



SESIÓN TÉCNICA MONOGRÁFICA N° 2

PASADORES EN JUNTAS Y PANTALLAS



PASADORES EN JUNTAS Y PANTALLAS

Autores:

Capítulo 1: Juan Gil, Jefe de Producto (GEO-HIDROL)

Capítulo 2: Francisco Lucas, Ingeniero de Caminos (EDING-APS)

Capítulo 3: Vicente Vera, Ingeniero Industrial (PLAKABETON)

Capítulo 4: Enrique González, Arquitecto técnico (EDING-APS)

Capítulos 5 y 7: Carolina Puerta, Ingeniera de Minas (PLAKABETON)

Capítulo 6: Hugo Corres, Dr. Ingeniero de Caminos (Presidente de ACHE)

Coordinación y edición:

Jorge Conde, Arquitecto (ACIES)



ÍNDICE

1. APLICACIÓN, COSTE E IMPLANTACIÓN EN EL MERCADO.....	5
1.1. BREVE HISTORIA	5
1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	5
1.3. APLICACIONES.....	6
1.4. COSTE DE LA SOLUCION.....	9
1.5. IMPLANTACIÓN EN EL MERCADO ESPAÑOL Y CONTEXTO INTERNACIONAL Y PROYECCIÓN FUTURA.....	9
2. CRITERIOS DE DISEÑO: TEORÍA	11
2.1. TEORIA BÁSICA DEL SISTEMA.....	11
2.2. FORMAS DE ROTURA.....	12
2.3. RESISTENCIA DE LA JUNTA	12
2.4. INFLUENCIA DEL ANCHO DE JUNTA	13
2.5. INFLUENCIA DEL CANTO DEL FORJADO.....	13
2.6. INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN ENTRE PASADORES PRÓXIMOS	15
2.7. ARMADURAS EN LA ZONA DE INTRODUCCIÓN DE ESFUERZOS.....	15
2.8. DEFORMACIONES: GIROS Y DESCENSOS.....	17
2.9. ESFUERZOS DINÁMICOS.....	18
3. CRITERIOS DE DISEÑO: APLICACIÓN	21
3.1. NORMATIVA VIGENTE, PRESENTE Y FUTURA.....	21
3.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES.....	21
3.3. COEFICIENTES DE SEGURIDAD: HORMIGÓN, ACCIONES, PROPIOS DEL PASADOR... ..	22
3.4. COEFICIENTES DE DISEÑO: ABERTURA DE JUNTA, SEPARACIÓN, ANCLAJE, RETRACCIÓN, OTROS.....	23
3.5. DISPOSICIÓN DE LOS PASADORES EN PROYECTO.....	25
3.6. ESFUERZOS ADICIONALES NECESARIOS.	25
3.7. DURABILIDAD DE LOS PASADORES.	26
3.8. ACCIONES ACCIDENTALES: INCENDIO Y SISMO.....	26
3.9. ERRORES HABITUALES DE CONCEPCIÓN Y DISEÑO.	26
4. PUESTA EN OBRA.....	28
4.1. INTRODUCCION	28
4.2. JUNTAS LINEALES	28
4.3. JUNTA EN JACENAS	31
4.4. CONTROLES	32
5. PASADORES EN PANTALLAS	34
5.1. HISTORIA Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	34
5.2. CAMPO DE APLICACIÓN	34
5.3. DIMENSIONAMIENTO.....	36
5.4. ERRORES HABITUALES DE DISEÑO	40
5.5. PUESTA EN OBRA.....	40
5.6. PROBLEMAS DE APLICACIÓN	41

5.7. OPINIÓN DE LAS EMPRESAS DE CONTROL.....	41
5.8. ENSAYOS	41
6. APLICACIÓN PRÁCTICA EN JUNTAS: CONECTORES EN EL PROYECTO Y OBRA DEL NUEVO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS	43
6.1. INTRODUCCIÓN	43
6.2. EDIFICIO TERMINAL Y SATELITE	44
6.3. APARCAMIENTO.....	52
6.4. CONSIDERACIONES FINALES	54
7. ANEJO 1: ENSAYOS	55
7.1. INTRODUCCIÓN	55
7.2. PRINCIPIO DE ENSAYO	55
7.3. RESULTADOS	56
7.4. FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS	58
8. ANEJO: LISTADO DE OBRAS	60
8.1. OBRAS DE CARACTERÍSTICAS CONVENCIONALES	60
8.2. OBRAS EN ZONAS SÍSMICAS	62



1. APLICACIÓN, COSTE E IMPLANTACIÓN EN EL MERCADO

1.1. BREVE HISTORIA

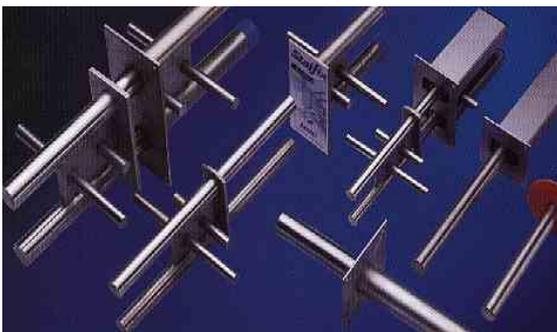
La utilización de conectores de estructura para transmisión de cargas data de los años 60. En Europa, fundamentalmente en Suiza, Alemania, Francia y Gran Bretaña, su uso en edificación es algo normal. Los primeros proyectos donde se utilizaron pasadores o conectores de estructura se remontan a 1965. Es a partir de 1988 cuando se empiezan a utilizar en España.

En el anejo a este documento se listan las obras más significativas construidas en España con este sistema.

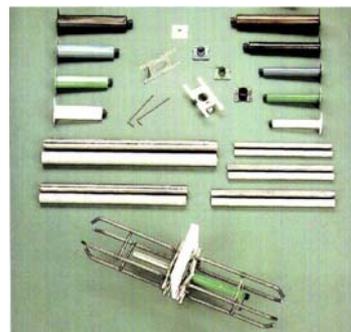
1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los pasadores o conectores de estructura para transmisión de cargas se componen de dos elementos: un macho o vástago y una hembra o funda donde se introduce el vástago (dependiendo del fabricante también existen en el mercado conectores que constan de dos machos o vástagos y dos hembras por unidad de conector). Este sistema permite al macho desplazarse longitudinalmente dentro de la hembra. Al ir los conectores colocados en juntas de dilatación este movimiento longitudinal que se produce dentro del conector permite que se produzca el movimiento de dilatación requerido en la junta.

Existen también pasadores o conectores de estructura que no solo permiten movimientos longitudinales sino también transversales, para casos donde forjados de diferentes tamaños se puedan mover en distintos sentidos. En estos casos también permiten cierta rotación de los forjados.



Conector doble



Piezas de conector simple y zuncho de refuerzo

1.3. APLICACIONES

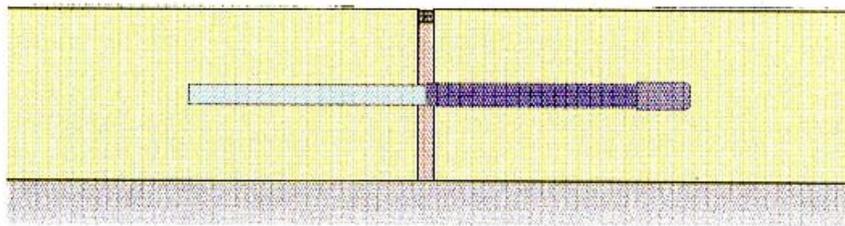
1.3.1. CONECTORES EN SOLERAS

1.3.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Mediante la utilización de pasadores en soleras se logra una perfecta alineación de las distintas pastillas de hormigón conectadas. En función de las cargas a soportar, el ancho de junta y el canto de la solera se define un tipo de conector y una distancia mínima entre conectores.

1.3.1.2. VENTAJAS FRENTE AL SISTEMA TRADICIONAL

- Fácil instalación.
- Perfecta alineación de los pasadores.
- Garantizada transmisión de cargas.
- Movimiento conjunto de las dos soleras conectadas .
- Mayor durabilidad de las juntas entre soleras al moverse las dos al mismo tiempo.
- Alta protección anticorrosión que asegura una mayor durabilidad del sistema.



Junta de solera conectada con pasadores

1.3.2. CONECTORES EN JUNTAS DE DILATACIÓN PARA EVITAR EL DOBLE PILAR

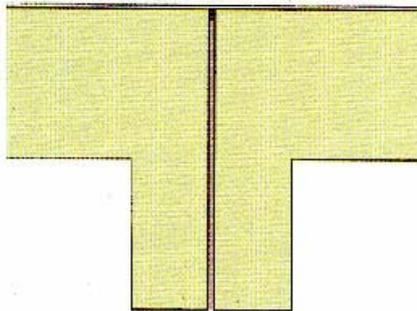
1.3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Es el uso más común de los pasadores. Conectando los forjados mediante pasadores o conectores de transmisión de cargas logramos evitar el tradicional apoyo de forjado en un doble pilar.

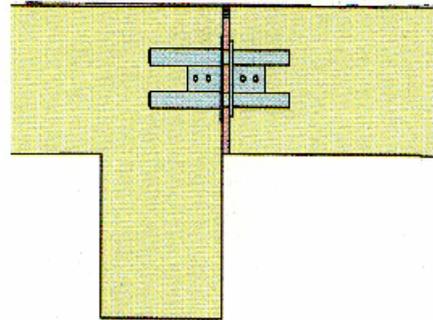
1.3.2.2. VENTAJAS FRENTE AL SISTEMA TRADICIONAL

- Ahorro de espacio útil.

- Ahorro de materiales: acero y hormigón
- Ahorro de costes en mano de obra
- Rapidez de ejecución
- Seguridad total de transmisión de cargas
- Durabilidad de los pasadores al ser de acero inoxidable de alta resistencia.
- Posibilidad de colocar la junta de dilatación donde se estime oportuno. No tienen que coincidir en el mismo plano en altura



Junta con doble pilar



Junta con pasador y sin doble pilar

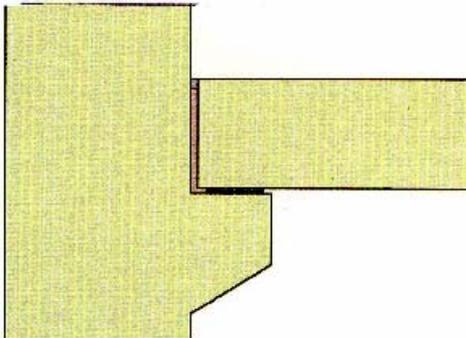
1.3.3. CONECTORES PARA SUSTITUIR APOYOS EN MENSULAS

1.3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

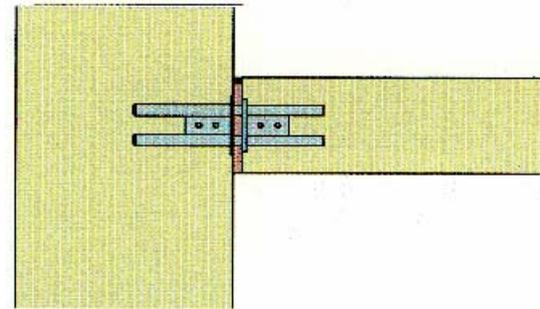
La utilización de conectores de estructura para evitar el apoyo de forjados en ménsulas supone una solución más rápida y económica que utilizando el sistema tradicional.

1.3.3.2. VENTAJAS FRENTE AL SISTEMA TRADICIONAL

- Ahorro de espacio útil
- Rapidez de ejecución
- Facilidad de ejecución al no ser necesario el complicado encofrado necesario para ejecutar la ménsula
- Ahorro de materiales: acero y hormigón
- Ahorro de costes de mano de obra
- Desde el punto de vista arquitectónico es una solución más “limpia” al no perder espacio útil en cada vivienda.
- Durabilidad de la solución al utilizarse conectores de acero inoxidable de alta resistencia, frente al apoyo tradicional del forjado en ménsula utilizando un neopreno o similar cuya durabilidad es limitada.



Apoyo en ménsula



Apoyo en pasadores

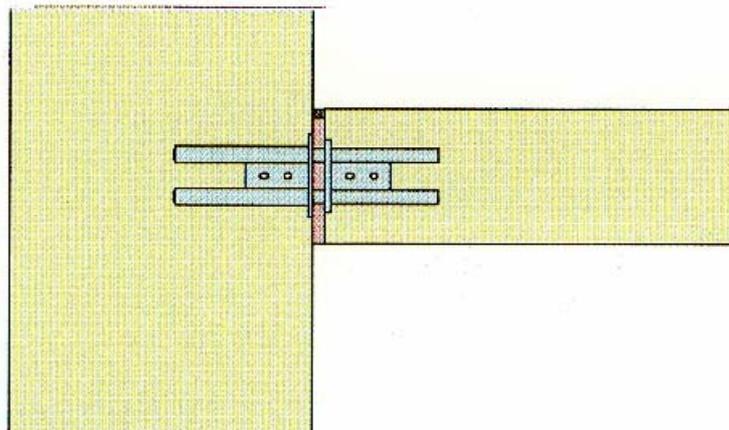
1.3.4. CONECTORES PARA UNIR FORJADOS CON MUROS PANTALLA O PILOTES

1.3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Es una forma más de conectar los forjados de sótanos con muros pantalla o pilotes. La ejecución es muy simple y el coste más reducido que la solución tradicional

1.3.4.2. VENTAJAS FRENTE AL SISTEMA TRADICIONAL

- Rapidez de ejecución.
- Durabilidad del material al tratarse de pasadores de acero inoxidable de alta calidad.
- Ahorro de costes
- Total seguridad de las cargas calculadas



Conexión de forjado a muro pantalla mediante pasadores

1.4. COSTE DE LA SOLUCION

El coste aproximado de la solución para ejecutar juntas de dilatación y evitar colocar doble pilares viene a ser de unos **60 euros/ml**. Este coste sería en casos “normales”, es decir, para cargas no superiores a 500 Kg, cantos de forjado de 30 cm., ancho de junta de 2 cm y retículas de unos 6 metros.

En cuanto a la conexión de forjados con muros pantalla o pilotes el coste aproximado es de unos **36 euros / ml**.

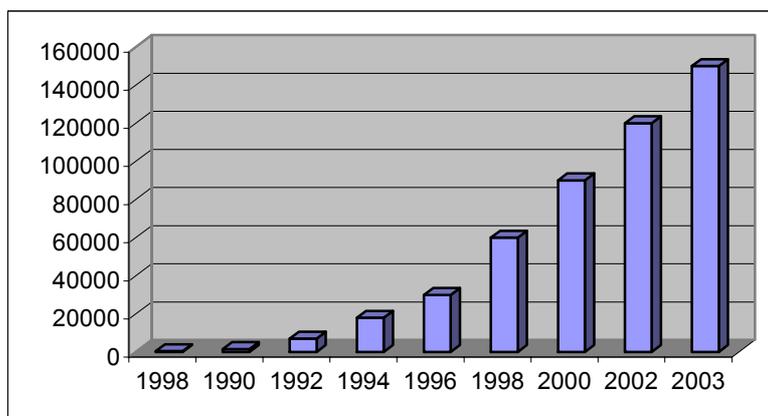
En cualquier caso cada situación exige un cálculo pormenorizado y este coste puede variar ostensiblemente cuando las cargas son superiores o la distancia a pilares es mayor. También el ancho de junta y el canto de forjado influyen drásticamente en la solución a adoptar y en el coste final.

1.5. IMPLANTACIÓN EN EL MERCADO ESPAÑOL Y CONTEXTO INTERNACIONAL Y PROYECCIÓN FUTURA

Es claro que la utilización de los pasadores o conectores de estructuras para transmisión de cargas en edificación en España se está convirtiendo en algo habitual desde su introducción en 1988. Las ventajas que su utilización aporta con respecto al sistema tradicional como el ahorro de espacio útil, de mano de obra y de materiales, son tan claras que cada vez más y más calculistas y arquitectos optan por su uso.

