

AUTOR:

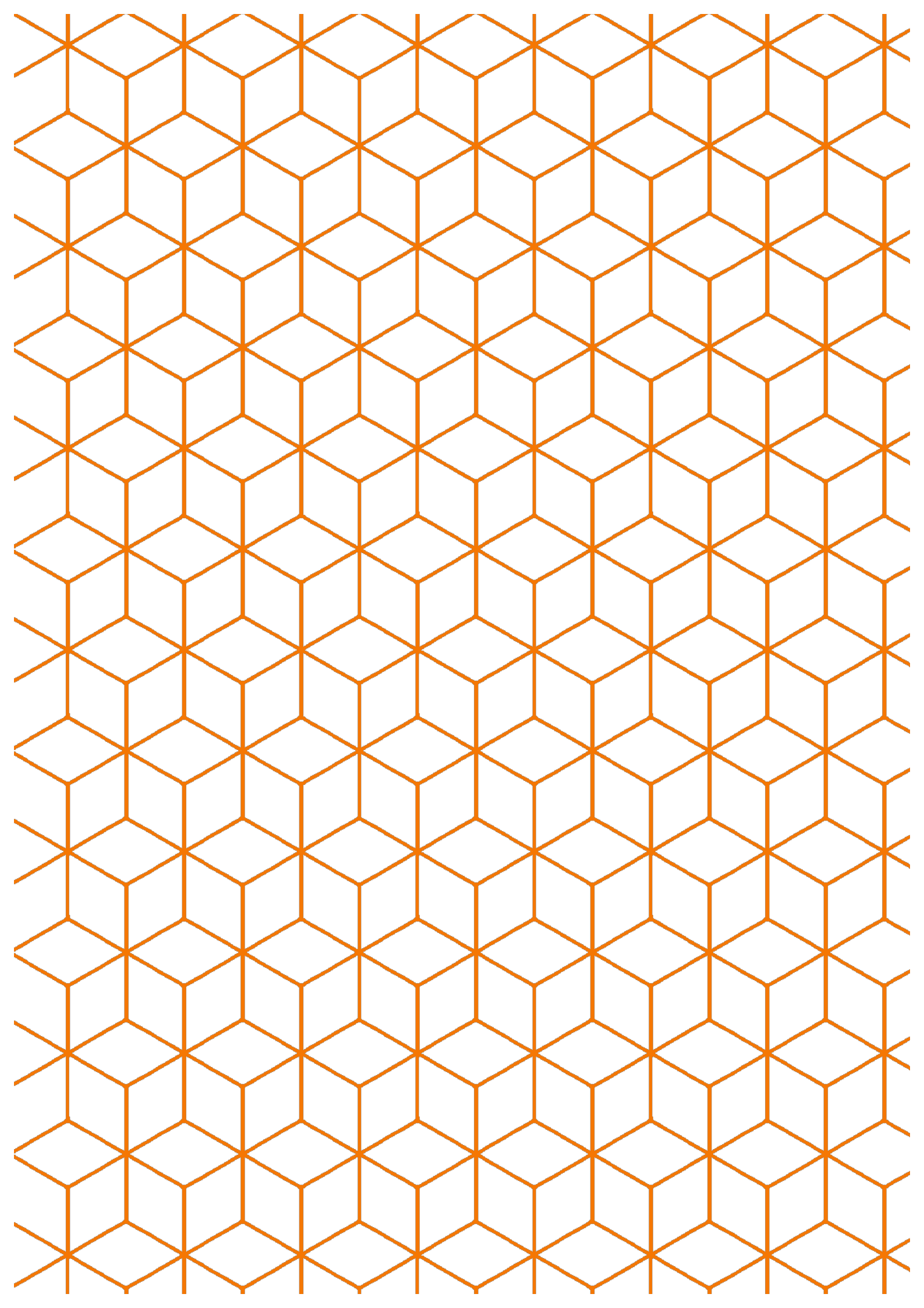
**IRIS SERRANO BORRERO**

TUTOR ACADÉMICO:

**BEGOÑA SERRANO LANZAROTE**

Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras





# TFM - MAAPUD

---

ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE  
REFUERZO ESTRUCTURAL EN FORJADOS



# ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL EN FORJADOS

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Autora: IRIS SERRANO BORRERO

Tutora: BEGOÑA SERRANO LANZAROTE

Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de  
Estructuras



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Valencia, Septiembre 2016



## RESUMEN

El presente Trabajo Final de Máster propone elaborar un documento en el que se estudien las nuevas técnicas de refuerzo de forjados (sistemas DIT) analizando los pros y contras de estos sistemas frente a los tradicionales.

El trabajo consta de tres fases, empezando por un nivel introductorio y finalizando en dos líneas de estudio, una primera en la que se analizan los sistemas tradicionales y la segunda enfocada a un análisis de los nuevos sistemas de refuerzo.

La primera de las fases consiste en la descripción previa de lo que es un forjado, incluyendo tanto el estudio de sus funciones como de las distintas tipologías. Además se hace un breve repaso de la normativa española que afecta a las estructuras de hormigón armado y se estudian las causas patológicas más frecuentes en forjados, centrándonos en la problemática que generan los cementos aluminosos.

En la segunda de las fases se analizan las técnicas tradicionales de refuerzo de forjados, siendo dentro de las intervenciones de rehabilitación las que presentan una mayor complejidad, tanto a nivel de diseño como de cálculo y ejecución. Centrándonos en el análisis de las dos técnicas más comunes en España, el refuerzo mediante recocado inferior y el refuerzo mediante perfiles metálicos.

En la tercera y última fase se analizan dos de los sistemas DIT, el HERMS y el MECANOVIGA.

La finalidad es la de formalizar un documento, basado en un análisis multicriterio, en el que se dé respuesta a los múltiples sistemas de refuerzo de forjados.

## PALABRAS CLAVE:

Forjado, refuerzo, patología, sistemas tradicionales, sistemas DIT.





## SUMMARY

This Master's Project proposes to elaborate a document in which the new forged reinforcement techniques (DIT systems) are studied by analyzing the pros and cons of these systems over traditional.

The Project is divided in three phases, starting with an introductory level and concluding with two study lines. The first one analyzes the traditional systems and the second one is focused on the new reinforcement systems.

The first phase consists of the previous description to clear out what a forging is, including both a study of their functions and the different typologies. Additionally, a brief review of the Spanish legislation affecting reinforced concrete structures is included and the most common pathological causes in slabs are studied, focusing on the problems generated by the aluminous cement.

The second phase includes an analysis of the traditional reinforcement techniques, being within rehabilitation interventions which have a greater complexity, both in design and in execution. Focusing on the analysis of the two most common techniques in Spain, reinforcement by lower screed and by metallic profiles.

In the final phase an analysis of two DIT systems, HERMS and MECANOVIGA is made.

The objective is to formalize a document, based on a multi-criteria analysis, in which multiple slabs reinforcement systems are discussed.

### KEYWORDS:

Slabs, reinforcement, pathology, traditional systems, DIT systems.



## AGRADECIMIENTOS:

---

A mis padres y hermana por la inestimable ayuda brindada. A Siria por amenizar mis días.

A mis amigos y compañeros de clase.

A Alberto, gracias por ayudarme y por entenderme, seguramente sin tu apoyo todo hubiese sido más difícil.

A mi tutora del proyecto porque se ha involucrado totalmente con la realización del mismo. Gracias por su tiempo, sus consejos y sus correcciones.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### 00

#### OBJETIVOS Y RESUMEN

RESUMEN .....	7
SUMMARY .....	9
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>11</b>
<b>0.1 MOTIVACIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>0.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>19</b>
0.1.1 GENERALES .....	19
0.1.2 ESPECÍFICOS .....	19
<b>0.3 METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>

### 01

#### HISTORIA DE LOS FORJADOS

<b>1.1 ORIGEN.....</b>	<b>25</b>
1.1.1 DEFINICIÓN DE FORJADO .....	26
1.1.2 FUNCIONES DEL FORJADO .....	26
1.1.3 TIPOLOGÍAS DE FORJADO .....	28
<b>1.2. NORMATIVA .....</b>	<b>40</b>
1.2.1 PRIMERA NORMATIVA SOBRE HORMIGÓN ARMADO .....	35
1.2.2 NORMATIVA ESPAÑOLA .....	37
<b>1.3 PROCESOS PATOLÓGICOS FRECUENTES EN FORJADOS.....</b>	<b>39</b>
1.3.1 CORROSIÓN DE LA ARMADURA EN VIGUETAS	39
1.3.2 RETRACCIÓN DEL FORJADO POR EXCESO DE AGUA EN EL HORMIGÓN...	40
1.3.3 ROTURA POR CORTANTE EN VIGUETAS ..	41

1.3.4 ROTURA POR PUNZONAMIENTO.....	42
1.3.5 DESPRENDIMIENTO DE VIGUETAS EN LOS APOYOS	43
1.3.6 APLASTAMIENTO DE LAS CABEZAS DE LAS VIGUETAS .....	44
1.3.7 APLASTAMIENTO DE LAS BASES DE LAS BOVEDILLAS.....	45
1.3.8 OMISIÓN DE NEGATIVOS EN VIGUETAS .	46
1.3.9 DEFORMACIÓN EXCESIVA O FLECHA DE VIGUETAS .....	47
1.3.10 ROTURA A FLEXIÓN DE VIGUETAS.....	48
1.3.11 ALUMINOSIS .....	49

### 02

#### TÉCNICAS TRADICIONALES DE REFUERZO DE FORJADOS

<b>2.1 REFUERZOS CON PERFILES METÁLICOS.....</b>	<b>57</b>
2.1.1 REFUERZO A FLEXIÓN .....	58
2.1.2 MATERIALES .....	58
2.1.3 CRITERIOS DE DISEÑO .....	59
2.1.4 CÁLCULO.....	61
2.1.5 ASPECTOS A TENER EN CUENTA .....	61
2.1.6 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN .....	62
2.1.7 REQUISITOS DE LA INTERVENCIÓN .....	65
<b>2.2 RECREDIDOS DE HORMIGÓN.....</b>	<b>67</b>
2.2.1 MATERIALES .....	73
2.2.2 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO .....	74

2.2.3 ASPECTOS A TENER EN CUENTA .....	77
2.2.4 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN .....	78
2.2.5 CONTROL.....	80

### 03

#### SISTEMAS INNOVADORES CON DIT

<b>3.1 HERMS.....</b>	<b>89</b>
3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA .....	89
3.1.2 COMPONENTES DEL SISTEMA .....	91
3.1.3 MONTAJE DEL SISTEMA .....	96
<b>3.2 MECANOVIGA.....</b>	<b>101</b>
3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA .....	101
3.2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA .....	102
3.2.3 MONTAJE DEL SISTEMA .....	106

### 04

#### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

<b>4.1 RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>113</b>
--	------------

### 05

#### BIBLIOGRAFÍA, ÍNDICE DE FIGURAS, ÍNDICE DE TABLAS

<b>5.1 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>119</b>
<b>5.2 ÍNDICE DE FIGURAS... </b>	<b>121</b>
<b>5.2 ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>121</b>





---

## **INTRODUCCIÓN**

**MOTIVACIÓN  
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN  
GENERALES  
ESPECÍFICOS**

**METODOLOGÍA**

---





## 0.1 MOTIVACIÓN

Lo que me ha llevado a escoger este TFM y no otro de los muchos que se me presentaban, ha sido principalmente las ganas que tenía de profundizar y aprender más del amplio mundo de la intervención.

Es un TFM relacionado con el área de conocimiento que se imparte en la asignatura de Técnicas de inspección, reparación, refuerzo y recalce, cursada anteriormente. En ella se profundiza en el mundo de las patologías, ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución. Es entonces cuando me doy cuenta de que es un ámbito que me resulta muy interesante.

Por otro lado, en la actualidad, la rehabilitación supone alrededor de un 30% del sector de la construcción en España, siendo una respuesta necesaria a la situación del sector de la edificación dentro del contexto económico y social. Después de preguntarme; ¿Dónde está la salida?, ¿Qué otras opciones tenemos tras los estudios?, llego a la conclusión de que la arquitectura no es sólo proyectar y construir nuevos edificios, sino que conservar los edificios ya existentes también forma parte de nuestro cometido.

Por estas razones decido afrontar este trabajo poniendo en práctica lo aprendido durante estos años.



## 0.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos de este TFM son varios: se pretende ampliar la formación necesaria para conocer los procesos patológicos de los edificios, las distintas técnicas de refuerzo para rehabilitar los forjados de edificios afectados, así como las medidas de prevención necesarias para evitar su presencia.

### 0.1.1 GENERALES

Evaluar diversas posibles soluciones a la problemática del refuerzo de forjados, realizando para ello un análisis multicriterio en el que se establezcan pros y contras de los diferentes mecanismos de refuerzo de forjados.

### 0.1.2 ESPECÍFICOS

Estudiar el concepto de forjado, incluyendo tanto el estudio de sus funciones como de las distintas tipologías.

Analizar la normativa española que afecta a las estructuras de hormigón armado desde sus orígenes.

Estudiar las causas patológicas más frecuentes en forjados, centrándonos en el fenómeno de la aluminosis.

Analizar las técnicas tradicionales de refuerzo de forjados indicando ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Analizar algunos de los sistemas DIT de refuerzo de forjados emitiendo un juicio comparativo entre ellos.

Ayudar a orientar a la toma de decisiones a la hora de reforzar un forjado a partir de los criterios analizados.



## 0.3 METODOLOGÍA

La metodología a emplear para la redacción del presente TFM es el análisis multicriterio, basado en el estudio de múltiples soluciones para la problemática que supone el refuerzo de forjados, considerando un número variable de criterios, tanto tradicionales como más novedosos, basándonos finalmente en dicho análisis para apoyar la toma de decisiones en la selección de la solución más conveniente.

Dividiendo en diversas fases el desarrollo de la investigación:

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. HISTORIA DE LOS FORJADOS**
- 3. TÉCNICAS TRADICIONALES DE REFUERZO DE FORJADOS**
- 4. SISTEMAS INNOVADORES CON DIT**
- 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Para atacar un problema constructivo debemos diagnosticarlo, es decir, conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado actual. Es lo que se conoce como estudio patológico, y nos permitirá establecer tanto la estrategia de la reparación como la hipótesis de la prevención.

### **FASE 1: INTRODUCCIÓN.**

Investigar sobre el estado de la cuestión en España, consultando diversas fuentes, libros, normas, artículos... Establecer una metodología de trabajo para abordar la cuestión de la mejor manera posible. Fijar unos objetivos con el fin de obtener los resultados deseados.

### **FASE 2: HISTORIA DE LOS FORJADOS.**

Analizar tanto el concepto de forjado como sus tipologías y funciones. Estudiar el marco normativo en España. Consulta de varias bases de datos para establecer cuales son los procesos patológicos que mas se repiten en los forjados, centrándonos en la problemática que supone el empleo del cemento aluminoso.

### **FASE 3: TÉCNICAS TRADICIONALES DE REFUERZO DE FORJADOS.**

Análisis de dos de las técnicas tradicionales de refuerzo de forjados más populares, el recocado inferior y la adición de perflaría. Con el fin de emitir un juicio comparativo entre los diversos sistemas.

### **FASE 4: SISTEMAS INNOVADORES CON DIT.**

Estudio de tres sistemas DIT, considerados de interés especial, el sistema HERMS y el sistema MECANOVIGA. La idea es relacionar los distintos sistemas y otorgarle a cada uno una importancia relativa con respecto a los demás.

### **FASE 5: RESULTADOS Y CONCLUSIONES.**

Análisis de los resultados obtenidos para poder elaborar unas conclusiones de la investigación.



SECCIÓN

---

01

---

**HISTORIA DE LOS  
FORJADOS**

ORIGEN

NORMATIVA

PROCESOS PATOLÓGICOS  
FRECUENTES EN FORJADOS

---





## 1.1 ORIGEN

Los forjados son elementos estructurales superficiales planos que constituyen los techos o pisos de las viviendas que conforman los edificios.

Con el paso del tiempo, nuestras viviendas han evolucionado pasando de simples casas en planta baja a viviendas tan complejas como lo son los propios rascacielos.

De forma paralela han evolucionado los forjados que en ellas se realizan, partiendo de la utilización de simples troncos apoyados a lograr generar estructuras mucho más complejas.

Dicha evolución va de la mano del progreso de los propios materiales y de las técnicas constructivas, así como de su disponibilidad geográfica y/o temporal.

El uso de forjados comenzó a ser necesario con los primeros asentamientos urbanos, utilizados para cubrir los espacios que el hombre necesitaba para vivir. Sobre todo cuando dichos recintos comenzaron a amurallarse, convirtiéndose en un instrumento de expansión dominio y poder.

Siendo los espacios amurallados limitados, empezó a adquirir valor la idea de construir espacios encima de otros para un mayor aprovechamiento del terreno. Existiendo en el 2000 a.C viviendas de dos plantas en la ciudad de Ur (Irak) y mucho antes en 1500 a.C en Tebas (Egipto). Utilizando viguetas simplemente apoyadas y bóvedas sobre muros de carga, como método resistente.

Desde la época romana hasta el siglo XX, la arquitectura popular se caracterizó por el uso de muros de carga y forjados de madera, exceptuando

algún caso aislado resuelto con forjados abovedados de piedra o de ladrillos.

A finales del siglo XVIII, la llegada de la Revolución Industrial supuso la aparición del hierro en la construcción de forma industrial. Con ello se consiguió la liberación paulatina de los muros de carga como sostén vertical de las edificaciones generando espacios más diáfanos, muy alejados de los rígidos y opacos muros de carga y pilares de ladrillo.

Ya en el siglo XIX, de forma paralela al desarrollo de las estructuras de acero, nace el hormigón armado. Siendo después de la segunda mitad del siglo, cuando el cemento empieza a estar disponible de forma industrial, gracias a los avances de Vicat, con su estudio y perfeccionamiento de la cal hidráulica (1818), Aspen con sus trabajos sobre piedra artificial (1824), Johnson con su cemento de "grappiers" y Ransome con su horno giratorio horizontal. (Regalado, 1999)

Apareciendo diversas patentes entre 1800 y 1890, cuando ya se había vislumbrado su funcionamiento resistente y sus ventajas como material constructivo.

En España, pasada la Guerra Civil y entrados ya los años 40, se disponía tanto de hormigón, acero y madera como de los conocimientos necesarios para desarrollar tecnológicamente y constructivamente los forjados. Cayendo los forjados de madera poco a poco en desuso.

Los forjados metálicos apoyados sobre muros de carga y sobre pórticos metálicos tuvieron un gran desarrollo sobre los años 60.

Finalmente acabó imponiéndose el hormigón armado. Al ponerse a punto por Freyssinet en los años 30 el hormigón pretensado, se hizo posible la construcción de viguetas pretensadas a gran escala, contribuyendo al desarrollo de los forjados del sistema unidireccional. También se desarrolló el pretensado en su variante del postensado, teniendo una importante aplicación en edificios donde se precisaban luces importantes y cargas de servicio que rondasen los 4KN/m<sup>2</sup>. Siguen siendo más económicos los forjados tradicionales pero los postensados permiten resolver situaciones más complicadas.

El sistema de semiviguetas y bovedillas de aligeramiento fue evolucionando y se crearon muchas variantes. Poco a poco se fueron descartando las soluciones menos rentables primando la calidad y la eficiencia.

El otro gran tipo de forjado, que evolucionó más tarde, es el reticular. Pertenece a la familia de las losas de hormigón armado, no homogéneas, aligeradas y armadas en dos direcciones ortogonales. Inicialmente se realizaba una losa maciza continua que se empotraba elásticamente en un emparrillado de vigas que, junto con los soportes, formaban un conjunto de pórticos cruzados ortogonalmente. Más tarde se aligeró la estructura, eliminando la masa innecesaria. Actualmente es una de las soluciones más usadas debido al ahorro que supone el forjado reticular frente a la losa maciza en las construcciones habituales.

### 1.1.1 DEFINICIÓN DE FORJADO

Tal y como afirma el Dr. Ingeniero de Caminos José Calavera Ruiz, un forjado es “un elemento estructural, generalmente horizontal, que recibe las cargas directamente y las transmite a los restantes elementos de la estructura. Adicionalmente, el forjado materializa la separación entre plantas consecutivas y desempeña otras funciones como aislamiento entre plantas y soporte de acabados e instalaciones”. (Calavera, 2002).

El término “forjado” hace referencia a la estructura superficial que constituye la base resistente de pisos, recibiendo de forma directa las cargas y transmitiéndolas al resto de elementos de la estructura, haciendo posible la funcionalidad del edificio.

### 1.1.2 FUNCIONES DEL FORJADO

Los forjados tienen fundamentalmente dos importantes misiones. Así lo define el profesor Luis Felipe Rodríguez Martín (1991).

- Función separadora
- Función resistente

#### **Función separadora:**

Los forjados sirven para constituir los propios pisos que forman un edificio, separándolo en plantas aisladas las unas de las otras. Dividen el espacio vertical en subespacios generando diversos planos de utilización.

Los forjados proporcionan a su vez aislamiento acústico suficiente entre plantas, limitando la transmisión de los sonidos y amortiguando los ruidos causados por impactos.

Además contribuyen al aislamiento térmico tanto entre espacios interiores que se encuentren a distintas temperaturas, como entre éstos y el exterior.

Son capaces de impedir la propagación del fuego entre plantas, actuando como elemento compartimentador durante el tiempo que establece la norma.

En ocasiones y en previsión de posibles fallos de la impermeabilización, es conveniente que el forjado sea lo más estanco posible.

### **Función resistente:**

Dada la situación que ocupan los forjados dentro de la estructura que conforman nuestros edificios, deben soportar las acciones gravitatorias que inciden directamente sobre ellos.

Los usuarios que habitan dichas viviendas, así como el mobiliario y la maquinaria que éstos utilizan se apoyan sobre los solados que recubren los forjados de la estructura. Éstos resisten a flexión y corte las acciones gravitatorias de las personas, muebles y máquinas, las transmiten a las vigas y éstas a los pilares o muros y a la cimentación. Recogen y distribuyen las fuerzas que actúan sobre ellos entre los soportes.

Los forjados además de ser capaces de resistir las acciones gravitatorias, deben soportar las acciones horizontales, eólicas, sísmicas, etc., que recibe el edificio, a los pórticos o muros que las resisten y las llevan a su cimentación, actuando como una viga de gran canto capaz de transmitir adecuadamente sus efectos a los soportes.

Deben a su vez arriostrar los elementos de la estructura. Los forjados tienen que ser diafragmas horizontales rígidos, que enlacen los pórticos formados por las vigas y los pilares de la estructura, o los muros de ésta.

Son capaces de impedir el pandeo lateral de las vigas y ayudan frente a las posibles torsiones que pudieran sufrir las mismas.

El arquitecto ha de dar a los forjados la importancia que merecen, derivada de estas dos misiones, teniendo en cuenta a su vez las siguientes consideraciones.

Los forjados son más sensibles a las deformaciones y vibraciones que otros elementos estructurales debido a la relación existente entre su pequeño canto y la luz del forjado.

Los forjados suponen un coste importante en relación con el coste íntegro de la estructura, representando en algunos casos hasta el 40% del presupuesto total. A su vez el coste de reparación de los casos patológicos de forjados es el 45% de los de la estructura y el 20% de los de todo el edificio. Siendo el origen del 60% de estos casos un defecto de proyecto.

Para que los forjados cumplan con estas funciones han de satisfacer una serie de **condicionantes:**

- Rigidez a flexión; que viene dada por la relación  $f/L$  donde  $f$  es la flecha que se produce por la carga de cálculo, y  $L$  es la luz del forjado (distancia entre soportes).
- Monolitismo; es el objetivo del conjunto de los elementos que conforman un forjado, actuar como una única pieza.

- Encadenado; los forjados, vigas y pilares transmiten las cargas verticales a la cimentación. Debe garantizarse la transmisión de los esfuerzos horizontales en el plano del forjado.

- Cumplimiento de las acciones de servicio durante la vida útil del edificio. Durante la vida útil del edificio, la estructura debe mantenerse en un nivel aceptable de las condiciones de servicio (deformaciones verticales y laterales, fisuración de las piezas, alargamiento de las armaduras...) (Calavera, 1988)

### 1.1.3 TIPOLOGÍAS DE FORJADO

Los forjados se pueden realizar de múltiples maneras, atendiendo a muy diversos factores que condicionan su ejecución, pudiéndose establecer muchos tipos de clasificación, en función de criterios como el proceso constructivo, hablando de **forjados prefabricados** y **forjados "in situ"**, siendo los primeros los formados por piezas prefabricadas, tal y como su nombre indica, y los segundos los ejecutados en la misma obra.<sup>3</sup>

Los forjados de hormigón armado o pretensado, son en el siglo XXI los forjados más empleados en los edificios, ya sean con estructura de hormigón armado, de acero laminado o de muros de fábrica.

## ■ FORJADOS PREFABRICADOS

### Losa alveolar:

Las losas se consideran desde un punto de vista resistente como unidireccionales, es decir, resisten a flexión en una sola dirección dadas sus condiciones de apoyo y disposición de las armaduras. (Rodríguez, 2005)

Esta tipología de forjados esta constituida por piezas de grandes dimensiones y peso. Alcanzan longitudes de hasta 30m con relación canto/luz de 1/25, 1/30. Con anchura de unos 2,40m, anchura máxima de transporte normal sobre camión. Siendo anchos comunes 0,8m y 1,20m. Las piezas tiene dos de sus caras planas y las otras dos con perforaciones longitudinales, aligerando el peso de la losa y aportando mayor inercia al conjunto, permitiendo de este modo alcanzar unas longitudes de luz mayores a igualdad de canto. Dichas perforaciones son comúnmente utilizadas para alojar instalaciones de agua, electricidad o calefacción.

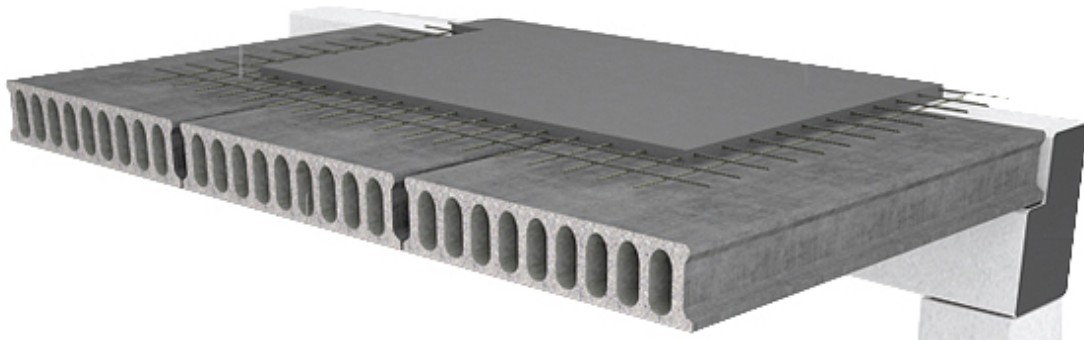


Figura 1. Detalle Forjado de losa alveolar (Fuente propia)

Para dar solidez al conjunto, y garantizar así la transmisión de las cargas transversales, las distintas placas se unifican mediante el vertido de hormigón en un receptáculo denominado rótula. De este modo se transmiten únicamente esfuerzos cortantes.

Finalmente se dispone una capa de compresión de espesores varios (5-8-10-15cm) donde se aloja un mallazo de acero corrugado. En cuanto al armado longitudinal inferior de esta tipología de forjado, se realiza con acero pretensado de 4 y 5mm de diámetro.

Su campo de aplicación se centra en casos en lo que existan grandes sobrecargas y/o luces, tales como almacenes, aparcamientos, centros comerciales, etc., en obra civil como pueden ser pequeños puentes, cubrición de canales, etc., para forjados inclinados o en construcción modulada.

Las principales ventajas de esta tipología son:

- Tiempo de ejecución reducido y poca mano de obra.
- Mayor seguridad en la puesta en obra.
- Alta resistencia al fuego. Hasta 120 min.
- Buen aislante acústico.
- Buena distribución de cargas.
- Grandes luces con poco canto.

### **Prelosas:**

El objetivo de esta tipología es presentar las mismas propiedades que la placa alveolar pero aligerando al máximo el conjunto.

