiones podrán ejecutarse con pilotes prefabricados hincados.
- 2.- Si no hay necesidad de que la pantalla sea estanca, los pilotes podrán disponerse con una cierta separación entre ellos, con separaciones entre ejes inferiores al doble del diámetro de los pilotes, salvo justificación en contra.

- 3.- En la estabilidad del terreno entre pilotes separados se podrá tener en cuenta el efecto de arco. La separación entre pilotes se determinará en función de la naturaleza del terreno, de los esfuerzos a resistir y de la capacidad de flexión de los pilotes.
- 4.- Cuando la excavación haya de permanecer abierta mucho tiempo, y sobre todo, si el terreno es meteorizable y pierde rápidamente sus características resistentes en contacto en el aire, debe protegerse la banda de terreno que queda vista entre pilotes por medio de hormigón proyectado.
- 5.- Cuando haya que excavar bajo el nivel freático será necesario que los pilotes sean secantes entre sí, por lo que la pantalla deberá efectuarse mediante pilotes perforados o aplicar otras técnicas de tratamiento del terreno entre pilotes.
- 6.- Se considerará a los pilotes como vigas de sección circular trabajando a flexión simple o compuesta (si se tiene en cuenta el peso propio).
- 7.- El recubrimiento mínimo de las armaduras cumplirá las condiciones definidas en este DB y en la Instrucción EHE para piezas hormigonadas contra el terreno.

Pantallas de tablestacas

- 1.- Se consideran como tales las alineaciones de paneles prefabricados o tablestacas, que se hincan en el terreno a golpes o por vibración para constituir, debidamente enlazadas, pantallas resistentes o de impermeabilización, que sirven de protección para la ejecución de otras obras.
- 2.- Los tipos de tablestacas considerados en este Documento Básico son:
 - a) tablestacas de hormigón armado o pretensado
 - b) tablestacas de acero. Éstas a causa de su menor sección se hincan más fácilmente que las tablestacas de hormigón armado, originando menos vibraciones en el terreno.
- 3.- En las pantallas de tablestacas de hormigón armado y pretensado, se contemplará:
 - a) se dimensionarán para que resistan los máximos esfuerzos mayorados durante el servicio, los esfuerzos que puedan producirse durante la hincada y los que se produzcan durante el transporte, igualmente mayorados. La comprobación de resistencias, sección, características del hormigón y del acero, etc. serán las indicadas en la instrucción EHE.
 - b) el recubrimiento del acero de las armaduras debe ser mayor o igual a 3 cm. en agua dulce y que 4 cm. en agua salada y cumplirá las condiciones definidas en este DB y en la Instrucción EHE.
- 4.- En las pantallas con tablestacas de acero se tendrá en cuenta:
 - a) el perfil se elegirá de modo que con los esfuerzos de servicio mayorados no se supere la tensión del límite elástico dividido por el coeficiente de seguridad.
 - b) el perfil elegido debe permitir que pueda hincarse sin que se produzcan deterioros en cualquiera de sus extremos.
 - c) las tablestacas a emplear pueden haberse usado en otras obras previamente y ser de recuperación. Se adoptará un coeficiente de seguridad adicional.

- d) si la pantalla ha de permanecer en servicio durante mucho tiempo, en presencia de agua, se adoptarán medidas para evitar la corrosión, se tendrá en cuenta la pérdida de sección por corrosión y el perfil no tendrá un espesor inferior a 8 mm.

12.2.- PANTALLAS. CRITERIOS BASICOS.

- 1.- En el caso de existir obras o edificaciones en las proximidades de los límites de la excavación que pudieran verse afectadas por la apertura de ésta, o que pudiese implicar cargas sobre las pantallas o muros, se obtendrán los datos sobre el tipo de estructura, naturaleza de la cimentación, niveles de cimentación, cargas transmitidas al terreno, distancias a los bordes de la excavación, estado de la edificación, etc. suficientes para poder analizar los posibles efectos que la ejecución de la pantalla o la apertura de la excavación puedan producir sobre dichas edificaciones o viceversa. Se prestará una atención especial a las medianerías.
- 2.- En este caso la flexibilidad de la pantalla puede ser un factor de la mayor importancia. Las estructuras de edificación son, por lo general, tan sensibles, o más a los movimientos diferenciales en sentido horizontal de los cimientos, que a los asentamientos diferenciales. Se tratará de impedir o minimizar ambos, para lo cual se deben elegir tipos de pantallas relativamente rígidas y, sobre todo, no dejar grandes alturas en voladizo, que salvo justificación en contra, deben ser inferiores a 5 m. Se debe disponer elementos de sujeción en cabeza de la pantalla que sean muy poco susceptibles de alargamiento o deformación.
- 3.- La necesidad de disponer elementos de sujeción vendrá determinada por la estabilidad general de la excavación, la estabilidad propia de la pantalla, la magnitud de los esfuerzos, y la presencia de otras edificaciones en sus proximidades.
- 4.- En general, será conveniente disponer elementos de sujeción cuando la profundidad de la excavación sea superior a los 3 ó 4 m. (caso de más de un sótano), y en ocasiones por razón de la estabilidad de las estructuras vecinas.
- 5.- La elección del tipo de sujeción, si se precisa, depende, fundamentalmente, de las consideraciones económicas, de las posibilidades de emplear uno u otro y su influencia en la ejecución de la excavación o de la edificación. Los procedimientos de sujeción más usuales son: apuntalamiento al fondo de la excavación, apuntalamiento recíproco contra otras pantallas que limitan la misma excavación, anclajes al terreno y anclajes a otras estructuras de contención paralelas.

a) apuntalamiento al fondo de la excavación

Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- se dimensionarán de acuerdo a los máximos esfuerzos.
- será conveniente transmitir dichos esfuerzos al terreno por medio de una zapata corrida paralela a la pantalla. Como el esfuerzo que se ha de transmitir tiene una componente horizontal importante, se pondrá especial cuidado en la comprobación del posible deslizamiento o se tomarán las medidas oportunas para impedirlo.
- la disposición de puntales debe perturbar lo menos posible la excavación, la ejecución de las cimentaciones del edificio, los pilares, forjados, etc.

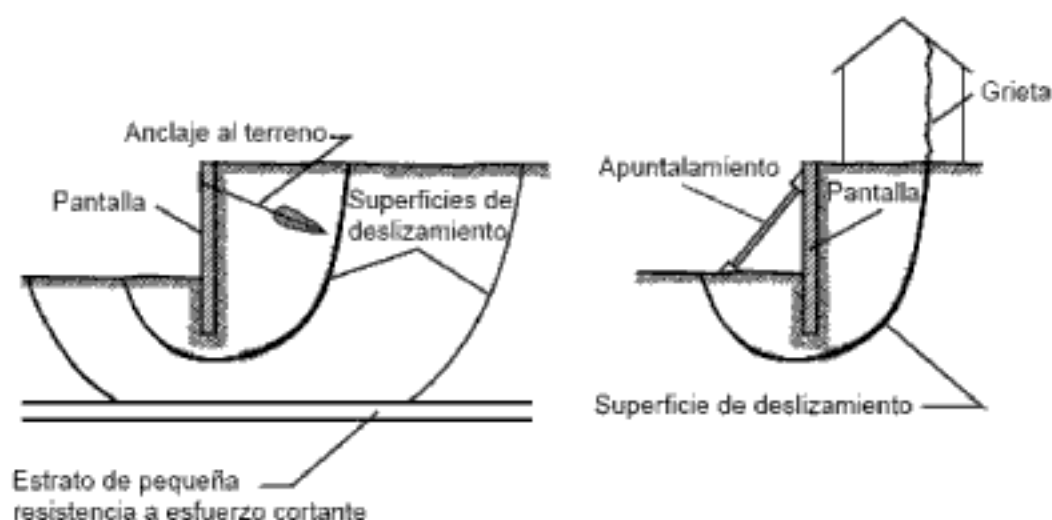
Hidden page

de existir alguno de dichos obstáculos se definirá su localización exacta, a fin de tomar las medidas oportunas en el proyecto o durante la ejecución por el Director de la Obra.

- 10.- Si la excavación ha de realizarse en parte por debajo del nivel freático, quedarán descartados aquellos tipos de pantalla que no garanticen un adecuado grado de estanqueidad.
- 11.- Las vibraciones producidas por la hinca de tablestacas, sobre todo en terrenos sin cohesión, pueden afectar gravemente a las obras próximas, bien porque éstas sean muy susceptibles a las vibraciones, bien porque se compacte el terreno y se produzcan asentamientos.
- 12.- Se ha de tener en cuenta igualmente las vibraciones originadas por la caída libre de los útiles de apertura de zanjas para la ejecución de pantallas continuas, especialmente cuando se trabaje sin lodos.

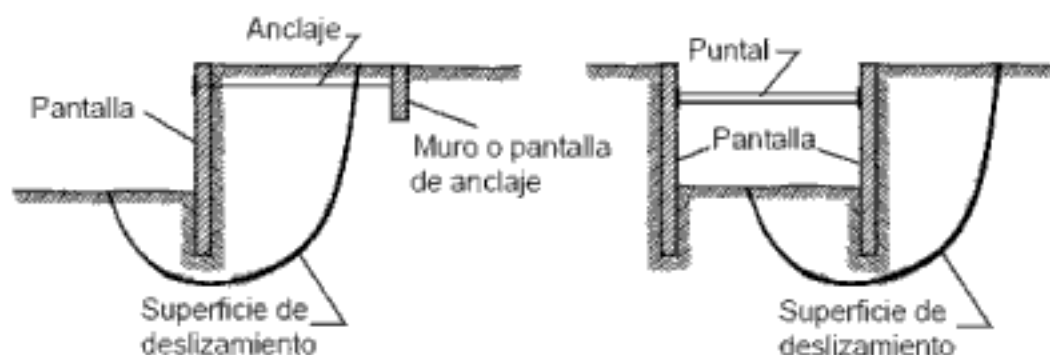
12.3.- ESTABILIDAD GLOBAL Y FALLO COMBINADO DEL TERRENO Y EL ELEMENTO ESTRUCTURAL.

- 1.- El conjunto de la estructura y la pantalla pueden fallar mediante un mecanismo de rotura aún más profundo que la pantalla, o que no siendo tan profundo pudiera cortar a ésta.
- 2.- Debe comprobarse que la seguridad al deslizamiento a lo largo de la superficie pésima posible, que incluya en la masa deslizante a la pantalla completa y a sus elementos de sujeción, no es inferior al establecido.
- 3.- Las acciones de los elementos de sujeción de la pantalla que queden incluidos por completo en las superficies de rotura no deben ser considerados.
- 4.- En las figuras siguientes se esquematizan algunas de las posibles formas de rotura, por deslizamiento profundo.



Formas de rotura por deslizamiento profundo

- 5.- Debe comprobarse también los mecanismos de rotura a lo largo de superficies de deslizamiento que corten a los elementos de anclaje o que no incluyan en la masa deslizante a los sistemas de apuntalamiento por completo. En la figura siguiente se indican esquemáticamente algunas de estas posibles formas de rotura.



Ejemplos de deslizamientos profundos que interceptan elementos de sujeción

- 6.- En tales casos se contará con las fuerzas de los anclajes o de los apuntalamientos, con su valor de trabajo sin afectar de coeficiente de seguridad alguno, como fuerzas exteriores. Además, puede ser necesario, como en el caso de anclajes cortados por la superficie deslizante, tener en cuenta las tensiones provocadas por los anclajes sobre la pantalla.
- 7.- Debe efectuarse una correcta comprobación de la estabilidad propia de la pantalla, de los elementos de sujeción, de las edificaciones próximas y de las zanjas.

12.4.- CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LAS PANTALLAS.

- 1.- Para la ejecución de pantallas continuas se considerarán aceptables las especificaciones constructivas recogidas en la norma UNE-EN 1538:2000.
- 2.- Cuando se disponga una pantalla en el perímetro de una excavación, se analizarán con detalle los siguientes aspectos de la obra:
 - a) ejecución de la pantalla.
 - b) fases de la excavación.
 - c) introducción de los elementos de sujeción o de los anclajes, si los hubiera.
 - d) disposición de los elementos de agotamiento, si fuesen necesarios.
 - e) sujeción de la pantalla mediante los forjados del edificio.
 - f) eliminación de los elementos provisionales de sujeción o de los anclajes, si los hubiera.
- 3.- Debe atenderse especialmente a evitar que, en algunas fases de la ejecución, puede encontrarse la pantalla en alguna situación no contemplada en el cálculo y que entrañe un mayor riesgo de inestabilidad de la propia pantalla, de edificios u otras estructuras próximas o del fondo de la excavación o esfuerzos en la pantalla o en los elementos de sujeción superiores a aquellos para los que han sido dimensionados.

- 4.- El diseño de la pantalla debe garantizar que no se producen pérdidas de agua no admisibles a través o por debajo de la estructura de contención así como que no se producen afecciones no admisibles a la situación del agua freática en el entorno.
- 5.- Los muretes guía tienen por finalidad garantizar el alineamiento de la pantalla hormigonada, guiar los útiles de excavación, evitar cualquier desprendimiento del terreno de la zanja en la zona de fluctuación del fluido de excavación, así como servir de soporte para las jaulas de armadura, elementos prefabricados u otros a introducir en la excavación hasta que endurezca el hormigón. Debe resistir los esfuerzos producidos por la extracción de los encofrados de las juntas.
- 6.- Habitualmente son de hormigón armado y construidos "in situ". Su profundidad, normalmente comprendida entre 0,5m y 1,5 m. dependiendo de las condiciones del terreno.
- 7.- Los muretes guía deben permitir que se respeten las tolerancias especificadas para los paneles de pantalla.
- 8.- Será recomendable apuntalar los muretes guía hasta la excavación del panel correspondiente.
- 9.- La distancia entre muretes guía debe ser entre veinte y cincuenta mm. superior al espesor de la pantalla proyectada.
- 10.- En caso de pantallas poligonales o de forma irregular, podrá ser necesario aumentar la distancia entre muretes guía.
- 11.- Salvo indicación especial, la parte superior de los muretes guía será horizontal y estará a la misma cota a cada lado de la zanja. Es conveniente que la cara superior del murete guía se encuentre, al menos, 1,50 m. sobre la máxima cota prevista del nivel freático.

Hormigonado

- 1.- El hormigón a utilizar cumplirá lo establecido en la Instrucción EHE.
- 2.- Se procederá al hormigonado cuando la perforación esté limpia y las armaduras se encuentren en la posición prevista en los planos del proyecto.
- 3.- Durante el hormigonado se pondrá el mayor cuidado en conseguir que el hormigón rellene la sección completa en toda su longitud, sin vacíos, bolsas de aire o agua, coqueras, etc. Se debe evitar también el lavado y segregación del hormigón fresco.
- 4.- Para una correcta colocación del hormigón y para una perfecta adherencia del mismo a las armaduras es conveniente tener una separación mínima entre barras no inferior a cinco veces el diámetro del árido.
- 5.- El tubo Tremie es el elemento indispensable para el hormigonado de pantallas con procedimiento de hormigón vertido, especialmente en presencia de aguas o lodos de perforación. Dicho tubo es colocado por tramos de varias longitudes para su mejor acoplamiento a la profundidad del elemento a hormigonar, y está provisto de un embudo en su parte superior, y de elementos de sujeción y suspensión.
- 6.- El tubo Tremie será estanco, de diámetro constante, y cumplirá las siguientes condiciones:
 - a) el diámetro interior será mayor de 6 veces el tamaño máximo del árido y en cualquier caso mayor de 150 mm.

- b) el diámetro exterior no podrá exceder del mínimo de 0,50 veces la anchura de la pantalla y 0,80 veces la anchura interior de la jaula de armaduras de pantallas.
 - c) se mantendrá en la parte interior liso y libre de incrustaciones de mortero, hormigón o lechada.
- 7.- El número de tubos Tremie a utilizar a lo largo de un panel de pantalla debe ser determinado de tal manera que se limite el recorrido horizontal a 2,50 metros.
 - 8.- Durante el hormigonado el tubo Tremie debe estar siempre inmerso en el hormigón por lo menos 3 m. En caso de conocerse con precisión el nivel del hormigón, la profundidad mínima de inmersión podrá reducirse a 2 m. En caso necesario, y sólo cuando el hormigón llegue cerca de la superficie del suelo, se podrá reducir la profundidad mencionada para facilitar el vertido.

12.5.- GENERALIDADES.

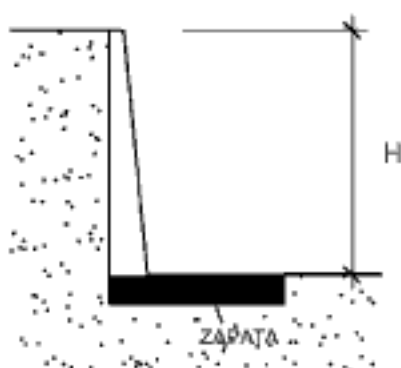
Los muros pantalla, pantallas continuas o pantallas inyectadas, son estructuras de hormigón armado, moldeadas in situ en zanjas efectuadas en el suelo, que cumplen por sí solas las funciones de:

- Estanqueidad, impidiendo el paso del agua.
- Resistencia, soportando los empujes de las tierras y edificios circundantes.
- Protección de las excavaciones a las que se destina.

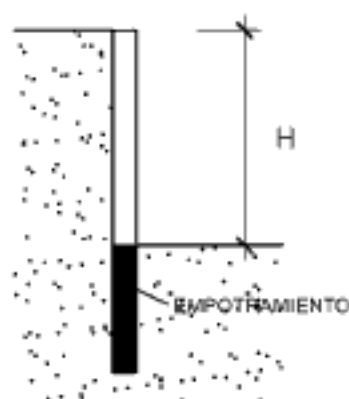
Finalmente quedan incorporadas a la estructura del edificio como parte integrante del mismo.

Si lo comparamos con el muro tradicional vemos que este trabaja empotrado en su zapata de cimentación (en ménsula), mientras que el muro pantalla trabaja empotrado en el terreno (igualmente en ménsula)

A) MURO TRADICIONAL



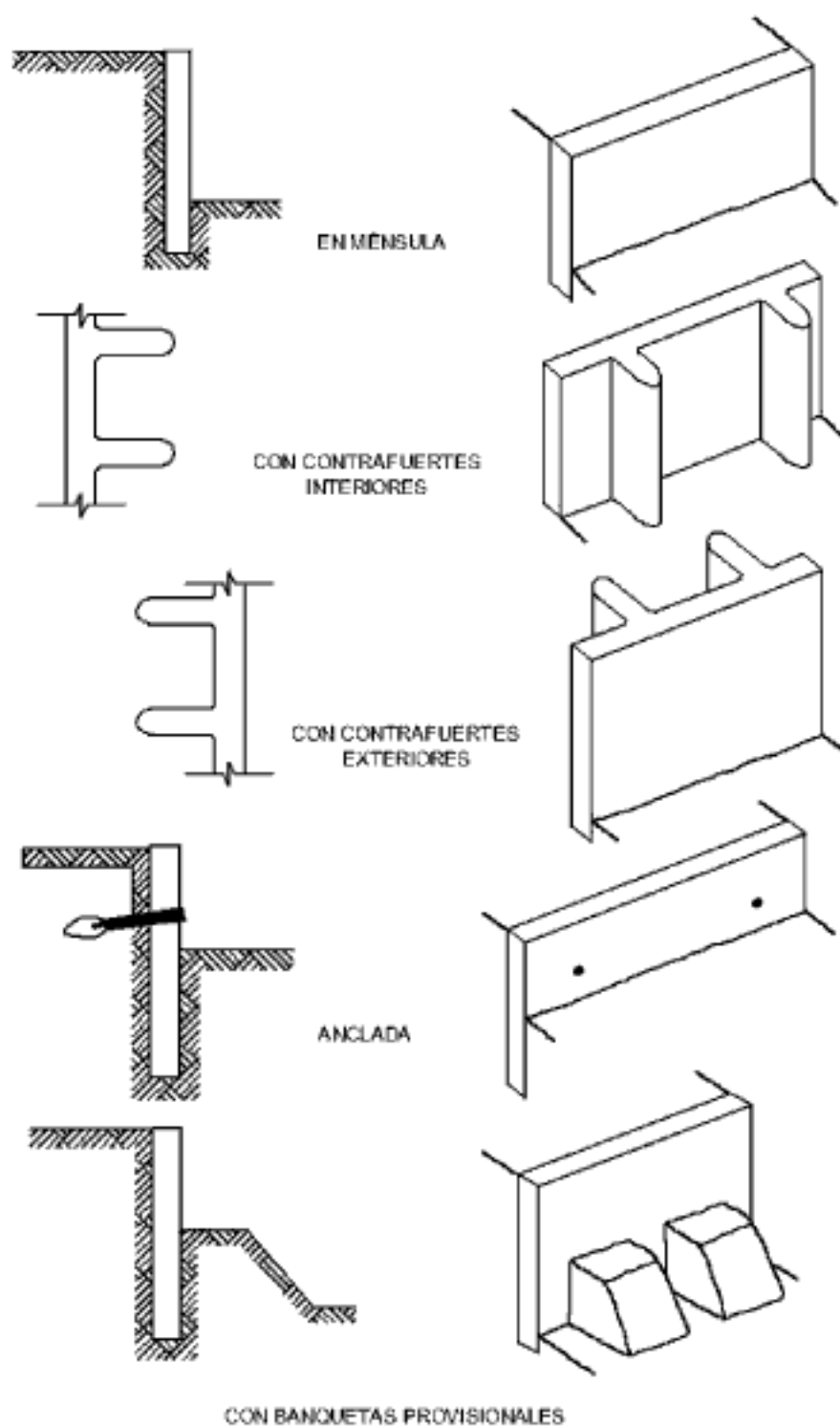
A) MURO PANTALLA



En esencia consiste en ejecutar una zanja profunda y alargada, sin entibación de las paredes, en la que posteriormente se vierte el hormigón, previa colocación de las armaduras, construyéndose la totalidad de la pantalla sin efectuar el vaciado de las tierras del solar, por lo que una vez terminada de construir, queda embutida en el terreno, viéndose únicamente los extremos de las armaduras verticales y una pequeña franja de hormigón de su parte superior.

Hidden page

TIPOS DE MURO PANTALLA



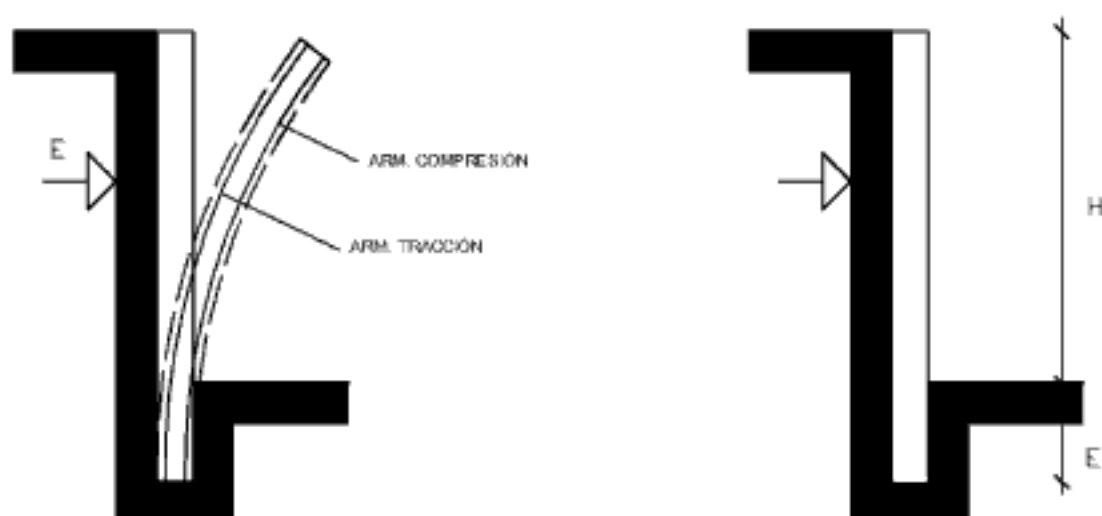
12.6.1.- PANTALLAS EN MÉNSULA.-

Como su nombre indica, la pantalla trabaja en voladizo, contrarrestando los empujes de las tierras entre dos planos horizontales excavados a distinto nivel, mediante el recurso de empotrar la pantalla por debajo del fondo excavado.

La máxima altura de excavación que puede resolverse económicamente, en función de las características del terreno, oscila entre 5 y 10 m. para espesores usuales de 0,50 a 1 m.

Puesto que la pantalla continua hormigonada in situ es el sistema más utilizado, lo estudiaremos con mayor amplitud.

DEFORMADA DEL MURO PANTALLA EN MÉNSULA



12.6.2.- PANTALLAS CON CONTRAFUERTES.

A fin de alcanzar alturas de excavación superiores, del orden de 4 sótanos (aprox. 12 m.), con la misma filosofía resistente del caso anterior, se recurre a aumentar la inercia de la pantalla, moldeando en el suelo formas en T o contrafuertes.

Al aumentar la inercia aumenta la rigidez y se consigue disminuir el armado.

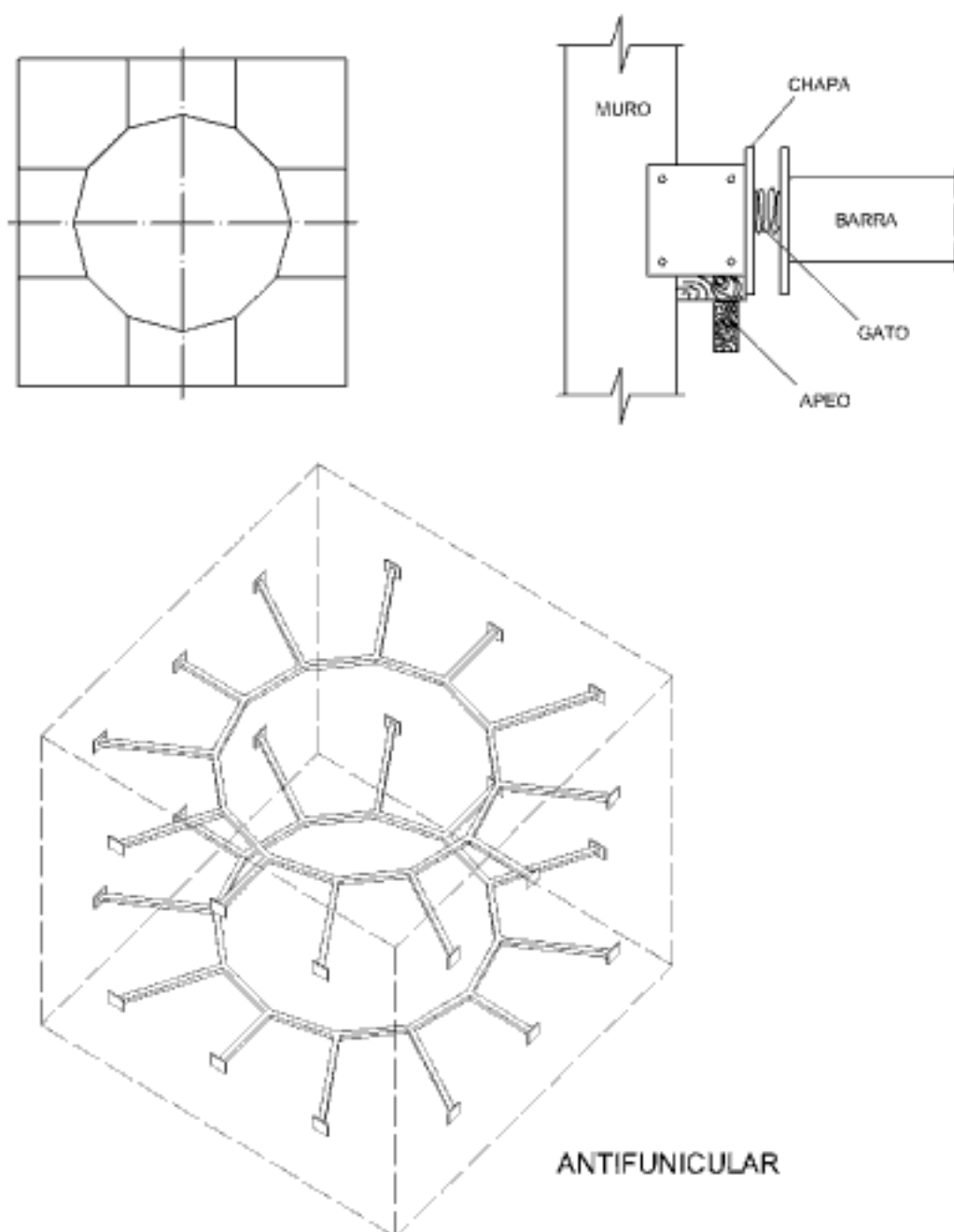
La longitud de empotramiento no se ve modificada, pues sigue actuando el efecto ménsula.

Los contrafuertes pueden construirse por la parte interior o por la parte exterior del muro pantalla, del modo en que se refleja en los detalles que se exponen a continuación.

Hidden page

Hidden page

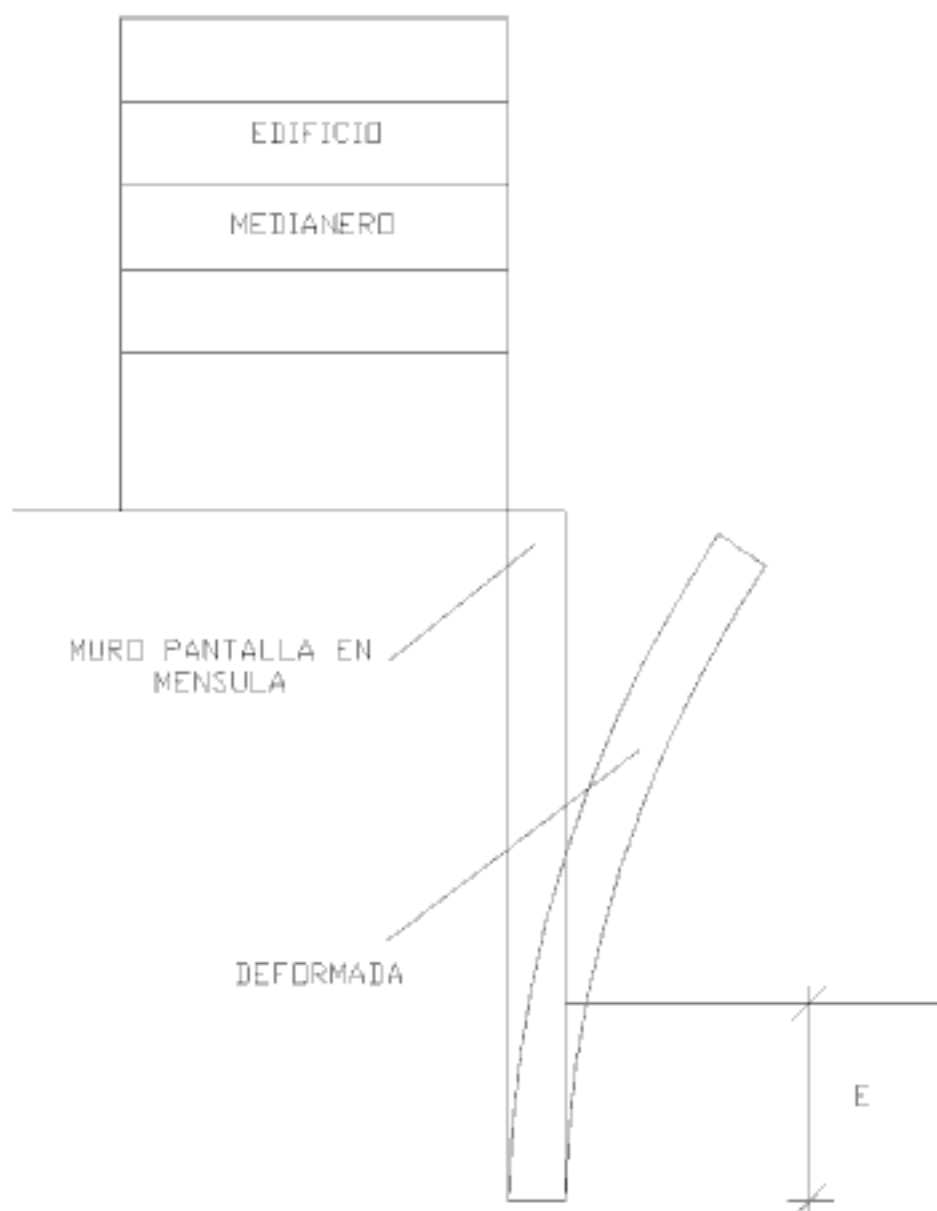
Hidden page



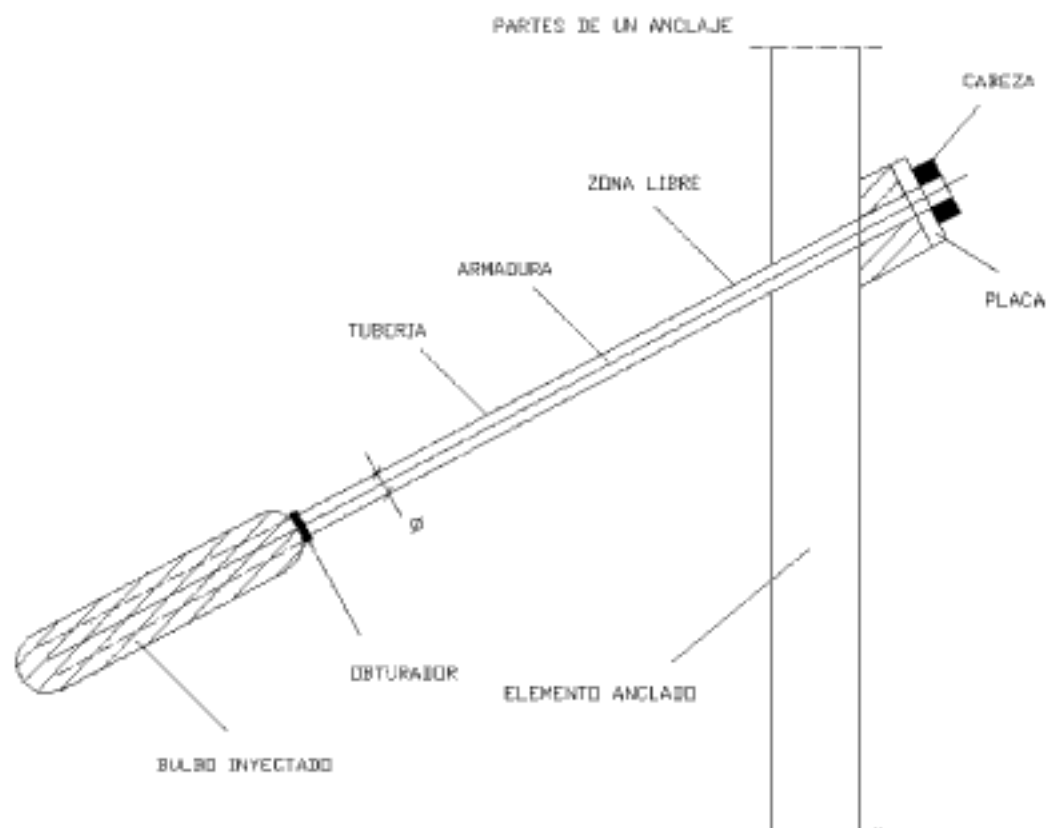
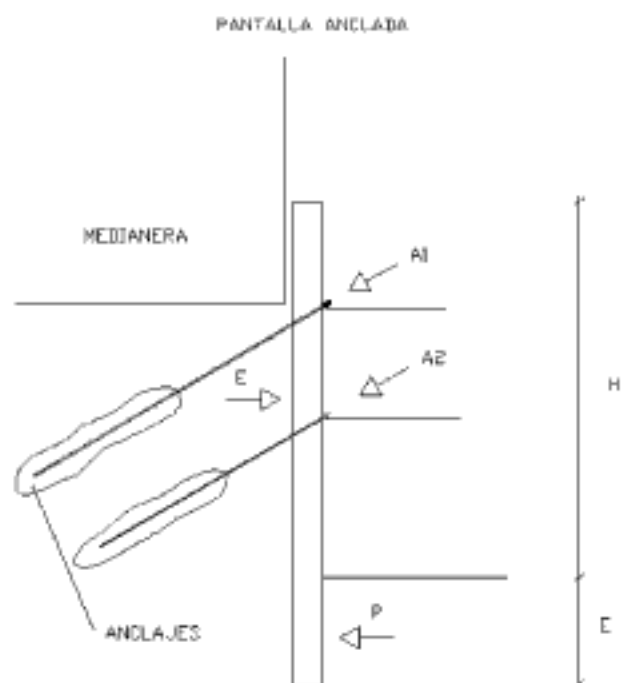
12.6.5.- PANTALLAS CON ANCLAJES PROVISIONALES AL TERRENO CIRCUNDANTE.

El sistema de arriostramiento de las pantallas con anclajes realizados en el terreno colindante es un sistema que se viene desarrollando muy amplia y eficazmente en los últimos tiempos y ofrece una gama muy interesante de posibilidades, si bien, también cuenta con determinadas limitaciones de orden técnico y legal.

La mayoría de los sistemas de sostenimiento indicados anteriormente presentan deformaciones, a veces incompatibles con las posibilidades de fisuración de las obras próximas o edificios colindantes.



Para remediar esta situación, se recurre con éxito a anclar a pantalla en uno o varios niveles, a medida que progresan las excavaciones, mediante cables alojados en perforaciones de pequeño diámetro, inyectados con cemento y susceptibles de ser tensados aplicando esfuerzos sobre la pantalla, equivalentes o superiores a los empujes del terreno, con lo cual se consigue la estabilidad de la pantalla.



Este sistema de sostenimiento permite limitar las deformaciones de la pantalla a valores aceptables para las construcciones colindantes, pudiéndose alcanzar alturas de excavación importantes, del orden de 25 m. o más.

Los anclajes son casi siempre provisionales, por los problemas legales con edificios colindantes, y suelen durar activos entre 6-12 meses.

Este sistema de sostenimiento presenta las siguientes ventajas:

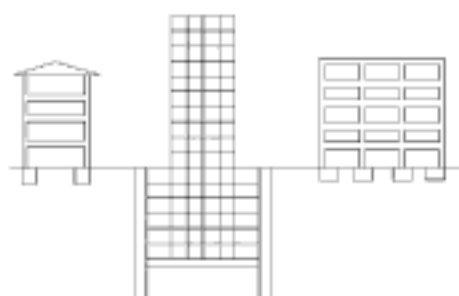
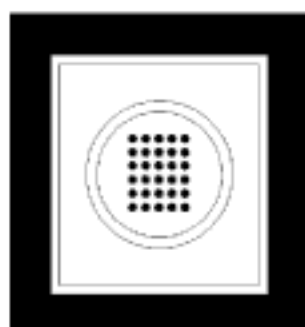
- Pueden alcanzarse las profundidades de excavación deseadas.
- El empotramiento de la pantalla, por debajo del nivel de vaciado, se reduce en relación a otros sistemas.
- Permite limitar las deformaciones de la pantalla a valores que sean aceptables para las construcciones colindantes.
- Libera totalmente la excavación de obstáculos, que dificultan la extracción de las tierras y la construcción de la estructura enterrada.

Esencialmente la técnica de ejecución del anclaje con micropilotes es la siguiente:

- 1.- Efectuar taladros en el muro, del diámetro del micropilote, al propio tiempo que se barrena el terreno situado en la parte posterior de la pantalla, todo ello ejecutado antes de excavar, con la maquinaria apoyada sobre el terreno, según el nivel donde esté la excavación.
- 2.- Introducción del micropilote y hormigonado del mismo. Si el terreno es suficientemente consistente, una vez efectuado el orificio en el muro y terreno, se introducen los cables de armadura y se hormigona a presión dicho orificio, creando un bulbo en el extremo.
- 3.- Una vez fraguado el hormigón, mediante un sistema hidráulico tensamos el micropilote, consiguiendo que el muro "se apriete" contra la tierra, disminuyendo el efecto ménsula.
- 4.- Una vez construidos los forjados, estos micropilotes o armaduras se cortan, liberando el muro de dichos anclajes.

12.6.6.- PANTALLAS AUTOARRIOSTRADAS.

Se trata del caso de pantallas continuas de sección circular o elíptica y que, gracias a su forma en planta, no exigen ni apuntalamiento durante la excavación, ni arriostramiento definitivo de los forjados de la estructura.



12.6.7.- PANTALLAS CON ANCLAJES O ARRIOSTRAMIENTOS DEFINITIVOS.

Bajo esta denominación se incluyen aquellas pantallas, en las que, una vez terminada su construcción, el sistema de anclaje o arriostramiento que se coloca es definitivo.

Cuando el terreno colindante es de la misma propiedad, podemos dejar los anclajes con micropilotes como definitivos.

12.7.- ARMADURA TIPO DE LOS MUROS PANTALLA.

Primero estudiaremos la forma de trabajo del muro pantalla, sus diagramas y el armado necesario. Posteriormente se verá el montaje y puesta en obra de las armaduras.

Estos muros trabajan en ménsula, desde su empotramiento en el suelo, aumentando su luz a medida que se vacía el solar.

Si tenemos micropilotes de anclaje, el muro debe ser capaz de sostenerse, combinando su sistema en ménsula, con los "apoyos" o "tirantes" que le confieren los micropilotes y finalmente con los apoyos de los forjados de la estructura definitiva.

Esa combinación de sujeción con micropilotes y posteriormente con forjados, proporciona unos diagramas de momentos flectores diferentes para cada caso, y es preciso armar el muro para que sea capaz de sostenerse en ambos casos.

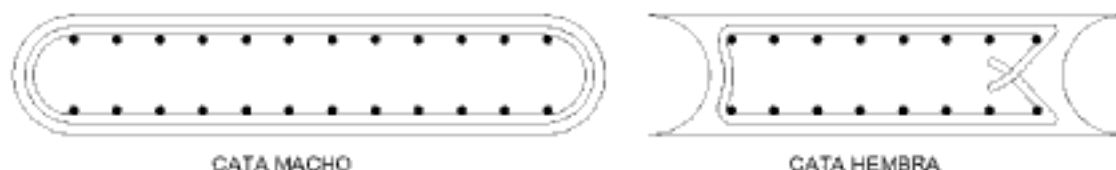
Veamos un muro pantalla con 3 plantas de sótano y con 2 niveles de arriostramiento con micropilotes.

Hidden page

Armadura transversal:

Se colocará transversalmente, a modo de cercos formando, junto con la longitudinal, una retícula.

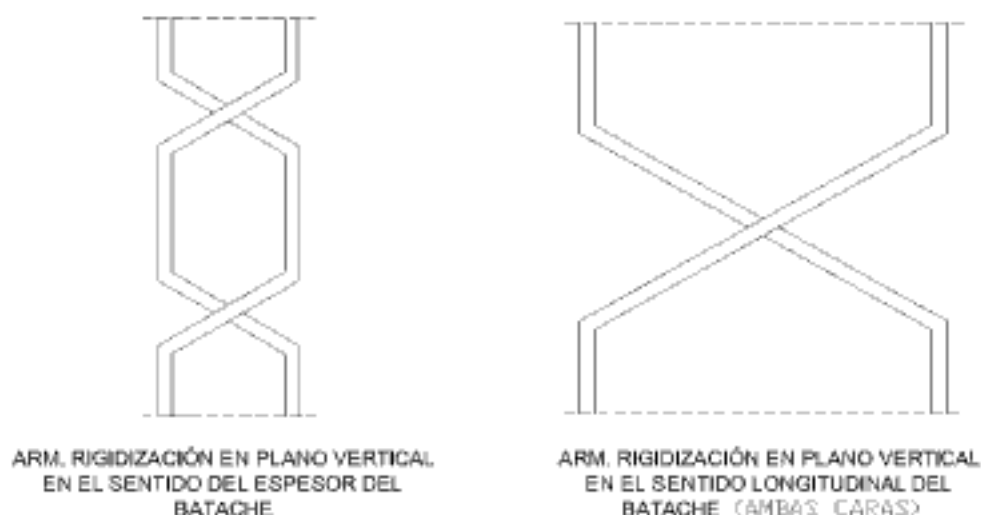
Existen dos tipos de armadura, según se trate de batache o cata macho o de cata hembra.



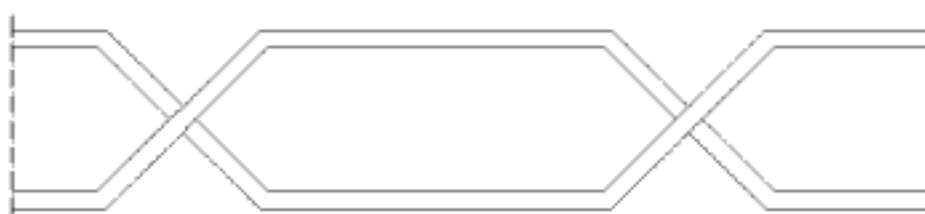
Armadura de rigidización:

Sirven para facilitar el transporte y manejo del panel sin que se muevan las armaduras longitudinales y transversales, que irán soldadas, al igual que el resto de las armaduras.

Son necesarios dos planos de rigidización, ambos verticales, uno en sentido longitudinal del panel y el otro en sentido transversal.



Estas armaduras de rigidización en dos planos, ambas verticales, pueden sustituirse por una armadura de rigidización en el plano horizontal, que inmoviliza las armaduras longitudinales y transversales en ambas direcciones.

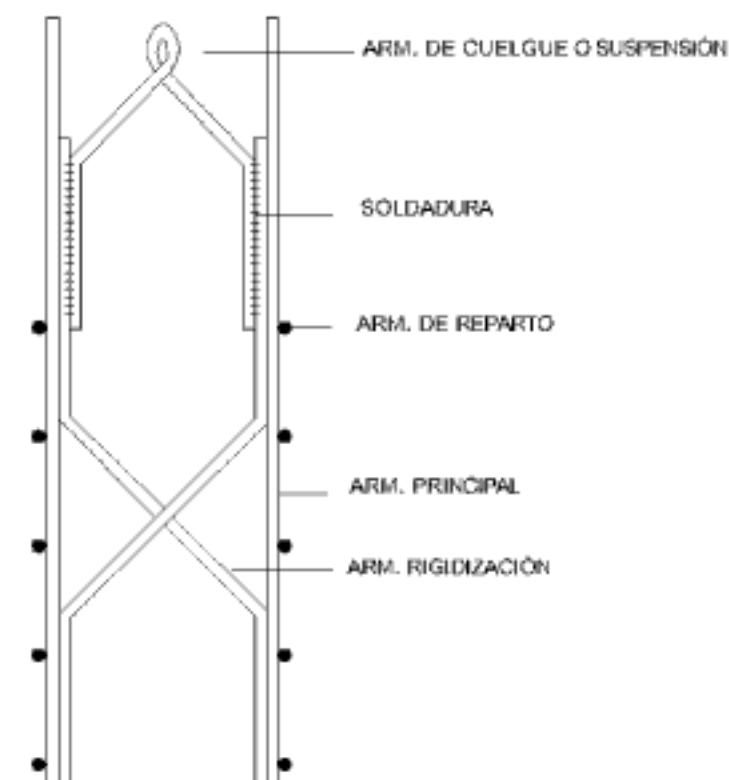


ARM. RIGIDIZACIÓN EN PLANO HORIZONTAL, EN SENTIDO LONGITUDINAL DEL BATACHE (SUSTITUYE A LAS DOS ANTERIORES)

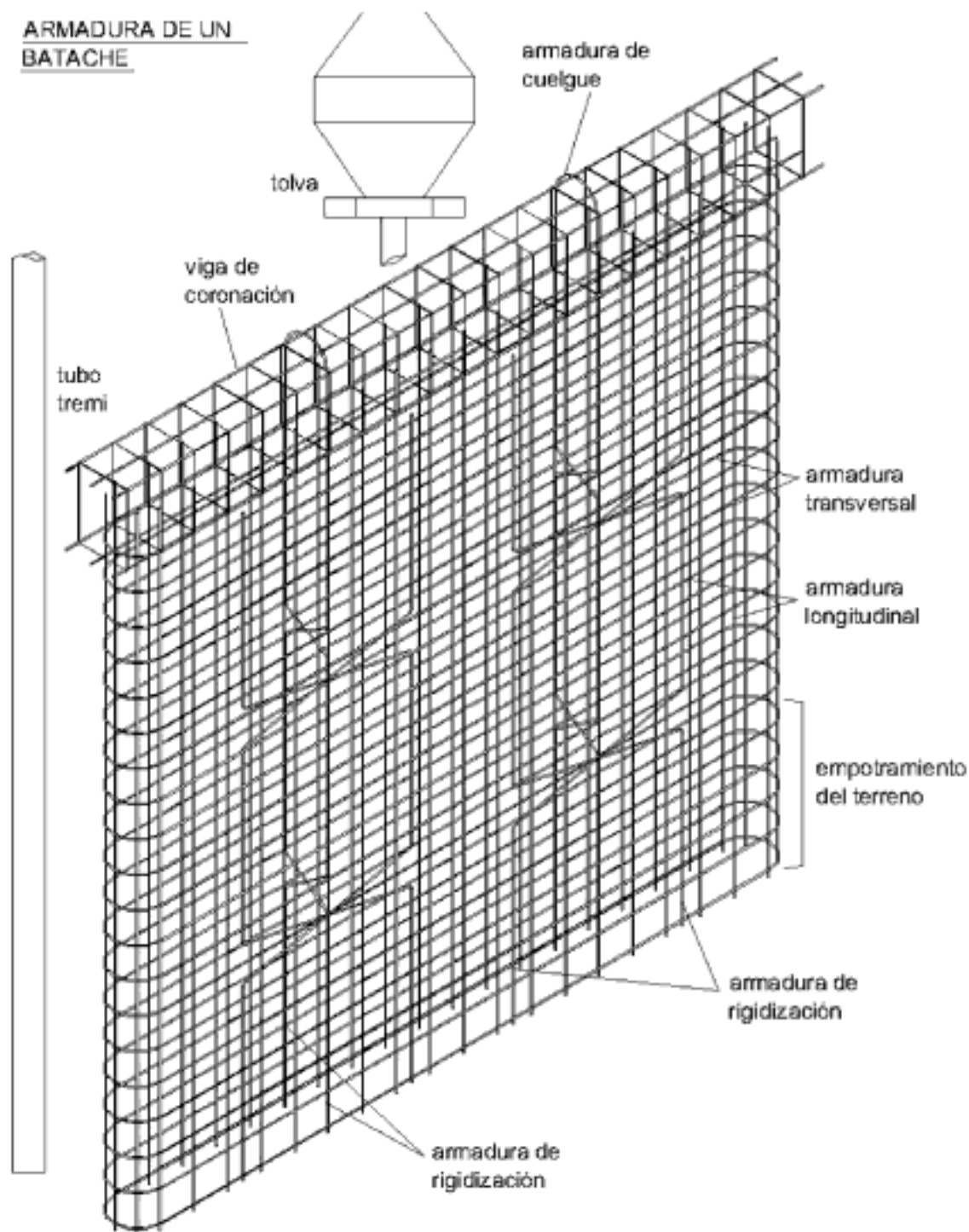
Armadura de suspensión o cuelgue:

Para el izado de la jaula de armaduras es necesario colocarle en la parte superior, soldada a la armadura vertical, unas armaduras de cuelgue, con gancho anillo para engancharlas.

Puede utilizarse para esta función la propia armadura de rigidez en el plano perpendicular al panel, prolongándola y formando el anillo de anclaje.



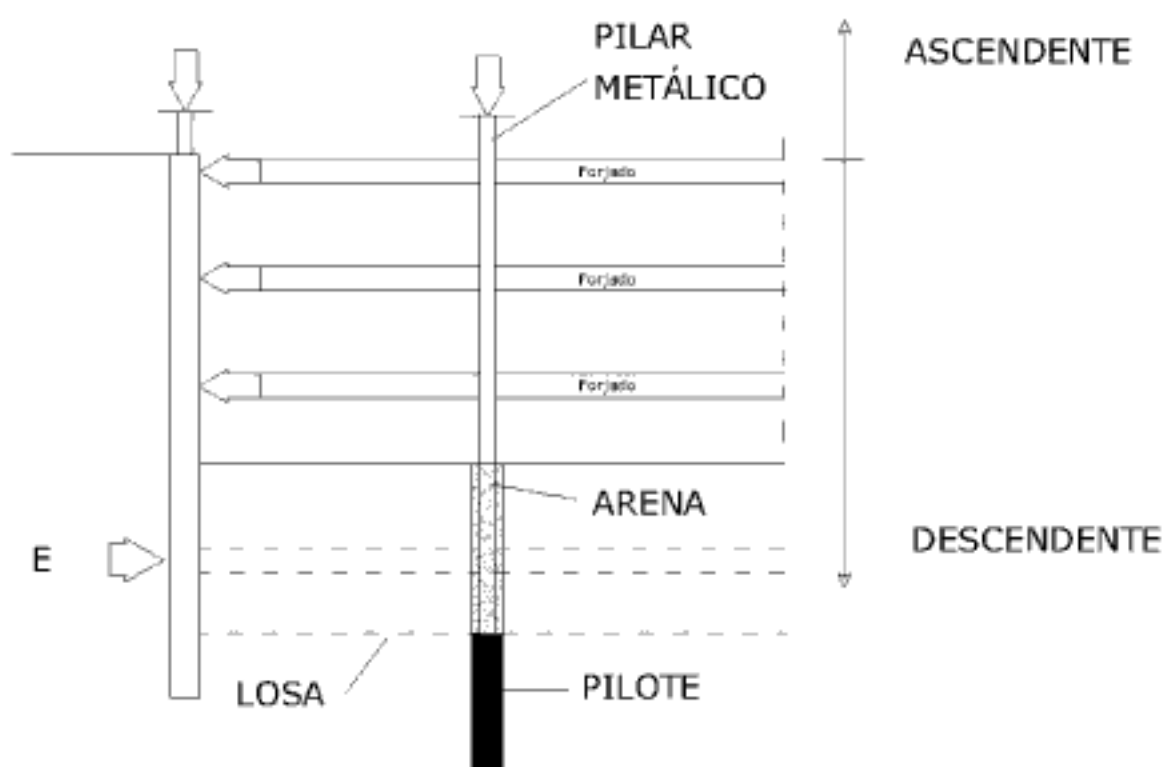
En la perspectiva siguiente se detallan todas las armaduras del muro pantalla:



Hidden page

Hidden page

Hidden page



Suele ejecutarse con estructura metálica, por facilidad y rapidez de montaje del sistema. Posteriormente, en caso de interesar, pueden construirse pilares mixtos, ya que el hormigón protege al acero en caso de incendio, etc.

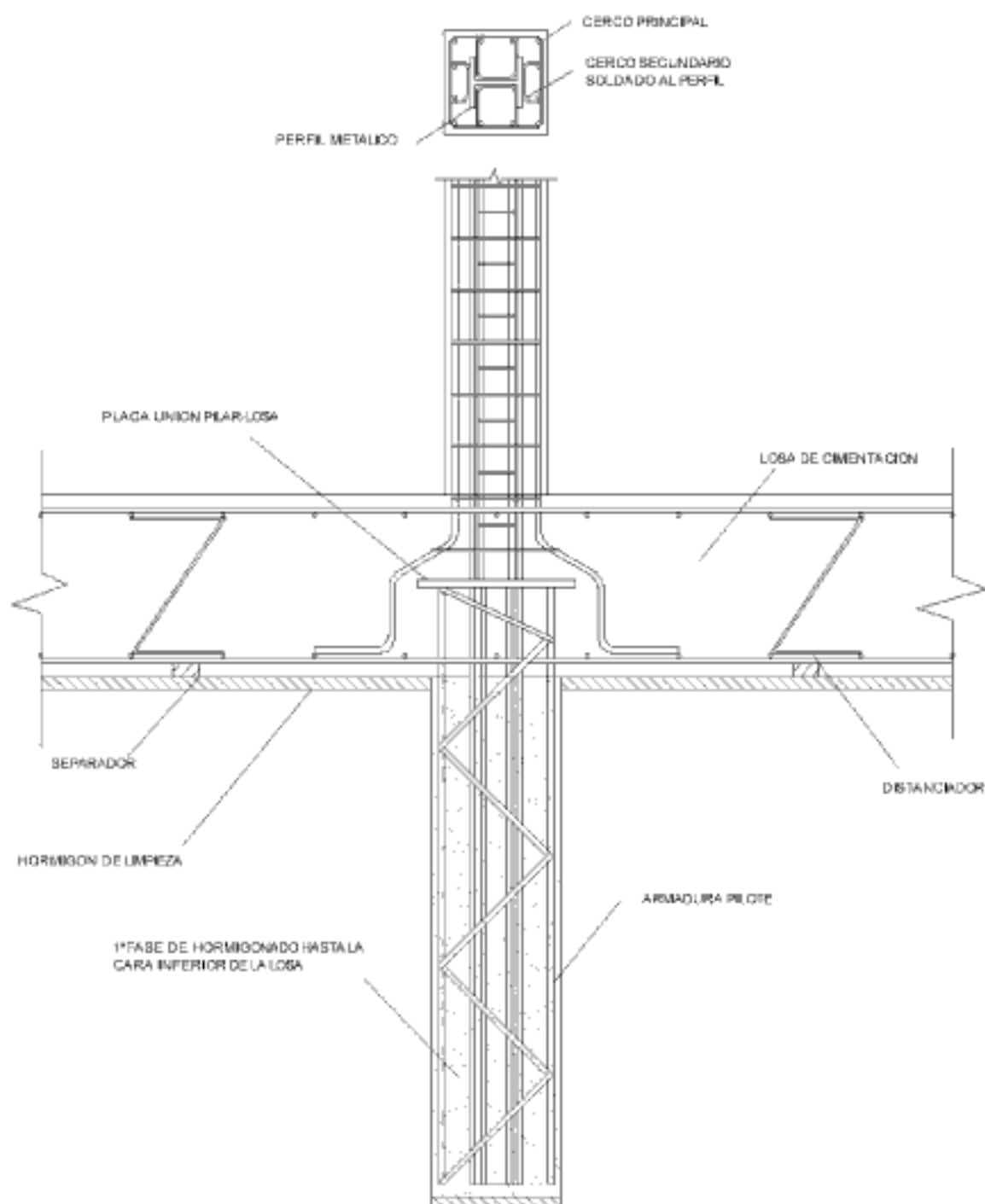
La mayor dificultad que representa el vaciado de los sótanos en este sistema de construcción, queda compensada por la rapidez de la ejecución del conjunto de la estructura, ofreciendo este sistema una gran seguridad a los edificios o construcciones próximas a la excavación, al limitar los movimientos de la pantalla y arriostrarla definitivamente.

En general, suele diseñarse para que los pilotes o pilares que construimos inicialmente sean capaces de soportar el peso de la estructura con suficiente holgura, y al unir éstos con la losa de cimentación, que se construye una vez se llega con la excavación al fondo de los sótanos, son capaces de soportar conjuntamente el peso total del edificio.

Es importante que la unión del pilar-pilote con la losa se ejecute correctamente, para que exista conexión entre ambos. Se suele colocar una placa metálica de anclaje, que una el pilar con la losa. Dicha placa va soldada al pilar y colocada en el interior de la losa de hormigón.

Hidden page

SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN SIMULTÁNEA ASCENDENTE-DESCENDENTE UNIÓN PLACA DE CIMENTACIÓN CON PILAR MIXTO



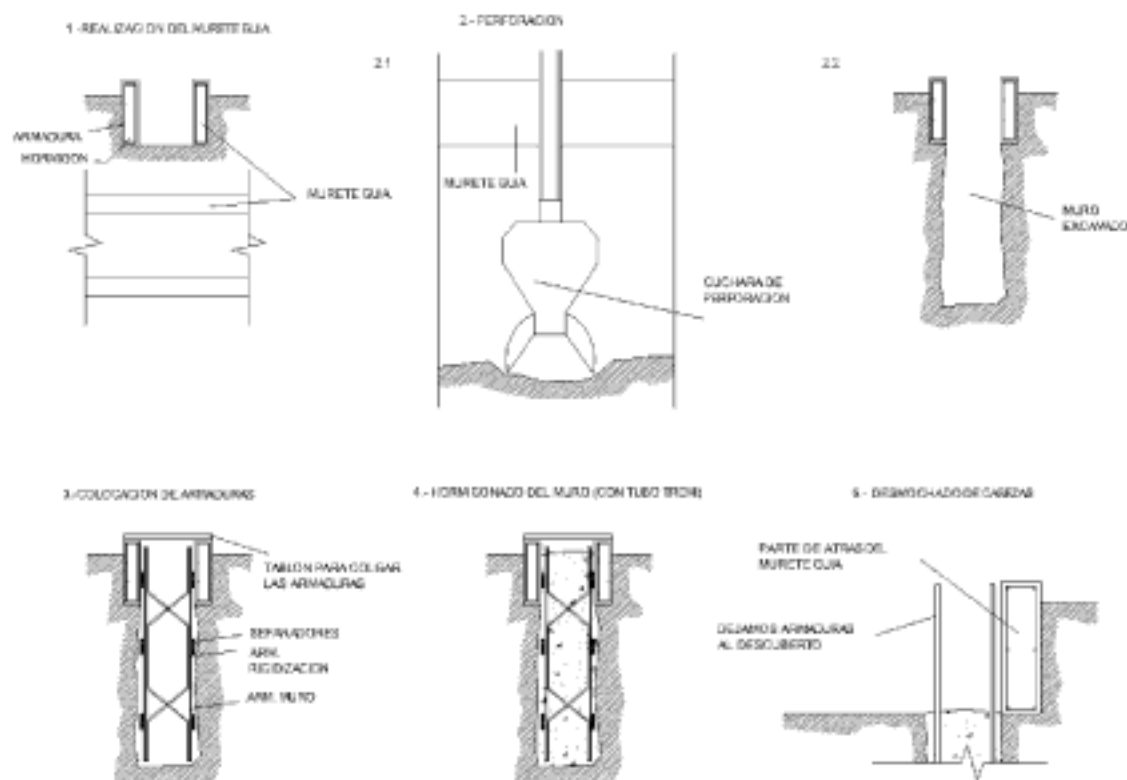
12.9.- TÉCNICA CONSTRUCTIVA DE EJECUCIÓN DE LOS MUROS PANTALLA.

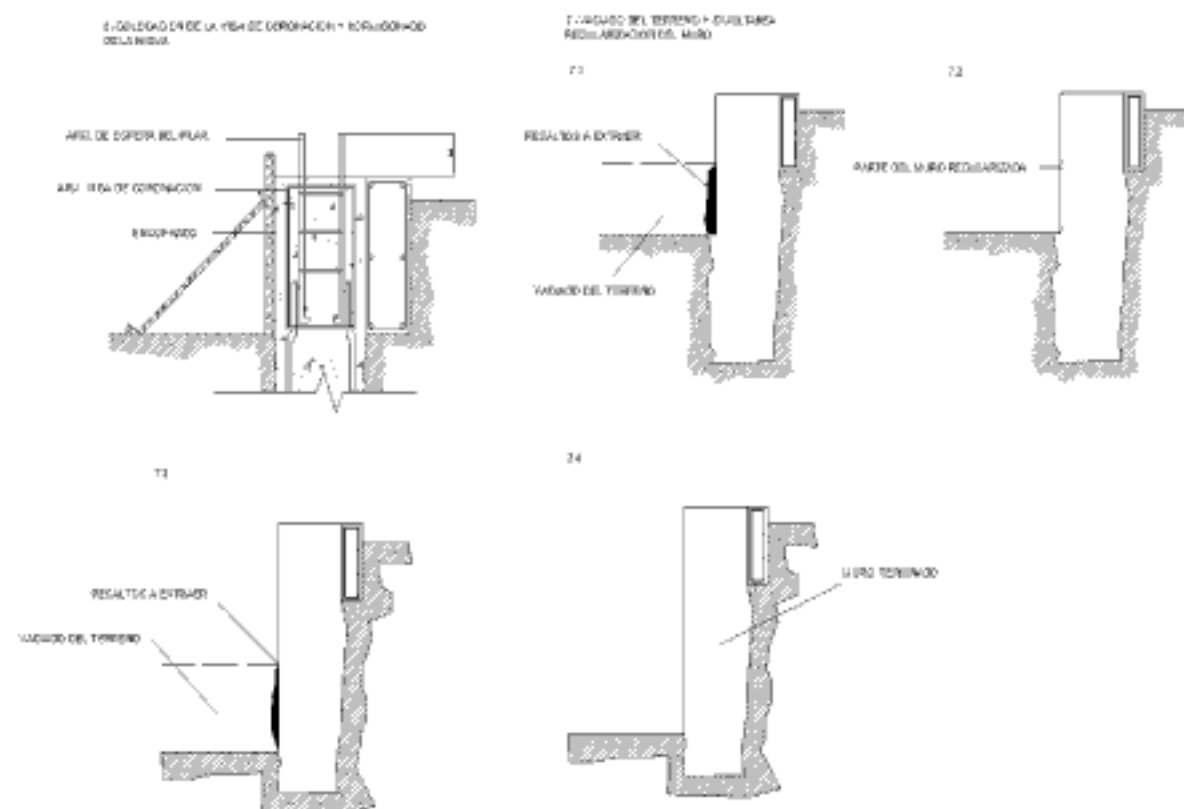
Consta de las siguientes fases principales de trabajo:

- Construcción de dos muretes guía, en la parte alta del futuro muro pantalla.
- Excavación o perforación del terreno, por dentro de los muretes guía, por bataches.
- Colocación de las armaduras en cada batache.
- Colocación de los tubos juntas entre bataches.
- Hormigonado del batache o panel, mediante tubo tremi.
- Extracción de las juntas colocadas entre los paneles.
- Desmochado del hormigón de cabeza de paneles para colocar la viga de coronación.
- Vaciado del solar, regularización de las pantallas y colocación de anclajes (si son necesarios)

En los esquemas siguientes se muestran las citadas fases de ejecución, que posteriormente se estudiarán detalladamente.