La evolución de las ventas de pasadores en España desde 1988 hasta hoy es la siguiente:

- 1988..... 400 unidades
- 1990..... 1.500 unidades
- 1992..... 7.000 unidades
- 1994..... 18.000 unidades
- 1996..... 30.000 unidades
- 1998..... 60.000 unidades
- 2000..... 90.000 unidades
- 2002..... 120.000 unidades
- 2003..... 150.000 unidades



Evolución del consumo de pasadores en el mercado español, 1988 a 2003



Como puede observarse esta evolución muestra la gran aceptación de los pasadores en España en los últimos 15 años.

En Europa se llevan utilizando más de treinta años y su uso es algo cotidiano. De hecho sus aplicaciones van más allá de las expuestas hasta ahora en edificación, utilizándose también en obra civil para apoyos de puentes, prefabricados, parapetos de puentes, capas de rodadura de carreteras en túneles, etc.

Dada la gran aceptación de los conectores de estructura en el mercado español entendemos que su utilización en el futuro será cada vez mayor. Se llegará a una situación en la que la utilización de pasadores será algo totalmente normal en el mercado español como ya lo es en el resto de Europa.



2. CRITERIOS DE DISEÑO: TEORÍA

2.1. TEORIA BÁSICA DEL SISTEMA

El sistema se puede modelizar según el dibujo adjunto donde el conector de acero empotrado en el hormigón se ve sometido al cortante que se transmite y a las reacciones del hormigón que lo rodea:

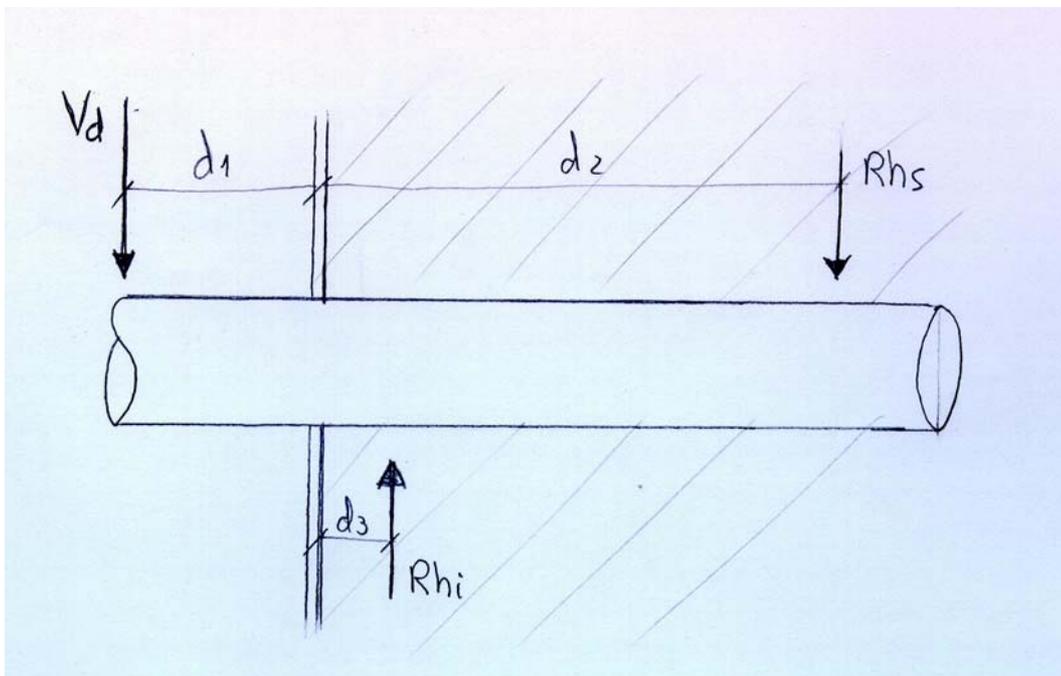


Figura 1: Distribución de esfuerzos

El modelo considera básicamente el equilibrio de fuerzas y momentos del conector sometido a dos tipos de acciones:

- V_d : Fuerza que se aplica al conector (cortante transmitido en la junta).
- R_d : Resultante de las reacciones del hormigón sobre el conector.

$$\sum F_i = 0$$

$$\sum M_i = 0$$

Para eliminar incógnitas del sistema es necesario establecer hipótesis sobre las reacciones del hormigón, definiendo el tipo de distribución de las mismas y su posición.

Tenemos en cuenta un sistema global comprendiendo conector de acero, cuerpo de reparto de esfuerzos, hormigón y armaduras de transmisión. Para un mismo tipo de conector, las variables que intervienen en el modelo son la abertura de junta (e), la resistencia del hormigón matriz (f_{cd}) y el canto del elemento de hormigón (c).

El modelo se desarrolla según la normativa **Eurocódigo** ó **DIN**, conforme a la teoría de la plasticidad.

2.2. FORMAS DE ROTURA

Consideramos los mecanismos de rotura siguientes:

1. Rotura del conector de acero, debida a la acción combinada de corte y flexión.
2. Rotura del conector de acero por flexión.
3. Rotura por aplastamiento del hormigón comprimido.
4. Plastificación de la armadura de borde del forjado.

La carga de rotura indicada en las fichas técnicas es el resultado del modo de rotura determinante (1,2,3). Se puede constatar que el mecanismo de rotura 1 aparece en el caso de grandes aberturas de junta. Para aberturas medias y pequeñas el mecanismo 2 es el determinante. El mecanismo de rotura 3 es determinante en el caso de bajas resistencias del hormigón y muy pequeñas aberturas de junta. El mecanismo de rotura 4 no es determinante si se dimensiona apropiadamente la armadura de borde del forjado.

2.3. RESISTENCIA DE LA JUNTA

Indicamos dos formas de determinación de las resistencias últimas del sistema:

1. Modelo teórico contrastado empíricamente
2. Extrapolación de resultados empíricos

2.3.1. MODELO TEÓRICO CONTRASTADO EMPÍRICAMENTE

A partir del modelo descrito anteriormente es posible determinar analíticamente la resistencia última de la junta en función de las variables del sistema (abertura de junta (e), resistencia del hormigón matriz (f_{cd}) y el canto del elemento de hormigón (c)).

Previamente, para la puesta a punto del modelo las resistencias últimas son contrastadas con resultados de numerosas series de ensayos, debiendo confirmar la corrección de los métodos de cálculo aplicados.

2.3.2. EXTRAPOLACIÓN DE RESULTADOS EMPÍRICOS

Se obtienen resultados de series de ensayos con variaciones discretas de las variables del sistema , a través de los ensayos:

- Ensayo de rotura:
 - Por la Escuela Federal Politécnica de Lausana E.P.A.
 - Por la Fundación *Agustín de Bethancourt* de E.T.S.I de Caminos (2001)

Las cargas de rotura para otros valores de las variables, se extrapolan a partir de los resultados empíricos.

Esto nos permite obtener los esfuerzos reflejados como **Frd** , ya minorados según **E.H.E-99**.

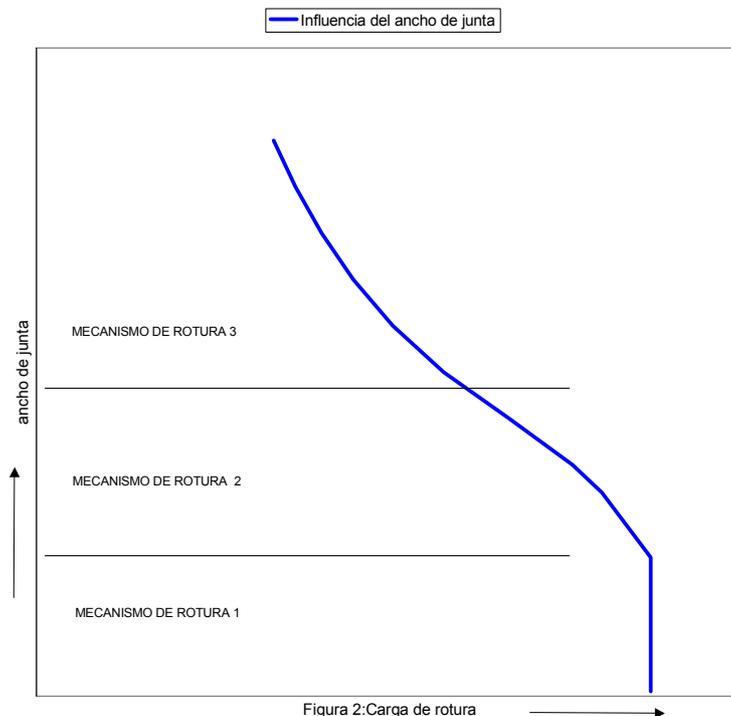


2.4. INFLUENCIA DEL ANCHO DE JUNTA

La abertura de junta es la variable que con mayor grado afecta a la carga de rotura del sistema. Manteniendo el resto de variables constantes, la gráfica siguiente muestra la variación cualitativa de la carga de rotura respecto al ancho de junta.

Se puede observar un primer tramo de resistencia máxima de valor constante para aberturas de junta pequeñas, un segundo tramo de disminución rápida de la resistencia, y un tercero de disminución más lenta de la resistencia.

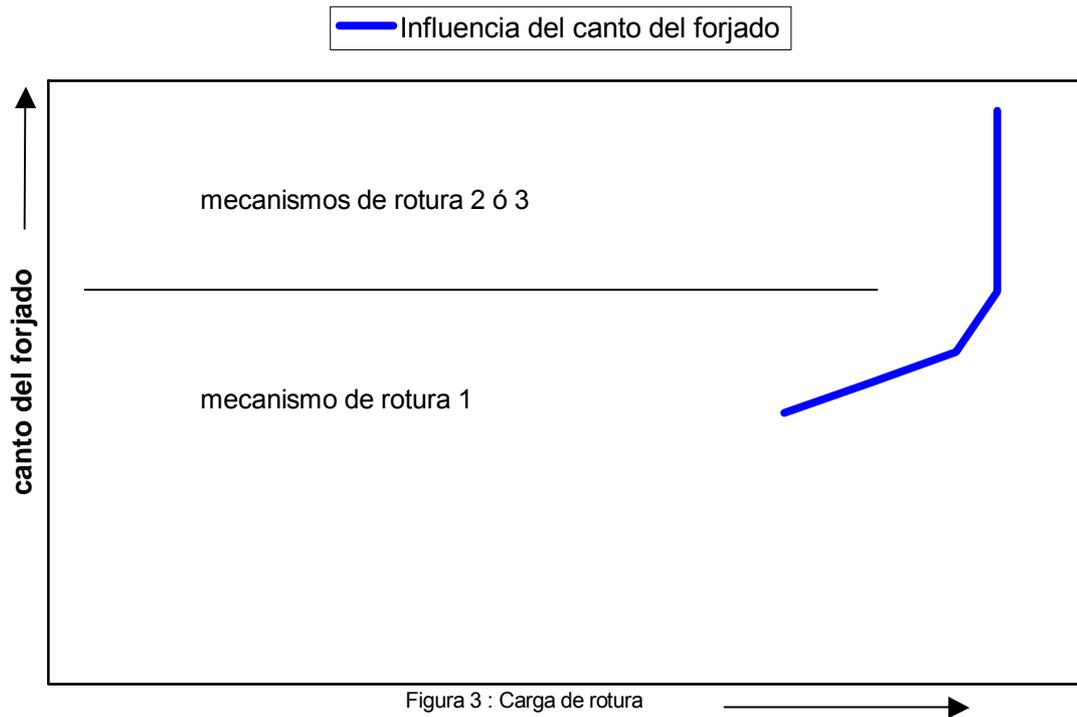
Los tramos descritos coinciden con el mecanismo de rotura determinante.



2.5. INFLUENCIA DEL CANTO DEL FORJADO

El canto del forjado determina la resistencia del sistema cuando se tienen aberturas de junta pequeñas. En el gráfico siguiente se muestra la variación de la carga de rotura con el canto del forjado, manteniendo constantes el resto de variables del sistema.

Puede observarse que la resistencia aumenta con el canto del forjado hasta un valor máximo, y que este valor se mantiene constante para cantos mayores.



Hay un canto mínimo que garantiza la transmisión de esfuerzos del conector a la armadura de suspensión. Este canto mínimo es igual a la distancia mínima entre conectores determinada por el espacio necesario para que físicamente quepa el conector y las armaduras de suspensión con sus correspondientes recubrimientos.

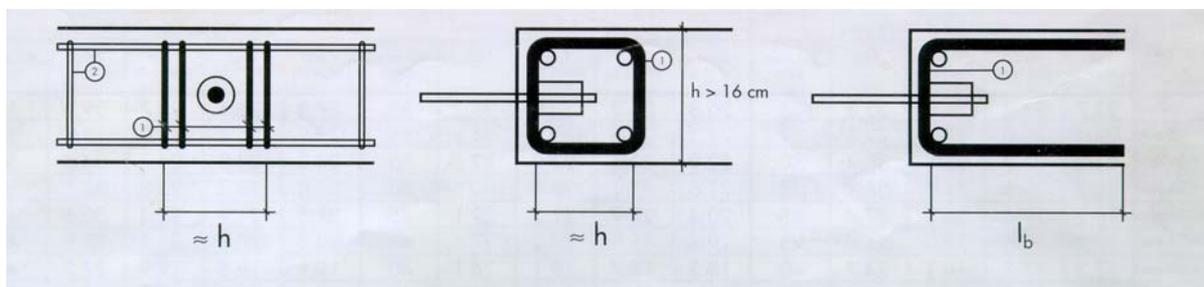


Figura-4: Armado de suspensión

2.6. INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN ENTRE PASADORES PRÓXIMOS

La interacción entre pasadores se produce cuando la distancia entre ellos es menor que el espesor del forjado, basándose en la normativa **E.H.E.-99**. Ello es debido a que interfieren los conos de desgarramiento de ambos que se generan según líneas de 45° desde cada conector, según la figura:

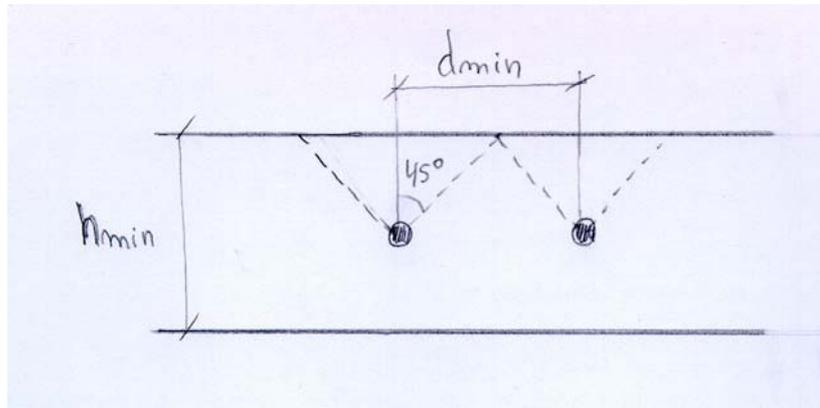


Figura-5 : Interacción entre pasadores

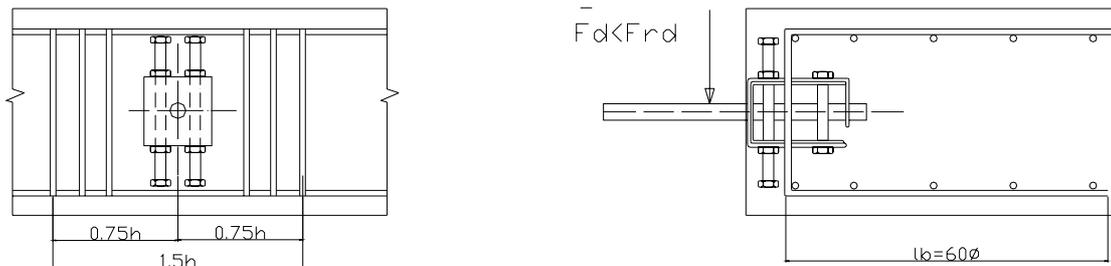
Si la distancia entre conectores es inferior al espesor del forjado, es preciso ver si por la interacción de los conos de desgarramiento, la resistencia última de los mismos debe ser reducida. En estos casos la resistencia última debe calcularse para un canto igual a la distancia entre los conectores.