Puede definirse como una lámina de hormigón reforzado con acero corrugado, así como de celosías, que forman la armadura de las vigas y bovedillas de poliestireno expandido.

Una vez instalada la prelosa, servirá de encofrado perdido evitando el entablado en obra. Colocado el mallazo de reparto y los negativos, se hormigona la capa de compresión. Los alveolos de poliestireno además aportan resistencia térmica.

Las prelosas pueden ser armadas o pretensadas, siendo el canto más común de 26cm, y un ancho de 1,20 y 0,6m con longitudes autoportantes de hasta 7m con 22+5 de canto. (Calavera, 1988)

El campo de aplicación es muy similar al del caso anterior, en viviendas adosadas sobre muros de carga, parkings, centros comerciales...

Las principales ventajas son:

- Permite la utilización de grúas-torre comunes.
- Mejora el aislamiento térmico.
- Buen reparto de cargas transversales.
- Entrega menor peso a cimentación.
- Buena resistencia al fuego.
- Buena contraflecha.
- Pueden alcanzar grandes luces.

**Placa “Farlap”:**

Se trata de una placa machihembrada y autoportante de canto variable, formada por dos nervios de hormigón armado en forma de doble “T”, unidos por una pieza de poliestireno expandido. Al conjunto se le añade “in situ” la capa de compresión. Se elabora en anchos de 1,2 y 0,6m.

El apoyo de las placas puede ser plano, con salientes o con salientes con encaste en su parte inferior para conseguir un forjado plano.

Los cantos son variables desde 3+14+5cm, hasta 3+42+5 cm, variando con ello el armado de la placa.

Su aplicación se centra especialmente en viviendas de altura ya que aligera y tiene menor costo en estructura, en forjados sanitarios o en cubiertas inclinadas por el buen aislamiento térmico que aporta.

En cuanto a las ventajas:

- Permite la eliminación del zuncho de borde o hueco de escaleras.
- Buen aislante térmico.
- Aligera el conjunto, reduciendo costes en hormigón y acero.
- Facilidad y rapidez de puesta en obra.
- Se coloca con grúa convencional.
- Apoya directamente sobre el encofrado de vigas sin necesidad de apuntalamiento.
- Fácil adaptabilidad a la geometría de la obra.

Es necesario indicar que esta tipología es apropiada para un acabado del forjado mediante yeso.

### Chapa colaborante:

La principal característica de esta tipología consiste en hacer trabajar conjuntamente al hormigón con la chapa de acero nervada que a su vez hace de soporte, trabajando el hormigón a compresión y la chapa a tracción.

Forjado compuesto por una chapa colaborante, armadura de positivos y negativos, mallazo y capa de compresión.

En esta tipología se usan placas nervadas de acero como encofrado fijo siendo capaz de soportar el vertido de hormigón, las armaduras y las distintas cargas de ejecución. Una vez endurecido el hormigón las placas actúan como parte de la armadura de tracción. Para contener el hormigón en el canto de la losa se coloca un perfil de

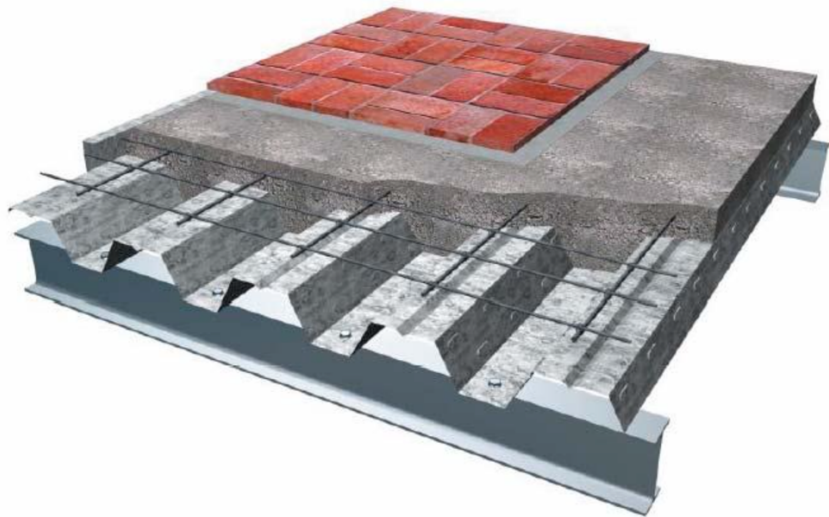
acero de espesor 1,20mm para altura de losa de 100 a 150mm, y de 2mm para alturas mayores.

El ancho de la chapa suele ser de 0,82m.

La aplicación de esta tipología resulta ser una buena elección en construcción modulada, escuelas, hospitales, oficinas, etc., en obra civil y en edificios singulares y de gran altura.

Las ventajas más significativas son:

- Rapidez en el montaje.
- Grandes luces.
- Poco peso.
- No es necesario apuntalamiento normalmente.
- No es necesaria la armadura de positivos.



*Figura 2. Detalle forjado chapa colaborante. (Fuente propia)*

## ▪ FORJADOS IN SITU

Son los que ofrecen un mayor monolitismo y enlace con el resto de la estructura, aunque a su vez tienen mayor costo en mano de obra.

Las losas son estructuras superficiales planas, que por sus condiciones de apoyo y disposición de armadura trabajan en dos direcciones siendo la simplicidad su principal ventaja, contando con un peso propio muy elevado.

Para dar solución a esta problemática se han estudiado muchas opciones basadas en incorporar a la losa elementos de peso menor en zonas de trabajo a tracción.

(Rodríguez, 2005)

Forman parte de este grupo:

- Los **forjados unidireccionales** con viguetas formadas "in situ".
- Las **losas de hormigón armado o pretensado**, macizas o nervadas.
- Los **forjados reticulares** con bloques aligerantes incorporados o con casetones recuperables.
- Las **losas translucidas** con piezas de vidrio (pavés), con aportación a la resistencia del forjado.

Los **forjados reticulares** son de los más comunes. Pertenecen a la familia de las losas de hormigón armado, no homogéneas, aligeradas y armadas en dos direcciones ortogonales configurando una placa nervada.

Se prescinde de los bloques de aligeramiento en la zona de alrededor de los pilares y la placa pasa a ser maciza, configurando de este modo lo que se conoce como ábaco, zona de una placa alrededor de un soporte o en su capitel que se resalta, o si se trata de una placa aligerada se maciza con o sin resalto.

En el caso de ser necesario resistir al punzonamiento, se ensancha la cabeza del pilar constituyendo el capitel.

La estructura así formada admite que sus flexiones puedan ser descompuestas y analizadas según las dos direcciones del armado, formando un conjunto capaz de soportar acciones verticales tanto repartidas como puntuales, y horizontales (aunque en menor medida que las verticales.)

Estos forjados están armados en dos direcciones, generalmente ortogonales.

Los parámetros básicos que definen esta tipología de forjado son:

- Altura del casetón de aligeramiento. (h)
- Canto total de la placa. ( $H=h+3$ )
- Separación entre ejes de nervios. (e=80cm)
- Espesor básico de los nervios. (b=10cm)
- Espesor de la capa de compresión. (c=3cm)

Dentro de los forjados reticulares hay varias tipologías:

- Con bloque aligerante recuperable (de metal o plástico).
- Con bloque aligerante no recuperable, perdido.



Estos forjados tienen una mayor aplicación que los tradicionales, dado que descienden directamente de los forjados de viguetas y bovedillas, siendo los de losas aligeradas o macizas una solución razonable para cualquier tipo de obra.

El forjado de losa maciza es la solución que mejor funciona, dado que su mayor hiperestaticidad permite absorber mayores irregularidades en la planta estructural, permitiendo diseños que otras tipologías no son capaces de afrontar.

La placa reticular funciona de manera similar al caso anterior, pero con mayores limitaciones.

Los forjados unidireccionales, presentan menores prestaciones resistentes y exigen un diseño estructural mucho más ordenado. Como ventaja, presentan un menor peso y su puesta en obra no conlleva el uso de encofrados.

Los forjados in situ, pese a su mayor peso, mayor canto y consumo de encofrado, aportan una mayor libertad y flexibilidad de cara a modificaciones en el proyecto y singularidades. Su mayor peso y compactidad aportan una buena resistencia térmica y acústica. (Regalado, 2003)



## 1.2 NORMATIVA

### 1.2.1 PRIMERA NORMATIVA SOBRE HORMIGÓN ARMADO

Dicha norma surgió por la necesidad de disponer un conjunto de bases de diseño racional, apoyadas en fundamentos teóricos en los países pioneros en la técnica del hormigón armado (Alemania, Francia y Suiza).

El primer documento aparece en Alemania, a raíz de la aparición de la Asociación Alemana de Arquitectos e Ingenieros y la Asociación del Hormigón, conocido como **Circular Ministerial alemana**, siendo equivalente a una norma de obligado cumplimiento aprobada por el gobierno.

En 1903 los municipios de Berlín, Dresde, Düsseldorf, Francfort y Hamburgo emitieron los primeros reglamentos de construcción con hormigón armado, más centrados en describir lo que no se debía hacer que en redactar como se debía ejecutar de forma correcta (Díaz de Canto, 1903). Esto suscitó muchas objeciones suizas, por lo que la comisión alemana no tardó en elaborar una nueva circular (anónimo, 1904). Este documento trataba los materiales, el cálculo, la ejecución y recepción de las construcciones de hormigón armado.

Ya en 1907 se acabó de dar forma a la circular preliminar.

En Suiza 1903 apareció un nuevo documento "**Reglamento Provisional para la Ejecución de Construcciones de Hormigón Armado**" debido a una serie de colapsos que ocasionaron un profundo desprestigio del material.

Poco después, en 1906 Francia creó la comisión dedicada a la redacción de las reglas destinadas a unificar criterios en el diseño y cálculo del hormigón armado. Comisión que tardó 5 años en redactar los 25 artículos de la primera normativa francesa: la **Circular Ministerial de Obras Públicas de 20 de Octubre de 1906**.

Transcurrido un periodo de experimentación y discusión se redactó definitivamente la Circular Ministerial, siendo la norma más seguida en toda Europa.

Un año más tarde aparecieron las **Reglas para la ejecución de las Obras de Hormigón Armado** en Italia, y las **Standard Building Regulations** en Reino Unido, ambas muy similares a la Circular francesa.

En España, la primera norma apareció en 1939, recurriéndose anteriormente a la Circular francesa o alemana.

AÑO-PAÍS	REDACCIÓN	NORMATIVA
1903 SUIZA	Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos	“Reglamento Provisional para la Ejecución de Construcciones de Hormigón Armado”
1904 ALEMANIA PRUSIA	Ministerio de Trabajos Públicos de Prusia-Asociación de Arq. e Ing.-Asociación Alemana Hormigón	“Instrucciones relativas a las construcciones de cemento armado”
1906 FRANCIA	Ministerio de Travaux Publics	“Circular Ministerial Francesa del 20 de Octubre de 1906”
1907 ALEMANIA PRUSIA	Ministerio de Trabajos Públicos de Prusia-Asociación de Arq. e Ing.-Asociación Alemana Hormigón	“Instrucciones relativas a las construcciones de cemento armado”
1907 ITALIA		Reglas para la Ejecución de las Obras de Hormigón Armado en Italia.
1907 REINO UNIDO		“Report of the Joint Committee on Reinforced Concrete”
1910 EEUU		“Standard Building Regulations for the Use of the Reinforced Concrete”

**Tabla 1.** Primeras normas de hormigón. (Marco Serrano, E., 2013, “Análisis de la normativa de hormigón armado en España y la influencia de los investigadores españoles desde 1939 a 1973. Aplicación de la técnica constructiva en la ciudad de Valencia”.)

## 1.2.2 NORMATIVA ESPAÑOLA

En territorio Español, la introducción del hormigón armado llegó desde Cataluña, País Vasco y Cantabria. Tuvo lugar a finales del siglo XIX, no siendo hasta principios de S.XX. cuando su uso se empezó a considerar una alternativa a los materiales tradicionales, debido a la desconfianza que se generó en torno al material a causa de varios accidentes.

Fue entonces cuando aparecieron numerosas patentes con el fin de lograr su explotación comercial. Entre ellas Monier, Blanc, Ribera... El uso de nuevo material fue abarcando todo tipo de obras, siendo entonces necesaria la definición de una normativa de carácter general que regulara su uso.

En 1938 se constituyó una Comisión encargada de redactar la primera Institución, tomando como punto de partida las normas francesas y alemanas. Pasado un año se aprobó la Institución para proyectos y obras de hormigón armado en referencia a obras públicas. Dicha Comisión se conoce como Dirección General de Arquitectura y fue la encargada del desarrollo de varias normas.

Hasta 1968 no se aprobó la Institución de obligado cumplimiento, “HA-68 Institución para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado”.

Fue a raíz de esta publicación cuando las instituciones fueron actualizándose de forma regular incluyendo ampliaciones y modificaciones hasta la actual “EHE-98 Instrucción de hormigón estructural”.

Centrándonos en el caso que nos ocupa, los forjados, la primera normativa que se llevó a término fue la “Norma DGA 41 para el proyecto y ejecución de las estructuras de acero laminado, de hormigón armado y de los forjados de ladrillo armado” redactada por la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación en 1941, como aplicación del Decreto ya mencionado. El propósito principal de dicha normativa era el de restringir y controlar tanto el uso de cemento como de hierro.

Cuatro años más tarde, en 1945, la Dirección General de Arquitectura elaboró la norma “Sistemas especiales de forjados para la edificación. Tipos aprobados y revisados por la Selección de Investigación y Normas”.

- **“Norma DGA 41 para el proyecto y ejecución de las estructuras de acero laminado, de hormigón armado y de los forjados de ladrillo armado” (1941)**

La primera de las normas mencionadas tenía como objetivo principal regular el empleo del hierro en las construcciones.

En ella aparecen dos partes diferenciadas: una parte sobre normas técnicas y una segunda parte sobre la aplicación de las mismas. En la segunda parte del documento aparecen recomendaciones que abalan la sustitución o incluso prohibición del uso del hierro.

- **“Sistemas especiales de forjados para la edificación. Tipos aprobados y revisados por la Sección de Investigación y Normas”.**

La finalidad de esta publicación era presentar una serie de sistemas de forjado que ahorraran en armado gracias a distintas teorías y procedimientos distintos a los usuales en la época. Para conseguir esto se evaluaron las sobrecargas disminuyéndolas mediante el uso de materiales más ligeros, presentando, como es evidente, la ventaja de ahorro en hierro y cemento así como en madera de encofrado.

El principal inconveniente era la construcción “in situ” de las viguetas armadas con resultados mecánicos y de durabilidad muy dispersos entre viguetas. (Marco, 2003)

Fueron varias las revistas que publicaron en sus páginas artículos relacionados. Un ejemplo es el artículo “Forjados para pisos” de José Luis Muzquiz de Miguel, para la Revista de Obras Públicas en 1945”. En dicho escrito se habla de las dos soluciones más utilizadas en la época como respuesta a las necesidades de ahorro de material, la losa de hormigón armado y los forjados con elementos cerámicos.

### 1.3 PROCESOS PATOLÓGICOS FRECUENTES EN FORJADOS

En muchas ocasiones la mejor forma de entender cómo se comporta un material es conocer cómo se desgasta, se agrieta, en definitiva, conocer cómo rompe.

Existen innumerables procesos patológicos que puede sufrir un forjado de hormigón armado, pero el objetivo de este apartado no es el de abarcar todos los casos sino el de sintetizar las patologías más usuales.

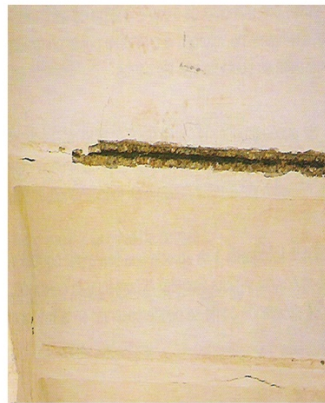
#### 1.3.1 CORROSIÓN DE LA ARMADURA EN VIGUETAS

Es una de las patologías que pueden sufrir los forjados de hormigón armado, ésta se manifiesta con la aparición de manchas de óxido a lo largo de las barras de la vigueta. Además a medida que aumenta de volumen la armadura a causa de la corrosión va fisurando al hormigón en contacto con las barras. Finalmente se acaba produciendo la rotura de la vigueta por falta de sección o por la pérdida de adherencia cuando el recubrimiento es insuficiente.

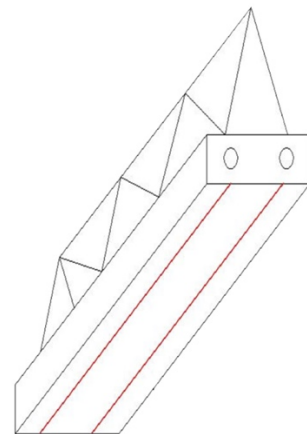
Las causas que originan dicha patología son sobre todo ambientes agresivos,

especialmente zonas marítimas o ubicaciones sin ventilación como depósitos, bodegas...

Una vez el problema ya es evidente debemos comprobar el estado en el que se encuentra la corrosión de las armaduras, si está avanzado debemos apuntalar y sustituir la armadura afectada. Si por el contrario el proceso no está avanzado, se procede al tratamiento de reparación de las armaduras dañadas.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 3.** Corrosión de la armadura en viguetas. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

### 1.3.2 RETRACCIÓN DEL FORJADO POR EXCESO DE AGUA EN EL HORMIGÓN

El exceso de agua en un hormigón correctamente dosificado genera la disminución de su resistencia y de la adherencia de éste con la armadura. Por ello aumentan las retracciones y el peligro de corrosión del armado al ser mayor el volumen de poros.

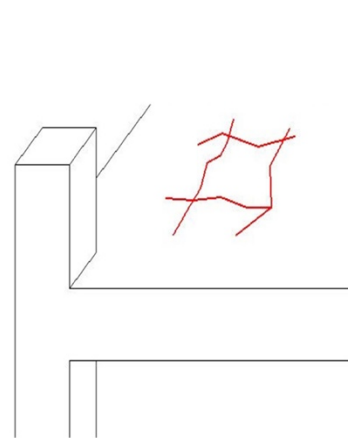
Las fisuras pueden manifestarse en la cara superior del forjado, sobre los negativos de las viguetas, barras o cercos de las vigas, zonas en las que el espesor del hormigón es menor.

Las principales causas son la adición de agua en la mezcla con el fin de hacerla más trabajable y aumentar su tiempo de aplicación, o el hormigonado en tiempo caluroso.

En cuanto a las medidas a adoptar, si las fisuras no han afectado a la resistencia y sí a la adherencia, bastará con sellar las fisuras evitando la posible corrosión futura. Si por el contrario las fisuras han mermado las capacidades del forjado, debemos además de sellar las fisuras reforzar el conjunto.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 4.** Retracción del forjado por exceso de agua en el hormigón. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")



### 1.3.3 ROTURA POR CORTANTE EN VIGUETAS

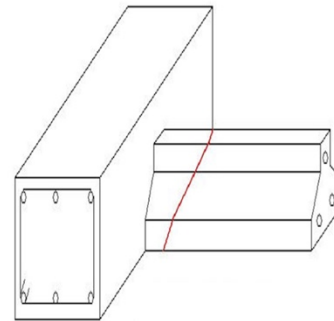
En los forjados, son el hormigón y la armadura transversal de viguetas los encargados de soportar el esfuerzo cortante que se pueda generar. Cuando la armadura no existe el esfuerzo queda a cargo del hormigón y si se supera la resistencia del mismo se genera normalmente una rotura instantánea, limpia y sin capacidad de aviso.

Las causas son el empleo de un hormigón de poca resistencia, sección insuficiente, exceso de carga, luces en viguetas menores a las previstas en calculo o como hemos indicado anteriormente la omisión de la armadura transversal.

Si se localiza esta patología se debe apuntalar con urgencia para proceder a acortar luces de forjado, reducir cargas, colocar armado transversal o aumentar la sección de las viguetas reforzándolas con chapas metálicas encoladas con epoxi.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 5.** Rotura por cortante en viguetas. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

### 1.3.4 ROTURA POR PUNZONAMIENTO

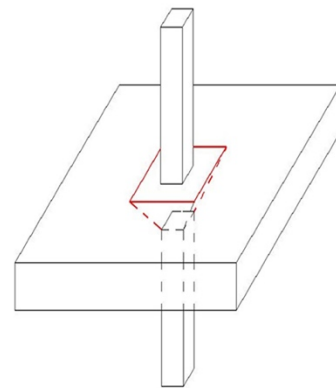
Se produce alrededor del pilar siendo una rotura rápida y de carácter grave. Dependiendo de la cuantía de la armadura transversal existente la capacidad de aviso es de mayor o menor grado. Las fisuras por punzonamiento son finas, cerradas y de apariencia inofensiva, éstas aparecen en ábacos de forjados reticulares, losas de forjados, vigas muy anchas con insuficiente apoyo...

Las causas que la generan pueden ser varias: una carga mayor a la prevista, armadura transversal insuficiente, resistencia del hormigón menor que la prevista, apertura de huecos en ábacos o escaso espesor del forjado.

Para dar solución debemos apuntalar con urgencia y aumentar la sección, colocar armadura transversal o colocar perfiles en forma de cruz en la cabeza del pilar.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 6.** Rotura por punzonamiento. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

### 1.3.5 DESPRENDIMIENTO DE VIGUETAS EN LOS APOYOS

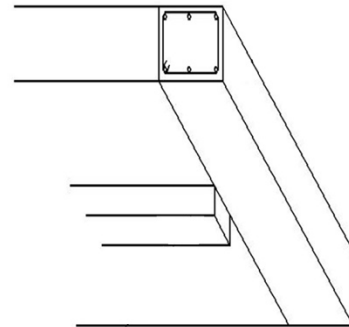
Se trata de una patología de carácter grave que consiste en la caída limpia de las viguetas a causa de que no se produce una correcta unión entre el hormigón vertido y las propias viguetas.

Esto es debido a diversas posibles causas: el hormigonado con las viguetas muy calientes por haber estado expuestas al sol, el emplear bovedillas muy peraltadas, el exceso de polvo o desencofrante, la falta de vibrado del hormigón, hormigón con un árido excesivamente grande, la omisión de armadura de conexión o el no macizar de hormigón las cabezas de las viguetas.

Como medidas se debe apuntalar, macizar el apoyo colocando armadura de sustentación y colocar tacos químicos.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 7.** Retracción del forjado por exceso de agua en el hormigón. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

### 1.3.6 APLASTAMIENTO DE LAS CABEZAS DE LAS VIGUETAS

Consiste en la aparición de fisuras muy finas originadas por aplastamiento del hormigón en la cara inferior de las viguetas, cuya gravedad depende de si se produce o no en todas las viguetas.

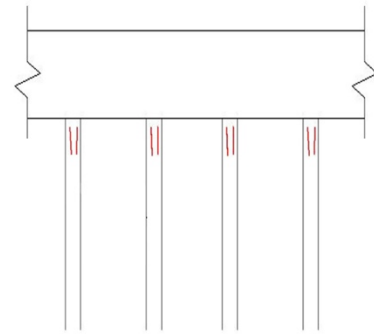
Los aplastamientos suelen generarse por rotura de viguetas, siendo el caso más frecuente, el cual provoca la pérdida de resistencia a cortante o incluso rotura por rasante de las viguetas. También puede generarse por desmocharlas a golpes, o por asiento de la cimentación.

Las causas que lo originan son viguetas cortas con hormigonado defectuoso, excesivas compresiones, elevado asiento diferencial, entrada en carga de forma violenta o debilitamiento del hormigón por golpes al desmochar las cabezas de las viguetas.

En caso de darse esta patología debemos apuntalar, eliminar la causa del posible asiento e inyectar en las fisuras resinas epoxi líquidas a presión. En el caso de que la rotura de la viga sea por rasante se comprobará la pérdida de tensión de la armadura y se colocarán tacos químicos para fijarla de nuevo.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 8.** Aplastamiento de las cabezas de las viguetas. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

### 1.3.7 APLASTAMIENTO DE LAS BASES DE LAS BOVEDILLAS

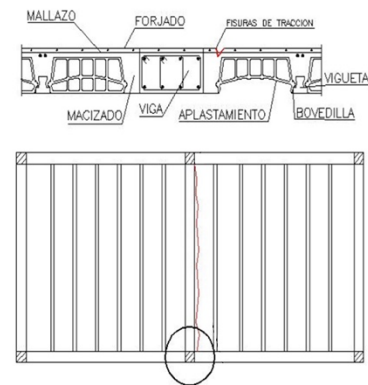
Consiste en el aplastamiento y posterior desprendimiento de las bases de las bovedillas en una calle de viguetas. Esto es causado por asientos en la cimentación o deformaciones de forjados de sección o rigidez insuficientes.

Al romper las bovedillas suele aparecer una fisura longitudinal de tracción en la capa de compresión sobre las bovedillas afectadas.

Para solucionar esta problemática debemos apuntalar y eliminar la causa que genera la rotura.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 9.** Aplastamiento de las bases de las bovedillas. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

### 1.3.8 OMISIÓN DE NEGATIVOS EN VIGUETAS

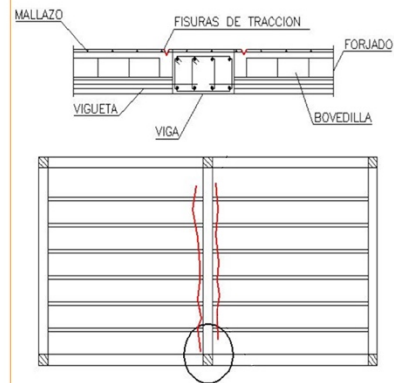
Consiste en una fisuración abierta y paralela a las vigas, además de la pérdida de continuidad de las viguetas que trabajan con un vano mayor al previsto pudiéndose provocar su rotura. La ausencia de negativos en los voladizos supone un riesgo mayor que en los apoyos, ya que pueden generar la caída del voladizo al provocar que el hormigón trabaje a tracción.

Las causas principales que generan esta patología son: la omisión de negativos de viguetas, negativos bajos, sección de armadura insuficiente en los negativos, caída de negativos por incorrecto atados a la viga o insuficiente longitud de anclaje.

Para dar solución debemos apuntalar con urgencia, sobre todo si se trata de un voladizo, picar la capa de compresión, colocar el armado necesario y finalmente hormigonar.



Imagen



Detalle constructivo

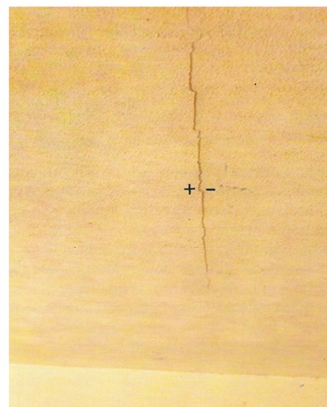
**Figura 10.** Omisión de negativos en viguetas. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

### 1.3.9 DEFORMACIÓN EXCESIVA O FLECHA DE VIGUETAS

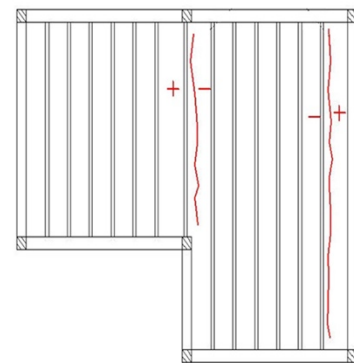
Consiste en una fisuración cerrada en distintos planos que va desapareciendo a medida que se aproxima a la viga. Cuando la vigueta flexa, ya sea por soportar una carga elevada o por fallo en esta, se produce en la parte inferior del forjado esta fisura cerrada, que tiene distintos niveles quedando un lado de la fisura más bajo que el otro. En el caso de existir tabiquería, ésta también sufrirá fisuras que dependerán de la posición de éstos sobre el forjado.

Son múltiples las causas que pueden originar esta fisuración: rigidez insuficiente del forjado, sobrecargas elevadas, canto menor al considerado en cálculo, omisión de negativos o pérdida de continuidad de las viguetas, hormigón deficiente, luces excesivas, ausencia de armadura de reparto o ausencia de zunchos de borde en el caso de voladizos.