TÉCNICA DE EJECUCIÓN DE LOS MUROS PANTALLA





12.9.1.- MURETE GUIA.

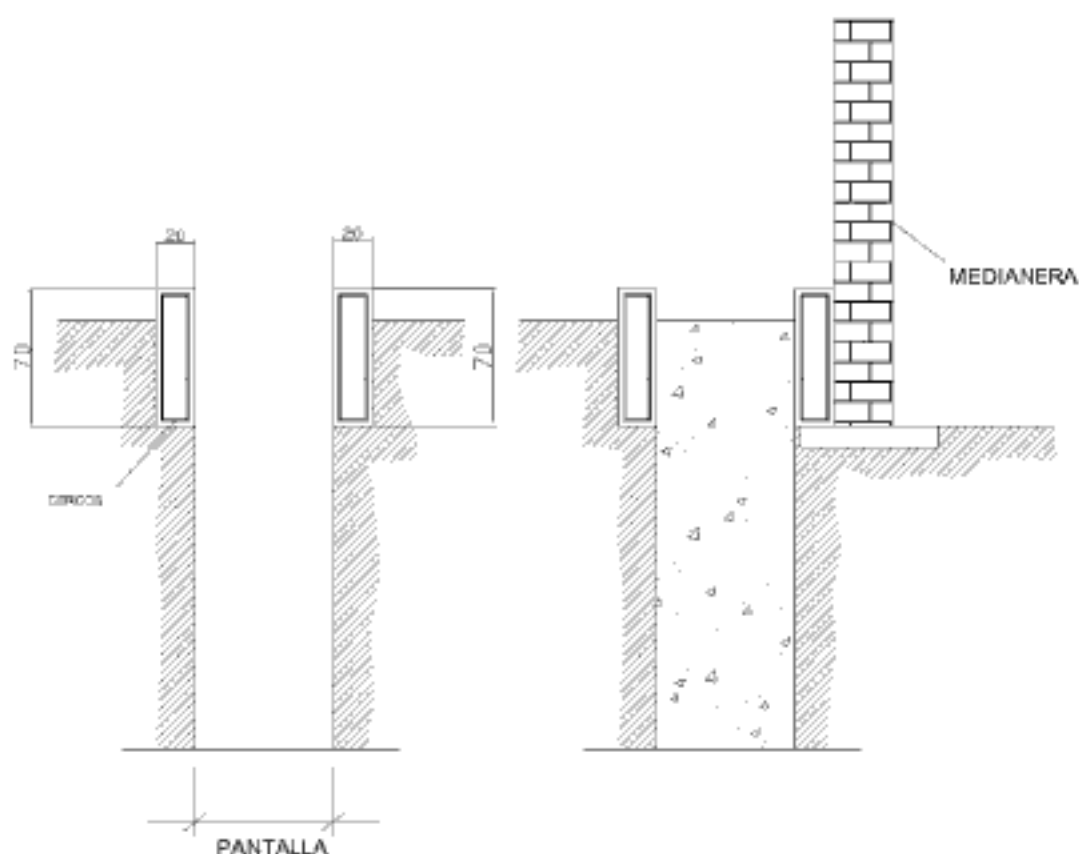
Una vez que tenemos el solar explanado, previamente a la actuación de la maquinaria, se procede a la construcción de unos muretes guía, de hormigón armado, en todo el perímetro de la construcción.

Estos muretes sirven para guiar a la maquinaria de perforación, evitando desviaciones en planta y estabilizando las paredes de la parte superior de la zanja, para impedir derrumbamientos superficiales que dificultarían el movimiento de la maquinaria.

Sirven también como apoyo auxiliar para el arranque de tubos junta, para la sustentación de la armadura del muro durante el hormigonado, para sostener el tubo tremi de hormigonado, etc. para tener el uso complementario de canalizar la bentonita, en caso de su utilización para la excavación.

Las dimensiones de estos muretes suelen ser: alrededor de 20-25 cm. de ancho y unos 80-100 cm. de profundidad. Están separados entre sí una distancia comprendida entre 2 y 5 cm. superior al ancho de la pantalla proyectada, para que los útiles de excavación puedan trabajar holgadamente entre ambos muretes guía.

El ancho de las pantallas suele oscilar entre 0,40 y 1,50 m.



12.9.2.- EXCAVACIÓN O PERFORACIÓN.

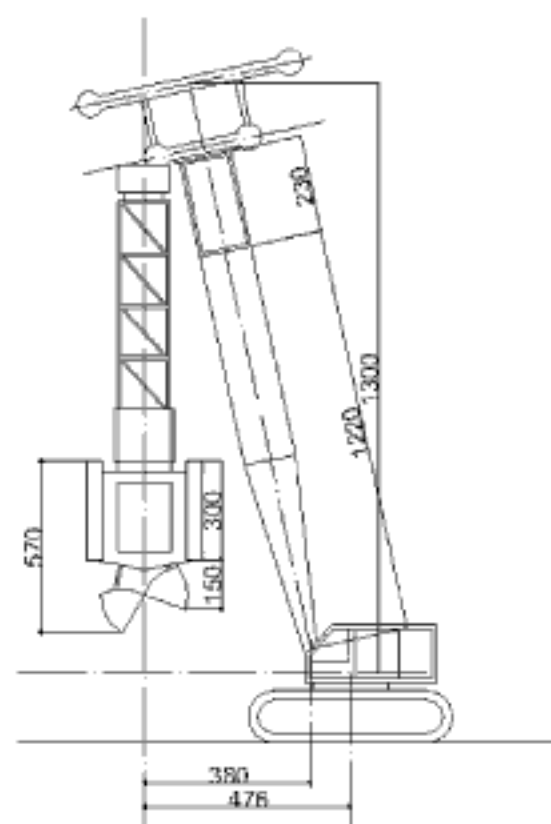
Una vez ejecutados los muretes de guía a lo largo de todo el contorno de la pantalla que se va a construir, se continúa la excavación de la zanja, que se realiza por entrepaños o bataches de longitud limitada, variable según la tipología del terreno, oscilando entre 2,5 y 5 m.

La profundidad de la excavación puede llegar hasta 40 m. o más. La excavación se realiza mediante máquinas dotadas de cucharas (bivalvas, kelly o de cables). Cuando el terreno es rocoso se emplea un trépano, que es el útil adecuado para atravesar estas capas rocosas.

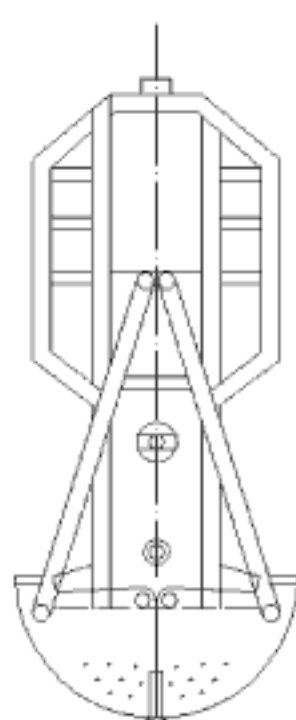
Existen básicamente dos sistemas de excavación:

- Sistema tradicional con maquinaria dotada de cucharas especiales, con las que se va ejecutando la extracción de tierras hasta el nivel deseado.

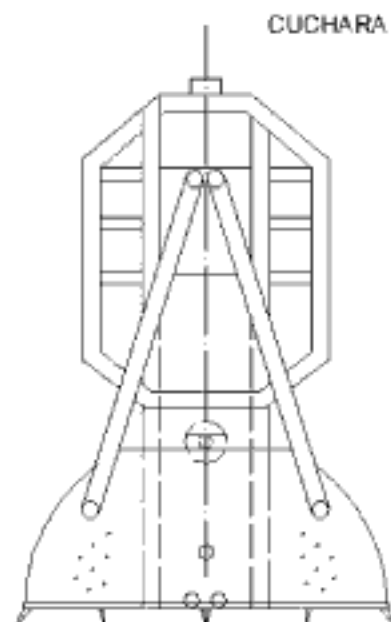
A continuación se detalla uno de los tipos de maquinaria existente en el mercado.



MAQUINARIA PARA LA
REALIZACION DE LOS
MUROS PANTALLA

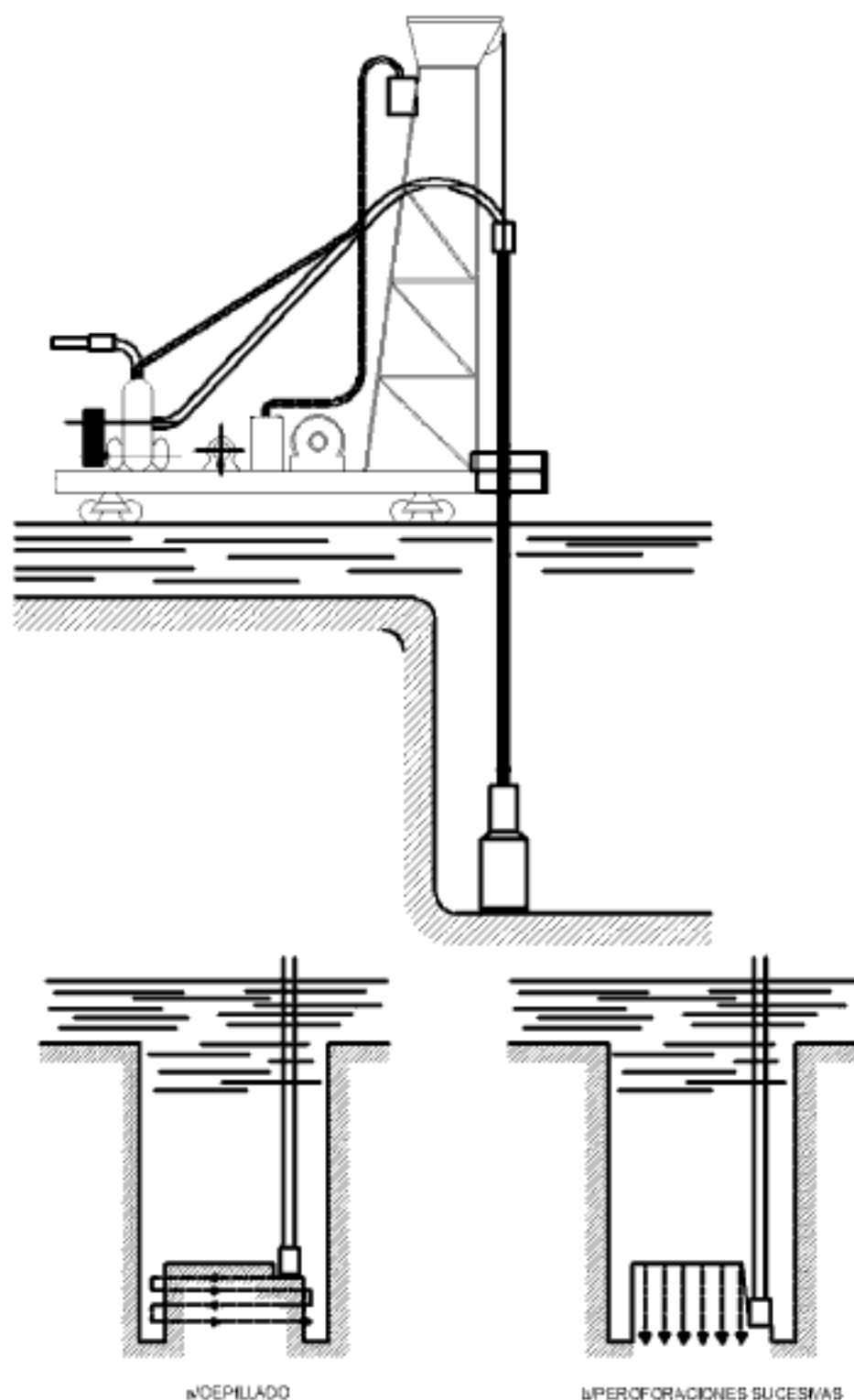


CUCHARA B/MALVA

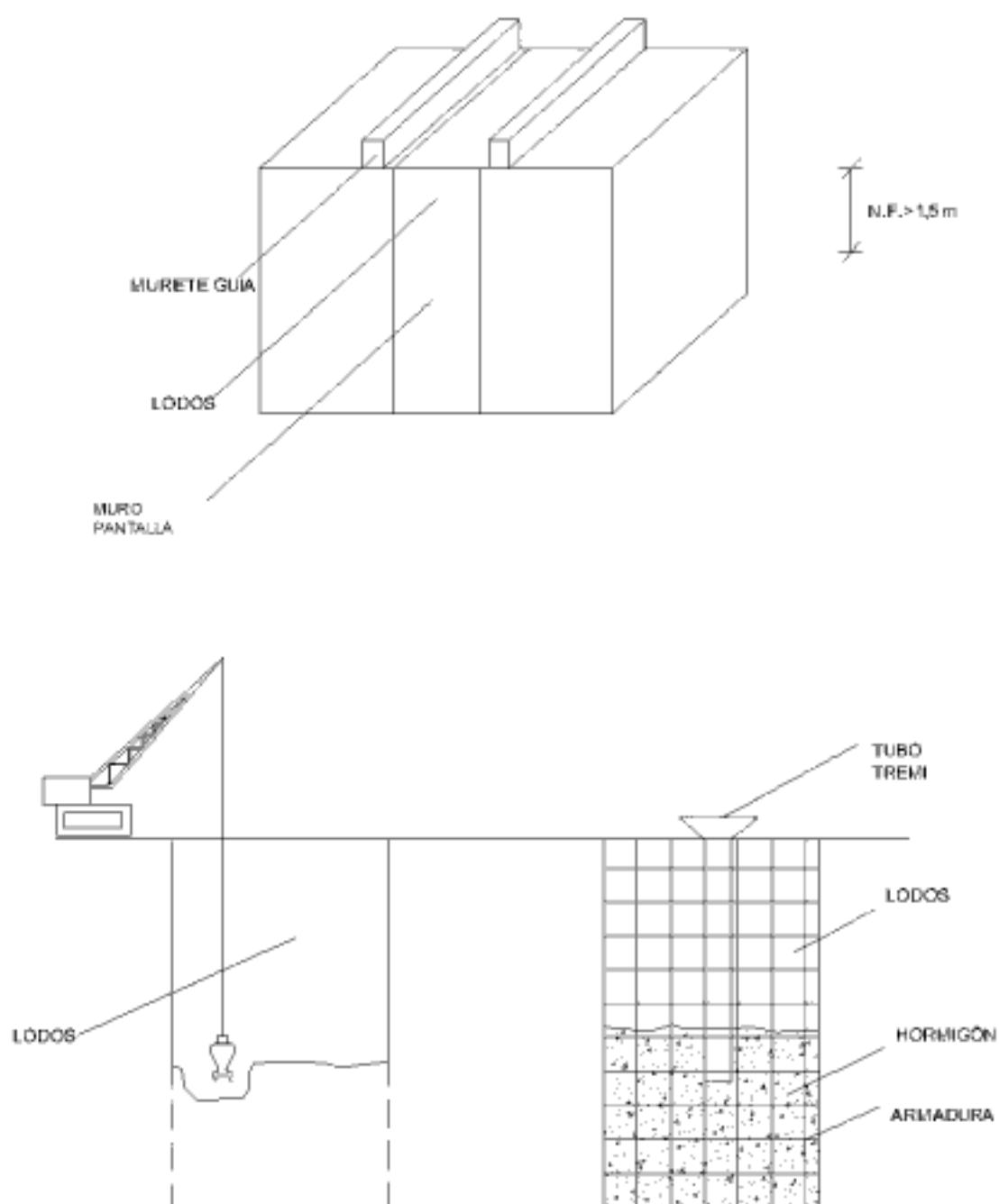


- b) Excavación en circulación inversa, consistente en aspirar los productos de la excavación mezclados con lodo, a través de los fustes de la maquinaria de perforación. A continuación se vierte esta mezcla en un tamiz vibratorio o en un depósito de decantación. Para conseguir la circulación del lodo mezclado con las tierras se utiliza una bomba de dragado.

En el dibujo siguiente se aporta esquemáticamente un tipo de estas máquinas.



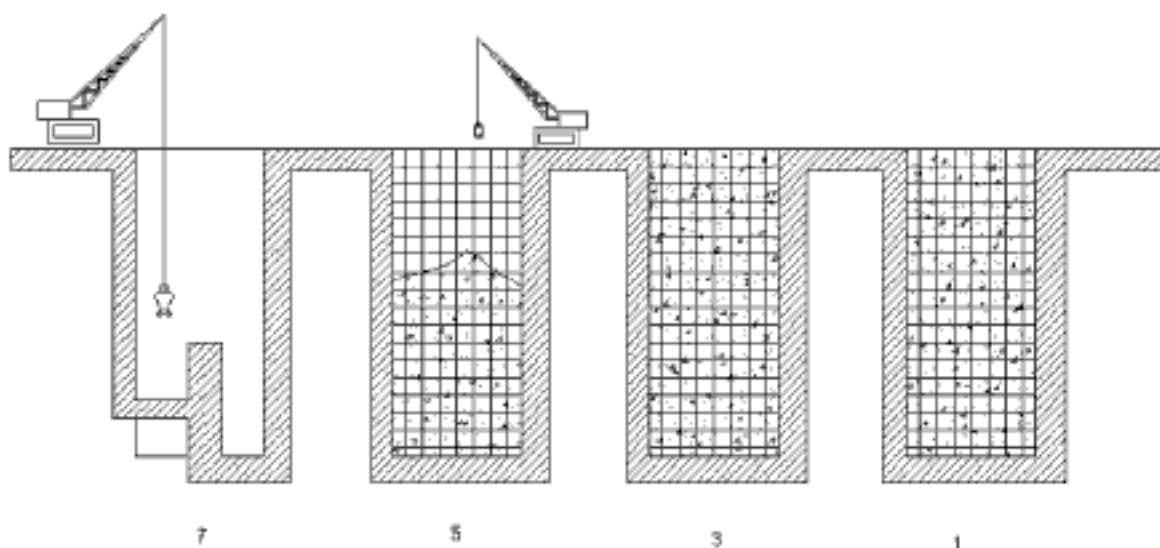
Si existe peligro de desmoronamiento o desprendimientos de las paredes de las excavaciones (arenas sueltas, nivel freático, etc.) se deben emplear lodos bentoníticos para estabilizar las paredes. Recordemos que los lodos bentoníticos son suspensiones de agua en arcilla, que tienen la propiedad de la tixotropía (en movimiento se comporta como un fluido, mientras que en reposo, la arcilla endurece, impidiendo que las paredes se derrumben).



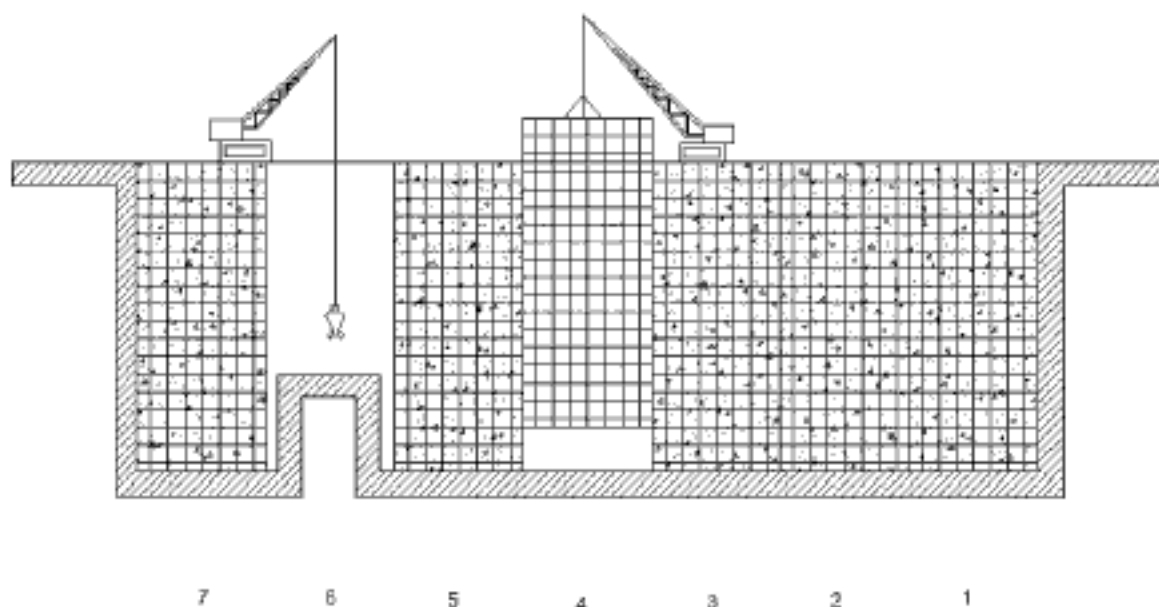
EXCAVACION DE PANELES ALTERNOS

Los bataches se excavan y hormigonan alternativamente, es decir, se construye un batache con la longitud adecuada, se deja un batache sin excavar, se construye otro trozo de muro, y así sucesivamente. Una vez terminada esa serie de bataches, se ejecutan los intermedios, empezando por el situado entre los dos primeros realizados.

EJECUCION PROGRESIVA DE LOS PANELES DE LA SERIE IMPAR



EJECUCION PROGRESIVA DE LOS PANELES DE LA SERIE PAR



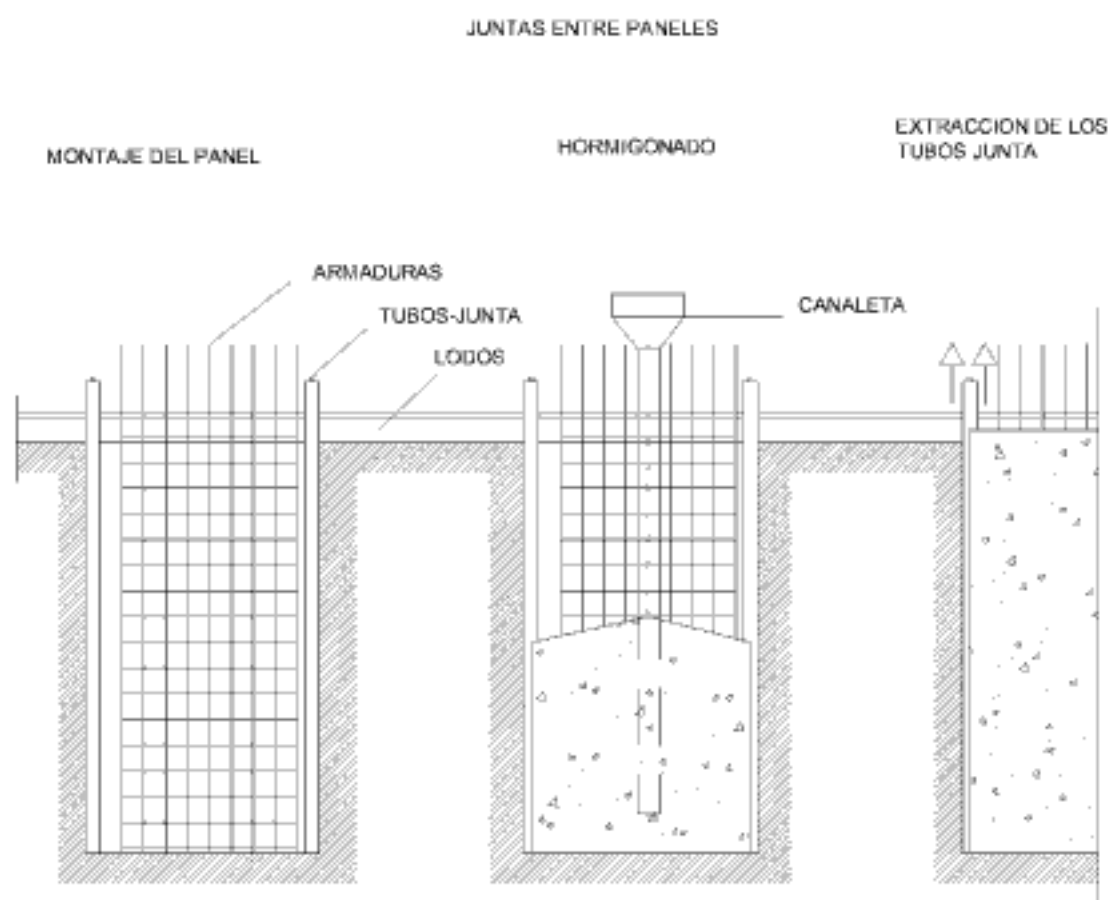
12.9.3.- JUNTAS ENTRE BATACHES O PANELES. TIPOS.

La limitación del peso de las jaulas de armaduras, así como los volúmenes de hormigón que se pueden colocar correctamente en una sola operación, obligan a fijar la longitud de las perforaciones a las medidas indicadas anteriormente (2,5 -4,5 m.)

Previamente a ejecutar la excavación, debe procederse al replanteo de paneles, para posteriormente ejecutarlos alternativamente, teniendo en cuenta que los paneles de esquina se realizan de una pieza.

Las juntas verticales entre elementos de pantalla revisten una gran importancia, para conseguir un correcto enlace entre los paneles y lograr la estanqueidad a que se destina la pantalla en la mayoría de los casos.

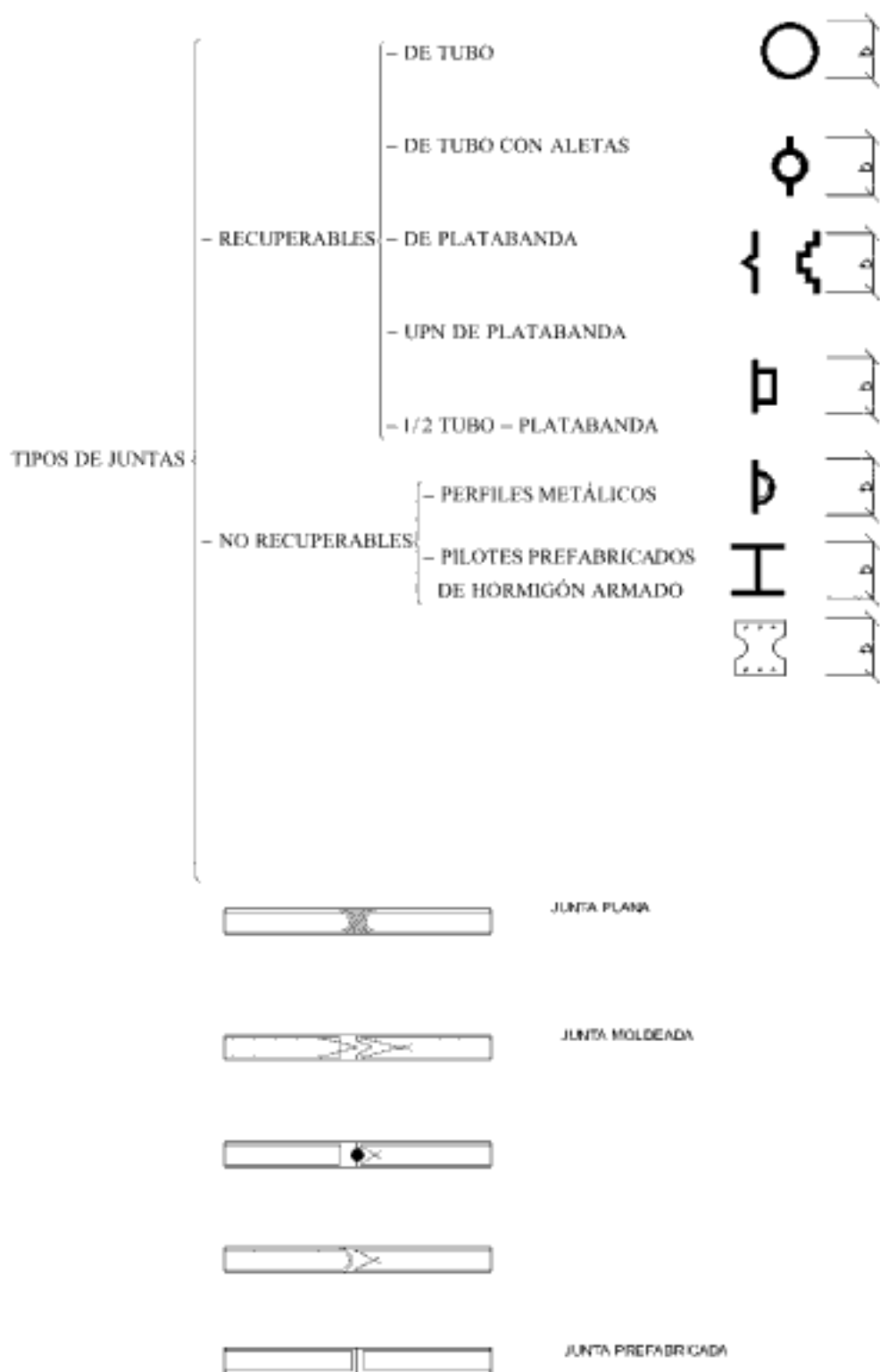
Previamente al hormigonado, se colocan los elementos o piezas que han de moldear las juntas entre paneles, las cuales tienen las siguientes misiones:



- Limitar lateralmente el hormigonado.
- Servir de enlace o anclaje entre paneles, y así impedir que los empujes del terreno sobre los mismos pueda desplazarlos con relación a los contiguos.
- Facilitar la perforación del panel contiguo, ya que el hormigón endurecido de un panel construido, sirve de guía a la cuchara para la perforación del elemento contiguo.
- Aumentar el recorrido de las posibles filtraciones de agua, consiguiendo la estanqueidad.

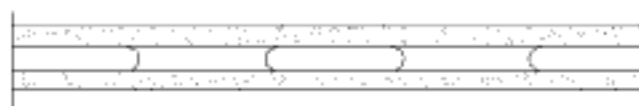
Tipos de juntas:

Existen diversos sistemas para la creación de las juntas, siendo preferibles los que tienen una anchura igual al espesor de la pantalla, ya que se elimina el riesgo de imperfecciones por desviación de la perforación de paneles contiguos.



Uno de los mejores sistemas es el empleo de tuberías cilíndricas de diámetro igual al ancho de las pantallas, que se colocan verticalmente en el extremo de las perforaciones y alcanzan el fondo de las mismas.

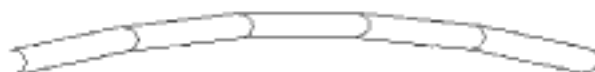
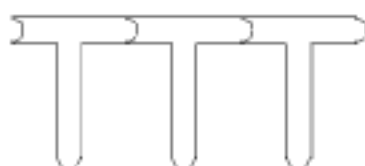
JUNTAS ENTRE PANELES ALTERNOS



JUNTAS ENTRE PANELES CONSECUTIVOS



FORMAS USUALES



PANEL DE ARRANQUE



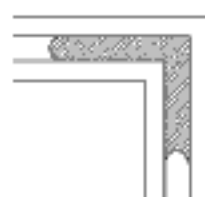
PANEL DE OBRERÍA



PANEL NORMAL



PANEL EN ANGULO



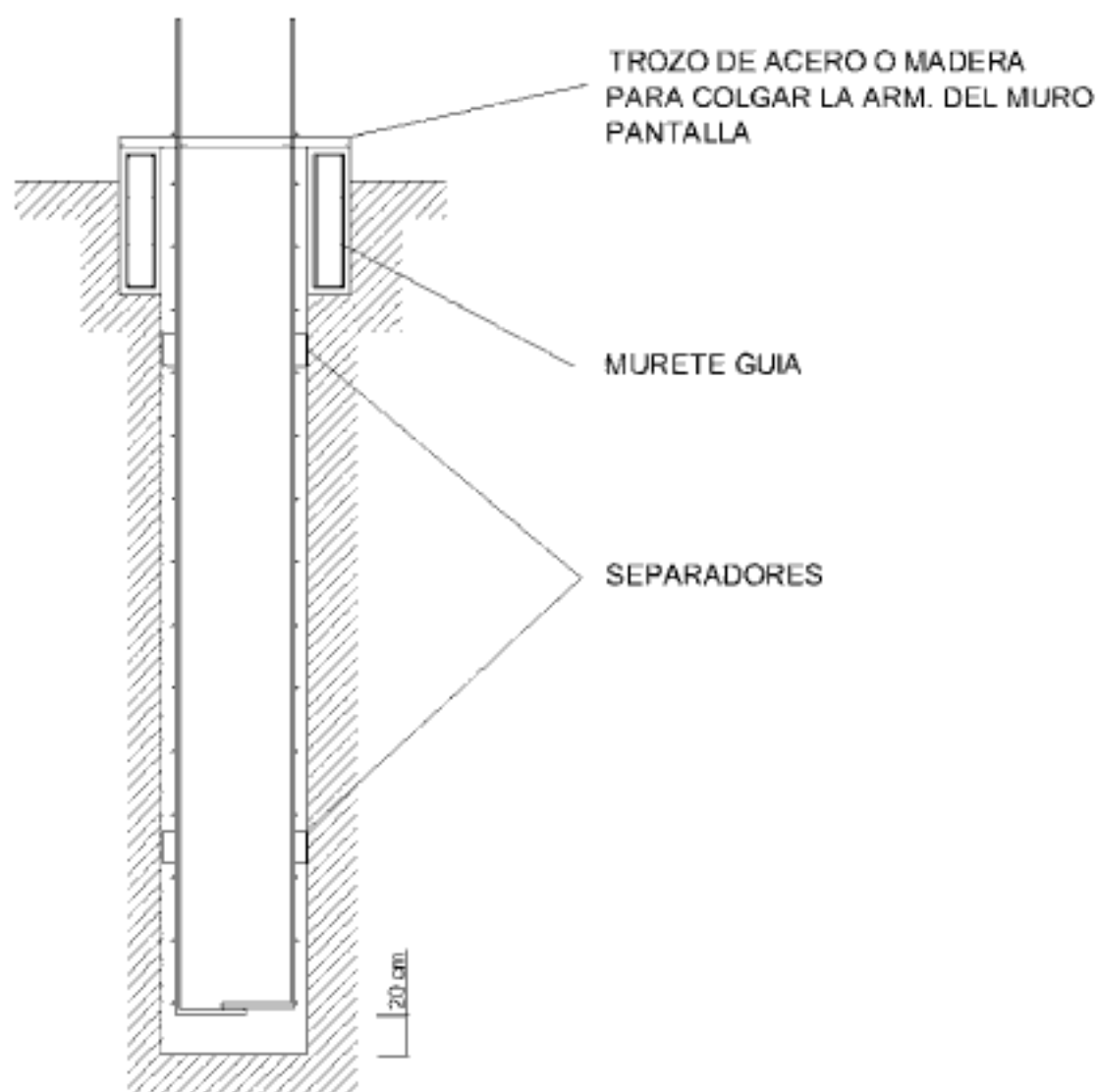
12.9.4.- INTRODUCCIÓN O PUESTA EN OBRA DE LAS ARMADURAS.

Las armaduras se montan en forma de cajas rígidas (jaulas) y se colocan dentro de la zanja antes del hormigonado.

Cuando el muro es profundo, las jaulas se montan en varias partes, que se unen en la zanja. La primera fracción se baja a la excavación suspendiéndola en los muretes guía, mediante trozos de armadura cruzadas apoyadas sobre el murete. Se presenta la fracción siguiente y se procede a la unión mediante soldadura u otros medios.

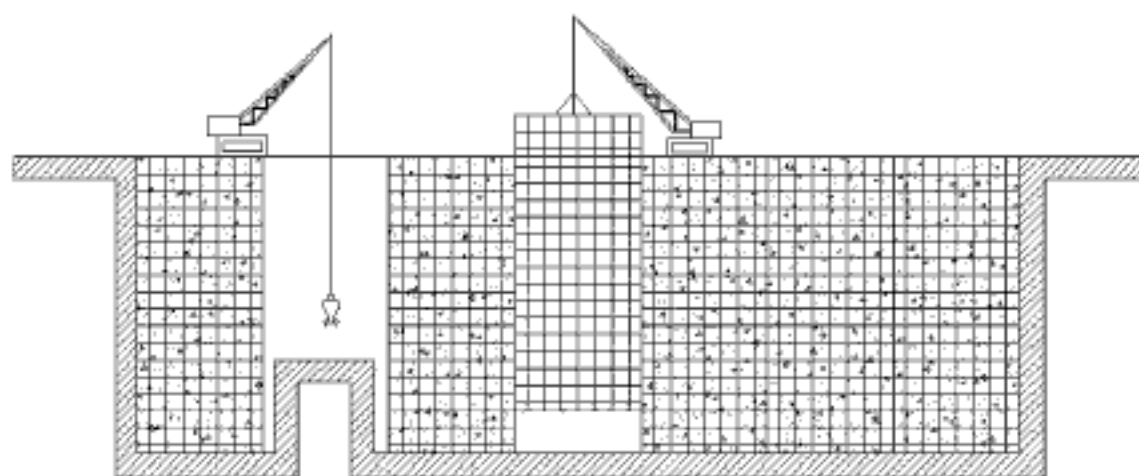
Las cajas o jaulas de armaduras deben proyectarse para poder conseguir un hormigonado correcto. La separación entre las barras no debe ser inferior a 10 cm. Deben centrarse bien en la excavación para que el recubrimiento sea el previsto, utilizando para ello separadores unidos a las armaduras, colocados por la parte exterior de éstas.

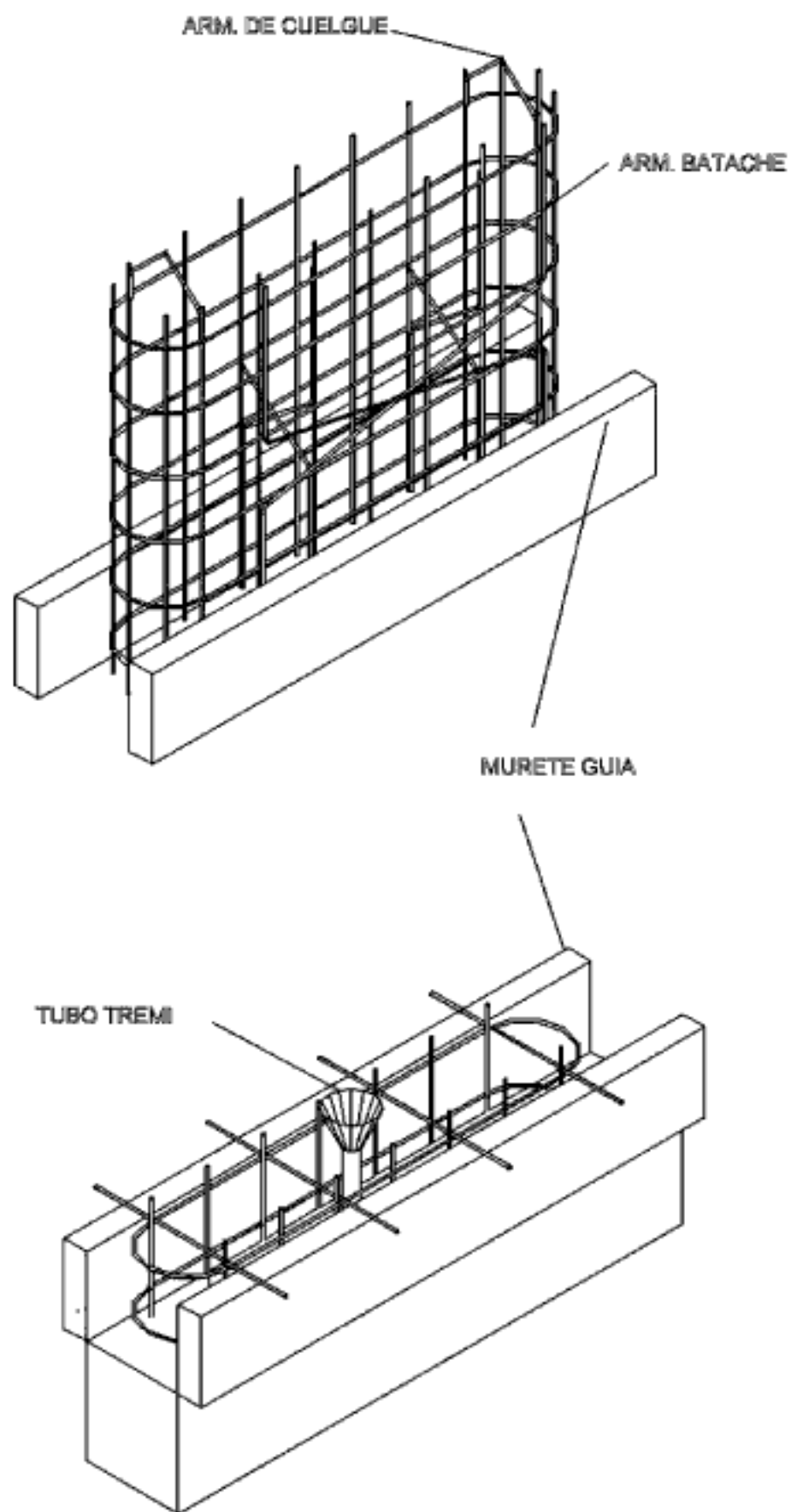
La jaula de armaduras no debe llegar al fondo de la excavación, siendo conveniente dejar unos 20 cm. sin armadura, con el fin de que ésta no esté en contacto con el posible terreno suelto del fondo de la excavación. Esto lo conseguimos colgando las armaduras del murete guía.



No debe olvidarse, al proyectar las armaduras, el paso del tubo de hormigonado. Aunque haya lodo en el pozo, no existen problemas apreciables en cuanto a la adherencia del hormigón con las armaduras.

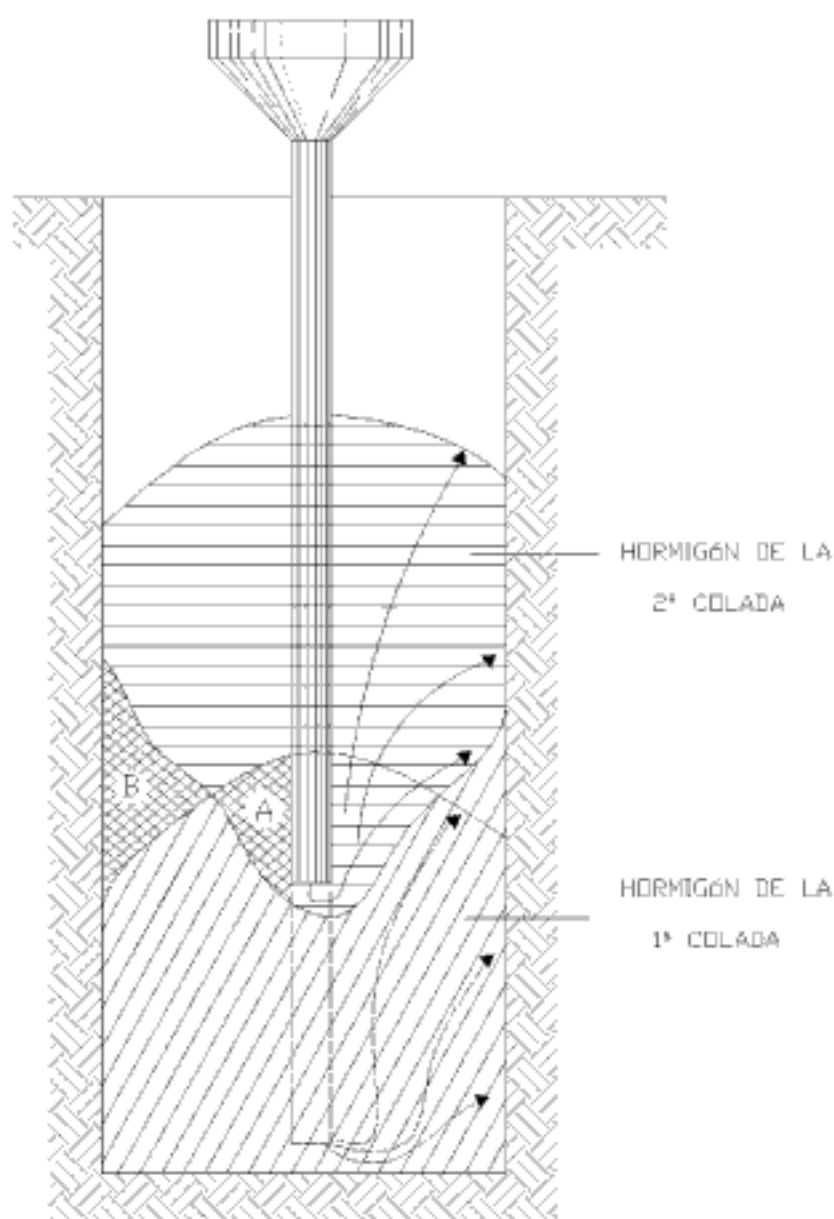
Las armaduras de los muros pantalla llevan, en general, barras de espera para el anclaje de los forjados y, a veces, de la solera. Suelen ser redondos de acero dulce, doblados, que se descubren repicando la superficie del muro y se unen con los del forjado.





Hidden page

En el dibujo siguiente vemos el itinerario real del hormigón, a medida que se va vertiendo por tongadas, observándose que el hormigón de la parte superior de cada colada tiende a irse hacia las orillas de la zanja.

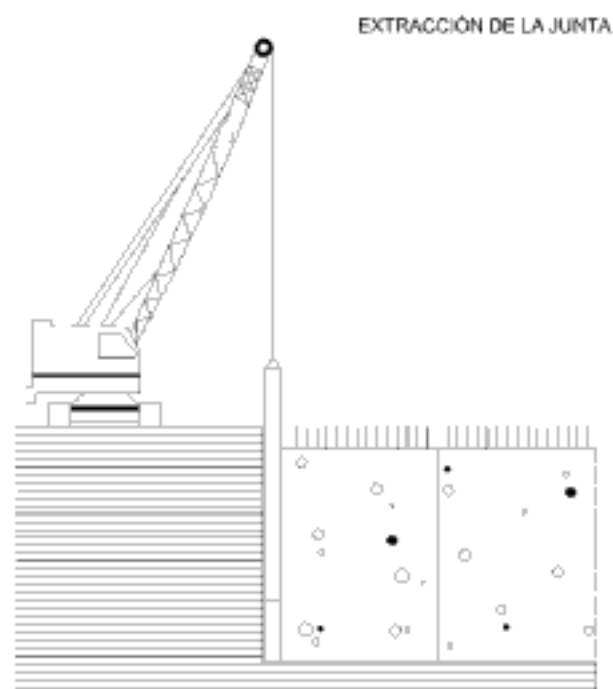


12.9.6.- EXTRACCION DE JUNTAS.

La retirada de las juntas debe hacerse cuando el hormigón esté algo endurecido, pero antes de su fraguado (2 a 4 horas).

El despegado y extracción de los tubos que sirvieron de junta de hormigonado se efectúa "tirando" de ellos con grúas o máquinas especiales. En ocasiones apoyando en el murete guía como auxiliar, para ayudar a soportar los empujes cuando se extrae el tubo.

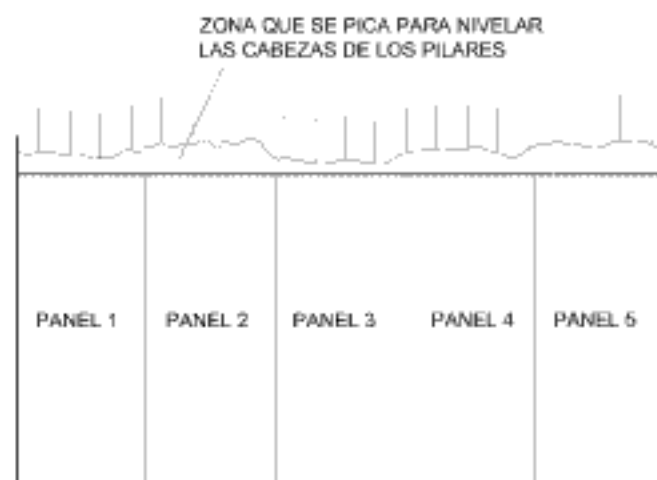
Una vez extraída la junta, conviene que la excavadora o perforadora "rasque" estas catas para limpiarlas.



12.9.7.- DESMOCHADO DE CABEZAS.

Una vez terminada la construcción de los paneles, se efectúa una ligera excavación junto al contorno de la pantalla, se demuele el murete guía interior, y se procede a la demolición de las cabezas de todos los paneles, con lo cual conseguimos:

- Eliminar la zona alta de todos los paneles, que en la mayoría de los casos estará formada por hormigones mezclados con bentonita, y en otras ocasiones formada por hormigones irregulares, llenados a distinto nivel, etc.
- Que todas las armaduras principales (verticales) queden al descubierto, para colocarle encima la viga de coronación, arranque de pilares, etc.



12.9.8.- VIGA DE CORONACIÓN.-

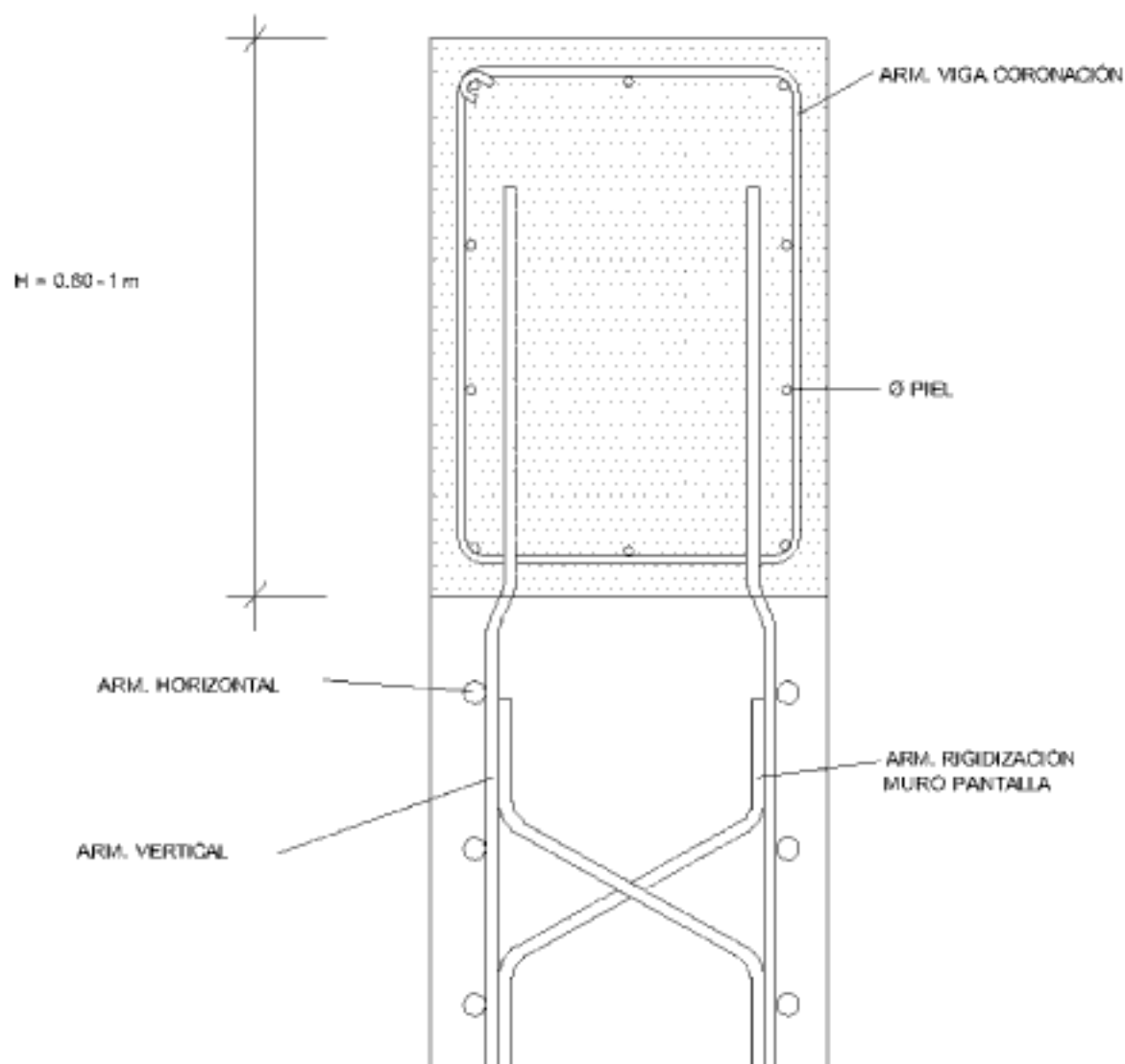
Una vez efectuado el desmochado de cabezas, se procede a la construcción de la viga de coronación, que une todos los paneles del muro pantalla.

Esta viga recoge las armaduras verticales de toda la pantalla y tiene una doble misión:

- Ata y rigidiza fuertemente los paneles, que sólo están unidos por la llave de cortante que crea la junta.
- Sirve para que nazcan los pilares perimetrales del edificio y repartan su carga de una manera uniforme sobre la pantalla primero y sobre el terreno después.

La viga de coronación suele tener el mismo ancho que la pantalla y una altura aproximada de 0,80 a 1 m.

El murete guía exterior sirve de encofrado de la misma, siendo necesario encofrar por la parte interior de esta viga.



Hidden page

12.9.9.- VACIADO DEL RECINTO Y REGULARIZACIÓN DE LAS PANTALLAS.

Una vez construida la pantalla de hormigón del modo explicado, debe procederse a la excavación del recinto interior, delimitado por la misma. En función de las características de la obra, terreno y profundidad del sótano, se elige el sistema de sostenimiento de sus paredes mientras se efectúa el vaciado y se ejecutan los forjados del edificio, que arriostrarán definitivamente a las mismas.

Según las características de la excavación puede emplearse retroexcavadoras, que cargan camiones y sacan la tierra por rampas; cuando el sótano es muy profundo la tierra se vierte en unos recipientes o góndolas que son extraídos por la grúa y al finalizar la excavación, la pala que estaba excavando en el sótano, se extrae mediante una potente grúa.

A medida que vamos bajando con la excavación se procede a la regularización de las pantallas, eliminando los resaltes que hayan quedado en el muro, debido al tipo de encofrado (el propio terreno).

La limpieza de la bentonita pegada se hace a medida que subimos con la ejecución de los forjados, pues de esta forma al estar más seca resulta más cómoda de eliminar.

12.9.10.- PERCANCES O INCIDENTES DURANTE LA EJECUCIÓN.

Durante la ejecución de los paneles pueden surgir incidentes de diferentes tipos, que los podemos englobar en dos grupos: incidentes en la excavación e incidentes en el hormigonado.

Incidentes en la excavación:

Normalmente estos incidentes suelen ser de uno de los cuatro tipos siguientes:

- Pérdida de lodo.
- Desprendimiento del terreno
- Desviaciones.
- Hundimiento del murete guía.

El incidente más frecuente es la pérdida de lodo, que pone en peligro la estabilidad de la zanja, pudiendo presentarse dos casos:

- 1.- La pérdida de lodo natural, en terrenos muy permeables. Se puede evitar espesando el lodo o adicionándole colmatantes (arena, serrín de madera, etc.)
- 2.- La pérdida accidental es más peligrosa. Se produce cuando en la excavación se tropieza con antiguas canalizaciones, etc.

Al vaciarse rápidamente la zanja, el desprendimiento es casi siempre inmediato. Es preciso rellenar la zanja, buscar las causas de la pérdida de lodo, suprimirlas y volver a empezar.

Las **desviaciones en la excavación** son debidas a la heterogeneidad del terreno. Tanto si se emplean cucharas o cualquier otro método, siempre tendrán tendencia a desviarse hacia la zona de terreno más blando.

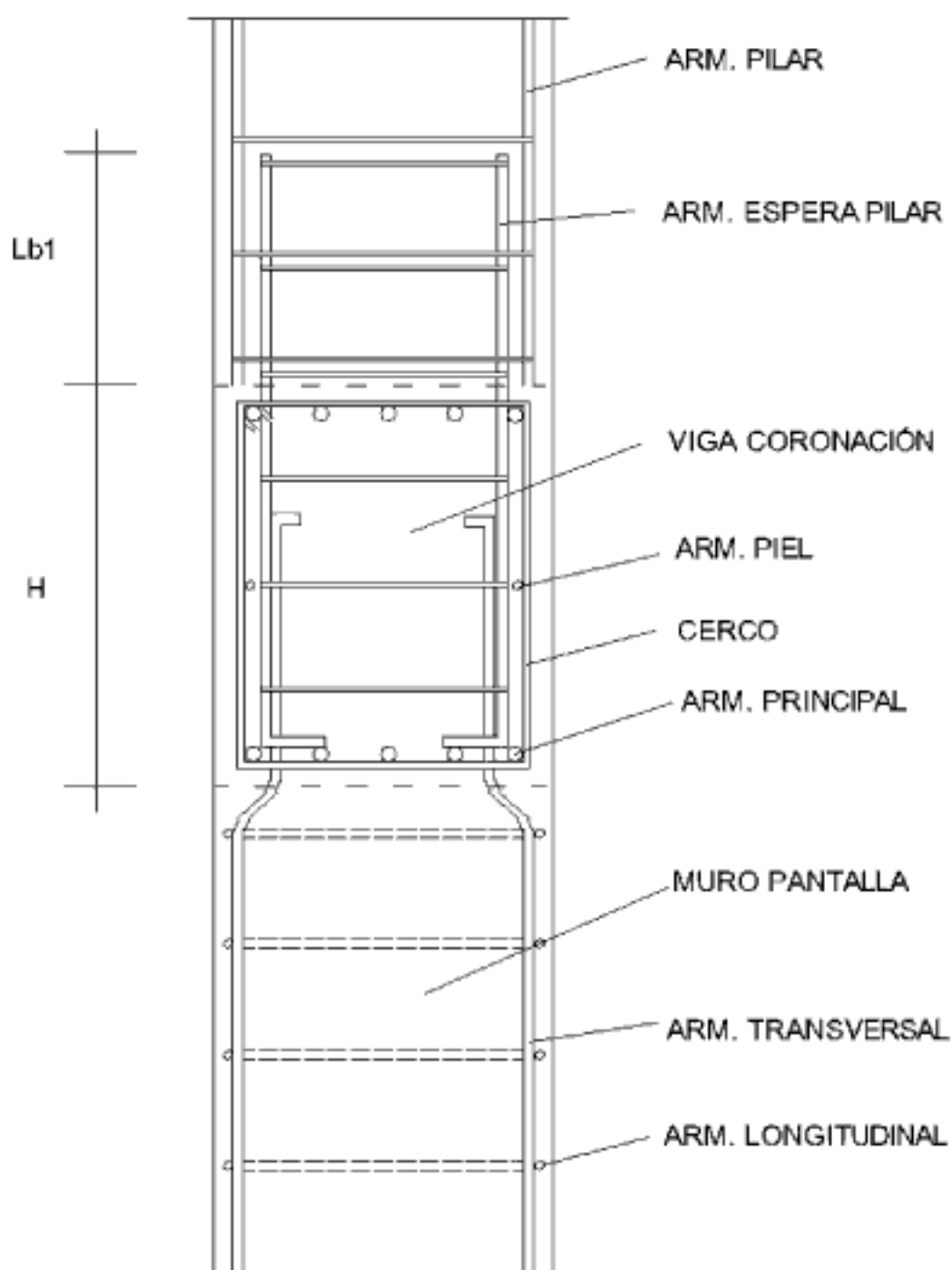
Hidden page

Hidden page

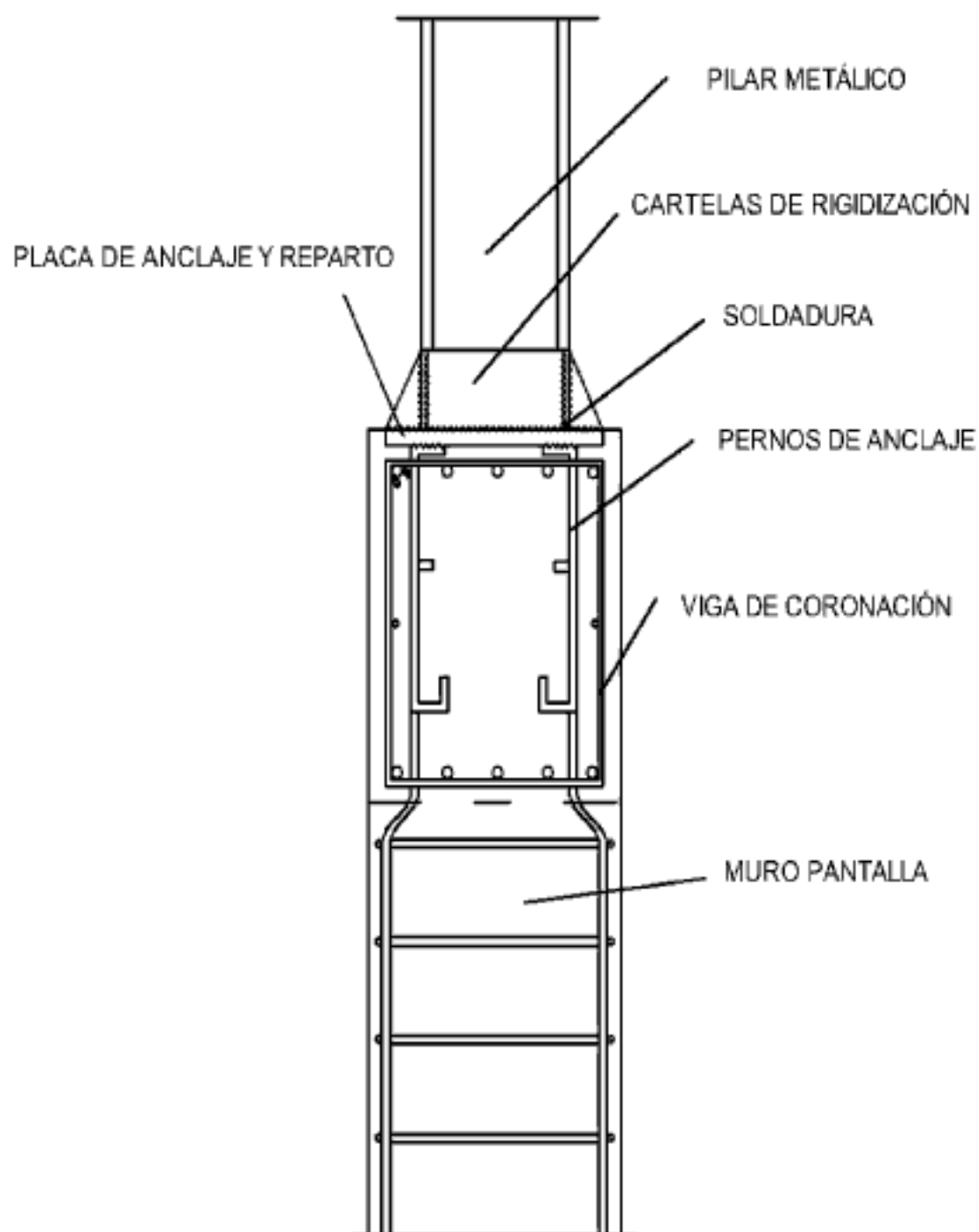
Hidden page

En las páginas siguientes se detallan todas estas uniones.

