

Estructuras de nudo rígido o hiperestáticas





Elaboración del Documento de Adecuación al Uso (DAU) para un sistema estructural de viviendas industrializadas. Homologación del sistema por el ITEC.

HORMIPRESA ha desarrollado con tecnología propia un sistema estructural formado por pilar, jácena y placa alveolar destinado a construir edificios en altura de unas seis plantas con estructura prefabricada a base de nudos rígidos en las intersecciones de los pilares con el forjado.

El sistema desarrollado por HORMIPRESA está destinado a la edificación de estructuras para viviendas plurifamiliares en altura.

Este sistema cuenta con la rigidez suficiente para soportar todas las acciones gravitatorias en fase de montaje de forma autoportante y para resistir los esfuerzos horizontales en fase de servicio una vez realizados los nudos estructurales.

Estructuras para viviendas

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Finalidad y principios

El procedimiento está destinado a la construcción de edificios de viviendas, oficinas, hospitales, escuelas, etc., con alturas de hasta 20 metros, con o sin subterráneo.

El sistema estructural está compuesto por elementos verticales de apoyo (pilares) de hormigón armado, forjados constituidos por jácenas de hormigón armado o pretensado y placas alveolares de hormigón pretensado, fabricados en serie y ligados en obra mediante armaduras y hormigonados in situ de los nudos.

Los pilares son elementos de hormigón armado de sección mínima de 40 x 40 cm, cuadrada o rectangular, y con una longitud máxima de 20 m.

Están fabricados con hormigón tipo HA-35 y armados con acero B-500-S. (Fig. 1)

Tienen los cantos biselados de 10 x 10 mm.

Materiales

Hormigón del tipo HA-30 en los elementos prefabricados armados, en los forjados, las jácenas y las placas alveolares pretensadas HP-40, HP-50 y HA-25 en el hormigón colocado en obra en la formación del nudo y en las juntas entre elementos.

Todos estos hormigones llevarán un árido máximo de 15 mm.

Aceros del tipo B-500-S de alta adherencia, del tipo UNE 36811.

Mallazos soldados del tipo 36092.

Alambres y cordones de acero de las placas alveolares del tipo pretensado UNE 36094.

Los cementos utilizados en la fabricación del hormigón son I-52 R, I-52.5.

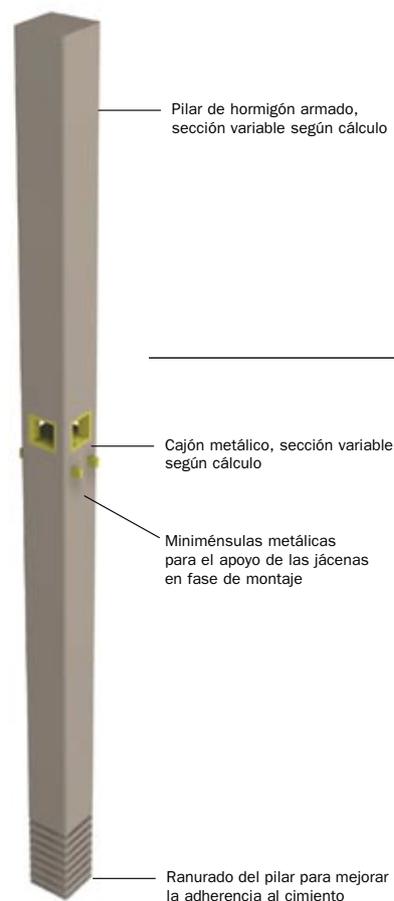
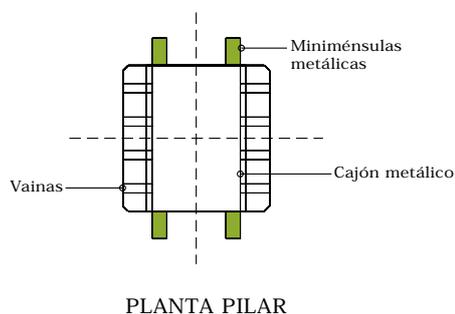
Cajón metálico de acero tipo A-42b ligado a las armaduras del pilar.



Elementos

Pilares

Según cuál sea la unión con las jácenas (isostática o hiperestática), los pilares llevarán incorporado un cajón metálico para pasar las armaduras de continuidad de momentos, consiguiendo así la continuidad de las jácenas.



(Fig. 1) Pilar de hormigón armado con el cajón metálico incorporado

Jácenas

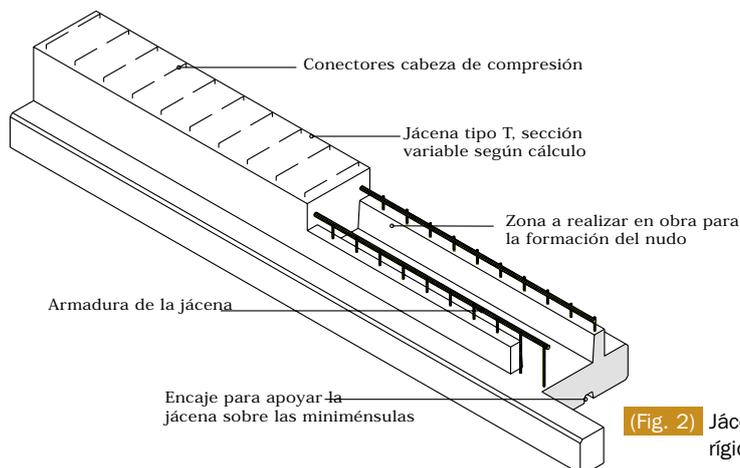
Las jácenas son elementos de hormigón armado o pretensado de sección "T", "L" o rectangular, con distintas anchuras y cantos en función de la luz.

Pueden ser armadas o pretensadas y fabricadas con hormigones HA-30 o HP-50 y con acero B-500-2 o alambres y cordones de acero del tipo pretensado, respectivamente. (Fig. 2)

Las secciones "L" y "T" no tienen hormigonada la parte

superior de la cabeza, y las armaduras horizontales presentan salientes para ligarlas con la armadura del nudo. (Fig. 2)

Según el tipo de unión con el pilar (isostática o hiperestática), las jácenas tendrán total o parcialmente hormigonada la cabeza de compresión en sus extremos para conseguir la unión.