En estos casos hemos de apuntalar siempre que fuera necesario y posteriormente eliminar la causa que genera el daño.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 11.** Deformación excesiva o flecha de viguetas. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

### 1.3.10 ROTURA A FLEXIÓN DE VIGUETAS

Se generan fisuras que cortan transversalmente la cara interior de la vigueta. Normalmente son producidas por exceso de cargas o por un diseño deficiente. Pueden aparecer dichas fisuras durante el proceso de ejecución debido a un incorrecto SOPANDADO que provoca que la vigueta tenga que hacer un sobreesfuerzo al recibir el hormigón fresco.

Las causas son muy diversas: armadura insuficiente, exceso de carga, luces superiores a las previstas en cálculo, incorrecta colocación de sopandas...

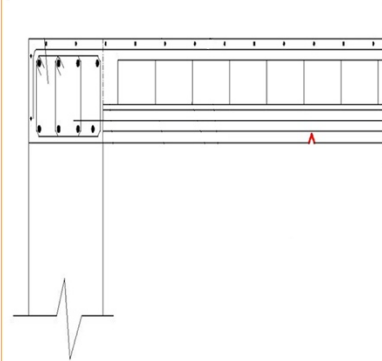
Como medidas correctoras se ha de apuntalar, disminuir las cargas y sellar con resinas epoxi y colocar la armadura necesaria.

Existen numerosas causas que pueden suscitar la aparición de patologías en forjados. Al aumentar el nivel de desarrollo de las sociedades aumentan las exigencias sobre requisitos, por lo que cada día son más habituales las solicitudes para la realización de informes técnicos y dictámenes periciales relacionados con dichos defectos.

La práctica totalidad de los estudios realizados en el sector de la edificación coinciden en señalar que las lesiones se originan fundamentalmente en las etapas de proyecto y de ejecución. De ahí la importancia que tiene el estudio de los aspectos técnicos y constructivos para que se adopten las medidas preventivas. (Calavera, 2005)



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 12.** Rotura a flexión de viguetas. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")



### 1.3.11 ALUMINOSIS

Una vez enumeradas algunas de las causas que se consideran más comunes, vamos a centrarnos en el caso del **cemento aluminoso**.

Bajo el nombre de cemento aluminoso se engloba el conjunto de cementos cuyos principales constituyentes son los aluminatos cálcicos, siendo el cemento aluminoso un conglomerante hidráulico que basa su comportamiento en la hidratación de los aluminatos de calcio, a diferencia del cemento portland, el cual basa su comportamiento hidráulico en la hidratación de los silicatos de calcio.

Entre los años 1950 y 1980 era muy frecuente, principalmente en países europeos, entre ellos España, el uso de cemento aluminoso. Años más tarde edificios construidos con este tipo de cementos y que presentaban determinadas características medioambientales manifestaron graves daños, localizándose principalmente en forjados, ya que fueron las viguetas pretensadas las piezas más usuales en las que se utilizó este cemento.

Desde aquel tiempo se han realizado numerosos estudios que confirman que el cemento aluminoso es capaz de producir hormigones o morteros de resistencia excepcional al ataque de sulfatos. Este tipo de cemento endurece mucho más rápido que el cemento portland, aunque presente un tiempo de fraguado normalmente lento.

Las diferencias desde el punto de vista químico explican los problemas de durabilidad, la conversión y la fragilidad frente a ciertos productos químicos.

Fue a partir de los años 30 cuando se empiezan a conocer problemas en las construcciones de cemento aluminoso, la mayoría de ellos ligados a la temperatura, bien en el agua de amasado, a lo largo del tiempo...

Pero es en 1941 cuando por consecuencia de la escasez de hierro en España, se potencia la utilización de viguetas de hormigón para la construcción de forjados.

El cemento aluminoso siempre ha sido más caro que el portland, pero se encontró la ventaja de su rápido endurecimiento, permitiendo multiplicar el ritmo de la producción de viguetas respecto de las de cemento portland. Pudiendo entrar en servicio con un tiempo de curado menor.

En las normativas del momento no se encuentra limitación alguna referente al uso de cemento aluminoso, no contemplan del material más que su resistencia inmediata.

En la instrucción EH-68 se pide justificación especial para el uso de cemento aluminoso, y en la EH-73 en su anejo 4 aparecen una serie de recomendaciones de utilización.

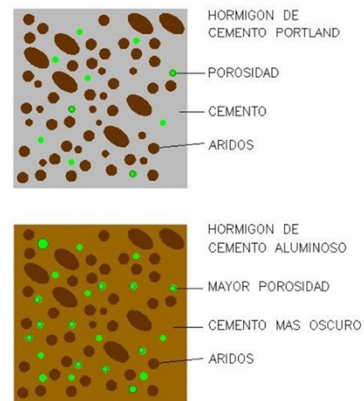
En España, la única limitación frente al uso de cemento aluminoso aparece en la instrucción EP-77, prohibiéndose su utilización para pretensado.

El fenómeno de la aluminosis consiste en una serie de procesos degenerativos originados en el hormigón fabricado con cemento aluminoso, esto es consecuencia de la inestabilidad de las fases hidratadas por el mal uso de dicho cemento.

Este cemento contiene una alta concentración de alúmina, lo que genera cambios químicos ante determinados agentes, alterando sus propiedades. A altas temperaturas y humedades la estructura de este cemento entra en contacto con el  $\text{CO}_2$  del ambiente y se carbonata, pasando de hexagonal a cúbica, esta última más densa. Esto hace que las partículas de cemento ocupen menos y por tanto la estructura global adquiera una mayor porosidad, con lo que pierde resistencia mecánica.



Imagen



Detalle constructivo

**Figura 13.** Aluminosis. (Porto Quintian, J., 2005, "Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado")

#### ▪ PROPIEDADES DEL CEMENTO ALUMINOSO

**Rápido endurecimiento.** Su fraguado, tiene lugar entre 2-4 horas, pero su endurecimiento es muy rápido. Este hecho permite conseguir al cabo de pocas horas resistencias mecánicas del mismo orden que las conseguidas por el cemento portland a los 28 días.

La reacción de hidratación del cemento aluminoso es fuertemente exotérmica, alcanzándose la máxima temperatura en un hormigón puesto en obra a las 8-10 horas. Esto permite que aun con temperaturas muy bajas se produzca un progreso de fraguado. En consecuencia las resistencias finales obtenidas son menores que las deseadas.

**Resistencia química.** Resiste de forma satisfactoria a los ácidos siempre y cuando el pH de la disolución sea superior a 4. Resiste a su vez a gran cantidad de sales que aparecen en la reacción ácida por hidrólisis, siendo la acción protectora de la alúmina la causa de dicha resistencia.

Cuando la cantidad de ácidos es suficiente para disolver la alúmina, comienza el ataque sobre el hormigón. Sin embargo, en condiciones reales es muy probable que se deterioren relativamente pronto por acciones físicas, como la cristalización de sulfatos dentro de los poros de aquellas partes expuestas a la desecación.

**Propiedades refractarias.** Esto se debe al elevado contenido en alúmina, cerca del 80%. El cemento aluminoso no se ve afectado por temperaturas de hasta 500°C, siendo especialmente útil para hormigones refractarios. Mezclado con áridos refractarios puede alcanzar temperaturas de empleo de hasta 2.000°C.

#### ▪ EMPLEO DEL CEMENTO ALUMINOSO

Por todo ello el cemento aluminoso exige un manejo adecuado. Dada la elevada resistencia que alcanza, las pérdidas debidas a la conversión y carbonatación suelen ser poco significativas desde el punto de vista estructural.

Pero, aunque el hormigón esté perfectamente conservado corre peligro de corrosión de la armadura, que suele ceder a esfuerzos cortantes, siendo ésta una situación grave, puesto que no suelen aparecer señales que anuncien el inminente derrumbamiento.

En el empleo de este tipo de cemento se ha de tener en cuenta:

- Proporción máxima agua/cemento de 0,4 en peso y de 1,3 en volumen.
- Sin contenido de azufre.
- Sin arenas con elevada proporción de finos.
- Buen recubrimiento de armaduras.
- Dosificación mínima de 400kg/m<sup>3</sup> de hormigón.
- Evitar sobrecalentamiento y desecación superficial prematura.
- Evitarse el uso de aditivos.
- Limpiar cuidadosamente los útiles empleados.

#### ▪ PRIMEROS ACCIDENTES

Fue en Francia, en 1926, cuando se conocieron los primeros casos de deterioro de hormigón aluminoso. Empleado durante la guerra mundial para construcción de emplazamientos de artillería y refugios, por su rápido endurecimiento. Fue a partir de 1910 cuando se comercializó tras la autorización ministerial.

Años después, en 1961 en Alemania (Baviera) se produjeron derrumbes de techos de algunas viviendas construidas con cemento aluminoso. Como consecuencia de dichos accidentes, en 1962 se prohibió el uso de cemento aluminoso en Alemania.

En Reino Unido ya en 1973 se derrumbó parte del techo de la sala de lectura de un edificio de la Universidad de Leicester. Al día siguiente cayó el techo de la Escuela femenina de Camden, y el 8 de febrero de 1974 parte del techo de la edificación de la piscina de la escuela secundaria de Sir John Cass, en Londres.

#### ▪ CEMENTO ALUMINOSO EN ESPAÑA

En el año 1928, Cementos Molins S.A. adquirió la patente de fabricación del cemento que se conocía como Electroland, siendo el único fabricante en España.

Los primeros usos de esta tipología de cemento aparecen en obras públicas como canales, presas... Salvo algún caso aislado no se utilizó cemento aluminoso para construir edificios residenciales hasta los años 50. Años en los que en forma de viguetas de hormigón armado prefabricadas su uso fue más intenso.

A partir de 1970 su uso decayó considerablemente debido al precio que no era competitivo con las nuevas variedades de cementos portland.

El uso del cemento aluminoso fue especialmente intenso en Cataluña, en los años 1950-1970, más particularmente en Barcelona.

Aunque ya se habían producido varios accidentes relacionados con el uso del cemento aluminoso, la magnitud del problema pasó inadvertida hasta el 11 de noviembre de 1990, fecha en la que se derrumbó el interior de un edificio de viviendas construido en 1955 en el barrio del Turó de la Peira, resultando una persona muerta y dos heridas. Los técnicos observaron que las vigas de cemento aluminoso estaban en un estado pésimo, apareciendo en el informe pericial factores del siniestro, el deterioro de las viguetas de cemento aluminoso y el deficiente mantenimiento de la terraza del inmueble



**Figura 14.** Derrumbe de una casa de la calle Cadí, el 11 de noviembre de 1990. (Marcel·lí Sàenz, PERIÓDICO el País)

Después del accidente ocurrido en noviembre de 1990 en el barrio del Turó de la Peira, se localizaron varias viviendas afectadas en ese mismo barrio y en otras zonas de Barcelona.

Un año antes del incidente, a instancias del colegio de Arquitectos, el Ayuntamiento realizó un estudio que cifraba en 400 las viviendas afectadas por el fenómeno de la aluminosis, alertando de un panorama demoledor para subsanar el cual serían necesarios “mil millones de pesetas para reparar en envejecimiento prematuro”.

Ante la evidencia de que un hormigón aluminoso está dañado, no es posible la intervención puntual con el fin de devolver a un elemento su capacidad original, puesto que no se ha encontrado el modo de hacerlo.

Se puede reforzar incrementando la capacidad de trabajo de un elemento. Se

conocen y se han aplicado varios sistemas. Otra solución mucho más drástica sería el derribo, decisión que debe tomarse previo estudio del edificio y su estado de conservación.

En los últimos tiempos, en España, se han producido varios congresos con el objetivo de conocer el estado real de la ciencia actual sobre el tema, ya que se trata de una problemática económica y social lo suficientemente importante como para ser tratada en profundidad.

Por lo que la aluminosis no es ninguna “enfermedad”, es una forma de ser inherente al cemento aluminoso, sin remedio alguno. Lo que si se debe conseguir es que tal forma de ser del cemento aluminoso no se manifieste, o si lo hace, que no sea de forma lesiva. Por ello debemos conocer sus propiedades y su comportamiento.

SECCIÓN

---

**02**

---

**TÉCNICAS  
TRADICIONALES  
DE REFUERZO  
DE FORJADOS**

**REFUERZO CON PERFILES  
METALICOS**

**RECRECIDOS DE HORMIGON**

---



Entra la gran variedad de tipologías de intervención de rehabilitación podría decirse que las de refuerzo son las que suponen una mayor complejidad. Ya sea por su diseño como por la dificultad de cálculo y de ejecución.

El refuerzo de elementos estructurales que se encuentren deteriorados puede conseguirse mediante la adhesión de un nuevo material que colabore con el anterior, más pobre o con defectos, en el soporte de las cargas. Esto es gracias a la redistribución de las solicitaciones a través de deformaciones impuestas al sistema estructural.

Cuando realizamos este tipo de intervenciones debemos tener presente que todo refuerzo de un elemento supone generalmente una alteración de la distribución de las rigideces de la estructura, lo que debe ser analizado valorando todas sus consecuencias. Además con la adición de los nuevos elementos coexisten materiales antiguos y nuevos, con estados tenso deformaciones diferentes, por lo que es importante una perfecta resolución de la transferencia de esfuerzos entre la pieza original y el refuerzo, la unión ha de ser especialmente considerada.

En líneas generales podemos hablar de tres grandes alternativas de refuerzo de elementos estructurales de hormigón armado.

- Refuerzo mediante adosado de perfiles metálicos.
- Refuerzo mediante recrecido de hormigón armado.

A continuación se describen las características generales y las principales aplicaciones de estos sistemas de refuerzo, puesto que con estas dos técnicas se refuerza casi la totalidad de actuaciones en la Comunidad Valenciana.





## 2.1 REFUERZOS CON PERFILES METÁLICOS

Esta opción de refuerzo consiste en unir el elemento primitivo de hormigón armado a uno o varios perfiles metálicos, obteniendo de este modo un elemento mixto. Considerando así que el elemento estructural tiene suficiente capacidad residual como para trabajar conjuntamente como una sección mixta.

El objetivo de este tipo de intervención es incrementar la capacidad portante de un elemento de hormigón armado. Dependiendo del estado en el que se encuentre el elemento original, se puede plantear la consolidación con perfiles adosados a modo de refuerzo o para sustituirlo física o funcionalmente, entendiendo por sustitución física la eliminación del elemento estructural y su posterior reposición por nuevos elementos.

Este tipo de actuación supone un gran número de repercusiones en el conjunto por lo que sólo se recomienda cuando no sea posible otro tipo de intervención.

Por sustitución funcional entendemos la colocación de unas piezas o elementos que, sin suprimir el elemento originario, absorben las cargas a soportar, sustituyendo de este modo la función de la pieza original. De este modo ante un eventual fallo de la pieza primitiva, la nueva tomaría toda la carga evitando posibles accidentes. El refuerzo considera que el elemento estructural existente tiene suficiente capacidad residual para trabajar conjuntamente como una sección mixta.

Las causas por las que puede ser necesaria este tipo de intervención son por el deterioro del hormigón y/o la armadura, originando una merma en la capacidad portante, cuando el estado de conservación del material sí es satisfactorio pero su capacidad portante es insuficiente por error de proyecto, por cambio de uso del edificio o por combinación de ambas.

En el primero de los casos es necesario un tratamiento de protección o reparación del hormigón armado que al menos detenga el proceso de degradación del material.

Esta tipología de refuerzo resulta altamente eficaz en lo que a términos estructurales se refiere, permite incrementar la rigidez y resistencia del elemento original de forma considerable, al igual que ocurre con el sistema de recrecido de hormigón armado.

Constructivamente este tipo de intervención presenta menor dificultad que el recrecido de hormigón, por ello los costes son generalmente inferiores. Además es un sistema con una rapidez de ejecución y de puesta en carga de la estructura reforzada que ha de considerarse como ventaja.

Además se requiere un pequeño espesor para su puesta, siendo esto muy favorable en múltiples situaciones de edificación en las que los aumentos significativos de canto generan problemas funcionales.

En lo que a la resistencia al fuego se refiere, este sistema presenta un comportamiento ni muy bueno ni nefasto, pudiendo clasificarse como medio. Puede ser necesaria la protección ignífuga de los perfiles de acero en algunas ocasiones. Los anclajes mecánicos son menos vulnerables al fuego. Hemos de tener especial cuidado en los refuerzos mediante perfiles encolados con resinas epoxi siendo especialmente vulnerables al fuego.

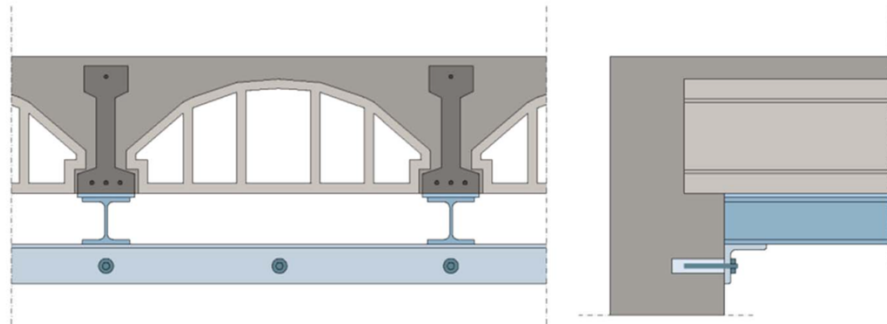
Se ha de tener especial cuidado en el diferente comportamiento que puede adoptar el material original frente al refuerzo, generando posibles problemas de compatibilidad.

Asimismo la transferencia de esfuerzos al refuerzo esta necesariamente más concentrada pudiendo plantear problemas que compliquen la ejecución o que reduzcan la eficacia del conjunto. Por lo general la transferencia tangencial de esfuerzos por adherencia y rozamiento es insuficiente para lograr hacer entrar en carga a este tipo de refuerzos, siendo necesario disponer anclajes de tipo mecánico o conectores a los nuevos perfiles, a los nudos o a los elementos estructurales inmediatos.

### 2.1.1 REFUERZO A FLEXIÓN

Para el caso de vigas o viguetas, la consolidación con perfiles adosados consiste en colocar un perfil metálico bajo o lateralmente al elemento afectado.

En viviendas habitadas es comprensible que intervenir únicamente por la parte inferior sea más operativo, dado que por la parte superior aparecen tabiques y solados, siendo la intervención mucho más molesta.



*Figura 15. Perfiles metálicos bajo viguetas, apoyados en muro de carga (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)*

Una variante para el caso de forjados de viguetas son los parteluces. Consiste en colocar perfiles metálicos perpendiculares a la dirección de las viguetas en lugar de hacerlo debajo de cada vigueta. Reduciendo de esta manera la luz de las mismas.

### 2.1.2 MATERIALES

#### ▪ PERFILES METÁLICOS

Los elementos empleados para adosar y sustituir a los elementos primitivos dañados, suelen ser elementos metálicos con múltiples secciones. Los más usuales para el caso de vigas y viguetas son los perfiles IPN, IPE, HEB o UPN, desarrollándose éstos últimos por varias firmas comerciales, disponiendo muchos de ellos de una evaluación previa a través del “Documento de Idoneidad Técnica” D.I.T.

#### ▪ ELEMENTOS DE ANCLAJE

Uno de los elementos más importantes en este tipo de intervención es la transmisión de cargas al resto de la estructura. Para ello se emplean elementos de anclaje metálicos, tacos mecánicos y químicos.

- RELLENO

Los elementos metálicos deben quedar perfectamente adosados al elemento de hormigón pudiendo realizar la unión entre materiales existentes y nuevos con productos y sistemas de adhesión. En general, para garantizar la transmisión de cargas entre la pieza original y el perfil de sustitución se dispone material de relleno y suele utilizarse un mortero de expansión controlada de altas resistencias mecánicas. Otra opción es colocar un material puente, tanto para generar una barrera química de separación como para asegurar el contacto entre elementos. En este caso suelen emplearse resinas epoxi.

### 2.1.3 CRITERIOS DE DISEÑO

Las actuaciones de refuerzo son necesarias cuando nos encontramos una estructura deformada con un deterioro del estado de cargas, viniendo la eficacia del refuerzo condicionada por su capacidad de descargar la pieza original mediante un contraflechado que reduzca las deformaciones iniciales, aumentando de este modo la capacidad de absorción de cargas del nuevo elemento mixto.

En la mayoría de los casos, las intervenciones se llevan a cabo con sustitución funcional de los elementos dañados. Esto es debido a lo difícil que resulta la obtención de datos en el proceso de inspección y evaluación, así como a las incertidumbres técnicas del propio modelo a analizar que hacen muy difícil el planteamiento de una actuación de refuerzo.

En el caso de las vigas o cuando se va a reforzar cada vigueta la solución es colocar un perfil metálico por debajo del elemento a reforzar, realizando de este modo la sustitución funcional del mismo. La unión se realiza mediante tacos mecánicos o químicos, ajustándose el apoyo entre la viga de hormigón y la metálica mediante cuñas que pueden conformarse con chapas metálicas o mediante tacos de las dimensiones deseadas. Es usual el empleo de rellenos de mortero de expansión controlada que dan solución a la problemática que supone la dificultad del reparto transversal y la relación de conjunto de las deformaciones. De esta forma se consigue que una parte de la carga de origen sea transmitida al nuevo elemento.

En este caso el refuerzo queda por debajo del elemento estructural por lo que se pierde altura útil en la planta.

Es posible realizar un refuerzo con perfiles metálicos sin descuelgue por debajo de la estructura existente, sustituyendo la viga original por dos perfiles UPN adosados a sendos lados.

En conclusión se puede afirmar que para garantizar la transmisión de cargas a la estructura principal es necesario que existan vigas colgadas o muros de carga que permitan la adhesión de perfiles que garanticen físicamente la transmisión. En caso de existir vigas planas también es posible, pero la ejecución se dificulta puesto que normalmente es necesaria la inclusión de perfiles bajo la viga original, lo que supone un mayor impacto y coste de la ejecución.

Cuando se plantea el refuerzo de un forjado de viguetas o losa siendo la zona a reparar una superficie significativa es necesario un estudio más pormenorizado del problema, siendo una solución los parteluces. En esta intervención es necesario el dimensionado de las vigas de refuerzo con el fin de determinar su separación y que quede garantizada que la nueva luz del forjado es la adecuada para las cargas que ha

de soportar. Teniendo siempre presente que el diagrama de flexión del nuevo forjado se ve alterado, pudiendo incluso aparecer en determinados casos momentos negativos, siendo en estos casos necesaria la intervención en la parte superior del forjado para cubrir estas flexiones negativas.

Esto consiste en colocar vigas transversales a la dirección de la flexión reduciendo de este modo la luz de cálculo y mejorando a su vez la resistencia del conjunto.

Si el problema se presenta en un forjado de tipo losa, que trabaja en dos direcciones, la solución es muy similar. Se adosan perfiles metálicos en forma de vigas ortogonales, las cuales transforman la retícula original en una más compacta aumentando la rigidez del conjunto.

En el caso de realizar este tipo de intervención conocido como parteluz, debemos asegurar el contacto de todas y cada una de las viguetas con el perfil o perfiles que actúan como parteluces. Al colocarlos sobre un forjado original que ya posee unas determinadas deformaciones, no va a ser posible conseguir que en un primer momento y de forma inmediata exista un contacto superficial de todas las viguetas de manera uniforme, siendo muy importante para lograr que el refuerzo entre en carga de forma que éste sea capaz de transmitir las cargas del refuerzo a la estructura principal.

Para conseguir que pese a las deformaciones diferenciales existentes en este tipo de intervención exista un contacto adecuado entre las viguetas y los elementos metálicos de refuerzo, existen varias soluciones que se exponen a continuación.

En forjados de viguetas, conformados por vigas de cuelgue en una sola dirección, la solución consiste en colocar los refuerzos en la dirección contraria de forma que éstos reciban los refuerzos que se proyectan. Para ello las uniones se han de realizar sobre elementos de hormigón, pudiéndose resolver con anclajes metálicos o químicos, y sobre elementos metálicos que se resuelven mediante procedimientos convencionales.

En el caso de forjados constituidos por losas, debemos configurar una retícula de vigas colgadas alineadas con los soportes, sobre la que se apoyará una segunda retícula interior que reduzca las luces de cálculo. Los apoyos pueden materializarse de forma similar a las anteriormente explicadas, dejando de esta forma de ser plano el forjado, dado que aparecen elementos colgados.

En ambos casos, tanto por la deformación inicial que suele aparecer en el forjado como por la dificultad constructiva que supone el ajuste del elemento de refuerzo al forjado, suele aparecer una holgura entre el elemento original y el de apoyo siendo necesario colmatar la misma.

Para solucionar este problema suele ser suficiente con la colocación de apoyos puntuales formados por chapas metálicas a modo de cuñas, siempre y cuando la junta sea pequeña, o mediante tacos de la dimensión apropiada si la dimensión de la junta es superior.

### 2.1.4 CÁLCULO

Por lo general, el modelo de análisis será de pieza isostática que resista la totalidad de las cargas.

Ha de tenerse en cuenta la adición de peso introducida en la estructura que supone la intervención. Éstas deben situarse en límites moderados de carga total en servicio. En determinados casos y para determinadas luces, la sección de acero necesaria para la absorción de cargas puede ser tal que esto suponga la invalidez de la viabilidad de la intervención.

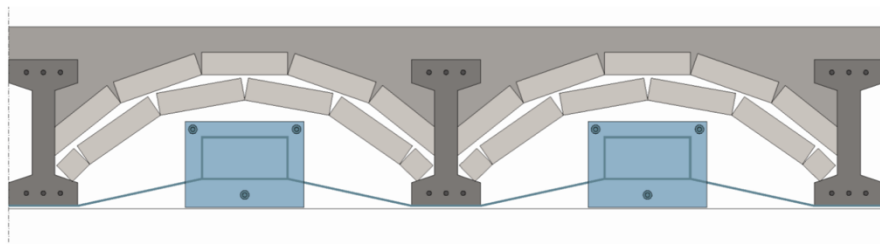
### 2.1.5 ASPECTOS A TENER EN CUENTA

- SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

En cuanto a la seguridad en caso de incendio, cabe recalcar la importancia de la protección de los elementos metálicos introducidos en la estructura, de forma que se asegure una resistencia al fuego que se verá determinada en función de las condiciones particulares de la edificación intervenida así como del elemento estructural.

- HABITABILIDAD

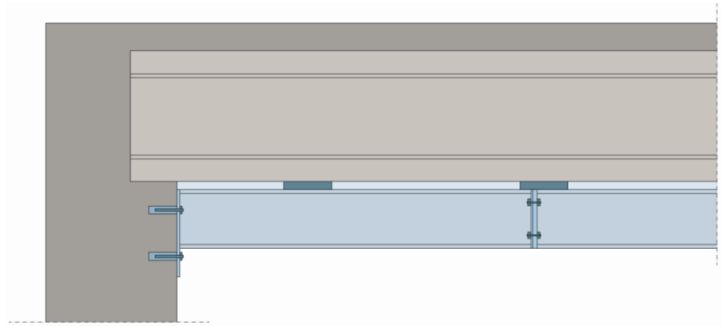
Otro punto importante a tener en cuenta a la hora de afrontar una intervención de este tipo es la pérdida de altura libre en los espacios habitables. En muchos casos esto puede no suponer un problema, pero en otros la introducción de perfiles sí puede ocasionar un hándicap. Si la altura disponible no es suficiente pueden adoptarse otro tipo de soluciones que no generen pérdida de altura libre en los espacios habitados. Un ejemplo de este tipo de solución consiste en la adhesión de perfiles entre nervios sujetos a través de elementos transversales que toman la carga.



**Figura 16.** Sustitución funcional mediante perfiles dispuestos entre nervios (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

- ACCESIBILIDAD

Otro problema que puede aparecer a la hora de realizar una obra de intervención de este tipo es la incompatibilidad de la longitud de los perfiles y el acceso a la zona a intervenir, pudiendo solucionar el problema simplemente con el fraccionamiento del perfil de refuerzo, resolviendo posteriormente en obra estas uniones. La distancia a la que se debe cortar el perfil debe ser de  $\frac{1}{4}$  de la luz desde los extremos. En este punto el momento de flexión es prácticamente nulo.



*Figura 17. Fraccionamiento de un perfil con unión atornillada (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)*

- ECONOMÍA

En cuanto al aspecto económico, si únicamente se considera el precio del material suele ser un sistema más rentable que los conocidos como sistemas DIT. Si tenemos en cuenta otros factores como mano de obra o costes de maquinaria el precio total podría ser equivalente.