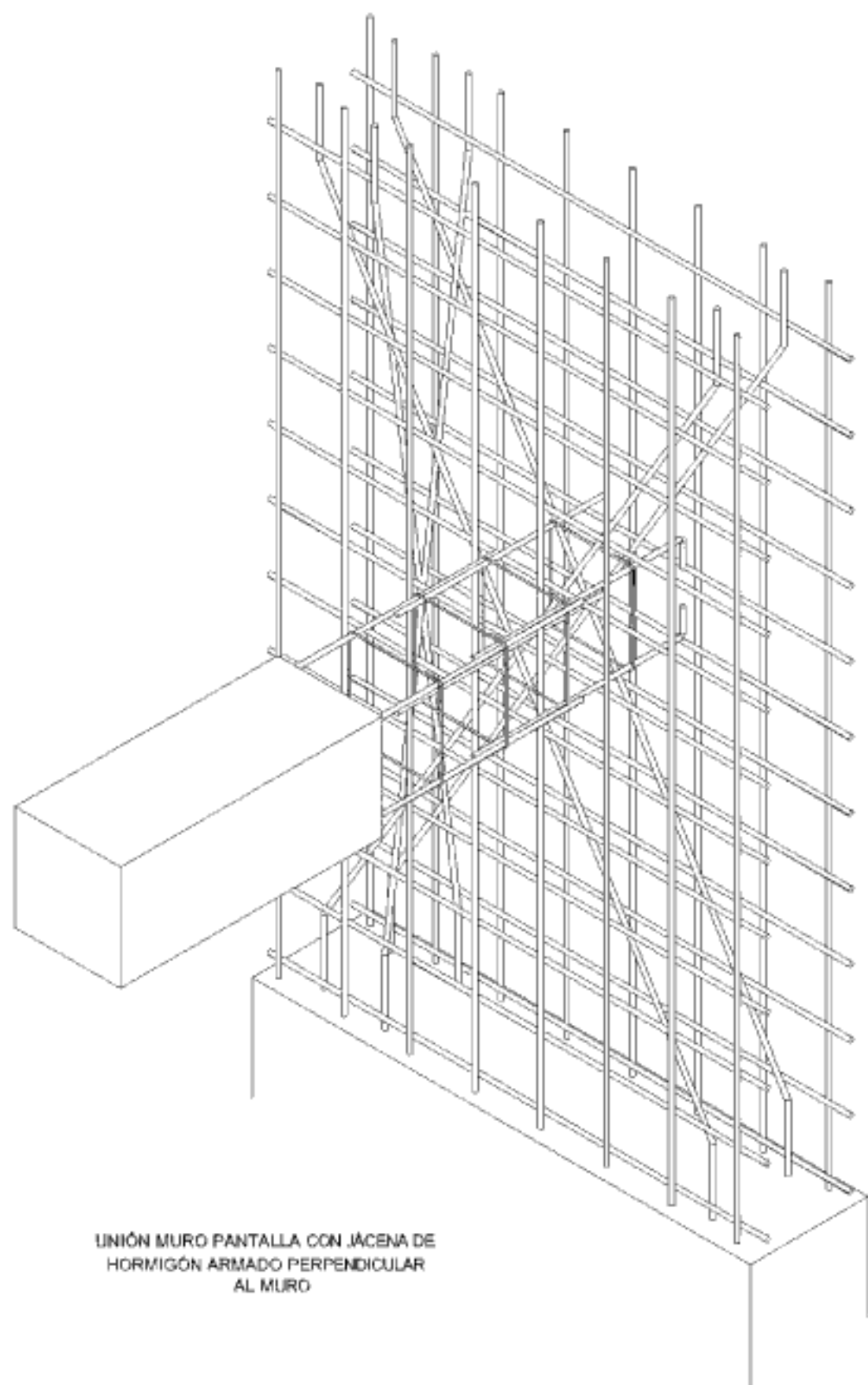
UNIÓN MURO PANTALLA CON PILAR DE HORMIGÓN ARMADO



UNIÓN MURO PANTALLA CON PILAR METÁLICO



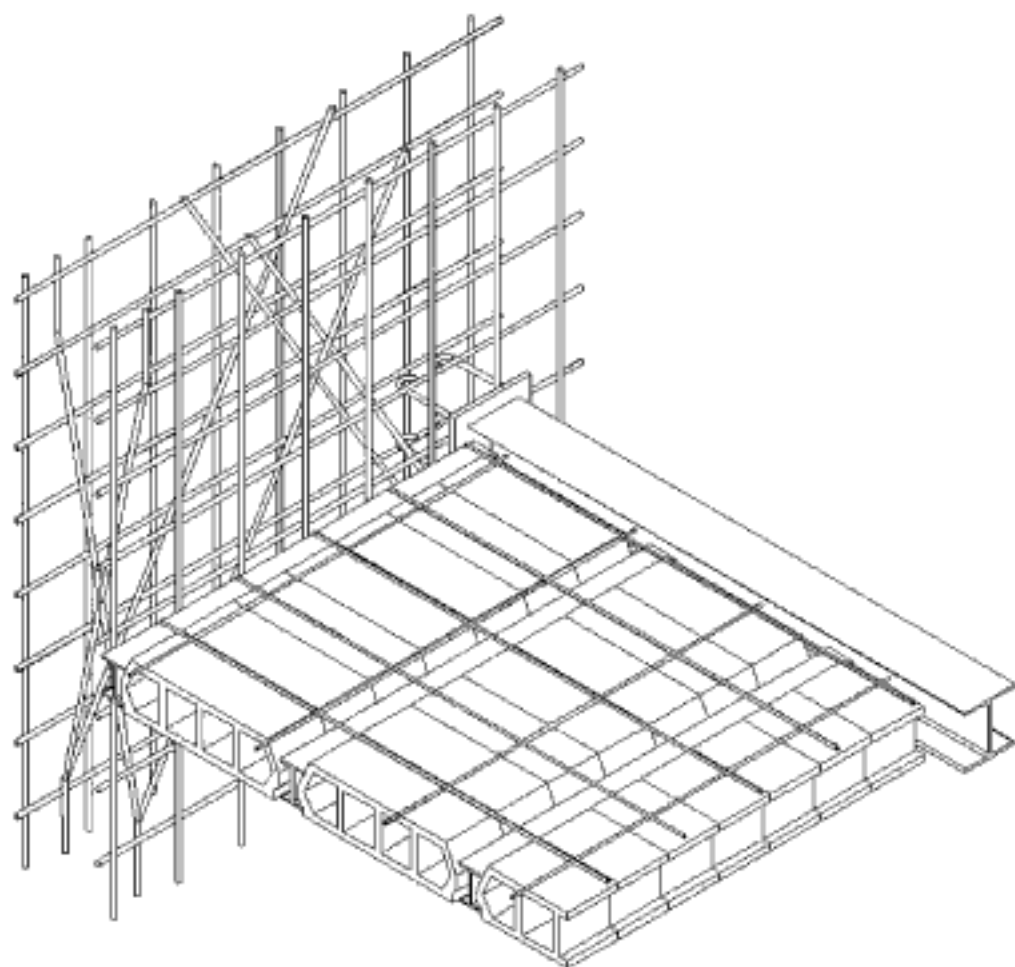
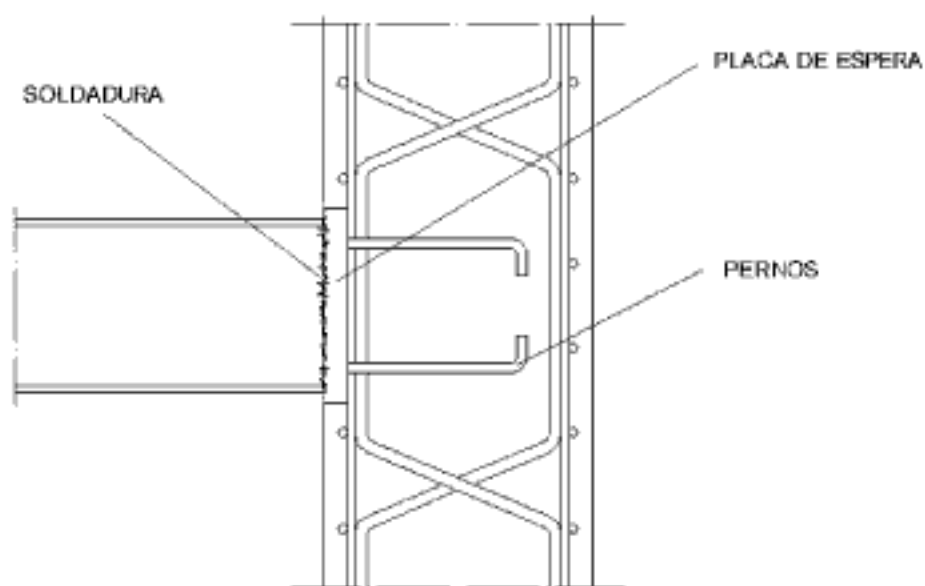
Hidden page



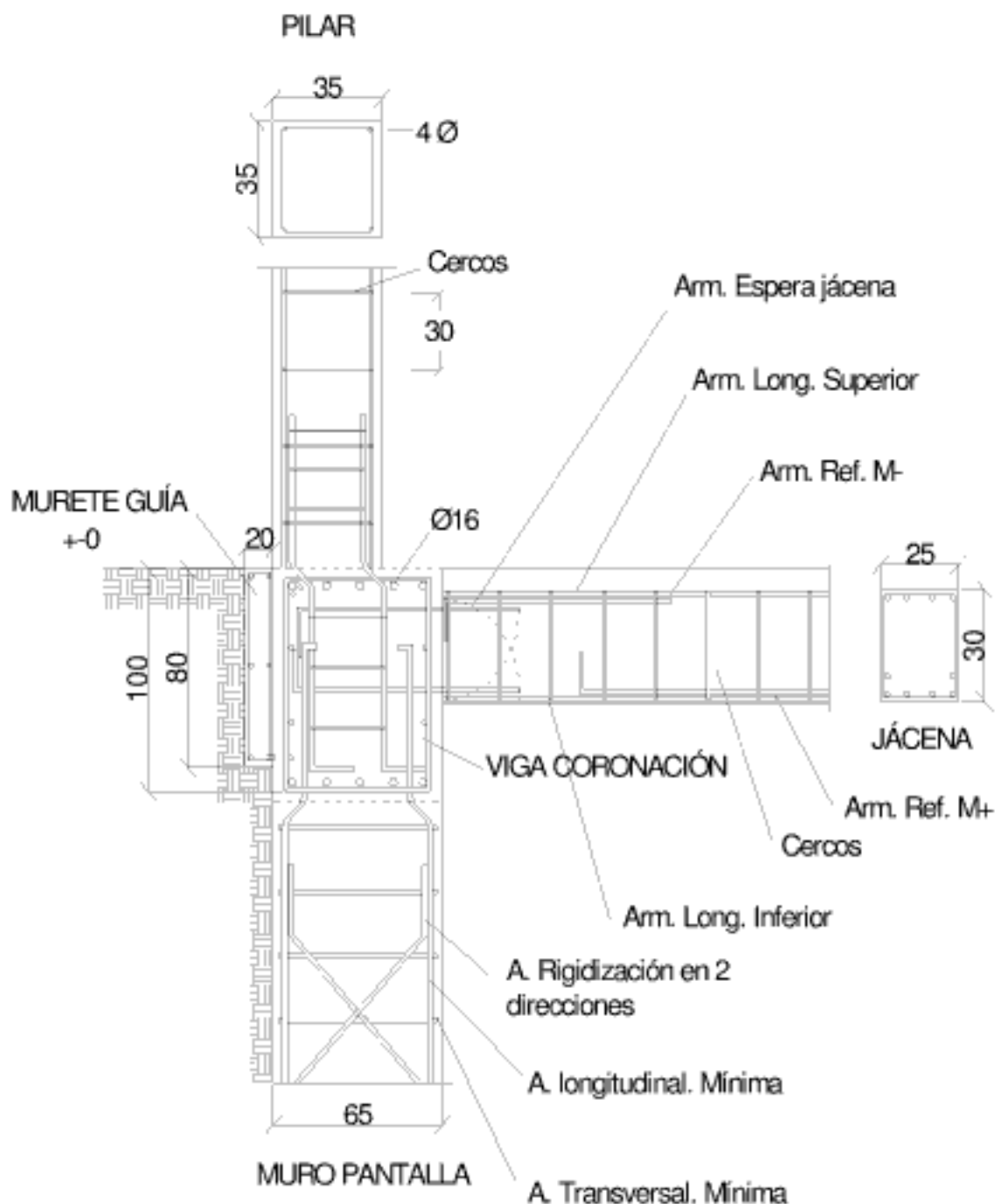
UNIÓN MURO PANTALLA CON JACENA DE
HORMIGÓN ARMADO PERPENDICULAR
AL MURO

Hidden page

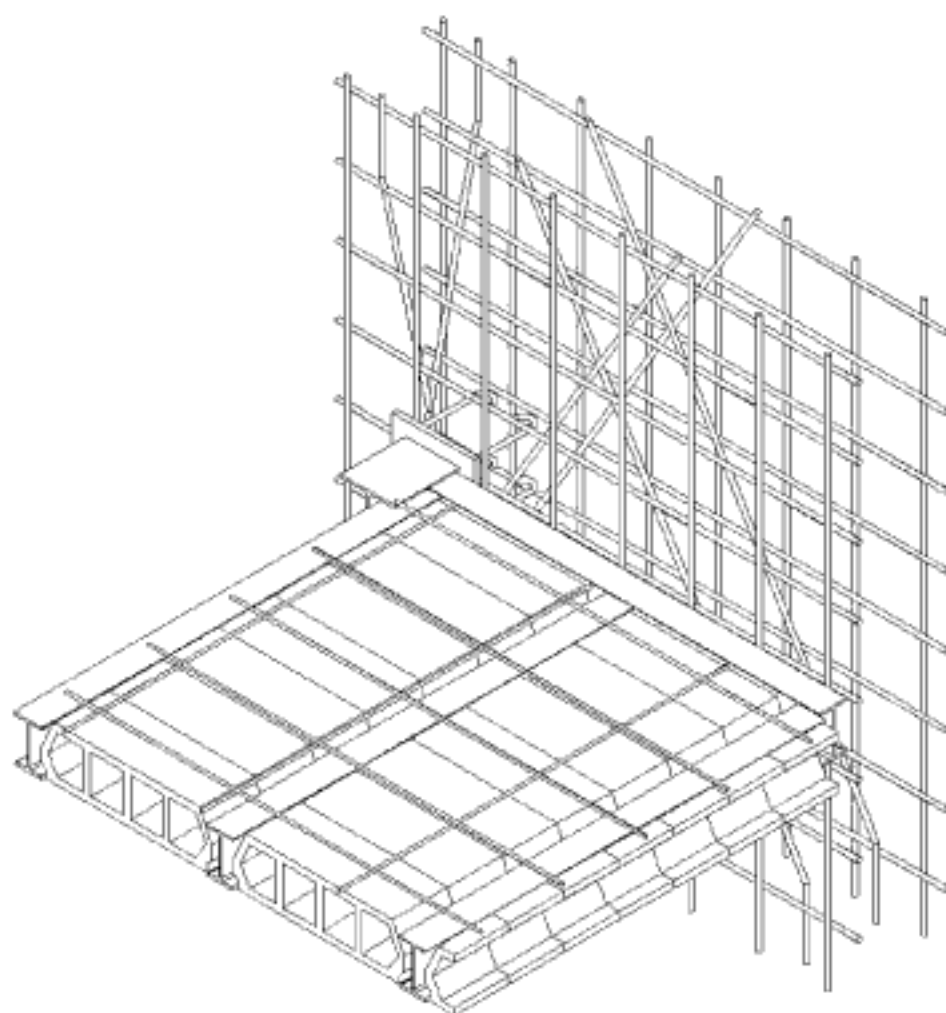
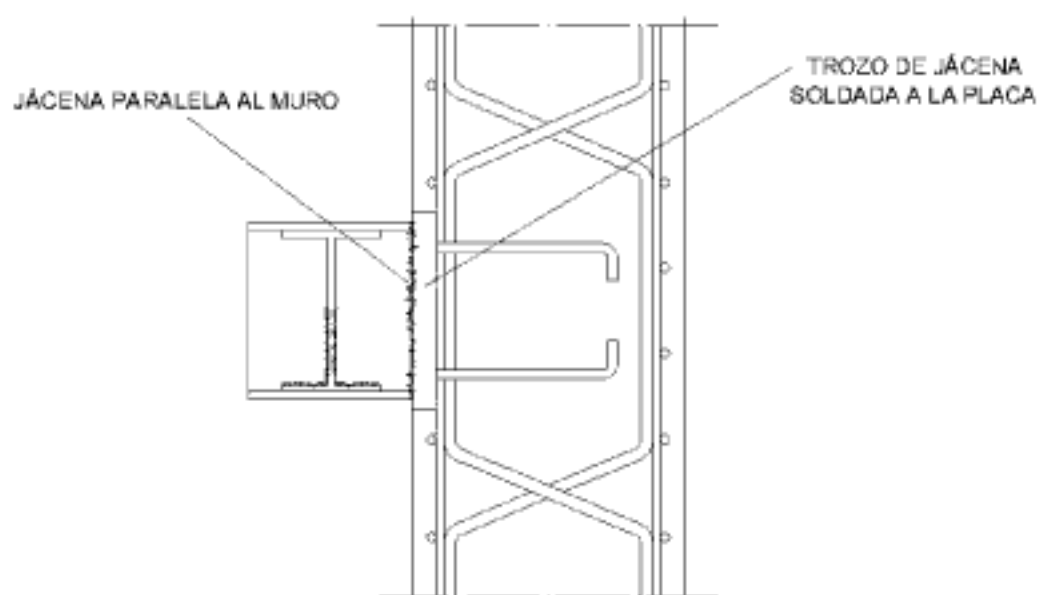
UNIÓN MURO PANTALLA CON JÁCENA METÁLICA
PERPENDICULAR AL MURO



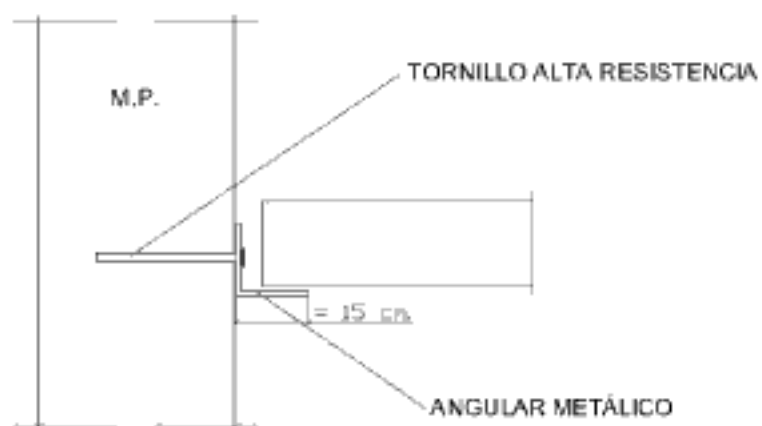
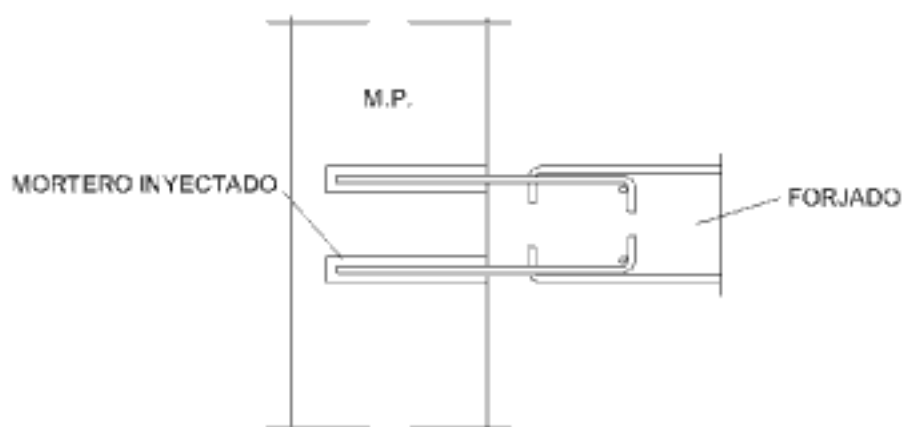
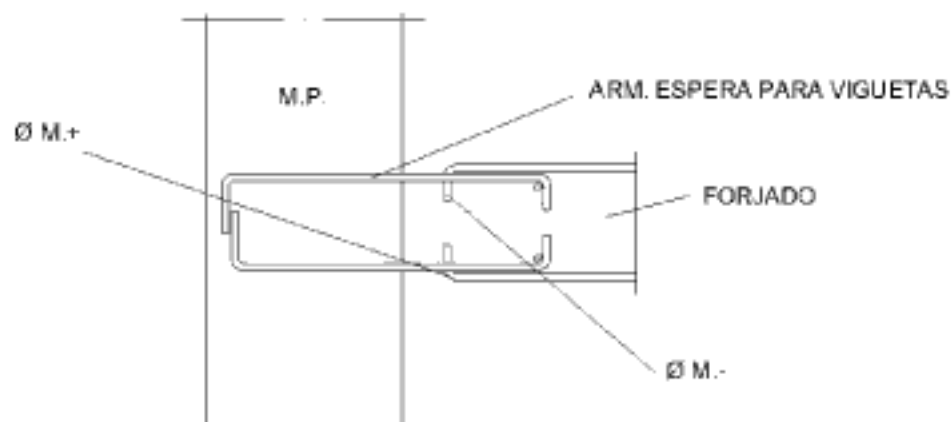
A continuación tenemos el detalle constructivo de la unión de un muro pantalla con un forjado a la altura de la viga de coronación.

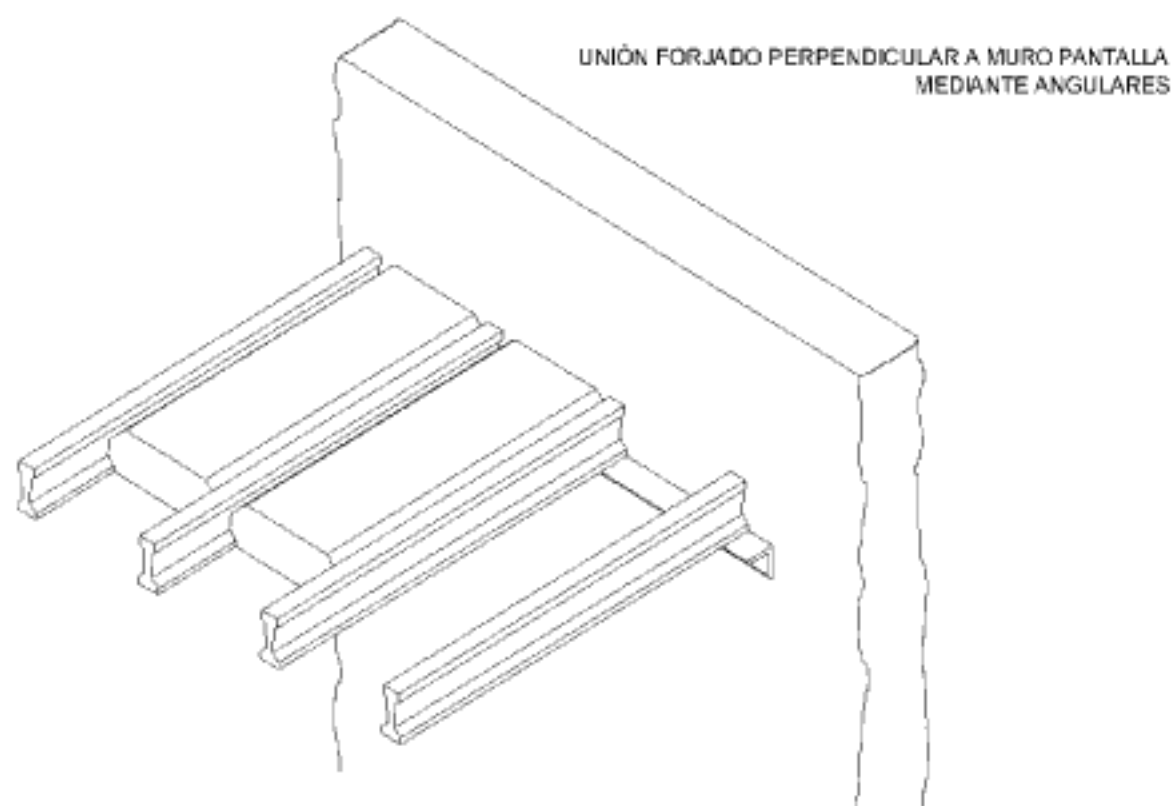


UNIÓN MURO PANTALLA CON JÁCENA METÁLICA
PARALELA AL MURO

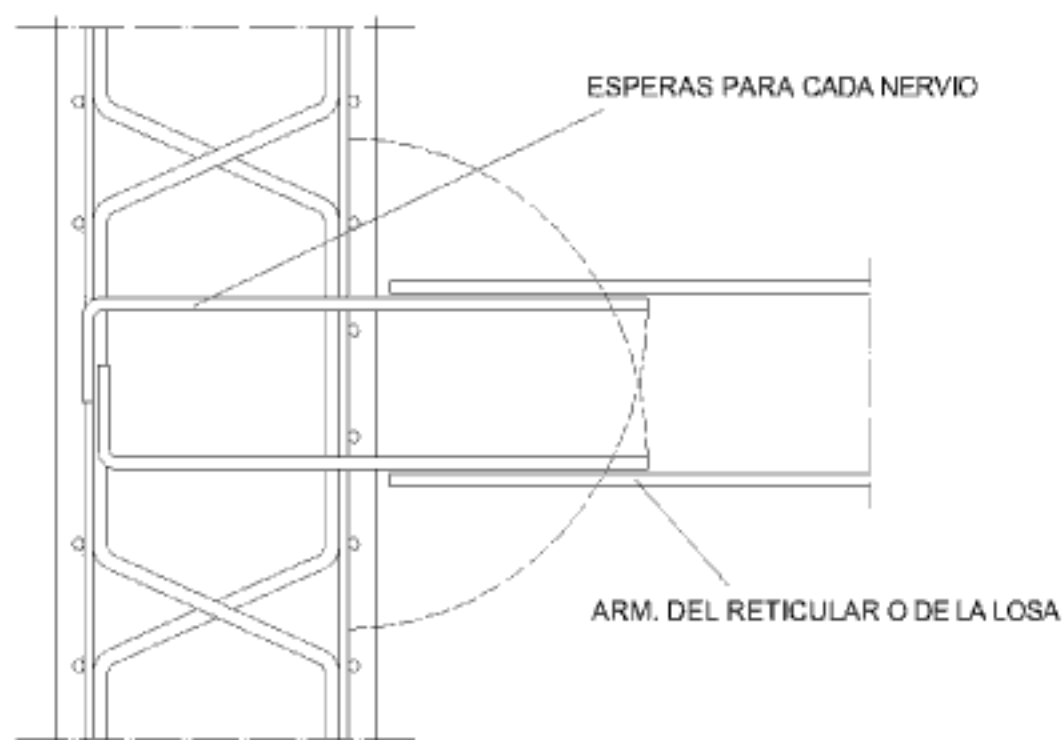


UNIÓN MURO PANTALLA CON FORJADO PERPENDICULAR AL MURO



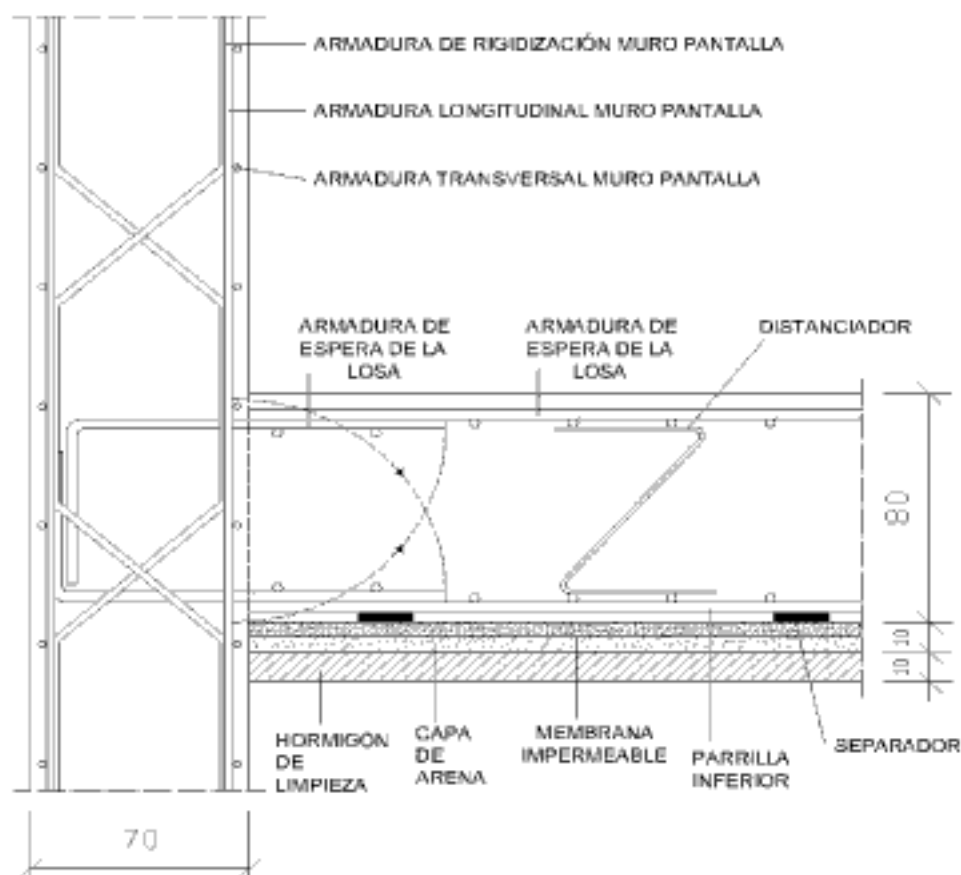


UNIÓN MURO PANTALLA CON FORJADO RETICULAR
O CON LOSA DE HORMIGÓN ARMADO



ENCUENTRO MURO PANTALLA CON LOSA DE CIMENTACIÓN

ENCUENTRO MURO PANTALLA CON LOSA DE CIMENTACIÓN

**12.11.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS MUROS PANTALLA.**

Ventajas:

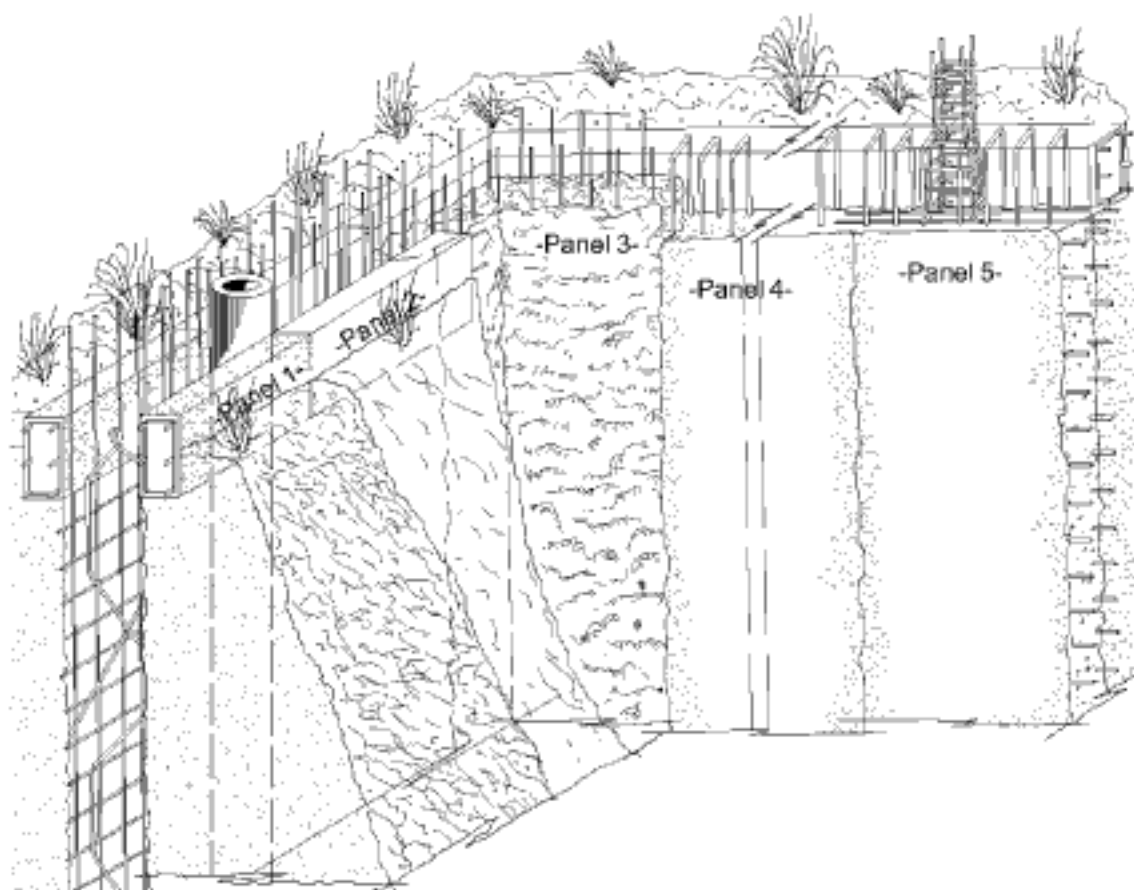
- Todas las operaciones son realizadas desde el exterior y son mecanizadas.
- Se anula la permanencia de operarios dentro de la zanja.
- Se reduce el grado de descompresión del suelo en las paredes de la excavación y se reduce el riesgo de daños en las construcciones próximas.
- Se elimina la peligrosa entibación.
- En el caso de que exista agua, protege la excavación y permite ejecutarla por debajo del nivel freático.
- Sirve de cimentación a las cargas periféricas.

Hidden page

- No son recomendables tampoco para solares pequeños o en presencia de medianeras en estado crítico.
- El acabado de la pantalla no es limpio, y depende del estado del terreno, de los equipos utilizados, etc. Normalmente necesita de un revestimiento según los usos a que se destine.
- Los lodos bentoníticos son muy caros y difíciles de usar.

12.12.- PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN MURO PANTALLA MEDIANTE BATACHES.

El terreno del solar no se excava hasta que este terminado el muro pantalla y construida la viga de coronación. En la perspectiva siguiente se ha quitado la tierra del solar para ver mejor los paneles ó bataches.



PANEL 1.- En él se puede observar la colocación del *murete guía*, la excavación ya efectuada y colocada la armadura típica preveviendo la colocación de tubos junta; también se ha excavado el solar dejando cercano al muro pantalla la tierra con su correspondiente talud natural.

PANEL 2.- Suponemos el muro pantalla en su *fase de hormigonado*.

PANEL 3.- En el cual vemos un *panel en esquina* donde ya hemos hormigonado, hemos retirado la tierra y rompemos la parte de murete guía.

PANEL 4.- El siguiente proceso es el *desbastado del muro pantalla*, es decir, el proceso de corrección de las irregularidades propias de la construcción de este tipo de muros, efectuamos también un *desmochado de cabezas* e igualamos la armadura vertical preparándola para la posterior viga de coronación.

PANEL 5.- En él vemos la colocación de las *armaduras de la viga de coronación* y cómo se colocaría la *armadura de espera de un pilar*.

TEMA 13.- FORJADOS DE HORMIGON ARMADO. GENERALIDADES.

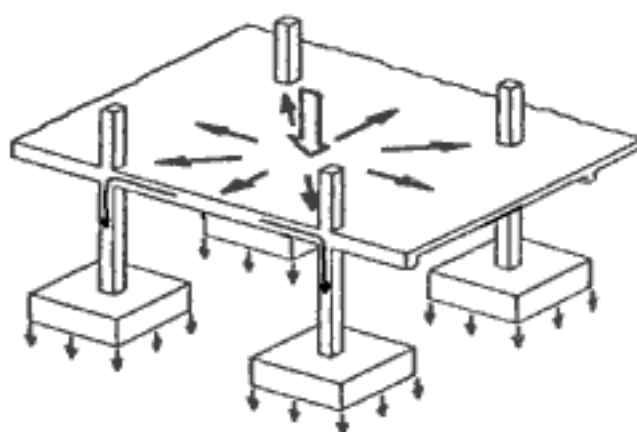
13.1.-DEFINICION DE FORJADO.

El forjado es un elemento estructural, que recibe directamente las cargas y las transmite a los restantes elementos de la estructura.

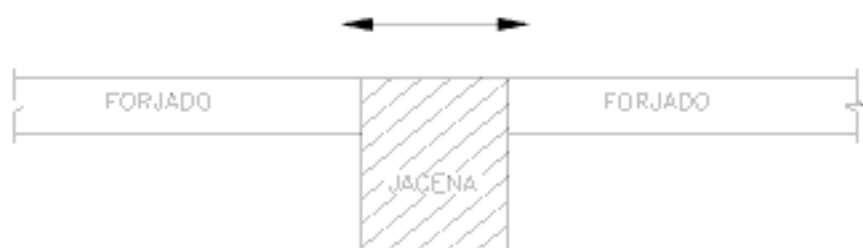
Generalmente es horizontal, aunque en casos aislados tales como cubiertas, rampas, etc. puede colocarse inclinado.

13.2.-FUNCIONES QUE CUMPLE EL FORJADO:

- a).- Tal como indica su definición, recibe las cargas verticales y las transmite a las vigas (forjado unidireccional) o directamente a los soportes (forjado reticular) y éstos las transmiten al terreno a través de la cimentación.



- b).- Cuando el forjado se une monolíticamente a las jácenas se consigue:
1.- Aumentar la rigidez transversal de las jácenas.



- 2.- Aumentar la resistencia a flexión y torsión de las jácenas o vigas. El incremento de la resistencia a flexión se debe fundamentalmente al incremento de hormigón en la zona de compresión de las jácenas (losa superior de hormigón del forjado).
 - 3.- Solidariza horizontalmente los entramados estructurales de cada una de las plantas.
- c).- Sirve de apoyo al pavimento, para alojar las conducciones horizontales, define cada techo y sirve para soportar el cielorraso.
 - d).- Sirve de separación entre plantas consecutivas y de aislamiento térmico, acústico, al fuego, a las vibraciones, etc.
 - e).- En zonas sísmicas o expuestas a importantes acciones horizontales, si se diseñan correctamente las uniones, los forjados contribuyen a soportar dichos esfuerzos, actuando como grandes vigas horizontales y solidarizando todas las uniones estructurales y transmitiendo las cargas horizontales a la superestructura.

13.3.-CARGAS QUE SOPORTA EL FORJADO.

Las cargas verticales que recibe el forjado y, como hemos dicho anteriormente, transmite a las jácenas, pilares, etc. se dividen en dos grupos:

1.- Cargas muertas o sobrecargas permanentes.

Peso propio del forjado (200-400 Kg./m².)

Capa compuesta de pavimento, mortero y arena (80-100 Kg./m².)

Tabiquería (100 Kg./m².)

Cerramiento de fachada (500-600 Kg./m².)

2.- Cargas de servicio o sobrecarga de uso.

Edificaciones normales = 200 Kg./m².

Colegios = 300 Kg./m². sentados y 400 Kg./m². de pie.

Gradas = 500 Kg./m².

Para edificios de viviendas normales, la carga total (peso propio + sobrecarga de uso) que debe soportar el forjado oscila alrededor de los 600 - 650 Kg./m².

13.4.-CLASIFICACION DE LOS FORJADOS.

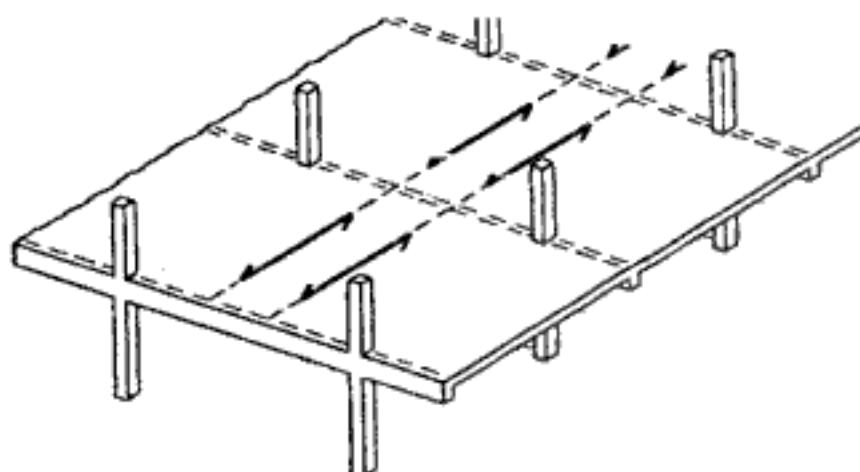
Vamos a estudiar los distintos tipos de forjados en función de la forma de transmitir las cargas, forma de construcción, por el empotramiento, por su constitución y su armadura.

13.4.1.-EN FUNCIÓN DE LA FORMA DE TRANSMITIR LAS CARGAS.

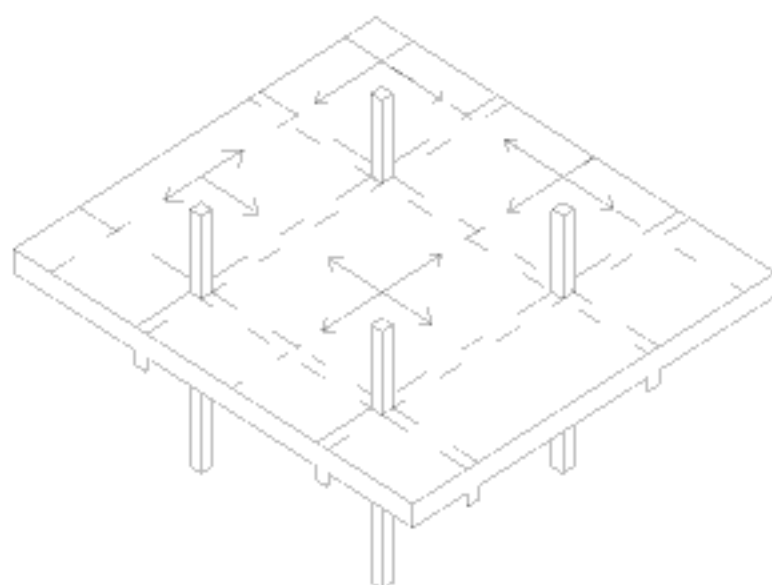
Existen dos tipos de forjados:

Unidireccionales y bidireccionales.

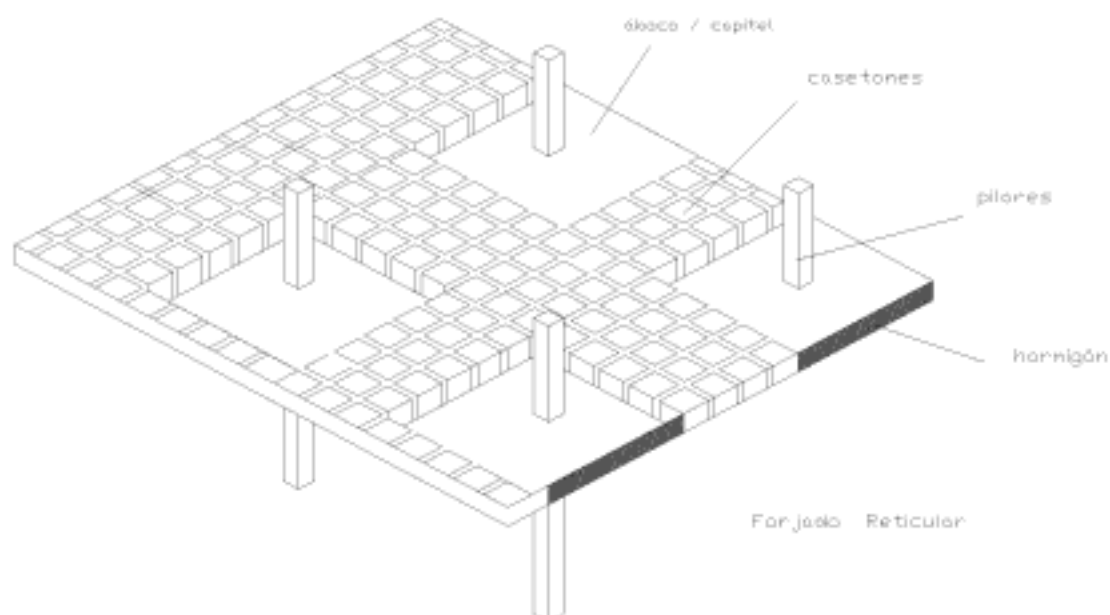
- **Unidireccionales.**- Son aquellos que transmiten las cargas a las vigas en una dirección, flectan, trabajan y van armados en una dirección.



- **Bidireccionales.**- Son los que transmiten las cargas, flectan y se arman en dos direcciones.



Cuando existen vigas en dos direcciones el forjado será tipo placa y las cargas se transmitirán a los pilares a través de dichas vigas. Cuando no existan vigas el forjado será tipo reticular, efectuándose la transmisión de cargas directamente a los pilares a través de los ábacos o capiteles.



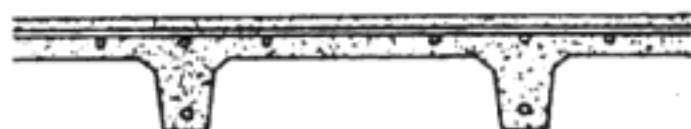
13.4.2.-EN FUNCIÓN DEL SISTEMA DE FABRICACIÓN O DE EJECUCIÓN.

Existen tres tipos: forjados construidos totalmente in situ, parcialmente prefabricados y totalmente prefabricados.

- 1) Forjados construidos totalmente "in situ" son aquellos en los que la totalidad del forjado se ejecuta in situ, existiendo básicamente 2 tipos: losa maciza y losa aligerada o nervada.

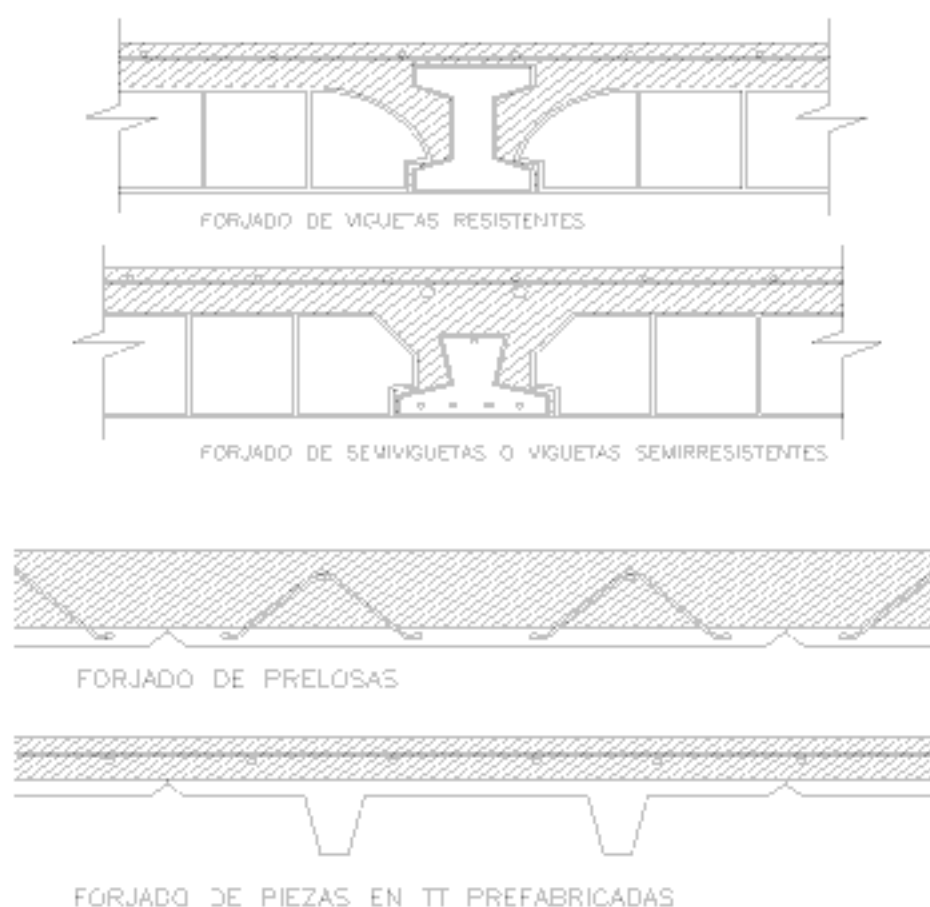


a LOSA MACIZA

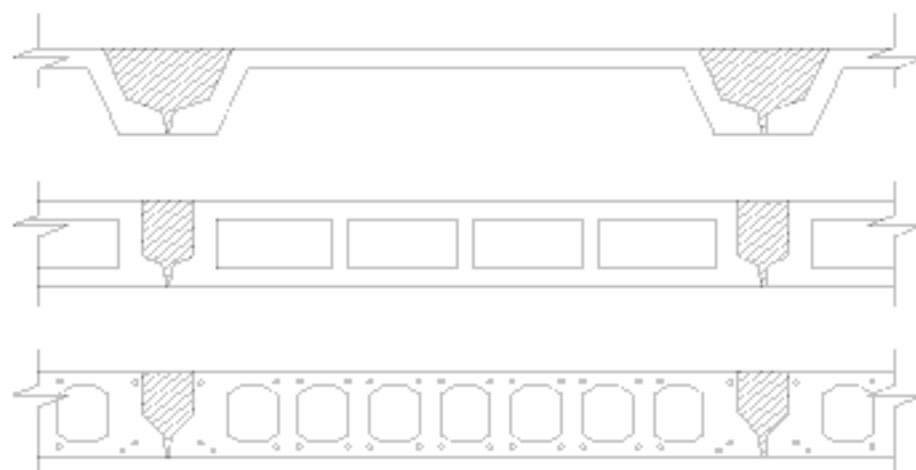


b LOSA ALIGERADA O NERVADA

- 2).- Forjados parcialmente prefabricados, en los que utilizamos parte de los elementos prefabricados (viguetas, bovedillas, prelosas, piezas prefabricadas, etc.) y el resto se ejecuta en obra. (Colocación de acero, hormigón, etc.)



- 3).- Forjados totalmente prefabricados. Son los que en la obra solo necesitan trabajos de montaje y relleno de juntas, ya que se utilizan elementos totalmente prefabricados, siendo habitual el empleo de los siguientes tipos de elementos prefabricados.



13.4.3.-EN FUNCIÓN DEL GRADO DE HIPERESTATISMO.

Tenemos dos tipos de forjados: forjados apoyados y forjados empotrados.

- Forjados simplemente apoyados, utilizados normalmente en forjados sanitarios, cubiertas, en estructuras metálicas o mixtas y en forjados auxiliares donde haya dificultades de apuntalamiento.
- Forjados empotrados o continuos. Su empleo está más generalizado, puesto que cumple mejor las funciones relacionadas anteriormente.

13.4.4.-EN FUNCIÓN DE SU CONSTITUCIÓN.

Existen los siguientes tipos:

- a.- Forjados de losa maciza.
- b.- Forjados de losa aligerada o losa nervada.
- c.- Forjado de viguetas resistentes.
- d.- Forjados de viguetas semirresistentes o semiviguetas.
- e.- Forjados de piezas especiales o losas prefabricadas.

Posteriormente estudiaremos las características de cada uno de ellos.

En los forjados tipo a, b y d es importante que el hormigón colocado en obra sea de buena calidad, puesto que tiene que soportar las compresiones, mientras que en los tipos c y e puede emplearse hormigones de peor calidad, puesto que las compresiones las soporta el mismo elemento prefabricado (viguetas o losas).

13.4.5.- EN FUNCIÓN DE SU ARMADURA.

Se clasifican en:

- 1).- Forjados armados, ejecutados exclusivamente con armaduras pasivas (armaduras de acero normal que no está sometido a ninguna tensión hasta que la vigueta comienza a recibir carga en la propia obra).
- 2).- Forjados pretensados, ejecutados con armaduras o alambres tensados (armaduras activas) previamente al hormigonado de la vigueta.
- 3).- Forjados con pretensado parcial, ejecutados con armaduras de ambos tipos (activas y pasivas).

En los tres casos es importante tener en cuenta que si existen momentos negativos, será necesario colocar la correspondiente armadura para absorberlos (armadura pasiva), correctamente colocada y anclada.

TEMA 14.- FORJADOS UNIDIRECCIONALES.

LA INSTRUCCIÓN PARA EL PROYECTO Y LA EJECUCIÓN DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN ARMADO ESTRUCTURAL REALIZADOS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS (EFHE)

La EFHE fue aprobada por Real Decreto 642/2002 de 5 de Julio, quedando derogada la anterior instrucción EF-96. En este tema se extraen los contenidos más significativos de la misma, desde el punto de vista de construcción de estructuras, sin entrar en temas de cálculos, etc.

Campo de aplicación y consideraciones previas.

Esta Instrucción es aplicable a los forjados unidireccionales constituidos por elementos superficiales planos con nervios sometidos a flexión esencialmente en una dirección, que cumplan con las condiciones siguientes:

En los forjados de viguetas:

- a) El canto total no excede de 50 cm.
- b) La luz de cada tramo no excede de 10 m.
- c) La separación entre ejes de nervios no excede de 100 cm.

En los forjados de losas alveolares pretensadas:

- a) El canto de la losa prefabricada no excede de 50 cm.
- b) La luz de cada tramo no excede de 20 m.
- c) La anchura de los elementos resistentes no supera los 140 cm. para losas sin armadura de reparto, ni 150 cm. para aquellas que dispongan de esta armadura.

Esta Instrucción comprende los forjados realizados con elementos constituidos por viguetas armadas o pretensadas, losas alveolares pretensadas, prefabricados en instalación industrial fija exterior a la obra, que soportan cargas habituales en el campo de la edificación.

Los forjados constituidos por elementos (viguetas o losas) ejecutados en obra, así como los forjados constituidos por otros elementos prefabricados diferentes de los anteriores no están incluidos en ésta Instrucción, debiendo por tanto proyectarse y construirse de acuerdo con la Instrucción EHE.

El Autor del Proyecto y la Dirección Facultativa, están obligados a conocer y tener en cuenta las prescripciones de la presente Instrucción, pero, en uso de sus atribuciones, pueden, bajo su responsabilidad y previa justificación de que no se reducen los niveles de prestaciones, emplear sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, etc. diferentes.

14.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN FORJADO.

Vigueta: elemento longitudinal resistente, prefabricado en instalación fija exterior a la obra, diseñado para soportar cargas producidas en forjados de pisos o de cubiertas. Pueden ser armadas o pretensadas.

Vigueta autorresistente: vigueta capaz de resistir por sí sola, en un forjado, sin sopandas intermedias y sin la colaboración del hormigón vertido en obra, la totalidad de los esfuerzos a que habrá de estar sometido el forjado.

Losa alveolar pretensada: elemento superficial plano de hormigón pretensado, prefabricado en instalación fija exterior a la obra, aligerado mediante alvéolos longitudinales y diseñado para soportar cargas producidas en forjados. Sus juntas laterales están especialmente diseñadas para que, una vez rellenas de hormigón, puedan transmitir esfuerzos cortantes a las losas adyacentes.

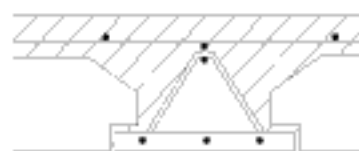
Pieza de entrevigado: elemento prefabricado de cerámica, hormigón, poliestireno expandido u otros elementos idóneos, con función aligerante o colaborante, destinado a formar parte, junto con las viguetas, la losa superior hormigonada en obra y las armaduras de obra, del conjunto resistente de un forjado.

Losa superior de hormigón: elemento formado por hormigón vertido en obra y armaduras, destinado a repartir las distintas cargas aplicadas sobre el forjado y otras funciones adicionales que le son requeridas (acción diafragma, arriostramiento y atado, resistencia mediante la formación de sección compuesta, etc.)

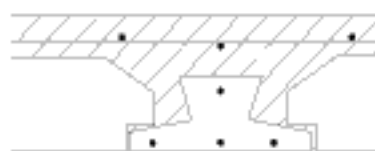
14.2. FORJADO DE VIGUETAS

Sistema constructivo constituido por:

- Viguetas prefabricadas de hormigón u hormigón y cerámica, armadas o pretensadas.
- Piezas del entrevigado cuya función puede ser de aligeramiento o también colaborante en la resistencia.
- Armaduras de obra, longitudinales, transversales y de reparto, colocadas previamente al hormigonado.
- Hormigón vertido en obra para relleno de nervios y formación de la losa superior del forjado.



FORJADOS DE VIGUETAS ARMADAS



FORJADOS DE VIGUETAS PRETENSADAS

Tipos usuales de forjados de viguetas

La separación entre ejes de viguetas varía en función de su longitud, carga, tipo de vigueta, etc., siendo frecuentes separaciones aproximadas a 70 cm.

En ocasiones puede disponerse más de una vigueta por nervio.

Pueden realizarse forjados que no necesiten piezas de entrevigado, estando formado todo el forjado por viguetas, una junto a otra.

Igualmente puede dejarse un pequeño espacio entre viguetas para hormigonarlo posteriormente, previo encofrado por la parte inferior, con lo cual disponemos de una amplia gama de posibilidades de colocación de las viguetas, en función de los resultados que interese conseguir.

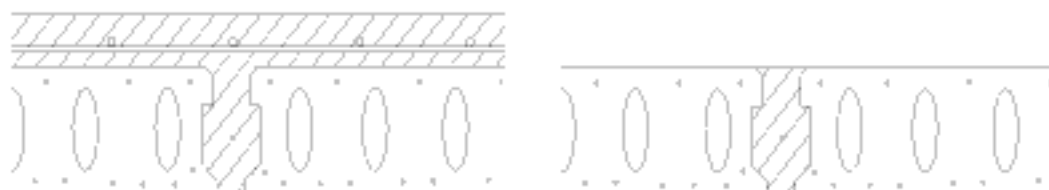
Hay forjados unidireccionales en los que las viguetas prefabricadas no existen, sino que se sustituyen por nervios colocados en obra, formados normalmente por 4 armaduras y cercos, que se hormigonan al mismo tiempo que la losa superior.

Estos nervios también pueden estar formados por las armaduras necesarias en la parte inferior (momentos positivos) y los refuerzos en la zona superior (momentos negativos), sin cercos. En estos casos debe solucionarse el posible cortante de estos nervios en su proximidad a las jácenas (barras dobladas, omegas, etc.)

14.3. FORJADO DE LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS

Sistema constructivo constituido por:

- Losas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado.
- Armaduras colocadas en obra.
- Hormigón vertido en obra para relleno de juntas laterales entre losas y formación de la losa superior. Excepto cuando existan acciones laterales importantes, puede prescindirse de la losa superior hormigonada en obra.



Tipos usuales de forjados de losas alveolares pretensadas

14.4. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES.

Los materiales considerados en el proyecto de los forjados y empleados en su ejecución, deberán cumplir con carácter general todas las especificaciones establecidas para ellos, en su caso, en la Instrucción EHE y además con las prescripciones específicas recogidas en los apartados siguientes.

Armaduras pasivas.

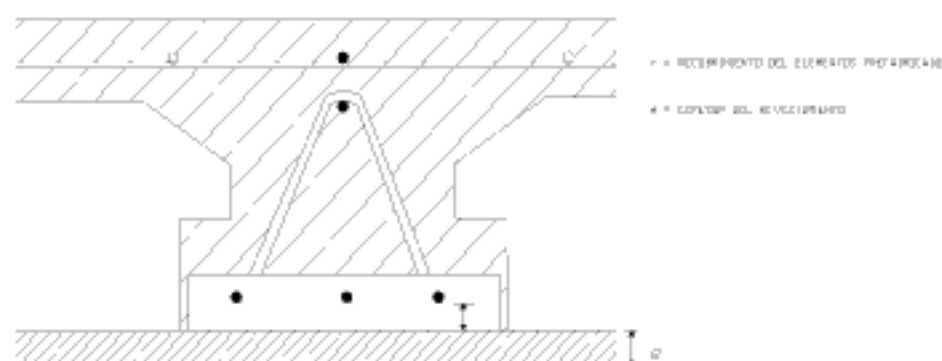
Las armaduras pasivas de las viguetas y losas alveolares pretensadas cumplirán las condiciones especificadas en el art. 31 de la Instrucción EHE.

La distancia libre, horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas, será igual o mayor que el mayor de los tres valores:

- 15mm.
- El diámetro de la barra mayor.
- 1,25 veces el tamaño máximo del árido.

En caso de grupo de barras se cumplirá lo prescrito en el apartado 66.4.2 de la Instrucción EHE.

A los efectos de un correcto hormigonado de los elementos prefabricados debe entenderse por recubrimiento la separación de toda superficie límite de hormigonado, y a los efectos de protección de armaduras aquellas superficies que lo sean de modo definitivo.



Recubrimiento de las armaduras pasivas

En las viguetas armadas, la armadura básica (longitudinal inferior) se dispondrá en toda su longitud, y se compondrá, al menos, por dos armaduras activas o pasivas, simétricas respecto al plano medio vertical.

La armadura complementaria inferior podrá disponerse solamente en parte de su longitud y deberá disponerse de forma simétrica respecto del punto medio de la viga.

Armaduras activas.

Las armaduras activas de las viguetas y losas alveolares pretensadas cumplirán las condiciones especificadas en el art. 32 de la Instrucción EHE.

La distancia libre, horizontal y vertical entre dos armaduras aisladas consecutivas, será igual o mayor que el mayor de los tres valores siguientes:

- a) 15 mm. para la separación horizontal y 10 mm. para la separación vertical.
- b) El diámetro de la barra mayor.
- c) 1,25 veces el tamaño máximo del árido para la separación horizontal y 0,8 veces para la separación vertical.

Se podrán agrupar dos alambres en posición vertical siempre que sean de la misma calidad y diámetro, en cuyo caso, para determinar la magnitud de los recubrimientos y distancias libres a las armaduras vecinas, se considerará el perímetro real de las armaduras.

Los recubrimientos de las armaduras cumplirán las prescripciones establecidas en el art. 13 de la EFHE (durabilidad).

La armadura activa situada en la zona inferior de una vigueta pretensada estará constituida, al menos, por dos armaduras en el mismo plano horizontal y en posición simétrica respecto al plano vertical medio. En las losas alveolares pretensadas la distancia entre las armaduras será menor que 400 mm y que dos veces el canto de la pieza.

Hormigón de viguetas y losas alveolares pretensadas.

El hormigón de las viguetas y losas alveolares pretensadas cumplirá las condiciones especificadas en el art. 30 de la Instrucción EHE, tipificándose según el apartado 39.2 de dicha Instrucción.

14.5. PIEZAS DE ENTREVIGADO.

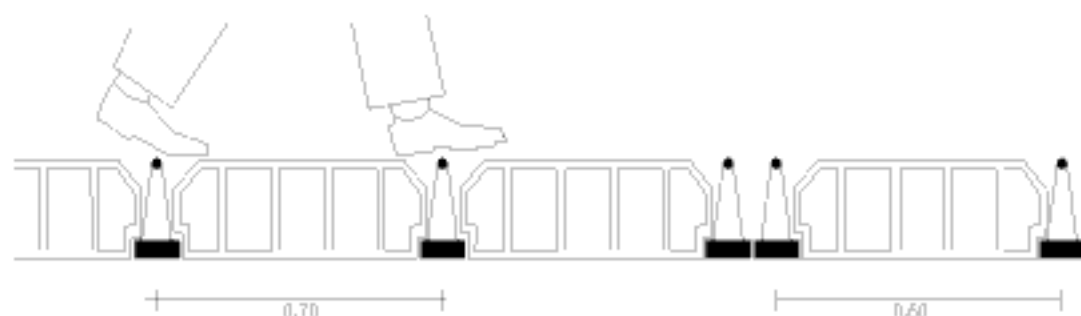
Generalidades.

La carga de rotura a flexión para cualquier pieza de entrevigado debe ser mayor que 1,0 KN determinada según UNE 53981:98 para piezas de poliestireno expandido y según UNE 67037:99, para piezas de otros materiales. Esta exigencia tiene por objeto prevenir su rotura al pisar accidentalmente sobre ellas.

El comportamiento de reacción al fuego de las piezas que estén o puedan quedar expuestas al exterior durante la vida útil de la estructura, alcanzará al menos clasificación M1 de acuerdo con UNE 23727:90. Se entiende que una pieza puede quedar expuesta al exterior cuando, habiendo sido provista de una capa de protección, esta capa pueda en alguna zona ser removida en reformas normales del edificio o perder sus propiedades por un mantenimiento inadecuado. Las bovedillas fabricadas con materiales inflamables deberán resguardarse de la exposición al fuego mediante capas protectoras eficaces, de acuerdo a la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI "Condiciones Protección contra Incendios en Edificios".

Es conveniente que la cara inferior del forjado se recubra con algún tipo de revestimiento continuo como guarnecido, enfoscado o revoco.