(Fig. 2) Jácena "T" invertida para la formación del nudo rígido

Placas alveolares de forjado

Son elementos planos autoportantes con alvéolos para aligerar el peso, fabricados con hormigón HP-45 y HP-50 y pretensados con cordones de acero del tipo pretensado UNE 36094. (Fig. 3)

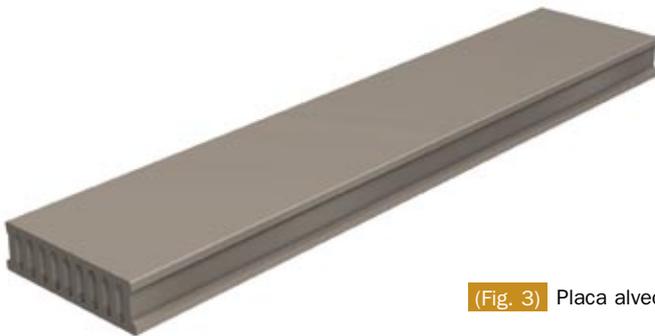
La anchura estándar de las placas es de 120 centímetros y el canto, en función de la longitud, puede ser de 12, 16, 20, 25, 30, 35 o 40 cm.

La junta lateral entre placas está diseñada con la forma adecuada que permite el hormigonado para conseguir el

monolitismo del forjado y la correcta distribución transversal de cargas.

El forjado puede disponer o no de chapa de compresión, según la sobrecarga a la que esté sometido.

El apoyo de las placas con los elementos de apoyo (vigas) da lugar a distintas soluciones constructivas, desde uniones hiperestáticas (forjado continuo) hasta uniones isostáticas, que pueden hacer volar las placas hasta 3 metros.



(Fig. 3) Placa alveolar pretensada tipo "HORMIPRESA"

Fabricación

Hormigón

El hormigón se fabrica en una central automática donde las dosificaciones de los distintos componentes se realizan por peso según fórmulas de dosificación previamente estudiadas. La dosificación de aditivos también se realiza de forma totalmente automática.

La máquina de amasar es de régimen forzado y lleva un sistema electrónico de medición de la impedancia de la mezcla para definir el grado de consistencia solicitado a la mezcla, previa medición de la humedad de los áridos.

El hormigón se lleva a los puntos de hormigonado en pocos minutos gracias a las máquinas distribuidoras.



Pilares

La fabricación se realiza en unas mesas metálicas horizontales con unos laterales hidráulicos, equipadas con dispositivos de vibración de alta frecuencia y sistemas de calefacción mediante serpentines de vapor saturado con retorno de los vapores condensados.

Las mesas y los laterales son hidráulicos y se desplazan, lo que permite fabricar distintas alturas y secciones de pilares.

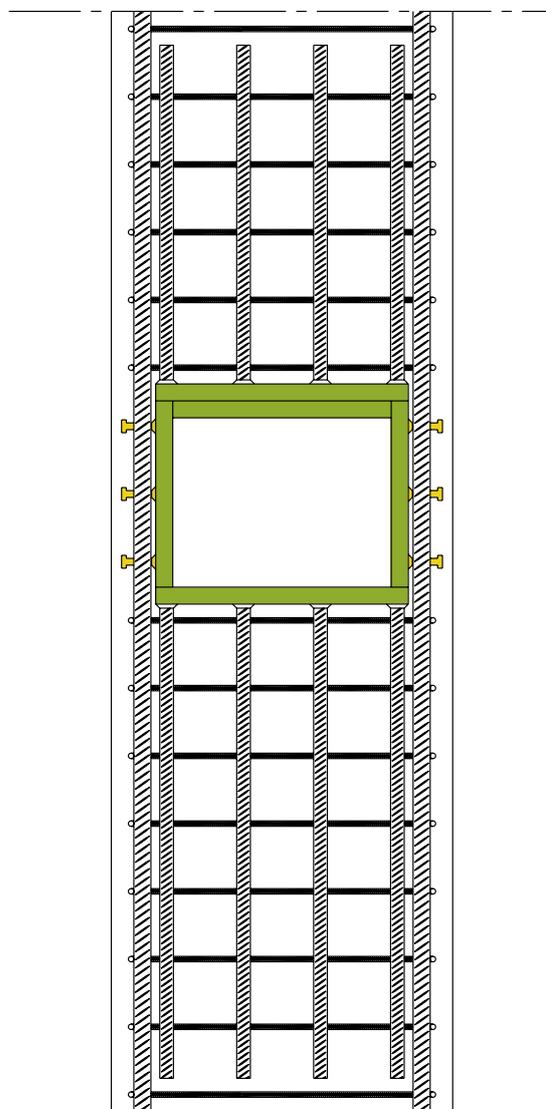
Secuencia de fabricación:

Después de preparar los laterales de la mesa con las medidas solicitadas por la ficha de fabricación, se la polvoriza con aceite desengrasante de tipo sintético y se colocan las armaduras con los correspondientes separadores de plástico a fin de garantizar los recubrimientos prefijados.

Si el pilar tiene que incorporar el cajón metálico para la realización del nudo rígido, se colocará en el mismo instante en que se coloque el resto de armaduras. (Fig. 4)

Una vez colocada la armadura del pilar, se hormigona y, seguidamente, después de vibrar convenientemente la pieza, se reglea y se enfosca la cara superior manualmente. El hormigón tiene un calentamiento gradual hasta llegar a 50 °C, y un enfriamiento gradual al acabar el ciclo.

Cuando el ciclo ha finalizado (unas 10 horas, aproximadamente), se procede a retirar la pieza del molde, con lo que se abre la mesa donde está la pieza y, mediante un puente grúa, se saca el pilar en posición horizontal y se traslada al almacén, donde tiene que pasar el control de calidad interno. Una vez aceptada la pieza, queda en stock hasta que se procede a su traslado a la obra.



(Fig. 4) Detalle de la unión del cajón metálico con el resto del armado del pilar de hormigón.

Jácenas (Fig. 2)

La fabricación de estos elementos se realiza en unas mesas metálicas horizontales, con unos laterales (con la geometría de la pieza) hidráulicos que se mueven para conseguir las distintas secciones. Además, se pueden añadir unos complementos que permiten conseguir muchas secciones distintas. También se incorporan unos separadores para delimitar la pieza en su sentido longitudinal.