2.7. ARMADURAS EN LA ZONA DE INTRODUCCIÓN DE ESFUERZOS

2.7.1. JUNTAS DE FORJADO (CARGAS REPARTIDAS)

Todos los conectores de transmisión de cargas transversales exigen una armadura de suspensión pues la cara inferior del elemento no está sostenida (contrariamente al caso de apoyo tradicional).

Para algunos tipos de conectores, una parte de la armadura se encuentra en barras de cabeza integradas en el conector. Con el fin de que el cono de desgarramiento pueda estar anclado perfectamente, el esfuerzo debe ser introducido por una armadura de suspensión en la zona $1,5 h$ ($0,75 h$ a izquierda y a derecha del conector) (ver figura).



2.7.2. UNIONES DE VIGAS (CARGAS PUNTUALES)

Como regla general: Para la transmisión de las reacciones del apoyo de una viga se deben colocar varios conectores, generalmente porque el esfuerzo cortante es elevado y por razones de estabilidad del alma de la viga.

Para estos casos, una disposición eficaz de la armadura de la zona de introducción de esfuerzos se determina sobre la base de un modelo de cuadrículas con bielas a 45°,

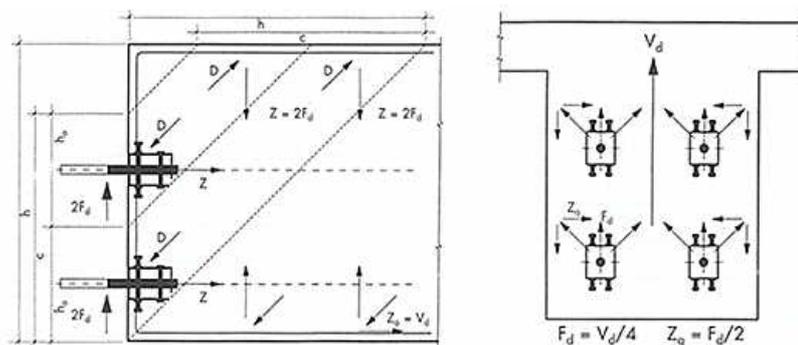


Figura-7: Disposición de Bielas

Según este modelo conviene colocar estribos verticales bien anclados en sus extremos. La sección total de los estribos debe estar alrededor de

$$A_{sw} = \gamma_R \cdot V_d / f_{yk}$$

, y los estribos deben estar repartidos en la zona acotada con C (ver figura).

Es necesaria una armadura horizontal de sección

$$A_s = \gamma_R \cdot F_d / f_{yk}$$

por conector en sentido longitudinal de la viga (F_d = esfuerzo cortante de dimensionamiento por conector). Esta armadura debe estar bien anclada en la parte frontal (horquillas dispuestas verticalmente, longitud alrededor de h + longitud de anclaje).

Es necesaria una armadura horizontal de sección

$$A_s = \gamma_R \cdot (F_d / 2) / f_{yK}$$

en la parte frontal por capa horizontal de conectores (F_d = esfuerzo cortante de dimensionamiento por Goujón), para resistir las fuerzas de tracción transversales (horquillas dispuestas horizontalmente).

La armadura de tracción inferior debe estar dimensionada al menos para la fuerza

$$V_d, A_s = \gamma_R \cdot V_d / f_{yK}$$

y debe ser igualmente bien anclada el extremo de la viga. Con esta disposición de armaduras, queda por determinar la armadura vertical situada directamente en la parte frontal por grupo vertical de Goujons, sobre la base de la carga a transmitir por un solo Goujón:

$$A_{sw} = \gamma_R \cdot F_d / f_{yK}$$

2.8. DEFORMACIONES: GIROS Y DESCENSOS

Partiendo del hecho de que las deformaciones se determinan bajo la acción de las cargas de servicio se puede admitir para el cálculo un comportamiento situado todavía en el dominio elástico.

El modelo a considerar para el cálculo puede ser como el de la figura, donde el conector biempotrado con carrito en uno de los apoyos, se ve sometido a un giro θ impuesto por la estructura, y a un descenso D provocado por la carga transmitida.

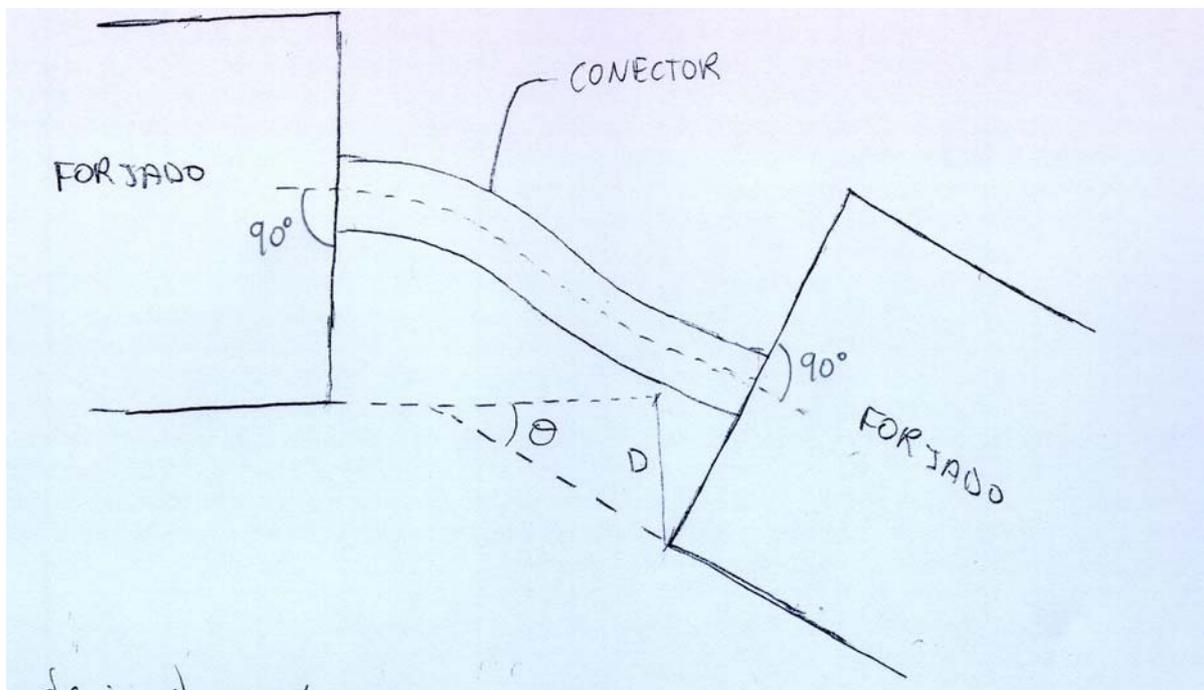


Figura-8: Deformación y Giro

En el caso de grandes aberturas de junta es necesario estimar el descenso de los conectores. Es usual limitar la carga de servicio para que los descensos sean inferiores a 1,0 mm, lo cual sucede para aberturas de junta mayores de 100 mm.

2.9. ESFUERZOS DINÁMICOS

Comentamos este apartado haciendo referencia al ensayo realizado por el Laboratorio de Ingeniería Estructural de la Pontificia de Universidad Católica de Chile, el ensayo está disponible para los que lo soliciten a EDING APS).

El objetivo del ensayo fue determinar el comportamiento dinámico de una pareja de pasadores y de su anclaje en una losa de hormigón armado de 22 cm de espesor, de resistencia en probeta cilíndrica a la edad del ensayo de 27,5 N/mm², y con una abertura de junta de 50 mm.

El ensayo se realizó controlando deformaciones y midiendo la fuerza con que el sistema reaccionaba en cada instante a dicha deformación. La secuencia de deformaciones que se aplicó se detalla en la figura siguiente. Corresponde a varias series sucesivas de 15 ciclos sinusoidales a una frecuencia de 0.09 Hz y amplitud constante para cada serie, pero creciente de una serie a otra. Se intercalaron además cuatro movimientos sísmicos reales registrados en Chile y escalados de tal modo que su amplitud máxima fuera igual a la serie de 15 ciclos precedente.

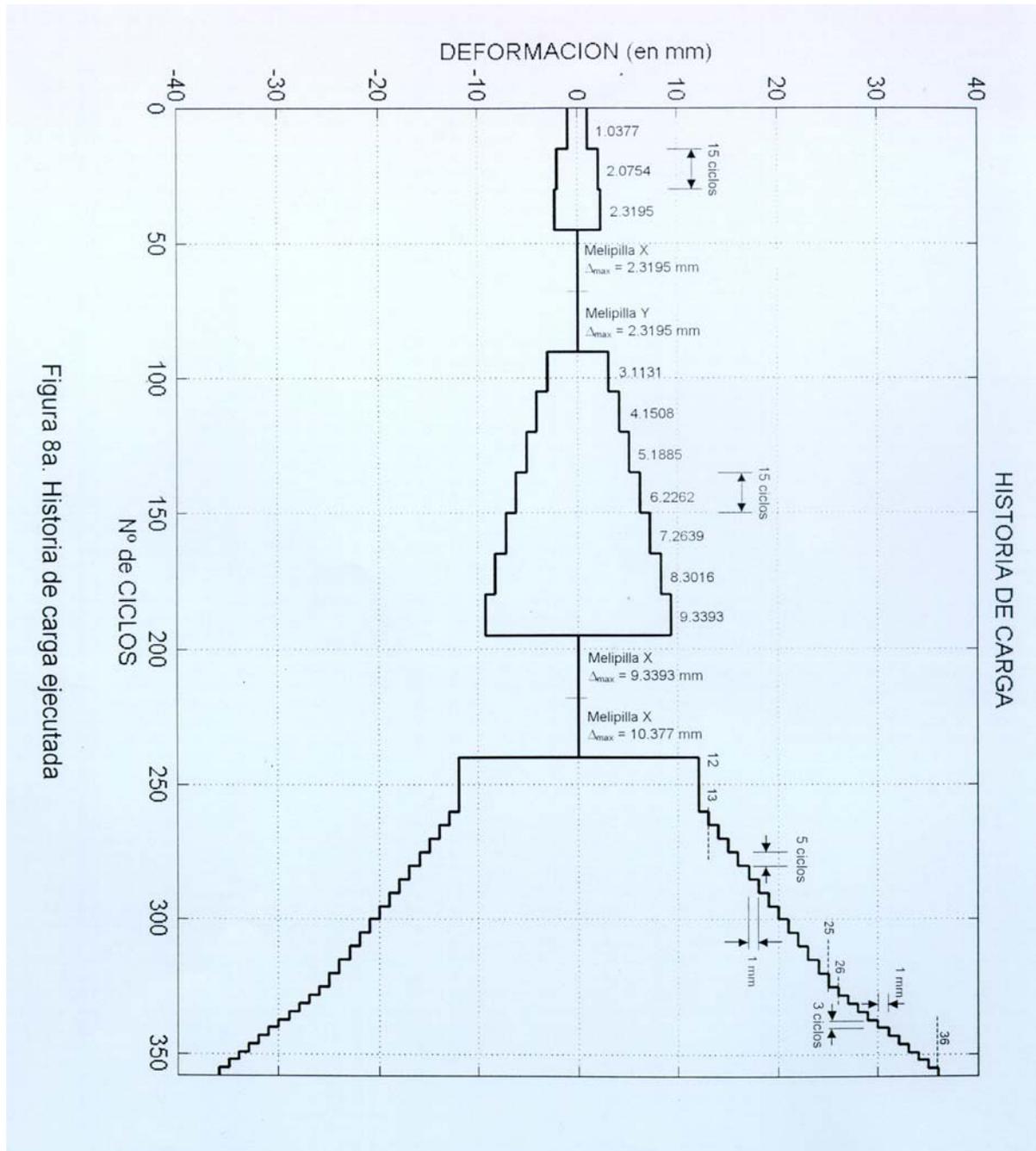


Figura 8a. Historia de carga ejecutada

Figura-9: Diagrama Ciclos Deformación

El ensayo se terminó cuando uno de los vástagos falló por fatiga cortándose completamente en la zona libre de la junta. La deformación de rotura fue de 34 mm. La resistencia máxima al corte que ofreció el conector supera en más de un 20% a la de rotura indicada en las fichas técnicas del producto.

El “Plateau” de fluencia del conector se alcanzó a un valor de carga igual a la resistencia máxima, y una deformación aproximada de 11 mm.

Los ciclos fuerza-deformación muestran un comportamiento que se puede idealizar en la forma que se indica en la figura siguiente. Se trata de un comportamiento del tipo “gap”, es decir, fuerza nula para un cierto rango de desplazamiento δ_0 , y luego no-lineal para deformaciones mayores.

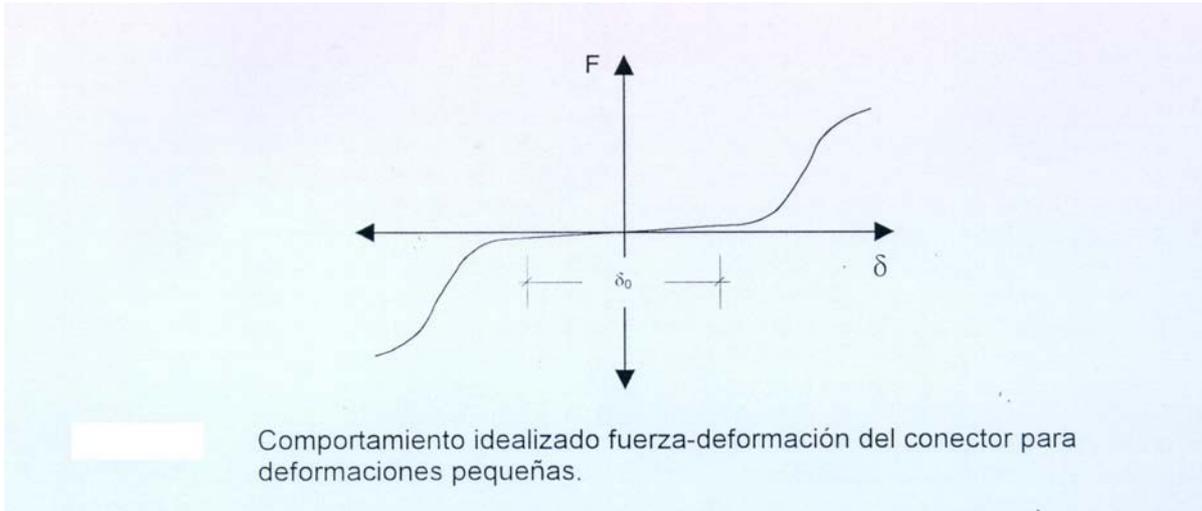


Figura-10

3. CRITERIOS DE DISEÑO: APLICACIÓN

3.1. NORMATIVA VIGENTE, PRESENTE Y FUTURA.

En la actualidad no existe una normativa específica para los sistemas de reparto de cargas en juntas de dilatación. Estos sistemas están regularizados a través de ensayos realizados, y de documentación técnica realizada en otros países, donde esta forma de construcción es altamente empleada.

Se utilizan criterios de acuerdo con la normativa de construcción establecida en la EHE, aunque no existe una normativa específica a este tipo de sistema.

3.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES.

Los elementos que constituyen un pasador pueden observarse en Figura 1:

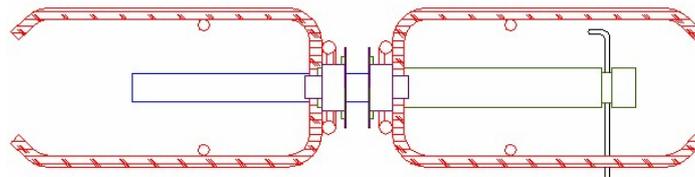


Figura 1: Detalle de pasador

Pasadores: (

Figura 2) Acero inoxidable de alta resistencia a la rotura, con un límite elástico aproximado de 800-900 N/mm² y de 900 N/mm² a tracción. Este acero es especialmente resistente a la corrosión ínter granular y a la corrosión por picadura. Existen los pasadores en Acero Galvanizado de mayor resistencia y límite elástico, pero se recomendará siempre el empleo de acero inoxidable por sus características. Sobre todo en juntas de dilatación donde la propia abertura va a producir un contacto permanente con la intemperie, de esta forma evitaremos cualquier posible riesgo de corrosión del acero.