A pesar de que las piezas de entrevigado o bovedillas deben soportar la carga de una persona, es recomendable pisar directamente sobre la viguetas.



Normalmente la misión del entrevigado es salvar la luz transversal entre viguetas, produciendo un acodamiento transversal de las viguetas. Las bovedillas prefabricadas están especialmente diseñadas para que se apoyen en las alas inferiores de las viguetas y con el abovedado superior que define los senos, que una vez hormigonados son los que producen el efecto de acodamiento transversal.

Las piezas de entrevigado más comerciales son las que cubren luces entre ejes de viguetas de 60-70 cm., con alturas variables entre 14-25 cm.

Piezas aligerantes.

Se entienden como piezas de entrevigado aligerantes aquellas que no son consideradas como parte de la sección resistente del forjado.

Las piezas de entrevigado aligerantes pueden ser de cerámica, hormigón, poliestireno expandido u otros materiales suficientemente rígidos.

Piezas colaborantes.

Se entienden como piezas de entrevigado colaborantes aquellas que son consideradas como parte de la sección resistente del forjado.

Forman parte de la sección resistente solamente los tabiquillos de las piezas de entrevigado adheridos al hormigón.

Las piezas de entrevigado colaborantes pueden ser de cerámica o de hormigón u otro material resistente. Su resistencia característica a compresión no será menor que la resistencia de proyecto de hormigón vertido en obra con que se ejecute el forjado.

Hormigón vertido en obra.

El hormigón vertido en obra tanto en la losa superior como en el relleno de nervios o juntas cumplirá las condiciones especificadas en el art. 30 de la Instrucción EHE, siendo su resistencia característica la indicada en el proyecto de ejecución, y no será menor que la indicada en la Autorización de Uso.

Se tipificará dicho hormigón con el formato siguiente (según el apartado 39.2 de la Instrucción EHE):

T - R / C / TM / A

Hidden page

mismo tiempo que el forjado está ejecutada con hormigón de menor calidad que los pilares de arriba y abajo.

En el caso de utilizar hormigones de distinta calidad, el proceso es más laborioso y se efectúa del siguiente modo: una vez hormigonados los pilares de la planta inferior con el hormigón de mayor resistencia, se procede al encofrado y colocación del forjado. Para efectuar el hormigonado del mismo, es necesario disponer en obra de ambos hormigones. SE empieza vertiendo sobre las cabezas de los pilares hormigón de mayor resistencia, en cantidad suficiente para que se haga "montón" e inmediatamente se vierte alrededor de los mismos el hormigón de resistencia inferior y se vibra de inmediato, con lo cual conseguimos que no queden coqueas y que no exista una línea clara de separación entre ambos hormigones, sino que se entrelazan y se mezclan. Es importante que a la cabeza del pilar no le llegue hormigón de inferior resistencia.

14.6.DURABILIDAD

La durabilidad de un forjado debe conseguirse mediante una estrategia capaz de considerar todos los factores de degradación, y actuar en consecuencia sobre cada una de las fases de proyecto, ejecución y uso de la estructura.

Una estrategia correcta para la durabilidad debe tener en cuenta que en una estructura puede haber diferentes forjados sometidos a distintos tipos de ambiente.

Recubrimientos.

Tanto para armaduras pasivas como para armaduras activas pretensas se observarán los recubrimientos mínimos dados en el Art. 37.2.4 de la Instrucción EHE, incrementándole al recubrimiento mínimo un margen de recubrimiento especificado en dicho artículo.

En las viguetas o losas pretensadas, el proyectista podrá contar, además del recubrimiento real del hormigón, con el espesor de los revestimientos del forjado que sean compactos e impermeables, tengan carácter de definitivos y permanentes, y estén adheridos directamente al hormigón del elemento, al objeto de cumplir los requisitos de recubrimiento mínimo. Sin embargo, en estos casos, dicho recubrimiento mínimo de hormigón nunca podrá ser menor de 15 mm.

No se empleará en ningún caso espesores de revestimientos mayores que 20 mm. En aquellos casos en los que el espesor del recubrimiento sustituido exigiera mayores espesores, se añadirá una segunda protección adicional (pintura, resina epoxi, etc.), cuyo comportamiento deberá justificarse documentalmente.

Flechas.

La flecha de los forjados no excederá del menor de los valores $L/250$ y $L/500 + 1$ cm.

Deberán aplicarse durante la construcción procedimientos de buena práctica orientados a disminuir el valor de las flechas o su incidencia en los elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños. El proyectista puede exigir que se lleve a cabo un proceso constructivo que minimice las flechas y que evite la transmisión de las cargas de unas plantas a otras.

Especialmente en el caso de luces altas, en la realización de tabiques divisorios, salvo que se realicen cálculos o se empleen disposiciones constructivas específicas, se dispondrán en la zona superior del tabique un material deformable, para evitar el contacto directo del tabique con la cara inferior del forjado, y establecer las medidas complementarias necesarias para garantizar la estabilidad lateral de los tabiques.

14.7. CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LOS FORJADOS.

La sección transversal del forjado cumplirá los siguientes requisitos:

- El espesor mínimo de la losa superior hormigonada en obra, excepto en los forjados de losas alveolares pretensadas en las que pueden no disponerse ésta, será de:
 - 40 mm sobre viguetas.
 - 40 mm sobre piezas de entrevigado cerámicas o de hormigón y losas alveolares pretensadas.
 - 50 mm sobre piezas de entrevigado de otro tipo.
 - 50 mm sobre piezas de entrevigado en el caso de zonas con aceleración sísmica de cálculo mayor que 0,16 g.
- El perfil de la pieza de entrevigado será tal que, a cualquier distancia c de su eje vertical de simetría, el espesor de hormigón de la losa superior hormigonada no será menor que:
 - $c/8$ en el caso de piezas de entrevigado colaborante.
 - $c/6$ en el caso de piezas de entrevigado aligerantes.
- En el caso de forjados de viguetas sin armaduras transversales de conexión con el hormigón vertido en obra, el perfil de la pieza de entrevigado dejará a ambos lados de la cara superior de la vigueta un paso de 30 mm como mínimo.



14.8. ARMADO DE REPARTO.

En la losa superior de hormigón vertido en obra, se dispondrá una armadura de reparto con separaciones entre elementos longitudinales y transversales no mayores de 35 cm. de al menos 4 mm de diámetro en dos direcciones, perpendicular y paralela a los nervios, y tales que la sección total de esta armadura, en cm^2/m sea:

Hidden page

Hidden page

Hidden page

En los apoyos directos las longitudes l_1 y l_2 serán:

- a) Para viguetas armadas $l_1 > 100 \text{ mm}$ y $l_2 > 50 \text{ mm}$.
- b) Para viguetas pretensadas $l_1 = 100 \text{ mm}$ y $l_2 = 60 \text{ mm}$

Siendo:

l_1 el trozo de vigaleta o armadura de la misma que penetra en la jácena, en el caso de apoyo extremo, y se empieza a medir desde el exterior de la jácena (incluido el hormigón)

l_2 el trozo de vigaleta o armadura de la misma que penetra en la jácena, en el caso de apoyo central, y se empieza a medir desde el exterior de la jácena (incluido el hormigón).

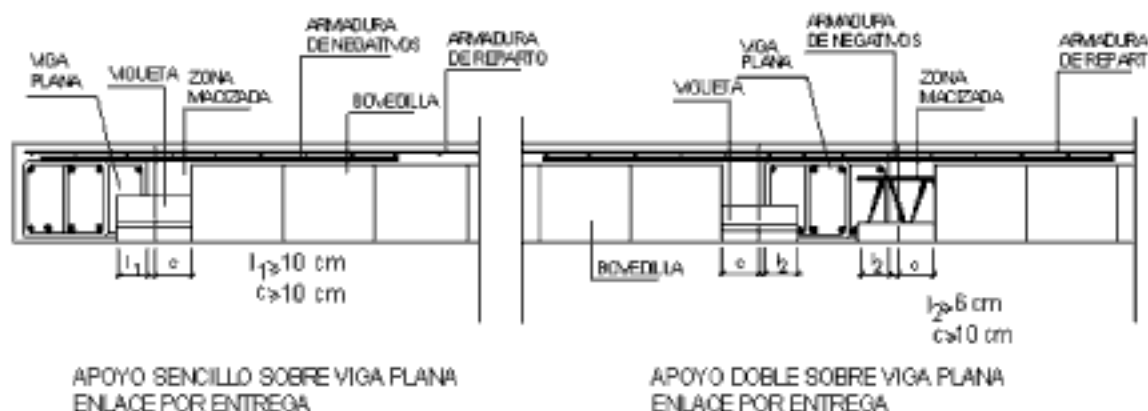
En el caso de enlace por solapo, con viguetas armadas:

l_1 es la longitud de solape con la armadura de la vigaleta en los apoyos extremos y será mayor de 100 mm.

l_2 es la longitud de solape con la armadura de la vigaleta en los apoyos intermedios y será mayor de 60 mm.

En ambos casos se mide desde el hormigón de la jácena.

Si los nervios se enlazan a una viga plana, cabeza de viga mixta, brochal, etc., del mismo canto que el forjado se denomina **apoyo indirecto**.





En los apoyos indirectos, las longitudes l_1 y l_2 serán:

- Para viguetas armadas $l_1 > 100 \text{ mm}$ y $l_2 > 50 \text{ mm}$.
- Para viguetas pretensadas $l_1 = 100 \text{ mm}$ y $l_2 = 60 \text{ mm}$

Siendo:

l_1 el trozo de vigueta o armadura de que penetra en la jácena, en el caso de apoyos extremos y se empieza a medir desde los cercos de la jácena.

l_2 el trozo de vigueta o armadura que penetra en la jácena, en el caso de apoyos interiores y se empieza a medir desde los cercos de la jácena.

En el caso de enlace por solapo, con viguetas armadas:

l_1 y l_2 son las longitudes de solape con la vigueta o su armadura en el apoyo extremo y el apoyo interior respectivamente y sus longitudes son las mismas que en el caso de apoyos directos, es decir más de 100 mm para los apoyos extremos y más de 60 mm para los apoyos interiores.

En todos los casos de ambos tipos de apoyos, siempre hay que macizar una zona junto a las jácenas, que será como mínimo de 100 mm medidos desde la parte exterior del homigón de la jácena.

14.10. ARMADO SUPERIOR

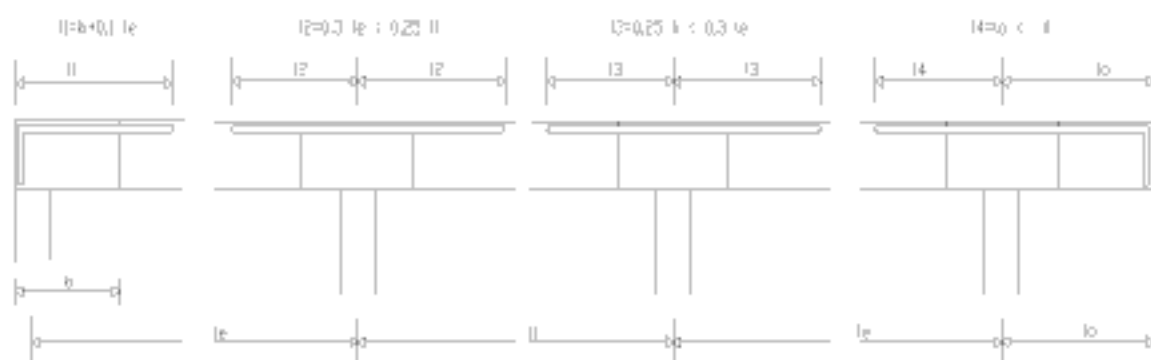
En los apoyos de forjados de viguetas se colocará, como armadura para los momentos negativos, al menos una barra sobre cada vigueta.

En el caso de que haya que colocar más de dos barras por nervio, se distribuirán sobre la línea de apoyo para facilitar que el hormigón rellene bien el nervio, anclándose adecuadamente a ambos lados del apoyo.

En los apoyos exteriores de vano extremo se dispondrá una armadura superior capaz de resistir un momento flector al menos igual a la cuarta parte del momento máximo del vano. Tal armadura se extenderá, desde la cara exterior del apoyo en una longitud no menor que el décimo de la luz más el ancho del apoyo. En el extremo exterior la armadura se prolongará en patilla con la longitud de anclaje necesaria.



Cuando la sobrecarga de uso no sea mayor que un tercio de la carga total, ni que 3 kN/m^2 , la longitud de las armaduras superiores sobre los apoyos puede tomarse de forma simplificada como sigue:



Método simplificado para el cálculo de las longitudes de las armaduras de negativos.

- a) Apoyo de vano exterior. La longitud de las armaduras será:
 - en dirección horizontal: el ancho de la viga más 0,1 de la luz
 - en dirección vertical: el canto útil del forjado.
- b) Apoyo de vano exterior con voladizo. Las armaduras se extenderán hacia el exterior toda la longitud del voladizo medida desde el eje de la jácena y hacia el interior la mayor de las dimensiones siguientes:
 - la longitud del voladizo.
 - el valor indicado en el punto a) es decir, el ancho de viga más 0,1 de la luz.
- c) Apoyo de vano interior. La longitud de la armadura será a cada lado del apoyo, el mayor de los valores siguientes:
 - $0,3 l_e$ (siendo l_e la luz del mayor de los tramos exteriores adyacentes)
 - $0,25 l_i$ (siendo l_i la luz del mayor de los tramos interiores adyacentes)

Estas longitudes deberán respetarse al menos para el 50% de la sección de la armadura. El resto podrá reducir su longitud en un 40%.

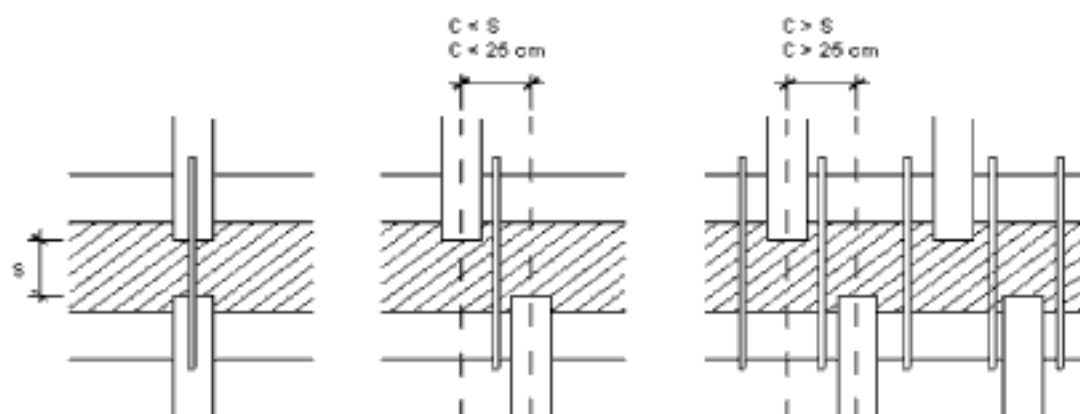
Si la distancia entre los extremos de las armaduras sobre un vano es menor que el 20% de la luz, se extenderán a todo el vano.

14.11. ENFRENTAMIENTO DE NERVIOS.

Cuando se tenga en cuenta la continuidad de los forjados, los nervios o viguetas se dispondrán enfrentados, pero puede admitirse una desviación, "c", menor que la distancia recta entre las testas, "s", en apoyos interiores, y hasta 5 cm. en apoyos en voladizo.

Si la desviación "c" es menor que 25 cm. la armadura superior puede disponerse sobre cada pareja de viguetas enfrentadas en los apoyos, pero siempre respetando los recubrimientos mínimos prescritos en la Instrucción EFHE.

En el caso en que dicha desviación sea mayor a 25 cm. la armadura se distribuirá sobre la línea de apoyo.



En los casos en los que un forjado acomete a otro perpendicularmente, su armadura superior (momentos negativos) se anclará por prolongación recta.

Hidden page

Hidden page

Hidden page

Normalmente suelen fabricarse por el sistema de pretensado de la armadura.

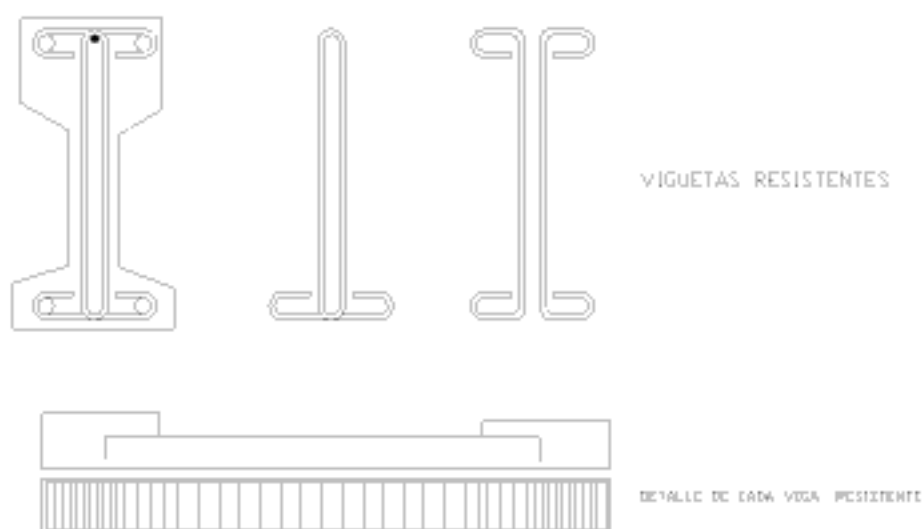
En obra se colocan estas viguetas uniformemente espaciadas, salvando luces entre ejes de viguetas del orden de 50 a 80 cm.

Las viguetas resistentes suelen medir de 16 a 22 cm. de canto aproximado, y sus secciones son generalmente de doble T, aunque la cabeza superior debe tener menos anchura para facilitar la colocación de las bovedillas.

Para luces moderadas las viguetas simplemente apoyadas son capaces de resolver bien el problema de la sustentación, si bien al empotrarlas se reducen notablemente los momentos de vano, según el grado de empotrabilidad de las viguetas. Para ello la armadura superior hay que dimensionarla para que sea capaz de absorber los momentos negativos y darle la longitud de entrega suficiente en la jácena o forjado contiguo para garantizar su anclaje.

Estas armaduras de momento negativo pueden incorporarse en obra, colocándolas en los senos, procurando que el hormigón de la capa de compresión tenga la resistencia adecuada, de modo que puedan garantizarse las adherencias, anclaje armaduras de voladizos, continuidad de forjados, etc.

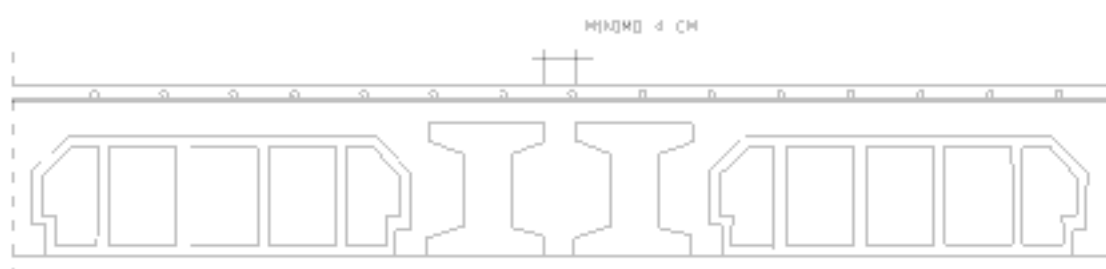
A continuación se esquematizan las armaduras de las viguetas resistentes:



Lo habitual es que el entrevigado se ejecute con bovedillas, pero en ocasiones puede colocarse bloques aligerantes (Ytong o similar), pudiendo también colocarse los elementos de cubierta o piso encima de las viguetas.



En el caso de colocar dos o más viguetas juntas es importante que se deje una separación entre ellas de 4-5 cm. (en su parte superior), para permitir el paso del hormigón entre ellas, para que trabajen conjuntamente.



14.14.2. FORJADOS DE VIGUETAS SEMIRRESISTENTES DE HORMIGÓN ARMADO.

La continuidad y el monolitismo se consiguen de forma sencilla y eficaz con estos forjados, que además resultan más económicos al poder contar con el hormigonado de los senos para absorción de esfuerzos principales.

Esencialmente las viguetas semirresistentes o semiviguetas constan de medias viguetas, en las que, para garantizar la adherencia entre el hormigón prefabricado y el hormigón in situ y poder absorber los esfuerzos cortantes, se recurre a una de las siguientes soluciones:

- Dejar armaduras transversales salientes, definidas por horquillas, chapas desplegadas, triangulaciones u ondulaciones soldadas.
- Fabricarlas con taladros en el alma, pudiendo añadirle alambre helicoidal, para mejorar la adherencia entre ambos hormigones.
- Hacerle resaltes al hormigón de las caras laterales y superior, para conseguir una buena adherencia entre hormigones.

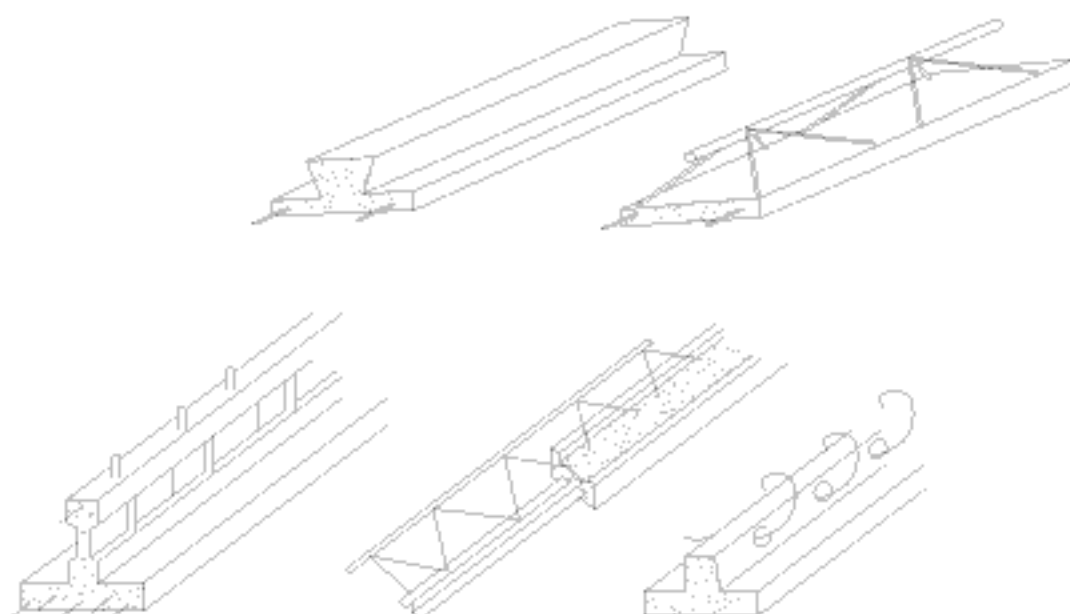
Para el montaje de un forjado con viguetas semirresistentes es necesario colocar sopandas intermedias de apoyo, separadas aproximadamente 1,50 m. o bien lo que establezca la casa suministradora de las mismas. Con las sopandas evitamos la puesta en carga de las viguetas y por tanto, su deformación bajo el peso de las bovedillas y hormigón vertido in situ.

Las armaduras de momento negativo, para conseguir la continuidad, empotramiento o en voladizo, se colocan fácilmente, siendo imprescindibles atarlas correctamente al mallazo, para que no cambien de posición durante el hormigonado y, sobre todo, que no se bajen, ya que la pérdida de brazo mecánico reduce notablemente su capacidad resistente y aparecen fisuras en la cara superior.

El hormigón de la capa superior cumple una función resistente importante, por lo que deben tener la resistencia característica exigida en cálculo, no pudiendo utilizarse hormigones de mala calidad.

Las dimensiones usuales de las viguetas semirresistentes suele oscilar alrededor de 12 cm. de ancho de base y de 17 a 22 cm. de canto.

A continuación se representan varios tipos de viguetas semirresistentes.



El último tipo, viga semirresistente armada es el más utilizado y está formada por una base de hormigón y una celosía metálica y armaduras activas y pasivas, que normalmente sobresalen por sus extremos para unir a las jácenas. A través de la celosía se consigue una unión muy buena entre el hormigón de la viga y el vertido in situ.

Armaduras activas son las que previamente se han pretensado y están formadas por varios alambres, y están activos desde la fabricación de la viga.

Las armaduras pasivas son de acero corrugado de mayor diámetro que las activas y se colocan junto a las activas, una vez que éstas han sido tensadas.

El armado general de estas viguetas es el siguiente:

Hidden page

Hidden page

Ventajas e inconvenientes de las viguetas resistentes y semirresistentes.

La principal ventaja que ofrecen las viguetas resistentes es que, por estar hechas totalmente en taller, hay una mayor garantía de su calidad.

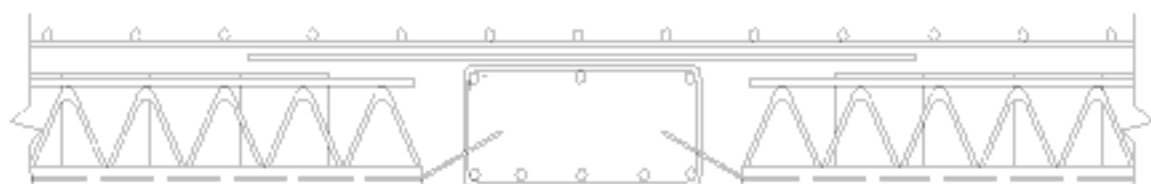
Otra ventaja es que no necesitan apuntalamiento, mientras que las semirresistentes sí que lo necesitan.

Con las viguetas resistentes es antieconómico conseguir el monolitismo y la continuidad, por su dificultad de empotramiento con las jácenas. En las viguetas semirresistentes esta continuidad se consigue fácilmente.

Las viguetas resistentes pesan mucho más y su manejo resulta más incómodo.

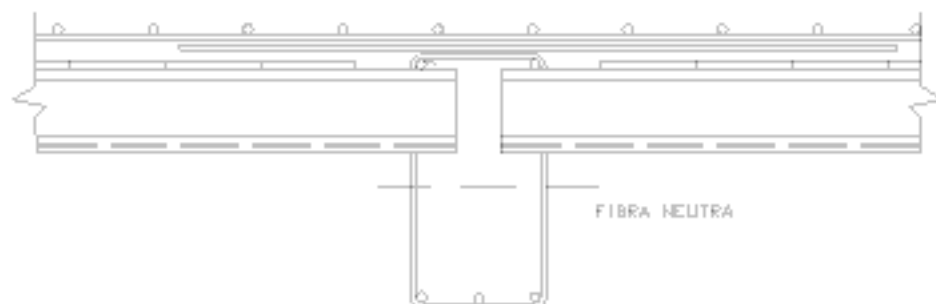
14.15. OTRAS DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS**Particularidades específicas en enlaces de viguetas con jácenas.**

Para jácenas planas las soluciones a estos enlaces son similares a los de las jácenas de canto, con la particularidad de que la armadura de la vigueta debe doblarse ligeramente hacia arriba, con un ángulo inferior a 30 grados, para que pase por encima de la armadura inferior de la jácena.



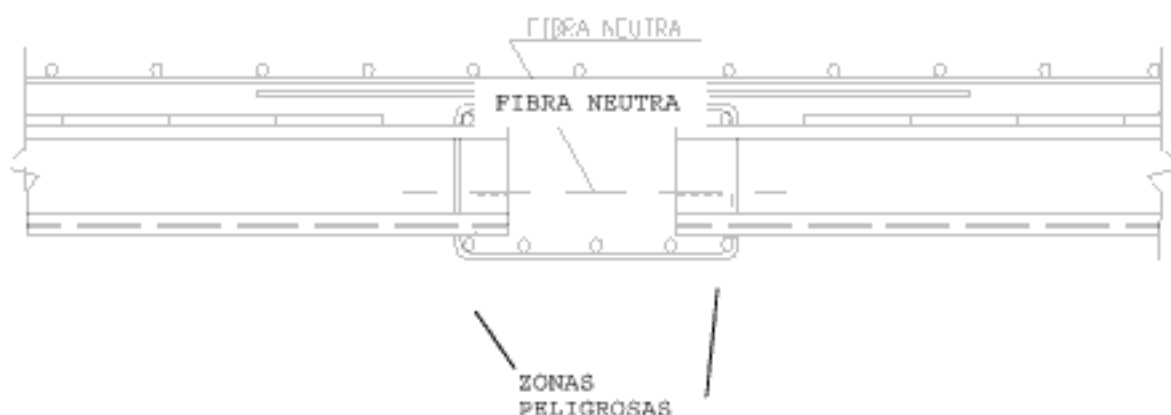
Cuando las viguetas pretensadas se introducen en las jácenas, debemos diferenciar las 2 opciones: jácena de canto y jácena plana.

Cuando la vigueta pretensada se introduce en una jácena de canto "entra" a ella en la zona superior (generalmente por encima de la fibra neutra), por lo tanto está ubicada en la zona donde el hormigón trabaja a compresión, teniendo poca importancia el hecho de que los hormigones sean de diferentes tipos.



En el caso de que las viguetas se introduzcan en una jácena plana, entran en la zona de tracción (parcialmente), impidiendo una buena unión de todo el hormigón de la zona de tracción de la jácena plana. Al flechar la jácena plana se podrían producir fisuras entre ambos

hormigones y crear un posible riesgo de oxidación de la armadura inferior de la jácena, aparte de que no podemos contar con la resistencia a tracción del hormigón.



Para evitar estos riesgos existen 2 soluciones:

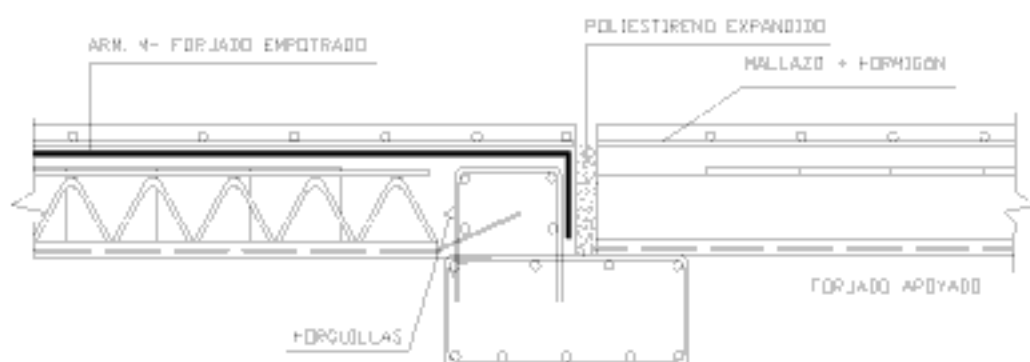
- 1.- Que la vigueta no entre en la jácena, adoptando la solución vista anteriormente, de enlace por solapo, eliminando bovedillas a ambos lados de la jácena, donde van colocadas las armaduras de solapo y hormigonar el conjunto.
- 2.- Desplazar hacia el centro de la jácena las armaduras de las esquinas inferiores de la misma y que la vigueta entre en la jácena, en la zona estribada, tal como se detalla a continuación.



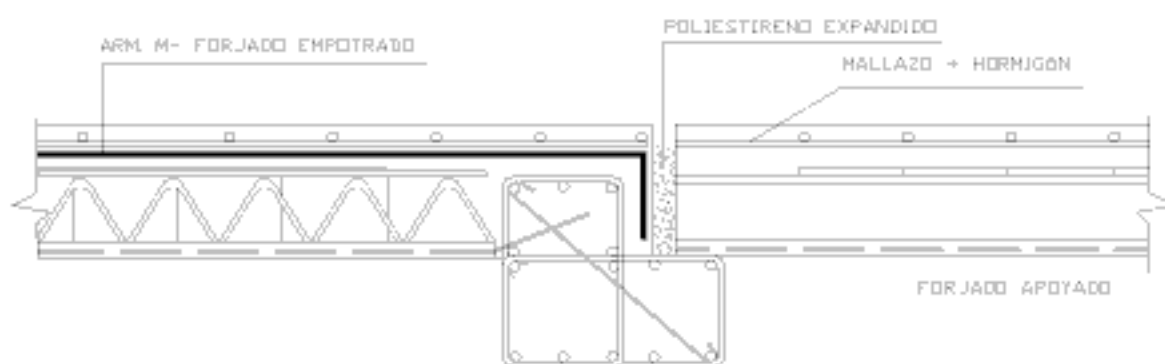
UNIÓN EN UNA MISMA JÁCENA DE UN FORJADO APOYADO Y OTRO EMPOTRADO

Para que ambos forjados queden nivelados por la parte superior sin utilizar perfiles metálicos, existen dos soluciones, según el ancho de la jácena.

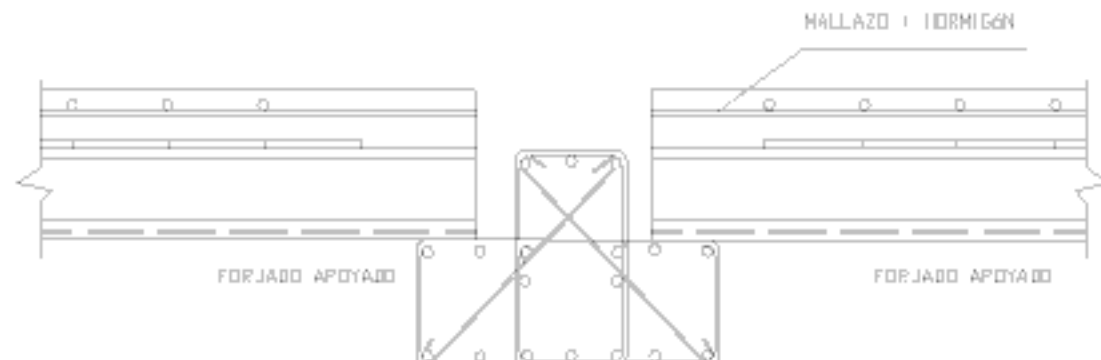
En caso de que la jácena sea suficientemente ancha para albergar ambos forjados, la disposición sería la grafiada en el dibujo siguiente, por una parte accede el forjado apoyado, y por el otro accede el forjado para empotrar, que enlazará al recrecido que se le efectúa a la jácena en dicha zona de empotramiento. Este recrecido se efectúa añadiéndole a la jácena horquillas y posteriormente colocándole 2 armaduras longitudinales de pequeño diámetro, colocadas en las esquinas superiores de dichas horquillas para anclar los negativos del forjado.



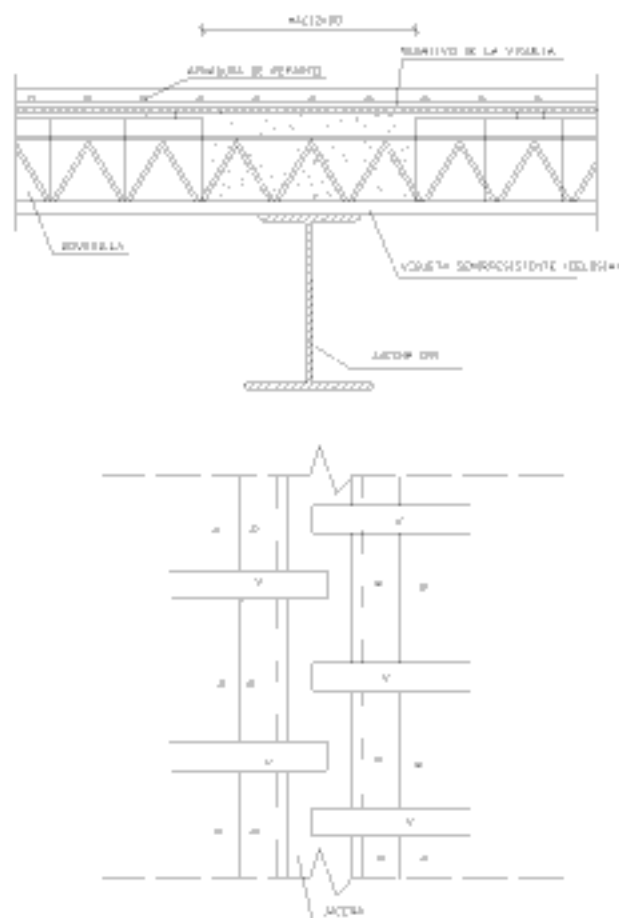
En caso de que la jácena no tenga ancho suficiente para albergar ambos forjados, tendríamos que armar la jácena en forma de L, con doble estribado y armado de cuelgue. Por cada lateral accede un forjado.



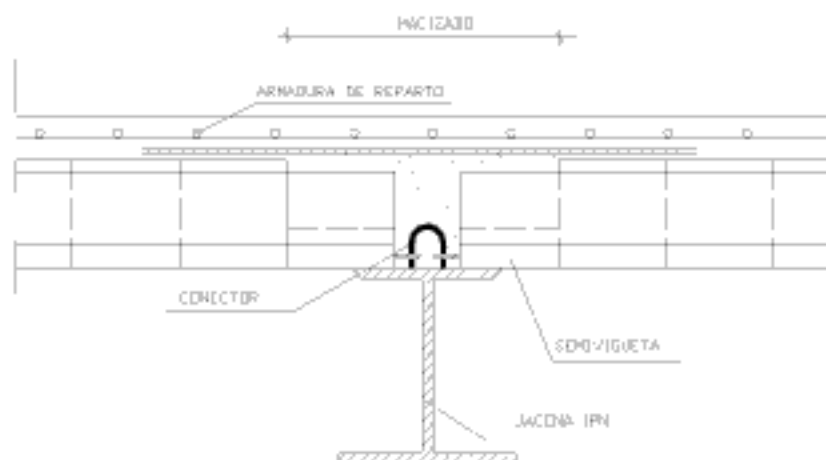
En caso de que sea necesario apoyar dos forjados y el ancho de la jácena no sea suficiente, podremos efectuarle un recrecido en cada lateral, armando la jácena con doble estribado y armado de cuelgue.



Hidden page



En el caso de utilizar viguetas prefabricadas con la armadura sobresaliendo por los extremos, se podrán enfrentar las viguetas y macizar con hormigón la zona de unión.

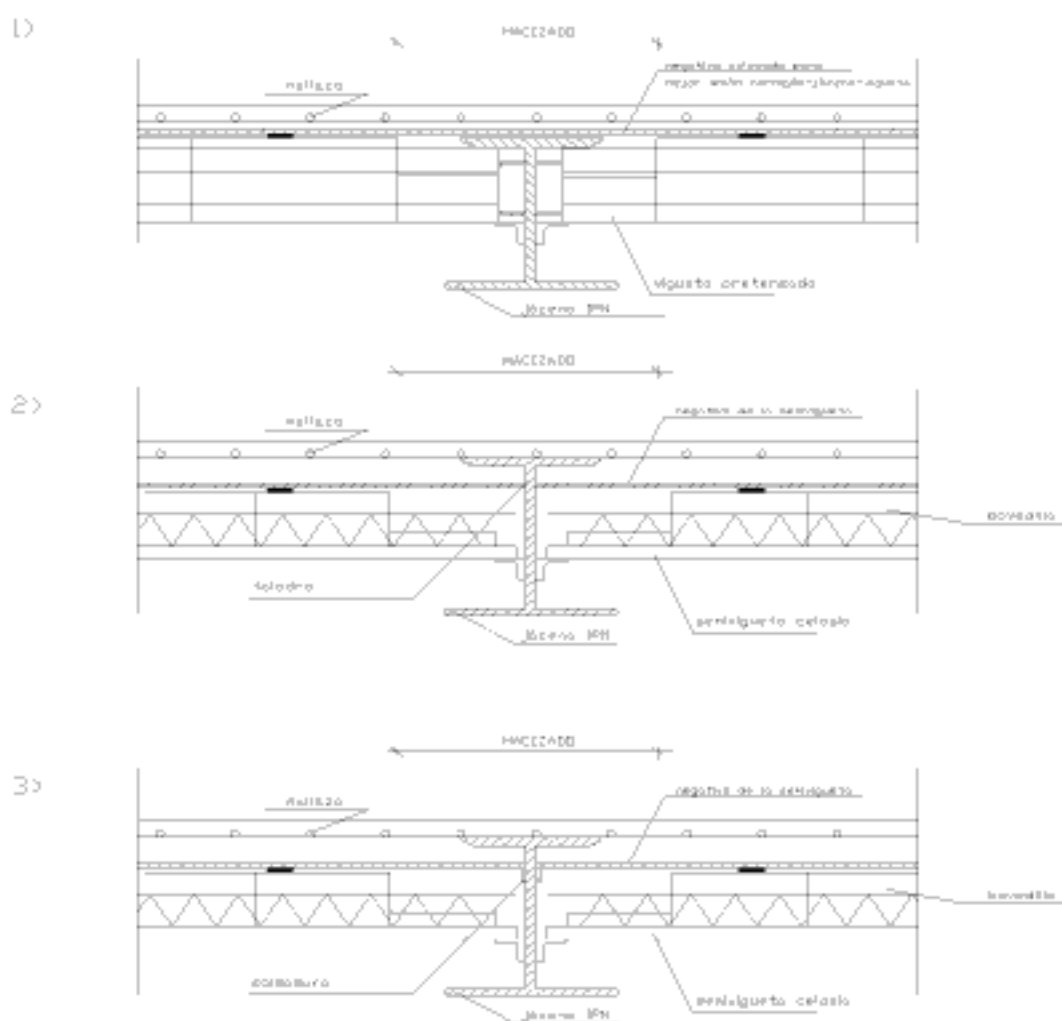


Hidden page

a).- Utilizar un angular metálico soldado al lateral de la jácena, que sirve de apoyo al forjado y colocarle armadura de momentos negativos para darle continuidad al mismo de cualquiera de las tres formas indicadas a continuación.

1. La armadura de momentos negativos pasa por encima de la jácena metálica.
2. Se le efectúa un taladro al alma de la jácena y por él se pasa la armadura de momentos negativos.
3. La armadura de momentos negativos se suelda, con patilla, a la jácena metálica.

En todos los casos es conveniente macizar con hormigón una zona a ambos lados de la jácena metálica, para mejorar la unión de ambos.



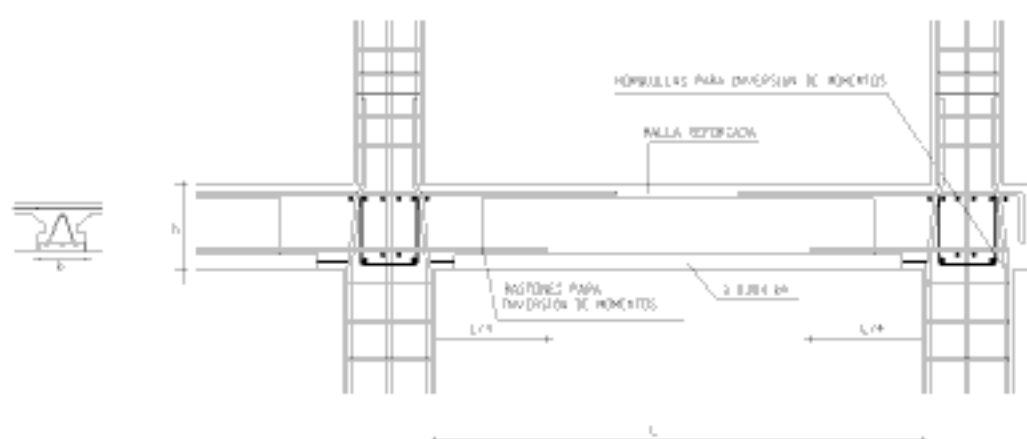
Hidden page

Hidden page

14.16. ESPECIFICACIONES CONCRETAS SOBRE FORJADOS EN LA NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE NCSE-02, APROBADA POR EL REAL DECRETO 997/2002, DE 27 SEPTIEMBRE.

Requisitos para forjados en zonas de aceleración sísmica igual o mayor de 0,16 g.

Los puntos en que un forjado unidireccional, bidireccional o losa, acomete perpendicularmente a un soporte extremo, deben tratarse como nudo extremo de pórtico, siéndole de aplicación las consideraciones ya señaladas para este caso en el apartado de vigas.



Requisitos de Forjados para $a_c \geq 0,16 g$.

En particular, las armaduras superiores dispuestas para soportar el momento debido a la acción sísmica en dirección perpendicular al borde del forjado, deberán disponerse en su totalidad sobre nervios o sobre macizados diseñados al efecto.

Los nudos interiores de soporte y losa, soporte y forjado reticular, o soporte y paño de forjado unidireccional deben considerarse como nudos interiores de un pórtico, siéndoles de aplicación las consideraciones expuestas para ese caso en el apartado de vigas.

Si se produce inversión de momentos en la dirección de las viguetas prefabricadas, se dispondrán bastones para garantizar el enlace a tracción inferior de los nervios a las vigas en un ancho de al menos $L/4$ a cada lado del soporte, siendo L la luz del tramo.

En los edificios con pantalla de rigidización, cuando la aceleración sísmica de cálculo sea igual o mayor de $0,16 g$, si la acción horizontal se canaliza a través del esfuerzo rasante en el plano de la capa superior del forjado, ésta tendrá como mínimo 5 cm. si hay bovedillas y 6 cm. si no las hay, incrementándose la armadura de reparto en un 50% respecto a lo establecido con carácter general.

14.17. TÉCNICA DE EJECUCIÓN DE LOS FORJADOS DE VIGUETAS.

- 1.- Encofrado y apuntalamiento (a nivel y a la altura correspondiente).
- 2.- Replanteo de ejes de viguetas (marcado sobre jácenas o encofrado) procurando que no entren viguetas en los pilares, especialmente si se trata de viguetas resistentes.
- 3.- Colocación de las viguetas en su sitio, comprobando su longitud para evitar colocar viguetas cortas.
- 4.- Colocación de sopandas y puntales centrales si se requieren.
- 5.- Colocación de las bovedillas, procurando dejar libres los extremos de las viguetas, para conseguir un buen hormigonado.
- 6.- Colocación de tapas de cartón o de otro a las bovedillas, para evitar que se llenen de hormigón. En caso de utilizar bovedillas con un lateral "ciego" no son necesarias estas tapas.
- 7.- Colocación de todas las armaduras: negativos (en la parte superior y bien atados), armadura de reparto, zunchos de borde, etc.
- 8.- Limpieza de residuos, cascotes, hierro, etc.
- 9.- Regar para quitar el polvo y humedecer.
- 10.- Hormigonar adecuadamente, vibrando, etc.
- 11.- Curado del hormigón.

14.18. FORJADOS DE LOSAS HORMIGONADAS "IN SITU".

Las losas, al igual que los forjados de viguetas, son desde el punto de vista resistente UNIDIRECCIONALES, es decir que se caracterizan por resistir a flexión en una sola dirección, dadas sus condiciones de apoyo y disposición de armaduras.

Las LOSAS MACIZAS O DE ESPESOR CONSTANTE se utilizan muy poco en edificaciones, ya que el cálculo da espesores muy reducidos con insuficientes propiedades aislantes, y si se va a espesores mayores, el peso aumenta de forma alarmante, haciendo antieconómico su empleo.

Suelen emplearse más las LOSAS NERVADAS, si bien hay que tener en cuenta que dichos nervios, colocados en la cara inferior, han de estar dimensionados para poder absorber las compresiones en las zonas de momentos negativos. Por esta misma razón se recomienda macizar los huecos junto al empotramiento o ensanchar los nervios mediante acartelamiento en el sentido horizontal.

Constructivamente los nervios son difíciles de realizar, por lo que se recurre a las LOSAS ALIGERADAS que esencialmente son losas nervadas con encofrado perdido, generalmente constituido por piezas cerámicas que permiten simplificar el encofrado y colaborar en la función resistente del conjunto. Estas losas aligeradas constituyen en realidad una solución de vigas en T múltiples.

Las LOSAS TRANSLUCIDAS son aquellas que tienen algunas piezas de pavés (vidrio translúcido) permitiendo el paso de la luz.

El armado de losas ya se estudió en temas anteriores.

Existen otros tipos de forjados losa, prefabricados en T, TT, U etc. cuyo estudio pormenorizado debe realizarse en asignaturas específicas de prefabricación.

Hidden page

TEMA 15.- FORJADOS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN ARMADO: VOLADIZOS.

15.1.-INTRODUCCIÓN.

Denominamos forjados en voladizo a todos aquellos recayentes en la parte exterior de la alineación de pilares, tanto en fachada como en patios, etc. y que sólo tienen apoyo en uno de los dos extremos, quedando el otro extremo volado.

Los voladizos, trabajan en ménsula, pudiendo estar empotrados en las jácenas o apoyados en ellas.

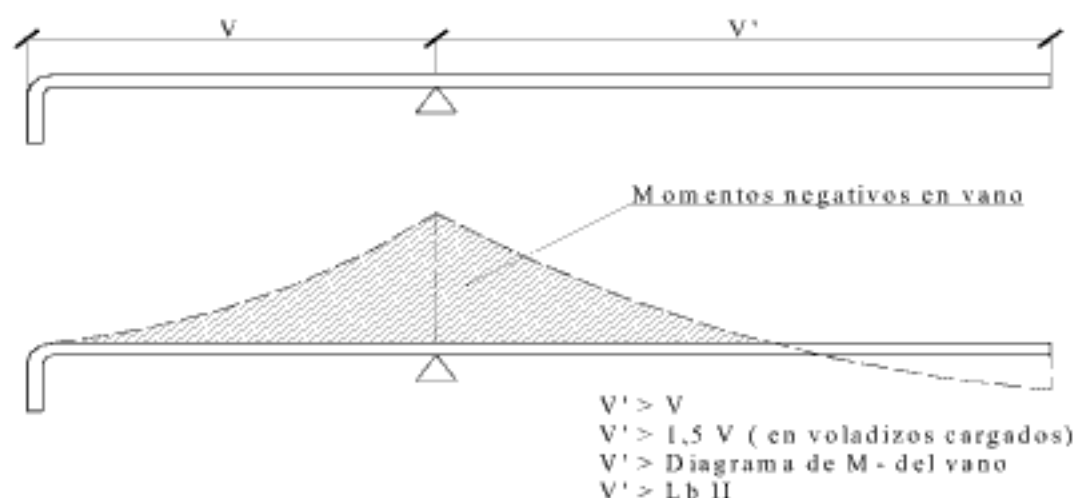
15.2.-PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA.

Cualquiera que sea el tipo de forjado empleado, los voladizos constituyen elementos singulares que requieren precauciones especiales, entre las que se pueden destacar las siguientes:

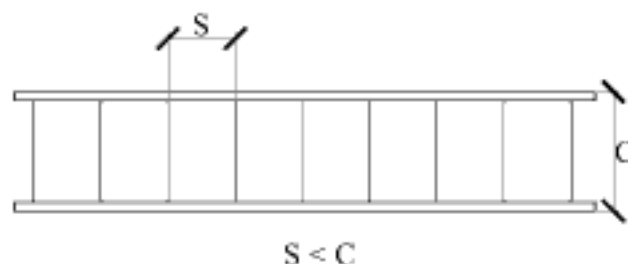
- 1.- Las armaduras necesarias para la absorción de momentos negativos deben colocarse en posición correcta y bien fijas, para que al hormigonar no pierdan el canto y produzcan la fisuración de la cara superior.



- 2.- Dichas armaduras deben prolongarse en el tramo inmediato al menos una longitud igual al vuelo, con objeto de evitar el peligro de vuelco. Y si el vuelo va a soportar en punta el peso del muro de cerramiento, habrá que aumentar dicha longitud de anclaje a 1,5 veces el vuelo, o bien adoptar disposiciones constructivas que lo garanticen. Además dicha longitud no será inferior a la necesaria para absorber el diagrama de momentos negativos existente en el vano interior, ni a la longitud de anclaje de la armadura en posición II.



- 3.- Debe disponerse siempre un zuncho de borde de voladizo, definido al menos por 2 redondos del 10 y estribos con separaciones inferiores al canto del zuncho ferrallado. Este zuncho de borde une los extremos de todas las viguetas y las puntas de todos los negativos de las viguetas y no tiene carácter resistente, sino solamente de atado.



Todos los forjados deben quedar bordeados por zunchos o por jácenas. El zuncho de borde o extremo de voladizo suele llevar 2 armaduras, aunque podría llevar 3 o 4.

Perimetralmente en el resto del forjado, en el contorno de todos los huecos, escalera, etc. en las zonas donde no existan jácenas se colocará un zuncho perimetral o de medianería, que irá más armado (4 barras como mínimo) y será más ancho, puesto que soportará cargas, tales como muretas de cerramiento, etc.

- 4.- Para poder absorber eficazmente las compresiones en la cara inferior, es recomendable macizar de hormigón dicha zona por lo menos hasta la cuarta parte del vuelo, ya que las viguetas no tienen suficiente sección de hormigón para absorber totalmente las compresiones.

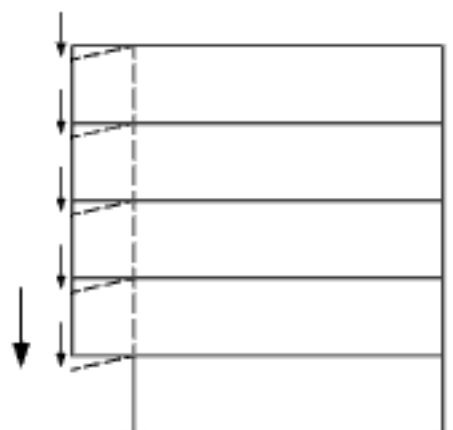
En los forjados apoyados, en la parte interior también debe macizarse una zona igual a la cuarta parte del vuelo, para compensar pesos. En los forjados empotrados la zona macizada, junto a la jácena de fachada, es de 10 cm. tal como recomienda la instrucción EFHE. La solución ideal para un voladizo es ejecutarlo con losa o placa maciza, y no emplear viguetas de hormigón.



- 5.- Se debe cuidar con todo rigor la limitación de flecha, sobre todo si el muro va a cargar en punta. Y con objeto de evitar que por deformación de los vuelos de las sucesivas plantas, se incrementen las cargas actuantes sobre los voladizos de las

plantas inferiores, el cerramiento debe construirse de arriba a abajo. En caso de hacerlo al contrario, debe dejarse un huelgo en la coronación del muro de cada planta, para cerrarlos a última hora cuando ya se han puesto en carga todos los voladizos, y con un mortero fácilmente deformable.

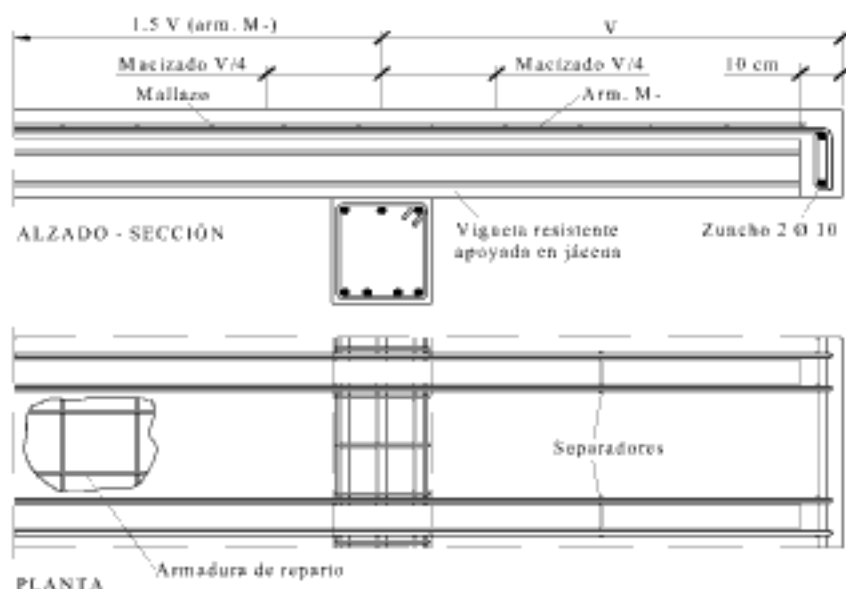
- 6.- También se puede tomar la precaución de calcular el primer forjado en voladizo, a unas sobrecargas mayores, teniendo en cuenta la sobrecarga por desplazamiento (flecha) de las plantas superiores.



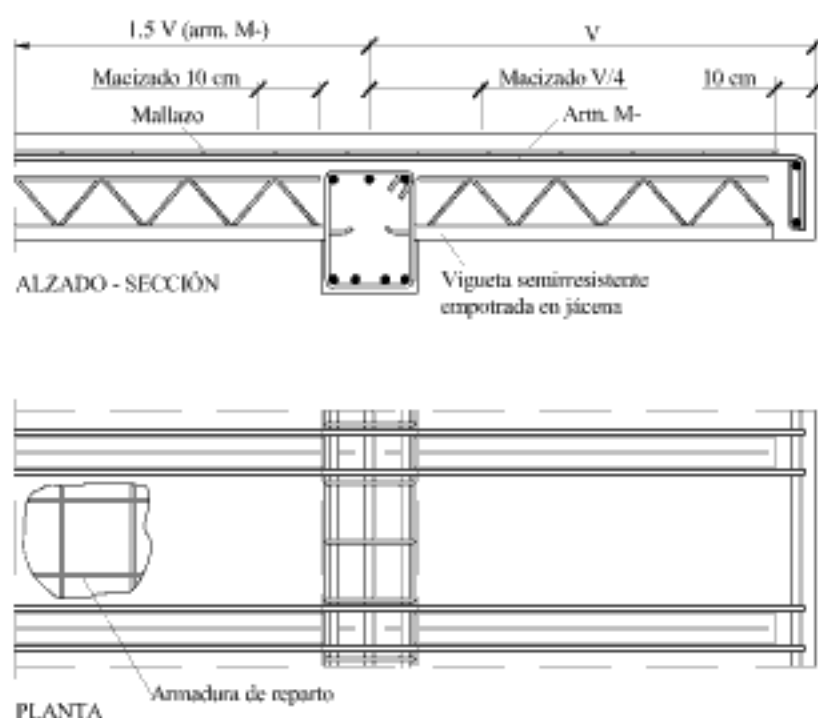
15.3.-VOLADIZOS DE FORJADOS DE VIGUETAS RESISTENTES Y SEMIRRESISTENTES.

15.3.1.-VOLADIZOS EN EL SENTIDO PRINCIPAL DE LA VIGUETA.

En el caso de **forjados apoyados**, el voladizo está formado por la prolongación de las mismas viguetas del forjado interior, siendo éstas de una pieza, y normalmente se utilizan viguetas resistentes, aunque también podrían utilizarse viguetas semirresistentes.



En el caso de **forjados empotrados**, se utiliza normalmente la vigueta semirresistente, y en los voladizos se colocan 2 viguetas independientes; una de ellas, la del vano empotrada en ambas jácenas y el trozo de vigueta del voladizo solamente tiene empotramiento en un extremo. Estas viguetas de voladizo deben estar enfrentadas a ambos lados de la jácena, tal como se detalla en el siguiente dibujo:



Se podrían utilizar viguetas de una sola pieza, pero resulta dificultosa su colocación cruzando las armaduras de la jácena y además podrían quedar coqueras debajo de las viguetas al hormigonar la jácena. Aparte de ello sería necesario desplazar muchos cercos de la jácena, por lo que normalmente se emplean 2 viguetas independientes.

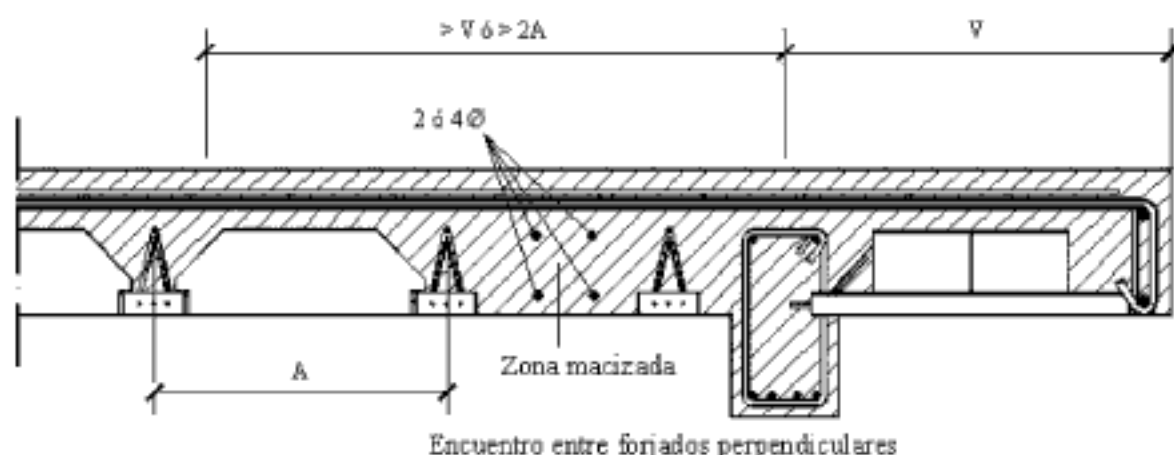
La armadura de momentos negativos, lógicamente, es de una sola pieza, correctamente anclada.

15.3.2.-VOLADIZO EN SENTIDO PERPENDICULAR A LA VIGUETA.

Vuelan las jácenas y las viguetas de forjado van colocadas paralelas a la fachada. Estas viguetas están colocadas en el voladizo del forjado, pero el tratamiento que reciben es idéntico al del forjado interior, puesto que **no vuelan dichas viguetas**.

En este caso, si no queremos que las vigas que vuelan sobresalgan por debajo del forjado y queden vistas, debemos adoptar la solución de utilizar vigas "planas", del ancho necesario, aunque en la parte interior la viga puede ser "de canto".

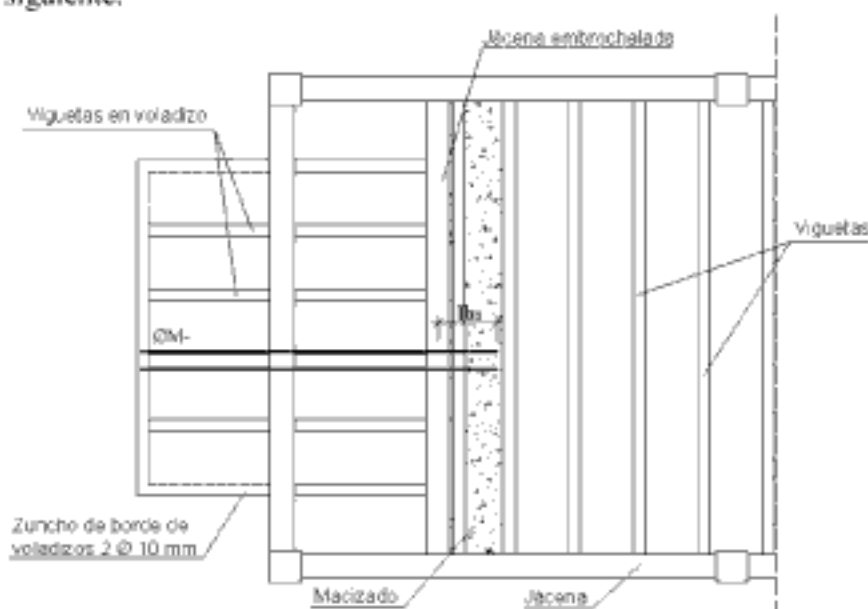
Hidden page



La disposición de macizar unas zonas cuando un voladizo acomete a otro perpendicularmente reduce considerablemente la torsión en la viga de apoyo.

Existe otra solución, más sencilla que la anterior, si la disposición estructural nos permite utilizarla.

Consiste en colocar una jácena embrochada paralela a la fachada, por la parte interior, a una distancia igual o superior al voladizo, y cambiar la dirección del forjado en esa zona, efectuando el voladizo en continuidad con las viguetas del interior, tal como se muestra en la figura siguiente.