Todas las mesas están preparadas para realizar jácenas pretensadas.

Secuencia de fabricación:

Después de preparar los laterales de la mesa con las medidas solicitadas por la ficha de fabricación, se la polvoriza con aceite desengrasante de tipo sintético y se colocan las armaduras con los correspondientes separadores de plástico a fin de garantizar los recubrimientos prefijados. Si la jácena es pretensada, los cables de pretensado se

tienen que pasar en este momento. Una vez pasados los cables y colocada la armadura pasiva, se cierra el molde y se empieza el tensado de los cables de pretensado mediante unos tensores hidráulicos debidamente calibrados a una tensión de 13.000 kg/cm².

El hormigón tiene un calentamiento gradual hasta llegar a 50 °C, y un enfriamiento gradual al acabar el ciclo. Cuando el ciclo ha finalizado (unas 10 horas, aproximadamente), se procede a retirar la pieza del molde, con lo que se abre la mesa donde está la pieza y, mediante un puente grúa, se saca la jácena en posición horizontal y se traslada al almacén, donde tiene que pasar el control de calidad interno. Una vez aceptada la pieza, queda en stock hasta que se procede a su traslado a la obra.

Placa alveolar (Fig. 3)

Las placas alveolares se fabrican sobre pistas metálicas calefactadas con el sistema de placas alveolares pretensadas con máquina vibroafinadora (slipformer) sobre pistas superiores a los 100 metros. Los sistemas de producción se adecuan a la normativa española y a la norma de producto europea Pr 1168 EN del CEN.

Todas las placas alveolares tienen la correspondiente autorización de uso del Ministerio de Fomento y las correspondientes autorizaciones administrativas del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat de Catalunya, además de la garantía del sello de calidad CIETAN.

Secuencia de fabricación:

Se limpian y polvORIZAN las pistas metálicas para poder tender los cables de pretensado a lo largo de toda la pista.

Una vez tendidos, empieza el tensado de éstos mediante tensores hidráulicos debidamente calibrados.

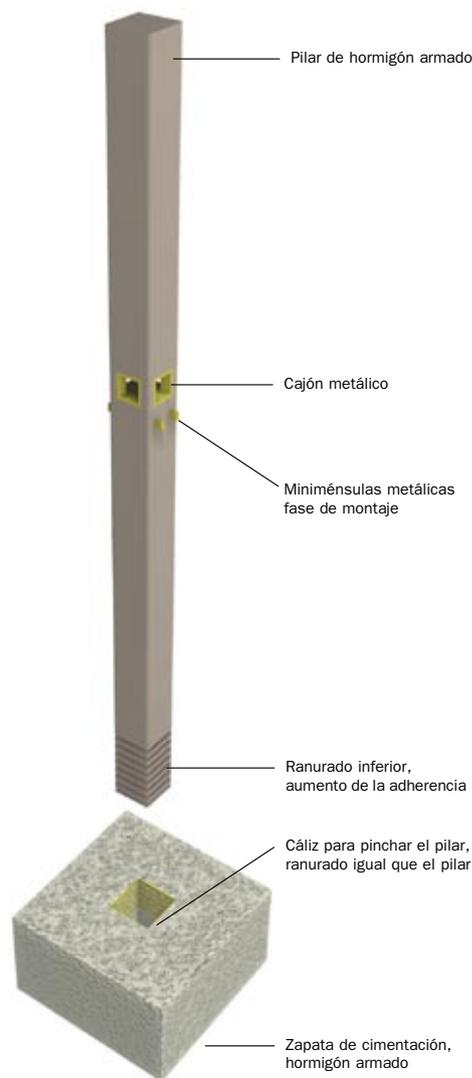
Una vez hormigonada la pista y endurecido el hormigón, al cabo de unas 10 horas, previo calentamiento de las pistas a 45 °C, se cortan las placas con la longitud que marcan las fichas de fabricación mediante una sierra mecánica.

Montaje en la obra

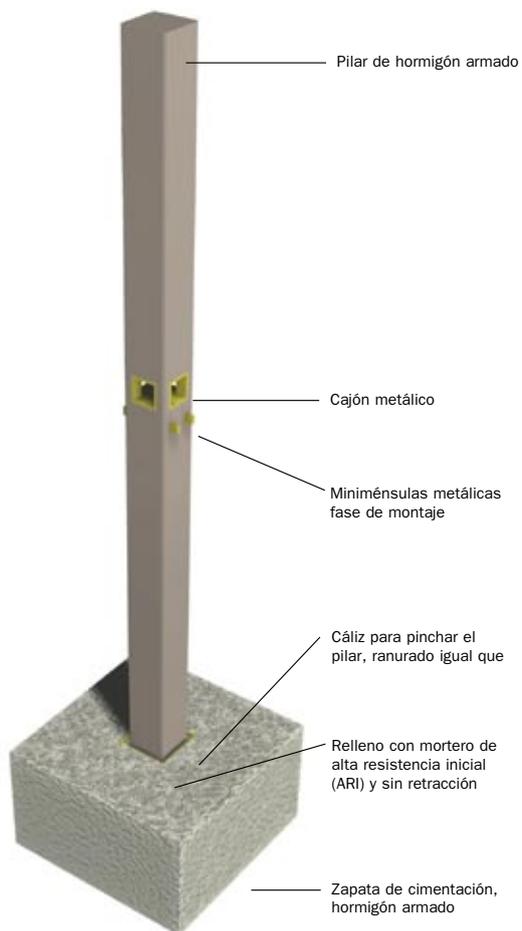
Sobre las zapatas de hormigón de la cimentación realizada in situ se colocan los pilares. Esta unión puede ser de dos tipos:

A. Caja de empotramiento en las zapatas con paredes de chapa grecada. Las caras laterales de los pilares también están dotadas de un acabado grecado, con lo que se consigue la transmisión de esfuerzo cortante pilar-cimiento a través del mortero de alta resistencia inicial, sin retracción, de unión de los dos elementos evitando el punzonamiento de la zapata y constituyendo una unión hiperestática total. (Fig. 5)

B. Unión con vainas. Este sistema consiste en unas vainas metálicas empotradas en el cimiento donde posteriormente se encajarán las armaduras salientes a la base del pilar. Esta solución se utiliza en el arranque de pilares en las vigas de coronación de los muros pantalla y en zapatas medianeras. Después se hormigona la unión entre el pilar y el cimiento con un mortero de alta resistencia inicial y sin retracción.