Figura 2: Conector

Zunchos Locales: (Figura 3) Los refuerzos empleados para todos los pasadores, están realizados en acero corrugado de alta adherencia. Acero B-500-S, mientras que las bielas de transferencia son de acero corrugado inoxidable, por estar en zona de recubrimiento. Estos refuerzos estarán más o menos armados dependiendo del pasador utilizado.

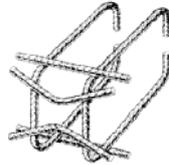


Figura 3: Zuncho Local

Camisas de dilatación (figura 4): Existentes en Polietileno auto lubricante o acero inoxidable, con un espacio reservado para la dilatación. Las camisas de dilatación sirven únicamente para reservar un espacio en el hormigón, que va a permitir la entrada en 2ª fase del pasador o conector, y de esta forma dar lugar a un correcto movimiento de la estructura. Máxima pretensión de las juntas de dilatación. El material de las vainas, por tanto, no es relevante. El extremo de las camisas llevarán una pegatina de identificación de los diferentes diámetros de los pasadores, además de impedir el paso de hormigón dentro de la vaina.

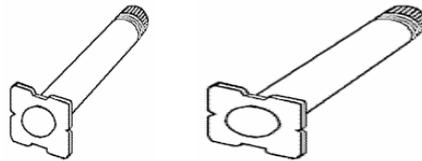


Figura 4: Camisas de dilatación unidireccional y bidireccional

3.3. COEFICIENTES DE SEGURIDAD: HORMIGÓN, ACCIONES, PROPIOS DEL PASADOR.

Los coeficientes de seguridad en estructuras de hormigón vienen definidas en la Instrucción del Hormigón Estructural EHE (Tabla 1):

TIPO DE ACCIÓN	NIVEL DE CONTROL DE EJECUCIÓN		
	Intenso	Normal	Reducido
Permanente	$\gamma_G = 1.35$	$\gamma_G = 1.50$	$\gamma_G = 1.60$
Pretensado	$\gamma_P = 1.00$	$\gamma_P = 1.00$	-
Permanente de valor no constante	$\gamma_G = 1.50$	$\gamma_G = 1.60$	$\gamma_G = 1.80$
Variable	$\gamma_Q = 1.50$	$\gamma_Q = 1.60$	$\gamma_Q = 1.80$

Tabla 1: Coeficientes De Seguridad según EHE

Los dimensionamientos de pasadores se realizarán con coeficientes de seguridad de 1.6, lo que supone una mayoración de las acciones mayor de la establecida y generalmente no se hará distinción entre cargas permanentes y cargas variables.

Otra minoración sobre la carga que soportan los pasadores va a ser el incremento del ancho de junta. Debido a las retracciones del hormigón, variaciones de temperatura, errores en la colocación... se incrementará un porcentaje definido en las especificaciones de cada tipo de pasador, por lo que la situación de diseño del pasador será más desfavorable que la de la situación real.

Esta diseñado en cualquier caso asegurando la seguridad de la obra, sin transmisión de esfuerzos a través de la junta, igualando las deformaciones a ambos lados de la junta.

Se aplicarán coeficientes de seguridad del acero que estarán particularizados a cada fabricante.

3.4. COEFICIENTES DE DISEÑO: ABERTURA DE JUNTA, SEPARACIÓN, ANCLAJE, RETRACCIÓN, OTROS...

La disposición de los pasadores se realizará de acuerdo con las suposiciones admitidas para el dimensionamiento de la estructura.

Factores considerados en el reparto de cargas de una junta de dilatación

- Abertura teórica de junta
- Espesor mínimo de forjado
- Separación entre pasadores
- Tipos de camisas de dilatación
- Tipo de Hormigón y armadura
- Longitud de anclaje

3.4.1. ABERTURA TEÓRICA DE JUNTA

Para el dimensionamiento de los pasadores en la junta de dilatación, un parámetro fundamental a tener en cuenta, es la abertura de junta. Por ello y debido a los efectos que pueden afectar a este valor, se establecen márgenes de seguridad para el cálculo de dicha distancia. Factores como la retracción del hormigón, deformaciones por variaciones de temperatura, falta de cuidado en la ejecución, etc....pueden afectar este cálculo, por esto se establecerán amplitudes mayores a las definidas.

3.4.2. ESPESOR MÍNIMO DE FORJADO

Se establece un espesor mínimo de forjado, que estará en función del conector empleado. Esta distancia es importante respetarla para asegurar un buen funcionamiento de los pasadores, ya que en función de este, se establecen los esfuerzos cortantes.

El dimensionamiento de los pasadores se hará considerando como altura efectiva de cálculo el doble de la distancia entre el pasador y el borde del forjado.

3.4.3. SEPARACIÓN ENTRE PASADORES

Horizontal: Se establecen unas distancias máximas de separación entre pasadores obtenidas para limitar las acción de los cortantes en el hormigón. Si la separación entre pasadores es inferior a las establecidas para los diferentes pasadores, los efectos a los que se ven sometidos se superponen, estableciéndose así las distancias mínimas.

Vertical: Se establecerán unas distancias de separación entre pasadores para el correcto funcionamiento de estos. En situaciones de cargas lineales los pasadores se colocarán a eje de forjado para que el pasador trabaje en fibra neutra a puro cortante.

3.4.4. CAMISAS DE DILATACIÓN

En una junta de dilatación es de gran importancia permitir el movimiento de la estructura. Mantener la horizontalidad de los pasadores (Foto 1) y permitir el deslizamiento. Es fundamental para permitir el correcto movimiento de la estructura y evitar tensiones que puedan producir el cosido de la junta.



Foto 1: Colocación pasadores

El empleo de camisas unidireccionales o bidireccionales estará en función de que las juntas sean paralelas y de la misma dirección o haya quiebros.

3.4.5. TIPO DE HORMIGÓN Y ARMADURA

Los cortantes de los pasadores pueden verse afectados por la resistencia del hormigón en que están colocados.

3.4.6. LONGITUD DE ANCLAJE

Para amplitudes de apertura de la junta mayores a las establecidas, se emplearán pasadores de longitudes especiales. El pasador necesita una longitud de anclaje según el diámetro del pasador, por lo que a aberturas de junta mayores, habrá que ampliarlos para mantener las distancias de anclaje definidas.

Estas situaciones, son casos poco habituales y aparecen como consecuencia de fenómenos sísmicos, por ejemplo.

3.5. DISPOSICIÓN DE LOS PASADORES EN PROYECTO.

Las juntas de dilatación impiden la fisuración incontrolada de la estructura y los daños resultantes, como falta de estanqueidad y corrosión. Disponiendo una junta de dilatación, se puede reducir considerablemente la armadura necesaria para limitar el ancho de las fisuras en los forjados y muros donde el acortamiento está limitado.

El dimensionamiento de la junta de dilatación se realiza de acuerdo con las especificaciones definidas para cada tipo de pasador. Para forjados es necesario dimensionar la distancia entre pasadores a lo largo de la junta en función de las diferentes concentraciones de esfuerzos (Foto 2). Se hará una distinción entre cargas puntuales y cargas lineales, según sean forjados unidireccionales o bidireccionales respectivamente.



Foto 2: Disposición de Pasadores en Junta de Dilatación

Cargas puntuales; La concentración de carga es mayor en una zona puntual. Se procederá por tanto a la colocación de pasadores necesarios en ese apoyo. Se colocarán al menos dos pasadores para evitar momentos torsores.

Cargas lineales; Generalmente se optará por la linealidad en el reparto de los pasadores. Transmitiendo uniformemente la carga a lo largo del zuncho de borde.

3.6. ESFUERZOS ADICIONALES NECESARIOS.

El empleo de refuerzos locales necesarios para cada pasador, permite aumentar considerablemente los esfuerzos cortantes permitidos por el conector. Incorporados en el mismo o añadidos posteriormente. En el borde del forjado debe colocarse una armadura mínima transversal y longitudinal (Foto 3).



Foto 3: Armadura de refuerzo y Zuncho de Borde

La ausencia de estos zunchos hace descender la carga de rotura del hormigón, ya que una correcta colocación de estribos supone la entrada en carga del acero solidariamente al hormigón, evitando el colapso de la estructura debida al punzonamiento en un canto finito.

En caso de que la proximidad de los pasadores contiguos sea inferior a la establecida como separación límite, se añadirán unos refuerzos adicionales para combatir la interacción de los pasadores, que van a transmitirse cargas entre ellos por dicha cercanía. Este refuerzo se calculará en función de la distancia, tipo de pasador utilizado,...

3.7. DURABILIDAD DE LOS PASADORES.

La resistencia de la junta la calcularemos a partir de la resistencia última del sistema. Mecanismos de rotura al cizallamiento:

- Resistencia del acero;
- Resistencia armaduras de refuerzo;
- Resistencia del hormigón.

Teniendo en cuenta que las condiciones de fabricación de los componentes en una fábrica especializada y el autocontrol de las características del material utilizado, refiriéndose particularmente al acero del pasador y sobre las soldaduras de los refuerzos, la durabilidad de los componentes es equivalente a la de los productos tradicionales utilizados en la construcción de los edificios. No necesitan ningún mantenimiento específico.

3.8. ACCIONES ACCIDENTALES: INCENDIO Y SISMO.

Sismo: Como ya se ha comentado en el punto 1.4.2., habrá que tener especial cuidado con las longitudes de anclaje en zonas donde exista el riesgo de sismo.

Incendio: Se recomienda el empleo de material específico para estas situaciones. La colocación de cordones cortafuegos, juntas intumescentes,...es importante para evitar someter al pasador a situaciones de riesgo. Protegidos los pasadores, las zonas de riesgos se situarán en otras zonas de la estructura que no tengan la protección necesaria.

3.9. ERRORES HABITUALES DE CONCEPCIÓN Y DISEÑO.

- No prever zuncho de borde o de dimensiones insuficientes para alojar los pasadores.

- Mal establecimiento de refuerzos de armado en los zunchos de borde y vigas.
- Huecos excesivamente largos a lo largo del perímetro del zuncho de borde de la junta de dilatación.
- Utilización de forjados unidireccionales, los cuales conllevan apoyos puntuales de vigas con grandes cargas. La utilización de forjados reticulares o losas, realiza un reparto mas uniforme de pasadores y de menores diámetros.

4. PUESTA EN OBRA

4.1. INTRODUCCION

A continuación describiremos las distintas formas de colocación de los **Pasadores** en la Estructura; que a la vez de realizarse de manera simple, ésta debe hacerse con precisión y orden cronológico, para poder obtener una perfecta disposición del pasador a la vez que su armadura circundante.

Cómo ya hemos podido observar, el **Pasador** consta de dos partes *Vaina* y *Vástago* que hemos de conectar entre las dos partes de la Estructura.

La puesta en obra debe ser sencilla y fácil, de manera que pueda ser realizada por operarios sin especialización.

No obstante requiere cierta precisión en las operaciones de replanteo, fijación y nivelado de las piezas.

Es una solución simétrica, es decir, que pueden situarse las partes hembra y macho indistintamente a un lado u otro de la estructura.

En el caso habitual de que la estructura se hormigone por fases, la parte hembra debe colocarse en el lado de la junta que se construya primero por razones constructivas.

Si no fuera de esta manera, la fijación del conector macho necesitaría de un taladro en la tabica o encofrado de la junta.

Es normal que se construya primero el lado autoportante de la junta y que la hembra del pasador quede fijada en este lado.

Describiremos la puesta en obra para dos tipos de juntas, según el tipo de carga que se transmite:

1. **Juntas de Dilatación con Cargas Uniformes. LINEAL**
2. **Juntas de Dilatación en Jácenas. PUNTUAL**

4.2. JUNTAS LINEALES

4.2.1. DEFINICIÓN Y MONTAJE

Entendemos por dichas Juntas, las que nos dan un reparto determinado a lo largo de las mismas, en distancias que se determinarán en función de las diferentes cargas que a lo largo de ella se transmitan.

Nuestra base de trabajo será el *Encofrado* de la Estructura, en este caso las *Tabicas* que delimitan los forjados; las que han de estar suficientemente consolidadas para proceder en ellas a la colocación de los **Pasadores**:

4.2.1.1. REPLANTEO

Ha de replantearse la alineación horizontal de los distintos aparatos, que en líneas generales estarán en el *eje del Canto* del forjado (en caso de cantos distintos, en el eje del menor); Posteriormente se procederá a marcar la posición de cada *Vaina*, según los planos de construcción.



4.2.1.2. FIJACIÓN DE LA PIEZA

Fijar a las Tabicas citadas en los puntos determinados las piezas **Vaina** (mediante al menos dos clavos en diagonal) teniendo en cuenta la posición de la cara superior, indicada en la propia pieza.

Este aspecto es muy importante en el caso de **Pasadores** con placa de reparto en una de las caras.



Foto 1: Fijación de pasador en tabica

4.2.1.3. COLOCACIÓN DE ARMADO DE SUSPENSIÓN

Procederemos posteriormente a la disposición de las *Armaduras de Suspensión*, según los detalles constructivos que en cada caso se determine, siendo alojadas dentro de las Jácenas o Zunchos correspondientes. Se ha de procurar que el recubrimiento de estas armaduras, en la cara de la junta sea mínimo.

4.2.1.4. VERIFICACIÓN DE VERTICALIDAD DE LA TABICA

Posterior verificación de la *verticalidad de la Tabica*, para conseguir que los pasadores queden en posición horizontal, procediéndose al hormigonado y vibrado de la zona correspondiente.

4.2.1.5. DESENCOFRADO

Desencofrado de Tabica en fecha correspondiente, apareciendo la identificación del Pasador colocado, en su orificio sellado, en el que procederemos a insertar el *Vástago* correspondiente a la vez que disponemos del elemento *separador de la junta*, que se aconseje en cada caso según las características del edificio.

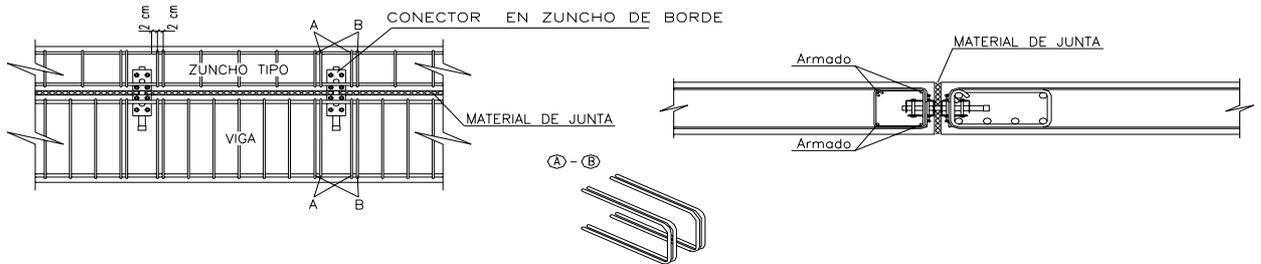


Figura-2 : Colocación y armado de conectores en Losa

4.2.1.6. SEGUNDA FASE

Por último, repetiremos la operación 3 de colocación de las *Armaduras de Suspensión*, y hormigonamos esta segunda parte.



Foto-3: Reparto de conectores con carga uniforme.

4.2.2. VARIANTES

Podremos encontrarlos dentro de esta disposición de Juntas, con alineaciones en planta diagonales ó quebradas con arreglo al movimiento principal del edificio; esto conllevaría a la instalación de **Vainas Rectangulares**, que permiten el desplazamiento en dos direcciones.

4.3. JUNTA EN JACENAS

4.3.1. SECCIONES COHERENTES

Es claro que una Jácena tendrá unas secciones determinadas, en función de su dimensionado y las reacciones que ha de soportar; consecuencia de éstas reacciones en la propia Junta, nos dará como resultado una concentración de **Pasadores**.