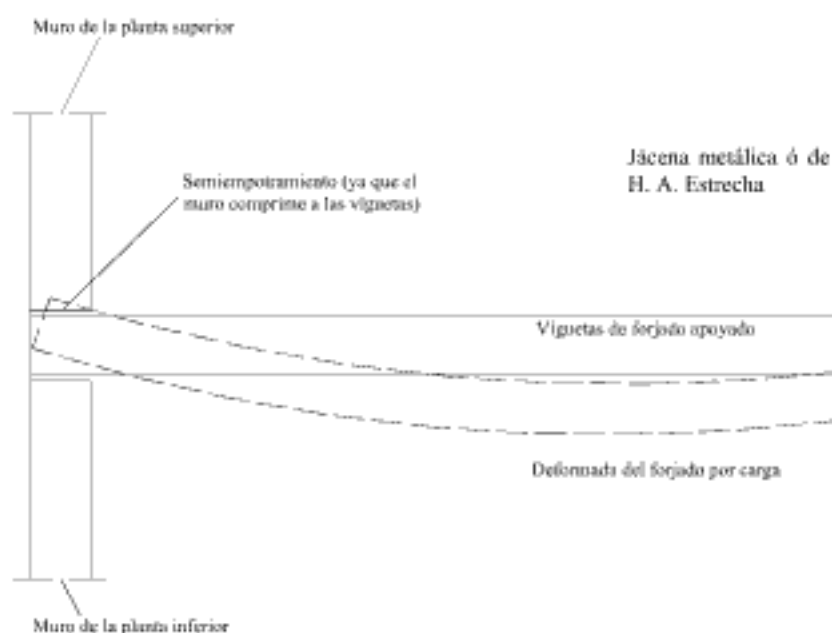


Para dar cumplimiento a la instrucción EFHE es necesario prolongar las armaduras de negativos del forjado (ϕM) más allá de la jácena embrochada una dimensión igual a la longitud de anclaje (l_{b0}), y macizar dicho vano

Hidden page

Cuando se utilizan viguetas semirresistentes, especialmente de las denominadas de "de zapatilla de hormigón y celosía" puede ocurrir que en sus apoyos, debido a la dificultad de colocación de bovedillas hasta sus extremos (imposibilidad de enfrentamientos de viguetas, etc.) los extremos de las viguetas quedan totalmente hormigonados. Esa continuidad del hormigonado, envolviendo totalmente a las viguetas, con gran cantidad de hormigón, podría producirles un semiempotramiento. En estos casos podría colocarse, si está justificado, armadura de momentos negativos, aunque en menor cantidad que en los casos de voladizos o de viguetas empotradas. En el detalle siguiente se aprecian estas circunstancias:

También necesitarán armadura de momentos negativos las viguetas apoyadas en muros de carga de varias plantas. Una vez construido el muro de la primera planta, apoyamos el forjado sobre el y una vez hormigonado el forjado continuamos construyendo muro encima del forjado y así sucesivamente. Cuando el forjado entre en carga y tienda a deformarse, el peso y carga del muro superior le van a impedir el giro de las viguetas, con lo cual quedarán como "semi-empotradas" necesitando, por tanto, armadura de momentos negativos.



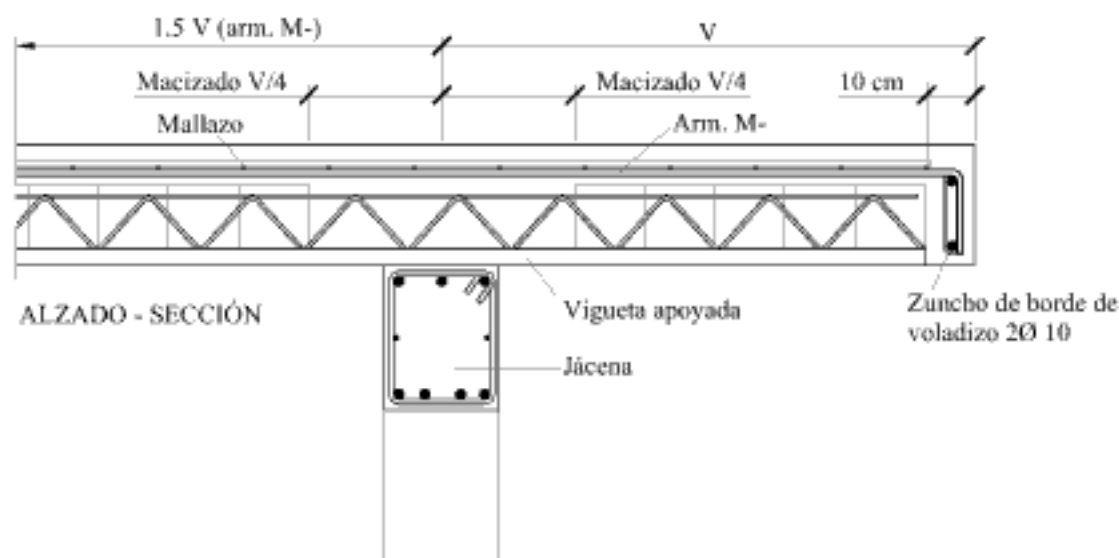
15.5.- DETALLES CONSTRUCTIVOS.

En las páginas siguientes se incorpora en primer lugar, como recordatorio, plano esquemático de la planta de una estructura, con la representación y definición de los elementos estructurales. A continuación se insertan detalles constructivos diversos, correspondientes a uniones de forjados con jácenas, perspectivas de voladizos, etc.

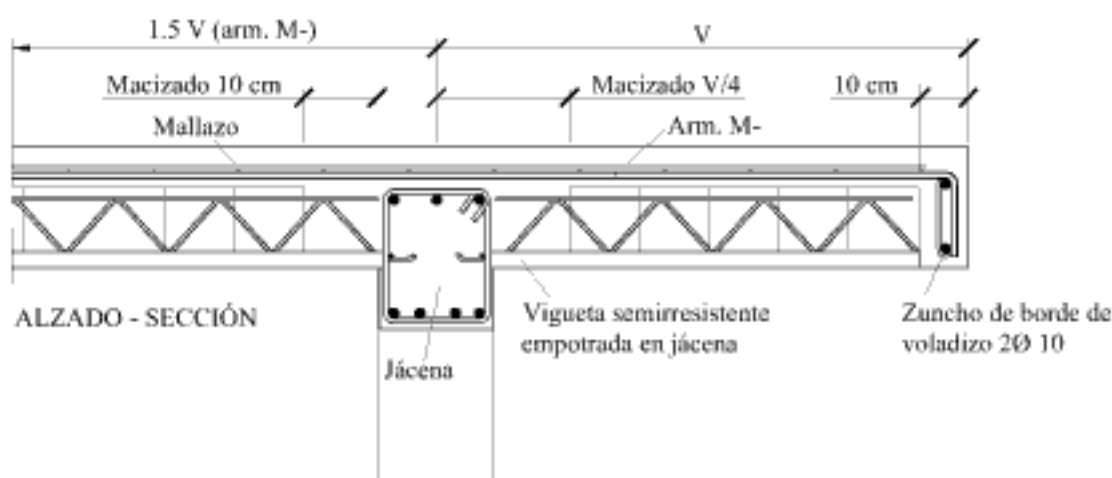
Hidden page

A continuación se detalla la unión de un forjado unidireccional con una jácena, en los casos de forjado apoyado y de forjado empotrado. Obsérvese que, en el caso de forjado apoyado en voladizo las viguetas son de una pieza, mientras que en el caso de forjado empotrado las mismas son de dos piezas. El zuncho de borde o perimetral puede ir armado con 2 o 4 barras. En estos detalles se han omitido las armaduras del pilar par mayor claridad

VOLADIZO DE FORJADO UNIDIRECCIONAL APOYADO EN JÁCENA.

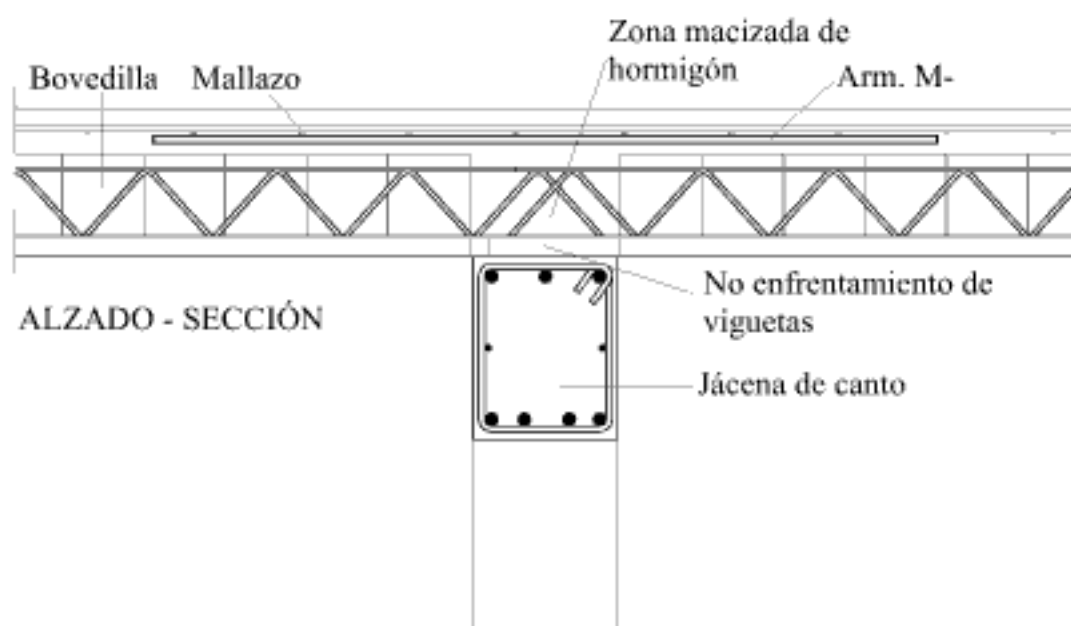


VOLADIZO DE FORJADO UNIDIRECCIONAL EMPOTRADO EN JÁCENA.

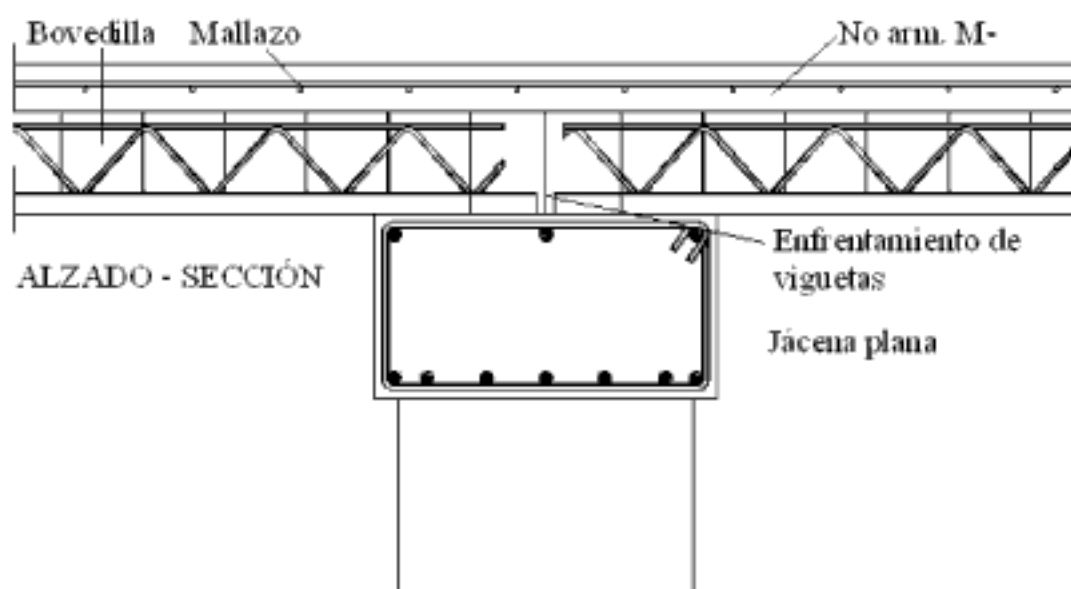


Obsérvese en las figuras siguientes que, al tratarse de un forjado apoyado, no lleva armadura de momentos negativos, pese a que siendo viguetas semirresistentes de zapatilla y celosía, en dichos apoyos puede formarse un semiempotramiento.

- APOYO DE VIGUETAS SEMIRRESISTENTES EN JÁCENA DE CANTO.

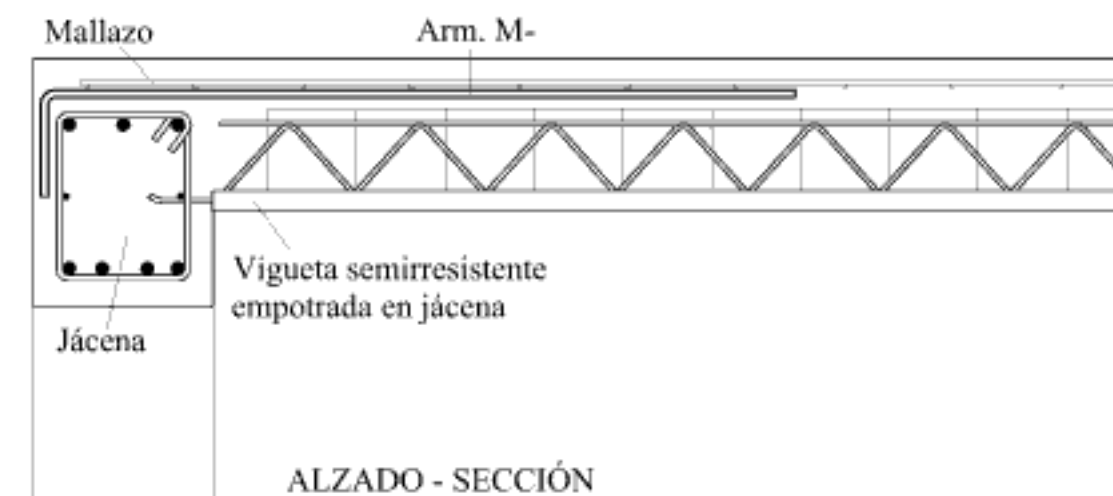


APOYO DE VIGUETAS SEMIRRESISTENTES EN JÁCENA PLANA

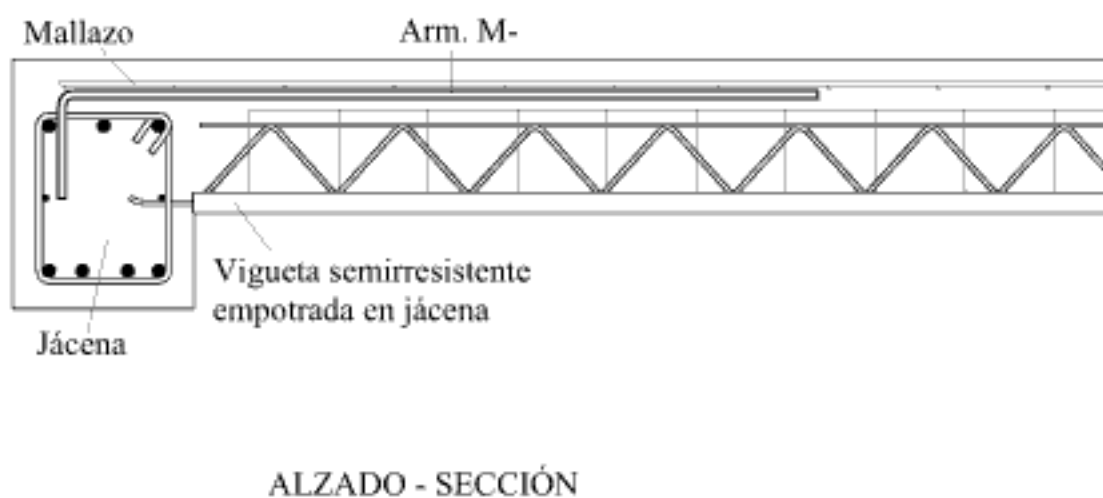


En los detalles siguientes se refleja la unión de un forjado de viguetas semirresistentes con jácena, en caso de jácena central y extrema. Nótese que en ambos casos dicho forjado lleva armadura de momentos negativos en los empotramientos, y que la misma va colocada debajo del mallazo, tal como recomienda la instrucción EFHE.

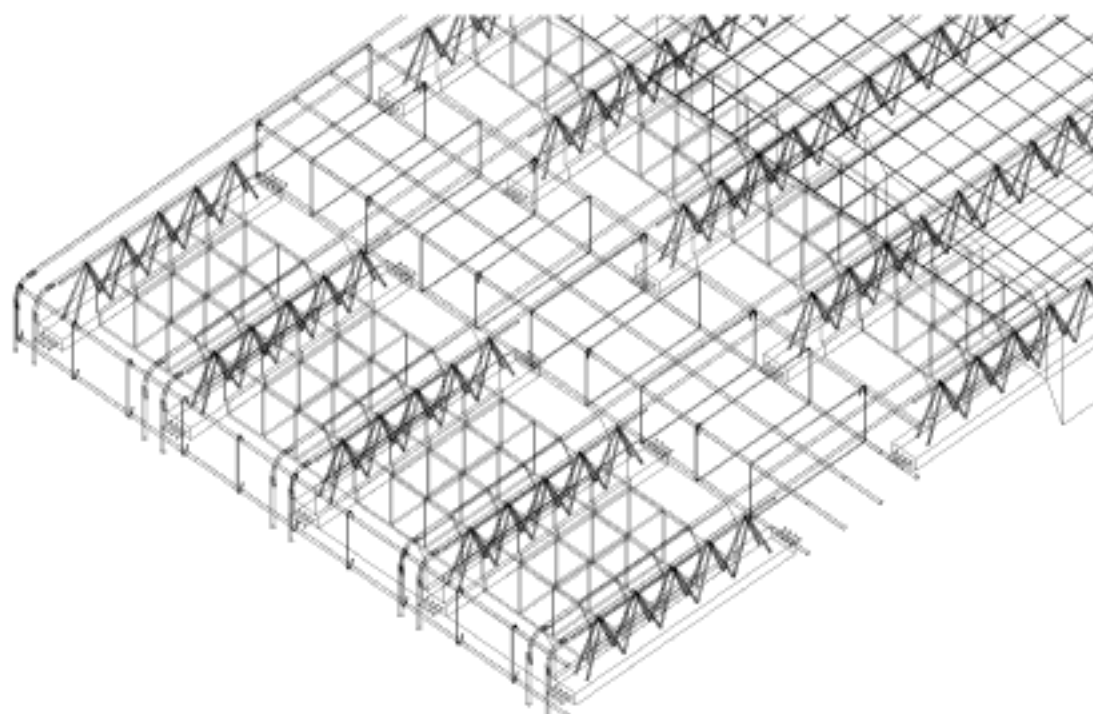
FORJADO EMPOTRADO EN JÁCENA EN ZONA EXTREMA.



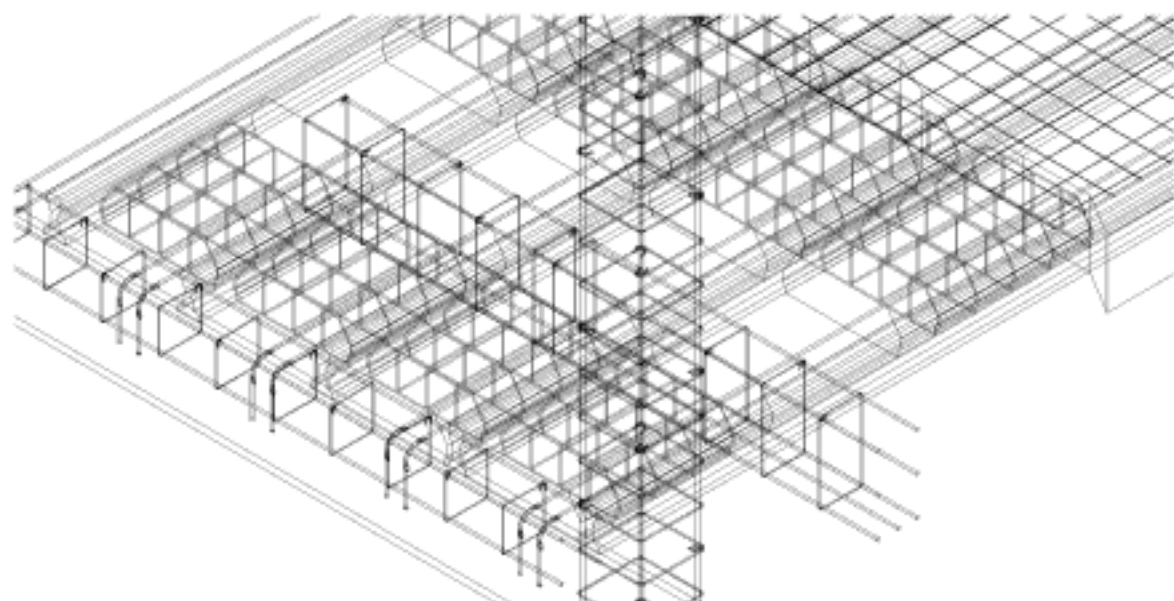
SI EL NEGATIVO ES MUY GRUESO Y EXISTE POCO RECUBRIMIENTO PUEDE DESPLAZARSE HACIA EL INTERIOR.



Hidden page



En la siguiente perspectiva, correspondiente a la unión de un forjado unidireccional de viguetas resistentes apoyadas en jácena de canto, se puede observar el correcto anclaje del armado de momentos negativos de las viguetas de forjado con el zuncho de borde, recordando que el mallazo llevará la máxima cantidad de armadura en la dirección perpendicular a las viguetas.



Al tratarse de un forjado de viguetas resistentes apoyado en jácenas, las viguetas de forjado son de una pieza. El anclaje de las armaduras de negativos de las viguetas va por la parte superior del zuncho de borde y el empalme del pilar está encima del forjado.

Hidden page

TEMA 16.- FORJADOS BIDIRECCIONALES PLANOS DE HORMIGON ARMADO.

16.1.-PLACAS. GENERALIDADES.

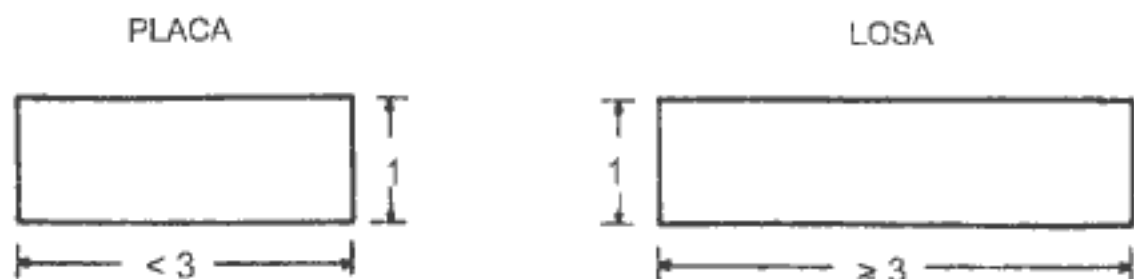
Las placas macizas son estructuras superficiales sometidas a flexión en las dos direcciones.

También incluyo en este apartado las placas nervadas, aligeradas y alveolares siempre que su comportamiento, en cuanto a rigidez se refiere, sea asimilable al de una placa maciza.

Para que un elemento bidireccional sea considerado como una placa, debe cumplirse que la luz mínima sea mayor que 4 veces el espesor medio de la placa.

Se incluyen en este apartado las placas sobre apoyos continuos o aislados.

Para que una placa trabaje como tal es preciso que no exista mucha diferencia entre las dos luces, ya que si no, la mayor rigidez de la luz menor hace que sea ella la que absorba la casi totalidad del momento. En cuanto la relación entre las luces es menos que 1/3 en realidad se comporta más como una losa que como una placa, salvo en las proximidades del borde.



16.2. TIPOS DE PLACAS.

Existen básicamente 2 tipos de placas:

- Placas sobre apoyos aislados.
- Placas sobre apoyos continuos.

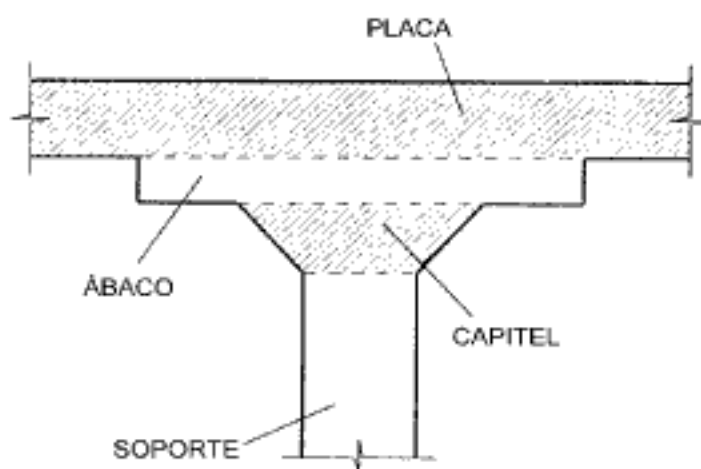
(I) Placas sobre Apoyos Aislados:

Son estructuras constituidas por placas macizas o aligeradas de hormigón armado, con nervios en dos direcciones perpendiculares que no poseen, en general, vigas para transmitir las cargas a los apoyos y descansar directamente sobre soportes de hormigón armado con o sin capitel.

Definición de sus elementos:

- **Capitel:** ensanchamiento del extremo superior de un soporte, que sirve de unión entre éste y la placa. Puede existir o no.
- **Ábaco:** zona de una placa alrededor de un soporte o de su capitel, que se resalta, o se maciza con o sin resalto si se trata de placas aligeradas. En las placas macizas puede no existir, y si existe, puede ir acompañado de capitel.

En las placas aligeradas, su existencia es preceptiva, pudiendo ir acompañado o no de capitel.



- **Recuadro:** zona rectangular de la placa, limitada por las líneas que unen los centros de 4 soportes continuos. Para una dirección dada, puede ser interior o exterior.
- **Luz:** distancia entre dos líneas paralelas y consecutivas de soportes. También se llama a cada una de las dimensiones l_1 y l_2 del recuadro.



- **Banda de soportes:** es una banda de forjado con ancho a cada lado del soporte igual a $0,25 l_2$. las bandas de soporte incluyen las vigas, en caso de existir.
- **Banda central:** es la limitada por dos bandas de soportes.
- **Pórtico virtual:** elemento ideal que se adopta para el cálculo de la placa según una dirección dada. Comprende una banda de soportes y dos semibandas centrales, una a cada lado.

Dimensiones:

Salvo justificación especial, el canto total de la placa no será inferior a los siguientes valores:

- Placas macizas de espesor constante $L/32$.
- Placas aligeradas de espesor constante $L/28$.

Siendo L la mayor dimensión del recuadro.

La separación entre ejes de nervios no superará los 100 cm, y el espesor de la capa de compresión no será inferior a 5 cm, y deberá disponerse en ella una armadura de reparto en malla.

La disposición de armaduras se ajustará al articulado general para Armaduras Pasivas.

Criterios de distribución de momentos en la placa:

Los criterios que se relacionan a continuación, no se incluyen para efectos de cálculo, sino simplemente para conocerlos y tenerlos en cuenta a los efectos de comprobación del armado del forjado reticular.

La distribución de momentos debido a cargas verticales, se realizará de acuerdo a los siguientes criterios:

Momentos negativos	En soporte interior	En soporte exterior
Banda de soportes	75%	100%
Banda central	25%	20%

Momentos positivos	En ambos casos
Banda de soportes	60%
Banda central	40%

Los momentos debidos a cargas horizontales deberán ser absorbidos en el ancho de la banda de soportes.

(2) Placas sobre Apoyos Continuos:

Este apartado hace referencia a placas o losas planas de hormigón armado sustentadas sobre apoyos continuos.

Salvo justificación en contrario, el canto total de la placa o losa no será inferior a $l/40$ o 8 cm, siendo l la luz correspondiente al tramo más pequeño.

La disposición de armaduras se ajustará a lo prescrito en el articulado general sobre Armaduras Pasivas.

Para losas rectangulares apoyadas en dos bordes se dispondrá, en cualquier caso, una armadura transversal paralela a la dirección de los apoyos calculada para absorber un momento igual al 20% del momento principal.

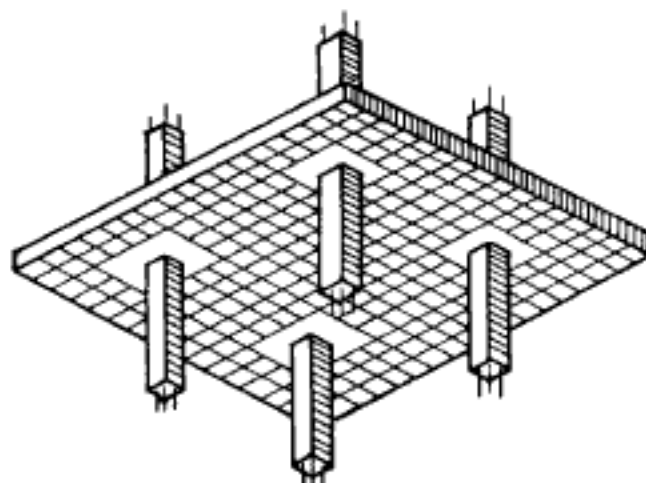
16.3.-DESCRIPCION BASICA DEL FORJADO RETICULAR.

Las placas reticuladas o nervadas se consiguen mediante encofrados recuperables o perdidos de tipo casetón, que permiten la obtención de nervios de hormigón armado en las dos direcciones.

Normalmente el forjado reticular se incluye en el grupo de *Placas sobre Apoyos Aislados*.

El forjado reticular pertenece a la familia de las losas de hormigón armado, no homogéneas, aligeradas y armadas en dos direcciones ortogonales.

La estructura así formada, admite que sus flexiones puedan ser descompuestas y analizadas según las direcciones de armado, y forma con los soportes un conjunto estructural espacial, capaz de soportar las acciones verticales muy adecuadamente y las horizontales razonablemente bien.

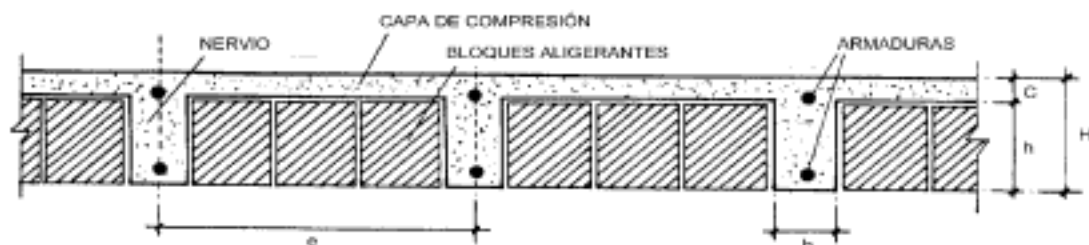


Los forjados reticulares no suelen presentar vigas acusadas en su configuración, por consiguiente pertenecen al grupo de los llamados forjados planos.

Los parámetros básicos que definen las características del forjado reticular son:

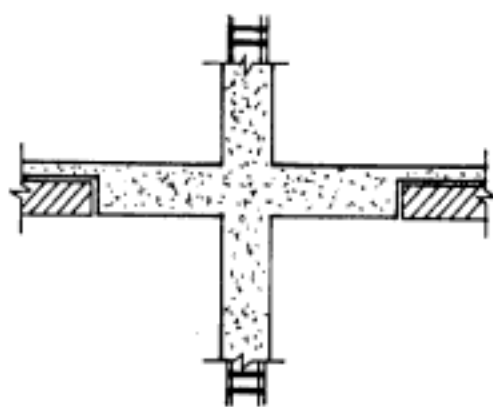
- separación entre ejes de nervios (e).
- espesor de la base de los nervios (b).

- canto total de la placa (H).
- altura del bloque aligerante (h).
- espesor de la capa de compresión (c).

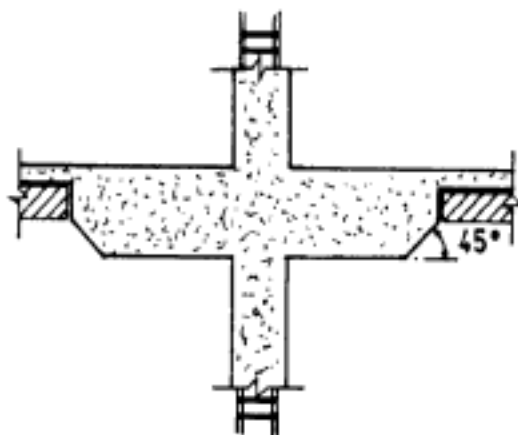


SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA ZONA ALIGERADA DE UN FORJADO RETICULAR

En los forjados reticulares y alrededor de los pilares, se prescinde de los bloques aligerantes y la placa pasa a ser maciza. Esta zona maciza a través de la cual la placa se apoya sobre los pilares, recibe el nombre de **Ábaco**. El ábaco suele estar embebido normalmente en el espesor de la placa y, tan sólo para luces elevadas o cargas grandes, se diseña acusado inferiormente bajo la misma forma recta o biselado a 45°.

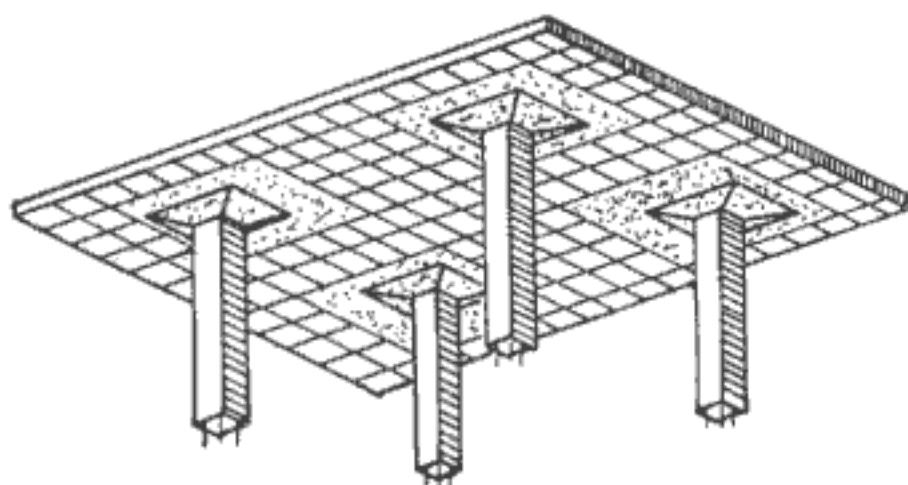


ÁBACO NORMAL



ÁBACO ACUSADO
PROPIO DE LUCES Y CARGAS ELEVADAS

Para reducir el riesgo de punzonamiento, en ocasiones, suele ensancharse la cabeza del pilar en su unión con el ábaco. Ese ensanche del pilar recibe el nombre de **Capitel**.



FORJADO RETICULAR CON CAPITELES Y ÁBACOS EMBEBIDOS

El capitel carece de sentido cuando el ábaco se encuentra acusado por debajo de la placa. Debido, además, a las dificultades que presenta su ejecución, especialmente su encofrado, su uso se ha reducido a casos muy especiales.

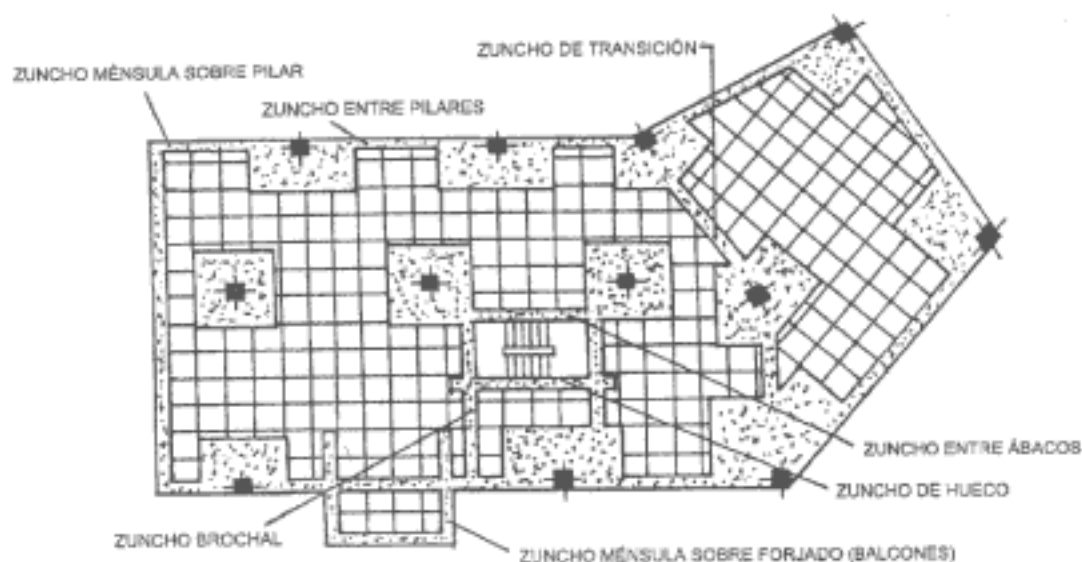
Son elementos de vital importancia en el forjado reticular **los Zunchos Perimetrales y los Zunchos de Borde de los Huecos.**

Los zunchos de borde, normalmente suelen ir embebidos en el espesor de la placa, con una base de 25 a 30 cm. y sólo se asoman por debajo de la misma cuando es preciso salvar localmente vanos de gran luz cuyas deformaciones pueden dañar la tabiquería.

Los zunchos de borde son los únicos elementos dentro del forjado reticular que van estribados con cercos de diámetro 6-8. El resto de la armadura, ya está dispuesta en ábacos o en nervios, va flotando sin estribos dentro del hormigón. En casos de grandes luces y sobrecargas elevadas, se acude a los cercos y barras inclinadas a 45° para resistir el punzonamiento sobre los pilares y la cortadura en los nervios (armaduras y crucetas de punzonamiento).

Cuando la planta del forjado presente geometrías irregulares, puede recurrirse a colocar zunchos de transición, que sirven de enlace entre el reticular de ambos lados. Con ello conseguimos que el replanteo de nervios pueda efectuarse paralelo a las caras del solar, evitando zonas irregulares y casetones incompletos.

En la figura siguiente vemos estos zunchos, observando que con los mismos "se destrozan" menos casetones que sin ellos.

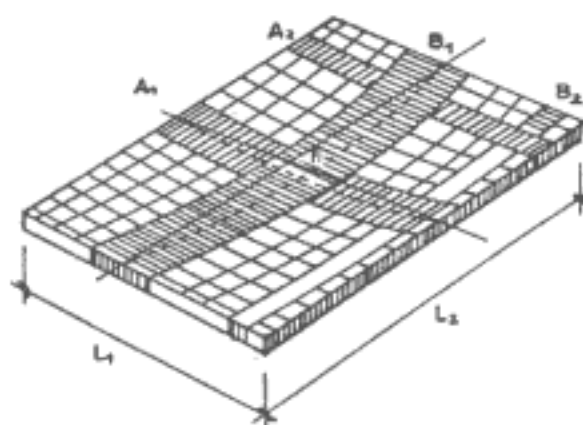


TIPOLOGÍA DE LOS ZUNCHOS QUE APARECEN EN LOS FORJADOS

16.4.-FORMA DE TRABAJO DE LOS FORJADOS RETICULARES.

FLEXIÓN.

Si tomamos una placa rectangular apoyada en su contorno, sometida a una carga uniforme, y la dividimos en franjas, vemos que se curvan en dos direcciones principales, debido a los momentos existentes y por tanto, debe armarse en ambas direcciones para resistirlos.



PLACA APOYADA EN SU CONTORNO SOMETIDA A UNA CARGA UNIFORME DE t/m

En los forjados reticulares apoyados sobre pilares, a diferencia de la placa rectangular apoyada en su contorno, las flexiones mayores se producen en el sentido de la luz mayor, y es característica esencial de los mismos que la carga total debe ser resistida íntegramente por los nervios en las dos direcciones establecidas.

Hidden page

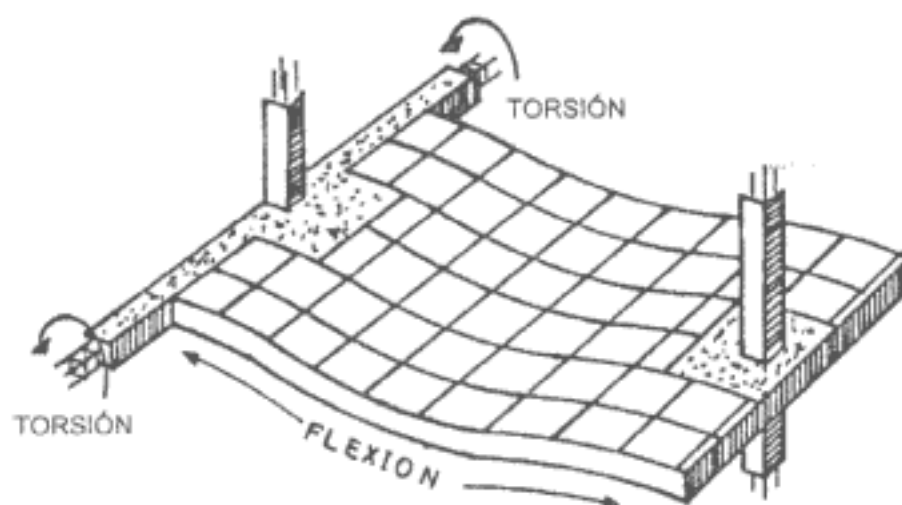
En las alineaciones de los ejes de los pilares existe una franja que soporta mayor carga. Es como si existiesen unas vigas teóricas uniendo los ejes de los pilares, formando las cuadrículas necesarias para el apoyo de la placa o forjado reticular.

TORSIÓN.

La torsión existente en los extremos de forjados reticulares debe tenerse presente, pese a que parte de los calculistas prescinden de ella.

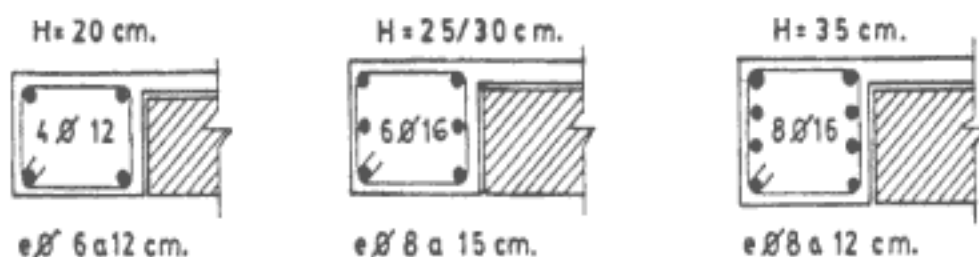
La torsión sólo la tendremos presente en los zunchos de borde entre pilares. Cuando éstos no están situados entre pilares podemos prescindir de la torsión al encontrarse la placa volada y trabajando cómodamente.

Los zunchos de borde bien dimensionados a flexión y preparados para resistir torsiones, empotran mejor el forjado en los pilares, reduciendo sus deformaciones elásticas.



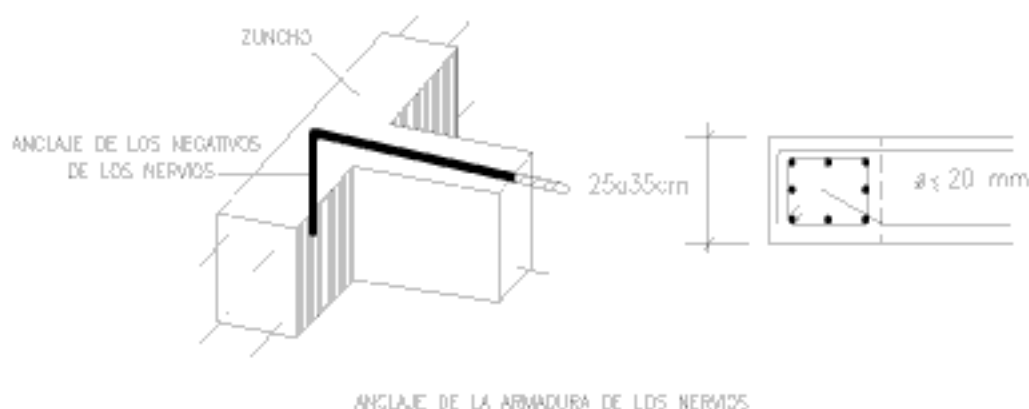
A los zunchos de borde (vigas perimetrales) debe colocársele la armadura a flexión que le corresponda como nervio de la banda de soportes, más la necesaria para resistir las cargas de cerramiento que incidan directamente sobre los mismos.

Al margen de la armadura anterior, en ocasiones, es necesario añadir una armadura lateral, para torsión, que según el criterio de la NTE-EHR, en función del canto de la placa, es del siguiente modo:



Esas armaduras laterales para la torsión no es imprescindible que lleguen de extremo a extremo de los zunchos. Cuando estudiemos el armado de los zunchos entre pilares veremos detalladamente esta cuestión.

Los zunchos de borde planos son incapaces de anclar armaduras por encima de diámetro 20 mm (longitudes de anclaje insuficientes).



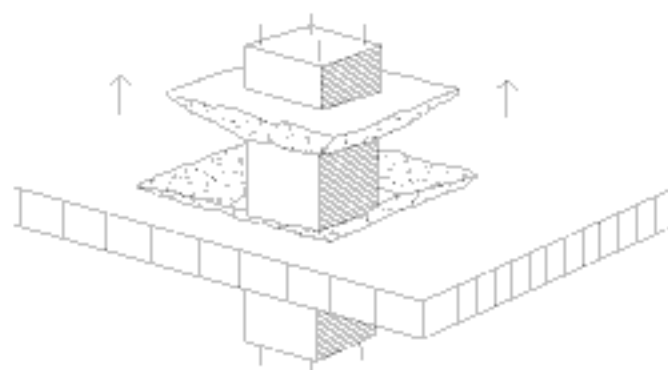
EL PUNZONAMIENTO EN LOS FORJADOS RETICULARES.

El punzonamiento es el aspecto más importante del comportamiento de un forjado reticular.

Las roturas por punzonamiento se presentan bruscamente y sin previo aviso, siendo sus consecuencias trágicas. Para evitarlo deben elegirse cantos grandes para las placas, aumentar el tamaño de los pilares y evitar que se colocan huecos para bajantes e instalaciones en las proximidades de los pilares.

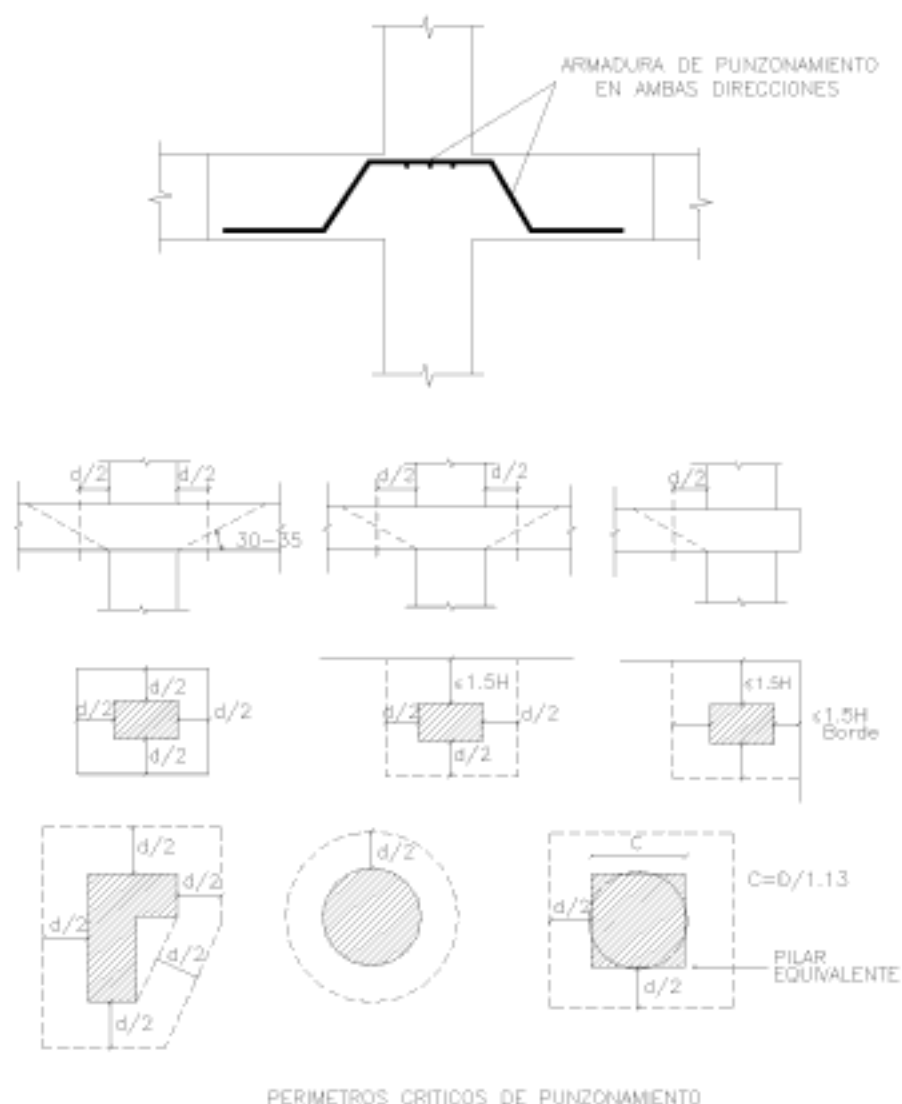
La rotura por punzonamiento de una placa sobre un pilar, se produce según una superficie tronco-piramidal que arranca sensiblemente del mismo con una inclinación comprendida entre 30 y 35.

La mayoría de las normas admiten que la sección crítica de punzonamiento, que debe comprobarse a cortadura es vertical, situada concéntricamente con el soporte o con el capitel si existiera, y a una distancia igual a la mitad del canto útil de la placa.



ROTURA TRONCO-CÓNICA POR PUNZONAMIENTO

La armadura para evitar el punzonamiento la veremos más adelante. No obstante, para clarificar su misión, se adjunta una sección esquemática de un ábaco con la armadura de punzonamiento en ambas direcciones.



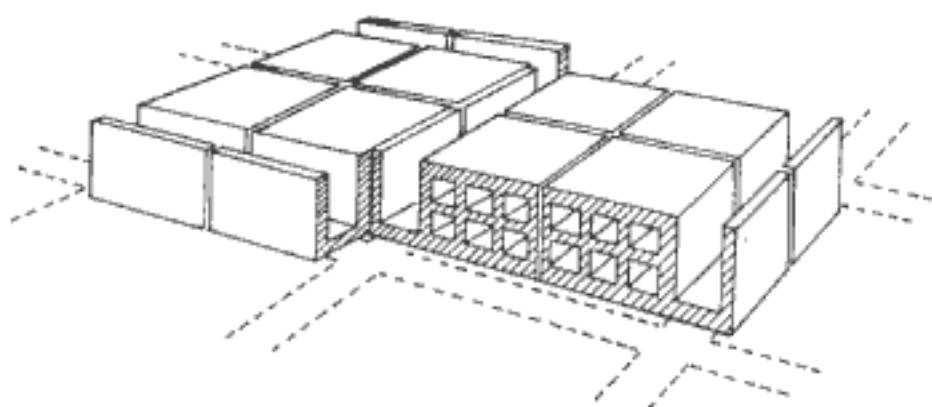
16.5.-TIPOS DE FORJADOS RETICULARES.

Prescindiendo de las casas comerciales suministradoras de los elementos necesarios para construir los forjados reticulares, que pueden inducir a pensar que existen una gran variedad de los mismos, en realidad, sólo existen dos tipos que pueden diferenciarse de forma clara:

- Forjado reticular con bloque aligerante perdido.
- Forjado reticular aligerado con casetones o cubetas de plástico, recuperables.

La diferencia básica notable que existe entre las diversas patentes de los forjados reticulares, reside exclusivamente en el tipo de bloque aligerante que emplean y en muy poco más.

Ha quedado prácticamente en desuso la construcción de forjados reticulares con bloques aligerantes cerámicos, debido a las dificultades de fabricación y costo.



FORJADO RETICULAR CON BLOQUES ALIGERANTES CERÁMICOS

El forjado reticular más construido es aquel que posee un entre-eje en los nervios de 80 cm. y un espesor de los mismos de 10 cm., lo cual exige una cuadrícula de aligeramiento de 70x70 cm. formada por bloques diversos.

El aligeramiento de 70x70 suele realizarse con bloques perdidos de hormigón en número de tres, cuatro y seis piezas. La mayoría de las estructuras se están resolviendo empleando bloques aligerantes (4 ó 6 piezas) fabricados con un hormigón clásico de árido fino. También puede realizarse con bloques de poliestireno expandido, con lo cual se consigue reducir el peso y aumentar el aislamiento.

Estos forjados con aligeramiento perdido suelen emplearse en la construcción de viviendas, mientras que los de casetones recuperables, que estudiaremos seguidamente, se suelen utilizar en garajes, locales industriales, etc.

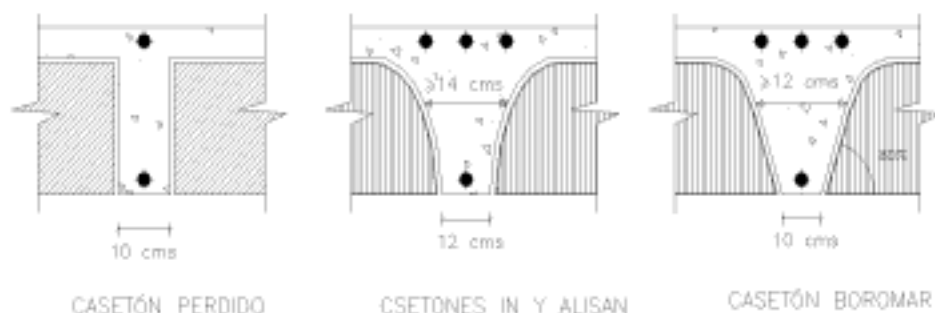


CASETONES ALIGERANTES HABITUALES FORMADOS CON DIVERSOS TIPOS DE BLOQUES DE HORMIGÓN

Normalmente, para igualdad de cargas a soportar, resultan más económicos los forjados de cubetas o casetones recuperables que los de bloques perdidos.

La segunda tipología de forjados reticulares es la derivada de emplear casetones recuperables de plástico.

El forjado se ejecuta disponiendo unas cubetas de plástico, o bañeras, que se retiran una vez fraguado y endurecido el hormigón, resultando unas oquedades muy vistosas y agradables visualmente. El empleo de estos forjados está reducido al ámbito de garajes, sótanos, edificios industriales y obras especiales de gran luz y elevada sobrecarga de servicio.



ANCHURA COMERCIAL DE LOS NERVIOS MÁS HABITUALES DE LOS FORJADOS RETICULARES

Los nervios que se originan en los forjados reticulares con moldes recuperables son de mayor sección que los de bloques perdidos de hormigón y su forma estructural es netamente superior.

La necesidad de facilitar el desmoldeo, obliga a emplear piezas abovedadas que permitan ser retiradas con sencillez y por ello, que los diseños de las piezas comerciales actualmente en el mercado, proporcionan indirectamente secciones estructurales armónicas y muy resistentes.

En el replanteo del forjado reticular de cubetas o casetones hay que tener en cuenta que en el mercado hay disponibles solamente casetones enteros y medios casetones.

16.6.-GEOMETRÍAS BÁSICAS DE LOS ELEMENTOS DEL FORJADO RETICULAR.

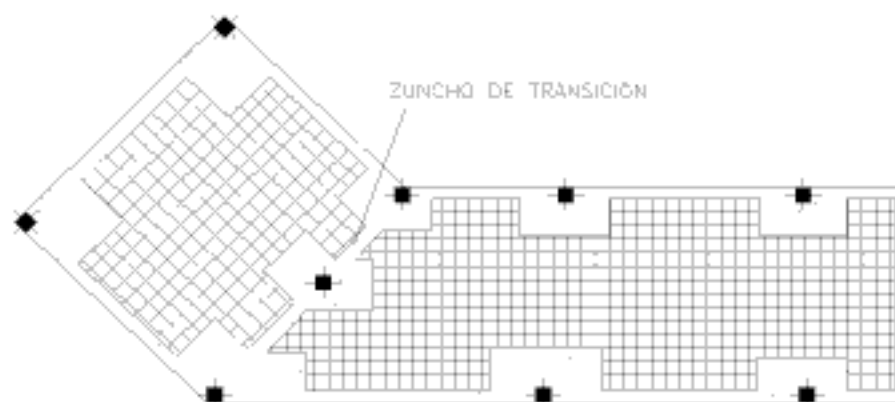
Las dimensiones mínimas de los elementos que forman parte de una estructura con forjado reticular vienen normalmente especificadas en los códigos de la construcción, siendo en general las siguientes.

ENTRE-EJES.

La Norma exige que la separación de nervios no debe exceder de 1 metro. El entre-eje comercial más extendido es el de 80 cm. en ambas direcciones.

NERVIOS.

La modulación ortogonal de los nervios viene impuesta por la geometría que presente la planta del edificio, y debe hacerse de forma que resulte un trazado lo más constructivo y estructural posible. Frecuentemente es necesario disponer un zuncho de transición en la planta y cambiar la dirección de los nervios para obtener una modulación armónica y sencilla de replantear en obra, reduciéndose al mínimo los excesos de hormigón que se originan en los bordes cuando no existe paralelismo entre éstos y los nervios.

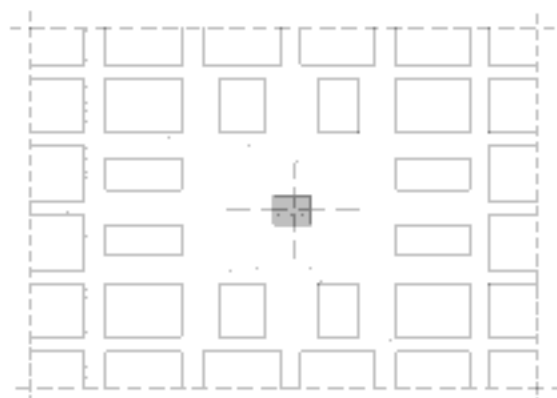


MODULACIÓN DE NERVIOS EN PLANTA QUEBRADA

La anchura de los nervios no debe ser inferior a 7 cm. ni a la cuarta parte del canto de la pieza aligerante, según la normativa vigente.

La mayoría de los forjados reticulares con bloques aligerantes, se están construyendo con nervios de ancho 10 cm., valor éste que está demostrando ser el ideal, por el magnífico comportamiento que presentan los mismos frente a la flexión y al cortante.

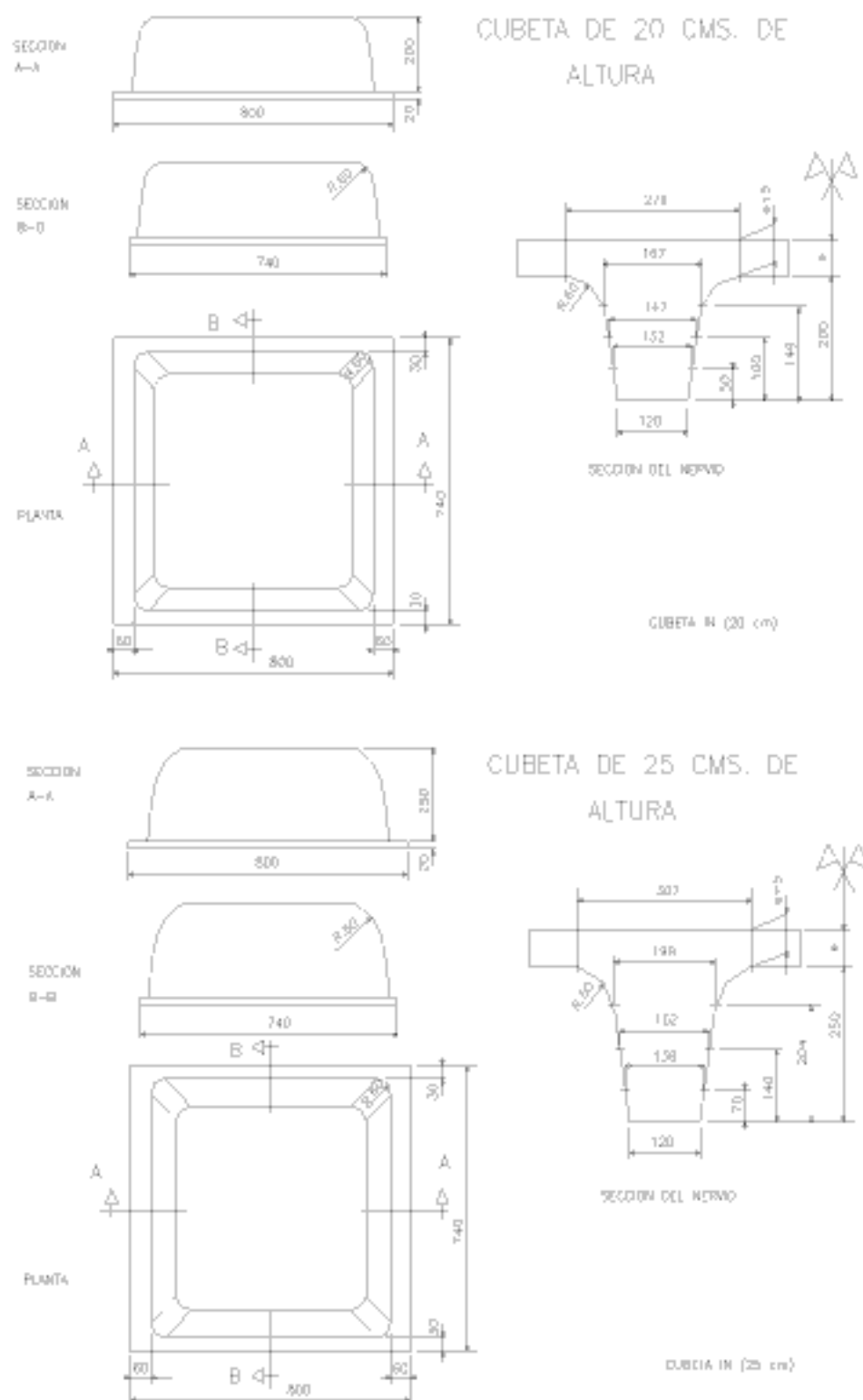
Cuando los forjados deban soportar cargas muy elevadas (jardines, materiales almacenados, etc.) problemas de cortadura obligan a ensanchar los nervios en las zonas próximas a los ábacos. La solución más cómoda para ello, es retirar algunos bloques de los casetones de aligeramiento, con lo cual, los nervios pasarán a tener un ancho aproximado de 33 cm. sin necesidad de alterar la modulación general de los nervios en el resto de la placa.



NERVIOS ENSANCHADOS RETIRANDO BLOQUES DE ALIGERAMIENTO POR PROBLEMAS DE CORTADURAS

El ancho y forma de los nervios que se obtienen empleando casetones recuperables, son sensiblemente de mayor entidad que los citados anteriormente.

A continuación reproducimos como referencia de geometría y secciones de cubetas y nervios, de una de las casas comerciales más introducidas en el sector.



Hidden page

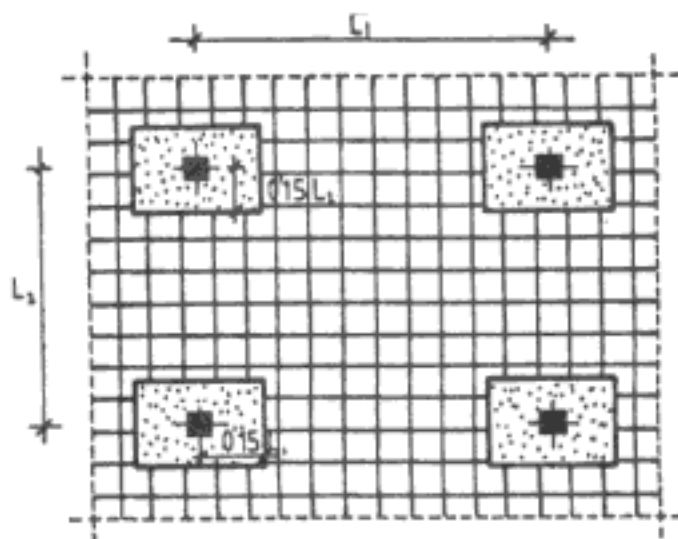
Hidden page

ÁBACOS.

La zona maciza alrededor de los soportes recibe el nombre de ábaco y tiene por misión fundamental canalizar al soporte las cargas que reciben de los nervios, y resistir la cortadura de punzonamiento.

El tamaño del ábaco para pilares convencionales lo fija la Norma de la siguiente forma:

La distancia del borde del ábaco al eje del soporte deberá no ser menor que 0,15 de la luz correspondiente del recuadro considerado". Las Normas Tecnológicas hablan de 1/6 de la luz, es decir 0,166 de la luz.