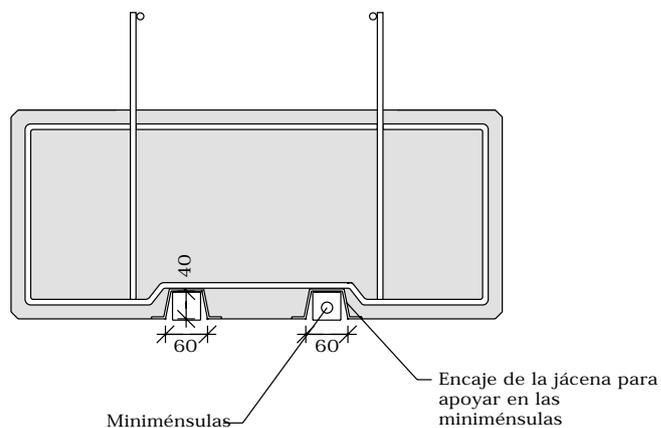
(Fig. 5) Detalle unión pilar-cimiento (caja de empotramiento)



(Fig. 6) Detalle unión pilar-cimiento (caja de empotramiento)

Una vez colocado el pilar, se nivelará y se dejará a plomo. Si es necesario, se colocarán vientos para evitar que el pilar se desplome durante el fraguado del mortero de relleno. (Fig. 6)

Una vez colocados los pilares, se colocarán las jácenas del primer piso, que irán de pilar a pilar apoyadas en seco sobre las miniménsulas que lleva el pilar. (Fig. 7)



(Fig. 7) Detalle miniménsulas y encaje de la jácena



La unión de la jácena con el pilar puede ser hiperestática o isostática.

a) Unión hiperestática:

El nudo pilar-jácena se resuelve con un cajón prismático metálico incorporado al pilar de forma que deja un agujero en la dirección de la jácena para pasar las armaduras de continuidad de momentos y, así, conseguir la continuidad de las jácenas. (Fig. 8)

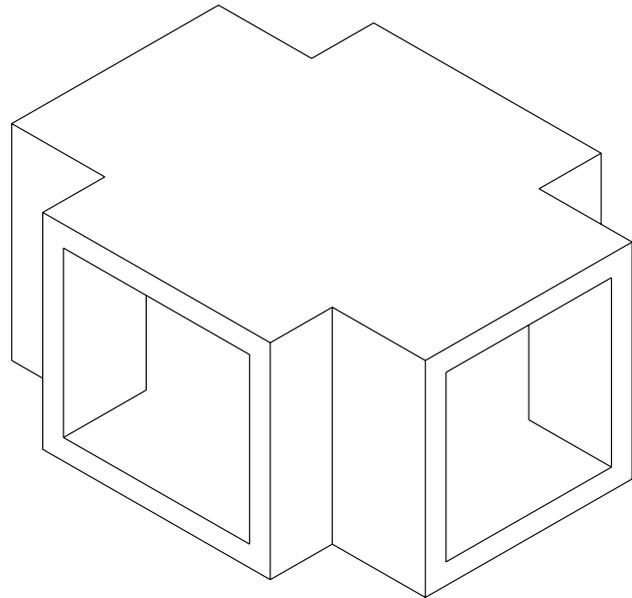
Este cajón metálico está formado por paredes de acero tipo A:42-B, ligado a las armaduras de refuerzo del pilar. (Fig. 4) Con este elemento se evita la debilitación del pilar que representa el agujero sin hormigonar, ya que la transmisión de esfuerzos está garantizada entre los distintos tramos del pilar a través de este cajón metálico.

El conjunto, una vez hormigonados los vacíos del pilar y las jácenas, da como resultado un nudo hiperestático con empotramiento jácenas-pilar.

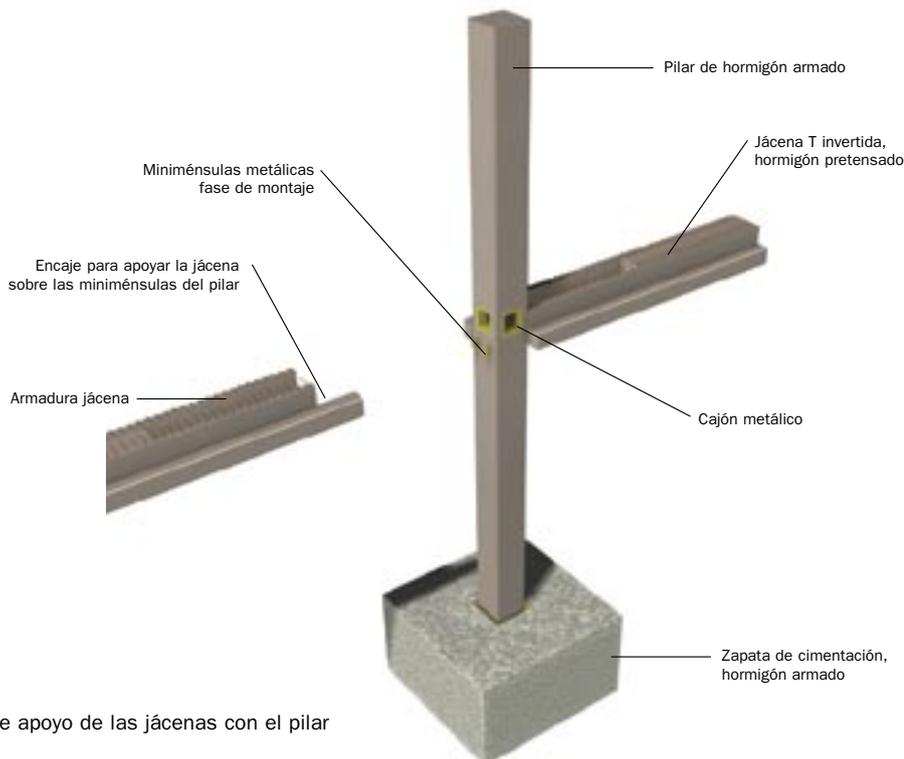
El apoyo de las jácenas con los pilares durante la fase de montaje se realiza con las miniménsulas metálicas de los pilares, que quedan escondidas dentro de las jácenas. (Fig. 7)

Este sistema permite realizar el montaje de la estructura sin apuntalamientos.