### 2.1.6 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

#### FASE DE PREPARACIÓN

- EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INTERVENCIÓN

En primer lugar hemos de llegar a una determinación de los requisitos y sistemas que resulten más idóneos a ser empleados.

Una vez hayamos decidido esto, procederemos a la calificación de las prestaciones de los sistemas seleccionados, para finalmente realizar el cálculo del índice de reparación de la intervención de cada sistema y poder llegar a la selección del sistema más adecuado.

- DESARROLLO DEL SISTEMA DE INTERVENCIÓN

Una vez completada la fase anterior, procederemos a estudiar con mayor detenimiento el sistema seleccionado, para ello volvemos a determinar los requisitos y prestaciones a considerar para poder pasar a la fase de preparación y finalmente a la aplicación del sistema.

- REDACCIÓN DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN

## APLICACIÓN DEL SISTEMA

### ▪ APEO

En la mayoría de los casos será necesario el apeo de la zona a intervenir, en el caso de vigas y viguetas esta medida es siempre recomendable, más aun si se diseña como refuerzo activo

### ▪ PREPARACION DEL SUSTRATO DE HORMIGÓN

Si el hormigón de la estructura original está deteriorado debemos, previo a la colocación del refuerzo, proceder a su reparación.

Para conseguir la eliminación de este hormigón deteriorado podemos utilizar técnicas manuales o mecánicas como chorro de arena o agua, martillo neumático...

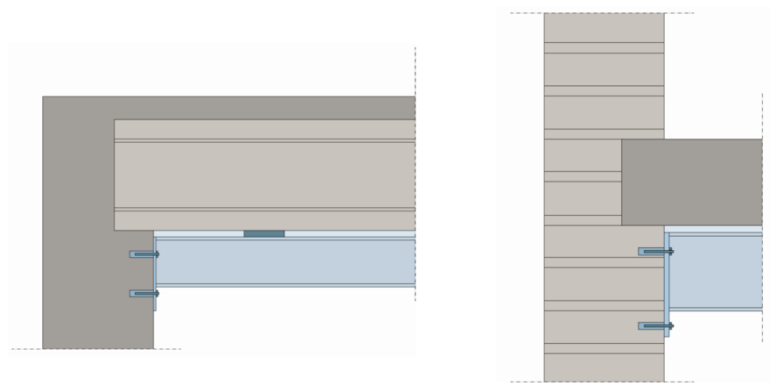
Una vez saneado el hormigón, debemos limpiar la superficie para eliminar la existencia de posibles partículas y restos de aceite o grasas, para ello puede utilizarse la técnica de choro de arena, chorro de agua, la combinación de ambas, cepillos de alambre... Si se utiliza agua para la limpieza debemos esperar que la superficie seque una vez finalizado el proceso.

Cuando hemos saneado la superficie se ha de recuperar la sección perdida del elemento de hormigón. Para ello suele utilizarse la técnica conocida como "parcheo", que consiste en la restauración de las propiedades físicas y químicas del hormigón hasta conseguir unas condiciones aceptables, actuando únicamente en la zona donde aparece el deterioro de la estructura.

Finalmente se ha de aplicar un tratamiento de protección de la superficie.

### ▪ COLOCACIÓN DE LOS PERFILES METÁLICOS

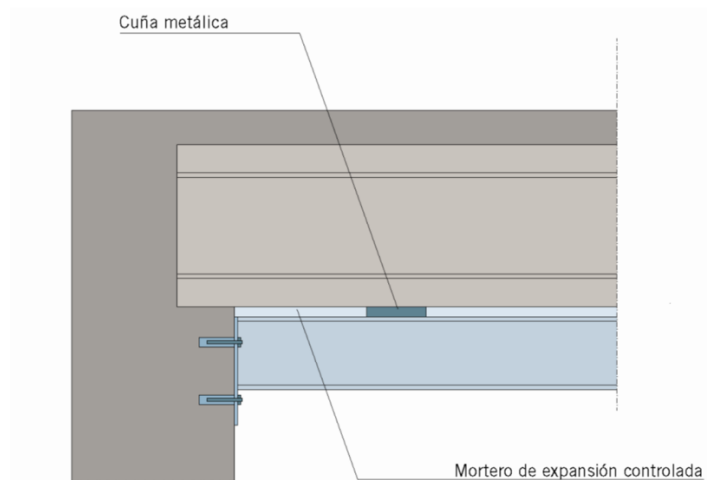
Previo a la colocación de los perfiles metálicos es necesario fijar los anclajes al elemento estructural que ha de soportarlos, ya sean pilares, vigas o muros de carga. Para ello debemos comprobar su capacidad de calidad para recibir las cargas que los refuerzos transmitirán a estos elementos.



**Figura 18.** Anclaje a una viga y anclaje a un muro de carga (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

- APLICACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO

Una vez colocados los perfiles, para conseguir que el refuerzo tome carga, hemos de rellenar con mortero de retracción controlada el espacio existente entre el elemento original y el de refuerzo, comprobando siempre que se logra el relleno completo de toda la zona. Para solucionar este problema también se puede optar por la colocación de cuñas metálicas siempre y cuando el espacio a rellenar no sea de grandes dimensiones.



**Figura 19.** Transmisión de carga al nuevo perfil (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

- PROTECCIÓN FRENTE AL FUEGO

Cuando se ha finalizado el proceso de ejecución de refuerzo mediante perfiles metálicos adheridos, es importante establecer una protección del acero frente a los cambios bruscos de temperatura y en especial contra el fuego. Para ello y tal como se indica en el Boletín del CEB N° 162, podemos emplear mortero rico en cemento, mallas de alambre, morteros especiales... o incluso puede aplicarse una capa aislante a base de perlita, vermiculita, pinturas antifuego...

- PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN

Es recomendable proteger frente a la corrosión las chapas, para ello suelen emplearse pinturas impermeables al agua. Dicha pintura ha de renovarse cada cierto periodo de tiempo con el fin de que no se vean alteradas sus propiedades anticorrosivas.



### 2.1.7 REQUISITOS DE LA INTERVENCIÓN

El principal objetivo de todo tipo de intervención es que ésta sea eficaz y durable, todo ello sin generar perjuicios en la estructura original, en otras estructuras colindantes, o en los mismos usuarios u operarios de obra, así como en el medio ambiente.

Por todo ello a la hora de decidimos por un sistema u otro y poder elegir la opción de reparación idónea, hemos de evaluar y comparar los distintos sistemas centrándonos en requisitos como la seguridad, la funcionalidad, la vida útil, la higiene y salud y el medio ambiente; todo ello exigencias requeridas en obras de rehabilitación de un edificio.

En cuanto a requisitos de intervención podemos distinguir dos grandes grupos que aparecen detallados en la tabla siguiente:

	PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO U OBSERVACIÓN	NORMATIVA	FRECUENCIA
Condiciones del sustrato antes y/o después de la preparación	Deslaminación	Martillo de sonido		Antes de la aplicación
	Limpieza	Prueba visual con paño		Después de la preparación e inmediatamente antes de la aplicación
	Superficie irregular	Visual		Antes de la aplicación
	Rugosidad	Visual, ensayo de arena o "profile meter"	EN 1766 EN ISO 3274 EN ISO 4288	
	Resistencia superficial del sustrato	Ensayo pull-off	EN 1542	
	Movimiento de grietas	Galga mecánica o eléctrica		
	Vibración	Acelerómetro		
	Contenido de humedad del sustrato	Visual. Ensayo de resistividad. Pruebas de humedad relativa		Antes y durante la aplicación
	Temperatura del sustrato	Termómetro		A lo largo de la aplicación
	Carbonatación	Ensayo de fenoltaleína	prEn 14630: 2003-03	
	Contenido de cloruros	Toma de muestras y análisis químicos	prEn 14629: 2003-03	
	Corrosión de las armaduras existentes	Medición mecánica		
	Resistencia a compresión	Toma de muestras y ensayos "cube and crushing". Martillo de rebote	EN 12504-1 EN 12504-2	
	Aceptación de productos y sistemas	Identificación de todos los productos aplicados	Certificación escrita	EN 1504-8: 2000-10 EN 1008

**Tabla 2.** Controles previos a la ejecución según ENV 1504 (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)



## 2.2 RECRECIDOS DE HORMIGÓN

Esta es una de las opciones existentes para conseguir reforzar un elemento estructural de hormigón armado que se encuentra deteriorado.

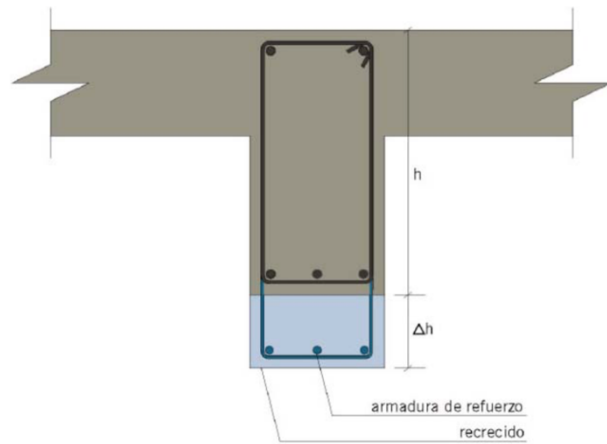
El primer objetivo de este tipo de refuerzo es, como en el de todo sistema de refuerzo, incrementar la capacidad portante del elemento reforzado. Normalmente realizamos esta intervención cuando el elemento de hormigón tiene una capacidad resistente inferior a la especificada en el proyecto, ya sea por algún error, por haber sufrido daños o desperfectos o por haber sido sometido a una carga superior a la especificada en proyecto.

El refuerzo mediante recrecido consiste en disponer una capa de hormigón y armadura sobre uno o más paramentos del elemento estructural deteriorado que se ha de reforzar. (Emmons, 1994), siendo este sistema uno de los más antiguos, económicos y eficaces que se conocen. Esto conlleva la gran ventaja de una fuerte compatibilidad entre el material original y el de refuerzo, así como una amplia superficie de contacto entre ambos. Por ello es posible la necesaria transferencia de esfuerzos que se veía más complicada en el sistema anteriormente descrito. El nuevo recrecido se hace solidario con el primitivo, formándose un único elemento estructural monolítico reforzado.

Cabe apuntar que, en caso de ser necesario, es posible incluso conectar el nuevo armado con el existente mediante algún tipo de anclaje, con el fin de conseguir en todos los casos un elemento monolítico capaz de incrementar la resistencia y rigidez del elemento original. El correcto funcionamiento de este sistema depende del aprovechamiento de los mecanismos de transferencia de cargas entre la pieza pre-existente y el nuevo refuerzo.

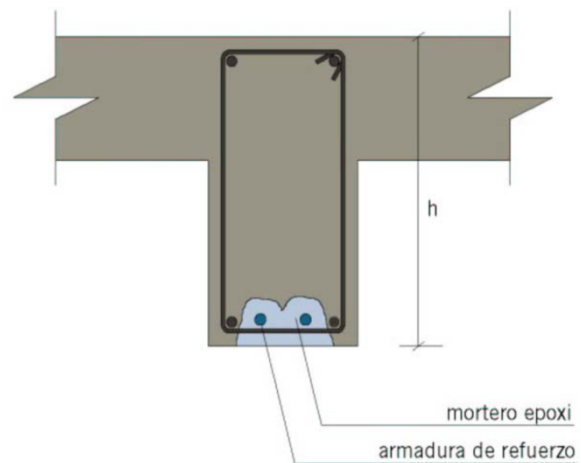
En el refuerzo de vigas mediante el sistema de recrecido de hormigón, podemos diferenciar dos casos, esta diferenciación se basa en que el refuerzo esté orientado a incrementar su capacidad a flexión o su capacidad a cortante.

En el primero de los casos, en el que lo que se quiere lograr es aumentar la capacidad a flexión, ésta normalmente se ve afectada por la insuficiencia de armadura a tracción, aunque también puede estar afectada por una falta de capacidad resistente de la zona comprimida de la viga, ya sea por una baja resistencia del hormigón o por escasez de armadura en la zona comprimida. (Fernández, 1994)



**Figura 20.** Recrecido de la viga (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

En algunos casos se ha realizado esta intervención sin incrementar el canto original de la viga, es decir sin recrecido. Esto consiste en la apertura de surcos longitudinales en la cara traccionada y la posterior incorporación de las barras necesarias en los mismos. El atado de dichas barras se realiza a los cercos existentes y finalmente se rellenan los surcos creados mediante un mortero de reparación. Este tipo de intervención no es del todo recomendada dado que puede derivar en errores de cálculo de ejecución.

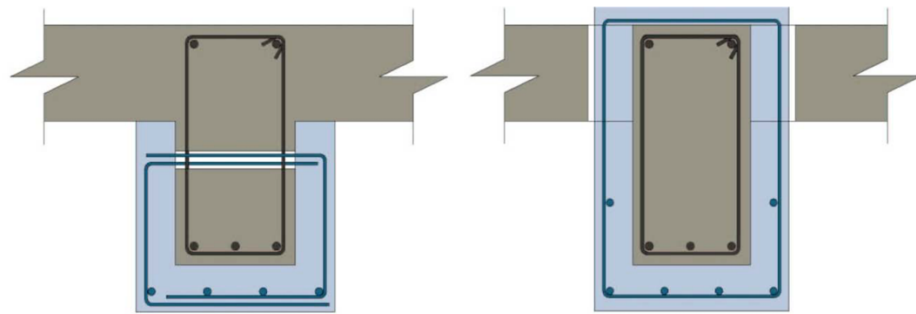


**Figura 21.** Refuerzo sin incrementar canto (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

En estos casos cabe la posibilidad de añadir una armadura complementaria en la cara traccionada dentro de un recrecido debidamente conectado a la sección original mediante suplementos de cercos nuevos soldados a los primitivos.

Es frecuente no solo realizar el recrecido por la cara inferior, sino hacerlo también por las caras laterales mediante la disposición de nuevos cercos, ya sean cerrados en el canto de la viga o en la cara superior de la misma.

Si la causa de la intervención es la búsqueda del aumento de la capacidad a cortante del elemento, ésta puede estar derivada de la falta de armadura transversal o la incorrecta colocación de la misma, asociada o no a una baja resistencia del hormigón. En estos casos el recrecido tendrá que afectar no solo a la cara inferior de la viga sino también a las caras laterales.



*Figura 22. Recrecido de viga con cercos (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)*

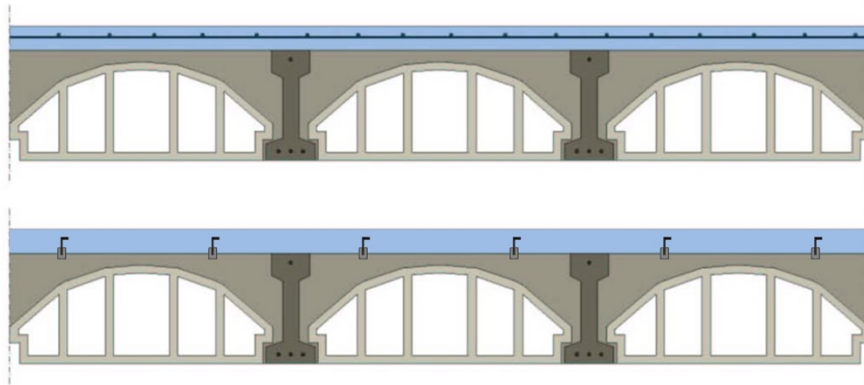
En los dos casos, flexión y cortante, la insuficiente capacidad resistente del elemento estructural es lo que nos conduce a la intervención de refuerzo.

En el caso de los forjados, al igual que en los anteriormente planteados para vigas, se puede plantear la necesidad de refuerzo por falta de capacidad resistente a flexión positiva o negativa o a cortante, o por falta de rigidez.

Existen dos tipos de recrecidos a flexión:

- **RECRECIDO SUPERIOR**

Siendo el caso más habitual, consiste en el incremento de canto del forjado recreciendo la capa de compresión del mismo, mejorando de este modo sus características de rigidez, capacidad a flexión y ductilidad. Muchas veces es necesaria la incorporación de conectores que absorban el rasante entre los hormigones viejo y nuevo.



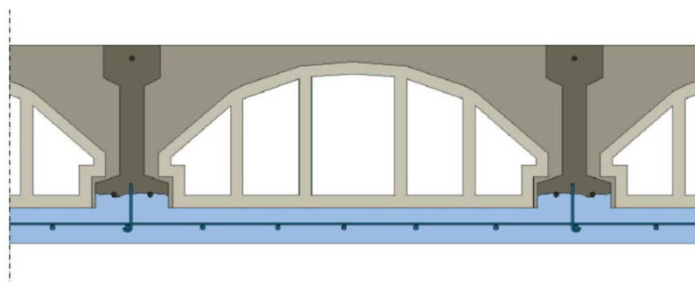
**Figura 23.** Refuerzo de forjado con recrecido superior sin y con conectores (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

- **RECRECIDO INFERIOR**

Este tipo de recrecido plantea situaciones muy dispares dependiendo del tipo de forjado sobre el que se vaya a intervenir.

Para el caso de losas macizas, el recrecido inferior es muy similar al superior, siendo el empleo de conectores aún más necesario, dado que la propia acción de la gravedad tiende a separar ambos hormigones, primitivo y nuevo.

En este tipo de intervención aparece un problema a la hora de la ejecución puesto que surge la necesidad de hacer compatible el apeo del forjado a reforzar con la propia realización del refuerzo. El hormigonado en este tipo de intervención también plantea algunos problemas siempre y cuando no se realice mediante gunitado o inyección de morteros, siendo lo recomendable.



*Figura 24. Refuerzo inferior de forjados (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)*

Otro caso que podría plantearse es el de forjados unidireccionales de viguetas o forjados reticulares. En estos casos no es habitual la práctica del recrecido inferior, sino el refuerzo individual de viguetas como se ha explicado anteriormente, realizando la intervención individualizada en cada una de las viguetas para finalizar el refuerzo con la reconstrucción del recubrimiento.

Por razones obvias no es un sistema de refuerzo empleado en el caso de viguetas pretensadas, limitando su uso en viguetas armadas.

Por todo lo comentado podemos afirmar que el correcto funcionamiento del refuerzo mediante recrecido con hormigón armado, sea del tipo que sea, se basa en aprovechar los mecanismos de transferencia de cargas entre la pieza original y la nueva.

Tal y como afirma el Dr. Arquitecto Alfonso del Río Bueno en su libro “Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación”:

Los mecanismos de transferencia han sido ampliamente estudiados y son los siguientes:

- **COMPRESIÓN DIRECTA HORMIGÓN-HORMIGÓN**

La compresión directa a través de la superficie de contacto es la forma más eficaz de transferencia de esfuerzos entre dos hormigones. Un adecuado diseño del refuerzo, evitando “holguras” por retracción, disponiendo “cajeados”, eliminando todo material deteriorado y tratando adecuadamente la superficie de hormigón original, es esencial para aprovechar este mecanismo de transferencia.

- **ROZAMIENTO HORMIGÓN-HORMIGÓN**

Las fuerzas de rozamiento entre la superficie del hormigón original y la de refuerzo son en general considerables dada la extensión de la superficie de contacto. Para aprovecharlas debidamente conviene tratar la superficie de contacto de modo que sea lo más rugosa e irregular posible. (El “cajeado” de la superficie es una opción límite en este sentido). El rozamiento se incrementa considerablemente si se aprovecha la presión entre ambas superficies como consecuencia de la retracción del hormigón de refuerzo en aquellos casos en que éste “envuelve” suficientemente al hormigón original. Un conveniente armado transversal del refuerzo genera un efecto de confinamiento que igualmente mejora el rozamiento. Asimismo la disposición de barras pasantes a través de la junta, que entran en tracción al movilizarse ésta, incrementa el rozamiento.

- **ADHERENCIA HORMIGÓN-HORMIGÓN**

Aparece en caso de disponer un adhesivo o “puente de adherencia” entre hormigón original y de refuerzo. Las tensiones tangenciales de adherencia oscilan típicamente entre 0,6 y 2,4 N/mm<sup>2</sup>, para deslizamientos comprendidos entre 0,05 y 0,2mm.

- **PASADORES**

La disposición de barras ancladas en el hormigón original y embebidas en el de refuerzo, generalmente conocidas como “pasadores”, permiten una considerable transferencia de esfuerzos entre el elemento original y el refuerzo. El comportamiento mecánico de éstas barras, basado en lo que se conoce como efecto pasador ha sido ampliamente estudiado y puede seguirse resumidamente en el ya citado boletín del C.E.B.

- **TRANSFERENCIA ARMADURA-ARMADURA**

La conexión directa de la armadura original y la de refuerzo constituye una posibilidad más de transferencia de esfuerzos. Para ello hay que eliminar localmente el recubrimiento y colocar barras intermedias que mediante soldadura o solape permitan dicha transferencia. El armado transversal del refuerzo tiene gran importancia en la eficacia de este tipo de conexión.” (Del Río Bueno, -)

Son muchas las ventajas que presenta este tipo de refuerzo, entre las que destacan su economía. Es un sistema más económico que otros y su ejecución relativamente rápida y sencilla.



Como inconvenientes del sistema cabe recalcar que la resistencia de cálculo no se alcanza hasta pasados 28 días y el hormigón endurece. Además el sistema implica un aumento considerable de las dimensiones del elemento original, lo que puede ocasionar problemas de tipo funcional o incluso llegar a generar un cambio en la rigidez del elemento estructural original afectando al resto de la estructura. Pueden aparecer a su vez problemas en la unión entre hormigones generadas en la retracción del nuevo hormigón. Por ello muchos de los condicionantes a la hora de definir el hormigón del recrecido están enfocados a minimizar dicha retracción.

### 2.2.1 MATERIALES

En este tipo de intervención se emplean dos materiales muy básicos, el hormigón y el acero de las armaduras del recrecido.

- **HORMIGÓN**

Pueden emplearse varios tipos de hormigón en la configuración de un refuerzo de este tipo.

#### **Hormigón tradicional**

Cuando se utiliza un hormigón tradicional en el recrecido de refuerzo, el espesor mínimo de la capa que se ha de generar esta en torno a 100mm, pudiendo verse reducida gracias al empleo de superfluidificantes y áridos de tamaño máximo reducido (10-16mm), no siendo nunca conveniente llegar a espesores inferiores a 70mm. (Fernández, 1994)

En este tipo de hormigones muchas veces es necesario el empleo de superfluidificantes para conseguir alcanzar la consistencia necesaria, con un cono de Abrams superior a 15cm, con el mínimo contenido de agua.

#### **Hormigón proyectado**

Es uno de los sistemas más empleados en la reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado mediante el sistema de recrecido. Esto es debido a que este tipo de hormigón facilita y reduce el tiempo de puesta en obra, gracias a sus excelentes propiedades de adherencia y resistencia del hormigón proyectado a alta velocidad.

Con técnicas de gunitado el espesor del recrecido puede reducirse hasta 3-4cm, siempre teniendo en cuenta que una reducción de espesor supone una reducción de la propia capacidad del refuerzo. (Fernández, 1994)

Existen casos en los que el uso de hormigones autonivelantes puede estar justificado, bien sea por dificultades de puesta en obra en las que es imprescindible garantizar la transmisión de cargas.

En determinadas ocasiones y en función de los condicionantes constructivos, puede ser recomendable o necesario sustituir el hormigón por mortero. Con el inconveniente que el mortero presenta una mayor retracción, empleándose entonces y para dar solución a este problema, morteros especiales de reparación con reacción limitada.

- **ARMADO ADICIONAL**

Para la configuración de este tipo de armado hemos de recurrir a la utilización de acero de armar evitando siempre otros metales que pudieran dar lugar a la formación de pares galvánicos al entrar en contacto con el armado de elemento estructural original.

- **ELEMENTOS DE UNIÓN**

Elementos utilizados cuando es necesario aumentar o asegurar la adherencia entre hormigones.

Para lograr dicha unión puede emplearse lechadas o morteros fluidos a base de cementicia, resinas epoxi o emulsiones látex.

### 2.2.2 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Las dos características básicas que condicionan un refuerzo de tipo recrecido son el diseño como refuerzo activo o pasivo y la resistencia frente a esfuerzos tangenciales de la superficie de contacto entre hormigón antiguo y hormigón nuevo.

- **DISEÑO COMO REFUERZO ACTIVO O PASIVO**

El diseño del recrecido viene condicionado de forma fundamental dependiendo de si es concebido como refuerzo activo o pasivo.

#### **REFUERZO ACTIVO**

Este tipo de refuerzo entra en carga y colabora con el elemento reforzado desde el estado neutro de este último. Por ello es necesario el apeo y la descarga completa del elemento a reforzar previo a ser intervenido.

#### **REFUERZO PASIVO**

Sólo entra en carga como consecuencia de la deformación del elemento reforzado, de esta forma su colaboración se garantiza en el caso de presentarse acciones no previstas ni presentes en el momento de la puesta. Por otro lado no resultará colaborante frente a las acciones que ya estuvieran actuando sobre el elemento origen.

En este caso es necesario comprobar la capacidad resistente que posee el elemento que se pretende reforzar una vez hemos eliminado el hormigón deteriorado, confirmando que dicha capacidad es suficiente para soportar su propio peso, las cargas permanentes y el peso del recrecido.

Si no es suficiente hemos de recurrir a la colocación de un apeo pasivo del elemento a reforzar, de manera que una vez alcanzada la resistencia requerida se proceda al desapeo. Entonces tanto el peso del recrecido como las futuras cargas y sobrecargas no presentes de uso actúan sobre el elemento de refuerzo.

### ▪ RESISTENCIA FRENTE A ESFUERZOS TANGENCIALES

Un aspecto esencial en este tipo de refuerzos es la unión entre hormigones, primitivo y nuevo.

Las condiciones básicas para lograr una buena adherencia entre hormigones y con ello una adecuada resistencia del contacto a las tensiones tangenciales del mismo son:

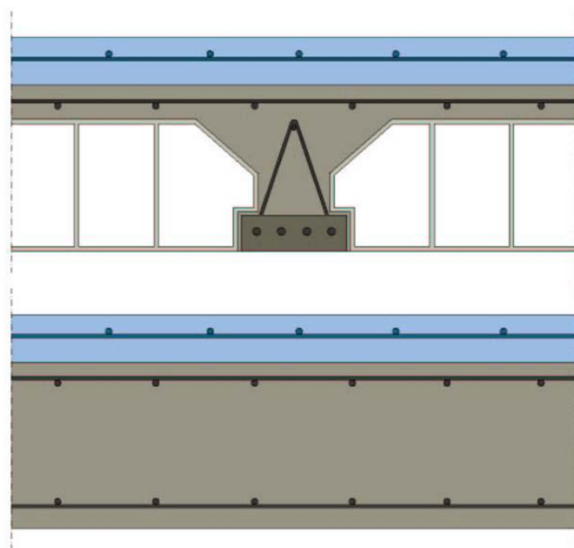
- Contar con un hormigón del sustrato sano y limpio.
- Superficie del hormigón de sustrato rugosa para facilitar la trabazón mecánica entre hormigones.
- Estructura abierta de poros en el sustrato.
- Emplear un hormigón de reparación o un puente de unión con un contenido suficiente de pasta fluida que pueda penetrar en la red de poros del sustrato. Evidentemente cuanto menos sean los poros mayor fluidez será necesaria en esa pasta y viceversa. (Emmons, 1994)

En algunas ocasiones puede ser necesario aumentar o asegurar la resistencia de contacto entre hormigones tangenciales mediante el empleo de algún adhesivo o con la inclusión de elementos de conexión.

Incluso existen casos en los que resulta interesante la ejecución del saneado del hormigón dejando resaltes estratégicos con el fin de que estos actúen a modo de llaves entre ambos hormigones.