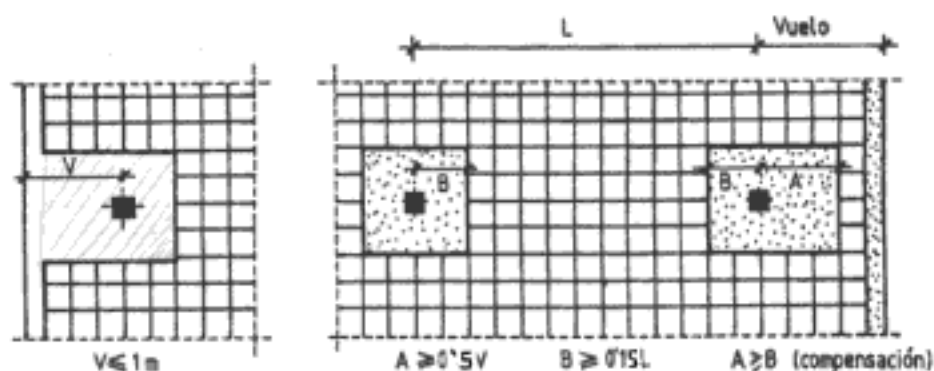


TAMAÑO DE ÁBACOS SEGÚN LA NORMA

Cuando el pilar es de borde y existe voladizo, las normas no dicen nada de la dimensión que debe poseer el ábaco en el sentido del vuelo. Es conveniente que en el vuelo la dimensión del ábaco sea mayor o igual que por el interior (compensación).

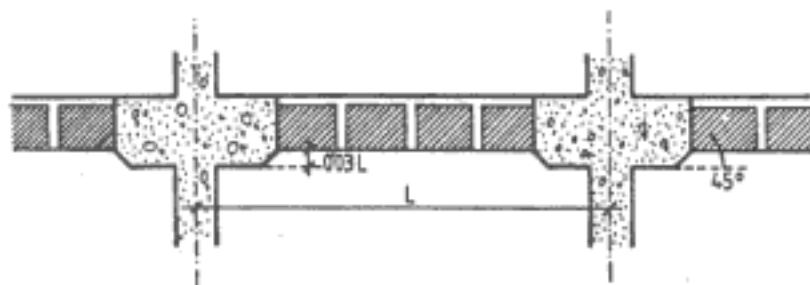
Para voladizos que no superen el metro, es aconsejable llevar el ábaco hasta el extremo del vuelo.

Los criterios aconsejables que deben tenerse en cuenta en el dimensionado de los ábacos volados son los siguientes:



CRITERIOS DE DIMENSIONADO EN ÁBACOS VOLADOS

Cuando las luces y cargas de cálculo sean elevadas, puede resaltarse el ábaco de la placa un espesor aproximado igual a $0,03 L$ y biselar los bordes a 45° para que la transición de esfuerzos de los nervios al mismo sea suave.



ÁBACOS RESALTADOS. CRITERIO PARA DIMENSIONAR EL RESALTADO

PILARES.

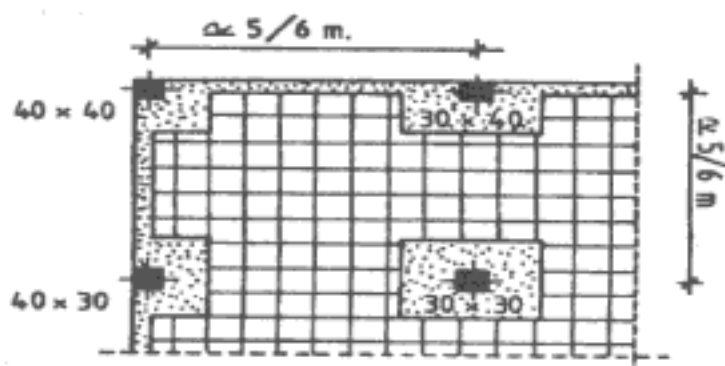
El tamaño de los pilares, al margen de la carga vertical que reciben y que lógicamente determina su sección para que no exista agotamiento, deben cumplir unos requisitos particulares, por el mero hecho de proyectar la estructura con forjado reticular.

La Instrucción fija el tamaño mínimo de los pilares en 25×25 cm. Esta dimensión es válida en el forjado reticular si se trata de pilares centrales, con luces compensadas y con cargas características inferiores a las 20 t. y siempre que no existan huecos de bajantes próximos a los pilares que afecten considerablemente al perímetro de punzonamiento de la placa.

El tamaño mínimo aconsejable en los forjados reticulares no debería ser inferior a 30×30 cm.

Los pilares de medianería y esquina, para evitar problemas de punzonamiento y empotrar las placas adecuadamente deberían ser ligeramente mayores, pero nunca inferiores a 30×30 cm. El tamaño adecuado para luces de 5-6 m. en los pilares de esquina podría ser de 40×40 cm.

Los pilares de medianería deberían tener el tamaño de 40×30 cm. para luces superiores a los 5 m. La dimensión mayor (40), lógicamente perpendicular a la medianería, justo al contrario a como suele ser norma en los proyectos de viviendas, para evitar que sobresalgan los pilares excesivamente en los pasillos.



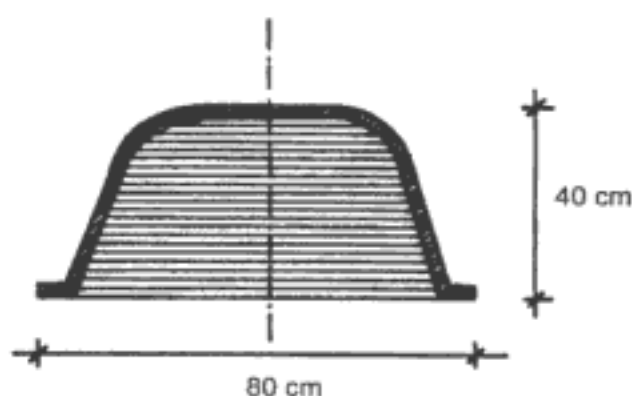
TAMAÑO MÍNIMO ACONSEJABLE DE PILARES POR ECONOMÍA Y SEGURIDAD

Las dimensiones inferiores a los 30 cm. sólo son admisibles en pilares apantallados, es decir en aquellos pilares cuya otra dimensión supera los 100 cm.

Si se proyecta la estructura con pilares circulares, el diámetro mínimo de los mismos debería ser de 35 cm. en los de medianería y 40 cm. en los de esquinas y solamente en los vanos centrales podrían aceptarse pilares de diámetro 30 cm.

LUCES Y DISTRIBUCION DE LOS PILARES.

Las luces de los forjados reticulares prácticamente no tiene limitación. Es cuestión de darle el canto correcto. Para los casetones recuperables existentes en el mercado, de canto máximo 40 cm. podría llegarse a luces de 12 m.



CASETÓN DE CANTO MÁXIMO EXISTENTE

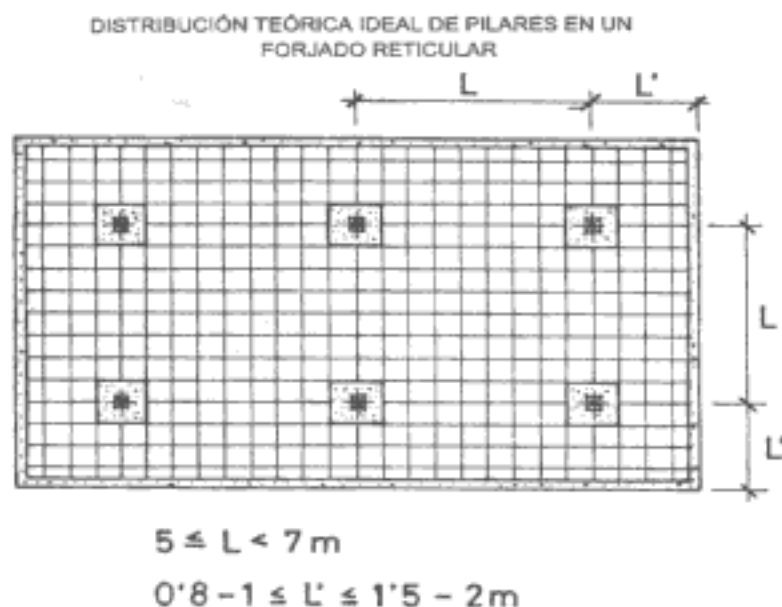
En bloques perdidos es difícil encontrar casetones con canto superior a los 30 cm., lo cual limita las luces máximas a 9-10 m. y siempre supeditándolas a las cargas de uso y distribución de pilares que posea la estructura.

Las luces adecuadas para el forjado reticular se mueven alrededor de los 6 m. con un más menos 1 m. La máxima economía se consigue con luces de 5-6 metros y los pilares de borde retranqueados 1,5 m., es decir con voladizos en todo el perímetro.

El forjado reticular admite una distribución caprichosa de los pilares, pero lógicamente esa distribución de los pilares engendra esfuerzos de flexión en los mismos, y consecuentemente un costo adicional de armaduras, que puede evitarse con una situación modulada y esfuerzos compensados alrededor de los mismos.

La distribución más correcta de pilares es formando una malla lo más cuadrada posible, con luces que difieran en menos de 1m. Los soportes conviene que se encuentren retranqueados con relación a los bordes del orden de 1 m. como mínimo; 1,5 m. para luces de 6 m. podría ser lo ideal.

La distribución teórica ideal apenas engendra flexión en los pilares, y en ella se encuentra la placa en magnificas condiciones para resistir el punzonamiento que suponen sus apoyos puntuales. Esta distribución ideal en múltiples ocasiones no es posible, debido la ubicación de los pilares separados del contorno del solar, molestando para aparcamientos o comercios. Ver figura siguiente:



CANTO DEL FORJADO.

El canto del forjado depende de los siguientes factores:

- Luces entre pilares.
- Luces de voladizo.
- Grado de empotramiento de la placa en bordes.
- Cargas gravitatorias a soportar.
- Empujes horizontales a tener en cuenta.

La Instrucción EHE recomienda que para las placas de hormigón armado, el canto total de la placa no será inferior a los valores siguientes:

- Placas macizas de espesor constante, $L/32$.
- Placas aligeradas de espesor constante, $L/28$.

Siendo L la mayor dimensión del recuadro.

Florentino Regalado, en su libro **LOS FORJADOS RETICULARES**, recomienda aumentar sensiblemente dicho canto, en vista de las patologías que puedan presentarse.

El canto recomendado puede obtenerse al dividir la luz por un valor comprendido entre 20 y 25, dependiendo de los 5 parámetros inicialmente expuestos.

$$\begin{array}{ccc} L & & L \\ \text{-----} & > H \text{ (canto)} > & \text{-----} \\ 20 & & 25 \end{array}$$

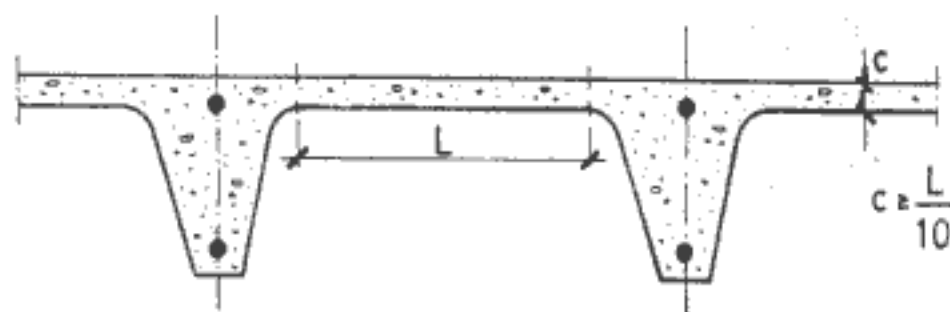
TABLA N-2	
VOLADIZO (m)	CANTO (cm)
1	20
1,25	20-23
1,50	23-25
1,75	25-26
2	25-28
2,50	28-30
3	≥ 30
>3	A ESTUDIAR

Si el canto debe elegirse porque existen voladizos que predominan sobre las luces de vanos, recomendamos que se emplee la tabla n° 2, siempre teniendo presente las tabiquerías que incidan sobre los mismos y en caso de dudas, saltar al escalón siguiente.

LOSA SUPERIOR DE HORMIGÓN (CAPA DE COMPRESION).

La losa superior de hormigón mínima, aconsejada por la Instrucción EHE, es de 5 cm. Por asimilación con los forjados unidireccionales, en caso de utilizar bloque de hormigón como aligerante no recuperable, podría permitirse que la capa fuese de 4 cm.

Si se emplean casetones recuperables, la EHE exige que la capa de compresión tenga un espesor mínimo de un décimo de la luz libre entre nervios.

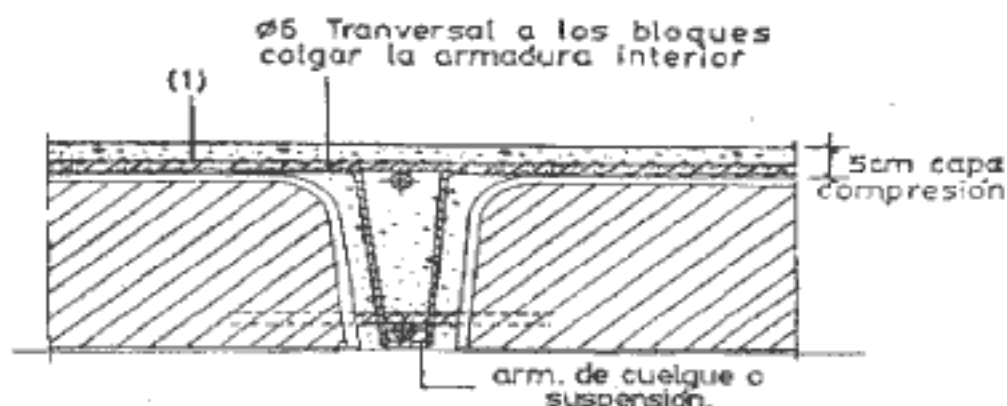


Hidden page

geometría del cruce. Por ello hay que procurar que las armaduras de los nervios de mayor luz sean los que tengan el recubrimiento adecuado, es decir el recubrimiento mínimo.

El recubrimiento mínimo debe ser el prescrito en la Instrucción EHE.

Para espesores de la capa de compresión del orden de los 5 cm., la disposición constructiva idónea se consigue siguiendo el esquema adjunto:

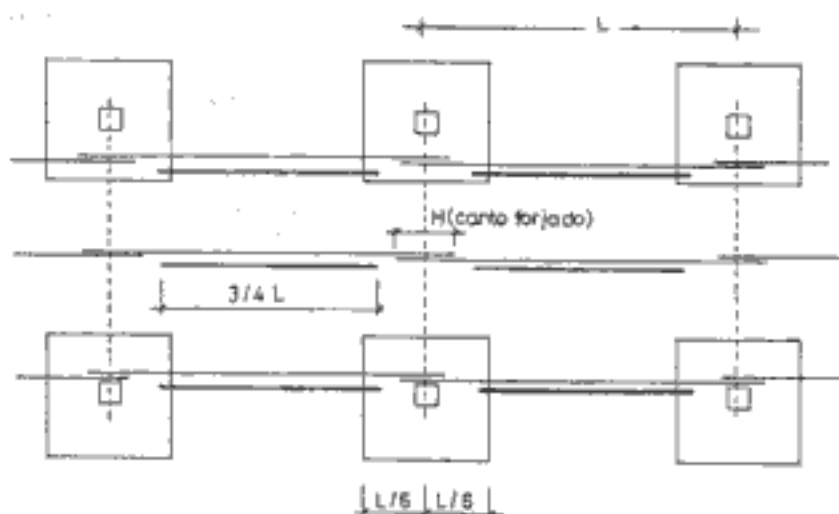


La armadura de cuelgue o suspensión, en obra llamada "aviones", puede sustituirse por tacos o separadores de hormigón, que garantizan mejor una separación constante del armado de nervios.

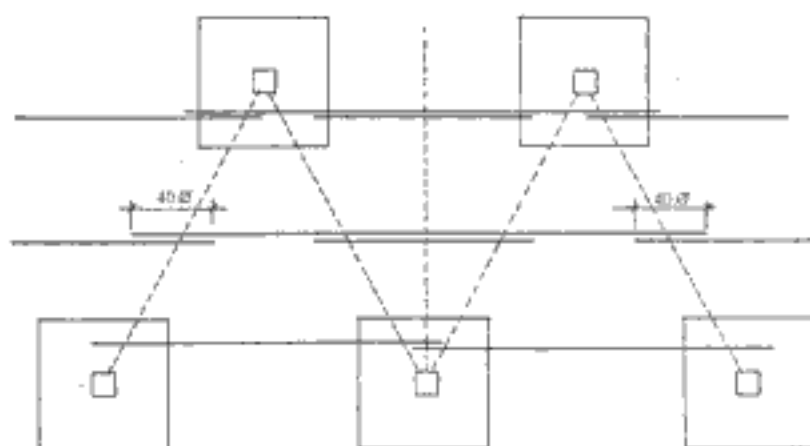
La colocación en planta de la ferralla de un forjado reticular es muy sencilla, pero requiere mucho cuidado en su diseño, claridad en planos de detalle y que tenga el menor número de empalmes de barras.

En caso de tener que empalmarse barras, se realizará en las zonas de menores momentos y solapando las barras adecuadamente, de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

Si la estructura presenta una modulación cuadriculada, con los pilares alineados, las armaduras de momento positivo se pueden cortar en las alineaciones de los pilares solapando las mismas al menos una longitud igual al canto del forjado.



Cuando la modulación de pilares no es ideal, con pilares no alineados, debe tenerse la precaución de cortar en aquellas líneas de mínimos momentos flectores positivos, que normalmente coinciden con las líneas que unen los pilares, debiendo solaparlas una longitud equivalente a la longitud de anclaje (o aproximadamente unos cuarenta diámetros de la barra mayor).



Las barras horizontales de diámetro 6 mm. sobre los casetones recuperables no deben emplearse porque pueden oxidarse al carecer de recubrimientos. Las barras de suspensión deben ir apoyadas sobre tacos o calzos de hormigón.

En la parte superior de los nervios se colocará la armadura necesaria para absorber los momentos negativos de los mismos.

En general un forjado reticular llevará la **armadura de momentos negativos** colocada en la parte superior de los nervios, en los puntos siguientes:

En todo el perímetro del forjado reticular, en cada nervio que accede perpendicular a dicho perímetro, anclada a las vigas o zunchos perimetrales.

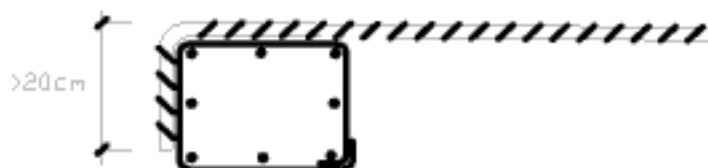
Encima del eje teórico que une los ejes de los pilares contiguos, por la parte superior de cada nervio y colocada lo más perpendicular posible a dicho eje teórico.

En los voladizos dichas armaduras tendrán la necesaria longitud de anclaje hacia el interior.

En el contorno de todos los huecos, sobre cada nervio.

En los extremos de forjado, la armadura de momentos negativos deberá acabar en patillas de longitud mínima 20 cm. y se anclará en el zuncho de borde por su parte exterior.

Para garantizar los anclajes de las barras es conveniente que sus diámetros no superen los 16 ó 20 mm, según cantos de forjados.



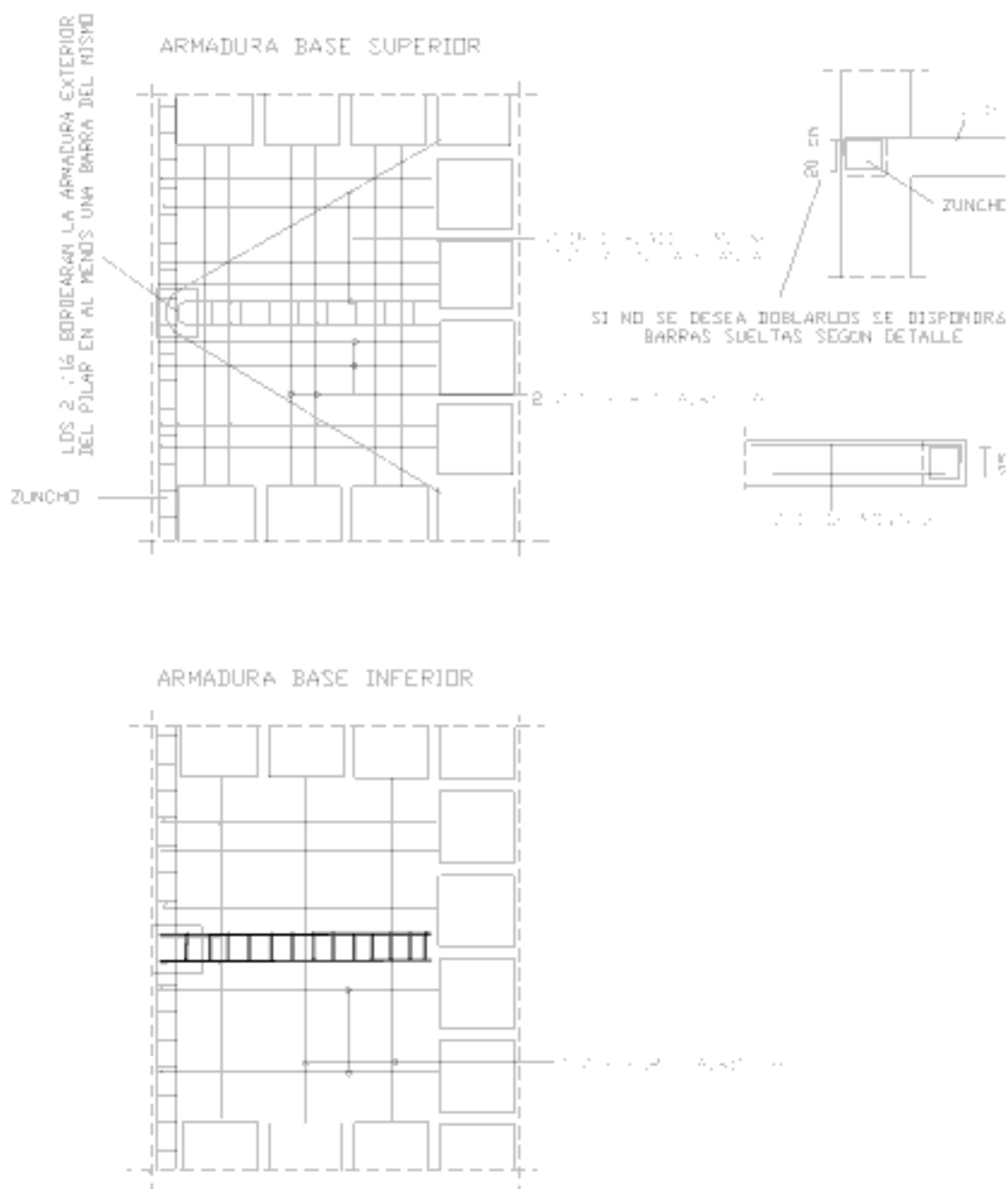
Armadura negativa de extremo anclada al zuncho de borde

Hidden page

Hidden page

Hidden page

ÁBACOS DE MEDIANERÍA



Las armaduras que incidán ortogonalmente sobre el zuncho, siempre deberán ir provistos de patillas para su anclaje.

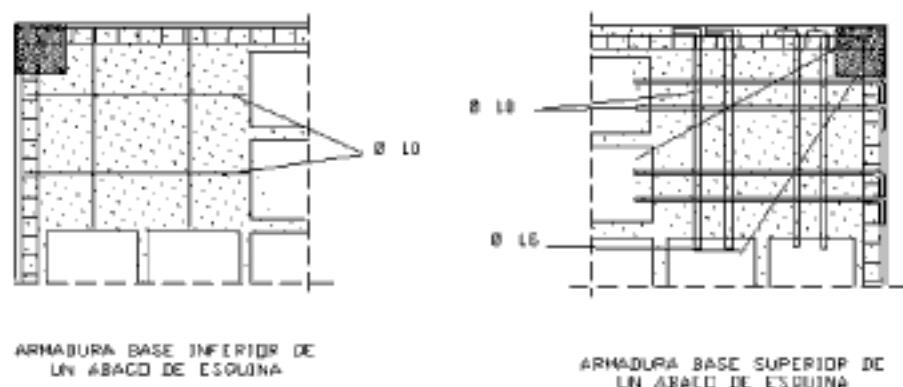
Si no se quiere colocar las 2 barras del 16 dobladas de una pieza, pueden colocarse sueltas siempre y cuando se anclen correctamente sobre el pilar (con patillas suficientes).

En caso de existir cruceta de punzonamiento, la barra doblada interior podría eliminarse, ya que la cruceta sirve también como conexión entre pilar y ábaco.

Ábacos de esquina.

El montaje de un ábaco de esquina viene a ser una repetición del ábaco de medianería, llevando una sola barra doblada en la parte superior.

ABACOS DE ESQUINA



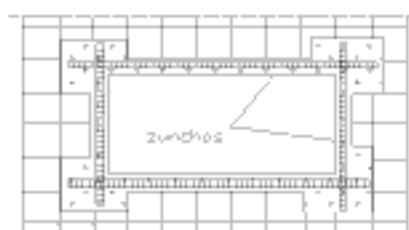
Ábacos de esquina interior.

Este tipo de ábacos se presenta normalmente en las esquinas de los grandes huecos interiores del forjado.

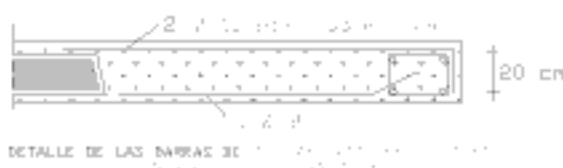
A efectos de la armadura de montaje deben ser tratados como ábacos centrales, absorbiendo los zunchos los esfuerzos correspondientes al trozo de ábaco inexistente.

Análogamente al resto de los ábacos, llevarán un redondo del 8 inferior por cada cuadrícula y 2 redondos del 10 en su plano superior por cada cuadrícula, apoyados en los casetones y anclados en los zunchos de borde, como se indica en el esquema adjunto:

ABACOS DE ESQUINA INTERIOR



ABACOS DE ESQUINA EN PATIOS INTERIORES

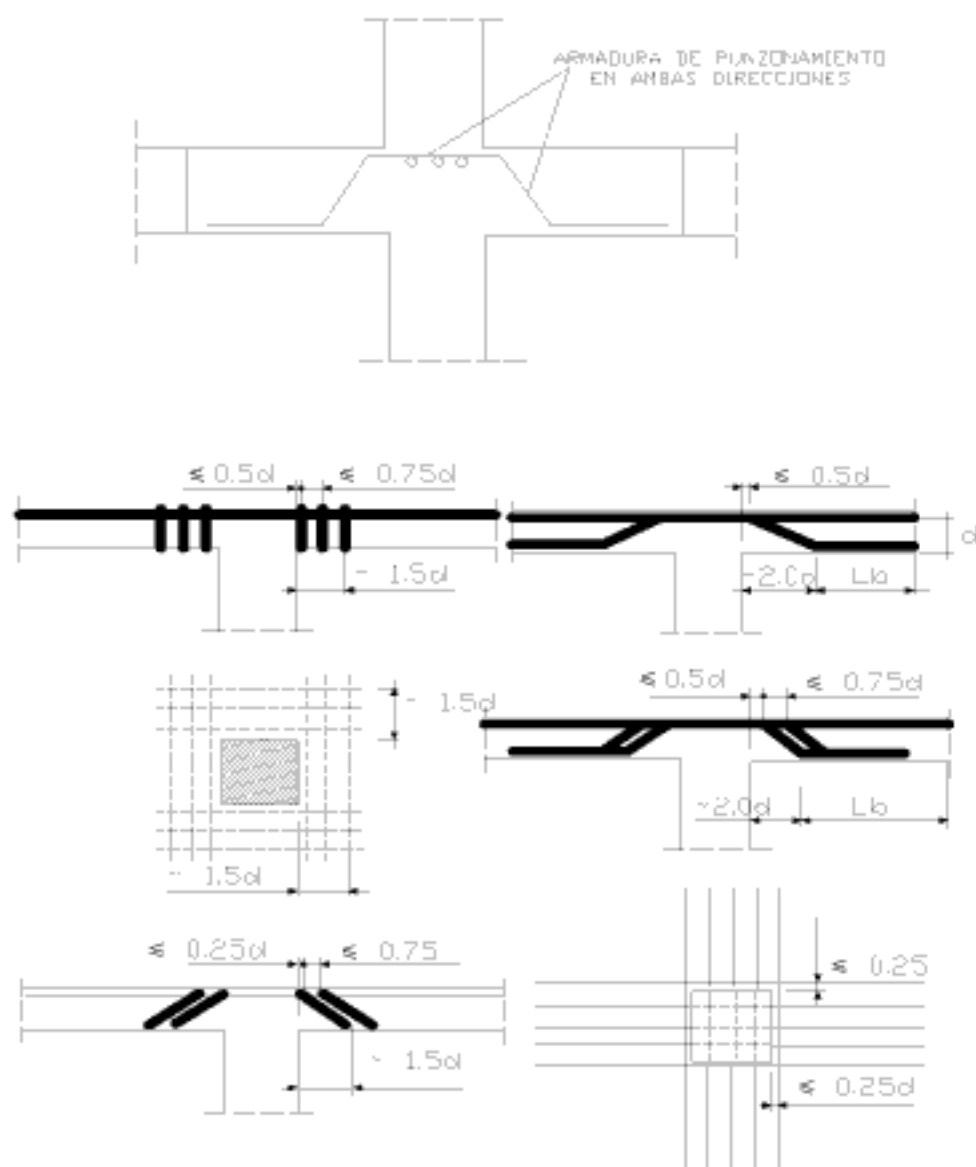


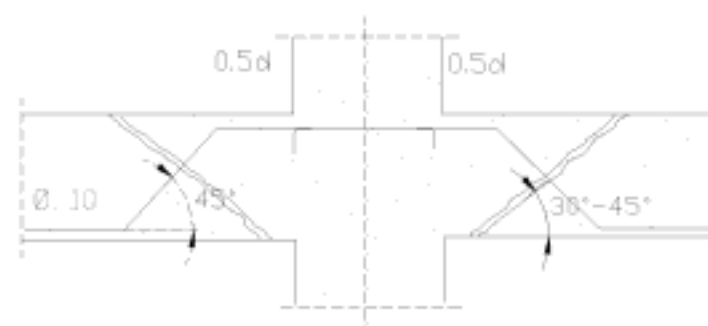
ARMADURAS DE PUNZONAMIENTO.

Si el tamaño del pilar y el canto del forjado fuesen insuficientes para resistir el punzonamiento, es necesario acudir al empleo de armaduras que atraviesen la superficie crítica absorbiendo todo el esfuerzo cortante que supere el que absorbe la sección de hormigón.

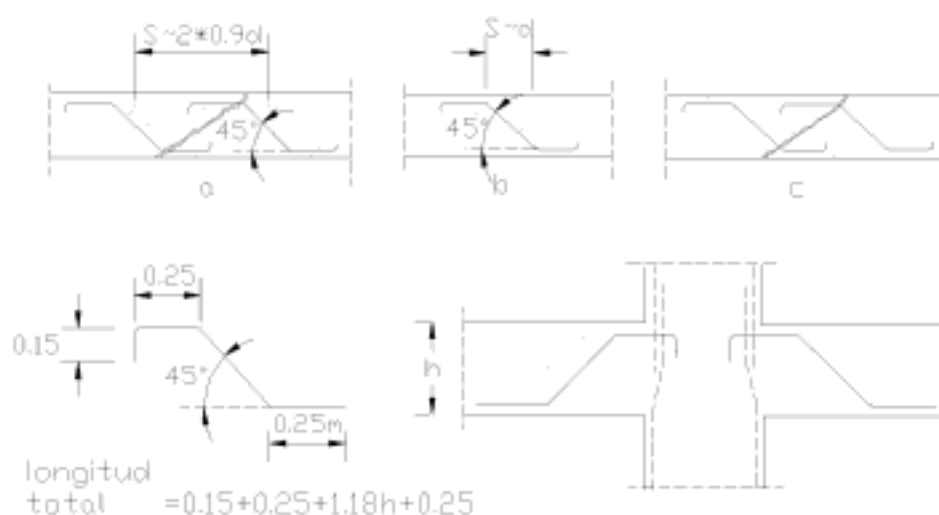
Para absorber los esfuerzos cortantes en el perímetro crítico de punzonamiento suelen colocarse armaduras de uno de los dos tipos siguientes:

- A.- Barras dobladas (1 ó 2 capas), colocadas en ambas direcciones sobre el pilar. En general será suficiente disponer un conjunto de barras a 45° bordeando el pilar para resolver el problema, sin que sea necesario estribar con cercos verticales la armadura de conexión del ábaco-pilar. En casos de grandes luces, sobrecargas grandes, casos especiales, etc. será preciso acudir a la solución mixta de estribos verticales y barras dobladas.

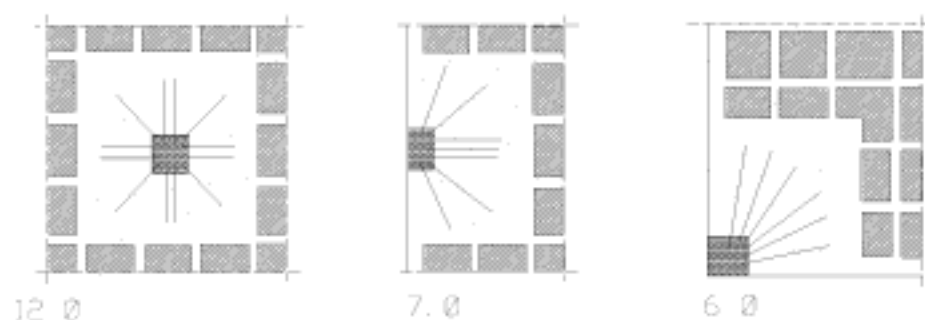




ESQUEMA BÁSICO DE PUNZONAMIENTO COSIDO
CON BARRAS INCLINADAS DE Ø 10

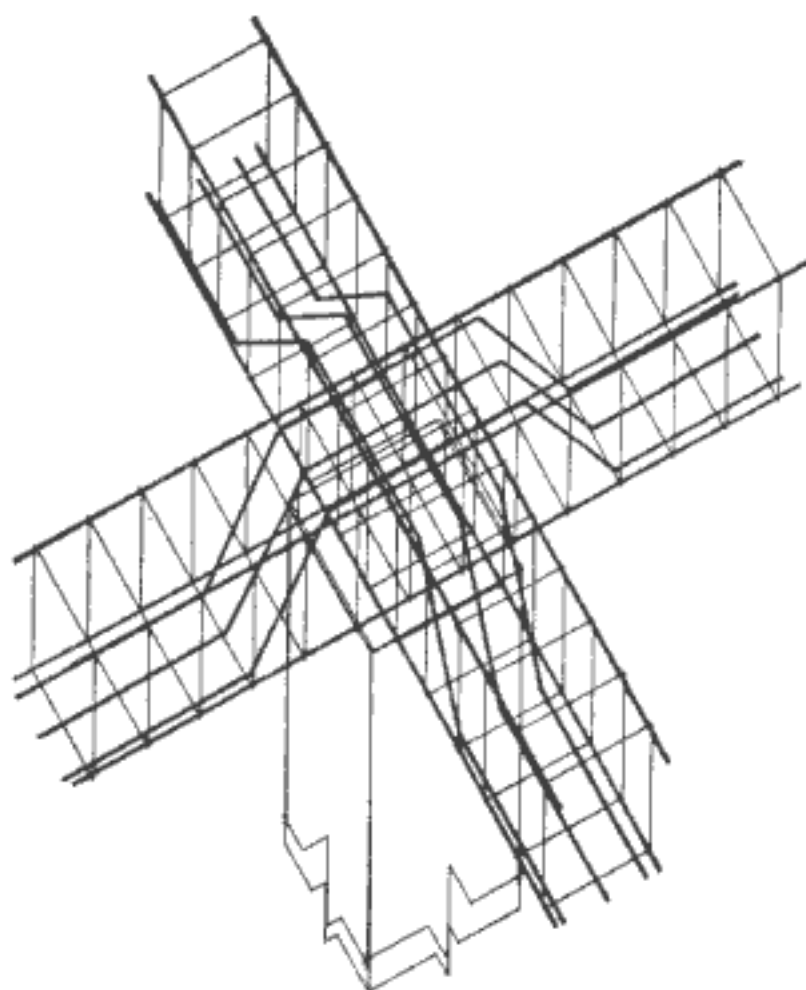


BARRA TIPO DE PUNZONAMIENTO Y ESQUEMA
PARA SU COLOCACIÓN



En casos de grandes luces, cargas elevadas, etc. podría ser necesario colocar barras inclinadas para resistir el esfuerzo cortante en los nervios del reticular, tal como vimos anteriormente en el armado de placa (nervios).

Hidden page



CRUCETA DE PUNZONAMIENTO
BARRAS DE PUNZONAMIENTO

En caso de no colocar las armaduras de punzonamiento indicadas en los dos apartados anteriores (barras dobladas o crucetas), porque el cálculo no las requiere, será necesario colocar armaduras de conexión del pilar con el ábaco (armaduras de cosido). Normalmente suelen colocarse dos barras gruesas en cada dirección en la parte superior del ábaco y otras dos en la parte inferior, atravesando el pilar, tal como hemos visto al describir el armado de los ábacos.

ABACOS DE ESQUINA Y DE MEDIANERÍA.

En el ábaco de esquina se dispondrá una armadura doblada, colocada a nivel del emparrillado superior del ábaco, uniendo éste con el pilar, tal como hemos visto en los detalles de armado del ábaco (armadura superior).

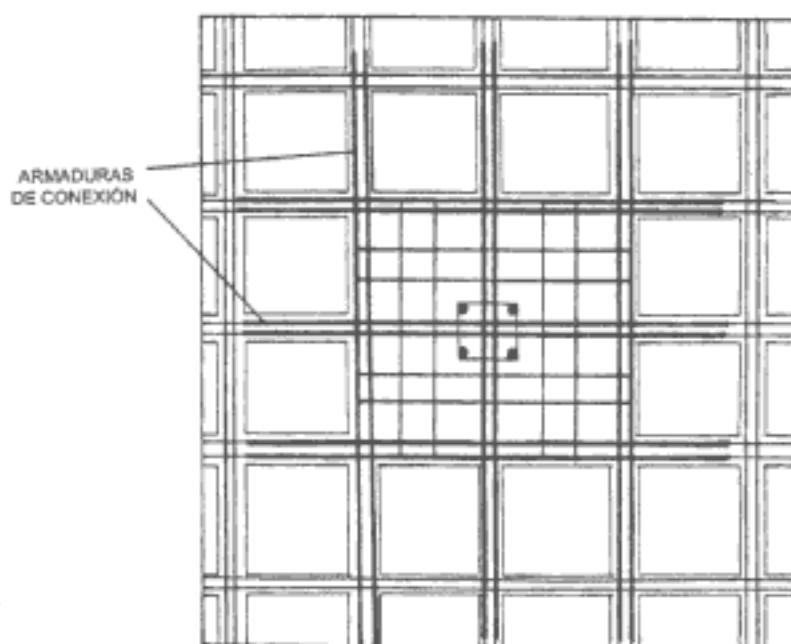
En ábacos de medianería se colocarán dos barras dobladas sobre el pilar y distribuidas en abanico, tal como se ha visto en los detalles de armadura de ábaco (armadura superior).

ARMADURAS DE CONEXION ABACO-NERVIOS.

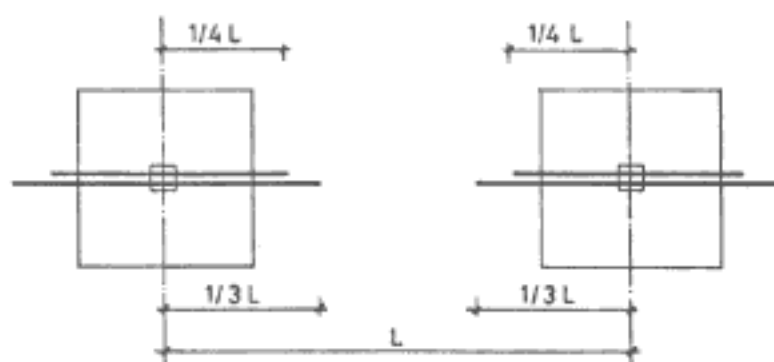
Cruzando el ábaco, colocadas en la parte superior de los nervios, se dispondrán armaduras más gruesas que las de momento negativo de los nervios. Estas armaduras afectan la conexión entre el ábaco y los nervios. Realmente son las armaduras de momento negativo de los nervios, en el empotramiento con el ábaco, que podrían haberse estudiado en el apartado de armaduras de nervios, pero buscando una mayor claridad se han separado. Suele colocarse 2 barras por cada nervio, prolongándose, por la parte exterior del ábaco, una longitud comprendida entre $1/3$ y $1/4$ de la luz libre entre pilares, de acuerdo al siguiente criterio:

Longitud de las barras colocadas en banda de soporte: $1/3 L$ (L = luz entre ejes pilares)

Longitud de las barras colocadas en banda central: $1/4 L$



Si hubiese dos barras en los nervios de la banda de soportes, la mayor de ellas se dispondrá con una longitud de $1/3$ de L , y la otra deberá salir del ábaco al menos un canto del forjado, es decir, tendrá una longitud de $1/5$ a $1/4$ de L .



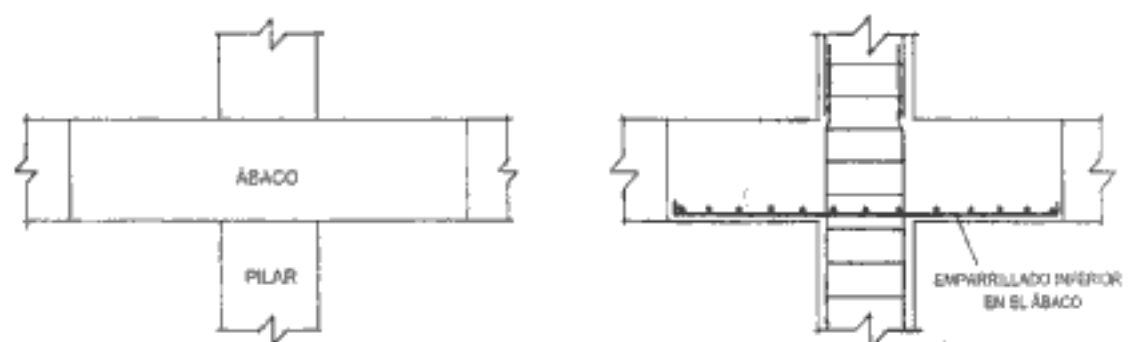
ARMADURA DE PILAR.

Análogas a las de cualquier pilar, definidas por armaduras longitudinales y transversales, según criterios vistos.

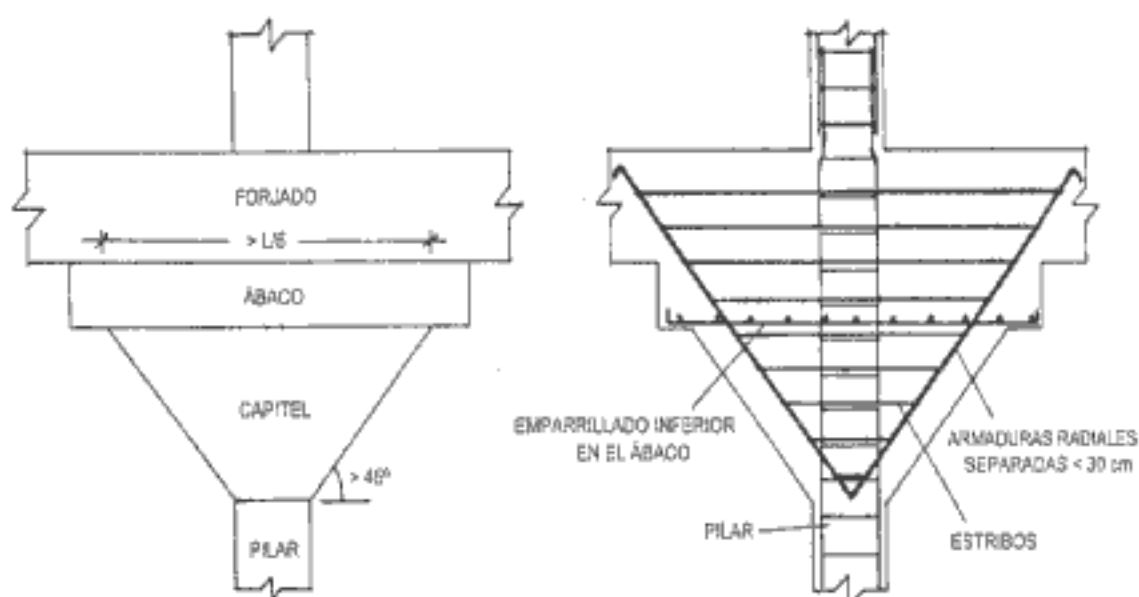
ARMADURAS DE CAPITEL.

Sólo precisan de una armadura mínima superficial definida por armaduras paralelas a las generatrices, y estribos, dispuestas de tal modo que no existan más de 30 cm. de separación entre barras.

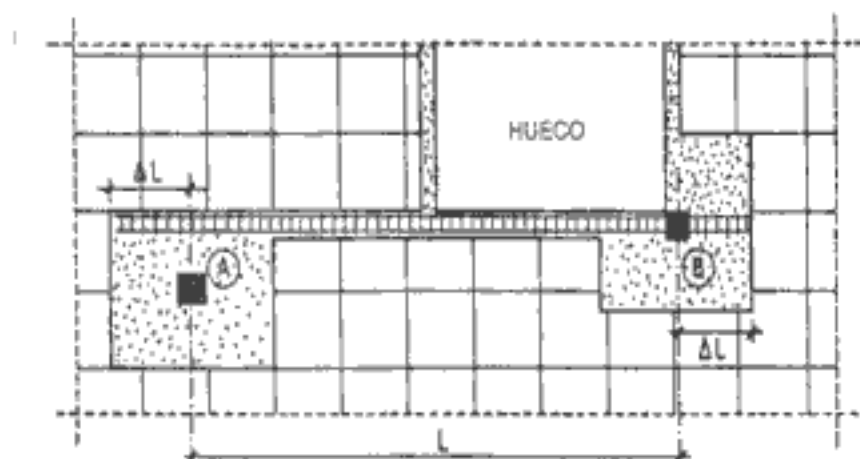
La armadura del ábaco sobre capitel precisa de un emparrillado de tracción, colocado en la cara inferior del ábaco, para absorber las componentes horizontales de las fuerzas inclinadas que se desarrollan en el capitel.



ÁBACO EMPOTRADO EN EL FORJADO



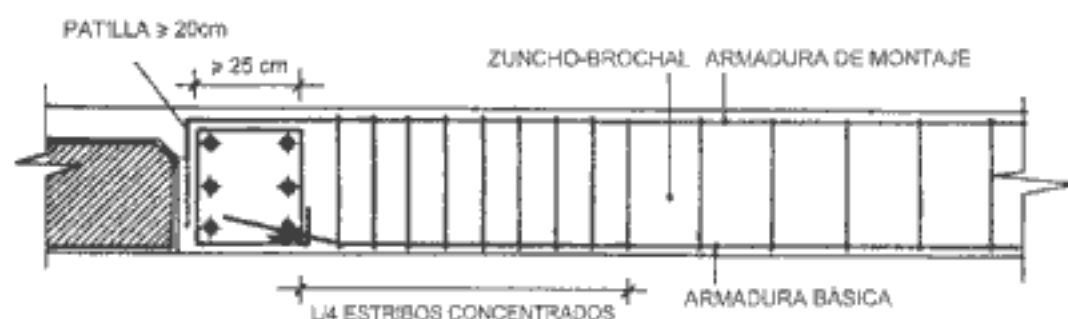
Hidden page



3.- Zunchos brochales.

Frecuentemente es necesario disponer en los forjados reticulares zunchos principales para poder apoyar-embrochalar en ellos otros zunchos, que no podrían trabajar de forma correcta de otra manera. Para que la unión funcione adecuadamente conviene que la armadura de los zunchos-brochales sea delgada en la zona superior y de mayor calibre en la inferior.

Los encuentros de los zunchos-brochales podrían resolverse según el esquema adjunto.



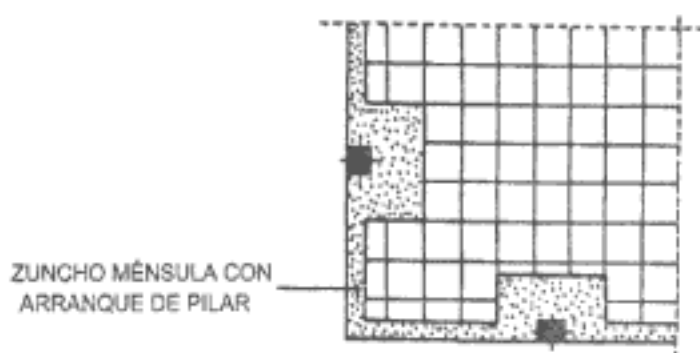
4.- Zunchos- ménsulas.

Vienen dispuestos ortogonalmente al contorno y trabajan básicamente con predominio claro de la flexión negativa (voladizos).

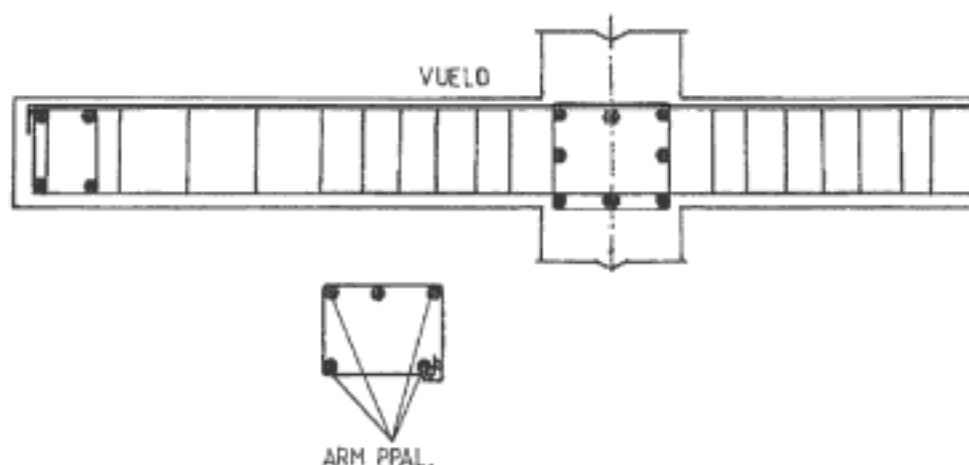
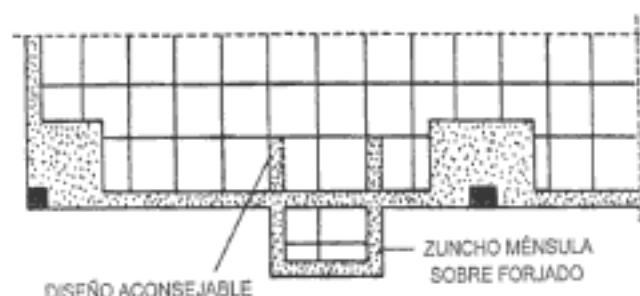
Conviene darle gran longitud de anclaje a las barras, dado que son elementos de gran responsabilidad y con escasa posibilidad de redistribuir esfuerzos en caso de fallos localizados en los mismos.

Dentro de los zunchos-ménsulas podemos hacer una doble distinción, según arranquen de los pilares o que arranquen del propio forjado.

ZUNCHOS QUE ARRANCAN DE PILARES

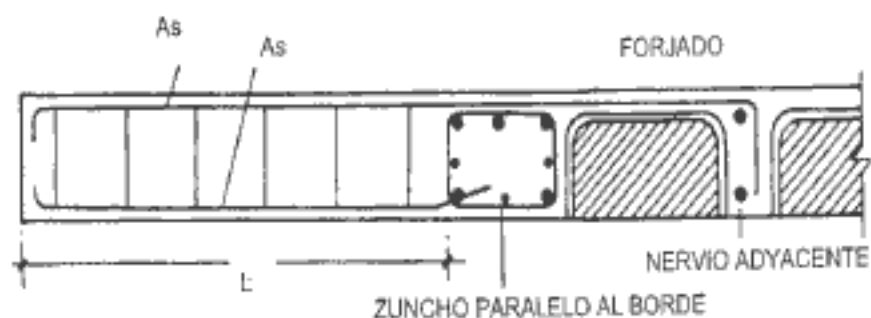


ZUNCHOS QUE ARRANCAN DEL PROPIO FORJADO



Existe otra alternativa, más conveniente que la anterior, para el armado de un zuncho ménsula, que es la de correr el zuncho que viene del vano hasta el extremo del vuelo, reforzando la armadura negativa si fuese necesario.

Los zunchos-ménsulas sobre el forjado requieren un anclaje más cuidadoso en la capa de compresión, introduciendo las patillas de la armadura superior al menos en el primer nervio adyacente y paralelo al borde, siendo conveniente darle un mayor anclaje.



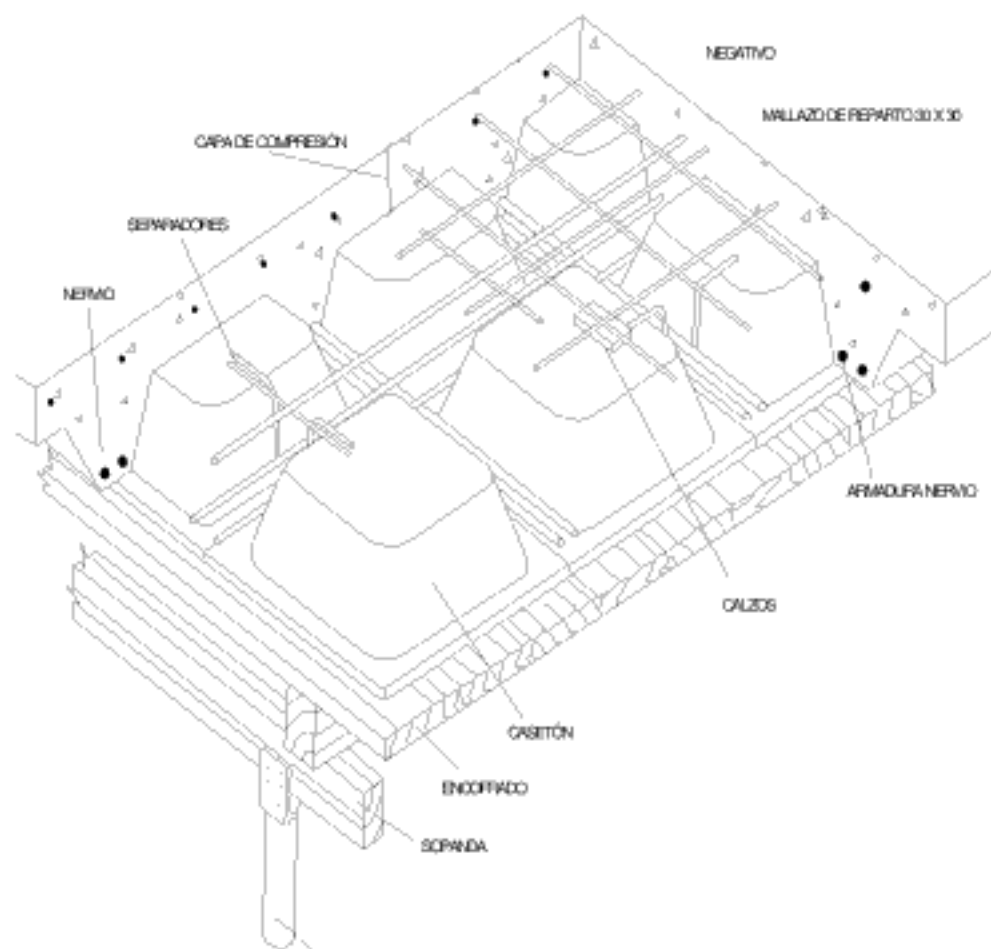
5.- Zunchos de transición.

Ya los hemos visto anteriormente. Van colocados en las plantas quebradas, uniendo los nervios de ambos lados.

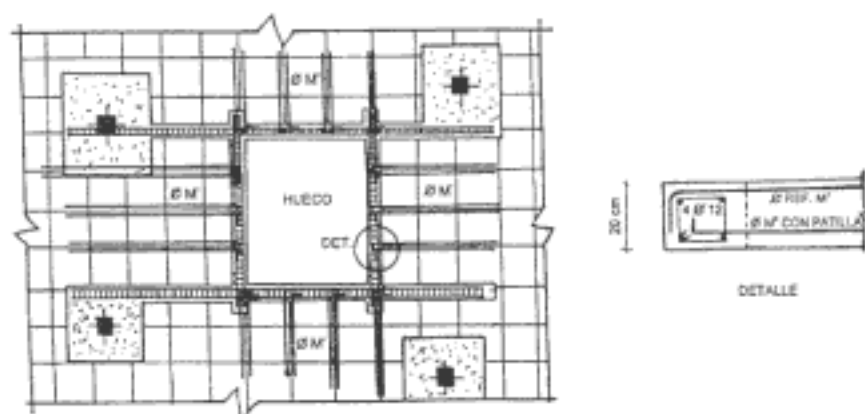
Su armado es el típico de una jácena.

MALLAZO DE REPARTO.

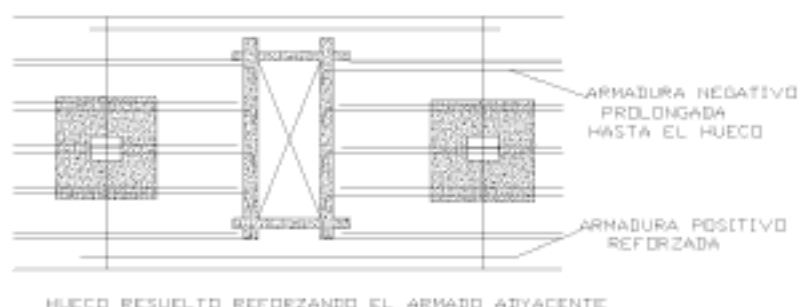
Colocado en la parte superior de los casetones, con sus separadores correspondientes.



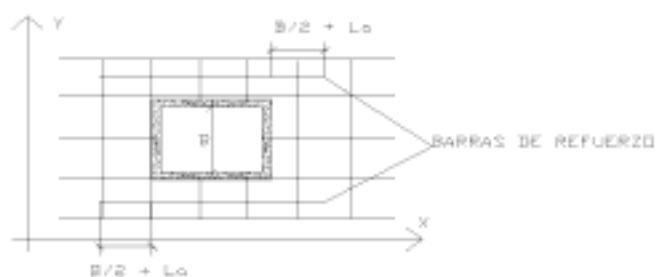
Hidden page



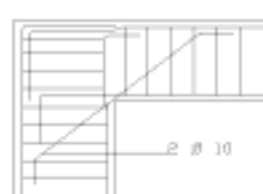
La solución citada es muy útil para abrir huecos en forjados ya construidos, procediendo así: apuntalamiento de la zona, picar los bordes, cortar armaduras e introducirlas en el zuncho perimetral que se coloque, imprimación con resinas sobre el hormigón viejo y colocación del hormigón nuevo.



HUECO RESUELTO REFORZANDO EL ARMADO ADYACENTE



PROLONGACION MINIMA DE LAS BARRAS DE REFUERZO EN LOS HUECOS



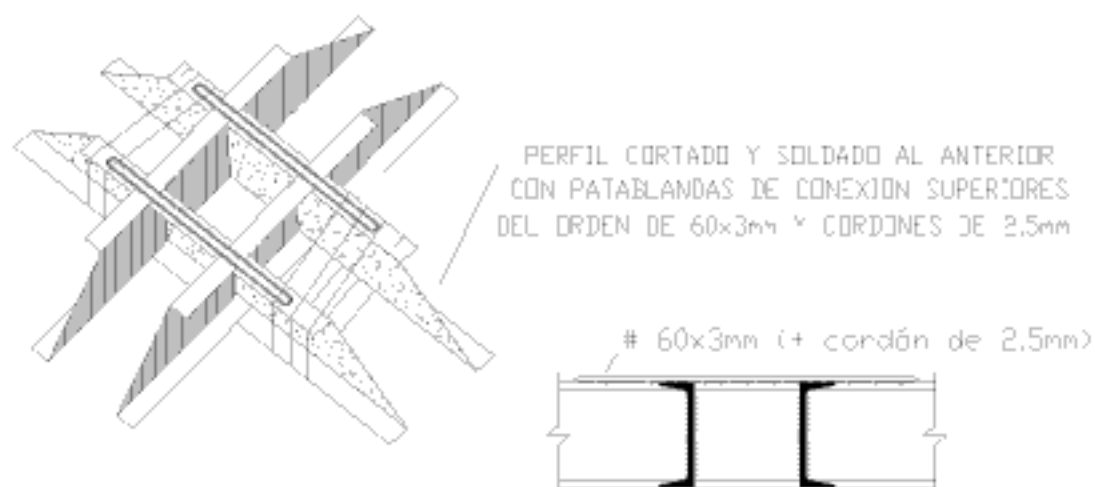
DETALLE DE ENCUENTRO DE ZUNCHOS EN ESQUINAS

Hidden page

Hidden page

16.9.-PILARES Y ABACOS METALICOS.

Un ábaco metálico está formado por perfiles metálicos soldados al soporte, generalmente de tipo U, que se colocan en los lados del soporte y vuelan embebidos en el ábaco de hormigón.



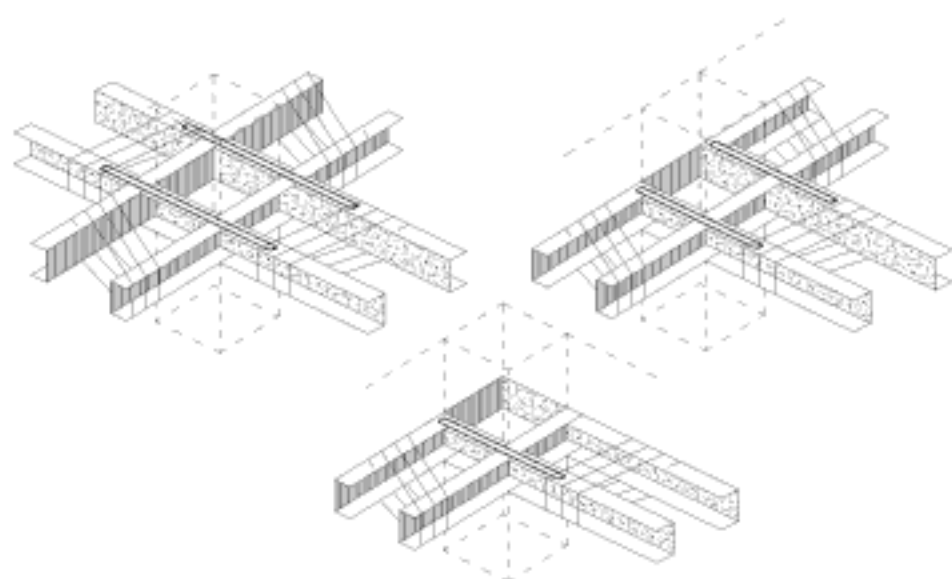
Normalmente los perfiles metálicos se rodean con una espiral del diámetro 8 mm. como estribos cada 10 cm. para asegurar una buena conexión del hormigón y los mismos.

La NTE-EHR recomienda para los forjados reticulares los siguientes tipos de perfiles según el canto del forjado:

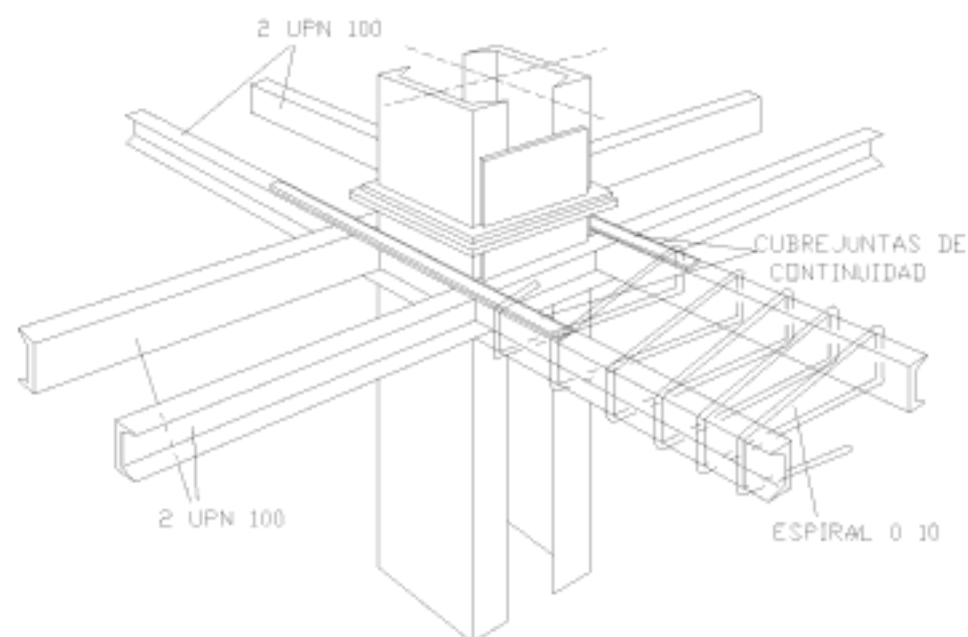
- Para cantos de forjado hasta 25 cm. perfiles U 100.
- Para cantos de forjado de 30-35 cm. perfiles U 140.