En este tipo de unión se tendrá que acabar la jácena en la obra, ya que ésta llega a la obra incompleta en un extremo de la parte superior para facilitar el paso de armaduras que darán la continuidad de las jácenas a ambos lados del pilar. (Fig. 11)



(Fig. 8) Cajón metálico a 4 caras

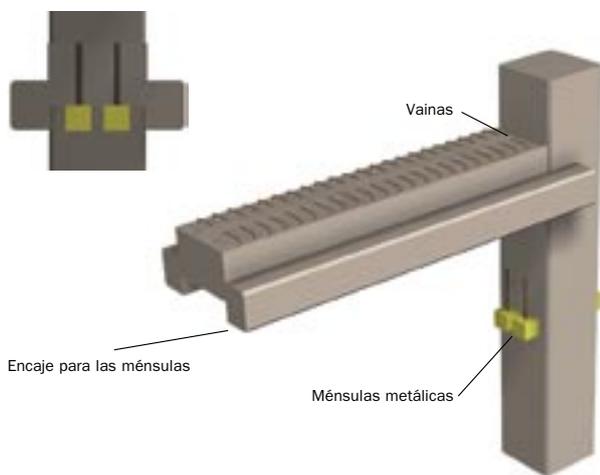


(Fig. 9) Detalle apoyo de las jácenas con el pilar

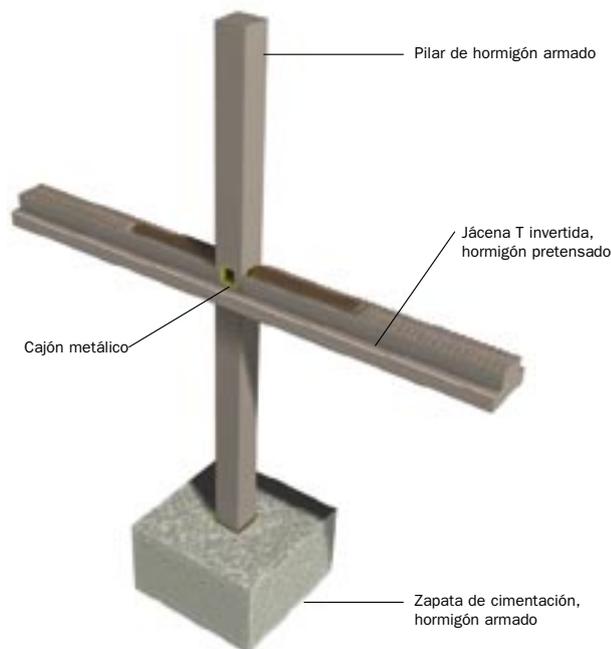
b) Unión isostática:

En este tipo de nudo el pilar es continuo (no hay agujeros de paso para el armado de la jácena), y presenta unas ménsulas prismáticas para apoyar las jácenas mediante la interposición de una lámina de neopreno. (Fig. 10)

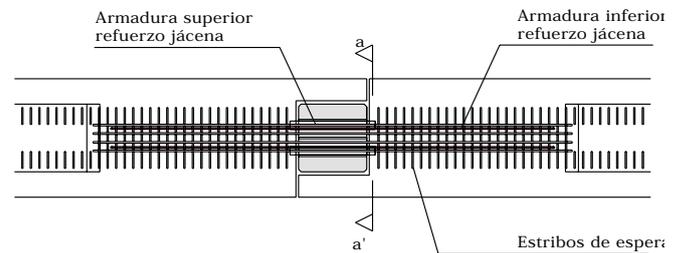
El movimiento relativo jácena-pilar está limitado por dos barras metálicas verticales empotradas en la ménsula que pasan a través de los pasatubos preparados en los extremos de la jácena a este efecto. Una vez colocadas estas barras, se hormigona y se forma una unión isostática. En este tipo de unión la jácena está completamente hormigonada, excepto la parte superior de la cabeza, que servirá para ligar las armaduras negativas del forjado.



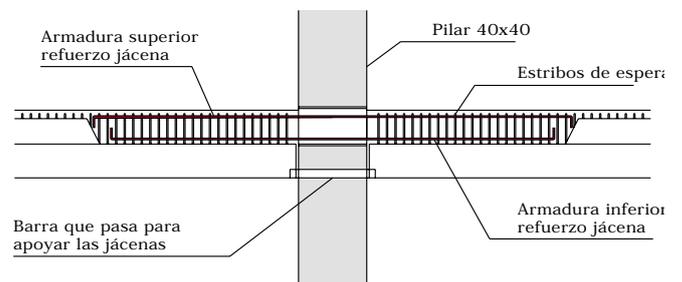
(Fig. 10) Detalle unión isostática pilar-jácena



(Fig. 11) Detalle conjunto jácenas-pilar, antes del paso de armaduras



PLANTA



SECCIÓN LONGITUDINAL a-a'

(Fig. 12) Detalle del armado del nudo rígido

Todos los elementos que han aparecido hasta ahora llevan empotrados en la pieza unos ganchos de elevación para poder manipularla y colocarla en obra mediante grúas móviles.