### ▪ REFUERZO A FLEXIÓN EN FORJADOS Y LOSAS

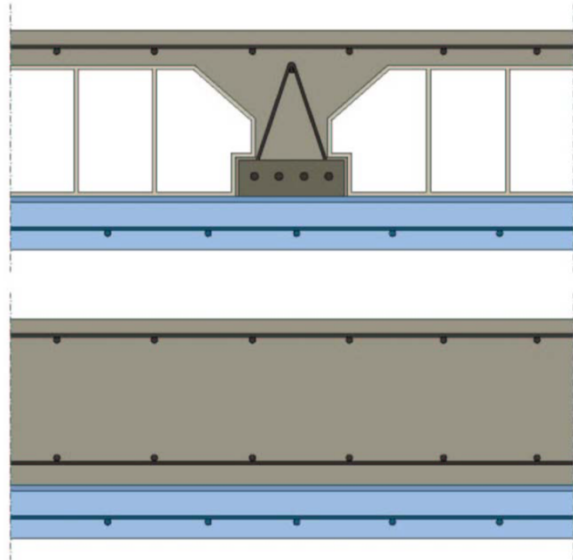
Lo más usual es ejecutar el refuerzo aumentando la capacidad de la capa de compresión. Para ello se vierte sobre el forjado original una nueva capa de hormigón colocando a su vez un mallazo de reparto, garantizando, como siempre, la unión entre la nueva capa de compresión y el forjado inicial para conseguir una correcta transmisión de esfuerzos rasantes entre ambos.



**Figura 25.** Forjados reforzados con recricido superior (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

Normalmente esta unión se ve garantizada por la gran superficie de contacto que existe entre ambos, que hace que las tensiones tangenciales en la unión sean mínimas. Si esto no fuese suficiente y tuviéramos que mejorar la unión podríamos conseguirlo bien por adherencia, colocando conectores o bien mediante un adhesivo en el contacto. En cualquier caso es necesario tratar la junta, limpiando y saneando el hormigón original previo a la puesta en obra.

En cuanto al recrecido inferior, el principal problema que plantea es el sistema de transferencia de esfuerzos entre la parte antigua y la nueva, especialmente si el elemento original se configura a base de nervios y elementos aligerados.



**Figura 26.** Forjados reforzados con recrecido inferior  
(Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

- OTROS ASPECTOS A TENER EN CUENTA

Otros aspectos que hemos de tener en cuenta a la hora de afrontar una intervención de este tipo son el espesor del recrecido y la calidad del hormigón de dicho recrecido.

### ESPESOR DEL RECRECIDO

Es recomendable que el espesor del recrecido sea inferior a 1/3 del espesor del hormigón ya existente, siendo el espesor usual en recrecidos de refuerzo a flexión de forjados de en torno a 3-8cm.

### CALIDAD DEL HORMIGÓN DE RECRECIDO

El hormigón nuevo debe tener como mínimo una resistencia de  $5\text{N/mm}^2$  (Fernández, 1994)

Otros autores, sin embargo, no puntualizan cual debe ser dicha resistencia en el hormigón de recrecido.

### 2.2.3 ASPECTOS A TENER EN CUENTA

- SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Deberá asegurarse la capacidad del elemento original de resistir su peso propio y el del refuerzo, siempre que este sea necesario para resistir cargas no presentes en el momento de la intervención, siendo normalmente necesario el apeo.

- SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

El recrecido tiene las mismas características que se le otorgan a las piezas de hormigón armado en relación a la seguridad frente a incendios.

Únicamente hemos de tener en cuenta que en el caso de aplicar adhesivo epoxi para favorecer la unión entre ambos hormigones, como ya se ha explicado anteriormente, se ha de comprobar si la protección ofrecida por el propio recrecido garantiza durante el tiempo necesario la integridad del nuevo refuerzo.

- SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

Los únicos problemas relativos a la seguridad de utilización que pueden darse en este tipo de intervenciones son los relacionados con la disminución de elementos habitables que pueden ocasionar los recrecidos.

- ECONOMÍA DE MANTENIMIENTO

La durabilidad que presentan los recrecidos es la propia de los elementos realizados con este material sometido a la clase de exposición que le corresponda.

- SALUBRIDAD

Los materiales utilizados en la configuración de este sistema de refuerzo son totalmente inofensivos tanto para los operarios como para los usuarios.

- SOSTENIBILIDAD

Los residuos que pueden generarse en el proceso de intervención son los que se corresponden con la demolición parcial del hormigón deteriorado del elemento estructural original, así como de los posibles revestimientos o tabiques, falsos techos que pudiera ser necesario retirar para poder intervenir, por lo que debe preverse un plan de gestión de residuos en el que se indique la cantidad de residuos que van a generarse, diferenciados por tipos y el destino que van a recibir

- HABITABILIDAD

Debido al aumento de sección que supone este tipo de refuerzo pueden darse problemas de espacio que incluso pueden derivar en problemas de tipo estético.

En el caso de intervenir en la parte superior del forjado en viviendas habitadas, suele ser un trastorno para sus usuarios ya que esto implica demolición de pavimentos e incluso de tabiquería.

- **ACCESIBILIDAD**

Este sistema no requiere importantes medios auxiliares por lo que no plantea problemas serios de accesibilidad.

#### 2.2.4 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

##### FASE DE PREPARACIÓN

- **EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INTERVENCIÓN**

En primer lugar hemos de llegar a una determinación de los requisitos y sistemas que resulten más idóneos a ser empleados.

Una vez hayamos decidido esto, procederemos a la calificación de las prestaciones de los sistemas seleccionados, para finalmente realizar el cálculo del índice de reparación de la intervención de casa sistema y poder llegar a la selección del sistema más adecuado.

- **DESARROLLO DEL SISTEMA DE INTERVENCIÓN**

Una vez completada la fase anterior, procederemos a estudiar con mayor detenimiento el sistema seleccionado. Para ello volvemos a determinar los requisitos y prestaciones a considerar para poder pasar a la fase de preparación y finalmente a la aplicación del sistema.

- **REDACCIÓN DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN**

##### APLICACIÓN DEL SISTEMA

- **APEO PREVIO DEL ELEMENTO A REFORZAR**

Será recomendable proceder al apeo del elemento a reforzar en todos los casos y resulta una medida imprescindible siempre y cuando el refuerzo haya sido diseñado como activo o semiactivo.

- **PREPARACION DEL SOPORTE**

Como ya se ha comentado en varios apartados anteriores, en este sistema de refuerzo resulta imprescindible conseguir una garantía en lo que a la adherencia entre el hormigón original y el de refuerzo se refiere. Para ello es necesario preparar convenientemente la superficie del soporte. Esto puede lograrse de varias maneras: se debe eliminar la capa superficial de lechada en la que suelen aparecer todas las impurezas con el fin de mejorar su rugosidad. Esto se consigue mediante picado con martellina o mediante chorro de arena. Posteriormente debemos limpiar la superficie de hormigón para eliminar todo el resto de polvo, suciedad o material deteriorado.

En algunos casos es incluso adecuado realizar un cajeado del soporte eliminando el hormigón viejo en bandas de unos 3 cm de profundidad, alternadas con bandas sin picar, para que de este modo los dos hormigones, viejo y nuevo, queden machihembrados. En casos en los que el hormigón original presente un gran deterioro, hemos de picar por completo el recubrimiento del soporte inicial descubriendo su armado.

Si se recurre al empleo de adhesivos para conseguir mejorar la resistencia a esfuerzos rasantes entre hormigones, también es necesario picar toda la superficie del soporte.

- EJECUCIÓN DEL REFUERZO

Una vez hemos completado los pasos anteriores, ya está preparada la superficie y es cuando procedemos a colocar la nueva armadura que quedará integrada en el recrecido de refuerzo.

Una vez preparado el armado del recrecido deberán colocarse los encofrados, siempre y cuando no empleemos hormigón proyectado, y posteriormente se realiza el hormigonado.

Si se emplean adhesivos conviene que tengan suficiente tiempo de trabajabilidad, si no se emplean adhesivos es necesario saturar con agua al hormigón existente al menos durante seis horas.

- DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN

Una vez finalizado el refuerzo, debe curarse el nuevo hormigón del recrecido al menos durante los próximos diez días. El curado se realiza con agua y en el caso que sea imposible su materialización se empleará un producto filmógeno de curado.

## 2.2.5 CONTROL

### ▪ CONTROL PREVIO A LA EJECUCIÓN

Para conocer y comprobar las características más relevantes de los materiales a emplear antes de su puesta, se pueden llevar a cabo los siguientes controles previos a la ejecución del sistema de refuerzo mediante recrecido:

	PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO U OBSERVACIÓN	NORMATIVA	FRECUENCIA
Condiciones del sustrato antes y/o después de la preparación	Deslaminación	Golpe con mazo		Una vez antes de la aplicación
	Limpieza	Examen visual. Ensayo de secado		Después de la preparación e inmediatamente antes de la aplicación
	Rugosidad	Examen visual. Método de la superficie de arena o perfilómetro		
	Resistencia superficial a la tracción del sustrato	Ensayo de arrancamiento	EN 1766 EN ISO 3274 EN ISO 4288	
	Temperatura del sustrato	Termómetro		Durante toda la ejecución
	Resistencia a compresión	Testigo y ensayo de aplastamiento. Ensayo con esclerómetro	EN 12504-1 EN 12504-2	
Aceptación de productos y sistemas	Control de los acopios	Inspección visual		Diario
	Comprobar que los materiales se almacenan a cubierto, protegidos del sol y el calor, en lugar fresco y seco y en sus envases originales cerrados y agrupados según su identificación	Inspección visual		Diario
	Almacenar los materiales hidráulicos separados del terreno mediante listones de madera y protegidos de lluvia y rocío	Inspección visual		Diario
	No extraer los envases de las cajas de envío hasta su uso	Inspección visual		Diario
	Computar el material acopiado, para comprobar lo consumido, comprobando la concordancia entre el número de componentes I y II para los materiales biocomponentes	Inspección visual		Al final de la jornada

**Tabla 3.** . Controles previos a la ejecución según EN 1504-10 y otros (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)



- CONTROL DURANTE LA EJECUCIÓN

Durante la ejecución de un sistema de refuerzo mediante recrecido de hormigón podemos realizar los controles que aparecen en la tabla que se muestra a continuación. Dichos controles nos permiten conocer y comprobar las condiciones del sustrato sobre el que vamos a intervenir durante la ejecución:

	PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO U OBSERVACIÓN	NORMATIVA	FRECUENCIA
Estado y requisitos antes y/o después de la aplicación	Temperatura ambiente	Termómetro		Durante toda la aplicación
	Precipitaciones	Examen visual		Diariamente
	Consistencia del hormigón	Ensayo de asentamiento. Ensayo Vabe. Ensayo de la mesa de sacudidas	En 1235-1,-5	Diariamente o por cada lote
	Consistencia del mortero o del cemento	Ensayo de escurrimiento. Ensayo de la mesa de sacudidas. Ensayo de la cara superior	EN 13395-3 EN 13395-1, -2, .4	Diariamente o por cada lote
	Contenido de aire en el hormigón fresco	Método de presión	EN 12350-7	
	Espesor o recubrimiento del material para reparación	Testigo y examen visual. Ensayo de medida del recubrimiento	EN 12504-1	Una vez después de la reparación
	Resistencia a compresión	Ensayo de aplastamiento de un cubo. Ensayo de esclerómetro	EN 12390-1, -3 EN 12190 EN 12504-2	Una vez después de la reparación
	Tiempo de trabajabilidad	Reloj		Durante la aplicación

**Tabla 4.** . Controles durante la ejecución según EN 1504-10 y otros (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

▪ CONTROL DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN

Para comprobar la condición final de endurecido de la reparación, tras la ejecución de un recrido de hormigón, podemos efectuar los controles que se enumeran a continuación:

	PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO U OBSERVACIÓN	NORMATIVA	FRECUENCIA
Estado final después del endurecimiento	Deslaminación	Golpe con mazo		Una vez antes de la aplicación
	Permeabilidad al agua del revestimiento o del material de reparación o de las fisuras rellenas	Ensayo Karsten. Testigo y ensayo de penetración	ISO 7031 EN 12390-8	Una vez para evaluar la eficacia de la reparación
	Espesor del recubrimiento	Testigo y examen visual. Ensayo con el medidor de recubrimiento	EN 12504-1 EN 12504-2	Una vez por tipo de elemento
	Adherencia del revestimiento, y del material para reparación	Ensayo de corte por enrejado. Ensayo de arrancamiento	EN ISO 2409-6 ISO 4624 EN 1542	Una vez para cada tipo de superficie o de elemento
	Resistencia a compresión	Testigo y ensayo de aplastamiento. Ensayo con esclerómetro	EN 12504-1 EN 12504-2	Una vez por tipo de elemento
	Densidad del hormigón endurecido	Método de secado en estufa	EN 125390-7	Una vez después de la reparación
	Retracción, figuración del hormigón y del mortero para reparación	Calibre mecánico o examen visual		Una vez para evaluar la eficacia de la reparación
	Presencia de huecos dentro y detrás del material para reparación endurecido	Ensayo por ultrasonidos. Radiografía. Testigo y examen visual	EN 12504-4: 1998-07 ISO 8047 EN 12504-1	
Control de envases vacíos	Comprobar la concordancia de envases utilizados de materiales biocomponentes	Inspección visual		Una vez aplicado el producto
	Ver la ausencia de restos significativos de material en los envases biocomponentes	Inspección visual		Una vez aplicado el producto
	Comprobar el endurecimiento total del material mezclado restante en el interior de los envases	Inspección visual		Una vez aplicado el producto

**Tabla 5.** . Controles después de la ejecución según EN 1504-10 y otros (Guía de la intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes.)

Finalmente cabe indicar que además del refuerzo mediante recrecido de hormigón armado existen otros tipos de recrecido.

El recrecido convencional mediante hormigón armado. Como ya hemos explicado, consiste en colocar en espesor superior a 7cm, un hormigón convencional de adecuada resistencia y con una cuantía de armado similar a la existente. Una forma de facilitar la puesta en obra consiste en la incorporación de aditivos superfluidificantes que aumenten la trabajabilidad del hormigón, siempre y cuando el mismo presente las características de fluidez y consistencia adecuadas.

Otro tipo de recrecido es el realizado con micro hormigón de cemento polimérico, es decir, mortero hidráulico polimérico de alta resistencia. Este sistema consiste en colocar, en espesor de 3 a 7 cm, el micro hormigón polimérico ya mencionado junto con una mezcla de áridos de granulometría entre 3 y 10mm, pudiendo presentar o no armadura.

En último lugar hay que mencionar el recrecido con mortero de cemento polímero, es decir, mortero hidráulico polimérico de alta resistencia. Éste consiste en colocar, con espesores entre 1 a 3 cm, mortero polimérico de dos componentes. Este recrecido normalmente no presenta armado.





---

**SISTEMAS  
INNOVADORES  
CON DIT**

HERMS

MECANOVIGA

---



Antes de comenzar la exposición de este capítulo, vamos a aclarar varios aspectos relacionados con los refuerzos con sistemas D.I.T. (Documento de Idoneidad Técnica)

El D.I.T es un documento expedido por el Instituto Eduardo Torroja (IETcc) que contiene una apreciación técnica favorable de la idoneidad de empleo en edificación y/u obra civil de un determinado producto, material, sistema o procedimiento constructivo, no tradicional o innovador, basada en el cumplimiento de los requisitos esenciales previstos para las obras en las que se utiliza este producto. Marco legal: Decreto N° 3652 de 26/12/1963 y Orden Ministerial N° 1265, de 23/12/1988.

El D.I.T se concede a:

-Productos para los que no existe ni norma armonizada, ni norma nacional reconocida, ni mandato de norma armonizada, y para los cuales la Comisión, previa consulta al Comité permanente de la Construcción, considere que no es posible elaborar una norma, o que todavía no es posible elaborar una norma.

-Productos que se apartan significativamente de las normas

armonizadas o de las normas nacionales reconocidas. (Instituto Valenciano de la Edificación IVE, 2008)

El sistema D.I.T. para refuerzos estructurales aparece en los siguientes países: Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Holanda, Hungría, Irlanda, Italia, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania y Suecia.

En los últimos tiempos han aparecido varios sistemas y productos para la ejecución de refuerzos en forjados que tratan de resolver la necesidad resistente de los mismos, así como las condiciones óptimas de montaje y ejecución. Esto derivado de una problemática extendida en los últimos tiempos generada por la degradación de los forjados realizados con viguetas prefabricadas de cemento aluminoso.

Estos sistemas se caracterizan generalmente por el empleo de materiales alternativos a la perfilería de acero estructural convencional, buscando siempre soluciones más ligeras y que permitan un montaje rápido y funcional, tratando de reducir lo máximo posible la pérdida de altura útil que introducen los refuerzos.





## 3.1 HERMS

### 3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

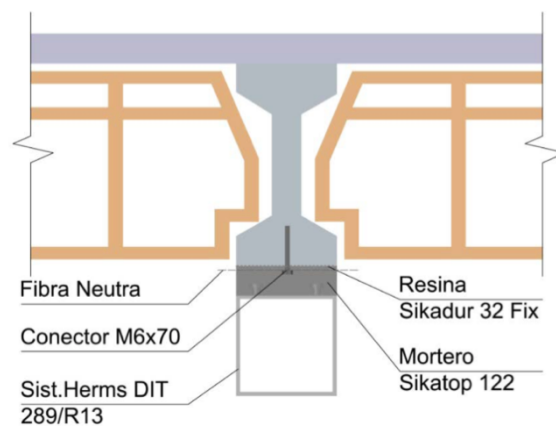
El sistema conocido como HERMS, dispone del Documento de Idoneidad Técnica número 289/R13.

Dicho sistema consiste en disponer bajo la vigueta a reforzar una viga telescópica de perfiles tubulares cuadrados de acero galvanizado. Estos perfiles disponen en su cara superior unos bulones soldados, que actúan como conectores ente la vigueta deteriorada y la nueva vigueta de refuerzo.

En la parte inferior de la vigueta afectada se realizan unos pequeños talados donde posteriormente se colocarán unos tornillos a modo de conectores.

Debemos aplicar una imprimación en la superficie inferior de la vigueta mediante resina epoxídica para, a continuación, rellenar el espacio existente entre ambas viguetas, deteriorada y nueva, con mortero de retracción controlada, consiguiendo de este modo un trabajo conjunto entre el forjado existente y el nuevo refuerzo, y mejorando con ello la capacidad resistente del original dado que se consigue una sección mixta.

En el interior del espacio retacado con mortero de retracción controlada se disponen cuatro barras de acero corrugado B500SD de 10 mm de diámetro y 900mm de longitud, sobre cada una de las dos zonas de unión de los perfiles.



**Figura 27.** Sección D.I.T. 289/R13  
(Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

Los perfiles cuadrados que forman la nueva viga de refuerzo se fijan entre sí mediante tornillos, conocidos como tornillos de fijación, que permiten garantizar un mejor ajuste entre tramos, evitando con ello la problemática derivada de las tolerancias dimensionales de los perfiles y del galvanizado posterior.

Estos tornillos poseen en su cabeza un tetón acabado en punta templada, que se clava en el perfil interior cuando se procede al proceso de apriete. De esta forma evitamos desplazamientos longitudinales entre tramos de la viga de refuerzo.

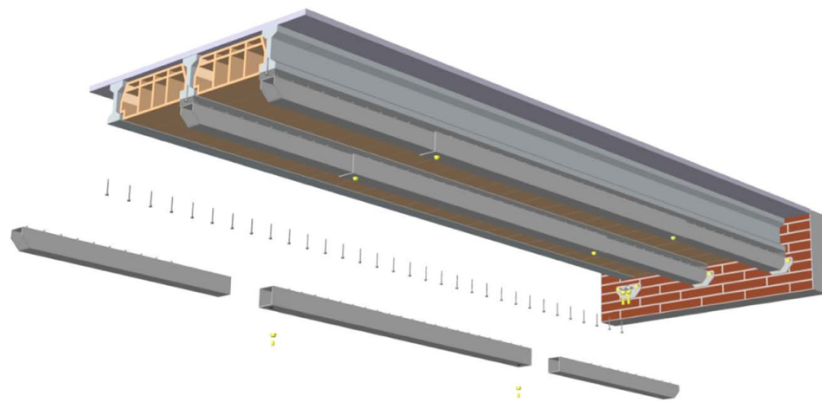
La transmisión de esfuerzos del forjado al elemento sobre el que apoya, bien sean jácenas o zunchos de borde, se configura gracias a unas piezas de fundición nodular que hacen función de apoyo. Estas piezas están sujetas a los mismos mediante anclajes de tipo químico, con tamiz o sin tamiz, dependiendo del caso. Además es importante mencionar que estos apoyos

no transmiten momentos a los elementos estructurales citados.

En cada uno de los apoyos se colocan dos tornillos de postensión que, mediante apriete, presionan a la viga de refuerzo contra el forjado existente. A esto se le conoce como activación del sistema.

Estos tornillos, junto con los tornillos de fijación, desarrollan las fuerzas necesarias para que la viga de refuerzo entre en carga. No obstante, dada la colaboración del forjado existente, debe garantizarse la estabilidad del mismo hasta que el mortero de relleno tenga la resistencia suficiente como para ser capaz de transmitir los esfuerzos derivados del trabajo conjunto del refuerzo y del forjado, con un nivel de seguridad suficiente.

La constitución telescópica de la viga de refuerzo que se genera en este sistema, permite un fácil y cómodo transporte, manipulación y montaje de la misma.



**Figura 28.** Fijación mecánica perfiles cuadrados D.I.T. 289/R13 (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

### 3.1.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

#### ▪ TUBO DE REFUERZO

Este es el elemento estructural más importante de todo el sistema HERMS D.I.T. 289/R13. Gracias al mismo se forma la sección mixta junto con la viga de hormigón dañada.

La vigueta está constituida por tres tramos de tubo cuadrado de acero galvanizado, un tramo central de 100x100x4 mm y dos tramos laterales de 90x90x4mm.

Ambos tramos laterales se deslizan por el interior del tramo central y quedan bloqueados mediante tornillos de fijación. Debiendo empotrar entre 35 y 45 cm con el central.

Dicho tubo aparece estampado en su parte inferior para con ello permitir el alojamiento de la tuerca del tornillo de fijación. Los tubos de ambos laterales tienen un corte en su parte extrema a 45°, con el fin de permitir el apretado de los tornillos de postensión.

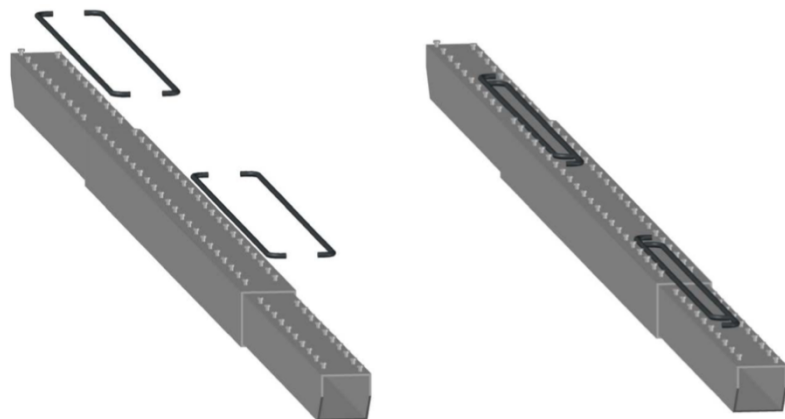
Además sobre la cara superior de la nueva viga metálica de refuerzo, aparecen soldadas dos hileras de conectores metálicos de diámetro 8 mm y altura 14 mm, que ayudan a facilitar la

unión con la vigueta existente de hormigón. Ambas hileras están separadas 40 mm y los conectores están distanciados entre si 90mm siendo esta distribución suficiente para lograr absorber el esfuerzo rasante en viguetas de edificación según ensayos del Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona.

El galvanizado de estas piezas se realiza por inmersión una vez se han realizado todas las perforaciones y cortes necesarios.

Además en la unión de los tramos laterales con el tramo central se colocan barras de acero corrugado B500S de 10 mm de diámetro, con ello conseguimos asegurar la continuidad del acero en la sección más débil del conjunto.

Dicho perfil metálico de refuerzo tiene de forma aislada la capacidad mecánica suficiente como para garantizar una luz máxima, en función de la carga e interese considerado, la estabilidad del forjado en caso de pérdida total de resistencia de la vigueta afectada. Siempre que se mantengan las limitaciones de resistencia y deformaciones de la normativa en vigor.



**Figura 29.** Despiece perfiles cuadrados D.I.T. 289/R13 (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

### ▪ SISTEMA DE UNIÓN

Utilizaremos mortero de unión para rejuntar o rellenar la unión de la antigua viga de hormigón con el nuevo elemento formado por los tubos metálicos.

Previamente colocaremos una capa de pintura epoxi para asegurar la adherencia del mortero de unión a la viga primitiva. Esta capa se aplica sobre la cara inferior de la viga a reparar, actuando a su vez como separador químico.

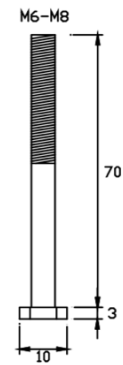
Por otro lado, el uso de tornillos de fijación nos garantiza que no van a darse errores en la formación de la viga mixta, dado que ellos por si solos son capaces de absorber el esfuerzo rasante, independientemente de la adherencia que se consiga con las resinas epoxi.

Por ello estos tornillos de fijación son siempre necesarios. Además en caso de incendio las resinas epoxi pierden todas sus propiedades siendo entonces su comportamiento poco fiable y más cuando se trata de cementos defectuosos.

Con todo esto podemos afirmar que el sistema de unión entre la vigueta afectada y el nuevo perfil de refuerzo es de tipo unión mecano-química. La unión mecánica la forman los diferentes conectores dispuestos en la unión, y la unión química es asegurada por el efecto de la resina epoxídica y el mortero de unión.

### ▪ CONECTORES DE LA VIGUETA DE HORMIGÓN

Se emplean como conectores de la vigueta de hormigón tornillos de acero de métrica 6 u 8mm, y altura 70mm, separados entre sí 200mm como mínimo, distribuidos de forma uniforme a lo largo de toda la longitud de la vigueta de hormigón y sobre el eje de simetría de la misma, sobresaliendo 18 mm de su cara inferior.



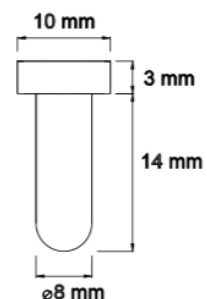
**Figura 30.** Conectores de la vigueta de hormigón (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

Dicha tornillería se baña en resina epoxi antes de ser colocada, con esto se logra protegerlos de la posible carbonatación de la viga, siendo la función principal asegurar la unión, aunque se consigue también absorber el esfuerzo rasante.

### ▪ CONECTORES DEL PERFIL METÁLICO

Estos conectores son pernos o bulones metálicos de 8mm de diámetro y altura 14mm, soldados sobre la superficie superior del perfil de refuerzo, separados 90mm entre sí y dispuestos en dos hileras paralelas a la dirección longitudinal de forma simétrica respecto al eje de la pieza y separadas entre sí 40mm.

La función de dichos conectores es absorber el esfuerzo rasante y asegurar la buena adherencia del perfil con el mortero de unión.



**Figura 31.** Conectores del perfil metálico (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

- **MORTERO DE UNIÓN**

Utilizamos un mortero de unión controlada (MORTERO SIKA TOP 122), con una función primordialmente resistente, puesto que ha de ser capaz de soportar las tensiones tangenciales derivadas del trabajo conjunto de la vigueta deteriorada y la nueva vigueta de refuerzo, siendo la resistencia a compresión suficiente para que no se produzca fallo por aplastamiento del mortero en la zona inmediata a los conectores.

- **RESINA EPOXÍDICA SIKADUR 32 FIX**

Esta resina tiene una doble función. Por una parte hace de puente de unión entre la vigueta original y el mortero de unión (MORTERO SIKA TOP 122), rellenando el espacio entre la viga primitiva y la de refuerzo, debiendo garantizar junto con los conectores anclados a la vigueta, la transmisión del esfuerzo rasante derivado del trabajo conjunto de ambos elementos.