Los extremos de los perfiles deben biselarse con un ángulo del orden de 30° con el plano horizontal, para evitar variaciones bruscas en las secciones metálicas, evitando con ello la posibilidad de fisuras por concentración de tensiones en los bordes extremos de los perfiles si se cortasen rectos.

Las tipologías de ábacos metálicos recomendados por las normas tecnológicas, para ábacos centrales, de medianería y de esquina son las de los dibujos siguientes, debiendo construirse con los extremos de los perfiles biselados, como se indicó anteriormente.

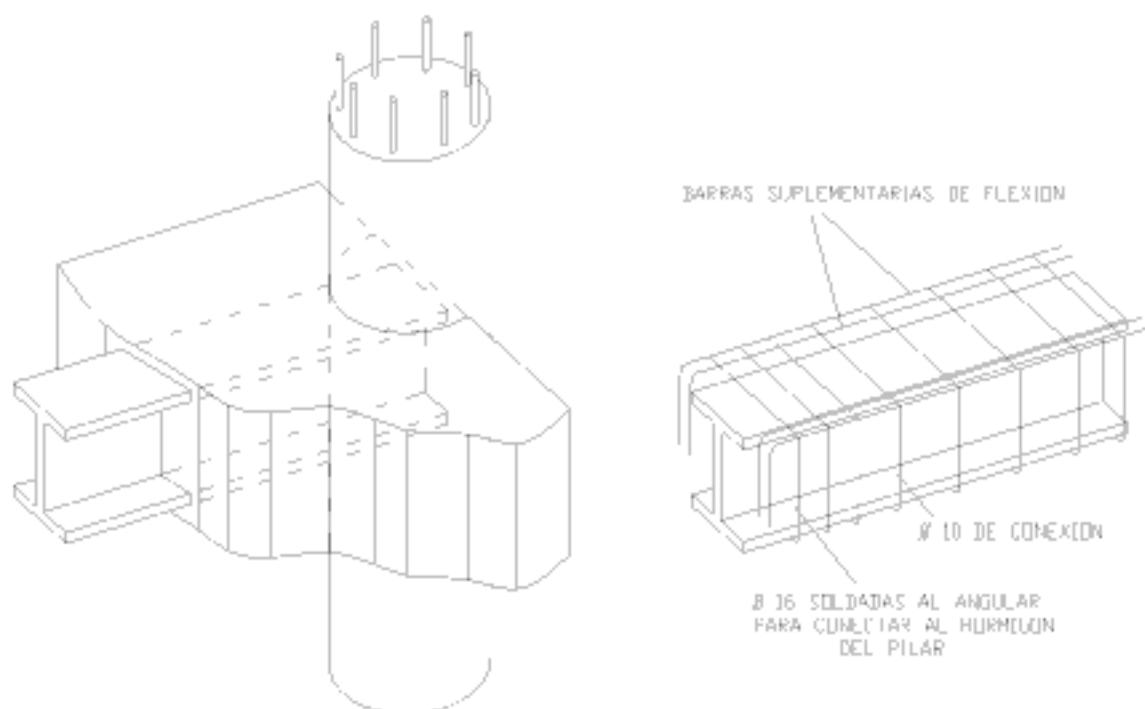


PILARES Y ABACOS METALICOS SEGUN LA NTE-EHR



DETALLE ARMADO DE CAPITALES
SOLUCION PILARES METALICOS.

A veces, al quedar muy reducida la zona de contacto del hormigón de ábaco con el pilar, podemos recurrir a colocar un perfil metálico, asegurándonos de que tiene el dimensionado adecuado para poder resistir el esfuerzo cortante previsto en su totalidad, y para la flexión, si fuera necesario, lo podemos suplementar con armaduras convencionales.

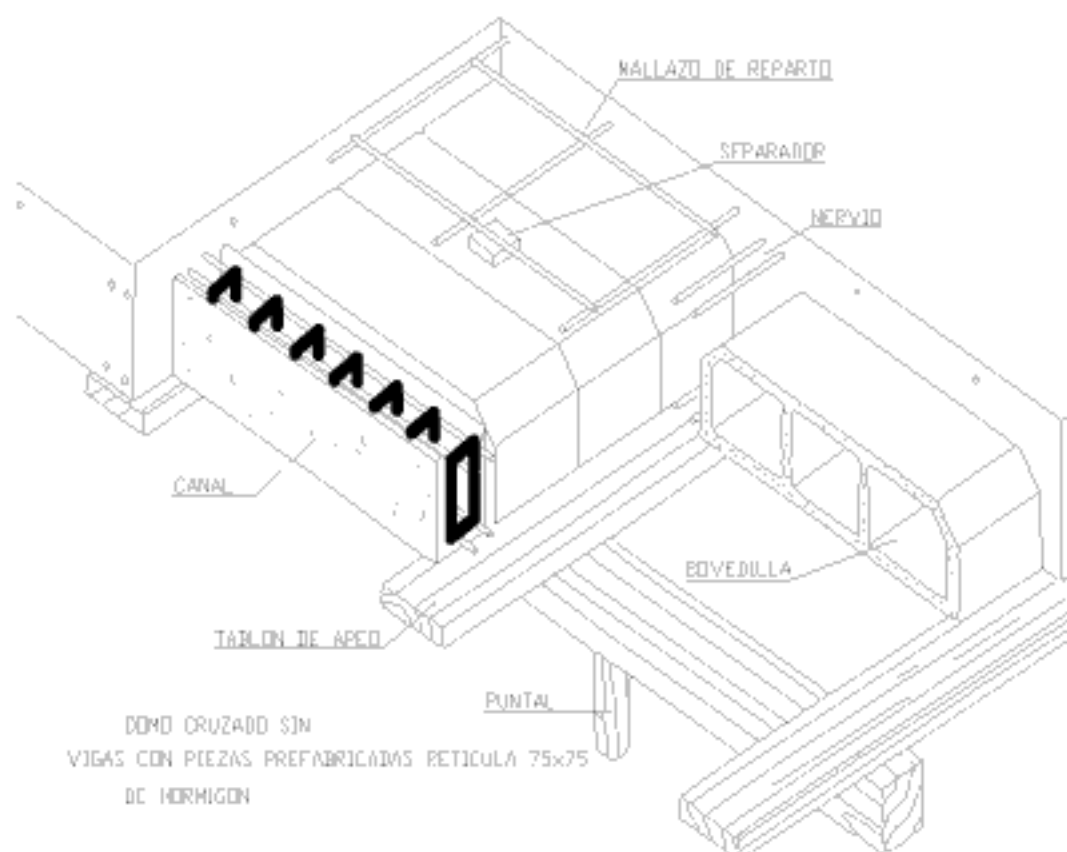


Si los soportes son metálicos y se diseñan los ábacos con perfiles cruzados, éstos y los cordones de soldadura deben ser capaces de transferir al pilar la totalidad del cortante, sin contar para nada con la colaboración del hormigón. En cuanto a la flexión, conviene que la resistan exclusivamente las barras convencionales del forjado, soldando las barras de la parte superior a los pilares.

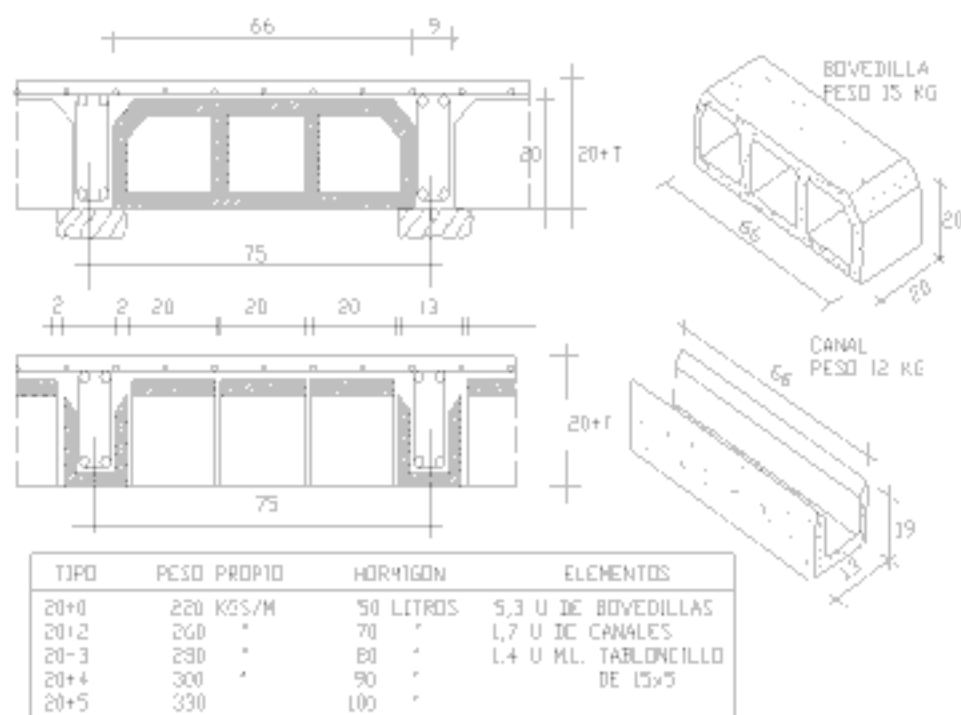
Hidden page

Hidden page

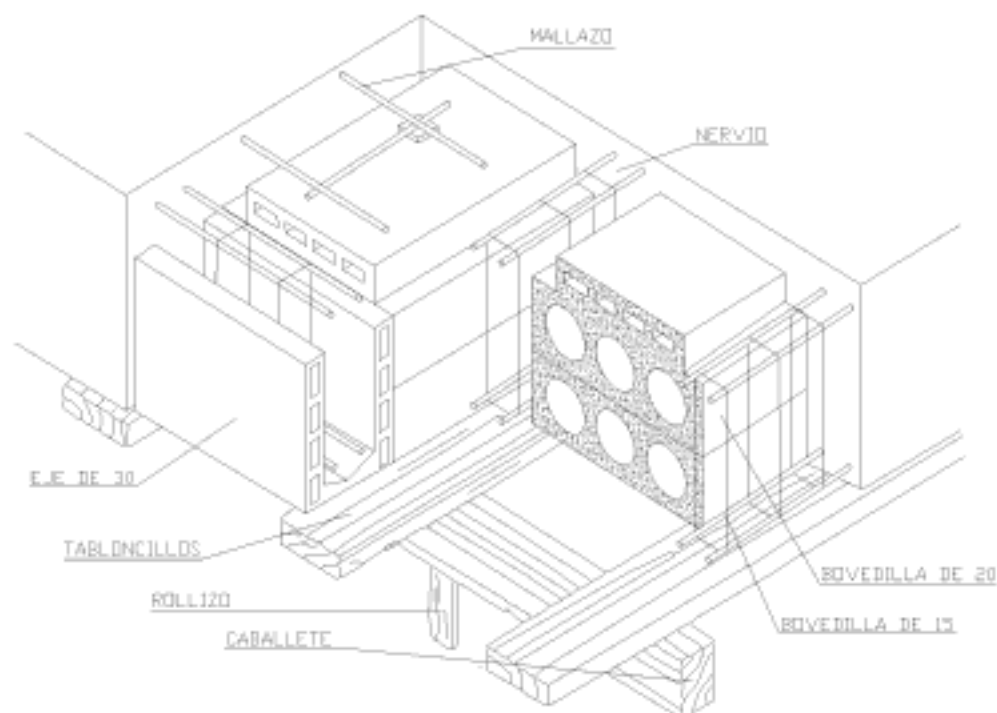
CASO DE BLOQUES O BOVEDILLAS DE HORMIGÓN



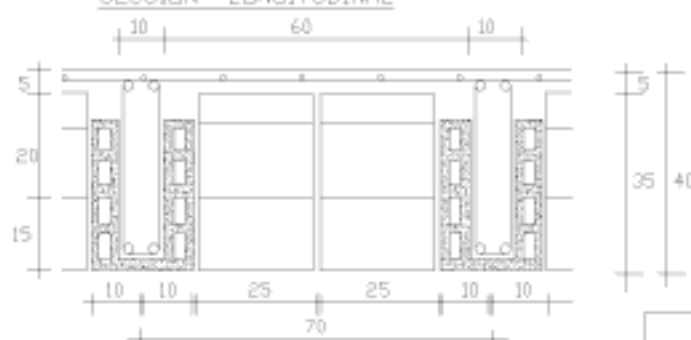
DOMO CRUZADO SIN
VIGAS CON PIEZAS PREFABRICADAS RETICULA 75x75
DE HORMIGÓN



FORJADO CRUZADO TIPON 35+5

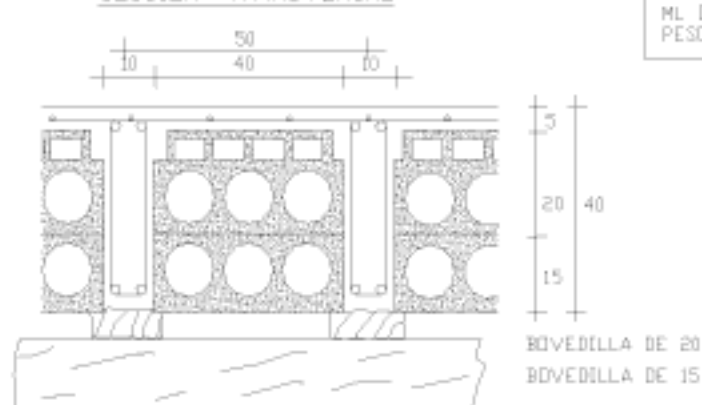


SECCION LONGITUDINAL



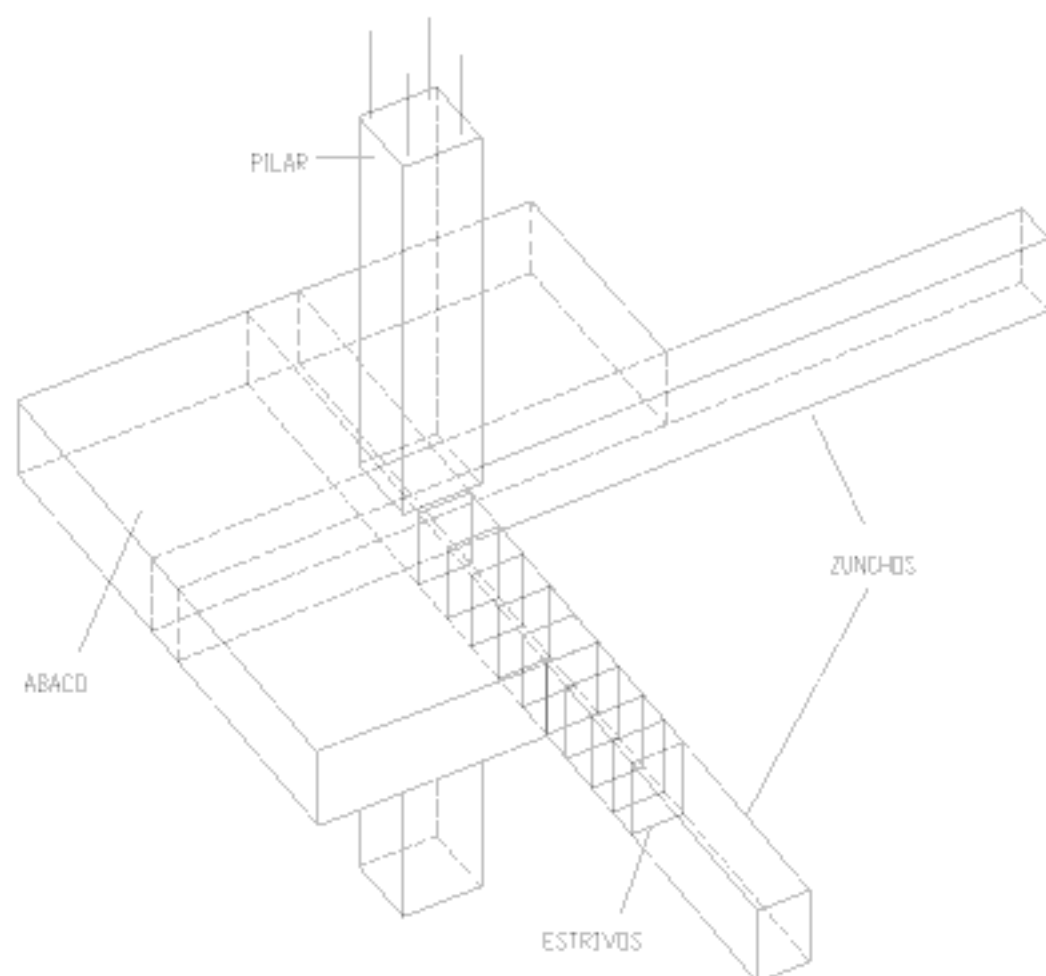
EJES DE 30

SECCION TRANSVERSAL



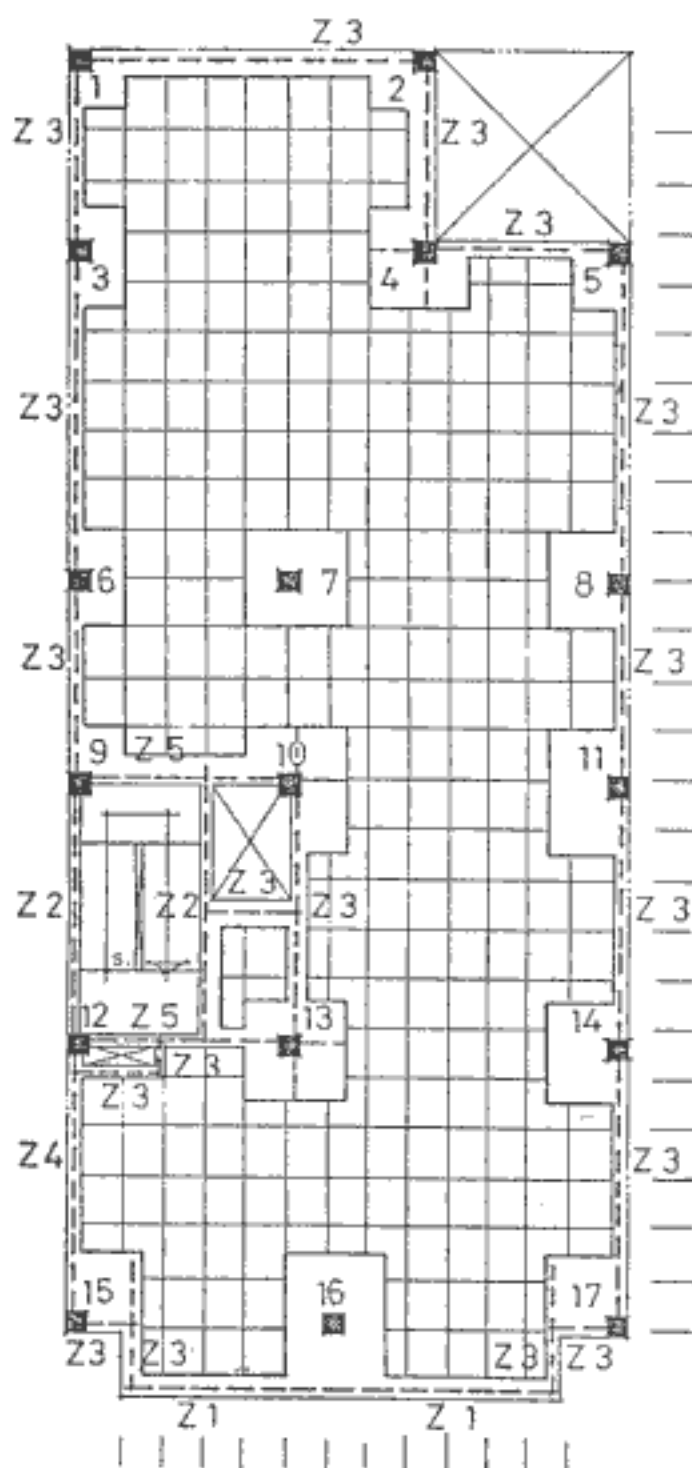
CARACTERISTICAS

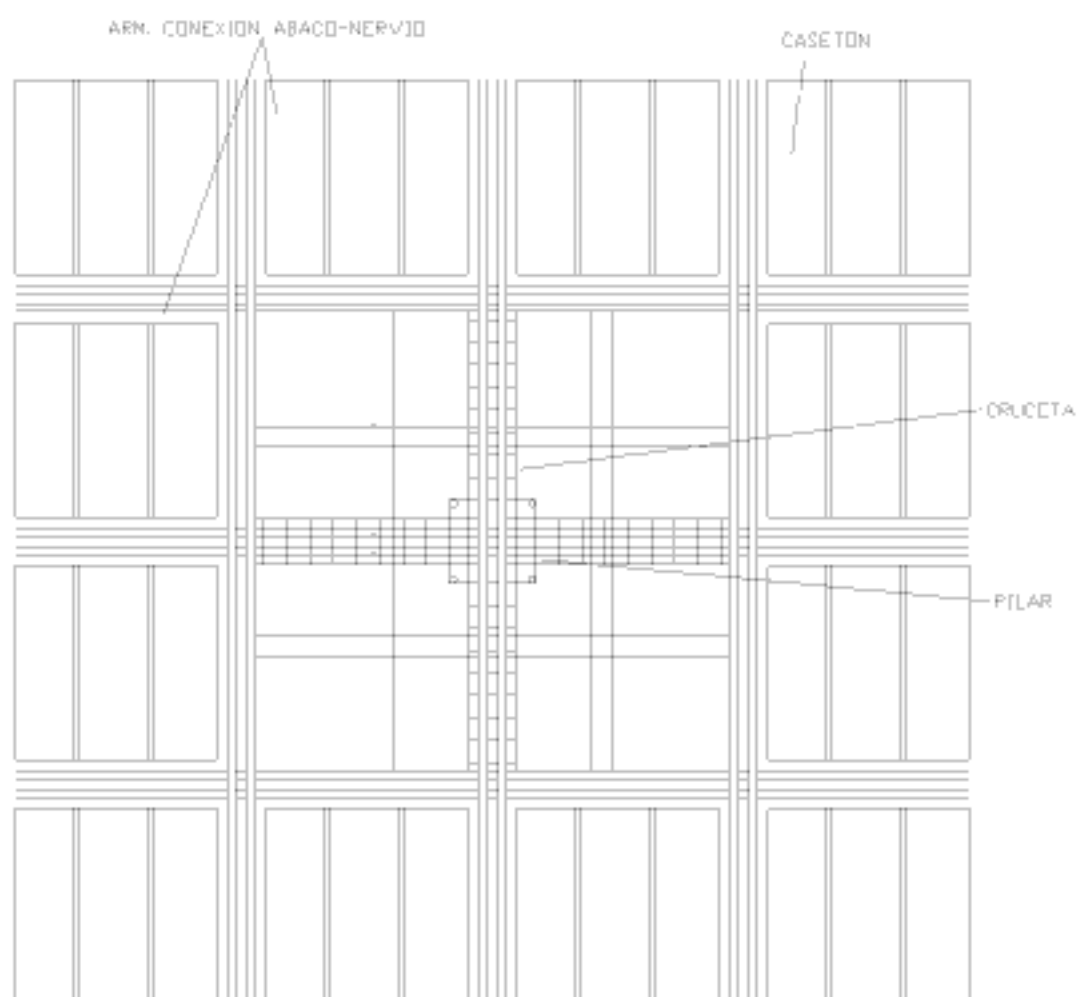
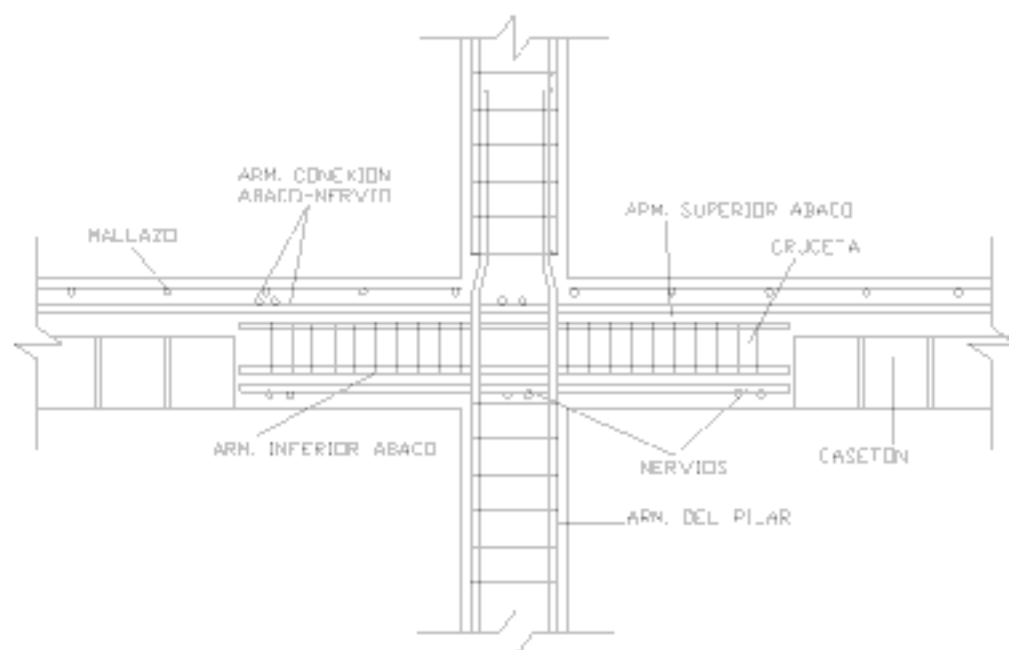
BOVEDILLAS DE 20	5,7 u/m ²
BOVEDILLAS DE 15	5,7 u/m ²
EJES DE 30	5,7 u/m ²
LS DE HORMIGÓN	168,0 ls/m ²
ML DE ENCOFRADO	2,0 m/m ²
PESO PROPIO	500,0 Kg/m ²



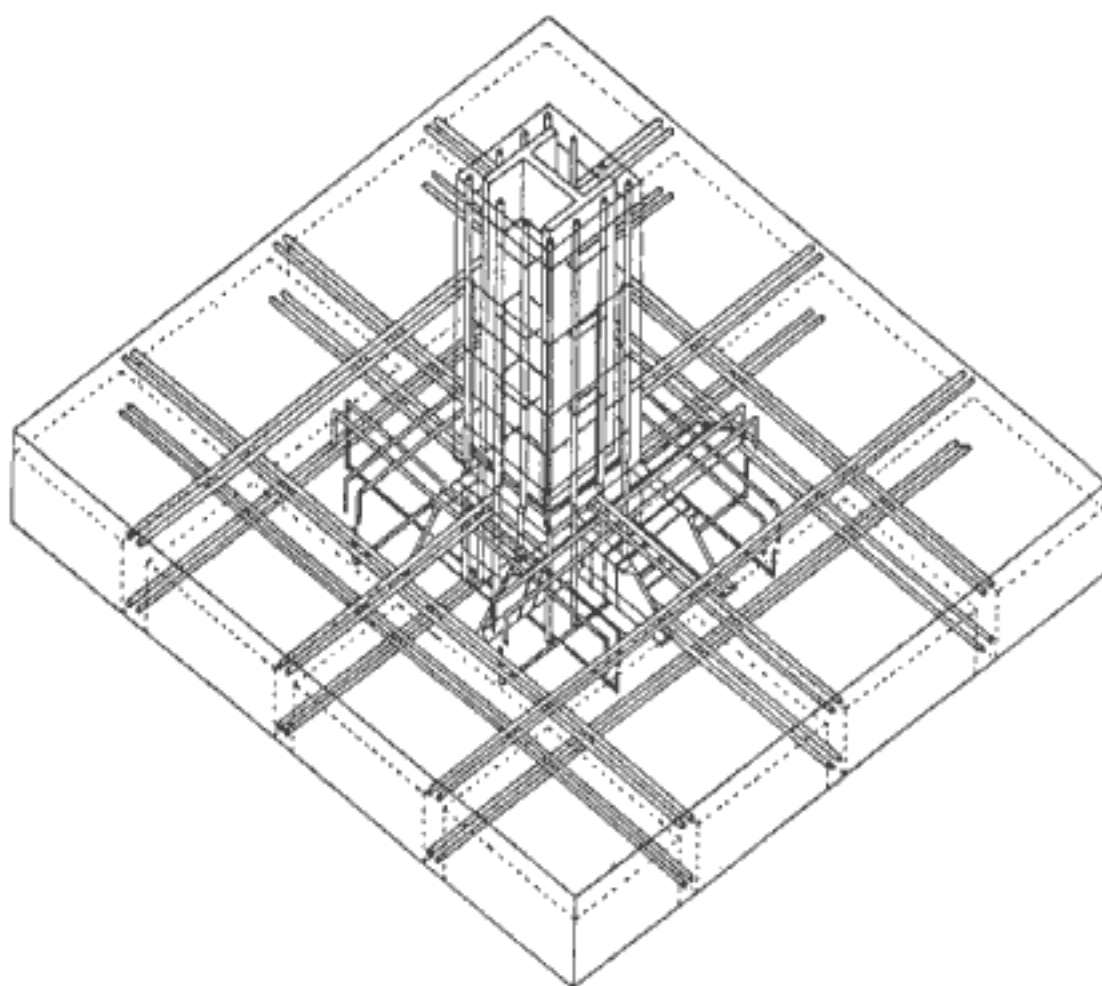
CUANDO EN UNA DIRECCION DETERMINADA, UN ZUNCHO ATRAVIESE LA TOTALIDAD DEL ABACO PASANDO POR EL PILAR CON UNA ARMADURA IGUAL O SUPERIOR A LA DISPUESTA PARA LAS CRUCETAS CENTRALES DE MONTAJE, PODRA PRESCINDIRSE DE DICHA ARMADURA O CRUCETA.

FORJADO RETICULAR -ZUNCHOS-

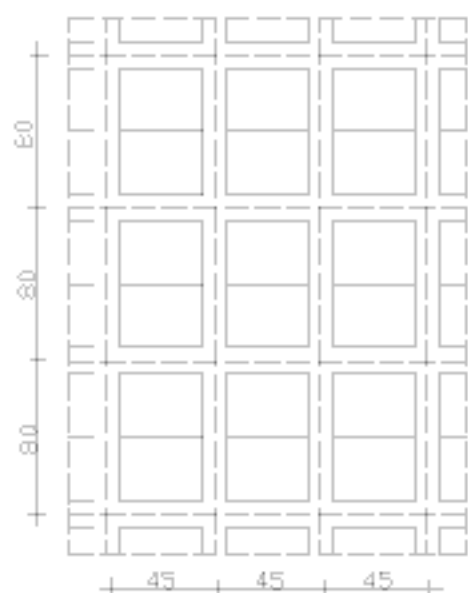




En la perspectiva siguiente podemos ver la unión de un pilar mixto con un ábaco de forjado reticular, detallándose los perfiles metálicos de conexión entre ambos, la armadura del pilar de hormigón, con sus cercos soldados al pilar, la armadura de los nervios y de conexión, etc.



Hidden page



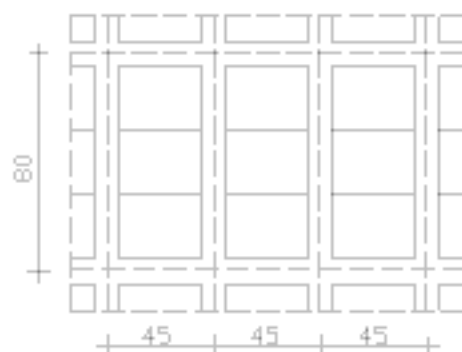
UN FORJADO RETICULAR RACIONALMENTE
MODULADO PARA CENSRSE A LAS DIMENSIONES
DE LA EDIFICACION

RETICULA
FUNDAMENTAL 45 x 80

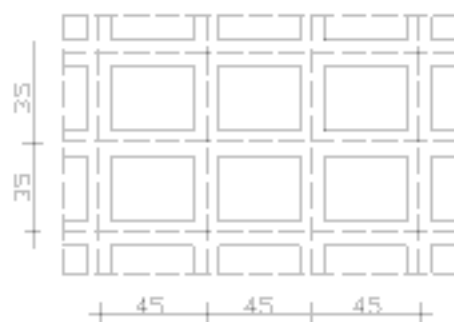
LOS MULTIPLOS DE 15 cm SON LOS
APTOS PARA TODA MODULACION

7,4 BOLVEJILLAS POR m²
3,7 CANALES POR m²

OTROS COMBINACIONES:



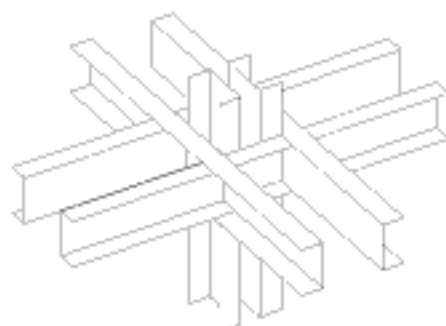
45 x 85 7,8 BOLVEJILLAS POR m²
2,0 CANALES POR m²



45 x 35 5,4 BOLVEJILLAS POR m²
5,4 CANALES POR m²

CONSUMO DE HORMIGÓN Y PESO PROPIO POR m ²						
	TIPO	15+0	15+3	20+0	20+2	20+4
RETICULA	45x50	50s/160Kg	60s/225kg	80s/210kg	80s/250Kg	80s/300Kg
	45x35	55s/190Kg	65s/250kg	70s/240Kg	90s/255Kg	110s/325Kg
	45x85	40s/160Kg	70s/225kg	60s/200kg	70s/240kg	90s/295Kg

CRUZ TÍPICA PARA PESISTIR EL PUNZONAMIENTO



2 UPN ABIERTOS



2 UPN CERRADOS



HEB

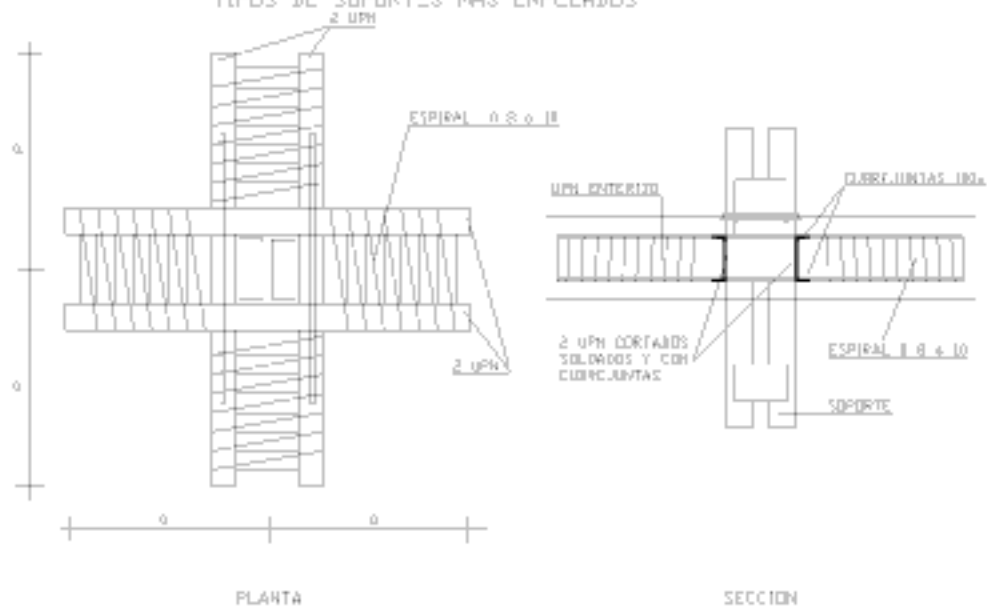


2 IPN



COMUESTOS

TIPOS DE SOPORTES MAS EMPLEADOS



TEMA 17.- PUESTA EN OBRA DE LOS FORJADOS: EJECUCION Y CONTROL.

17.1.-INTRODUCCIÓN.

Para evitar que se manipulen o se coloquen en obra de forma incorrecta los elementos del forjado y que, posteriormente, puedan aparecer patologías, se van a enumerar con carácter general las recomendaciones y precauciones que deben tenerse en cuenta.

17.2.-TRANSPORTE, DESCARGA, MANIPULACION Y ACOPIO EN OBRA.

Se seguirán las instrucciones indicadas por cada fabricante para la manipulación, a mano o con grúa, de las viguetas y losas alveolares. Si alguna resulta dañada afectando a su capacidad portante deberá desecharse.

Para su elevación con grúa, se aconseja emplear un útil rígido que proporcione a los paquetes de viguetas dos o más puntos de apoyo, de acuerdo con su longitud.

Se tendrán en cuenta las longitudes de los vuelos admisibles, para que no resulten dañadas en el transporte o manipulación.

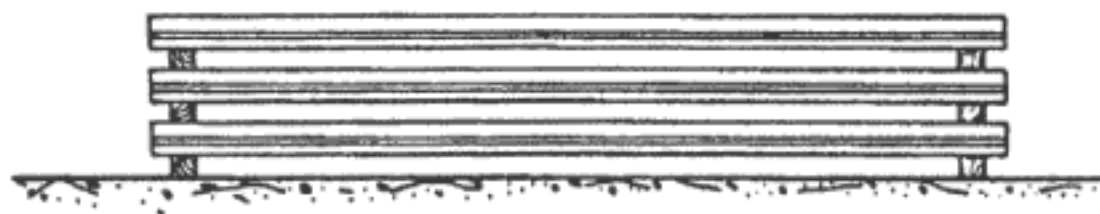
Las viguetas o losas alveolares se apilarán limpias sobre durmientes, que coincidan en la misma vertical.

No se permitirán vuelos mayores que 50 cm., ni alturas de pilas mayores que 1,50 m. salvo que el fabricante indique otro valor.

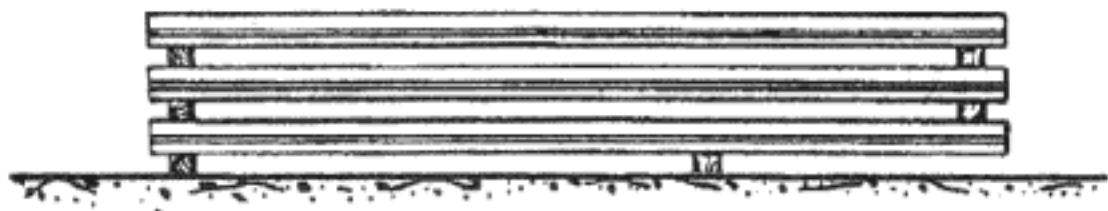
Es aconsejable colocar en cada pila viguetas del mismo tipo y longitud, de tal modo que quede visible su identificación.

Tanto para el transporte como para el acopio en obra es importante tener en cuenta la forma de trabajo de las viguetas, su armado, etc. y por ello deben transportarse y acopiarse en obra con apoyos colocados próximos a los extremos, evitando que las mismas trabajen en voladizo y puedan romperse o agrietarse. Igualmente los apoyos deben estar colocados todos en la misma vertical.

CORRECTA



INCORRECTA



17.3.-APUNTALADO.

Se dispondrán durmientes de reparto para el apoyo de los puntales.

Si los durmientes de reparto descansan directamente sobre el terreno, habrá que cerciorarse de que no puedan asentar en él.

Los puntales se arriostrarán en dos direcciones, para conseguir que el apuntalamiento sea capaz de resistir los esfuerzos horizontales que puedan producirse durante la ejecución de los forjados.

En caso de forjados de peso propio mayor de 3 kN/m². o cuando la altura de los puntales sea mayor que 4 m. se realizará un estudio detallado de los apuntalamientos, que figurará en el proyecto.

Las sopandas se colocarán a las distancias indicadas en los planos de ejecución del forjado.

En los forjados de viguetas armadas se colocarán los apeos nivelados con los apoyos y sobre ellos se colocarán las viguetas. En los forjados de viguetas pretensadas se colocan las viguetas ajustando a continuación los apuntalamientos. Los puntales deberán poder transmitir la fuerza que reciban y, finalmente, permitir el desapuntalamiento con facilidad.

El apuntalamiento de viguetas semiresistentes debe estudiarse cuidadosamente para evitar flechas o roturas, ya que estas viguetas carecen de suficiente hormigón para soportar las compresiones sin ayuda de apeos.

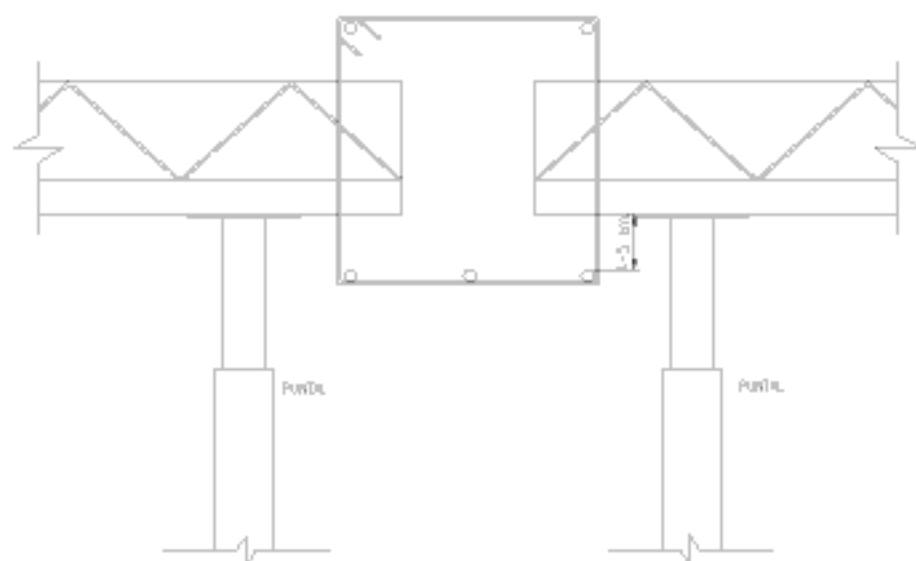
La separación y resistencia de los puntales debe ser la correcta para evitar flechas de forjado o hundimientos por rotura de puntales.

Es importante que todos los puntales estén revisados en obra y que se coloquen ajustados para que todos estén nivelados y trabajen conjuntamente.

17.4.-COLOCACION DE LAS VIGUETAS Y PIEZAS DE ENTREVIGADO.

Una vez niveladas las sopandas, se procederá a la colocación de las viguetas con el interjeje que se indica en los planos, mediante las piezas de entrevigado extremas. Finalizada esta fase, se ajustarán los puntales y se procederá a la colocación de las restantes piezas de entrevigado.

Las viguetas de hormigón no deben apoyar directamente sobre las armaduras de la jácena, sino de debe dejarse un espacio de 4-5 cm. para un buen hormigonado. Para ello apuntalaremos las viguetas para mantenerlas en dicha posición, tal como indica el dibujo adjunto.



En el caso en que sean viguetas semiresistentes armadas, tipo zapatilla y celosía, solamente entrará en la jácena el acero que sobresale de las viguetas..

Finalizada esta fase, se ajustarán los puntales y se procederá a la colocación de las bovedillas, vigilando que no estén fisuradas, para evitar peligro al pisarlas.

17.5.-COLOCACION DE LAS ARMADURAS.

La armadura de negativos se colocará bajo la armadura de reparto. Podrá colocarse por encima de ella, siempre que ambas cumplan las condiciones requeridas para los recubrimientos y esté debidamente asegurado el anclaje de la armadura de negativos sin contar con la de reparto.

Es importante que las armaduras de momento negativo de forjados no se bajen durante el hormigonado, para evitar pérdidas de brazo mecánico y por tanto de resistencia.

El recubrimiento de cualquier armadura respecto a la pieza de entrevigado debe fijarse en la hipótesis de que su interior corresponde a la clase de exposición I.

17.6.-HORMIGONADO EN OBRA.

Antes de hormigonar se comprobará que no existen elementos extraños, como barro, trozos de madera, etc. y se regará abundantemente, en especial si se utilizan piezas de entrevigado cerámicas.

El hormigón vertido en obra, tanto en relleno de nervios o juntas, como en la losa superior de hormigón, debe ser dosificado y puesto en obra de manera adecuada, al objeto de obtener un hormigón suficientemente compacto, resistente y durable.

El hormigonado de los nervios o juntas y la losa superior se realizará simultáneamente, compactando con los medios adecuados a la consistencia del hormigón. En los forjados de losas alveolares pretensadas se asegurará que la junta quede totalmente rellena.

En el momento del hormigonado, las superficies de las piezas prefabricadas que van a quedar en contacto con el hormigón vertido en obra deben estar exentas de polvo y convenientemente humedecidas para garantizar la adherencia entre los dos hormigones.

Es conveniente evitar acumulaciones importantes de hormigón antes de ser distribuido.

Las juntas de hormigonado perpendiculares a las viguetas deben disponerse a una distancia del apoyo no menor que $1/5$ de la luz, normalmente más allá de la sección en que acaban las armaduras para momentos negativos. Es aconsejable situar las juntas de hormigonado paralelas a las viguetas sobre el eje de las piezas de entrevigado y nunca sobre los nervios.

17.7.-CURADO DEL HORMIGÓN.

Debe realizarse de acuerdo con lo establecido en el art. 74 de la Instrucción EHE.

El curado del hormigón de los forjados es muy importante, especialmente en tiempo seco, caluroso y con viento, por tener una superficie expuesta muy amplia.

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado, que podrá realizarse mediante riego directo que no produzca deslavado.

En general se recomienda un período mínimo de 3 días en invierno y 5 días en verano.

17.8.-DESAPUNTALADO.

Los plazos de desapuntalado serán los prescritos en el Art. 75 de la instrucción EHE. Para modificar dichos plazos, el Constructor redactará un plan de desapuntalado acorde con los medios materiales disponibles, debidamente justificado y establecerá los medios de control y seguridad apropiados que someterá a la aprobación de la Dirección Facultativa.

No se desapuntalará hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas, los esfuerzos a los que va a estar sometido durante y después del desencofrado, desmoldeo o descimbrado.

No se desapuntalará de forma súbita y se adoptarán precauciones para el impacto de las sopandas y puntales sobre el forjado.

No es conveniente mantener más de 3 plantas apuntaladas, ni es conveniente tabicar sin haber desapuntalado previamente.

Deberá realizarse la comprobación de que no se supera la capacidad resistente del forjado mediante un estudio de las cargas transmitidas en el proceso de apuntalamiento de las plantas consecutivas.

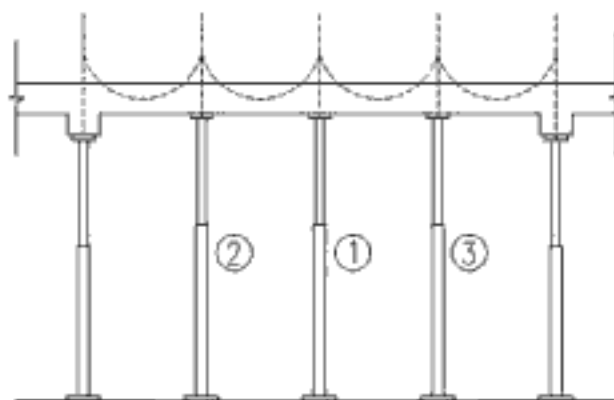
En condiciones normales de temperatura, el plazo para proceder a desapuntalar suele ser de 21 días.

El orden de retirada de los puntales será desde el centro del vano hacia los extremos y en el caso de voladizos del vuelo hacia el arranque. No se entresacarán ni retirarán puntales sin la autorización previa de la Dirección Facultativa.

Los dos casos típicos de desapuntalamiento son: forjado de vano y forjado de voladizo.

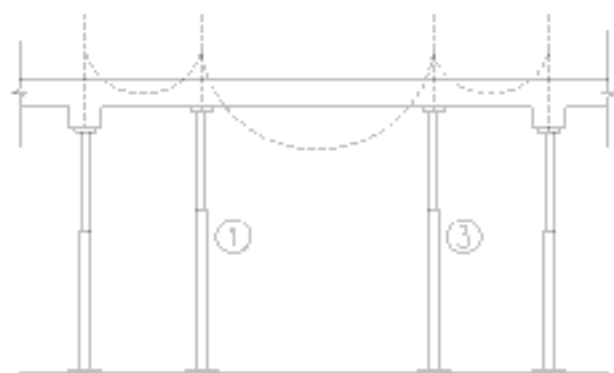
Siempre tendremos la precaución de que las viguetas no trabajen de forma diferente a aquella para la que se han diseñado.

En el caso de forjado de vano, empotrado en 2 jácenas, el diagrama de momentos flectores, con apuntalamiento, será el siguiente:

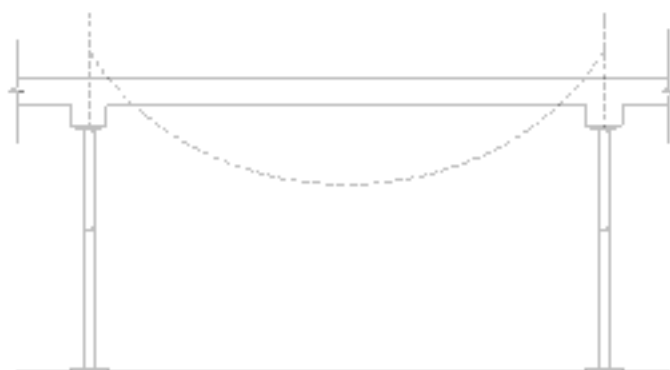


Los puntales deben quitarse empezando del centro del vano hacia los extremos o apoyos del forjado, porque haremos trabajar el forjado tal como se diseñó.

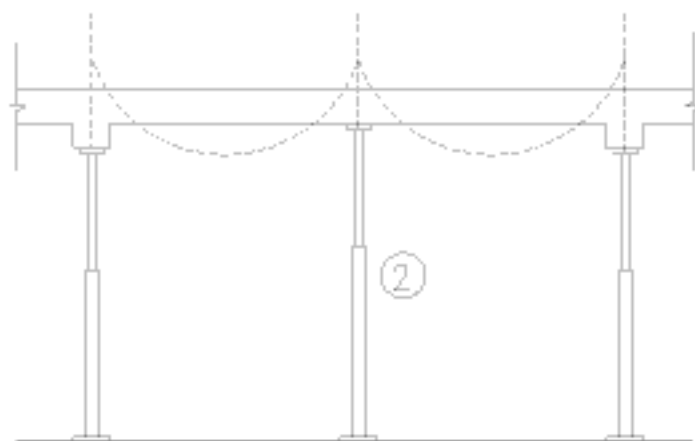
Una vez eliminada la fila central de puntales, el forjado presentará aproximadamente el siguiente diagrama de momentos:



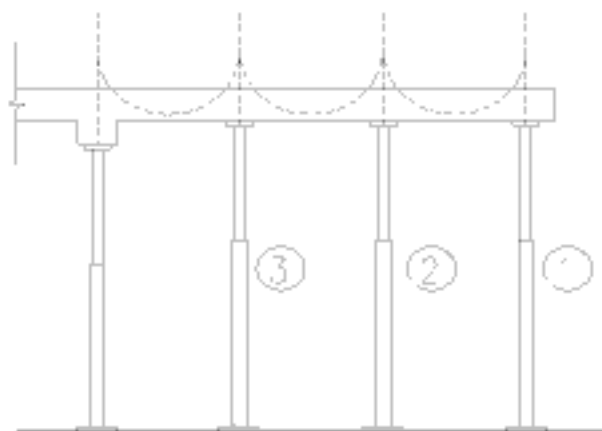
A continuación se quitan el resto de los puntales, con lo cual el forjado ya trabaja como estaba previsto.



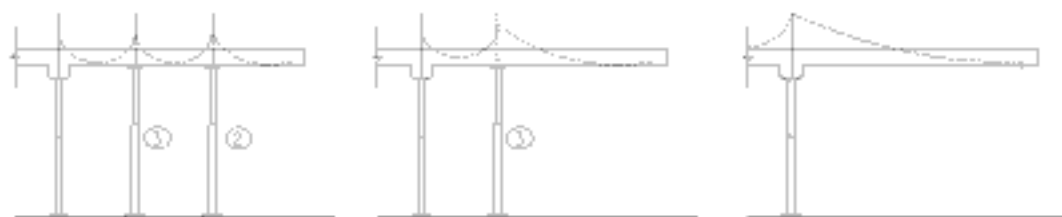
Si quitásemos los puntales al revés, comenzando por los extremos, el forjado trabajaría con esfuerzos imprevistos, puesto que en la zona central aparece un momento negativo importante. Además al quitar los puntales centrales, se realiza un cambio brusco importante de momentos en el centro del vano, pasando instantáneamente de momentos negativos a momentos positivos, pudiendo aparecer fisuras en el forjado.



En el caso de forjado en voladizo, el tratamiento es similar. El forjado debe trabajar tal como se ha diseñado.



El descimbrado debe comenzarse desde el extremo del voladizo hacia el interior, para que el forjado vaya trabajando en voladizo.



Hidden page

Hidden page

Hidden page

Hidden page

TEMA 18.- FORJADOS DE CHAPA NERVADA COLABORANTE.

18.1.- INTRODUCCIÓN

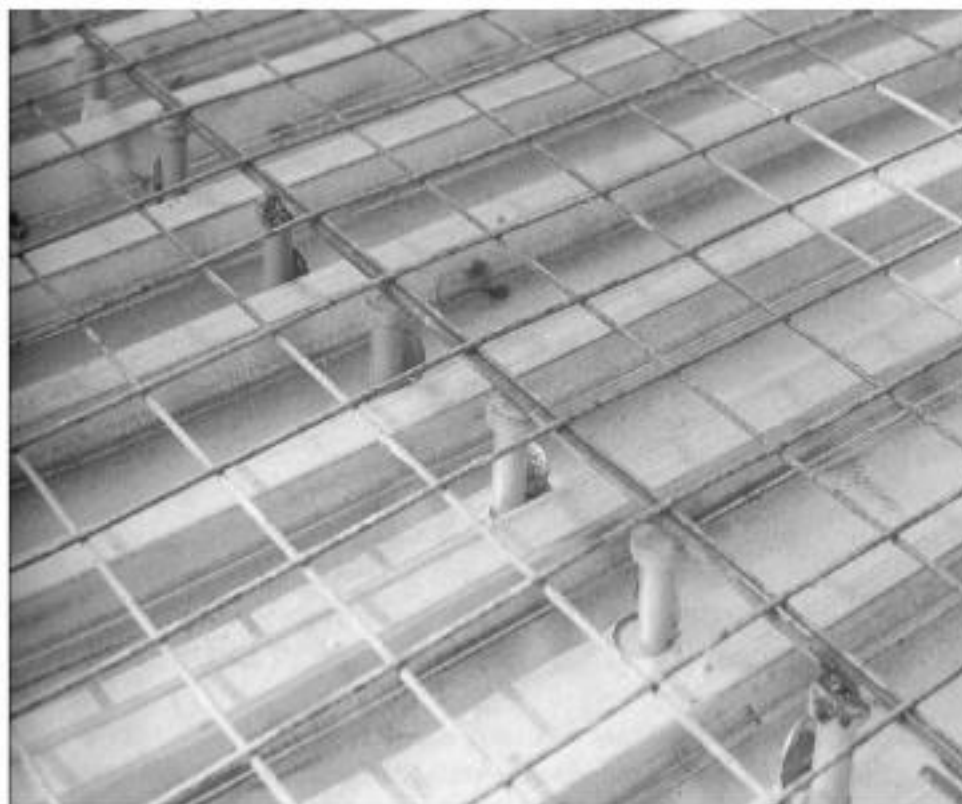
Un forjado mixto de chapa colaborante está constituido por una chapa grecada de acero sobre la cual se vierte una losa de hormigón que contiene una malla de armadura, destinada a reducir la fisuración del hormigón debida a la retracción y a los efectos de la temperatura. En este tipo de forjado, la chapa grecada sirve de plataforma de trabajo durante el montaje, de encofrado para el hormigón fresco y de armadura inferior para el forjado después del endurecimiento del hormigón. También puede servir de arriostramiento horizontal de la estructura metálica durante la fase de montaje, siempre y cuando su fijación con ésta sea la adecuada.

Las chapas grecadas deben tener una resistencia y una rigidez suficientes para desempeñar la función de encofrado, en la medida de lo posible sin apeos provisionales. Además, para asegurar una buena conexión entre acero y hormigón, deben disponer de un perfil particular en cuanto a la forma de las grecas y de las denominadas indentaciones, que son aquellas hendiduras o protuberancias que se le “dibujan” a la chapa para aportar mejor adherencia con el hormigón.



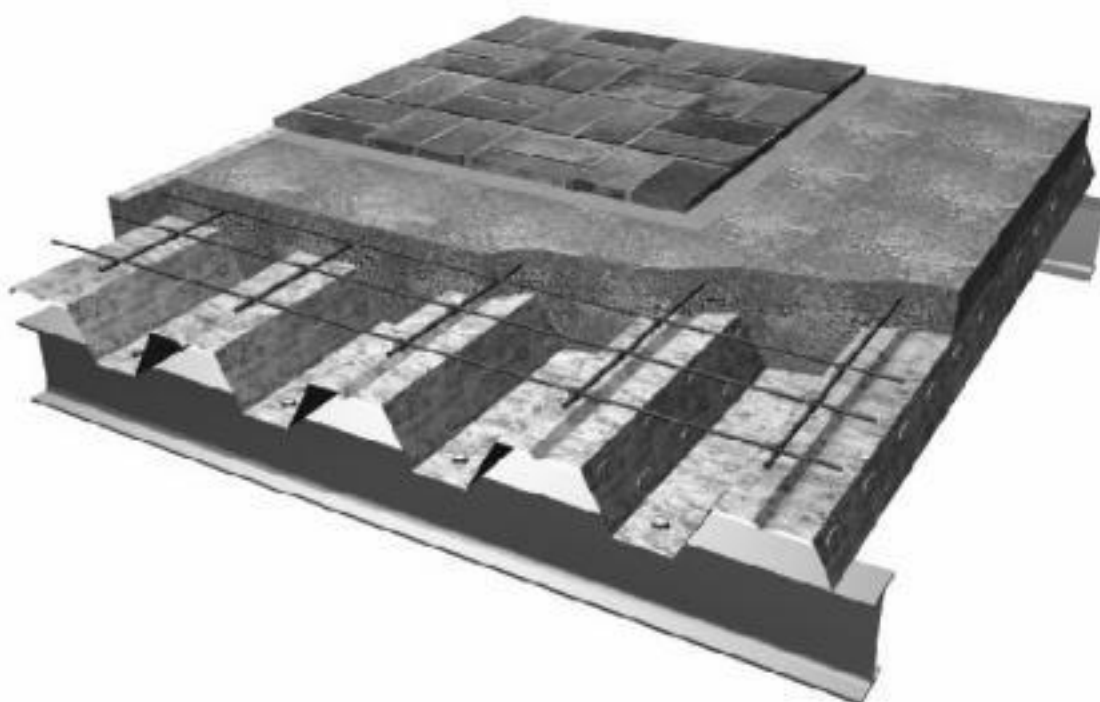
Vista general de forjado de chapa nervada colaborante.

Los forjados mixtos de chapa colaborante se utilizan, más comúnmente, apoyados en un entramado de vigas metálicas, aportando una serie de ventajas que veremos posteriormente. A estos efectos, se requiere una conexión adecuada entre el forjado y vigas metálicas que impida los deslizamientos relativos entre estos elementos y que se consigue mediante conectores. El conjunto resultante constituye un forjado mixto de chapa colaborante con vigas mixtas acero-hormigón.



Forjado mixto de chapa colaborante con vigas mixtas antes del hormigonado.

La conexión entre los conectores y la viga metálica se realiza a menudo mediante pernos soldados. La realización de estas soldaduras puede presentar algunas dificultades relacionadas con la corriente eléctrica necesaria, con la presencia de humedad en las superficies metálicas, así como con la presencia de una protección contra la corrosión de las vigas (pintura) y de la chapa (galvanizado). Con el fin de evitar estos problemas se han desarrollado conectores cuya fijación con las vigas metálicas se realiza mecánicamente mediante clavos. Este tipo de conexión se presta particularmente para las aplicaciones con chapas grecadas ya que su fijación a través de éstas se puede realizar sin dificultades.



Perspectiva de forjado mixto de chapa colaborante.

En la mayoría de los forjados mixtos, las chapas grecadas son continuas sobre las vigas metálicas. Consecuentemente, los forjados de chapa colaborante suelen ser continuos sobre varios vanos y requieren la disposición de una armadura superior de refuerzo para resistir los momentos negativos.

En algunos casos puede interesar reducir el espesor del forjado a un mínimo. Para ello se puede adoptar una solución que integra las vigas de acero dentro del espesor ocupado por las chapas grecadas y el hormigón, y se conoce bajo el nombre de forjado con vigas integradas. Aparte de un espesor mínimo, esta solución también ofrece una buena protección de las vigas metálicas contra los incendios.

Las chapas grecadas constituyen el elemento fundamental en un forjado con chapa colaborante. En el mercado existe una gran variedad aptas para ser utilizadas en este tipo de soluciones. Estas chapas se diferencian por la forma, el canto y la separación de las grecas, por su ancho, por el sistema adoptado para su solape lateral, por la rigidización de los elementos planos que constituyen el perfil y por la conexión mecánica (indentaciones) que debe asegurar la conexión con el hormigón.

El espesor de las chapas se puede situar entre 0,75 y 1,50 mm, aunque en la práctica los espesores empleados raras veces superen el valor de 1,0 mm. El canto de las grecas varía entre 38 mm y 80 mm, aproximadamente.

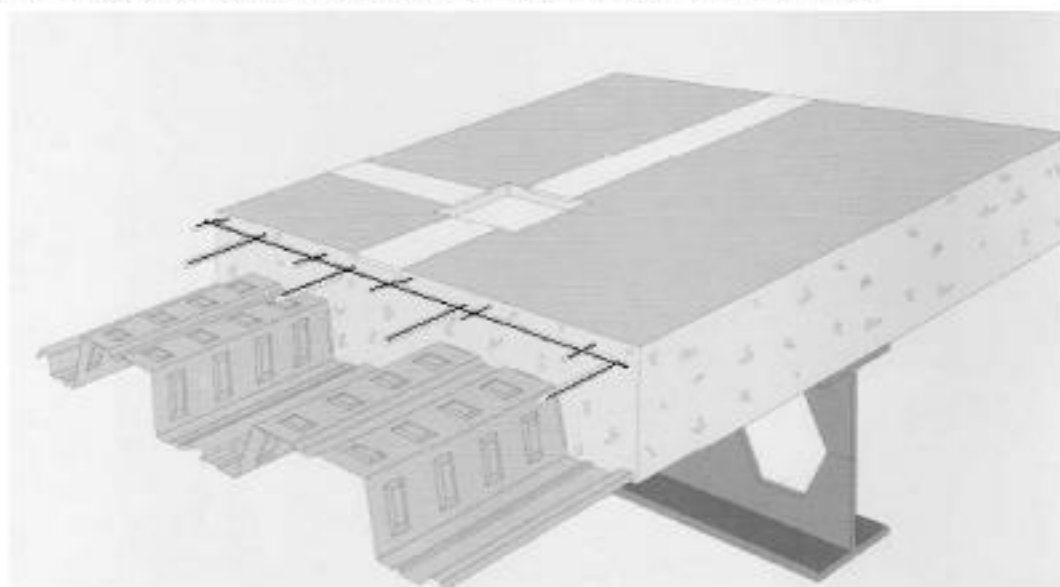
Un forjado de hormigón con una chapa colaborante implica dos estados estructurales fundamentalmente diferentes, la fase de construcción y el estado final, respectivamente. Durante el hormigonado, la chapa grecada es el único elemento resistente. Durante la fase de utilización, al contrario, el acero y el hormigón están conectados y ambos constituyen una sección mixta. Tanto para la fase de construcción como para el estado definitivo se deberán efectuar las relevantes verificaciones de la seguridad estructural y de la aptitud al servicio.

Los forjados mixtos de chapa colaborante constituyen una solución muy económica y por tanto competitiva para un gran número de aplicaciones. No obstante, algunas de las ventajas estructurales de esta solución implican desventajas desde otros puntos de vista. Por ejemplo:

- A menudo, la resistencia última de un forjado mixto de chapa colaborante viene determinada por la resistencia de la conexión acero-hormigón frente a los esfuerzos rasantes por lo que las luces que se pueden salvar de manera económica son más bien reducidas.
- La conexión entre chapa y hormigón no queda asegurada en caso de acciones dinámicas (sismo).
- En ausencia de revestimientos específicos o de falsos techos, la resistencia de los forjados mixtos de chapa colaborante en caso de incendio resulta relativamente modesta.
- La masa muy reducida de los forjados mixtos de chapa colaborante puede contribuir a una cierta tendencia de estos elementos a vibrar de manera perceptible.