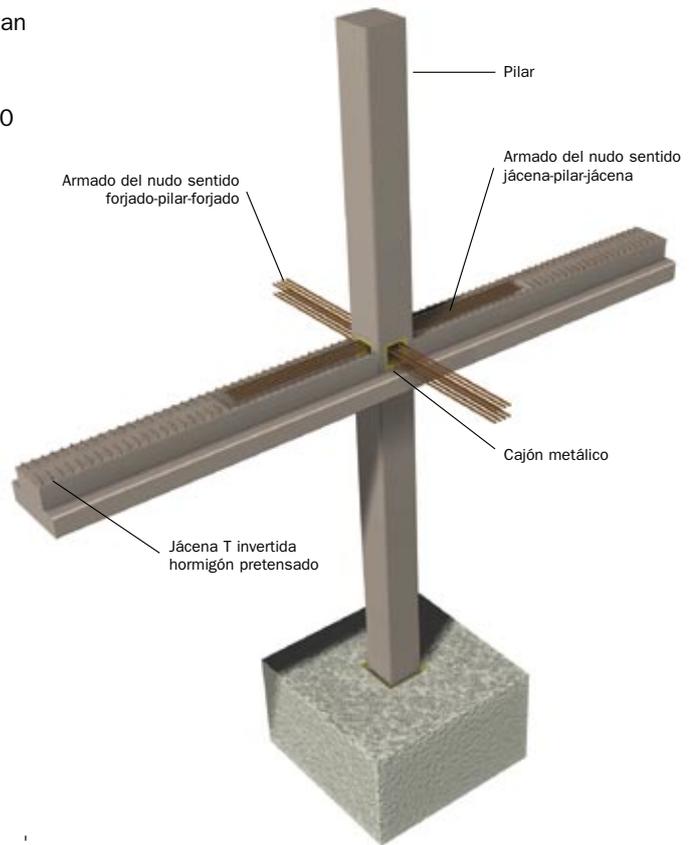
Una vez colocadas las jácenas, en el caso de que la unión sea hiperestática, tendremos que pasar las barras que conformarán el armado del nudo rígido que realizaremos entre las jácenas, el pilar y las placas alveolares. (Fig. 11, 12 y 13)

Según el cálculo, varía el número de barras y sus diámetros. Se colocan barras en los dos sentidos del pórtico a fin de conseguir una estructura monolítica.

En el sentido jácena-pilar las barras pasan a través del cajón metálico que tiene el pilar y se ligan con las armaduras de la jácena que está por completar. En el sentido placa alveolar-pilar las barras pasan a través de los orificios que se han dejado tanto en el cajón metálico como en el pilar a este efecto. (Fig. 14)

Una vez colocada la armadura propia del nudo, se colocan las placas alveolares que conforman el forjado de la estructura. (Fig. 15)

Las placas alveolares pueden tener una anchura de 1,20 metros o de 0,95 metros. (Fig. 3)

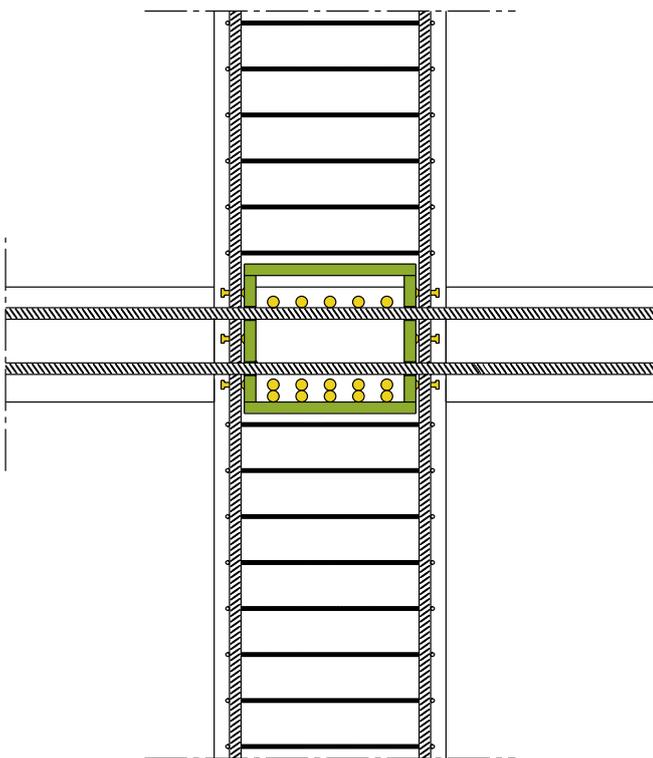


(Fig. 14) Detalle del paso de las barras para la realización del

Según la situación de la jácena, el apoyo de las placas puede variar:

a) Jácena interior con forjado en ambos lados:

El tipo de jácena utilizado será de sección en "T" invertida con el apoyo del forjado en las alas de la "T"; o sección rectangular descolgada bajo el forjado. Con la jácena "T" la unión forjado-jácena resulta hiperestática con la ligadura y las armaduras salientes de la cabeza hormigonada en conjunto. La solución con jácena rectangular permite el apoyo y el paso de las placas continuas y las hace trabajar en el voladizo, lo que da como resultado una unión isostática.



(Fig. 13) Detalle frontal del nudo donde se puede observar que se pasan barras tanto en sentido jácena-pilar-jácena como en sentido placa alveolar-pilar-placa alveolar para conseguir un nudo totalmente rígido una vez hormigonado en obra

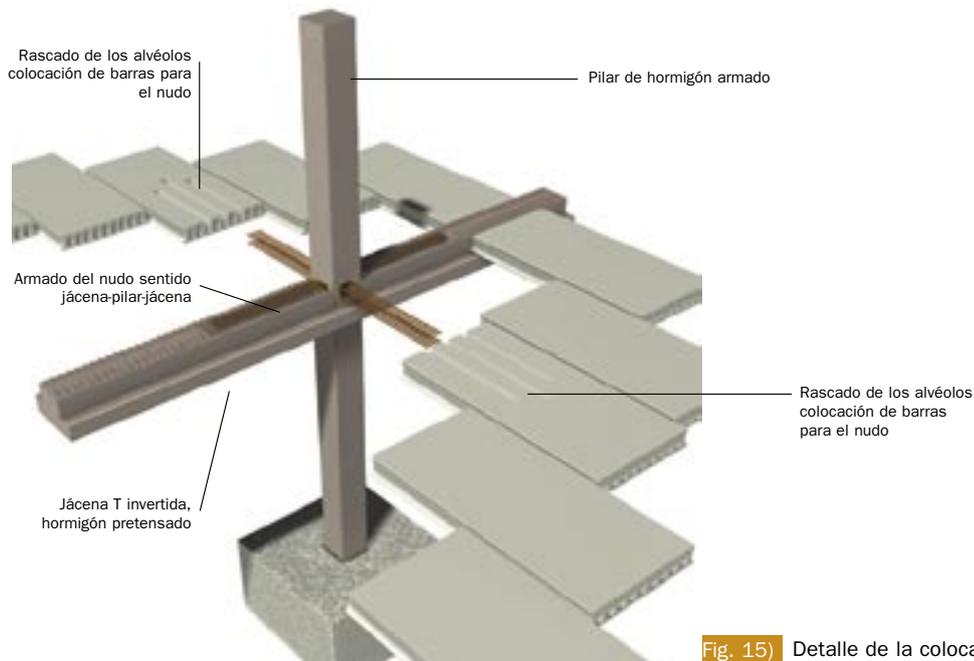
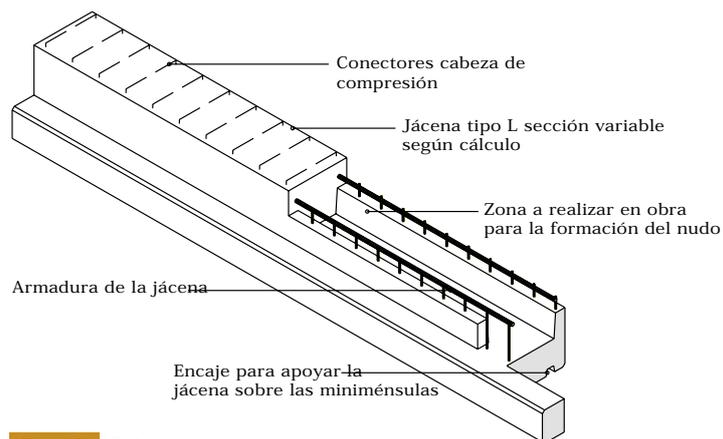