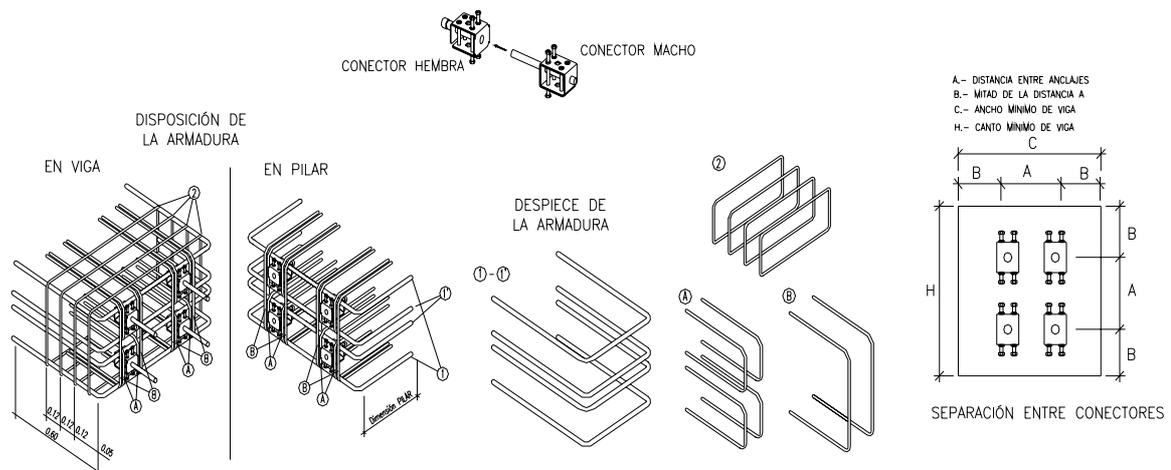


Figura-4: Disposición y armado para conexión múltiple en Jácena

La determinación del *Modelo* y *Unidades* correspondientes estarán estrechamente relacionadas con la sección de dicha Viga, debiéndose de tener en cuenta las distancias mínimas entre ellos; las cuáles vendrán determinadas en los correspondientes Detalles Constructivos.

Es importante que exista simetría de los conectores respecto a un eje vertical de la sección para evitar torsiones en la viga. Soluciones de grupos de 2 o 4 son las habituales

4.3.2. MONTAJE

Según apartado 4.2.1.3, procederemos en el mismo orden que indicamos, en cuanto al **posicionamiento** de los **Pasadores**.

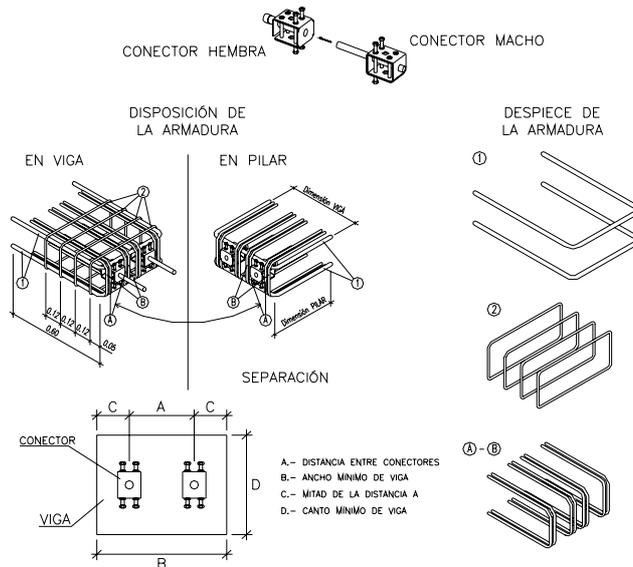


Figura-5: Dos conectores Horizontal en Jácena

En cuánto al punto 3, las armaduras a disponer en este caso, forman jaulas tridimensionales siguiendo un modelo de cuadrículas con bielas a 45°. Conviene sumar estas armaduras a las propias de la viga con el fin de reducir el armado en esta zona.

En cada caso, esto requerirá un estudio de detalle que ha de aportarse al desarrollo del cálculo de la estructura y su montaje.

4.3.3. TOLERANCIAS

Se deben fijar respecto de la puesta en obra:

1. Error de posición en sentido horizontal.
2. Error de posición en sentido vertical.
3. Error de aplomado de la tabica o de la horizontalidad del **Vástago**.

Los valores admisibles son definidos por cada fabricante.

4.4. CONTROLES

4.4.1. CALIDADES DEL MATERIAL Y RECEPCIÓN

Éste deberá venir empaquetado, con su correspondiente identificación en **Vaina** y **Vástago**, al modelo que se ha previsto en el diseño.

Las características del material serán reflejadas en Catálogo, según modelo determinado en cada caso.

Cada Fabricante, certificará el control de sus producciones y materiales, *según normativa Europea*.

4.4.2. CONTROL DE LA EJECUCIÓN

Como documentación base se empleará el Plano de Estructura que disponga de los modelos de Pasadores y su posicionamiento, así como los detalles correspondientes a los Armados para las distintas soluciones.

Se procederá a verificar en Obra:

- *posiciones* de **Pasadores**, así como la
- colocación de las *Armaduras* correspondientes.
- Comprobar la *Verticalidad* de las tabicas ó encofrados antes del hormigonado.
- Controlar la *Apertura de Junta* a la hora del hormigonado, que vendrá definida en la estructura; así como la *protección* de dicha junta según la normativa de *Fuego* que afecte en cada caso.

5. PASADORES EN PANTALLAS

5.1. HISTORIA Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Los muros son elementos constructivos cuya principal misión es de servir de contención, bien de un terreno natural, bien de un relleno artificial o de un elemento a almacenar. En los dos primeros casos el ejemplo típico es el de un muro de sostenimiento de tierras.

En las situaciones anteriores el muro trabaja fundamentalmente a flexión, siendo la compresión vertical, debida a su propio peso generalmente, despreciable.

En ocasiones los muros desempeñan la función de cimiento, al transmitir las presiones o cargas suministradas por los pilares o por los forjados que se apoyan en la coronación del muro. Esta situación es característica de los muros de sótano, muy desarrollada en la edificación actual.

Los pasadores (Figura 5) son componentes estructurales destinados a transmitir esfuerzos cortantes de un lado al otro del apoyo, en este caso, del forjado al muro pantalla.



Figura 5: Diferentes modelos de pasadores: (de izquierda a derecha)CRET (EDING APS), STAIFIX (GEOHIDROL) y TITAN 2ª FASE (PLAKABETON).

Estas barras de unión, son unas barras lisas de acero de alta resistencia (galvanizado o inoxidable) de sección circular con un zuncho de refuerzo, que actúan como un apoyo. Los pasadores no deben confundirse con las barras corrugadas, ya que el mecanismo de funcionamiento es diferente, las fuerzas a las que se van a ver sometidos no son las mismas. Por otra parte, estos mecanismos van a utilizar unos zunchos locales de refuerzo para cada pasador evitando así el posible punzonamiento en un elemento finito de hormigón (losa o forjado) y consiguiendo a su vez un reparto uniforme de tensiones a lo largo del zuncho de borde.

5.2. CAMPO DE APLICACIÓN

La utilización de este sistema está orientada a la unión perimetral de forjados a muros pantalla o pilotes.

Los principales sistemas empleados actualmente en construcción son:

- Barras corrugadas;
- rozas en muro pantalla y michinales para cargas puntuales
- muro forro; (hormigón o ladrillo)
- anclajes mecánicos con perfiles metálica;

- ménsulas continuas o individuales.

5.2.1. SUSTITUCIÓN DE SISTEMAS TRADICIONALES COMO:

5.2.1.1. BARRAS CORRUGADAS

El método de las barras corrugadas es el más utilizado tradicionalmente. Este consiste en el empleo de dichas barras, que se clasifican por el tipo de acero de que estén realizadas. Se normalizan y se certifican los siguientes tipos de aceros, que se pueden distinguir por la disposición de las corrugas (Figura 6):

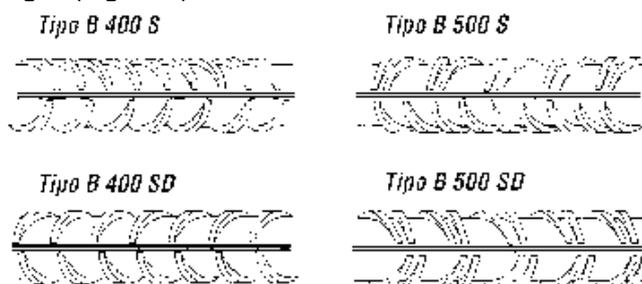


Figura 6: Diferentes clases de barras corrugadas según el acero

Las resistencias alcanzadas por dichas barras van a estar limitadas a valores inferiores a los obtenidos por los pasadores, constituidos por aceros de alta resistencia. Otro inconveniente que se plantea a esta solución constructiva es el problema de la corrosión, ya estas no tienen ningún tipo de protección contra este importante y habitual problema. En comparación con estas, método más empleado tradicionalmente, se reducen la profundidad de los taladros y el número de anclajes. Destacar también que el consumo de resina es más elevado al tener que cubrir mayores volúmenes, el taladro realizado es mayor ($1,5 \times \Phi_{\text{de la barra}}$) para un mismo diámetro de barra, debido a la corruga.

Este método varía el procedimiento de cálculo de forjados. En este caso el sistema de unión es por empotramiento, no como en el caso de los pasadores, donde se produce un apoyo. Esto implica un aumento en la cantidad de acero necesario para las losas.

5.2.1.2. ROZAS Y MECHINALES PARA CARGAS PUNTALES

Este procedimiento consiste en realizar un picado en el muro pantalla, hasta descubrir la armadura, que normalmente se encuentra a una profundidad aproximada de 5 a 7cm según EHE. Una vez realizada dicho picado se procede a la realización del forjado. Este procedimiento, asegura un alto grado de seguridad, pero implica un alto coste así como gran mano de obra.

5.2.1.3. MURO FORRO

Consiste en levantar un muro paralelo al muro de contención,. Estos muros pueden ser de hormigón o de ladrillo (con la mano de obra que esto implica). Su principal misión es la de servir de apoyo al forjado. Este método confiere una gran resistencia a la unión pero implica gran mano de obra, tiempo de ejecución, encofrado y consumo de hormigón.

5.2.1.4. ANCLAJES Y PERFILES

Otros métodos muy empleados, son los que podemos observar a continuación (Figura 7):

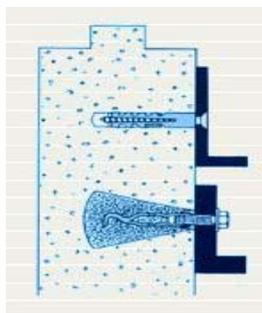


Figura 7: Perfiles y Placas Metálicas

Estos consisten en el empleo de perfiles metálicos para conseguir un apoyo y reparto de cargas o el empleo de placas metálicas que quedarán fijadas mediante anclajes mecánicos. Estos métodos ofrecen un grado de resistencia inferior al de los pasadores, además de un aumento en la mano de obra necesaria. Otros inconvenientes que se presentan en la ejecución de este método, es el peso de la perfilería y la necesidad de una gran precisión en la colocación de los anclajes metálicos.

5.2.1.5. MÉNSULAS CONTINUAS O INDIVIDUALES

Este procedimiento consiste en establecer el apoyo de los forjados mediante el empleo de ménsulas de apoyo, lo que implica utilizar armaduras que van a ser “*pinchadas*” en el muro. Este proceso además del empotramiento lleva consigo el empleo de gran cantidad de neopreno, con el coste adicional que este supone.

5.3. DIMENSIONAMIENTO

Los pasadores se dimensionan según las prescripciones establecidas a partir de numerosos ensayos en laboratorio.

5.3.1. PARÁMETROS DE DIMENSIONAMIENTO

Los datos necesarios para obtener las cargas admisibles por pasador va a depender de los siguientes parámetros:

- Resistencia del acero;
- diámetro del pasador;
- canto del forjado;
- existencia de distancia de separación entre pantalla y losas;
- existencia de dilatación o no debida a la retracción;
- resistencia del hormigón;
- empujes de pantalla.

Se considerará además, en el dimensionamiento de los pasadores en apoyo de forjados en muro pantalla, una capa inerte a efectos de cálculo, estableciendo un margen de error amplio lejos de los resultados obtenidos en los ensayos. La hipótesis de carga considerada habitualmente, es la de soportar el cortante debido al peso y sobrecarga de la losa sin necesidad de deslizamiento, pero existe la posibilidad de:

- Tener que soportar cargas rasantes en los pasadores debido a empujes de las pantallas;

- dejar libertad de movimiento entre pantalla y forjado, debido a retracciones del hormigón en las losas.

5.3.2. TIPOS DE CARGAS

Dentro del dimensionamiento de pasadores, se hará una distinción entre cargas puntuales y cargas lineales, siendo esta consecuencia directa de la definición en estructura de forjados unidireccionales y bidireccionales o losas (Tabla 2).

	FORJADO RETICULAR	FORJADO UNIDIRECCIONAL
MURO	Carga Lineal	Carga lineal Carga Puntual
PILOTES	Carga por pilote	Carga por pilote Carga puntual

Tabla 2: Distribución de cargas según el tipo de forjado.

5.3.2.1. CARGAS LINEALES

En los casos de cargas continuas, el reparto de pasadores se realizará de acuerdo con el criterio anteriormente expuesto, de establecer una distribución lineal a lo largo del apoyo. Será importante tener especial cuidado con zunchos de borde en huecos, escaleras o juntas de dilatación. La distancia mínima y máxima entre pasadores, implicará que se refuercen los zunchos de borde mediante estribos o una mayor sección de barras longitudinales.

5.3.2.2. CARGAS PUNTUALES

Para las cargas puntuales, se optará por una mayor concentración de pasadores, generalmente de mayores diámetros, para combatir esos cortantes. Estos se colocarán de acuerdo con los criterios establecidos para cada uno de los diferentes pasadores en análisis, es en este caso cuando habrá que tener en cuenta barras de refuerzo, en cabezas de viga, para garantizar la entrega de carga a la pantalla.

5.3.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS PASADORES A LO LARGO DEL APOYO

Una vez realizado el cálculo de cargas, se establecerán el número de pasadores necesarios y la distancia de separación entre ellos para absorber las cargas obtenidas (Foto 4).

En el reparto de pasadores, siempre se optará por la linealidad en la distribución de los anclajes, que la concentración en las zonas de mayores cortantes. Estableciéndose así un reparto de cortantes uniforme. Teniendo en cuenta criterios de *trabajabilidad* para llevar a obra la solución más fácil y sencilla.



Foto 4: Colocación de Pasadores en pantalla de pilotes

5.3.4. CRITERIOS DE DISEÑO

5.3.4.1. DURABILIDAD

Por las condiciones de fabricación de los distintos pasadores la durabilidad va a venir definida por las características del material empleado y el control interno de fabricación, refiriéndose particularmente al acero del pasador y de las soldaduras de los refuerzos y no necesitan ningún mantenimiento específico. Este concepto es aplicable a las resinas utilizadas para los distintos anclajes.

5.3.4.2. SEGURIDAD AL FUEGO

Es importante conocer el comportamiento, en situaciones de incendio donde va a estar sometido a elevadas temperaturas temporalmente. Por ello se recomienda el empleo de material específico para estas situaciones. La colocación de cordones cortafuegos, juntas intumescentes,...es importante para evitar someter al pasador a situaciones de riesgo. Será importante también conocer el comportamiento de otros elementos utilizados en el anclaje, como la resina.

5.3.4.3. CORROSIÓN

El acero inoxidable se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión. Es una mezcla de metales (aleación), formada por hierro principalmente y como mínimo un 10,5% en peso de cromo. Contiene cantidades menores variables de níquel y molibdeno, titanio, cobre y nitrógeno, agregadas para mejorar la resistencia a la corrosión, maleabilidad y ductibilidad.

Los tipos de corrosión a los que se puede ver afectado el acero son:

- Corrosión en superficie: Ataque atmosférico, bajo el efecto combinado de la humedad y del oxígeno del aire.
- Corrosión bajo tensión: Aparece en los aceros inoxidables austeníticos bajo tensión en presencia de cloruros, incluso con poca carga.
- Corrosión ínter granular: Localizada en las juntas de los granos.