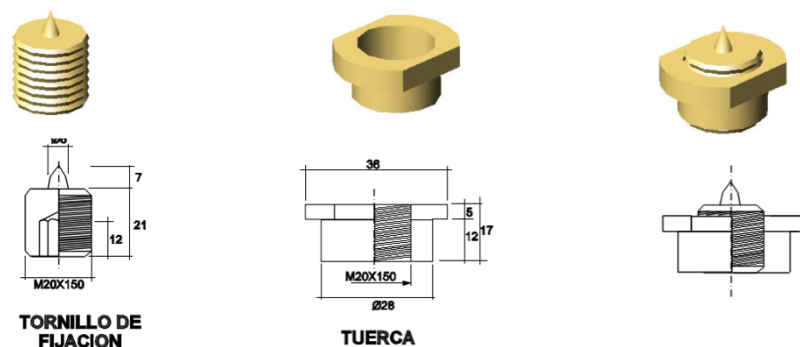
Por otro lado ejerce la función de separador químico entre dos tipos de materiales incompatibles, el cemento deteriorado de la vigueta original y el cemento del mortero (MORTERO SIKA TOP 122)

- **TORNILLOS DE FIJACIÓN**

Cuando ya hemos materializado la viga metálica debemos pasar a ver como se realiza el apoyo de la misma sobre las paredes y la fijación o bloqueo de los tramos de dicha viga.

Para ello se utilizan los tornillos de fijación, que tienen como función principal lograr el bloqueo de los tubos entre sí, evitando desplazamientos relativos entre los perfiles en dirección longitudinal.

Los tornillos de fijación se componen por una rosca y una espiga, presentando esta última en su extremo superior una punta templada que penetra en el perfil interior cuando se realiza el apriete del tornillo, mediante llave Allen m10.



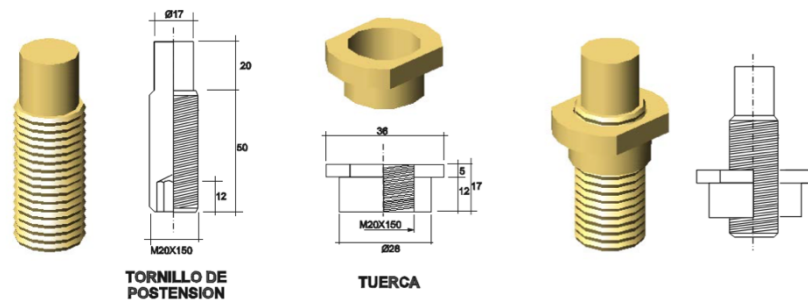
**Figura 32.** Tornillos de fijación  
(Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

### ▪ TORNILLOS DE POSTENSIÓN

Son tornillos de acero, con su correspondiente tuerca, que se sitúan en la pieza de apoyo y que mediante el apriete contra la superficie interior de la cara superior del perfil de refuerzo permiten la entrada en carga del sistema.

La longitud de la rosca es de 40mm, permitiendo cierto grado de tolerancia en la disposición en dirección vertical de la pieza de apoyo. Se aprieta mediante una llave Allen M10.

El desplazamiento vertical del perfil se realiza hasta que el mortero de unión comienza a rebosar, logrando de este modo que quede totalmente en contacto con la cara inferior de la vigueta original.



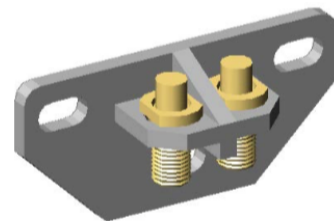
**Figura 33.** Tornillos de postensión.  
(Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

### ▪ APOYOS

Utilizamos una pieza de fundición nodular para materializar los apoyos. Dicha pieza transmite mediante los anclajes las cargas de la viga al elemento resistente. La transmisión de cargas desde la viga al apoyo se realiza a través de los tornillos de postensión, quedando encajados en la pieza de apoyo.

El apoyo queda fijo al elemento resistente mediante tres tacos químicos. Si se trata de pared de ladrillo de mala calidad o de pared hueca se emplean tacos químicos con tamiz. Para el caso de paredes macizas o de hormigón, empleamos tacos químicos pero en este caso sin tamiz. Indicar que además las perforaciones que aparecen en la pieza de apoyo permiten cierta tolerancia en la dirección horizontal.

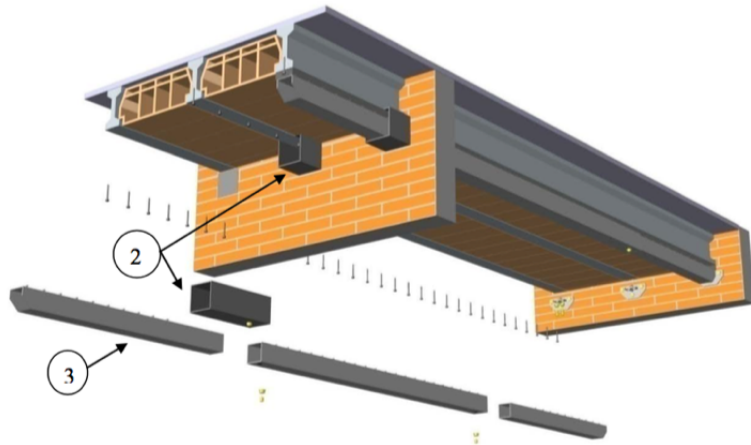
Si la viga que hemos de reparar es de tipo voladizo, dispondremos un soporte en un extremo de la viga y en el otro se estudiará la solución estándar para este tipo de vigas. (Véase Figura 39 y 40)



**Figura 34.** Pieza para el apoyo.  
(Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

### A. Montaje de viga en voladizo: Caso de pared sin zuncho o sin jácena.

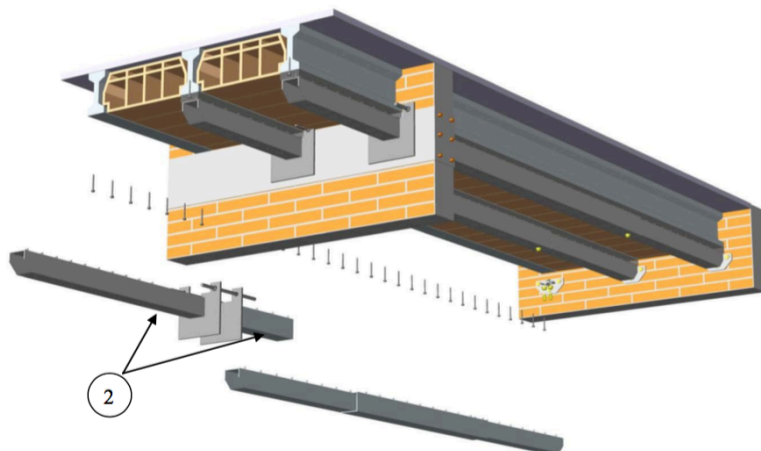
- 1) Preparación de la vigueta a reparar igual que en el caso de viga entera
- 2) Colocación de tubo pasante en la pared (solo en casos de pared exterior sin jácenas o zunchos)
- 3) Introducción del tramo exterior. El tramo se coloca con el mortero fresco encima. En este caso el tramo exterior es tubo de 90x90x4.
- 4) Montaje de la viga (igual que en el caso de una viga normal) Colocación de la viga en el soporte y en el tramo exterior. Apretar los tornillos de fijación. Apretar los tornillos de postensión del soporte. Rejuntado y alisado del mortero de unión.



**Figura 35.** Viga en voladizo, caso de pared sin zuncho o sin jácena. (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

### B. Montaje de viga en voladizo: caso de pared con zuncho o jácena.

- 1) Preparación de la vigueta a reparar igual que en el caso de viga entera
- 2) Colocación del tramo exterior y tramo interior, en los cuales van soldadas unas pletinas que permiten el paso de unos espárragos de transmisión de momento (sin atravesar las armaduras). Apriete de las tuercas de los espárragos.
- 3) Montaje de la viga (igual que en el caso de una viga normal). Colocación de la viga en el soporte y en el tramo soldado a la pletina. Apretar los tornillos de fijación. Apretar los tornillos de postensión del soporte. Rejuntado y alisado del mortero de unión.



**Figura 36.** Viga en voladizo, caso de pared con zuncho o con jácena. (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

### 3.1.3 MONTAJE DEL SISTEMA

**1.** Saneado de la base de la vigueta afectada. Se deben eliminar los restos de yeso y pintura, el hormigón deteriorado de la suela de la vigueta, así como trozos de alambre o armadura sueltos.



**2.** Repica la zona de la pared donde se vayan a colocar los soportes de postensión, hasta encontrar el ladrillo o la pared de hormigón.



**3.** Replanteo del soporte de postensión, aproximadamente 3 o 4 cm por debajo de la vigueta afectada o del punto de flecha máxima. Es recomendable que siempre se compruebe la flecha máxima para evitar posteriores problemas. Los tornillos de postensión del soporte permiten un juego de hasta 6 cm.



**4.** Practicar los taladros. En caso de pared de ladrillo hueco o de mala calidad utilizar tacos químicos con tamiz, con lo cual la broca tiene que ser de 14mm. En caso de paredes macizas o de hormigón, se utilizan también tacos químicos pero sin tamiz, con lo que la broca ha de ser de 15mm.



**5.** En el caso de los tacos químicos, una vez realizado el taladro, colocar en su interior los tamices e inyectar la resina con la pistola aplicadora.



**6.** Colocar los espárragos y esperar unos diez minutos hasta que la resina esté dura y resistente.





**7.** Colocar el soporte y apretar las tuercas de los espárragos.



**8.** Insertar los tornillos de postensión en los respectivos agujeros del soporte.



**9.** Marcar los agujeros donde se colocaran los tornillos de fijación. Se tienen que colocar en el eje central longitudinal de la vigueta, separados 20 cm entre ellos.



**10.** Realizar los taladros con una broca de 6 mm, a una profundidad de 5 cm.



**11.** Antes de colocar los tornillos de fijación M6x70, se aplica la capa de resina epoxi sobre la base de la vigueta. Preparar previamente la mezcla, mezclar hasta que se consiga un líquido homogéneo.



**12.** Aplicar la mezcla con un pincel en toda la base de la vigueta. La aplicación sobre la vigueta tiene un tiempo de trabajo relativamente corto, con lo que es aconsejable en caso de reparación de muchas viguetas, realizar esta operación vigueta por vigueta y no todas a la vez.



**13.** Mojar los tornillos de fijación M6x70 en la resina.



**14.** Una vez mojados en resina, colocar con la ayuda de una maceta los tornillos en los agujeros realizados en la base de la vigueta a cada 20 cm, de tal manera que sobresalga la cabeza del tornillo de fijación M6x70 aproximadamente 1 cm.



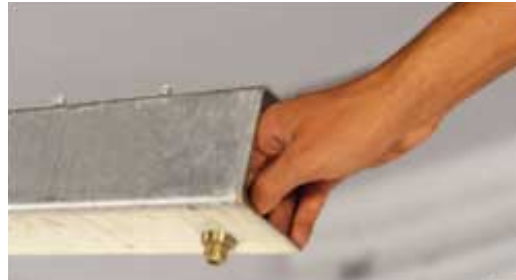
**15.** En caso de que haya un tabique intermedio, realizar un agujero en el mismo de unas dimensiones de 20 x20 cm para permitir el paso del refuerzo telescópico. Cuando no existen tabiques, montar los tres tramos de la viga para elevar el conjunto montado.



**16.** Montar la vigueta telescópica. Ésta consta de tres tramos, un central de 100x100x4 y dos laterales de 90x90x4. Los tramos laterales se introducen dentro del central y quedan fijados mediante un tornillo de fijación que dispone de una punta templada que, al apretar, se clava en el tramo lateral.



**17.** El tornillo se coloca en unos agujeros existentes en los extremos del tubo central.



**18.** Una vez colocado, introducir los tramos laterales.



**19.** El tornillo se debe dejar aflojado para permitir el libre juego entre los dos tubos para una mejor colocación.

**20.** En el caso de la existencia de tabiques, pasar dos tramos por un lado del mismo y el tramo lateral que falta colocarlo por el otro lado del tabique. De este modo el montaje de los tres tramos se realiza teniendo apoyada la vigueta en el tabique.



**21.** Preparar el mortero para aplicar sobre la vigueta telescópica.

**22.** Con la ayuda de la paleta colocar el mortero encima de la vigueta telescópica, un grueso de 2-3 cm.



**23.** Una vez colocado el mortero en toda la superficie superior del tubo, acabar de elevarlo y colocarlo en los soportes de postensión, con los tornillos de postensión previamente bajados al máximo. En este momento es de gran ayuda el carácter telescópico del sistema para acabar de ajustar la longitud de la vigueta.



**24.** Colocar 4 barras corrugadas de  $\varnothing 10$  (negativos) en las zonas de unión (empalmes) de los tubos. Hay que montar dos negativos en cada zona de empalme, uno en cada lado del tubo. En total hay que colocar cuatro negativos por viga de refuerzo.



**25.** Mediante una llave Allen M10 apretar los tornillos de postensión de los soportes. De esta manera se eleva la vigueta telescópica y va entrando en carga. Cuando el mortero empiece a rebosar en toda la longitud de la vigueta, parar de apretar. Retacar el mortero sobrante y alisar.



**26.** Apretar con una llave Allen M10 los tornillos de fijación del tubo para que queden los tres tramos de tubo bloqueados. Finalmente queda la vigueta colocada y acabada.





## 3.2 MECANOVIGA

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de refuerzo MECANOVIGA es un sistema de reparación de forjados, que consiste en la sustitución funcional de las viguetas deterioradas mediante la colocación bajo las mismas de vigas metálicas telescópicas de chapa de acero conformadas y compuestas por tres tramos unidos mediante tornillería de alta resistencia. Este sistema es capaz de asegurar la estabilidad del forjado en caso de pérdida total de la resistencia de la vigueta afectada.

Como se ha indicado, este sistema se coloca debajo de la vigueta afectada, consiguiendo la transmisión de cargas de la vigueta al nuevo perfil de refuerzo gracias al relleno del espacio entre ambas con mortero de retracción controlada.

Una vez inyectado el mortero debemos verificar el volumen suministrado. A efectos de cálculo no se considera la resistencia del mortero, contando únicamente con la resistencia que proporciona la sección metálica.

Previo al retacado de la viga con mortero sin retracción, se efectuará la entrada en carga de la viga mediante el sistema de tensado.

La transmisión de esfuerzos a los soportes, bien sean jácenas, muros o paredes sobre los que descansa el forjado, se materializa gracias a las cartelas, fijadas a los soportes mediante anclajes de tipo químico o mecánico según el tipo de soporte. Dichos apoyos reciben de forma directa al perfil de refuerzo de este sistema.

La constitución telescópica de este perfil de refuerzo permite un fácil y cómodo transporte, manipulación y montaje en obra de la misma.

Existen diversas posibilidades de conexión de las cartelas dependiendo del tipo de estructura portante.

- CONEXIÓN A FÁBRICA DE LADRILLO

En este caso los anclajes se forman con varilla roscada provista de tuerca y arandela, fijados mediante resina de dos componentes.

Si se trata de fábrica de ladrillo hueco ha de macizarse convenientemente. La métrica de las varillas y longitudes se determinará por cálculo para cada caso concreto.

- CONEXIÓN A VIGA DE HORMIGÓN ARMADO

En este caso se procede a la realización de igual modo que en el caso de fábrica de ladrillo.

- CONEXIÓN A VIGA METÁLICA

La conexión de la pieza de apoyo al alma se realiza mediante varilla roscada de acero, con su correspondiente tuerca y su arandela. La métrica de las varillas y longitudes se determinará por cálculo para cada caso concreto.

### 3.2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

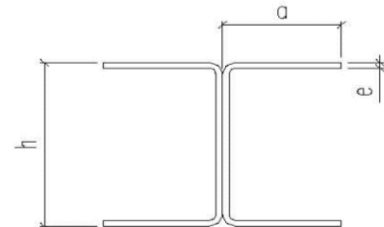
Dentro del sistema de refuerzo D.I.T conocido con el nombre de MECANOVIGA, aparecen dos subsistemas cuyo uso viene condicionado por la altura libre interior que se disponga en las viviendas a intervenir, siendo el sistema MECANOVIGA MVV idóneo para el caso de viviendas con poca altura interior, mientras que el sistema MECANOVIGA MVH es el sistema más tradicional y se caracteriza por su rápida ejecución y montaje y por su ahorro respecto a muchas reparaciones tradicionales.

- PERFILES LONGITUDINALES MVH

La viga MVH, se compone de 6 chapas de acero dobladas y punzonadas que, una vez ensambladas, presentan el perfil que conocemos como MVH.

Se constituyen tres tramos, dos extremos y uno central. El punzonado de las piezas se realiza a base de colisos en el alma y un correcto ajuste de la viga a la luz entre paredes.

PERFIL	EXTREMO						CENTRAL					
	h	a	e	I <sub>x</sub>	W/x	P	h	a	e	I <sub>x</sub>	W/x	P
	mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>	cm	Kg/ml	mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>	cm	Kg/ml
MVH12	128	70	4	546	91	16	120	66	6	672	120	21
MVH16	168	70	4	1026	12	18	160	66	6	1321	174	25
MVH20	208	70	4	1699	167	21	200	66	6	2246	234	29



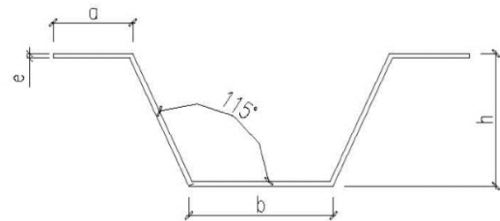
**Tabla 6.** Valores estáticos de los perfiles MVH.  
(DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.)

- PERFILES LONGITUDINALES MVV

La viga MVV, idónea para viviendas con poca altura interior, se compone de 3 chapas de acero dobladas y punzonadas que, una vez ensambladas, presentan un perfil tipo omega, dos extremos y uno central.

El punzonado de las piezas se realiza a base de colisos en las alas permitiendo así un correcto ajuste de la viga a la luz entre paredes.

PERFIL	EXTREMO							CENTRAL						
	h	a	b	e	Ix	W/x	P	h	a	b	e	Ix	W/x	P
	mm	mm	mm	mm	cm4	cm	Kg/ml	mm	mm	mm	mm	cm4	cm	Kg/ml
MVV12	124	69	125	4	499	80	16	126	66	133	6	749	121	24
MVV16	164	74	154	4	1013	124	20	166	71	162	6	1520	185	30
MVV20	204	74	154	4	1699	167	22	206	71	162	6	2548	250	34

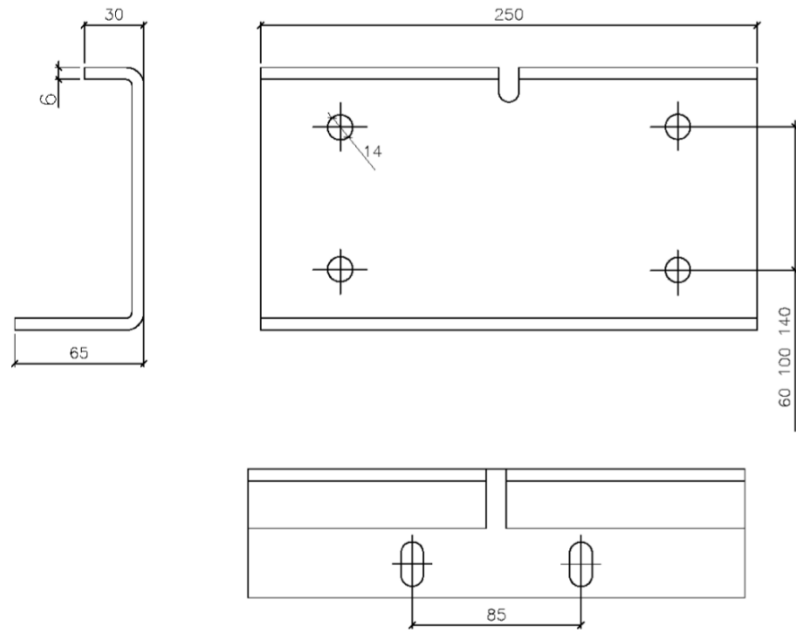


**Tabla 7.** Valores estáticos de los perfiles MVV (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.)

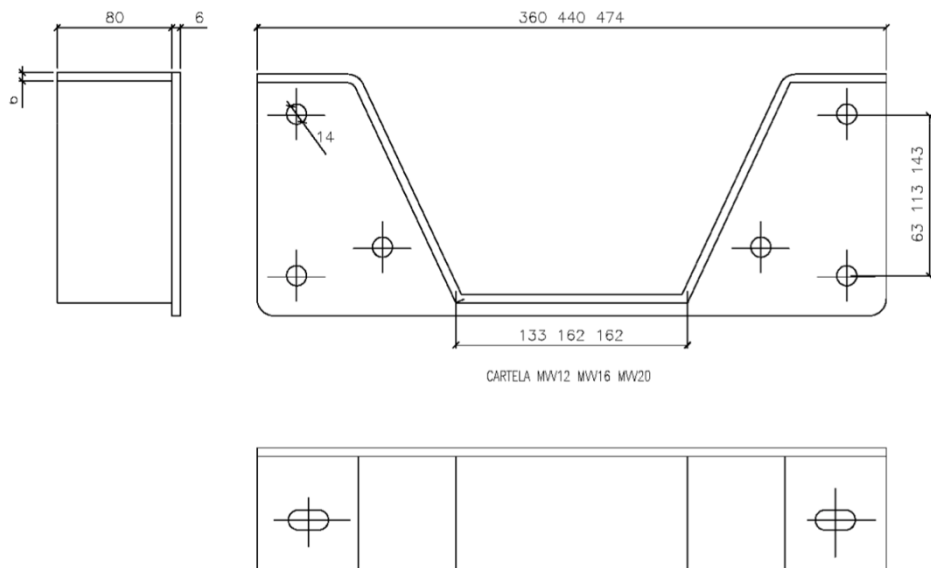
- CARTELAS

Las cartelas del perfil MHV se forman mediante chapas de acero plegadas, con pestaña inferior de 6 cm para soporte de la viga y pestaña superior para arriostrado. Siendo el espesor de la placa de 6mm.

Por otro lado las cartelas del perfil MVV se forman mediante chapas de acero plegadas, con pestaña inferior de 8 cm para soporte de la viga y pestaña superior para arriostrado. siendo el espesor de la placa de 4 a 6mm en función de las longitudes de las vigas.



**Figura 37.** Cartela MVH. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.)



**Figura 38.** Cartela MVV. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.)



- ANCLAJES

Este es un componente del sistema esencial a la hora de garantizar el comportamiento final de la solución propuesta.

La definición del tipo y número de anclajes se realizará en función del material base de apoyo (cerámico hueco o macizo, hormigón, etc.) y de los esfuerzos transmitidos al apoyo. Estos datos serán suministrados por el responsable del Sistema en función de las recomendaciones del fabricante del anclaje.

- MORTERO DE RETACADO

Es un mortero de retracción controlada y de altas resistencias mecánicas (Myrsac 491).

La función principal de este componente es la de rellenar el espacio existente entre la viga original y el perfil de refuerzo de tipo MVH, garantizando la transmisión completa de cargas.

No se considera la resistencia del mortero en el modelo de cálculo.

- MORTERO AUTONIVELANTE

Es un mortero autonivelante bombeable, de retracción controlada y altas resistencias mecánicas (Myrsac 490).

Su función es la de rellenar el espacio existente entre la viga origen y en nuevo perfil de refuerzo de tipo MVV, garantizando de este modo la correcta transmisión de cargas.

No se considera la resistencia del mortero en el modelo de cálculo.

### 3.2.3 MONTAJE DEL SISTEMA

Cada casa particular ha de estudiarse de forma aislada para dar la mejor de las soluciones posibles, pero por regla general las fases de montaje serán las siguientes:

La puesta en obra será realizada siempre por montadores autorizados.

#### ▪ SISTEMA MVH

1. Desviación de las instalaciones existentes si fuera necesario.

2. Descubrir los nervios deteriorados del forjado en toda su longitud, mediante desmontaje de falso techo, picado de revestimiento, etc., según el tipo de acabado de la superficie inferior del forjado a tratar.

3. Picado del revestimiento en la zona de los apoyos, si fuera necesario sanear la zona.

4. Fijación de los anclajes a la pared. Para ello en primer lugar marcaremos las zonas donde debemos efectuar los taladros.



A continuación, y una vez marcado, procedemos a efectuar los taladros.

Posteriormente realizamos un soplado para eliminar posibles restos de polvo en las perforaciones.



Rellenamos las perforaciones para proceder posteriormente a montar el perfil de refuerzo.

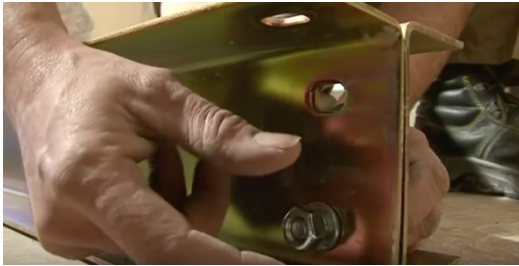


5. Montaje de los tramos extremos del perfil.

Para lo que en primer lugar debemos anclar los apoyos a la superficie disponible en cada uno de los casos.



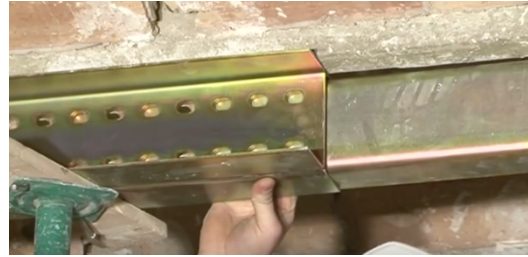
Una vez montados los apoyos, se procede al ensamblaje del refuerzo para conseguir el perfil del sistema MVH.



Una vez materializado el refuerzo de los extremos se coloca en su sitio.



6. Montaje de los tramos centrales del perfil MECANOVIGA.



7. Entrada en carga del perfil MECANOVIGA mediante el sistema de tensado.

8. Relleno de mortero sin retracción entre el perfil y la viga deteriorada.

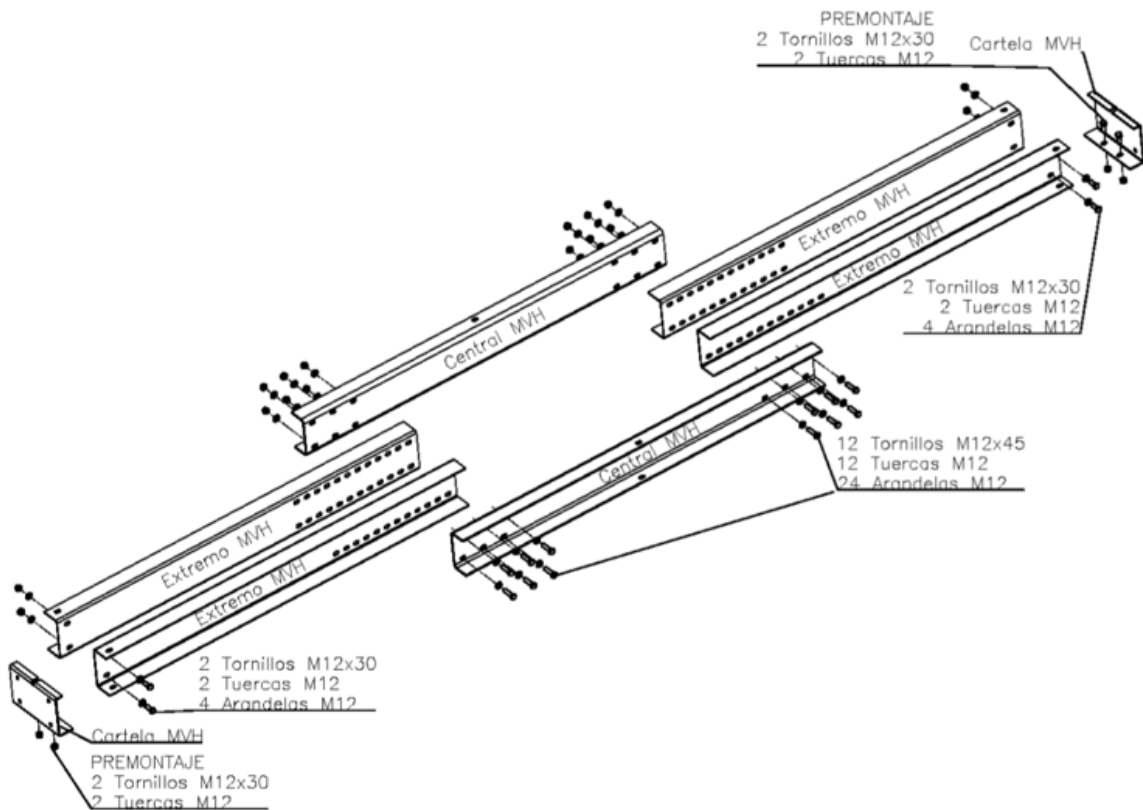


Figura 39. Esquema de montaje viga tipo MVV. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.)