Fig. 15) Detalle de la colocación de las placas alveolares

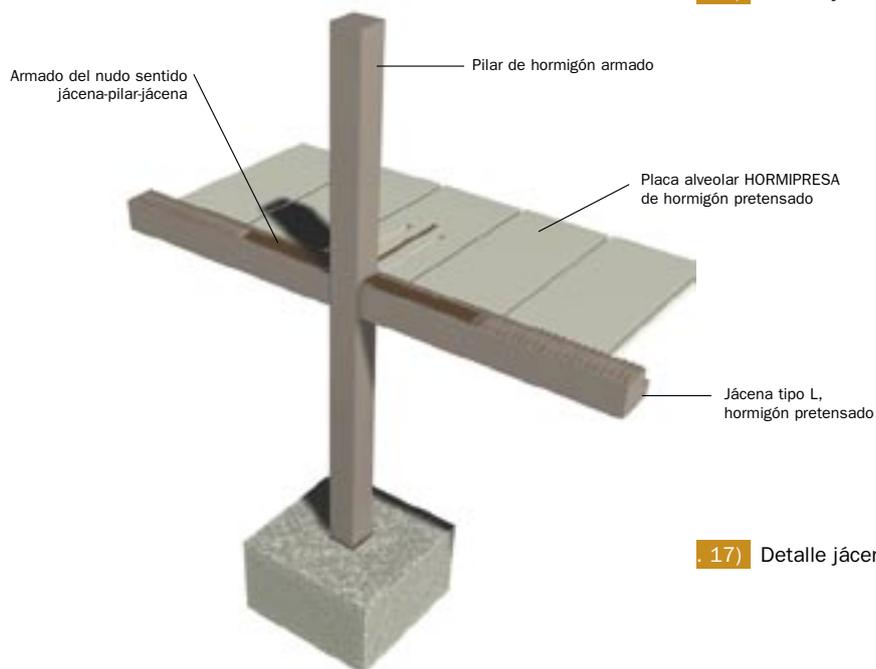
b) Jácena de borde con forjado en un lado:

La jácena utilizada en este caso será la "L", con apoyo de las placas de forjado en el ala de la viga o con jácena rectangular descolgada. (Fig. 16)

En este caso la viga puede llevar armadura vertical saliente para ligarla con los negativos del forjado, con lo que se consigue una unión hiperestática.