- Corrosión por picadura: Sobre todo característica de metales formando capas de pasividad, es decir, capas de óxidos muy delgadas que se oponen a la acción de la corrosión.

5.3.4.4. ESTANQUEIDAD

Debido a la forma de ejecución de las pantallas estas van a estar expuestas a humedades, e incluso a filtraciones de agua, por tanto, es importante prever elementos de estanqueidad para proteger los pasadores de dichas humedades. Una solución sencilla y económica consiste en frenar el paso de agua en la zona de contacto entre pantalla y losa, mediante juntas hidroexpansivas, constituidas por una base de bentonita o resinas hidrófilas (Figura 8), o juntas tipo vredestein (Figura 9):

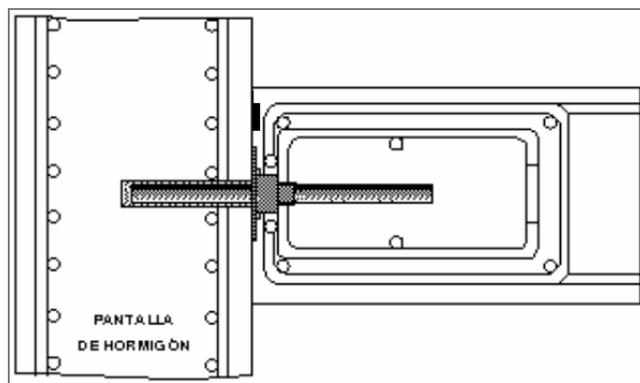


Figura 8: Detalle de elementos de estanqueidad, bentonita.



Figura 9: Colocación de junta para estanqueidad.

Un factor a tener en cuenta, en la colocación de pasadores en pilotes, es el empleo de armaduras adicionales, en los casos donde por la falta de exactitud de los mismos puedan quedar separados del zuncho de borde. Estas armaduras tendrán la misión de acercar la armadura del zuncho de borde al pasador.....

5.3.4.5. ZUNCHO DE REFUERZO

Los pasadores llevarán zunchos de refuerzo, bien integrados, o bien realizados in situ, que serán colocados junto con el pasador. Estos zunchos, aseguran una armadura necesaria, ya que la ausencia de estos disminuiría la capacidad resistente del hormigón. Esto es debido a que una correcta ubicación de los estribos supone la entrada en carga del acero solidariamente al hormigón, evitando el colapso de la estructura debida al punzonamiento (Figura 10).

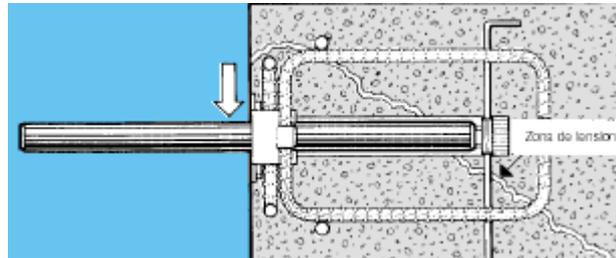


Figura 10: Esquema de rotura

5.4. ERRORES HABITUALES DE DISEÑO

- No prever zuncho de borde o de dimensiones insuficientes para alojar los pasadores.
- Mal establecimiento de refuerzos de armado en los zunchos de borde y vigas.
- Huecos de ventilación excesivamente largos a lo largo del perímetro del zuncho de borde del forjado.
- Utilización de forjados unidireccionales, los cuales conllevan apoyos puntuales de vigas con grandes cargas. La utilización de forjados unidireccionales o losas, realiza un reparto mas uniforme de pasadores y de menores diámetros.

5.5. PUESTA EN OBRA

El mecanismo de colocación es similar y sencillo para los diferentes modelos de pasador.

Se procede a una perforación en el muro pantalla, de diámetro y profundidad de acuerdo con el pasador establecido. Después dicho taladro será limpiado con un insuflador de aire (en caso de estar seco) o escobillas, para eliminar impurezas (en caso de estar húmedo). A continuación se procede al relleno de resina del mismo (Figura 11). Una vez relleno de resina, se inserta el pasador en la pantalla (Figura 11) asegurándose de que queda completamente envuelto en resina.

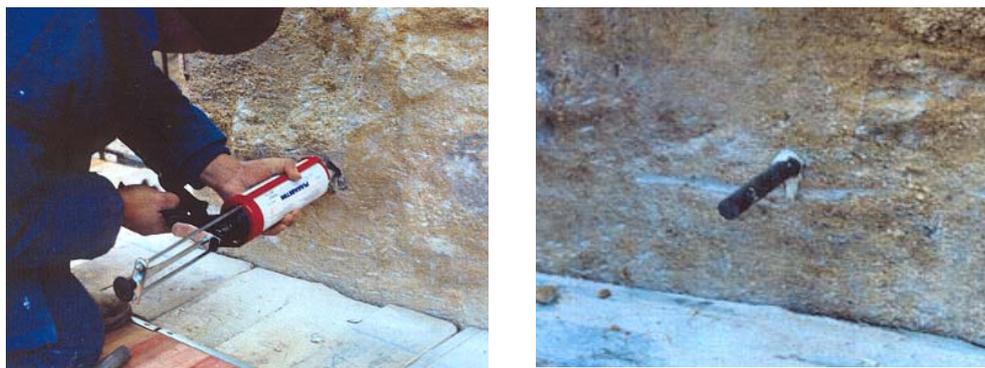


Figura 11: Relleno de Resina y Colocación del Pasador

Una vez fijo se colocará el zuncho de refuerzo (Figura 12).



Figura 12: Colocación del Zuncho de Refuerzo y Zuncho de Borde

Después se procede a hormigonar la parte correspondiente al forjado, quedando dentro del mismo el pasador con el zuncho.

5.6. PROBLEMAS DE APLICACIÓN

Es un sistema sencillo de realizar en obra, pero habrá que tener especial cuidado con:

- Dejar completamente limpios los taladros de impurezas, ya que afectarán a la adherencia de la resina. En caso de que el taladro se limpie con agua, habrá que asegurarse de que la resina fragua sin problemas, ya que no todas las resinas fraguan bien en presencia de agua.
- La realización del taladro, implica la posibilidad de encontrar acero. Si esto ocurre, habrá que volver a realizar un taladro cercano, siempre en la misma cota. Es importante destacar, que si se realizan los taladros en la misma vertical, tenemos el peligro de que al entrar en carga el pasador rompa más fácilmente el hormigón.
- El acero del pasador debe de estar perfectamente rodeado de resina. Para asegurarlo, este se introducirá en el taladro con movimiento giratorio.

5.7. OPINIÓN DE LAS EMPRESAS DE CONTROL

- Se considera sistema **no tradicional**, las aseguradoras incrementan la póliza, y el constructor prefiere utilizar sistemas tradicionales.
- Todos los sistemas en cuestión tienen *Documento de Ideonidad Técnica*, para el caso de junta de dilatación, pero no para la aplicación a las pantallas. Se puede considerar que es una extrapolación. Mientras no exista un *Documento de Ideonidad Técnica* particular a esta aplicación, se pedirán ensayos que demuestren el comportamiento.
- Se aconseja mano de obra que conozca perfectamente como se instala.
- En breve, la resina deberán llevar el marcado CE.
- Habrá una mayor exigencia debido a la incorporación de personal técnico en las aseguradoras.

5.8. ENSAYOS

Numerosos ensayos han sido realizados para comprobar la resistencia de los pasadores y el comportamiento del hormigón sometido a cargas elevadas.

Las principales variables sometidas a estudio han sido:



- El diámetro del pasador;
- la calidad del hormigón;
- la excentricidad de aplicación de las cargas.

Los pasadores han sido anclados a probetas de hormigón, para ser sometidas a cargas mediante un gato hidráulico. Este estará situado a una distancia que variará entre 25 y 50mm, distancia ficticia, ya que en obra es inexistente. Una vez sometido a diferentes cargas el resultado obtenido para el hormigón ha sido siempre el mismo, aunque se haya variado el diámetro del pasador. Aparece una cuña de aplastamiento que da lugar a una esquirla por debajo del pasador y que no alcanza una profundidad mayor de 15mm, (este comportamiento se repetirá independientemente del hormigón empleado). Por lo que nos encontramos dentro de la distancia de seguridad establecida para el dimensionamiento, de la que hemos hablado anteriormente.

En los pasadores puede observarse una deformación que aumentará a medida que disminuya el diámetro del pasador utilizado (Figura 13).



Figura 13: Deformación en pasador de $\Phi=20\text{mm}$ (izquierda) y $\Phi=40\text{mm}$ (derecha)

Al final del documento se puede encontrar el ensayo completo ([Anexo 1](#)).

6. APLICACIÓN PRÁCTICA EN JUNTAS: CONECTORES EN EL PROYECTO Y OBRA DEL NUEVO AEROPUERTO DE MADRID- BARAJAS



1.6.1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los principales aspectos del diseño estructural y, en particular aquellos relativos a la utilización de conectores, llevados a cabo por FHECOR ■ Ingenieros Consultores en el ámbito de las obras de la Nueva Área Terminal del Aeropuerto de Madrid – Barajas.

El proyecto arquitectónico fue adjudicado en un concurso internacional al equipo formado por Richard Rogers y Lamela. Se trata de una obra de proporciones considerables, como se desprende del hecho de que se trata de la mayor obra actualmente en construcción en Europa. Para su construcción, la obra se dividió en tres partes: el Edificio Terminal, adjudicado a una UTE formada por FCC, Ferrovial-Agromán, ACS, Necso y Sacyr (UTE Barajas), el Edificio Satélite adjudicado a una UTE formada por Dragados y OHL y el aparcamiento, estructuras de conexión con el Edificio Terminal, y estructuras de acceso, adjudicado a Dragados. La propiedad de la obra corresponde a AENA, siendo el director del proyecto Jesús Mendiluce.

FHECOR ■ Ingenieros Consultores ha participado en esta obra en distintos niveles y momentos según se recoge a continuación:

- ☐ Asesor de AENA para el control del proyecto básico en temas estructurales.
- ☐ Proyecto de construcción de la estructura del Edificio Terminal para la UTE Barajas, en todo lo relativo a las estructuras de hormigón.
- ☐ Proyecto de construcción de la estructura del aparcamiento, de las estructuras de conexión con el Edificio Terminal y las estructuras de acceso al aeropuerto para Dragados.
- ☐ Proyecto de construcción de la estructura del Edificio Satélite para la UTE Dragados-OHL, en todo lo relativo a hormigón.
- En todos los casos FHECOR también está llevando a cabo una asistencia técnica referida a temas estructurales para las distintas constructoras.

2.6.2. EDIFICIO TERMINAL Y SATELITE

El Edificio Terminal del NAT Barajas ocupa en planta una superficie aproximada de 125000 m² y se distribuye en una zona central de 360x216 m y dos diques laterales de 396 x 54 m cada uno.

A su vez consta de 5 niveles sobre el nivel de cimentación: nivel -2 a la cota -14.00, nivel -1 a la cota -8.50 , nivel 0 cota de rasante, nivel +1 a la cota +5.675 y nivel +2 a la cota +10.575.



Fotografía 1. Vista general de la obra de la Terminal, en un estado reciente.

Edificio Satélite del NAT Barajas ocupa en planta una superficie aproximada de 70.000 m² y, de forma similar al Edificio Terminal consta de una zona central de 144 x 180 m y dos diques de 396x54 m cada uno.

También consta de 5 niveles sobre cimentación: niveles -2, -1, 0, +1 y +2 con cotas relativas a rasante similares a las del Edificio Terminal.



Fotografía 2. Vista general de la obra del Satélite, en un estado reciente.

La solución estructural planteada es formalmente igual a la definida en el proyecto de arquitectura:

- ☒ Malla de pilares de 9.00x18.00 metros formando un entramado de pórticos cuyos vanos, de 18.00 m de luz, se resuelven con vigas de hormigón pretensado.
- ☒ Las vigas pretensadas tienen unas dimensiones de 1.80 m de ancho y 0.90 m de canto en las plantas bajo rasante y de 0.80 m en las plantas +1 y +2.
- ☒ Los forjados que apoyan sobre las vigas de hormigón pretensado están constituidos por placas prefabricadas. En general son placas alveolares pretensadas de 20 cm de espesor con capa de compresión de 10 cm y luces de 7.20m.
- ☒ La estructura general del edificio está modulada por las juntas de dilatación cada 72 metros tanto en la dirección paralela, como en la perpendicular a los pórticos.

- Los pilares son circulares de hormigón armado en todas las alineaciones, excepto los dispuestos en las alineaciones centrales de cada módulo de 72x72 metros que están formados por un par de pilares rectangulares unidos por un dintel transversal a nivel de cada planta. Este pórtico formado por los pilares dobles proporciona rigidez en el plano perpendicular a los pórticos.

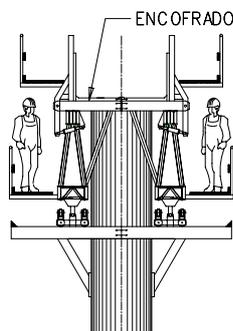
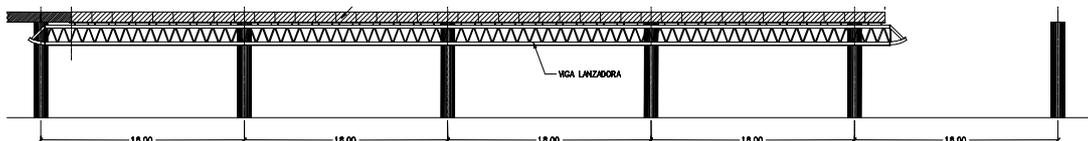
A la hora de resolver estas estructuras uno de los condicionantes básicos era simplificar y agilizar la ejecución de la solución de viga pretensada planteada en el proyecto básico. Teniendo en cuenta la gran cantidad de metros lineales de viga y metros cuadrados de forjado a ejecutar, la idea básica que debía regir el proceso de ejecución era la de industrializar al máximo todas las etapas desligando unas de otras para eliminar los puntos de parada que condicionan los plazos de ejecución.

En este sentido, parecía razonable tratar de dividir claramente la ejecución de pilares y vigas de la ejecución del forjado ya que de esta manera, teniendo ejecutados los pórticos antes de colocar las placas de forjado, se elimina la necesidad de disponer de grandes superficies cimbradas desde el instante de colocación de los encofrados hasta el momento del tesado de los tendones de pretensado.

Por otro lado, dentro del procedimiento de ejecución de las vigas, si se tiene en cuenta que el peso propio de las mismas supone aproximadamente el 20% de la carga total que han de recibir, se pensó en separar las etapas de encofrado, ferrallado y hormigonado, de la etapa de tesado. Es decir, se planteó la ejecución de las vigas de hormigón armado para la acción de peso propio y, posteriormente, aplicar el pretensado para poder recibir el resto de cargas: peso del forjado, cargas muertas y sobrecargas.

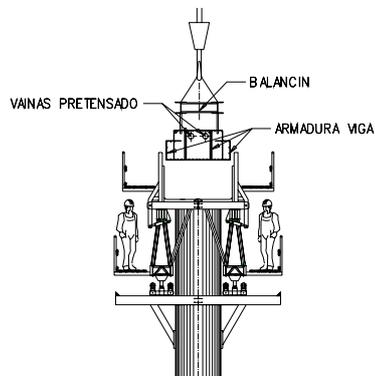
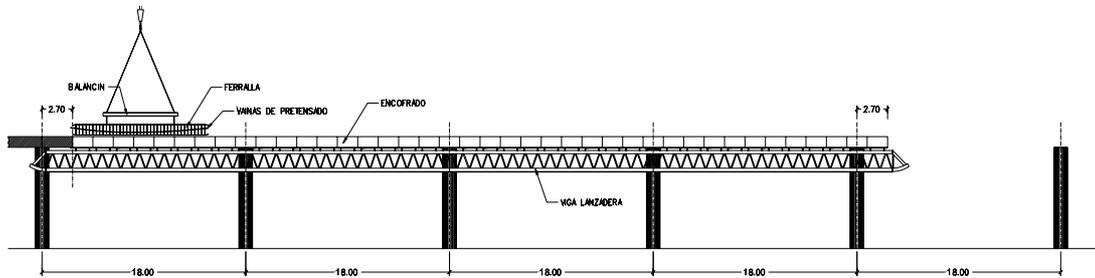
De esta forma, para optimizar la ejecución de las vigas de hormigón se pensó en las siguientes actuaciones y etapas:

- Disponer un encofrado autoportante con viga lanzadora para aprovechar que los pórticos se encuentran perfectamente alineados en grandes longitudes.