- SISTEMA MVV

1. Desviación de las instalaciones existentes si fuera necesario.

2. Descubrir los nervios deteriorados del forjado en toda su longitud, mediante desmontaje de falso techo, picado de revestimiento, etc., según el tipo de acabado de la superficie inferior del forjado a tratar.

3. Picado del revestimiento en la zona de los apoyos, si fuera necesario sanear la zona.

4. Fijación de los anclajes a la pared. Para ello en primer lugar marcaremos las zonas donde debemos efectuar los taladros.



A continuación, y una vez marcado, procedemos a efectuar los taladros.



Posteriormente realizamos un soplado para eliminar posibles restos de polvo en las perforaciones.



Rellenamos las perforaciones para proceder posteriormente a montar el perfil de refuerzo.



5. Montaje de los tramos extremos del perfil.

Para lo que en primer lugar debemos anclar los apoyos a la superficie disponible en cada uno de los casos.



Una vez montados los apoyos, se procede al ensamblaje del refuerzo para conseguir el perfil del sistema MVH.

Una vez materializado el refuerzo de los extremos se coloca en su sitio.



6. Montaje de los tramos centrales del perfil.



7. Entrada en carga del perfil MECANOVIGA mediante el sistema de tensado.

8. Relleno de mortero sin retracción entre el perfil y la vigueta deteriorada.

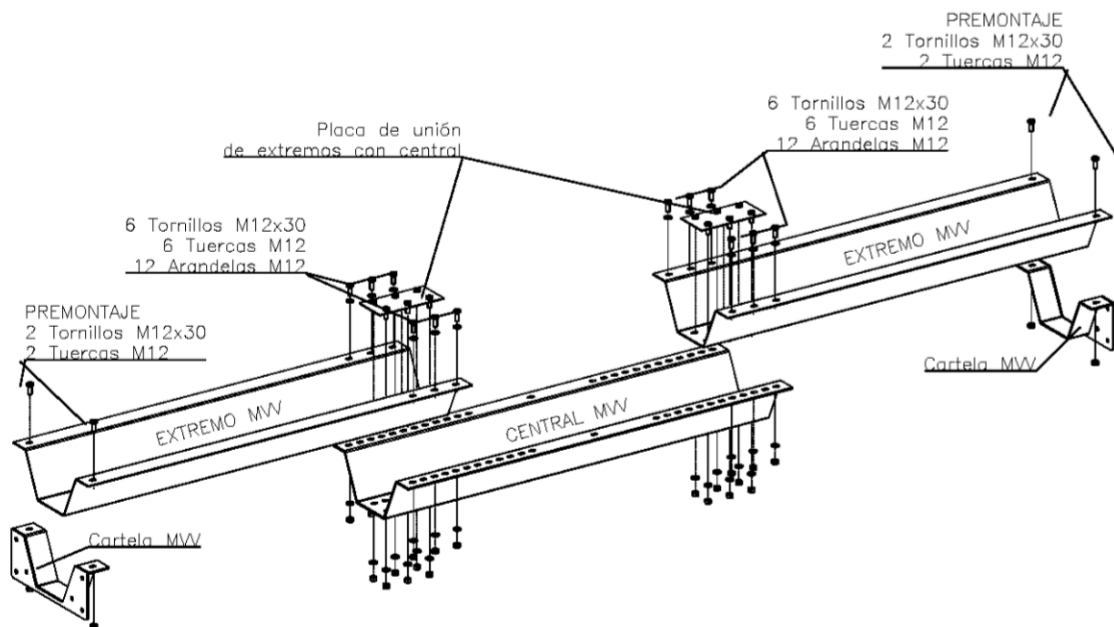


Figura 40. Esquema de montaje viga tipo MVV. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.)



SECCIÓN

04

---

**RESULTADOS Y  
CONCLUSIONES**

---





## 4.1 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En conclusión podemos afirmar que el refuerzo del elemento estructural estudiado, el forjado, puede conseguirse reemplazando un material pobre o con defectos por un material de mejor calidad, mediante el añadido de un elemento que colabore en el soporte de las cargas, y mediante redistribución de las solicitaciones a través de deformaciones impuestas al sistema estructural.

A partir de esto se habla, en líneas generales, de dos alternativas de sistemas de refuerzo tradicionales, refuerzo mediante perfiles metálicos y refuerzo mediante recrecido de hormigón. Y de otras dos alternativas de refuerzos más innovadoras, conocidos como sistemas D.I.T., el sistema HERMS y el MECANOVIGA.

Centrándonos en primer lugar en los **sistemas tradicionales**, podemos afirmar que, después de analizar ambos sistemas, constructivamente hablando, el refuerzo mediante perfiles metálicos presenta menos dificultades que el recrecido con hormigón, siendo por ello un refuerzo con una mayor facilidad aparente de ejecución. Su ejecución y puesta en carga es mucho más rápida que el refuerzo mediante recrecido de hormigón, en el que la resistencia del refuerzo no se alcanza hasta días después del hormigonado.

La puesta en obra del refuerzo mediante recrecido, al efectuarse normalmente sobre la cara superior del forjado, genera una intervención con los pavimentos y la tabiquería resultando molesto para los propietarios y, consecuentemente, suponiendo un aumento de coste.

Como se ha mencionado, existe la posibilidad de realizar este refuerzo recreciendo el forjado por su parte inferior, esto tiene como ventaja una mejora en cuanto a la ejecución del refuerzo, presentando como principal problema la transferencia de esfuerzos entre la parte antigua y la nueva, siendo en muchos casos necesaria la presencia de conectores. En tal caso, adoptando medidas que garanticen la adherencia de la capa de refuerzo, los índices de eficacia del sistema se aproximan a los que se obtiene mediante recrecido superior.

Por otro lado, la decisión de reforzar el elemento estructural mediante recrecido de hormigón conlleva un aumento apreciable de dimensiones del elemento reforzado. Sin embargo la intervención con perfiles metálicos requiere un pequeño espesor adicional, siendo este sistema recomendable en muchas situaciones de edificación en las que aumentos sustanciales de las dimensiones en planta de los soportes pueden ocasionar problemas funcionales por pérdida de altura en plantas habitables.

En términos estructurales, ambos sistemas resultan igualmente eficaces, dado que sendos dos permiten incrementar la rigidez y resistencia del elemento original de forma considerable.

En el caso de refuerzo mediante perfiles metálicos, el diferente comportamiento del material original y el de refuerzo puede generar problemas de compatibilidad. Asimismo, la transferencia de esfuerzos al refuerzo está necesariamente más concentrada y puede plantear problemas que reduzcan la eficacia del sistema o compliquen gravemente su ejecución. De hecho, en general la transferencia tangencial de esfuerzos por adherencia y rozamiento es insuficiente para hacer entrar en carga este tipo de refuerzos, siendo normalmente necesario disponer anclajes de tipo mecánico o conectar directamente los nuevos perfiles metálicos a los nudos o a elementos estructurales inmediatos a través de piezas específicas.

En el caso de los recrecidos de hormigón, la transferencia de esfuerzos entre el forjado original y el refuerzo que en general garantiza la gran superficie de contacto entre ambos, hace que las tensiones tangenciales en la unión entre el forjado existente y el refuerzo resulten suficientemente pequeñas como para poder ser absorbidas por la junta entre los hormigones antiguo y nuevo.

En términos de resistencia al fuego, el refuerzo mediante perfiles metálicos presenta un comportamiento que podría calificarse como “intermedio”. Puede ser necesaria la protección ignífuga de los perfiles de acero en algunas ocasiones, como si de una estructura metálica se tratase. Los anclajes mecánicos son menos vulnerables al fuego. Hemos de tener especial cuidado en los refuerzos mediante perfiles encolados con resinas epoxi siendo especialmente vulnerables al fuego.

Con todo ello nos damos cuenta que cada tipología de refuerzo estructural presenta unos puntos positivos y otros negativos siendo conveniente analizar cada caso concreto con el fin de elegir el sistema que resulte más óptimo, no pudiendo concluir que uno es más ventajoso que otro, queriendo con este estudio ayudar a orientar a la toma de decisiones a la hora de reforzar un forjado, a partir de los criterios analizados.

Una vez concluidos los sistemas tradicionales, pasamos a analizar los **sistemas innovadores con D.I.T.** que se han estudiado en el presente escrito.

En primer lugar es necesario comentar que durante muchos años el D.I.T. ha sido una posibilidad de evaluación para los fabricantes españoles, pero no ha sido hasta la aprobación de la L.O.E. cuando ha empezado a adquirir la importancia que tradicionalmente ha tenido en otros países europeos (Francia, Inglaterra, Bélgica, etc.)

Muchas son las razones que han ralentizado el conocimiento y la utilización del D.I.T. en nuestro País, razones culturales, coyunturas económicas cambiantes, etc.

Cuando surgió la idea de un único documento europeo DITE, que sería válido automáticamente en todos los países miembros de la UE, a diferencia de lo que ocurre con los D.I.T. nacionales que precisan un proceso de convalidación en cada estado, la idea pareció el paso definitivo, la solución para muchos fabricantes que exportan sus productos y precisan realizar en algunos casos ensayos y evaluaciones complementarias.

Esta posibilidad fue de tal trascendencia que la UEAtc formada por los Institutos que conceden los D.I.T. nacionales, dudaron seriamente del papel futuro de la Organización considerando incluso la posibilidad de su disolución. Hoy después de varios años de trabajo, los mismos Institutos piensan todo lo contrario. La intuición de aquellos que creían en un futuro de mayor actividad parece ser cada vez más acertada.

Son muchas las empresas constructoras las que se niegan en múltiples ocasiones a realizar este tipo de refuerzos más innovadores, alegando que los conocimientos, especialistas y maquinaria que poseen no están enfocados a este tipo de intervenciones, marcando de este modo un carácter conservador en el sector de la construcción que suele mostrarse muy reticente frente a la innovación. Por ello documentos en los que se detalle este tipo de intervenciones más innovadoras, que en muchos casos se desconocen, pueden ser de gran ayuda.

Como decía Marcel Franssens, quien fuera Presidente de la UEAtc:

*“¿Por qué cambiar nuestras costumbres y reformular conceptos establecidos y aceptados? ¿Por qué imponer el concepto prestacional al tradicional?. “Ante todo para dar al PROGRESO todas las oportunidades, por la INNOVACIÓN y por la FLEXIBILIDAD, para recoger los frutos del progreso que son el aumento de calidad y productividad, para dar respuesta a los deseos cuantitativos y cualitativos del mundo entero.”*

En el presente Trabajo Final de Máster se han analizado dos de los múltiples sistemas D.I.T. que podemos encontrarnos en el mercado.

El sistema HERMS, que como ya se ha comentado, consiste en la disposición bajo la vigueta a reforzar de una viga telescópica de perfiles tubulares de acero galvanizado, que disponen bulones soldados en su cara superior, que actúan como conectores entre ambos elementos. Además se disponen en la parte inferior de la vigueta afectada unos tornillos anclados a modo de conectores.

El espacio existente entre ambos elementos, previa imprimación de la superficie inferior de la vigueta, se rellena con mortero de retracción controlada.

El coste de una reparación de un forjado tradicional con este método ronda los 96,75€/ml, según las valoraciones obtenidas de la base de datos del IVE 2016.

El otro sistema analizado, MECANOVIGA, pertenece al grupo de sistemas de refuerzo de viguetas con cemento aluminoso más moderno pero igualmente experimentado, permitiendo una gran variedad de soluciones.

Consiste en la sustitución funcional de las viguetas deterioradas mediante la colocación bajo las mismas vigas metálicas telescópicas de chapa de acero conformada y compuesta en tramos unidos a base de tornillería de alta resistencia. Este sistema es capaz de asegurar la estabilidad del forjado en caso de pérdida total de la resistencia de la vigueta afectada.

Cabe anotar la ventaja que supone la constitución telescópica de este perfil de refuerzo que permite un fácil y cómodo transporte, manipulación y montaje en obra de la misma, de igual modo que sucede en el caso del sistema de refuerzo HERMS.

Es uno de los sistemas conocidos como D.I.T. más utilizados y recomendados, sobre todo cuando el problema se trata de la escasez de luz libre entre forjados puesto que permite anclarse a la capa de compresión rompiendo la bovedilla, o para el caso de viviendas con poca altura interior, dado que presenta una variante en la que se disminuye mucho menos el espacio habitable entre forjados. La ventaja de esta tipología es que proporciona soluciones personalizadas para cada tipología de forjado.

De igual modo que en el caso anterior no existe un sistema mejor que otro, hemos de analizar que tipología de refuerzo resulta más conveniente para cada caso concreto.

Finalmente concluiremos hablando del aspecto económico, algo que suele ser primordial en muchos casos a la hora de elegir un sistema u otro de refuerzo. Bien es sabido que el precio del acero es muy elevado, por lo que los refuerzos mediante recercidos debieran ser más económicos, pero estos en desventaja son mucho más tediosos constructivamente hablando, lo que puede muchas veces encarecer la obra de forma indirecta.

Por otro lado los sistemas D.I.T. son más caros en cuanto a materiales, pero más económicos que los tradicionales en lo que respecta a la mano de obra, por su mayor ligereza. Es por esto que dependiendo de cada caso concreto un sistema u otro resultará más eficaz, más fácilmente instalable e incluso más económico, puesto que a la hora de hacer números hemos de estudiar el precio en su totalidad y a largo plazo, y esto depende de muchos factores, muchas veces ajenos al propio sistema de refuerzo.

La intención a la hora de afrontar este escrito era la de proporcionar una fuente de consulta a los profesionales con el fin de ayudar a orientar a la toma de decisiones a la hora de reforzar un forjado.

Respecto a los trabajos futuros en la arquitectura puede decirse que el mayor peso va a recaer, y recae ya, en obras de rehabilitación frente a obras de primera construcción, por tanto es nuevamente destacable el conocimiento de las distintas técnicas de refuerzo que tenemos disponibles en el mercado actual.

### **Futuras líneas de investigación**

Quedarían como líneas de investigación futuras:

- Ampliar la cantidad de sistemas de refuerzo en forjados a estudiar, tanto tradicionales como innovadores D.I.T, mediante el vaciado de bases de datos y realizando consultas a las diferentes casas comerciales que distribuyen los sistemas.
- Realizar un estudio comparativo, una vez se hayan estudiado un número significativo de sistemas, con el fin de poder diagnosticar de forma rápida que sistema es el idóneo para un caso concreto.

SECCIÓN

---

**05**

---

**BIBLIOGRAFÍA,  
ÍNDICE DE FIGURAS  
ÍNDICE DE TABLAS**

---



## 5.1 BIBLIOGRAFÍA

- AZPILQUETA ASTARLOA, E. (2004). *La construcción de la arquitectura de postguerra en España (1939-1962)*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- BOTELLA SERRANO, J., CLIMENT GIMÉNEZ, O., HERMS FONTQUERNI, A., HERMS FONTQUERINI, A (2015). *Sistemas de reparación y refuerzo de forjados*. Barcelona: Herms.
- BURGOS NUÑEZ, A. (2009). *Los orígenes del hormigón armado*. Granada: Universidad de Granada.
- CALAVERA, J. (2005) "Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado". Madrid: Indemac
- CENTRO DE ESCRITURA JAVERIANO. (2010). *Normas APA*. Sexta Edición.
- DEL RÍO BUENO, A. (2008). *Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- GARCÍA ALCOEL, E. (1997). *Estudio del efecto de las condiciones de curado sobre la mineralogía y características resistentes en morteros de cemento aluminoso*. Alicante: Universidad de Alicante.
- GENERALITAT DE CATALUNYA. (1994). *Norma reglamentària d'edificació sobre accions en l'edificació en les obres de rehabilitació estructural dels sostres d'habitatges NRE-AENOR 93*. Barcelona.
- INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACIÓN (IVE). (2008). *Guía de intervención en estructuras de hormigón en edificios existentes*. Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda.
- LAHUERTA, J., & SANZ, C. (2002). Sobre los forjados de edificación. *Revista de edificación*, 62-72.
- MANUEL MUÑOZ HIDALGO. (1994) *Diagnosis y causas en patología de la edificación*. Sevilla: Escuela Española.
- MARCO SERRANO, E. (2012). *Análisis de la normativa de hormigón armado en España y la influencia de los investigadores españoles desde 1939 a 1973. Aplicación de la técnica constructiva en la ciudad de Valencia*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- MINISTERIO DE LA GOBERNACIÓN. (1975). *Sistemas especiales de forjados para la edificación. Tipos aprobados y revisados por la Sección de Investigación y Normas. Tomo I*. Madrid: Dirección General de Arquitectura.
- MINISTERIO DE LA GOBERNACIÓN. (1941). *Normas para el cálculo y ejecución de estructuras metálicas, hormigón armado y forjados de ladrillo armado*. Madrid: Dirección General de Arquitectura.
- ORTEGA MADRIGAL, L. (2012). *Propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más*

*frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma iso-15686*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

PRESIDENCIA DE GOBIERNO. (1941). Reglamento para la aplicación del Decreto sobre las restricciones del hierro en la edificación de 11 de marzo de 1941. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

RODRIGUEZ ESCRIBANO, R. (2015). *Refuerzo de vigas de hormigón armado mediante la aplicación de fuerzas exteriores introducidas por predeformación de perfiles metálicos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

SORRIBES MONRABAL, J. (2015). Valencia, 1940-2014: la construcción y destrucción de la ciudad. Valencia: Universitat Politècnica de València.



## 5.2 ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> DETALLE FORJADO DE LOSA ALVEOLAR (FUENTE PROPIA) .....	28
<b>FIGURA 2.</b> DETALLE FORJADO CHAPA COLABORANTE. (FUENTE PROPIA) .....	31
<b>FIGURA 3.</b> CORROSIÓN DE LA ARMADURA EN VIGUETAS. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”) .....	39
<b>FIGURA 4.</b> RETRACCIÓN DEL FORJADO POR EXCESO DE AGUA EN EL HORMIGÓN. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”) .....	40
<b>FIGURA 5.</b> ROTURA POR CORTANTE EN VIGUETAS. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”) .....	41
<b>FIGURA 6.</b> ROTURA POR PUNZONAMIENTO. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”).....	42
<b>FIGURA 7.</b> RETRACCIÓN DEL FORJADO POR EXCESO DE AGUA EN EL HORMIGÓN. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”) .....	43
<b>FIGURA 8.</b> APLASTAMIENTO DE LAS CABEZAS DE LAS VIGUETAS. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”).....	44
<b>FIGURA 9.</b> APLASTAMIENTO DE LAS BASES DE LAS BOVEDILLAS. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”).....	45
<b>FIGURA 10.</b> OMISIÓN DE NEGATIVOS EN VIGUETAS. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”) .....	46
<b>FIGURA 11.</b> DEFORMACIÓN EXCESIVA O FLECHA DE VIGUETAS. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”).....	47
<b>FIGURA 12.</b> ROTURA A FLEXIÓN DE VIGUETAS. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”) .....	48
<b>FIGURA 13.</b> ALUMINOSIS. (PORTO QUINTIAN, J., 2005, “MANUAL DE PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”).....	50
<b>FIGURA 14.</b> DERRUMBE DE UNA CASA DE LA CALLE CADÍ, EL 11 DE NOVIEMBRE DE 1990. (MARCEL•LÍ SÀENZ, PERIÓDICO EL PAÍS).....	52
<b>FIGURA 15.</b> PERFILES METÁLICOS BAJO VIGUETAS, APOYADOS EN MURO DE CARGA (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	58
<b>FIGURA 16.</b> SUSTITUCIÓN FUNCIONAL MEDIANTE PERFILES DISPUESTOS ENTRE NERVIOS (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	61
<b>FIGURA 17.</b> FRACCIONAMIENTO DE UN PERFIL CON UNIÓN ATORNILLADA (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.).....	62
<b>FIGURA 18.</b> ANCLAJE A UNA VIGA Y ANCLAJE A UN MURO DE CARGA (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.).....	63
<b>FIGURA 19.</b> TRANSMISIÓN DE CARGA AL NUEVO PERFIL (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	64
<b>FIGURA 20.</b> RECRECIDO DE LA VIGA (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	68
<b>FIGURA 21.</b> REFUERZO SIN INCREMENTAR CANTO (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	68
<b>FIGURA 22.</b> RECRECIDO DE VIGA CON CERCOS (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	69
<b>FIGURA 23.</b> REFUERZO DE FORJADO CON RECRECIDO SUPERIOR SIN Y CON CONECTORES (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	70
<b>FIGURA 24.</b> REFUERZO INFERIOR DE FORJADOS (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	71
<b>FIGURA 25.</b> FORJADOS REFORZADOS CON RECRECIDO SUPERIOR (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.).....	75
<b>FIGURA 26.</b> FORJADOS REFORZADOS CON RECRECIDO INFERIOR (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.).....	76
<b>FIGURA 27.</b> SECCIÓN D.I.T. 289/R13 (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	89
<b>FIGURA 28.</b> FIJACIÓN MECÁNICA PERFILES CUADRADOS D.I.T. 289/R13 (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.).....	90

<b>FIGURA 29.</b> DESPIECE PERFILES CUADRADOS D.I.T. 289/R13 (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.).....	91
<b>FIGURA 30.</b> CONECTORES DE LA VIGUETA DE HORMIGÓN (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	92
<b>FIGURA 31.</b> CONECTORES DEL PERFIL METÁLICO (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	92
<b>FIGURA 32.</b> TORNILLOS DE FIJACIÓN (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.).....	93
<b>FIGURA 33.</b> TORNILLOS DE POSTENSIÓN. (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.).....	94
<b>FIGURA 34.</b> PIEZA PARA EL APOYO. (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	94
<b>FIGURA 35.</b> VIGA EN VOLADIZO, CASO DE PARED SIN ZUNCHO O SIN JÁCENA. (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	95
<b>FIGURA 36.</b> VIGA EN VOLADIZO, CASO DE PARED CON ZUNCHO O CON JÁCENA. (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	95
<b>FIGURA 37.</b> CARTELA MVH. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.).....	104
<b>FIGURA 38.</b> CARTELA MVV. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.).....	104
<b>FIGURA 39.</b> ESQUEMA DE MONTAJE VIGA TIPO MVV. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.) ...	107
<b>FIGURA 40.</b> ESQUEMA DE MONTAJE VIGA TIPO MVV. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.) ...	109
<b>FIGURA 41.</b> SECCIÓN D.I.T. 289/R13 CR .....	127
<b>FIGURA 42.</b> SISTEMA DE REFUERZO TUBO CR D.I.T. 289/R13. (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.).....	128
<b>FIGURA 43.</b> CONEXIÓN MECÁNICA CON EL MORTERO DE RELLENO. ....	129
<b>FIGURA 44.</b> CONECTORES DE LA VIGUETA DE HORMIGÓN (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	130
<b>FIGURA 45.</b> CONECTORES DEL PERFIL METÁLICO (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	130
<b>FIGURA 49.</b> PIEZA PARA EL APOYO. (SISTEMAS DE REFUERZO DE FORJADOS. CATÁLOGO HERMS 2015.) .....	132

### 5.3 ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> PRIMERAS NORMAS DE HORMIGÓN. (MARCO SERRANO, E., 2013, “ANÁLISIS DE LA NORMATIVA DE HORMIGÓN ARMADO EN ESPAÑA Y LA INFLUENCIA DE LOS INVESTIGADORES ESPAÑOLES DESDE 1939 A 1973. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA EN LA CIUDAD DE VALENCIA”.) .....	36
<b>TABLA 2.</b> CONTROLES PREVIOS A LA EJECUCIÓN SEGÚN ENV 1504 (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.).....	65
<b>TABLA 3.</b> . CONTROLES PREVIOS A LA EJECUCIÓN SEGÚN EN 1504-10 Y OTROS (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	80
<b>TABLA 4.</b> . CONTROLES DURANTE LA EJECUCIÓN SEGÚN EN 1504-10 Y OTROS (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	81
<b>TABLA 5.</b> . CONTROLES DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN SEGÚN EN 1504-10 Y OTROS (GUÍA DE LA INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES.) .....	82
<b>TABLA 6.</b> VALORES ESTÁTICOS DE LOS PERFILES MVH. (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.) ...	102
<b>TABLA 7.</b> VALORES ESTÁTICOS DE LOS PERFILES MVV (DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.) ....	103
<b>TABLA 8.</b> VALORES DE LOS PERFILES DE REFUERZO EN TUBO.(DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.) .....	129





---

## **ANEXOS**

**SISTEMA DE REFUERZO  
TUBO CR D.I.T. 289/R13**

**DOCUMENTO DE IDONEIDAD  
TÉCNICA: No 289R/13**

**DOCUMENTO DE IDONEIDAD  
TÉCNICA: No 303R/14**

---



## 6.1 ANEXO I. SISTEMA DE REFUERZO TUBO CR D.I.T. 289/R13

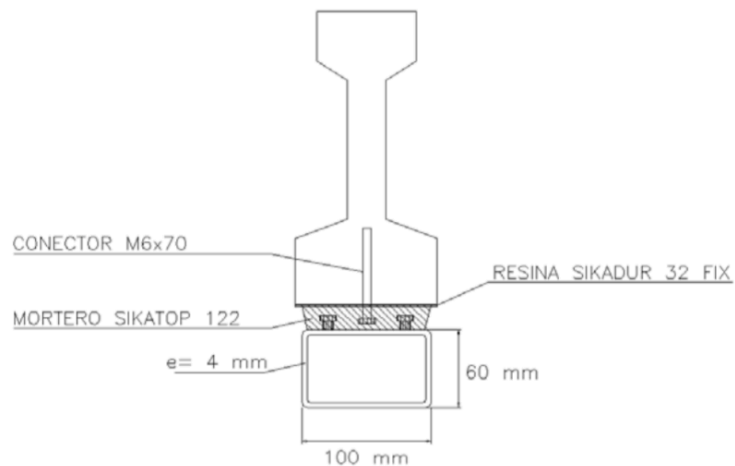
### 3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Existen muchos casos en los que debido a las características espaciales que presenta la vivienda a intervenir, con altura libre muy reducida, resulta imposible el refuerzo del forjado mediante perfiles de mucho canto.

En estos casos no es aconsejable la reparación con el sistema HERMS D.I.T. 289/R13 mediante perfiles tubulares, ya que disminuyen aproximadamente unos 12 cm la altura libre.

Es entonces cuando el refuerzo óptimo se basa en la colocación debajo de la vigueta afectada de un perfil tubular de 6 cm de canto, que forma una sección mixta con el hormigón de la vigueta existente, igual que el sistema HERMS D.I.T. 289/R13.

El sistema tubo de canto reducido (TUBO CR) puede sustituir al sistema extensible para luces de aproximadamente 3.5 m, o para luces mayores según las condiciones del hormigón.



**Figura 41.** Sección D.I.T. 289/R13 CR

(Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

Los inconvenientes que podemos encontrar a la hora de trabajar con perfiles de poco canto son:

- Su dificultad de ser activados
- No se pueden convertir en telescópicos, reduciendo de esta manera el campo de aplicación a habitáculos donde sólo sea posible el acceso de los perfiles enteros.

Dicho perfil para poder lograr una sección mixta, precisa de una conexión perfecta. Esta conexión se logra mediante una unión mecano-química, del mismo modo que sucedía en el caso del refuerzo tubular HERMS D.I.T. 289/R13.

La unión mecánica se materializa a través de unos bulones soldados en la cara superior del perfil y unos conectadores colocados en perforaciones realizadas en la base de la viga original.