Desde finales de los años 80 y fundamentalmente en el primer quinquenio de los 90, se postula la necesidad de efectuar un análisis en servicio además del de rotura, proponiéndose métodos y valores recomendables relacionados con resultados de ensayos como limitativos de las acciones o cargas a considerar en el cálculo, llevándose las principales conclusiones al Eurocódigo nº 4 que se incorpora a España en el año 1994 como ENV1994. Actualmente de esta prenorma existe una versión del año 2002.

Hoy en día siguen llevándose a cabo estudios para definir generalmente las formas de las nervaduras y de las indentaciones, así como las disposiciones de estas últimas con objeto de lograr llegar a luces más elevadas con cargas mayores y así, de luces que no sobrepasaban, para forjados normales de edificios de oficinas, los dos metros y medio en los años 80, estamos en este momento pudiendo utilizarlas hasta cinco metros y medio.



Sistema forjado mixto colaborante.

Hidden page

En algún caso, puede ser limitativo de este tipo de forjados la existencia de cargas puntuales que puedan llegar a punzonarlos, por lo que es preciso adoptar medidas especiales para materializar el apoyo, logrando un mejor reparto de cargas.

Desde el punto de vista de su resistencia al fuego, por sí mismos se les suele reconocer un tiempo de 30 minutos, lo cual en ocasiones queda por debajo de las exigencias aplicables. En estos casos, es preciso utilizar revestimientos, que en ocasiones tienen dificultades de aplicación debido al galvanizado que las propias chapas poseen. En cualquier caso, puede encontrarse una solución con morteros, pinturas o falsos techos resistentes.

18.3.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL FORJADO MIXTO DE CHAPA NERVADA COLABORANTE.

VENTAJAS

- Ideal para edificios en altura, en donde es posible avanzar con el montaje de la estructura sin necesidad de hormigonar forjados, solamente disponiendo la chapa nervada fijada a las vigas metálicas, que incluso aporta una adecuada capacidad de arriostamiento a efectos horizontales, tanto en la etapa de ejecución como en la de servicio.
- La chapa extendida, premontada y debidamente sujeta, resulta ser una plataforma segura de trabajo, para facilitar el movimiento de las personas y para el acopio de los materiales.
- Puede no necesitar la colocación de apuntalamientos o cimbras para soportar el peso del hormigón antes del endurecimiento del mismo, lo que simplifica mucho la ejecución de la obra, permitiendo ejecuciones muy rápidas.
- En el caso de forjados a una determinada altura importante, por ejemplo por encima de 5 metros, al no necesitar apuntalamiento ni cimbras resulta muy adecuado para no tener que montar castilletes o varios niveles de apuntalamiento, simplificando y abaratando la ejecución.
- Por la forma de la propia chapa este tipo de forjados permite, con la colocación de elementos complementarios, el introducir instalaciones, evitando en ocasiones la necesidad de disponer falsos techos o falsos suelos de magnitudes importantes.
- Es muy adecuado para oficinas – paisajes en donde es preciso tener flexibilidad en la disposición del mobiliario y por tanto en los puntos de conexión eléctrica, de datos, etc.

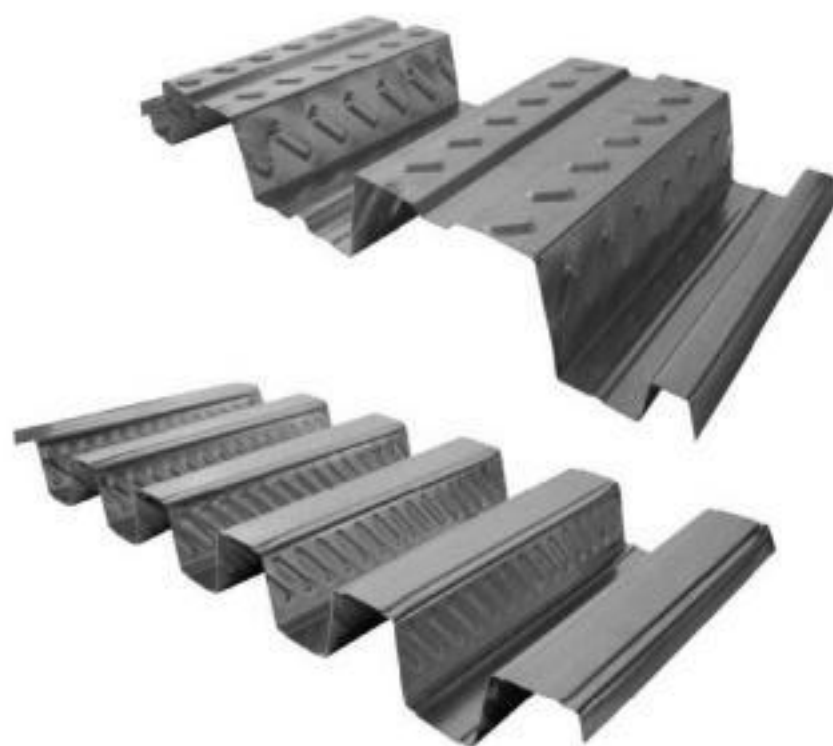
INCONVENIENTES

- Se trata de un sistema de forjado muy específico adaptable muy bien a estructuras mixtas o metálicas presentando una mayor dificultad en otros tipos.
- Tiene limitada generalmente sus luces hasta el entorno de los 5 metros en estos momentos, salvo aplicaciones muy particulares.
- Es necesario utilizar personal especializado para el montaje del mismo, debiendo cuidar mucho las condiciones de limpieza.
- Deben existir planos de montaje, pues no permite habitualmente la improvisación.

- Hoy en día, la fabricación de chapas de elevadas prestaciones, es decir con adecuadas indentaciones que permiten llegar a luces importantes, exige montajes en fábrica de medios de elevado coste.

18.4.- ELEMENTOS DEL FORJADO DE CHAPA COLABORANTE

PERFIL METÁLICO



Perfil de acero galvanizado diseñado con embuticiones para trabajar en conjunto con el hormigón.

La chapa se denomina por su referencia comercial, la altura de greca, su ancho útil y/o el paso entre ondas.

- **H: Altura de la greca**

Como en todos los perfiles la altura o canto es un indicativo de la inercia y capacidad resistente.

Las alturas más habituales en este tipo de chapas oscilan ente 50 y 80 mm.

- **P: Paso o ancho útil**

Dato a considerar en el proyecto y petición de material, en el rendimiento de montaje y manipulación en obra. Rango: 700-900 mm.

- **B: Paso entre grecas**

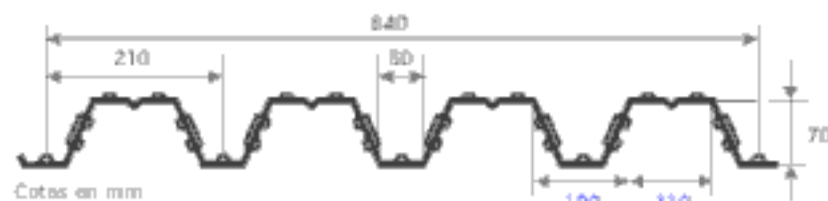
Característica función del diseño.

• **E: Espesor**

Espesores más comunes: [0.7](#), [0.75](#), [0.8](#), [1](#), [1.2](#) mm.

En la tabla siguiente se detallan las características de la chapa nervada colaborante:

DIMENSIONES



VALORES EFICACES DEL PERFIL

		Peso (kg/m ²)	Momento Inercia (mm ⁴ /m)	Modulo Resistente Negativos (mm ³ /m)	Modulo Resistente Positivos (mm ³ /m)
Espesor (mm)	0,75	9	898.484	16.127	17.837
	1,00	12	1.055.920	25.900	28.409
	1,20	14	1.267.697	31.038	29.834

VALORES EFICACES DEL FORIADO

	Peso del Forjado (kp/m ²) Canto del Forjado (cm)					
	12	14	16	18	20	21
0,75	195	241	289	337	385	449
1,00	196	244	292	340	388	452
1,20	198	248	294	342	390	454

Densidad del Hormigón: 2400 kg/m³

Canto del Forjado (cm)		Volumen Hormigón cm ³ /m ² de base	Inercia Bruta (cm ⁴ /m)
		12	0,077
14	0,097	11,042	
16	0,117	16,313	
18	0,137	22,084	
20	0,157	28,256	
21	0,167	36,084	

MATERIALES

Características del Perfil:	Limite Elástico > 320 N/mm ²	Material Base Calidad S320GD
	Limite de Rotura = (370, 480) N/mm ²	Mod. de Elasticidad = $2,1 \times 10^5$ daN/cm ²
	Alargamiento de Rotura Mín. 25%	Protección: Galvanizados Z-275
Características del Hormigón:		
Tipo C-25 ; $f_{ck} = 25$ N/mm ² ; $f_{ctk} = 1,8$ N/mm ²	Tamaño del Arido < máximo $((0,4h_c) / (d_s/3))$ (norma C, 31,5 mm)	h_c = Espesor de la capa de compresión del hormigón; $d_s/3 = 26$ mm
Modulo de Elasticidad = $20314,4$ daN/cm ²		
Características del Acero de las armaduras:	Malazo electrosoldado y redondos de acero de alta adherencia.	
	Limite Elástico = 500 N/mm ²	

ARMADURAS

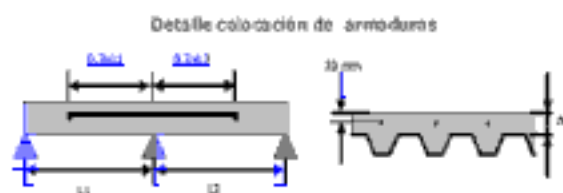
Armadura de Reparto: Malla electrosoldada de 150x150x5 mm

Armadura de negativos: Se sitúan redondos a 210mm de separación entre ellos y de diámetro según tabla. Las lesas apoyadas no necesitan negativos.

Diámetro de los redondos

2 o más Varios	Canto del forjado (cm)	Canto del forjado (cm)					
		12	14	16	18	20	21
0,75	2	10	12	14	16	18	20
1,00	10	12	12	14	16	18	20
1,20	10	12	14	14	16	18	20

Unidades en mm



TABLAS DE RESISTENCIA

Apuntamiento en el centro de vano

Leve (L) Sobrecarga Máxima (kg/m²)

ESPESOR	Canto del Forjado (mm)						Canto del Forjado (mm)						Canto del Forjado (mm)					
	12	14	16	18	20	21	12	14	16	18	20	21	12	14	16	18	20	21
0,75 mm	1190	1478	1776	2074	2372	2670	1380	1715	2061	2406	2752	2889	1327	1662	1997	2333	2668	2530
1,00	862	1103	1433	1814	2029	2239	1110	1390	1670	1950	2231	2386	1075	1348	1618	1889	2161	2291
1,20	778	975	1172	1368	1565	1698	912	1142	1372	1602	1832	1943	862	1075	1288	1491	1773	1890
1,50	642	805	967	1130	1292	1388	757	948	1139	1331	1522	1613	731	916	1101	1286	1471	1558
1,80	534	670	805	940	1075	1138	634	794	954	1114	1275	1350	612	786	951	1116	1281	1333
2,00	447	560	673	786	899	951	534	669	804	939	1074	1137	515	645	775	905	1036	1086
2,20	375	470	565	660	755	787	452	568	681	795	910	962	435	545	655	765	875	925
2,40	315	395	475	555	635	670	384	481	578	675	773	817	365	452	538	624	710	754
2,60	265	332	399	467	534	563	327	409	492	575	658	694	313	382	452	521	600	636
2,80	229	279	325	382	440	471	270	348	419	490	560	590	268	333	400	468	535	564
3,00	200	243	289	337	395	421	230	296	366	436	504	531	235	292	359	427	494	517
3,20	178	217	257	305	363	385	200	264	332	402	470	495	208	267	335	394	460	480
3,40	160	195	235	283	341	360	180	240	305	375	444	468	190	249	317	376	442	460
3,60	145	175	215	263	321	338	160	215	279	348	417	440	175	230	298	357	423	439
3,80	132	158	198	246	304	319	145	195	259	328	397	420	160	215	283	342	408	424
4,00	120	143	183	231	289	303	130	175	239	308	377	400	145	200	268	327	393	409
4,20	110	130	170	218	276	289	115	160	224	293	362	385	130	185	253	312	378	394
4,40	100	118	158	206	264	277	100	145	209	278	347	370	115	170	238	297	363	379
4,60	90	106	146	194	252	265	90	130	194	263	332	355	100	155	223	282	348	364
4,80	80	95	135	183	241	254	80	115	179	248	317	340	90	145	213	272	338	354
5,00	70	84	124	172	230	243	70	100	164	233	302	325	80	130	200	259	325	341

2,0	1595	2000	2404	2774	3125	3273	2,0	1575	1921	2304	2641	2815	2983	2,0	1614	1969	2137	2502	2666	2836
2,2	1296	1624	1952	2280	2608	2751	2,2	1416	1726	1871	2190	2527	2588	2,2	1451	1769	1918	2246	2501	2633
2,4	1086	1337	1607	1878	2148	2281	2,4	1240	1555	1692	1982	2287	2349	2,4	1202	1506	1736	2033	2246	2380
2,6	885	1113	1338	1564	1789	1879	2,6	1037	1300	1542	1805	2083	2140	2,6	1004	1296	1513	1767	2022	2127
2,8	715	926	1124	1314	1503	1576	2,8	875	1097	1318	1545	1762	1881	2,8	846	1061	1275	1490	1705	1790
3,0	582	791	951	1111	1272	1330	3,0	743	932	1121	1319	1499	1571	3,0	713	901	1083	1266	1440	1518
3,2	485	672	809	946	1082	1128	3,2	630	798	959	1121	1283	1341	3,2	614	770	926	1062	1238	1294
3,4	413	574	691	808	924	961	3,4	546	688	825	984	1103	1150	3,4	527	661	795	929	1063	1108
3,6	355	470	562	652	742	829	3,6	471	591	712	832	962	1000	3,6	454	589	695	801	916	952
3,8	307	391	467	537	607	700	3,8	407	512	618	720	824	854	3,8	392	492	582	682	792	820
4,0	267	335	400	469	538	596	4,0	350	442	534	624	714	737	4,0	336	426	512	598	696	739
4,2	232	292	357	426	495	537	4,2	306	384	463	541	620	637	4,2	293	378	463	548	636	680
4,4	203	253	318	387	456	497	4,4	265	333	401	480	537	549	4,4	253	338	413	488	573	617
4,6	178	228	293	362	431	472	4,6	228	287	355	434	491	473	4,6	216	279	351	427	513	549
4,8	155	205	270	339	408	449	4,8	190	249	317	396	453	458	4,8	180	243	315	391	477	513
5,0	132	182	247	316	385	426	5,0	155	214	282	361	418	423	5,0	152	211	283	359	445	481

		12	14	16	18	20	21			12	14	16	18	20	21			12	14	16	18	20	21
ESPESES 1,20 mm	2,0	1651	2038	2413	2776	3127	3293	2,0	1578	1923	2287	2643	2918	2683	2,0	1617	1971	2346	2505	2808	2955		
	2,2	1485	1833	2170	2496	2811	2959	2,2	1418	1728	1873	2190	2529	2586	2,2	1454	1772	2108	2249	2594	2652		
	2,4	1303	1632	1961	2262	2547	2681	2,4	1295	1596	1695	1986	2289	2339	2,4	1318	1606	1911	2036	2348	2399		
	2,6	1103	1385	1640	1916	2182	2324	2,6	1173	1428	1544	1836	2095	2130	2,6	1203	1465	1743	1855	2140	2186		
	2,8	799	1152	1385	1616	1851	1962	2,8	1073	1311	1415	1657	1912	1950	2,8	1039	1302	1564	1701	1962	2002		
	3,0	584	981	1179	1377	1575	1669	3,0	916	1148	1303	1526	1761	1795	3,0	897	1111	1336	1560	1794	1943		
	3,2	450	780	1000	1179	1349	1428	3,2	788	988	1187	1387	1586	1659	3,2	782	955	1148	1341	1534	1625		
	3,4	346	614	869	1015	1161	1229	3,4	682	854	1027	1200	1372	1453	3,4	656	825	1002	1159	1325	1404		
	3,6	269	472	750	877	1003	1061	3,6	592	742	892	1042	1192	1262	3,6	571	716	861	1006	1150	1218		
	3,8	203	353	583	700	869	919	3,8	516	647	775	909	1040	1100	3,8	497	624	750	876	1002	1060		
	4,0	150	260	445	560	755	797	4,0	451	566	680	795	909	962	4,0	434	545	655	765	875	925		
	4,2	108	188	335	436	656	692	4,2	395	498	596	696	797	842	4,2	380	479	573	669	766	809		
	4,4	78	136	246	310	570	601	4,4	347	435	525	611	699	736	4,4	332	417	501	586	670	708		
	4,6	56	98	176	220	487	521	4,6	304	382	460	536	614	647	4,6	291	365	439	513	587	619		
	4,8	40	70	125	157	451	481	4,8	267	335	403	471	538	567	4,8	255	320	384	449	514	541		
5,0	28	50	87	110	348	373	5,0	234	293	353	412	472	497	5,0	223	279	334	393	450	473			

Comportamiento al Fuego:

Debido a las características de los forjados colaborantes estos tienen asegurada una resistencia al fuego de 30 minutos (R30). En caso de que se necesitare una resistencia RF mayor a esta se podrán contemplar las siguientes alternativas:

- Material protector proyectado por debajo del forjado colaborante
- Instalación de Placas techos
- Armaduras adicionales para el fuego, consultar con nuestro Departamento Técnico

Hipótesis de Cálculo

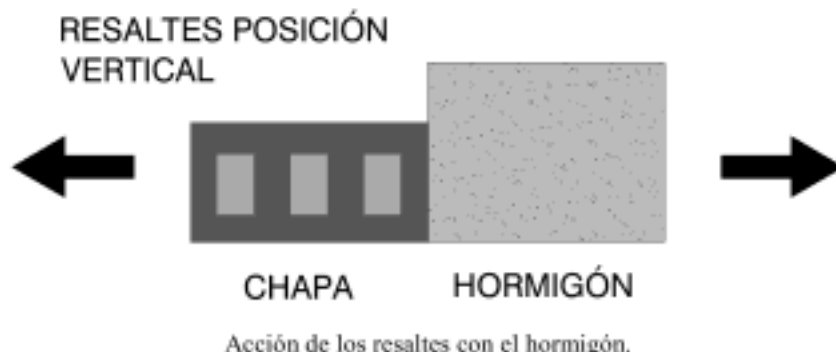
ELU: Carga Máxima = 1,35 * Peso Propio + 1,50 * Sobrecarga Uso
 ELS: Carga Máxima = 1,00 * Peso Propio + 1,00 * Sobrecarga Uso
 Lucos < 1,5 m ----- Flecha Máxima < L/350
 Lucos > 1,5 m ----- Flecha Máxima < (L/700) + 1 mm

Para forjados de vanos con distinta longitud nuestro Departamento Técnico esta a su disposición para realizarle los cálculos. Recibirá asesoramiento ante cualquier duda y la información técnica que necesite.

Incofrut Levante S.A. no se hace responsable del incumplimiento de las recomendaciones de Ruesta en Obra del Forjado Colaborante

RESALTES

Las embuticiones o resaltes son el elemento de anclaje, adherencia y colaboración con la losa de hormigón. La cantidad y diseño de los resaltes ha de asegurar una adherencia superior al esfuerzo rasante y cortante vertical.



FIJACIONES

Los perfiles deben fijarse a la estructura para evitar el desplazamiento bajo la acción del viento o durante la fase de hormigonado. La fijación se adaptará al tipo de soporte. Tipos de fijaciones:

- Tiros o clavos aplicados con pistola.



Clavos aplicados con pistola.

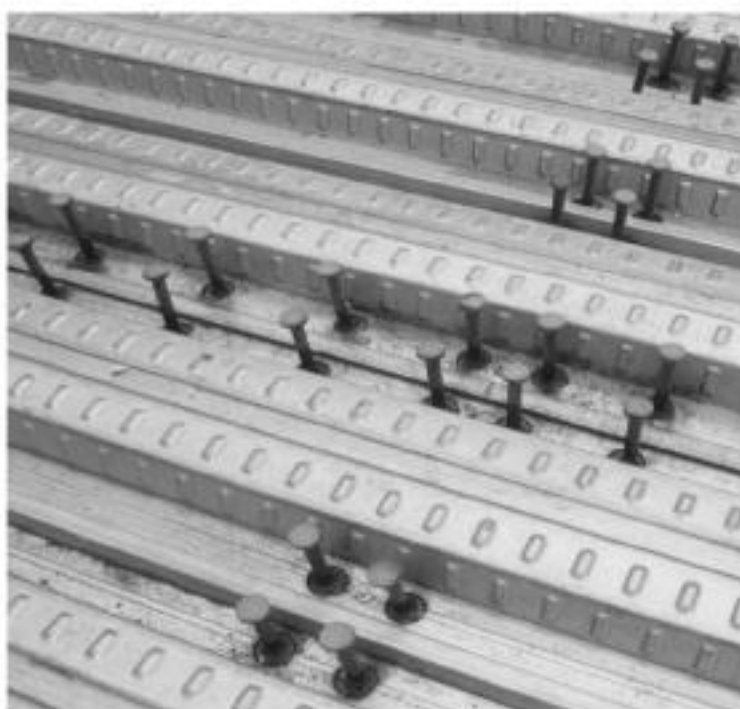
- Conectores.

El uso de conectores permite constituir la 'viga mixta' y optimizar así la estructura soporte. Tienen por objeto transmitir los esfuerzos entre la losa y la estructura permitiendo un aprovechamiento global de ambos.

Existen en el mercado dos tipos:

- Conectores soldados

Para soldar el conector a través de la chapa sobre el soporte, la parte superior de la viga debe estar limpia, no pintada y seca, y el perfil en contacto perfecto con la viga.



Colocación de conectores.

- Conectores clavados

Pieza metálica en forma de 'L' fijada a la viga por medio de dos clavos aplicados por pistola. Sistema de ejecución rápido.



Aplicación conectores clavados.

ARMADURAS

La principal característica del perfil colaborante es constituir la armadura positiva o de tracción de la losa de hormigón en el centro del vano. El resto de armaduras que conforman forjado mixto son las siguientes:

- Mallazo electrosoldado para limitar la retracción debida al secado del hormigón y evitar la fisuración. El cálculo determina el tamaño de la cuadrícula y diámetro de la varilla corrugada.

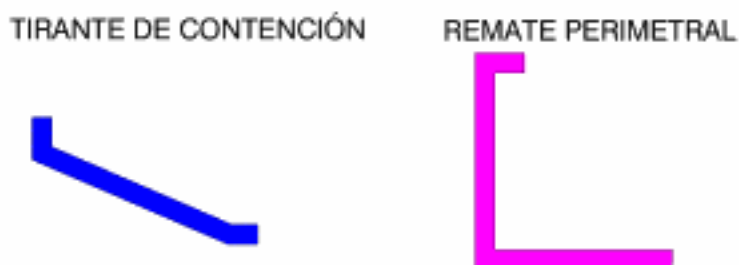
Ejemplos de mallazo utilizados:

- Armadura negativa en los apoyos centrales de sistemas multiapoyados para absorber la tracción del momento negativo. El cálculo determina el diámetro de la barra corrugada.
- Armadura positiva adicional en los casos excepcionales en que el perfil no absorba la totalidad de los esfuerzos de tracción. También se utilizan para mejorar la estabilidad de este tipo de forjados frente a la acción del fuego.

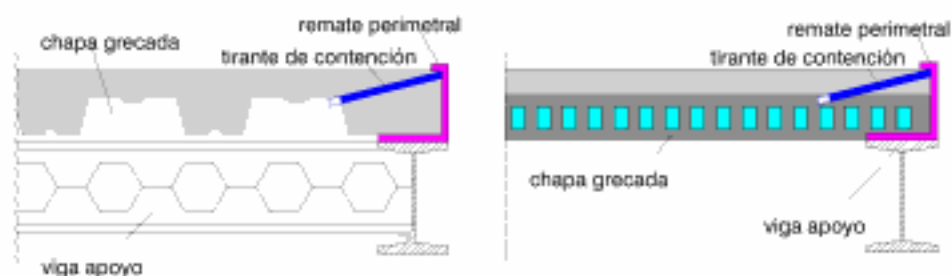
REMATES

Perfiles metálicos de acero galvanizado dispuestos para la contención del hormigón en su fase húmeda. Deben de estar fijados directamente a la estructura, a la vez que se fija la chapa. Deben de atirantarse con pletinas galvanizadas de ancho 40 mm y separadas entre si de 0,5 a 1 m en función del canto del forjado.

Preferentemente la forma del remate debe de ser un ángulo de la misma altura del forjado, rigidizado en el borde superior.



Remate perimetral y tirante de contención



Remate perimetral y tirante de contención.

Hidden page

Hidden page

- No se dejarán huecos por donde pueda escapar el hormigón al verterlo (se utilizarán juntas estanca especialmente diseñadas para ello).

El perfil en la fase de vertido del hormigón soporta su Peso Propio + el Peso del Hormigón + Peso Armaduras, así como las cargas de ejecución que establece el Eurocódigo.

Se evitarán las cargas puntuales debidas a:

- Agrupación de personas en una misma zona
- Acumulación de material

Se evitará que cualquier carga descansa directamente sobre la chapa, disponiendo de listones de un espesor considerable.

Puntales

Los puntales se colocarán una vez instaladas y fijadas las chapas.

Por regla general se colocarán los puntales a un $\frac{1}{2}$ de la luz del vano en caso de que sea un puntal, $\frac{1}{3}$ y $\frac{2}{3}$ de la luz del vano en caso de dos puntales por vano.

La separación entre puntales del mismo vano no será mayor de 0,84 metros y la chapa apoyará sobre estos a través de una sopanda (tablón de madera) de ancho mínimo 100 mm y espesor 50 mm. Los puntales no se retirarán hasta los 28 días.

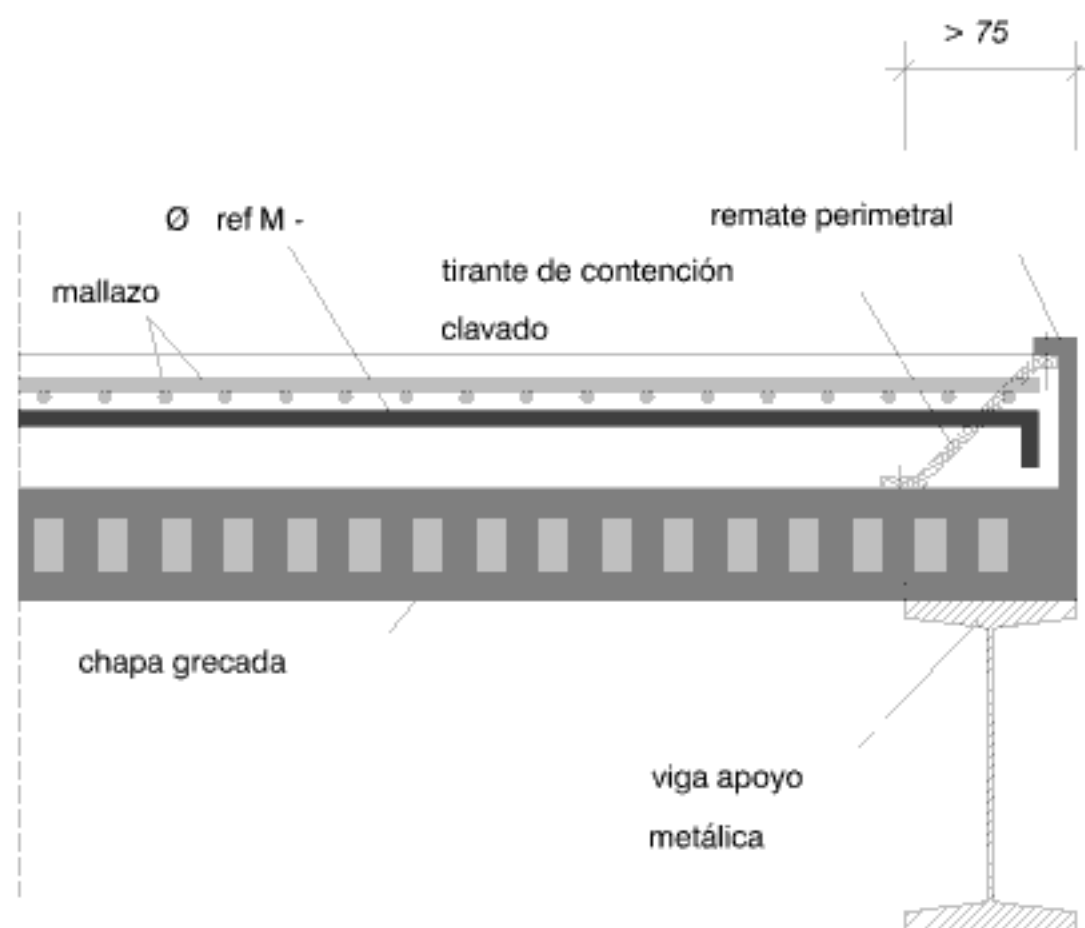
Es importante indicar claramente en los planos y verificar posteriormente si es necesaria la utilización de puntales (la letra "p" identificará las áreas que requieren apuntalamiento).

Los puntales no deben ser nunca aplicados directamente sobre la chapa del forjado inferior salvo que este esté, a su vez, apuntalado contra una losa acabada. los puntales deberán permanecer colocados hasta que el hormigón haya alcanzado como mínimo el 75% de la resistencia prevista en proyecto.

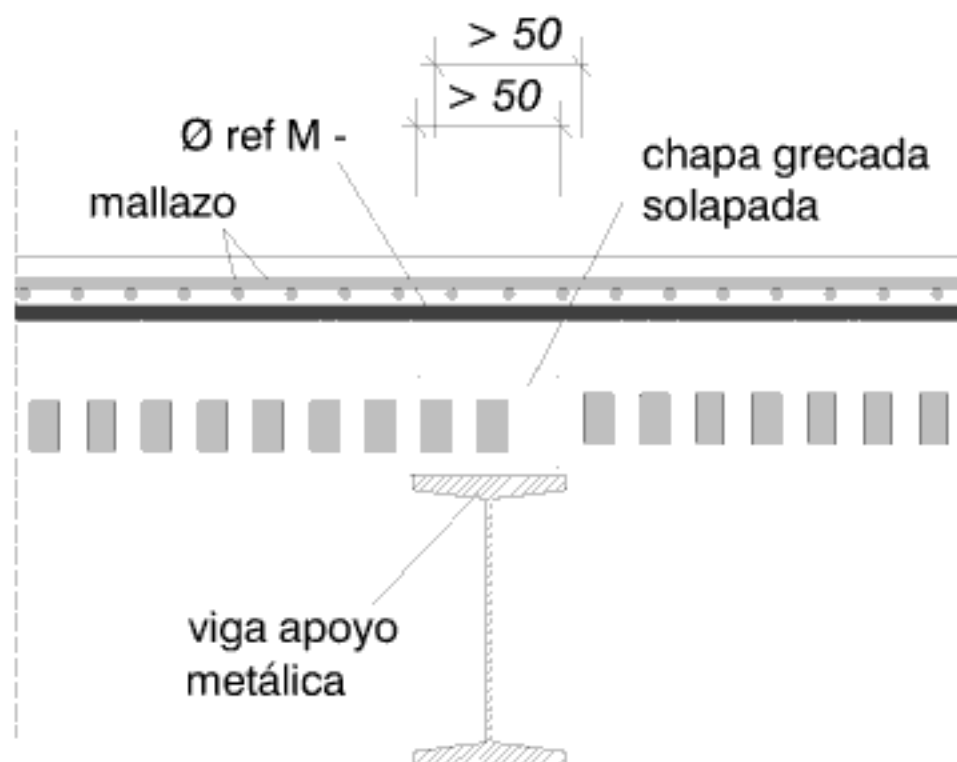
Puntos singulares

Apoyos

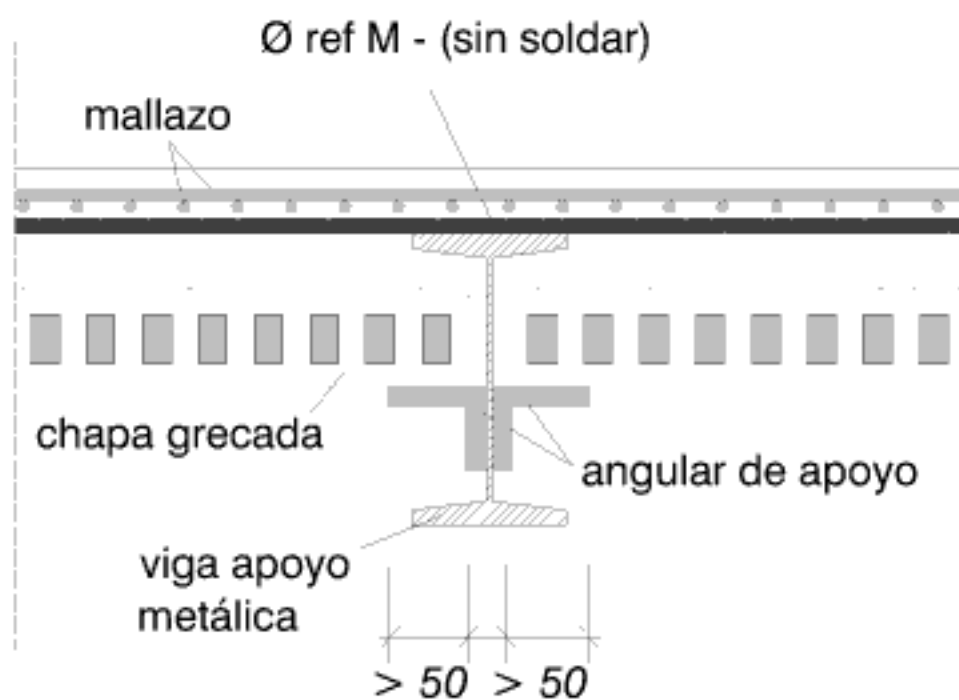
Las losas mixtas que se apoyan en acero u hormigón deben tener un apoyo mínimo de 75 mm en el caso de las chapas extremas o superpuestas. En el apoyo intermedio y para chapas colocadas a testa, el apoyo mínimo será de 100 mm.



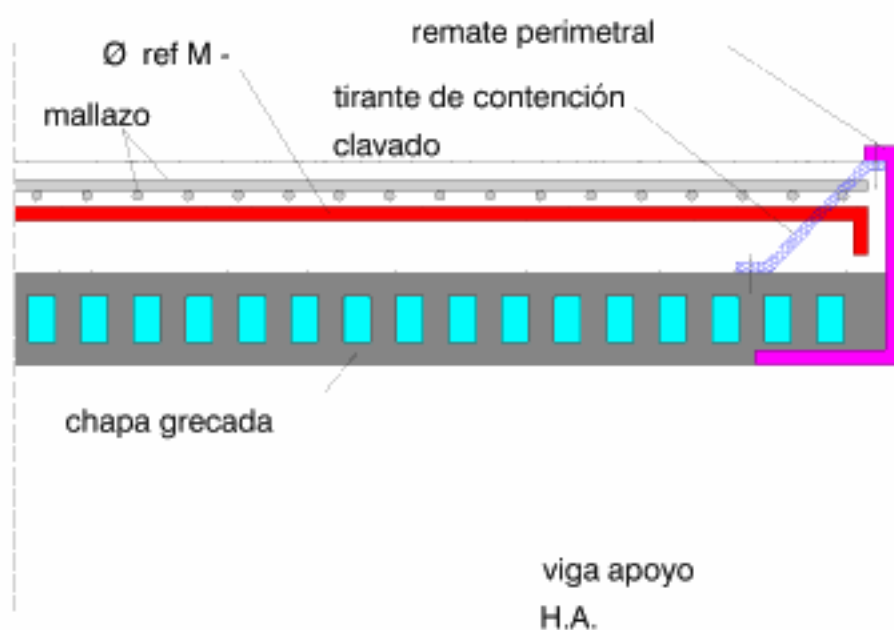
Apoyo extremo con viga metálica.



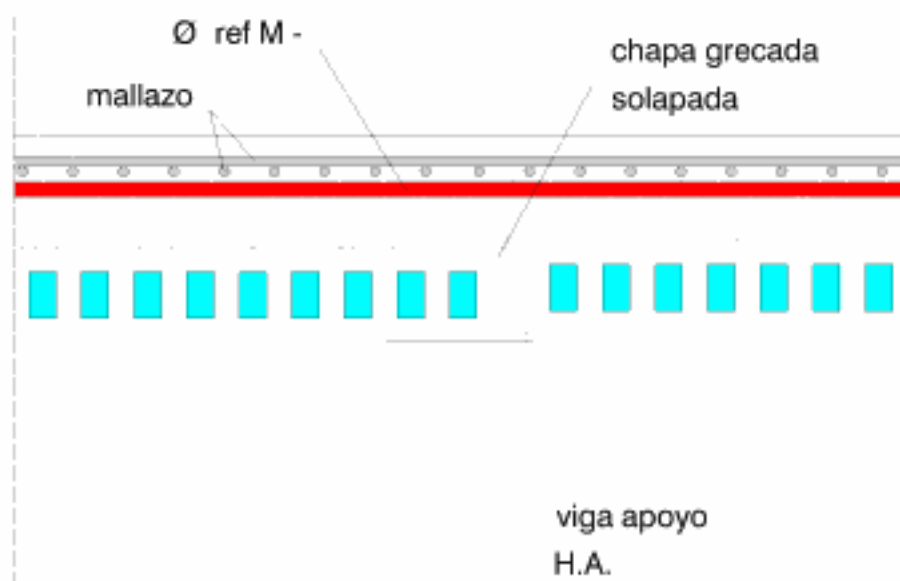
Apoyo intermedio con solape de chapas y viga metálica.



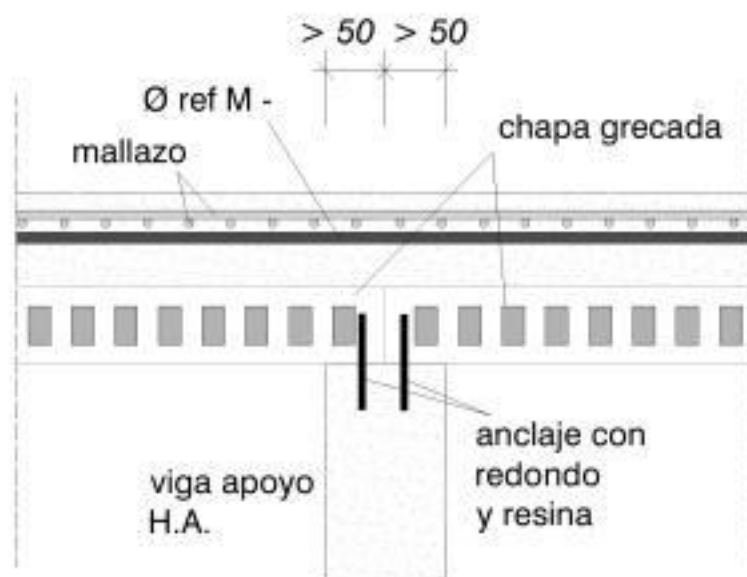
Apoyo intermedio sobre el alma de viga metálica. Sistema "slim floor" (viga integrada).



Apoyo extremo con viga de H.A.

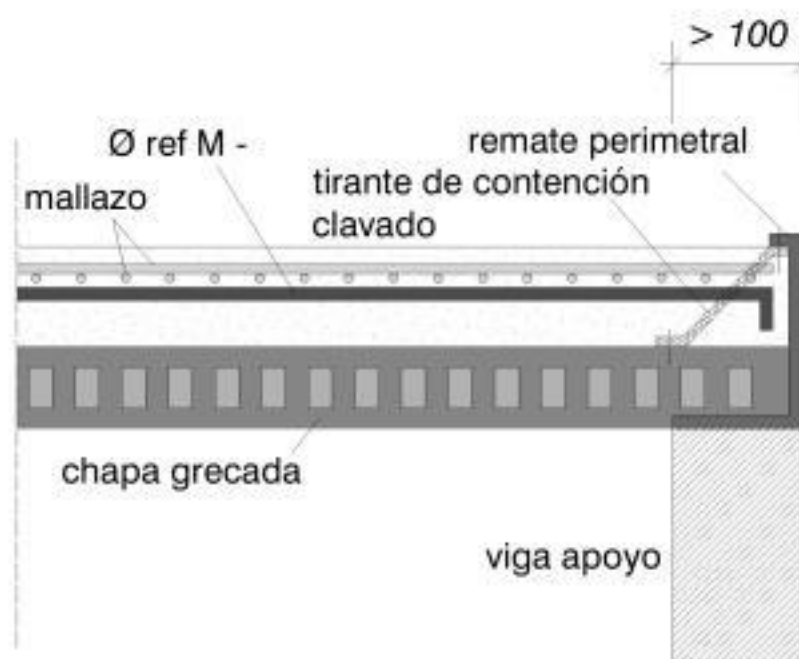


Apoyo intermedio con solape de chapas y viga de H.A.

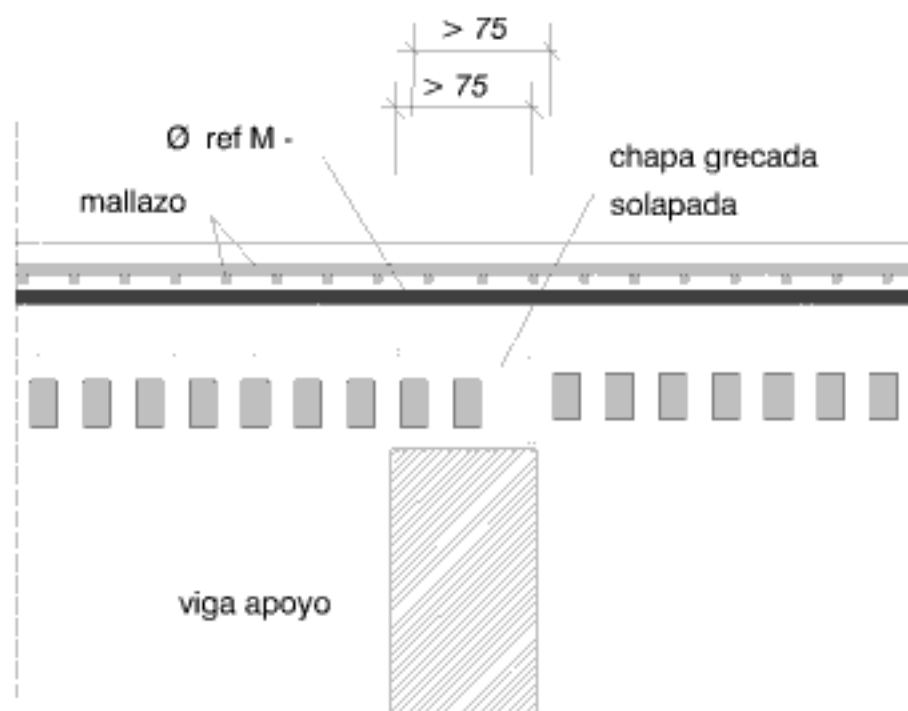


Apoyo intermedio con solape de chapas y viga de H.A.

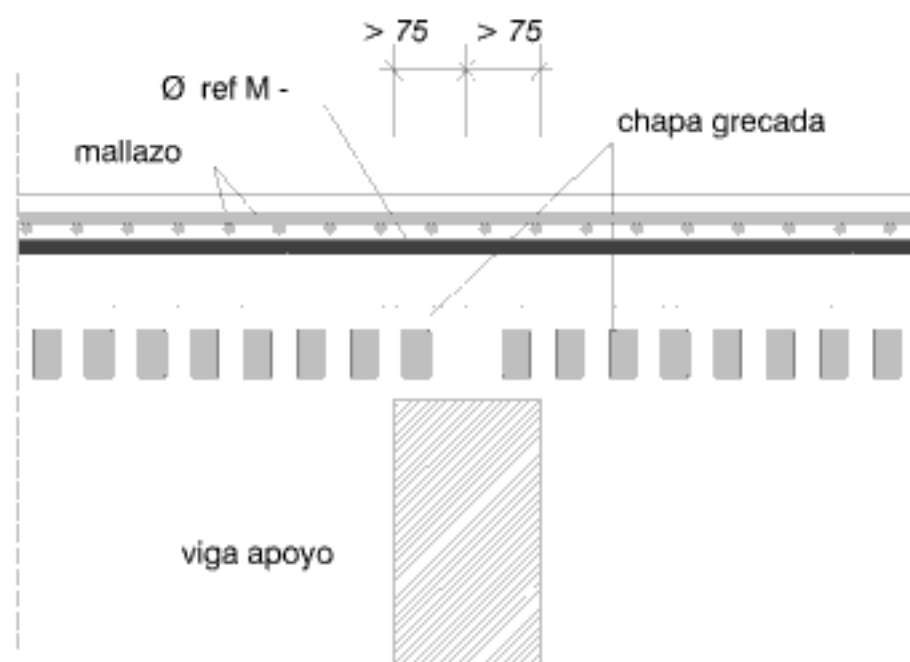
Para losas mixtas que se apoyan en otros materiales, estos valores deben incrementarse a un apoyo mínimo de 100 mm en el caso de las chapas extremas o superpuestas. En el apoyo intermedio y para chapas colocadas a testa, el apoyo mínimo será de 150 mm respectivamente.



Apoyo extremo con viga otro material



Apoyo intermedio con solape de chapas y viga de otro material.

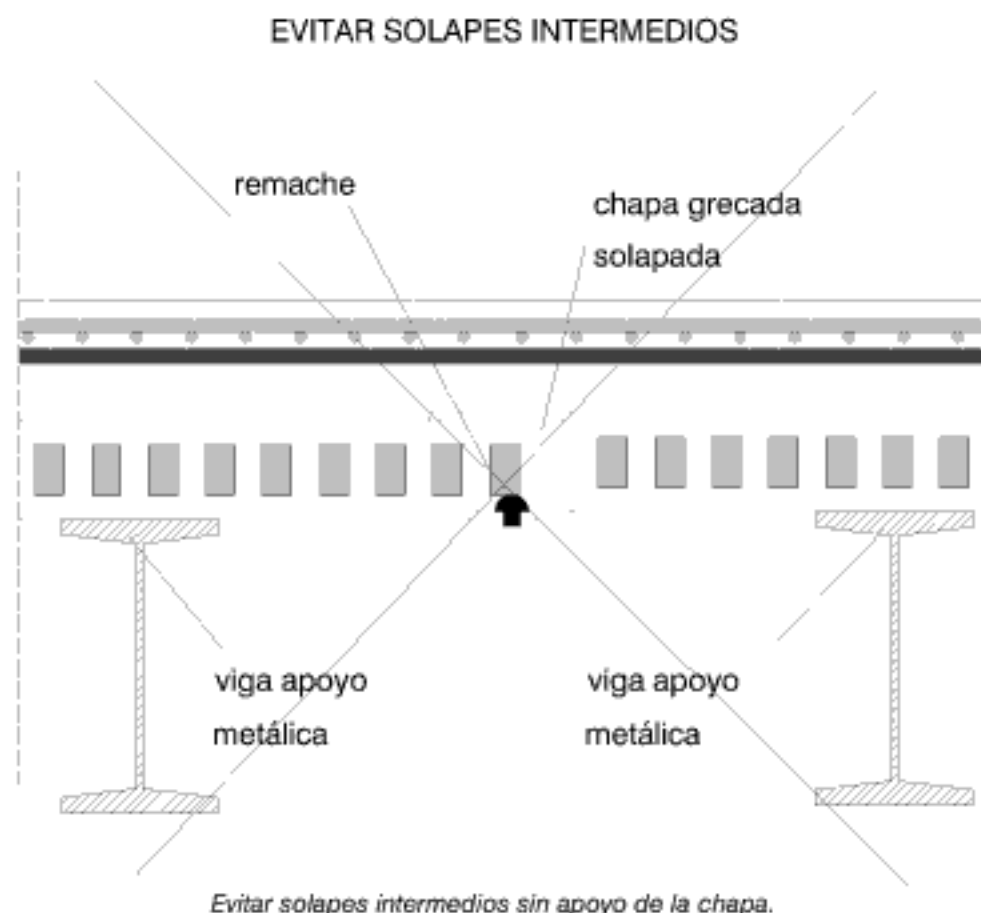


Apoyo intermedio con viga de otro material.

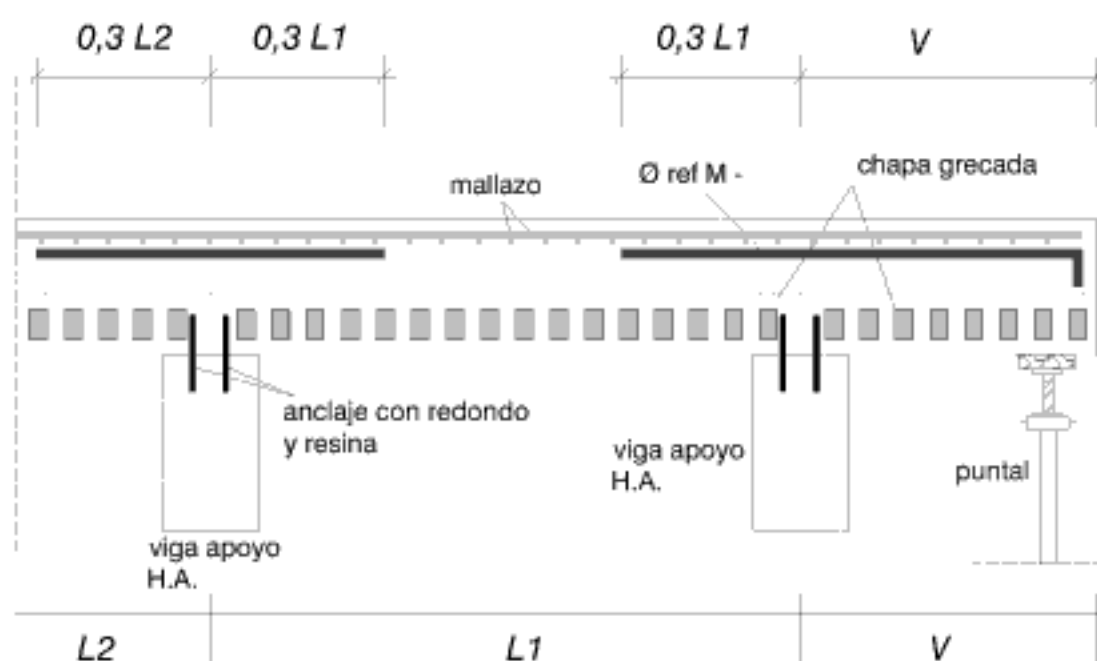
Los nervios laterales suelen estar diseñados de forma que una vez realizado el solape de las chapas, las pérdidas de lechada son mínimas. Son normales y admisibles aberturas de hasta unos 5 mm entre los frentes de las chapas. Los encuentros con pilares o columnas pueden solucionarse con remates y juntas o sellados.

Los solapes de chapas a mitad de vano entre vigas no suelen ser comunes puesto que la chapa viene cortada a medida de fábrica y se solapa siempre sobre la propia viga. Aun así, si se diera el caso, habrá que unir ambas chapas con remaches, soldar la unión en el solape, o incluso se podría soldar algún redondo que ejerciera de refuerzo de momentos positivos y transmitiera los esfuerzos hasta la viga.

En cualquier caso se debe de evitar solapes intermedios en chapas que no queden apoyados en vigas, puesto que reducen ostensiblemente la resistencia a flexión de este tipo de forjados. esta es una solución no válida para este tipo de forjados.



Hidden page



Voladizo apuntado de hasta 50 cm. Longitudes de anclaje de refuerzos negativos.

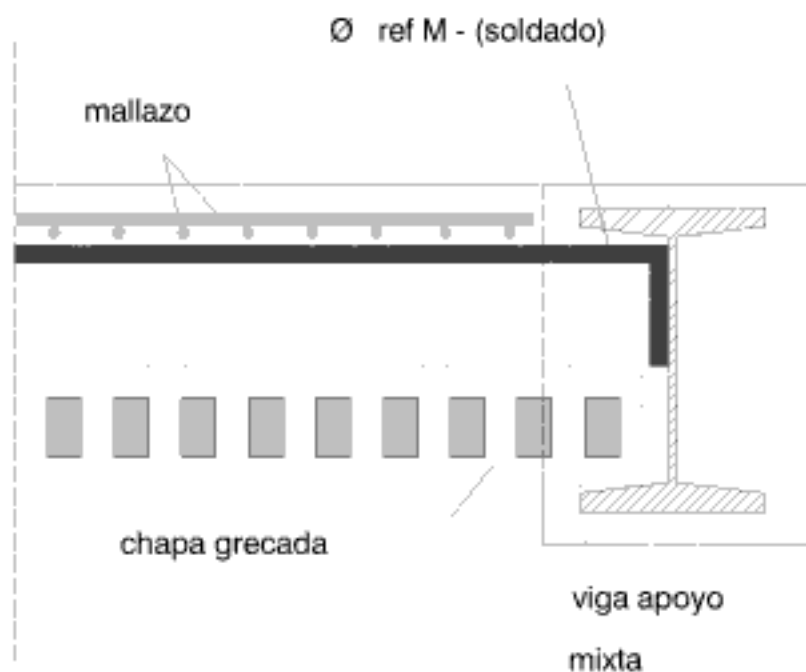
Empotramientos

Los empotramientos, tal y como los conocemos, no son habituales en forjados mixtos de chapa nervada colaborante, puesto que la chapa suele ir siempre apoyada.

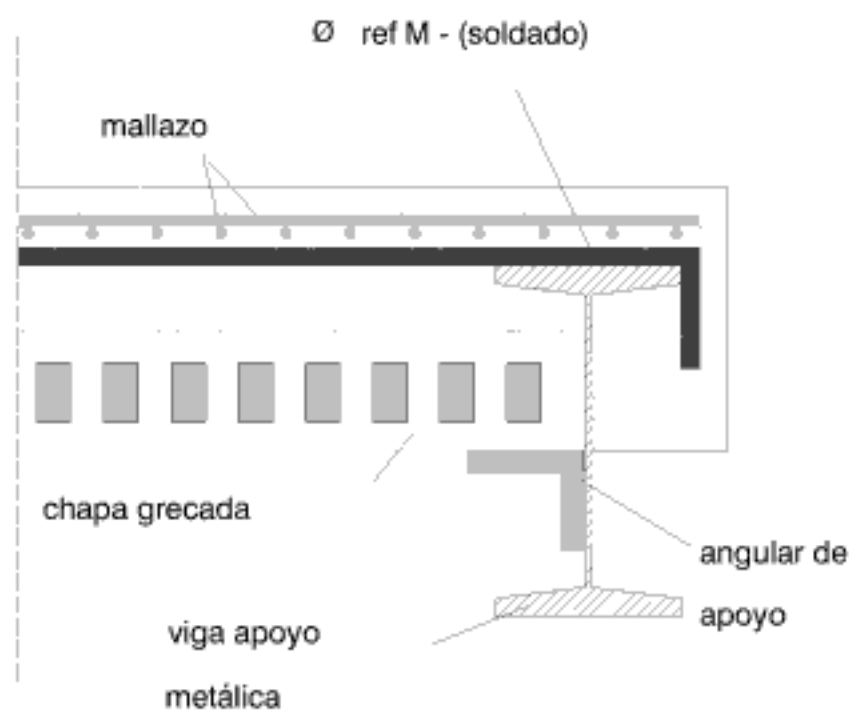
Las fuentes consultadas coinciden en que, en zona sísmica, se soluciona este tipo de encuentros colocando conectores que anclen la chapa a la viga metálica. Estos conectores se pueden colocar, como ya hemos visto, soldados o clavados mediante tiros. Otra forma, menos aconsejada, pero también útil, que tenemos de empotrar un forjado colaborante, es soldar los refuerzos de momentos negativos, en caso de llevarlos, bien en el alma de la viga metálica, o bien sobre el ala superior de esta.

Otra solución para vigas de hormigón armado, en las que no utilizamos vigas metálicas, es dejar unos conectores de espera sobre la viga para que posteriormente quede "empotrado" el forjado mixto de chapa nervada colaborante.

Es por esto que decimos que este sistema de forjado mixto no resiste correctamente los esfuerzos derivados del sismo, y la solución mencionada para empotrar dicho sistema resuelve, solo en parte, las solicitaciones dinámicas.



Ejemplo de empotramiento en viga metálica.



Ejemplo de empotramiento en viga mixta.

Hidden page

Hidden page

Hidden page

Incluso podríamos encontrarnos el caso que, sin tener mallazo, se coloquen unos redondos en dirección perpendicular al nervio y apoyar sobre estos, en la dirección del nervio, los refuerzos de negativos.

Hormigonado

El EC-4 admite la utilización de hormigones normales y ligeros. La resistencia característica debe de ser igual al menos a 20 N/mm.

Se evitarán acumulaciones de hormigón y vertidos desde altura superior a 30 cm. Se evitará el impacto de cargas sobre la chapa y el desplazamiento de carretillas se realizará sobre tabloneros gruesos. En la medida de lo posible el hormigón se verterá, haciendo coincidir con las vigas u otros elementos resistentes de la estructura.

No es necesario vibrar el hormigón. Si se detecta alguna pérdida de lechada de hormigón es aconsejable limpiarlo antes de que este endurezca con un chorro de agua a presión.

18.6.- REALIZACIONES

Los elementos metálicos de las estructuras mixtas se prefabrican en taller y se ensamblan en obra. Como en otras estructuras prefabricadas, también en las estructuras mixtas interesa reducir a un mínimo los tiempos de montaje. Por este motivo, en muchos casos resulta ventajoso adoptar separaciones relativamente grandes entre las vigas metálicas de un forjado mixto, con el fin de reducir a un mínimo el número de elementos estructurales y de las uniones a ejecutar en obra. Esta idea básica, es incompatible con la solución de los forjados mixtos de chapa colaborante puesto que el mercado actual reduce las posibilidades de forjados mixtos con luces superiores a 3,5 m. Se pueden identificar dos factores principales que impiden el empleo de muchas de las chapas grecadas comerciales en forjados con luces superiores al valor citado:

- Su capacidad portante no es suficiente para resistir el peso del hormigón fresco durante la fase de construcción. En algunos casos, el factor limitativo viene dado por las deformaciones inducidas por el hormigón fresco que pueden superar los límites admisibles.
- En muchos casos es la resistencia de la conexión acero-hormigón frente a los esfuerzos rasantes, proporcionada por el rozamiento o las indentaciones, la que limita la resistencia última de un forjado mixto de chapa colaborante y por tanto su luz o las sobrecargas que se le pueden aplicar.

En el caso de que la resistencia o la rigidez de las chapas grecadas resulte insuficiente para la fase de construcción, es necesario disponer apoyos provisionales intermedios. Alternativamente, también es posible efectuar el hormigonado en dos fases, de modo que el hormigón de la segunda fase actúe sobre una sección mixta en vez de sobre la chapa grecada sola.

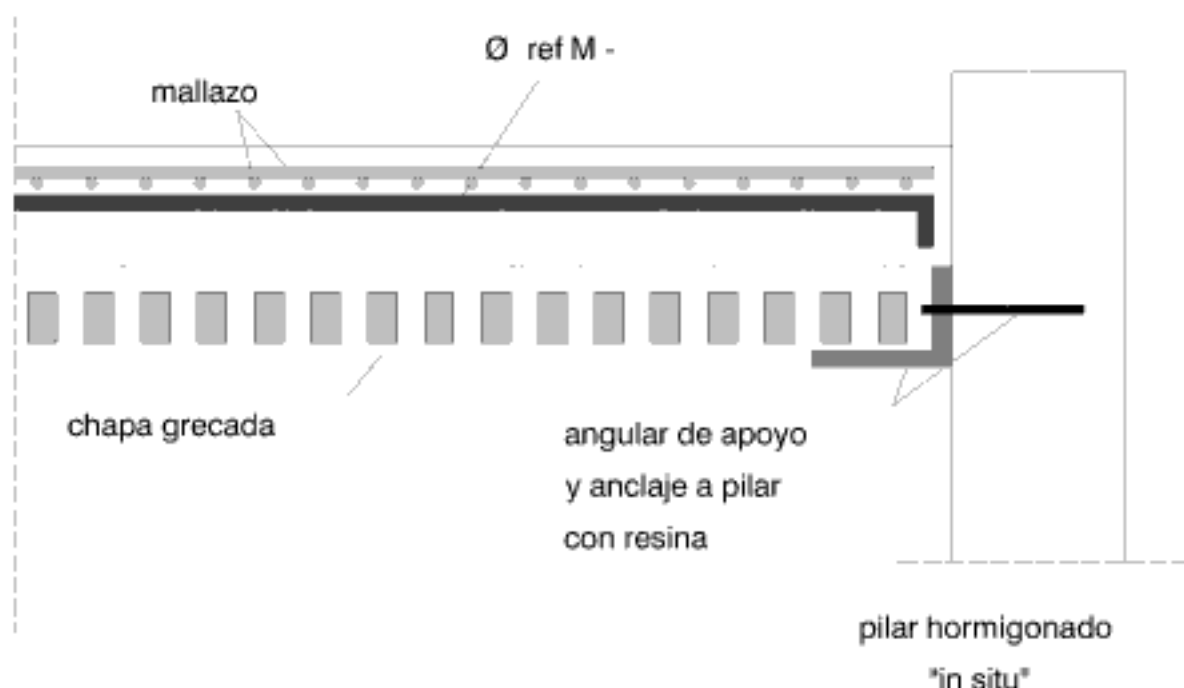
Si la conexión mecánica proporcionada por el rozamiento (debido a la forma de las grecas) o por las indentaciones resulta insuficiente, ésta se puede mejorar disponiendo anclajes finales en las secciones de apoyo de las chapas.

La resistencia de un forjado mixto de chapa colaborante frente a momentos flectores se puede incrementar disponiendo una armadura adicional en los nervios. La disposición de

esta armadura también incrementa la resistencia del forjado mixto en caso de incendio y, además, proporciona una resistencia adicional frente a los esfuerzos rasantes longitudinales, estando la otra parte de estos equilibrada por la chapa.

Adoptando medidas del tipo arriba mencionado que mejoren el comportamiento de los forjados mixtos de chapa colaborante en la fase de construcción, frente a cargas estáticas, o también en caso de incendio, es posible ampliar su ámbito de aplicación. En los ejemplos de aplicación que se presentan a continuación se ha adoptado alguna o algunas de estas medidas, convirtiendo la solución mixta en una solución particularmente atractiva, desde el punto de vista económico, frente a otras posibles soluciones estructurales.

- Para evitar el gunitado de la chapa grecada, como protección frente al fuego se dispone una armadura inferior constituida por un mallazo realizado a "la medida" de la chapa, disponiendo la armadura principal a una distancia igual al paso entre grecas.
- Los cambios de nivel y los bordes de forjado exigen la disposición de piezas de remate y la definición cuidadosa de los detalles en proyecto, según hemos visto en detalles anteriores.
- El encuentro de la chapa grecada con pilares de hormigón armado "in situ" requiere la disposición de elementos metálicos secundarios fijados al hormigón y sobre los que apoya la chapa.



Apoyo de forjado mixto en muro ya ejecutado.

Hidden page

Hidden page

Hidden page

TITULO **AUTOR..... EDITORIAL**

- EHE MOPU
 - NBE-AE-88 MOPU
 - EFHE..... MOPU
 - NBE-EA-95 MOPU
 - NCSE-02 MOPU
 - CTE (CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION, DOCUM. BASICOS)..... MINIST. VIVIENDA
 - CONCEPTOS Y PATOLOGÍAS EN LA EDIFICACIÓN Manuel Muñoz Hidalgo
 - PREVENCIÓN Y SOLUCIONES EN PATOLOGÍA
ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓNManuel Muñoz Hidalgo
 - DIAGNOSIS Y CAUSAS EN PATOLOGÍA DE
LA CONSTRUCCIÓN.....Manuel Muñoz Hidalgo
 - MANUAL DE DETALLES CONSTRUCTIVOS EN
OBRAS DE HORMIGÓN ARMADO.....J. Calavera..... INTEMAC
 - LOS FORJADOS RETICULARES.....F. Regalado CYPE
 - CIMENTACIONES SUPERFICIALESF.Mañá..... BLUME
- CATALOGOS TECNICOS DE FABRICANTES DE CHAPA NERVADA.