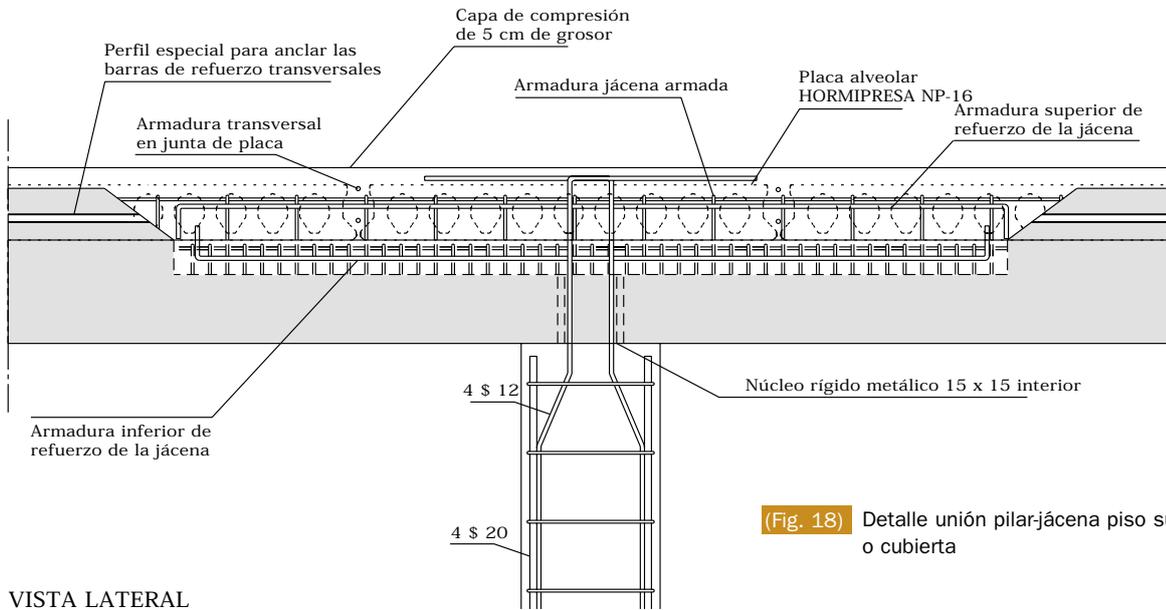
(Fig. 16) Detalle jácena L



. 17) Detalle jácena L con apoyo de forjados

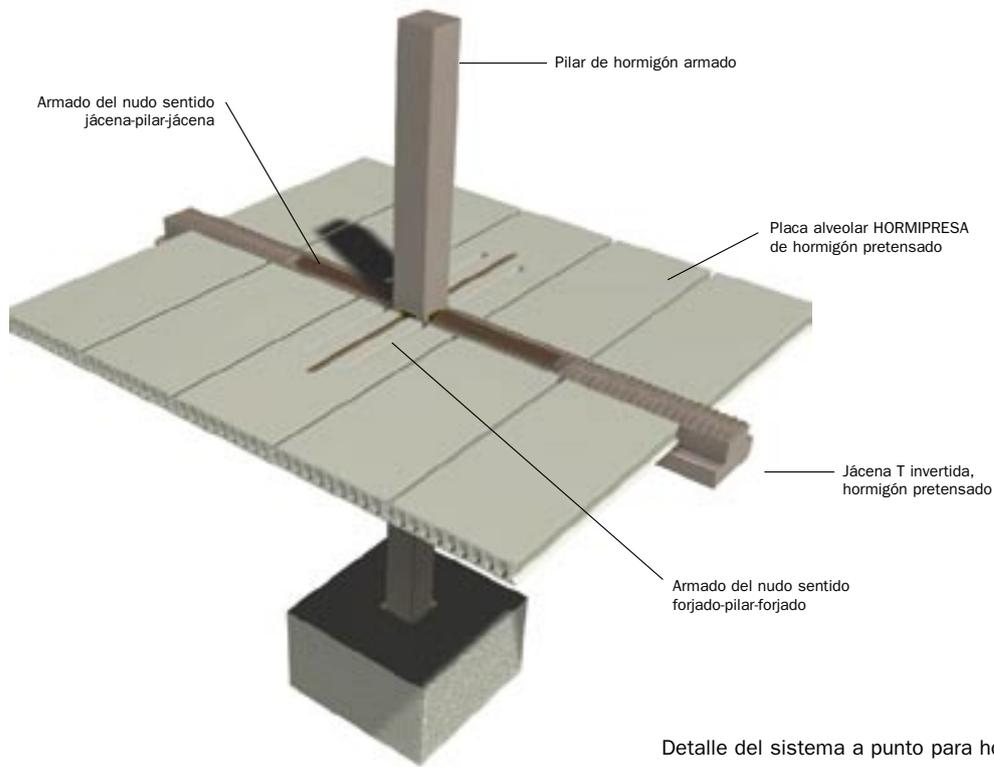
c) Jácena del piso superior o de cubierta:

La jácena utilizada en este caso será la "L" o la "T", según si es de borde o central. En estos casos, la jácena lleva un cajón metálico incorporado por el que se introducen las armaduras salientes de la cabeza del pilar en el que se apoya la jácena. (Fig. 18)



(Fig. 18) Detalle unión pilar-jácena piso superior o cubierta

Para realizar la unión entre las placas y el pilar hay placas que tienen los alvéolos ranurados para poder introducir en ellos las barras de conexión. (Fig. 15)



Detalle del sistema a punto para hormigonar

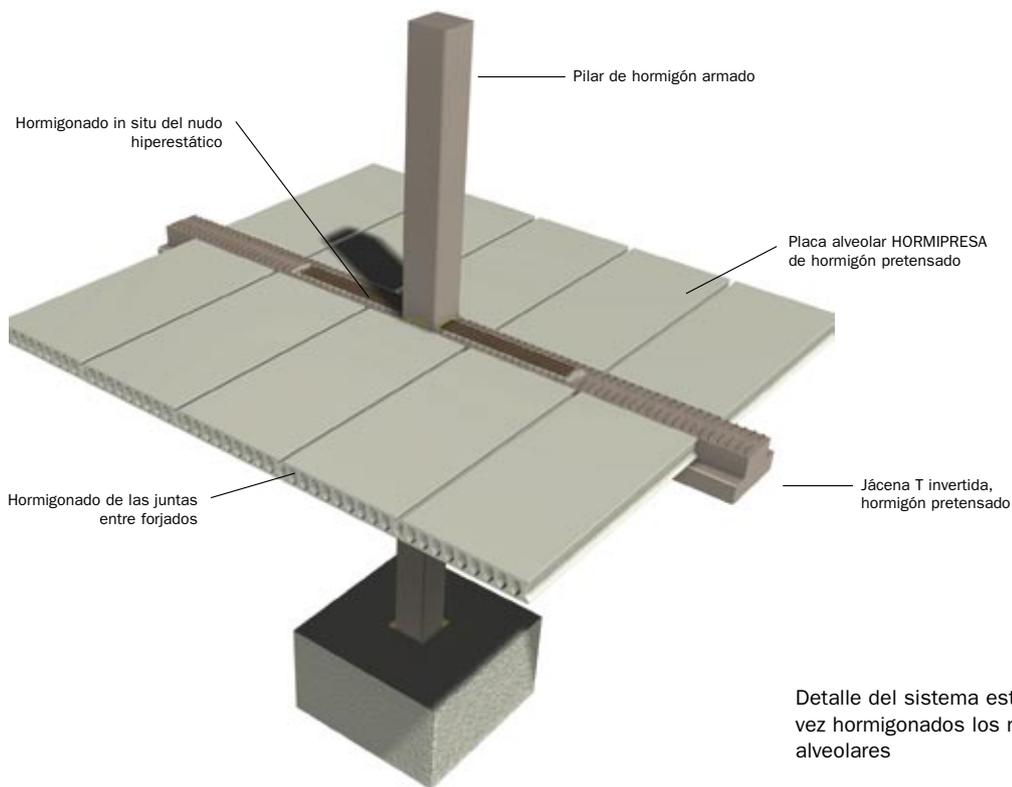
La propia geometría de la placa alveolar permite la colocación de negativos en sus juntas y el hormigonado de éstas sin tenerlas que encofrar, ya que la junta que forman dos placas tiene la parte superior más ancha que la parte inferior.

Una vez montada la estructura de una forma isostática, se hormigonan los nudos que la forman y todas las juntas entre placas, de modo que, finalmente, se consigue una estructura totalmente rígida, formada a partir de nudos hiperestáticos hormigonados in situ. (Fig. 21)

Después de hormigonar la estructura ya se puede seguir con las fases siguientes de obra sin tener que esperar al fraguado del hormigón. (Fig. 20)



(Fig. 20) Ejemplo de estructura industrializada de un edificio



Detalle del sistema estructural industrializado una vez hormigonados los nudos y las juntas entre placas alveolares