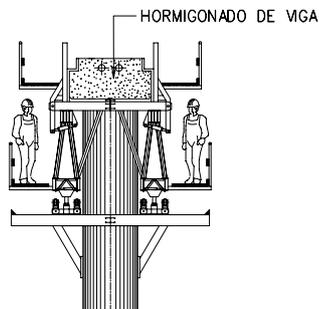
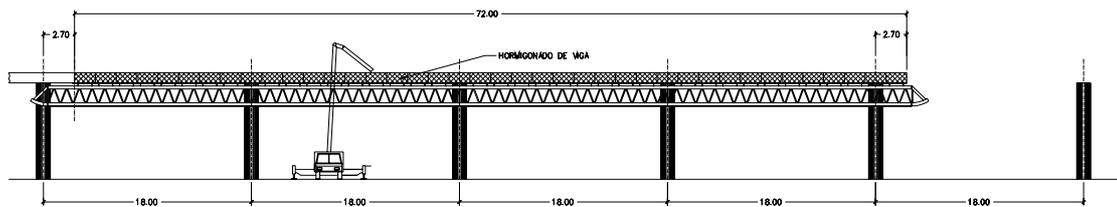


- Prefabricar la ferralla mediante el premontaje de tramos en taller; dejando para la obra la colocación y empalme de estos tramos dentro del encofrado. Aprovechando la prefabricación

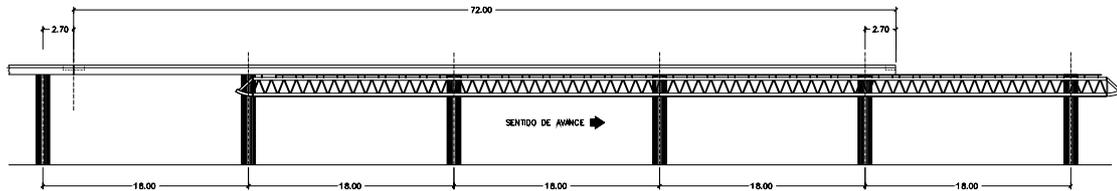
de la armadura pasiva, las vainas del pretensado quedan replanteadas y colocadas dentro de cada uno de los módulos prefabricados de armadura.



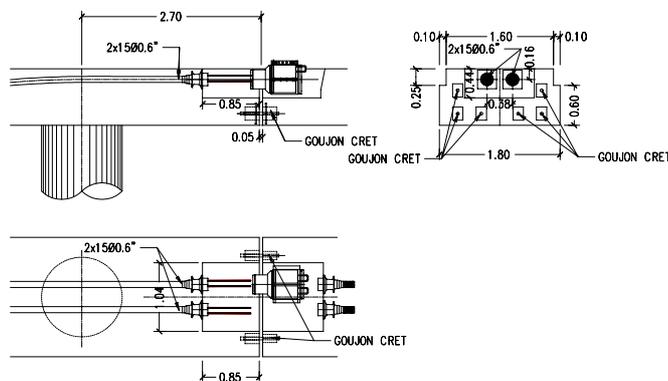
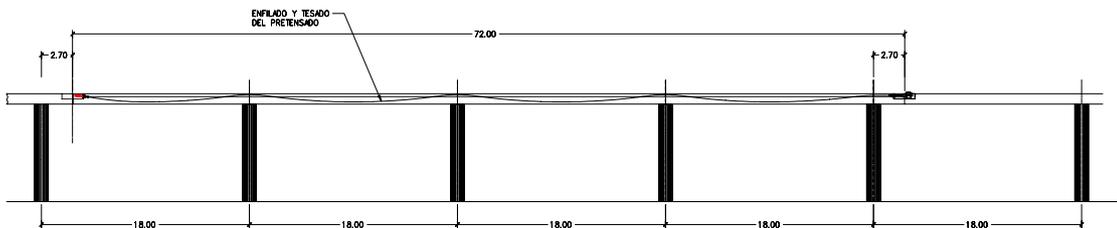
- ☐ Hormigonar las vigas hasta el máximo canto que permita situar posteriormente la armadura del forjado y hormigonar la capa de compresión.



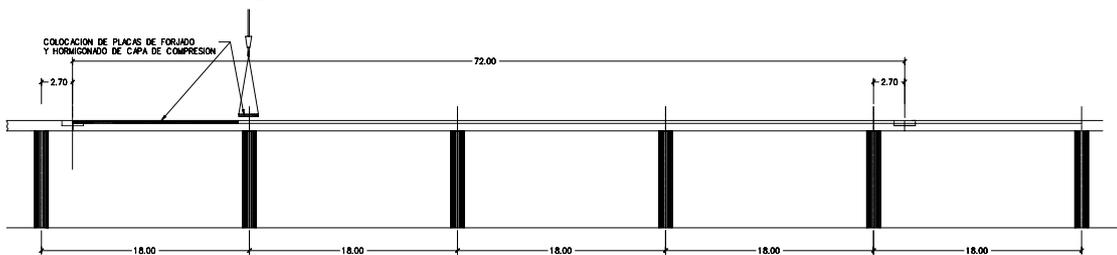
- Desencofrar la viga de hormigón armado a la edad más temprana posible y compatible con una resistencia mínima del hormigón.

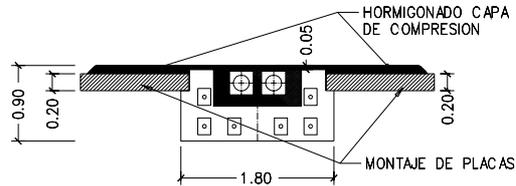


- Minimizar el número de operaciones de enfilado, tesado e inyección reduciendo al máximo el número de tendones y de anclajes de pretensado. Para ello se dispusieron 2 tendones por viga de 15x0.6" cada uno. Los anclajes activos se situaron en las secciones extremas donde hay una junta de dilatación.

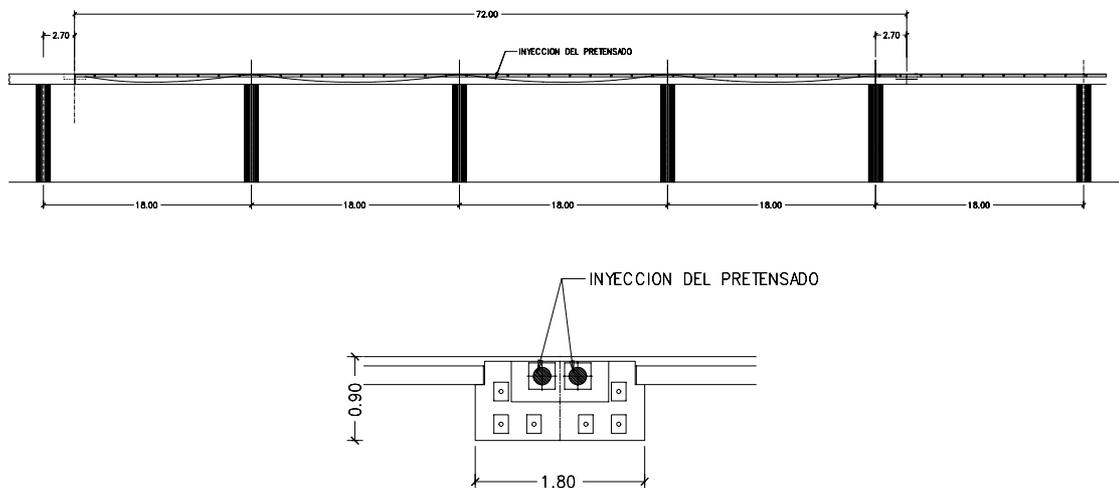


- Ejecutar el forjado colocando las placas alveolares apoyando directamente sobre las vigas de los pórticos y hormigonar la capa de compresión tras la colocación del mallazo.





- ☐ Inyectar las vainas de pretensado que previamente han sido selladas al hormigonar los cajeados de los anclajes con el hormigón de la capa de compresión del forjado.

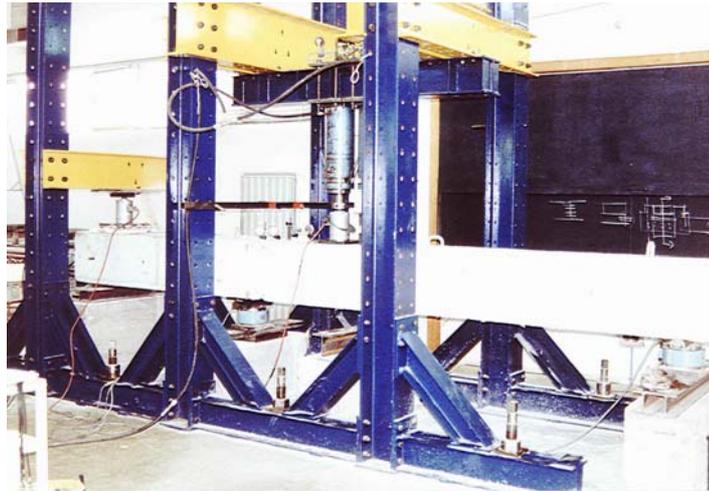


La solución estructural descrita ha supuesto un estudio muy pormenorizado de las juntas y especialmente de los conectores utilizados.

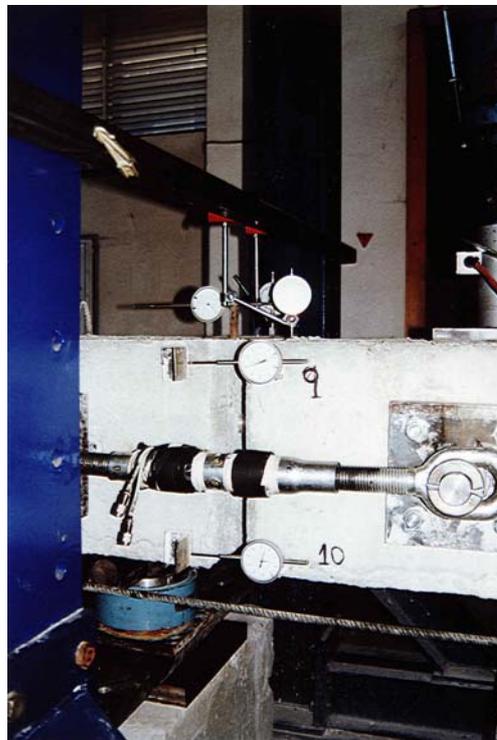
Los extremos de vigas pretensadas en junta de dilatación presentan una problemática especial pues en ellos hubo que compatibilizar el sistema de conexión mediante conectores deslizantes y los anclajes de pretensado. El estudio de detalle de dichos extremos comprendió los siguientes aspectos:

- ☐ Dimensiones de los cajeados para alojamiento de los gatos de pretensado.
- ☐ Trazado de los cables en los extremos de viga.
- ☐ Dimensiones mínimas para disposición del número y tipo de conectores necesarios.
- Disposición de la armadura pasiva en el extremo de viga: armadura en zona de anclajes de pretensado, armadura de los conectores y armadura de la viga propiamente dicha.

Por otro lado, el hecho de que la distancia entre juntas sea de 72 m supone unas deformaciones impuestas por acciones térmicas y reológicas que generan unas apertura de junta superiores a los valores máximos dados por los fabricantes de conectores. Esto supuso la necesidad de realizar unos ensayos específicos del sistema de conexión en vigas para analizar el comportamiento tanto en rotura, como en servicio. Estos ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Estructuras de la E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.



Fotografía 3. Ensayo de conectores sin movimiento de junta.



Fotografía 4. Ensayo de conectores con movimiento de junta.

3.6.3. APARCAMIENTO



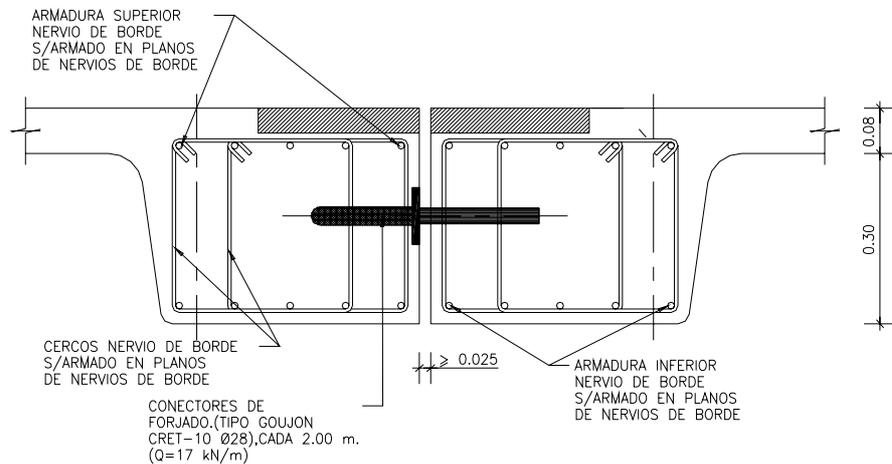
Fotografía 5. Vista general del aparcamiento, en un estado reciente.

El aparcamiento es una estructura de grandes dimensiones puesto que tiene 656.4 metros de longitud por 80 metros de ancho. El edificio está dividido en 6 módulos mediante juntas transversales con módulos de hasta 112 metros de longitud. La distribución de pilares da lugar a luces típicas de 8.00 metros.

Se trata por lo tanto de unos módulos amplios sin juntas intermedias, para cuyo análisis se tuvieron en cuenta las deformaciones impuestas debidas a la temperatura y a la retracción.

Este tipo de estructuras es muy interesante pero no está directamente tratada en la Normativa vigente lo que dificulta su proyecto. El análisis de los esfuerzos debidos a las deformaciones impuestas de temperatura y retracción, tal como se ha realizado en el proyecto esta del lado de la seguridad y un análisis más realista puede conducir a unos resultados más realistas y económicos [1]. ~~En el apartado 4, de este artículo, se describe brevemente un programa de monitorización del comportamiento de ciertos elementos estructurales en lo que sus dimensiones, según la normativa actual, hay que tomar medidas especiales de proyecto.~~

Con objeto de evitar el desdoblamiento de pilares que supone, en general, la disposición de juntas, se planteó disponer la junta en el centro de una de las luces de 8.00 metros de tal forma que la estructura tuviera capacidad para trabajar con voladizos de 4.00 metros. Por otra parte, con objeto de evitar que se pudieran producir discontinuidades por deformación diferencial de un voladizo respecto de otro, se dispusieron pasadores ~~tipo Goujon~~. A continuación se recoge un detalle de este elemento.



DETALLE GENERAL JUNTA DE DILATACION EN FORJADO.(30+8)

La tipología de los forjados corresponde a un forjado reticular con 38 cm de canto total (30+8). Este forjado tiene una particularidad derivada de la arquitectura y que consiste en la disposición de un berenjeno coincidente con la cara inferior de los nervios. Aunque este detalle supone una dificultad constructiva y de disposición de armadura, también distingue a la estructura del aparcamiento de otros forjados reticulares y mejora su aspecto formal, particularmente debido a la ejecución muy cuidada del forjado, como puede verse en la foto siguiente.



Fotografías 6 y 7. Vista interior de la estructura del aparcamiento

6.4. CONSIDERACIONES FINALES

El uso de conectadores en juntas de dilatación de estructuras integrales es inevitable.

Las conexiones pueden tener que resistir cargas y desplazamiento extraordinarios, fuera del ámbito de uso normal de este tipo de elementos, que pueden requerir estudios experimentales específicos.

En cuanto al armado de las zonas de juntas debe hacerse un estudio pormenorizado evitar una densidad de armadura superabundante mas justificada en el miedo que en el entendimiento del comportamiento estructural del elemento. El uso de diámetros grandes puede obligar a radios de doblado grandes y conducir a un comportamiento inadecuado del detalle.

7. ANEJO 1: ENSAYOS

7.1. INTRODUCCIÓN

Los días 11 y 12 de Septiembre del año 2002, el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad de Louvain, procedió a la determinación de la resistencia al cizallamiento de los pasadores situados sobre hormigón no armado.

7.2. PRINCIPIO DE ENSAYO

El pasador se ancla horizontalmente en un agujero perforado en un bloque de hormigón no armado. Un esfuerzo vertical es aplicado a través de una pieza intermedia en la parte exterior del pasador hasta la ruptura. Periódicamente, el deslizamiento (deformación) del pasador es medido.

7.2.1. PARÁMETROS DEL ENSAYO

Los ensayos han sido realizados en función de la variación de tres parámetros:

Diámetro del pasador ($\Phi=20$ a 40 mm)

Distancia del punto de aplicación del esfuerzo ($a = 25$ a 50 mm)

Calidad del hormigón: (<25 MPa y 35...40 MPa)

7.2.2. DISPOSITIVO DE ENSAYO

Dos bloques de hormigón de calidad diferente sobre los que se realizarán los ensayos de laboratorio, siendo cada uno de ellos un cubo de 1m de arista.

El diámetro de la perforación para el pasador es de:

22mm para el pasador de $\Phi=20$

45 a 55mm para el pasador de $\Phi=40$

Después de realizar el taladro, el pasador es fijado por medio de resina Ankrochim EPO 9030,. Después del endurecimiento de la resina, el ensayo es realizado

La carga es aplicada al pasador mediante un gato hidráulico, a través de una pieza metálica adaptada.

Al final del informe encontrará un esquema y un anexo donde hay fotos que ilustran el dispositivo de ensayo.

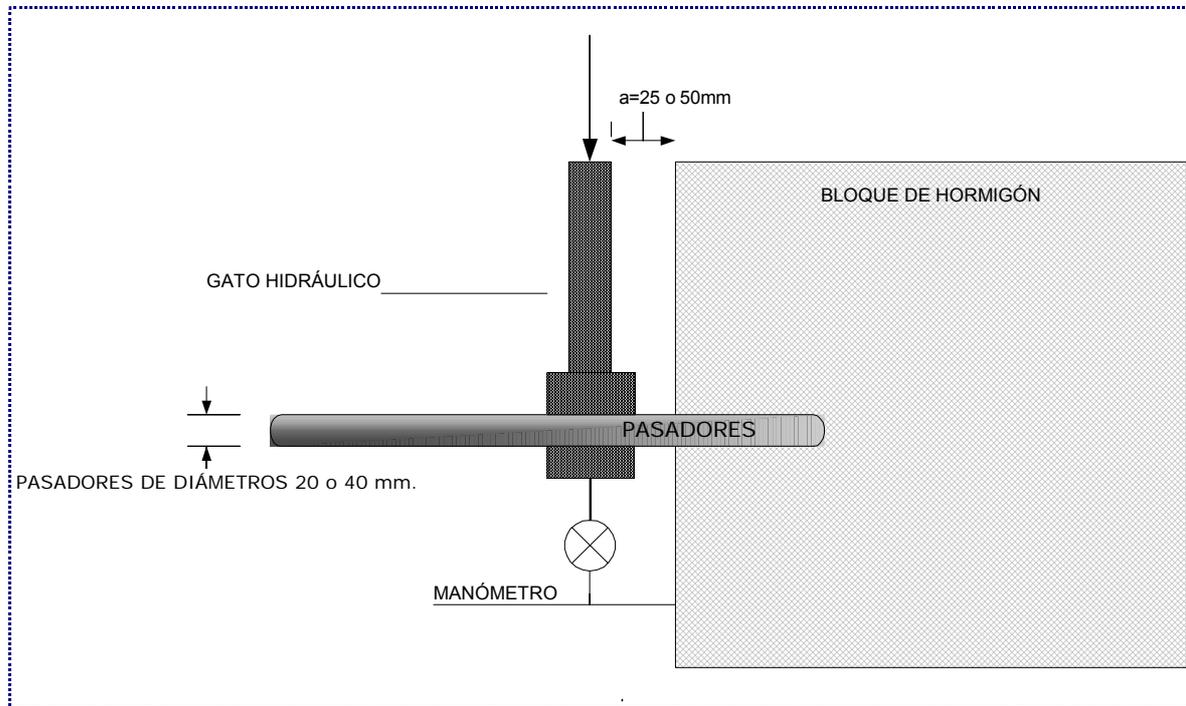
En el avance del ensayo, el gato es colocado en sentido contrario a la carga aplicada, y la presión es medida a partir de la presión hidráulica por medio de un manómetro.

Para los ensayos sobre pasadores de 20mm, la carga máxima es retenida.

Para los ensayos sobre pasadores de 40mm de diámetro, la deformación vertical en medida en función de la carga aplicada. El punto de medida esta situado en la mitad de la longitud de la pieza de adaptación, que corresponde respectivamente a :

75mm del bloque de hormigón para $a = 25$ mm

100mm del bloque de hormigón para $a = 50$ mm



7.3. RESULTADOS

7.3.1. HORMIGÓN

La calidad del hormigón determinada en verano a modo de ensayos de compresión sobre probetas cilíndricas (diámetro 150mm y altura de 300mm), conserva las mismas condiciones que el bloque correspondiente. La tabla muestra los resultados:

HORMIGÓN	PROBETA	DIÁMETRO (mm)	ALTURA	CARGA DE RUPTURA (kN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)
<25 MPa	1	149.4	300.6	403.0	23.0
	2	149.8	299.1	414.6	23.5
	3	149.7	301.4	406.9	23.1
	MEDIA				23.2
35 A 40 MPa	1	150.2	300.5	672.0	37.9
	2	150.2	298.1	693.3	39.1
	3	150.1	297.4	752.0	42.5
	MEDIA				39.8

7.3.2. PASADORES DE DIÁMETRO 20mm

La tabla muestra las cargas máximas alcanzadas en los ensayos realizados para estos pasadores:

HORMIGÓN	a (mm)	Carga Máxima (kN)
23 Mpa	25	77
	50	60
40 MPa	25	86
	50	67

El aspecto del pasador sometido a la carga máxima es similar en el resultado de los cuatro ensayos.

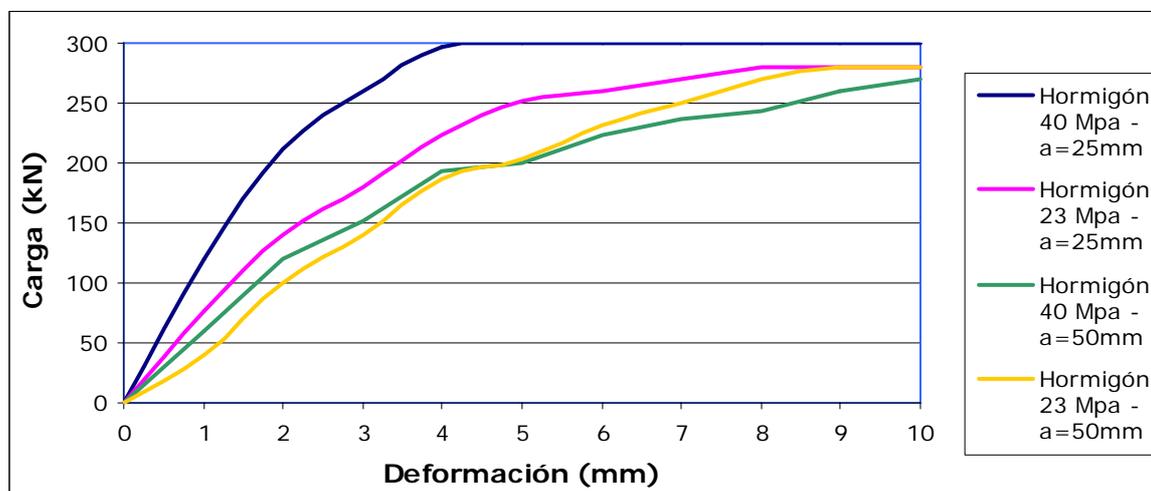
Observamos la caída de un trozo de hormigón de 7cm (a =50mm) hasta 10cm (a =25mm) de largo, donde la profundidad máxima es de 15mm, situado bajo los pasadores.

El pasador esta fuertemente deformado. El hormigón por debajo del pasador aparece deteriorado.

7.3.3. PASADORES DE DIÁMETRO 40mm

Posteriormente se explica, la deformación del pasador durante la puesta en carga medida en verano.

Sobre el diagrama encontramos los resultados conjuntos de los cuatro ensayos realizados.



En el primer ensayo, la pieza intermedia empleada en el dispositivo del ensayo es fisurada (ver foto en el anexo). Observamos en este momento la caída de una escama de hormigón. Después de la reparación, los otros tres ensayos fueron llevados hasta una carga de 260kN (rotura no alcanzada).

En el momento de los ensayos, la carga correspondiente a la aparición de la primera grieta ha sido anotada. Encontraremos en el cuadro más abajo el resultado de los ensayos.

HORMIGÓN	a (mm)	Carga Correspondiente a la primera fisura (kN)	Carga de Ruptura (kN)
23 Mpa	25	±215	<305
	50	±130	<260
40 Mpa	25	±130	<260
	50	±120	<260

En todos los ensayos, observamos una deformación ligera del pasador y la caída de una cuña de hormigón de 10...15 cm de longitud, donde la profundidad máxima es del orden de 1 a 1.5cm, situada bajo el pasador. No notamos ninguna deformación por encima del pasador.

7.4. FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS



Dispositivo de ensayo



Pasador de 20mm, a = 50mm, hormigón 35-40 MPa, fin de ensayo



Pasador de 20mm, a = 25mm, hormigón 35-40 MPa, comienzo de ensayo



Pasador de 20mm, a = 25mm, hormigón 35-40 MPa, final de ensayo

8. ANEJO: LISTADO DE OBRAS

8.1. OBRAS DE CARACTERÍSTICAS CONVENCIONALES

- NUEVAS TERMINALES DEL AEROPUERTO DE MADRID BARAJAS
- NUEVA ESTACION DE TREN DE PRINCIPE PIO, MADRID
- EDIFICIO DE OFICINAS DE RIOFISA EN ALCOBENDAS, MADRID
- EDIFICIO DE OFICINAS PARA INMOBILIARIA LA COLONIAL, MADRID
- NUEVO AUDITORIO DE OURENSE, GALICIA
- MUSEO JURASICO
- NUEVO HOSPITAL AVILES, ASTURIAS
- RESIDENCIA DE TERCERA EDAD PARA ERLAN, MADRID
- CAMPUS UNIVERSITARIO EN COLMENAREJO, MADRID
- AUDITORIO DE VALLADOLID
- TORRE DE AGBAR DE BARCELONA
- AEROPUERTO DE BILBAO
- PARKING PLAZA ZORRILLA DE VALLADOLID
- TÚNEL SANTA MARÍA DE LA CABEZA MADRID
- RECINTO FERIAL DE LA CORUÑA
- GRAN CASINO DE BADAJOZ
- PARKING ESTACIÓN RENFE DE MÁLAGA
- SEDE ENDESA EN MADRID
- C. C. PLAZA NORTE EN SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES – MADRID
- HIPERCOR ALAMEDA DE MÁLAGA
- EL CORTE INGLES - ALCALÁ DE HENARES
- CENTRO DE OCIO – XANADÚ
- EDIFICIOS DE OFICINA AMURA, MILENIUM NEXITY TRIALON ...ALCOBENDAS
- SEDE REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE FÚTBOL
- SEDE BMW EN MADRID
- CAJA DE AHORROS “LA GENERAL” DE GRANADA
- CENTRO TECNOLÓGICO REPSOL YPF MADRID
- PARKING ALFREDO KRAUS EN LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
- CAIXA EN TARRASA
- CASTELLANA NORTE Y PLAZA NORTE EN MADRID
- C. C. GRAN VÍA II EN BARCELONA
- SEDE DEL BANCO SABADELL EN BARCELONA
- TORRE DE CONTROL DEL AEROPUERTO DE SONDIKA EN BILBAO
- HOSPITAL DE SALT EN GIRONA
- C. C. DIAGONAL MAR EN BARCELONA



- C. C. VIALIA EN SALAMANCA Y MÁLAGA
- PALACIO DE CONGRESOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID
- CENTRO CULTURAL EN FUENLABRADA
- NUEVA TERMINAL AEROPUERTO DE PALMA DE MALLORCA
- TORRE DE CONTROL DE BARAJAS
- COMPLEJO DEPORTIVO EN ARGANDA DEL REY
- METRO DE MADRID – LINEA 7
- APARCAMIENTO MUNICIPAL DE TOLEDO
- HIPERCOR/ EL CORTE INGLES EN SANTANDER
- HIPERCOR/ EL CORTE INGLES EN CORNELLA
- HIPERCOR/ EL CORTE INGLES EN CAMPO DE LAS NACIONES
- CENTRO PENITENCIARIO EN ARANJUEZ
- TERMINAL DE CARGA EN EL AEROPUERTO DE BARAJAS
- ESTADIO SANTIAGO BERNABEU
- APARCAMIENTO AYUNTAMIENTO DE TORREJON DE ARDOZ
- CENTRO COMERCIAL HORTALEZA
- MUSEO DE LA CIENCIA EN ALCOBENDAS
- MUSEO DE LA CIENCIA EN CUENCA
- CUARTEL DE LA ERTZAINZA EN ERALDIO (VIZCAYA)
- APARCAMIENTO “RECAREDO” EN TOLEDO
- DRAGADOS - VIVIENDAS EN “LAS ROSAS” (MADRID)
- FERCABER - VIVIENDAS EN “LORANCA” (MADRID)
- INM.HISPANO-ARGENTINA - VIVIENDAS EN LEGANES
- C.G.S - VIVIENDAS EN EL Bº DE DELICIAS (MADRID)
- LAIN - VIVIENDAS EN POZUELO DE ALARCÓN
- A.C.S - VIVIENDAS EN LAS TABLAS Y MONTECARMELO
- PRICONSA - VIVIENDAS EN VILLAVERDE (MADRID)
- ORTIZ Y CIA - VIVIENDAS EN LEGANES, LAS CARCAVAS Y OTROS
- CNS.M.S - VIVIENDAS EN VALLECAS, LA FORTUNA Y OTROS
- DETINSA - VIVIENDAS EN LEGANES
- COARSA - VIVIENDAS EN AV. SAN LUIS (MADRID)
- TILMON,S.A - VIVIENDAS EN ALCALA DE HENARES
- ISOLUX WAT - VIVIENDAS EN Pº DE LAS ACACIAS (MADRID)
- GRUPO FADESA - VIVIENDAS EN Bº DE SAN FERMIN (MADRID)
- FC.C - VIVIENDAS EN LAS TABLAS Y MONTECARMELO
- NUEVO PALACIO DE CONGRESOS DE VALENCIA
- TERRA MITICA EN BENIDORM
- CENTRO COMERCIAL “EL TORMES “ EN SALAMANCA
- MUSEO DE LA CIENCIA DE BARCELONA
- AMPLIACIÓN MUSEO DEL PRADO
- CENTRO OCIO “ XANADU



- CENTRO COMERCIAL “ TRES AGUAS” EN ALCORCON
- EL CORTE INGLES “SANCHINARRO”
- CENTRO COMERCIAL “PORTO PI”EN PALMA DE MALLORCA

8.2. OBRAS EN ZONAS SÍSMICAS

- HIPERCOR EN LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
- HOTELES EN HUELVA (ISLA CANELA)
- ESTADIO DE FUTBOL “COLOMBINO” DE HUELVA
- MUSEO PICASSO DE MALAGA
- HOSPITAL REINA SOFIA DE MALAGA
- HIPÓDROMO “ DOS HERMANAS” DE SEVILLA
- PALACIO DEL LOS DEPORTES DE “CHAPI” DE JEREZ
- INDUSTRIAL “ANBROSILI” EN SANTIAGO DE CHILE