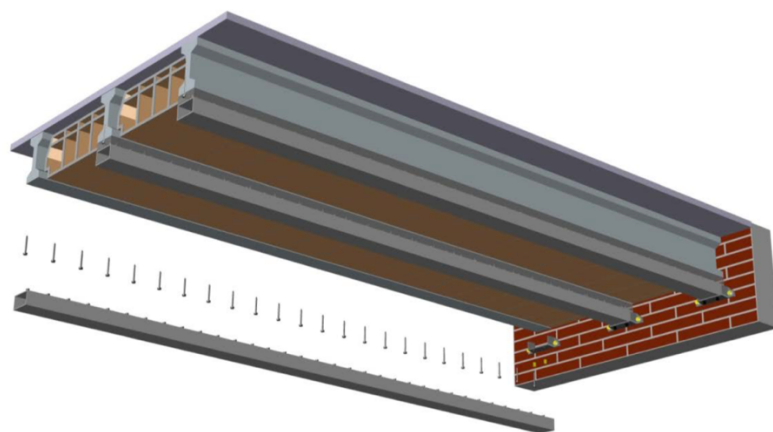
Hemos de rellenar con mortero de alta resistencia el espacio que queda entre la vigueta existente y el nuevo refuerzo. Igual que en el caso del refuerzo tubular, la unión química se realiza mediante la

imprimación de la base de la vigueta con una capa de resina epoxi.

La medida del refuerzo de este sistema ha de tener siempre la misma dimensión que la viga a reforzar, dado que como ya se ha indicado, el sistema de refuerzo TUBO CR no es extensible ni desmontable.

El sistema de apoyo a muros o jácenas se realiza a través de unos soportes de postensión, fabricados de fundición nodular, sujetos mediante anclajes químicos. Dichos soportes no transmiten momentos a los elementos estructurales antes citados. En cada apoyo se disponen dos tornillos de postensión, que, mediante apriete, presionan la viga de refuerzo contra el forjado existente (activación del sistema).

Estos tornillos ejercen la fuerza necesaria para que la viga de refuerzo entre en carga. Debiendo siempre garantizarse la estabilidad del forjado hasta que el mortero de relleno tenga la resistencia necesaria para poder transmitir de forma segura los esfuerzos derivados del trabajo conjunto de forjado y refuerzo.



**Figura 42.** Sistema de refuerzo TUBO CR D.I.T. 289/R13. (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)



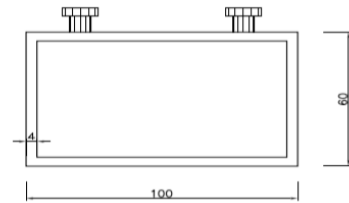
### 3.1.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

#### ▪ PERFIL DE REFUERZO

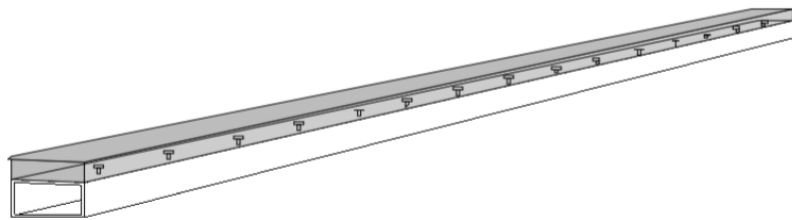
El perfil empleado es un perfil tubular de acero de 4mm de grosor. Las dimensiones del tubo son de 100 x 60 x 4mm, y la longitud de cada perfil dependerá siempre de la viga a reforzar, al no poder ser extensible. Se suministran galvanizados.

En la cara superior del perfil hay dos filas de bulones soldados, separados a cada 200 mm, que son los encargados de realizar la conexión mecánica con el mortero de relleno.

Base mm	Altura mm	Espesor mm	Área cm <sup>2</sup>	Ix cm <sup>4</sup>	Peso Kg
100	60	4	12,25	67,43	9,71



**Tabla 8.** Valores de los perfiles de refuerzo en tubo.  
(DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 303R/14.)



**Figura 43.** Conexión mecánica con el mortero de relleno.

(Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

## ▪ SISTEMA DE UNIÓN

Utilizaremos mortero de unión para rejuntar o rellenar la unión de la antigua viga de hormigón con el nuevo elemento de refuerzo

Previamente colocaremos una capa de pintura epoxi para asegurar la adherencia del mortero de unión a la viga primitiva, esta capa se aplica sobre la cara inferior de la viga a reparar, actuando a su vez como separados químico entre los dos tipos de hormigones.

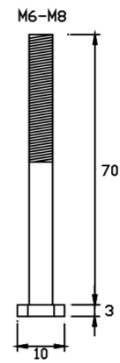
Por otro lado, el uso de tornillos de fijación nos garantiza que no van a darse errores en la formación de la viga mixta, dado que ellos por si solos son capaces de absorber el esfuerzo rasante, independientemente de la adherencia que se consiga con las resinas epoxi.

Por ello estos tornillos de fijación son siempre necesarios. Además en caso de incendio las resinas epoxi pierden todas sus propiedades siendo entonces su comportamiento poco fiable y más cuando se trata de cementos defectuosos.

Con todo esto podemos afirmar que el sistema de unión entre la vigueta afectada y el nuevo perfil de refuerzo es de tipo unión mecano-química. La unión mecánica la forman los diferentes conectores dispuestos en la unión y la unión química es asegurada por el efecto de la resina epoxídica y el mortero de unión.

## ▪ CONECTORES DE LA VIGUETA DE HORMIGÓN

Se emplean como conectores de la vigueta de hormigón tornillos de acero de métrica 6 u 8mm, y altura 70mm. Separados entre sí 200mm como mínimo, distribuidos de forma uniforme a lo largo de toda la longitud de la vigueta de hormigón y sobre el eje de simetría de la misma, sobresaliendo 18 mm de su cara inferior.



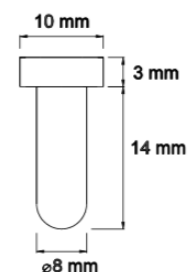
**Figura 44.** Conectores de la vigueta de hormigón (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

Dicha tornillería se baña en resina epoxi antes de ser colocada, con esto se logra protegerlos de la posible carbonatación de la viga.

Siendo la función principal asegurar la unión, consiguen también absorber el esfuerzo rasante.

## ▪ CONECTORES DEL PERFIL METÁLICO

Estos conectores son pernos o bulones metálicos de 8mm de diámetro y altura 14mm, soldados sobre la superficie superior del perfil de refuerzo, separados 90mm entre sí y dispuestos en dos hileras paralelas a la dirección longitudinal de forma simétrica respecto al eje de la pieza y separadas entre si 40mm. La función de dichos conectores es absorber el esfuerzo rasante y asegurar la buena adherencia del perfil con el mortero de unión.



**Figura 45.** Conectores del perfil metálico (Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

- **MORTERO DE UNIÓN**

Utilizamos un mortero de unión controlada (MORTERO SIKA TOP 122), con una función primordialmente resistente, puesto que ha de ser capaz de soportar las tensiones tangenciales derivadas del trabajo conjunto de la vigueta deteriorada y la nueva vigueta de refuerzo, siendo la resistencia a compresión suficiente para que no se produzca fallo por aplastamiento del mortero en la zona inmediata a los conectores.

- **RESINA EPOXÍDICA SIKADUR 32 FIX**

Esta resina tiene una doble función. Por una parte hace de puente de unión entre la vigueta original y el mortero de unión (MORTERO SIKA TOP 122), rellenando el espacio entre la viga primitiva y la de refuerzo, debiendo garantizar junto con los conectores anclados a la vigueta, la transmisión del esfuerzo rasante derivado del trabajo conjunto de ambos elementos.

Por otro lado ejerce la función de separados químico entre dos tipos de materiales incompatibles, el cemento deteriorado de la vigueta original y el cemento del mortero (MORTERO SIKA TOP 122)

- **TORNILLOS DE POSTENSIÓN**

Son tornillos de acero, con su correspondiente tuerca, que se sitúan en la pieza de apoyo y que mediante el apriete contra la superficie interior de la cara superior del perfil de refuerzo permiten la entrada en carga del sistema.

La longitud de la rosca es de 28mm, permitiendo cierto grado de tolerancia en la disposición en dirección vertical de la pieza de apoyo. Se aprieta mediante una llave Allen M10.

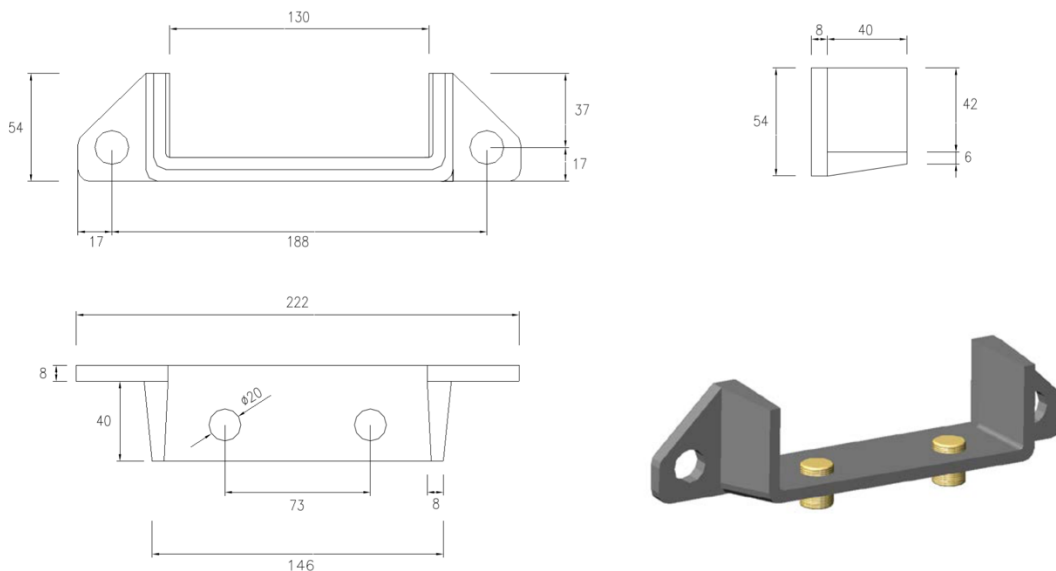
El desplazamiento vertical del perfil se realiza hasta que el mortero de unión comienza a rebosar, logrando de este modo que quede totalmente en contacto con la cara inferior de la vigueta original.

## ■ APOYOS

Utilizamos una pieza de fundición nodular para materializar los apoyos. Dicha pieza transmite mediante los anclajes las cargas de la viga al elemento resistente. La transmisión de cargas desde la viga al apoyo se realiza a través de los tornillos de postensión, quedando encajados en la pieza de apoyo.

El apoyo queda fijo al elemento resistente mediante dos tacos químicos, con o sin tamiz, según el tipo de apoyo.

Si la viga que hemos de reparar es de tipo voladizo, dispondremos un soporte en un extremo de la viga y en el otro se estudiará la solución estándar para este tipo de vigas. (Véase Figura 39 y 40)



**Figura 46.** Pieza para el apoyo.  
(Sistemas de refuerzo de forjados. Catálogo Herms 2015.)

### 3.1.3 MONTAJE DEL SISTEMA

**1.** Saneado de la base de la vigueta afectada. Se deben eliminar los restos de yeso y pintura, el hormigón deteriorado de la suela de la vigueta, así como trozos de alambre o armadura sueltos.



**2.** Repica la zona de la pared donde se vayan a colocar los soportes de postensión, hasta encontrar el ladrillo o la pared de hormigón.



**3.** Replanteo del soporte de postensión, aproximadamente 3 o 4 cm por debajo de la vigueta afectada o del punto de flecha máxima. Es recomendable que siempre se compruebe la flecha máxima para evitar posteriores problemas. Los tornillos de postensión del soporte permiten un juego de hasta 6 cm.



**4.** Practicar los taladros. En caso de pared de ladrillo hueco o de mala calidad utilizar tacos químicos con tamiz, con lo cual la broca tiene que ser de 14mm. En caso de paredes macizas o de hormigón, se utilizan también tacos químicos pero sin tamiz, con lo que la broca ha de ser de 15mm.



**5.** En el caso de los tacos químicos, una vez realizado el taladro, colocar en su interior los tamices e inyectar la resina con la pistola aplicadora.



**6.** Colocar los espárragos y esperar unos diez minutos hasta que la resina esté dura y resistente.



**7.** Colocar el soporte y apretar las tuercas de los espárragos.



**8.** Marcar los agujeros donde se colocaran los tornillos de fijación. Se tienen que colocar en el eje central longitudinal de la vigueta, separados 20 cm entre ellos.



**9.** Realizar los taladros con una broca de 6mm, a una profundidad de 5 cm.



**10.** Antes de colocar los tornillos de fijación M6x70, se aplica la capa de resina epoxi sobre la base de la vigueta. Preparar previamente la mezcla, mezclar hasta que se consiga un líquido homogéneo.



**11.** Aplicar la mezcla con un pincel en toda la base de la vigueta. La aplicación sobre la vigueta tiene un tiempo de trabajo relativamente corto, con lo que es aconsejable en caso de reparación de muchas viguetas, realizar esta operación vigueta por vigueta y no todas a la vez.



**12.** Mojar los tornillos de fijación M6x70 en la resina.



**13.** Una vez mojados en resina, colocar con la ayuda de una maceta los tornillos en los agujeros realizados en la base de la vigueta a cada 20 cm, de tal manera que sobresalga la cabeza del tornillo de fijación M6x70 aproximadamente 1 cm.



**14.** En caso de que haya un tabique intermedio, realizar un agujero en el mismo de unas dimensiones suficientes para permitir el paso del perfil de refuerzo.



**15.** Preparar el mortero para aplicar sobre la vigueta telescópica. Verter todo el contenido de la garrafa sobre el recipiente en que se vaya a realizar la mezcla.



**16.** Echar todo el contenido del saco de mortero SIKATOP 122. Mezclar con la ayuda de una paleta o batidora eléctrica.



**17.** Con la ayuda de la paleta colocar el mortero SIKATOP 122 encima del perfil de refuerzo con un grueso de 2-3 cm, y siempre mientras la resina SIKADUR 32 FIX esté todavía fresca. Si la resina se hubiese secado, se tendría que volver a pintar la superficie de la vigueta antes de colocar el mortero.



**18.** Una vez colocado el mortero en toda la superficie superior del tubo, acabar de elevarlo y colocarlo en los soportes de postensión, con los tornillos de postensión previamente bajados al máximo.



**19.** Mediante una llave Allen M10 apretar los tornillos de postensión de los soportes para elevar la vigueta telescópica y hacer que entre en carga. Cuando el mortero empiece a rebosar en 2/3 de la longitud de la vigueta, dejar de apretar. Retacar el mortero sobrante y alisar.







## 6.2 ANEXO II. DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: No 289R/13



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA  
C/ Serrano Galvache nº 4. 28033 Madrid  
Tel (+34) 91 3020440 Fax (+34) 91 3020700  
e-mail: dit@ietcc.csic.es  
http://www.ietcc.csic.es



## DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: Nº 289R/13

Área genérica / Uso previsto:

**SISTEMA DE REPARACIÓN DE  
FORJADOS DE VIGUETAS**

Nombre comercial:

**HERMS**

Beneficiario:

**HERMS S.A.**

Sede Social:

C/ Fisas, 1  
08028. BARCELONA  
Telf: 934 313 500  
Fax: 933 323 456  
E-mail: info@herms.es  
www. herms.es

Validez. Desde:  
Hasta:

**30 de Diciembre de 2013  
30 de Diciembre de 2018  
(Condicionado a seguimiento anual)**

**Este Documento consta de 20 páginas**



MIEMBRO DE:

**UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA**  
*UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION*  
*EUROPEAN UNION OF AGRÉMENT*  
*EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGRÉMENT IN BAUWESEN*

## MUY IMPORTANTE

*El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico.*

*Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento integro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.*

*La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.*

**C.D.U.: 66.948**  
**Systèmes de Construction**  
**Building System**

### DECISIÓN NÚM. 289R/13

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto nº 3.652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden nº 1.265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando el artículo 5.2, apartado 5, del Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) sobre conformidad con el CTE de los productos, equipos y sistemas innovadores, que establece que un sistema constructivo es conforme con el CTE si dispone de una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto,
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998,
- considerando la solicitud formulada por la Sociedad HERMS, S.A., de renovación del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA nº 289R del **Sistema de reparación de forjados de viguetas con cemento aluminoso HERMS**,
- en virtud de los vigentes Estatutos de l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc),
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesiones celebradas los días 13 de julio de 1995 y 5 de julio de 2007,

### DECIDE

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 289R, con el número 289R/13 al **Sistema de reparación de forjados de viguetas HERMS**, considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es **CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN**, siempre que se respete el contenido completo del presente documento y en particular las siguientes condiciones:

## **CONDICIONES GENERALES**

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA evalúa exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el peticionario, debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto técnico y llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente.

El proyecto técnico deberá justificar el cumplimiento de la normativa en vigor, aportando la correspondiente memoria de cálculo y la documentación gráfica en la que se detallen la geometría de todas las piezas, las condiciones de conexión de piezas entre sí y las condiciones de apoyo en la estructura existente.

HERMS S.A., para cada aplicación, proporcionará la asistencia técnica suficiente que permita el cálculo y definición para su ejecución, incluyendo toda la información necesaria de cada uno de los componentes.

En general, se tendrán en cuenta, tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra, todas las prescripciones contenidas en las normativas vigentes: "Código Técnico de la Edificación" (CTE), "Instrucción de Hormigón Estructural" (EHE), etc.

## **CONDICIONES DE CÁLCULO**

En cada caso se comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en este Documento en su Informe Técnico, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del Sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados últimos y de servicio.

Asimismo, se deberán estudiar las acciones que el Sistema transmite a la estructura general del edificio, asegurando que el incremento de cargas debidas al Sistema de reparación y la transmisión de esfuerzos que se derivan son admisibles.

## **CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL**

HERMS S.A. deberá mantener el control de recepción de materiales y componentes que en la actualidad realiza, conforme a las indicaciones que se dan en el apartado 4 del presente documento.

## **CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA**

La puesta en obra del Sistema debe realizarse por el fabricante o empresas cualificadas y autorizadas por él. Con este fin, HERMS S.A. dispondrá de una lista de empresas autorizadas, las cuales garantizarán que la utilización del Sistema se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente documento. Una copia de dicha lista estará disponible en el IETcc.

Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones en el curso de montaje, a los riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

## **VALIDEZ**

El presente Documento de Idoneidad Técnica número 289R/13 sustituye y anula el Documento nº 289R y es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de la realizaciones más recientes.

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 30 de Diciembre de 2018.

Madrid, 30 de Diciembre de 2013

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



Ángel Arteaga Iriarte



## INFORME TÉCNICO

### 0. OBJETO DEL DIT

Sistema de refuerzo de forjados nervados unidireccionales de viguetas de hormigón armado o pretensado, consistente en la colocación, bajo las mismas, de vigas telescópicas de perfiles de acero galvanizado, que trabajando conjuntamente con el forjado existente mejoran la capacidad resistente del mismo (figuras 1.1 y 1.2). El sistema precisa de la colaboración del forjado existente.

Es necesario determinar la resistencia residual mínima a compresión del hormigón, garantizada con nivel de seguridad suficiente, de la vigueta y de la losa superior del forjado así como la sección del mismo, para poder establecer, mediante el modelo de cálculo propuesto, los límites de utilización del sistema.

La resistencia a compresión y geometría de la cabeza comprimida, en aquellos casos en los que el esfuerzo rasante en la unión no suponga una limitación más restrictiva, acotan la luz máxima admisible en la utilización del sistema, ya que el criterio de diseño dominante será la sobrecompresión del hormigón, al margen de la comprobación de deformación que puede constituir, según los casos, un criterio más limitativo.

Esta evaluación técnica se realizó para forjados de viguetas de hormigón armado o pretensado realizadas con cemento aluminoso. El Sistema es válido para la reparación de otros tipos de forjados unidireccionales de hormigón siempre que se respeten las indicaciones del informe técnico, la compatibilidad de los materiales y las observaciones de la Comisión de Expertos.

### 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema consiste en la disposición bajo la vigueta objeto de refuerzo, en cuya superficie inferior se han dispuesto tornillos anclados, de una viga telescópica de perfiles tubulares cuadrados de acero galvanizado, que disponen en su cara superior de bulones soldados, los cuales actúan, al igual que los tornillos antes citados, como conectores entre ambos elementos (vigueta deteriorada y viga de refuerzo). El espacio existente entre dichos elementos, previa imprimación de la superficie inferior de la vigueta con resina epoxídica, queda relleno con mortero de retracción controlada, consiguiéndose de esta forma un trabajo conjunto entre el forjado existente y el refuerzo, mejorando así la capacidad resistente del primero al conformarse una sección compuesta mixta (figuras 1.1 y 1.2).

En el interior del espacio retacado con mortero de retracción controlada, se dispondrán dos barras de acero corrugado B500S de 10 mm de diámetro y 900 mm de longitud, sobre cada una de las dos

zonas de unión de los perfiles en la forma indicada en las figuras 3.1 y 3.2.

Los perfiles cuadrados que constituyen la viga de refuerzo se fijan entre sí mediante tornillos, denominados tornillos de fijación, que permiten garantizar un mejor ajuste entre los mismos, superando las dificultades de acoplamiento derivadas de las tolerancias dimensionales de los perfiles y del galvanizado posterior. Dichos tornillos, poseen en su cabeza un tetón con punta templada, que se clava en el perfil interior en el proceso de apriete, evitando desplazamientos longitudinales entre los diferentes tramos de la viga de refuerzo (figura 2.1).

La transmisión de esfuerzos del sistema a los muros, jácenas o zunchos donde descansa el forjado, se realiza a través de apoyos (piezas de fundición nodular), sujetos a los mismos mediante anclajes de tipo químico. En cada apoyo se disponen dos tornillos, denominados tornillos de postensión que, mediante apriete, presionan la viga de refuerzo contra el forjado existente (figura 2). Dichos tornillos, conjuntamente con los tornillos de fijación, desarrollan las fuerzas necesarias para que la viga de refuerzo entre en carga. Debe, no obstante, dada la colaboración del forjado existente, garantizarse la estabilidad del mismo hasta que el mortero de relleno tenga la resistencia necesaria como para poder transmitir, con un nivel de seguridad suficiente, los esfuerzos derivados del trabajo conjunto del refuerzo y el forjado.

La constitución telescópica de la viga de refuerzo permite un fácil y cómodo transporte, manipulación y montaje de la misma.

### 2. MATERIALES

#### 2.1 Perfiles de acero galvanizado

Perfiles tubulares de acero conformados en frío y galvanizados por inmersión que constituyen la viga de refuerzo.

*Características:*

- Designación: ..... Acero S275J0H  
UNE-EN 10219-1:2007  
Resistencia a tracción: ..... 410 – 560 N/mm<sup>2</sup>  
Límite elástico: ..... ≥ 275 N/mm<sup>2</sup>  
Alargamiento en rotura: ..... 20 %
- Galvanizado en caliente por inmersión en baño de zinc fundido.
- Espesor del galvanizado de 70 a 110 μm

#### 2.2 Fundición de hierro esferoidal (nodular)

Para la fabricación de las piezas de apoyo, en caso de forjados cuyas viguetas apoyan en fábrica o vigas de hormigón.

#### Características:

- Designación: ..... EN-GJS-500-7  
UNE-EN 1563:2012  
Resistencia a tracción: .....  $\geq 500 \text{ N/mm}^2$   
Limite elástico: .....  $\geq 320 \text{ N/mm}^2$   
Alargamiento: .....  $\geq 7 \%$
- Galvanizado en caliente por inmersión en baño de zinc fundido.
- Espesor del galvanizado de 70 a 110  $\mu\text{m}$

### 2.3 Pletinas de acero S235JR

Para la fabricación de las piezas de apoyo, en el caso de que las viguetas del forjado apoyan sobre perfiles metálicos. Tienen la misma función que los soportes de fundición. La diferencia es que estos se pueden soldar.

#### Características:

- Designación: S275JR+AR
- Resistencia a tracción: .....  $\geq 360 \text{ N/mm}^2$
- Limite elástico: .....  $\geq 275 \text{ N/mm}^2$
- Alargamiento: .....  $\geq 35 \%$

### 2.4 Aceros especiales

#### F-1140 - C45E (UNE-EN 10083-1: 2008).

Templado por inducción. Para la fabricación de tornillos de fijación y postensión, y tuerca de espiga. Con recubrimiento mediante zincado bicromatado de espesor 8  $\mu\text{m}$ .

#### F-212 - 11SMnPb30 (UNE-EN 10087: -1 :2008).

Para la fabricación de tornillos de fijación y postensión, y tuerca de espiga. Con recubrimiento mediante zincado bicromatado de espesor 8  $\mu\text{m}$ .

#### F-1110/PR3 (UNE-EN 10083:1997).

Para la fabricación de conectores. Con tratamiento de recocido.

### 2.5 Mortero de retracción controlada

Mortero SIKA TOP 122: Mortero tixotrópico de dos componentes, a base de cemento, resinas sintéticas, humo de sílice y reforzado con fibra de poliamida, de altas resistencias mecánicas. El contenido de  $\text{Na}_2\text{O}$  y de  $\text{K}_2\text{O}$  es inferior al 0,5 %.

#### Características:

- Densidad: .....aprox. 2,2 kg/l de mortero fresco
- Espesor de capa: .....min. 5 mm, máx. 20 mm
- Granulometría: ..... 0 - 2 mm

- Tiempo de manejabilidad a 20°C:  
aprox. 30 - 40 min
- Temperatura de aplicación: ..... mínimo+ 8 °C
- Compresión a 28 días:  
UNE-EN 12190:1999.....50 - 60  $\text{N/mm}^2$
- Flexotracción a 28 días:  
UNE-EN 12190:1999.....9 - 12  $\text{N/mm}^2$
- Módulo de elasticidad en compresión  
UNE-EN 13412:2002. ....aprox. 18.000  $\text{N/mm}^2$
- Adherencia a hormigón: .....2,0 - 2,5  $\text{N/mm}^2$
- Absorción de agua:  
24 horas: 5,4 %  
72 horas: 5,9 %  
120 horas: 6,1 %  
168 horas: 6,3 %

- Resistencia a los ciclos de hielo-deshielo  
(-20 °C / +20 °C): ..... 500 ciclos

### 2.6 Resina epoxídica

SIKADUR 32 FIX: Adhesivo de dos componentes, a base de resinas epoxi sin disolventes, reforzadas con polisulfuros.

#### Características:

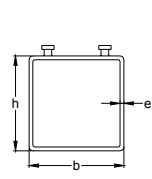
- Densidad: .....1,14 kg/l
- Vida de mezcla (a 20 °C): .....90 min.
- Tiempo abierto (a 20 °C): .....aprox. 6 horas
- Resistencias mecánicas:
  - compresión: .....60 - 80  $\text{N/mm}^2$
  - flexotracción: .....40 - 50  $\text{N/mm}^2$
- Alargamiento a la rotura: .....15 %
- Adherencia a hormigón: .....3  $\text{N/mm}^2$
- Endurecimiento total a 20 °C: .....aprox. 7 días
- Temperatura mínima del soporte: .....+ 10 °C

## 3. COMPONENTES DEL SISTEMA

### 3.1 Viga

Viga extensible de perfiles tubulares de sección cuadrada de acero galvanizado, formada por tres tramos, un tramo central y dos laterales (figuras 1.1 , 2.1 y 3.1), ubicándose el de mayor canto en el centro.

Las características de este perfil se reflejan en el siguiente cuadro:

	TRAMO	b=h (mm)	e (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Inercia (cm <sup>4</sup> )	Peso (kg/m)
	CENTRAL	100	4	15,36	236,3	12,06
	LATERAL	90	4	13,94	169,9	10,94

La unión entre los diferentes perfiles se realiza por simple penetración de los tramos laterales dentro del central. Posteriormente se bloquean mediante la colocación de los tornillos de fijación, con el fin de impedir los movimientos relativos entre los perfiles. La longitud mínima de penetración será de 400 mm. El tramo central está estampado en su parte inferior, en ambos extremos, para permitir el alojamiento de las tuercas de los tornillos de fijación.

Los tramos laterales tienen un corte a 45° en su parte extrema, a fin de permitir el apriete de los tornillos de postensión y la colocación de los anclajes de la pieza de apoyo al soporte.

En la cara superior de la viga se dispondrán pernos o bulones soldados, a modo de conectores.

El galvanizado se realiza por inmersión, una vez operados sobre el perfil todas las perforaciones y cortes precisos.

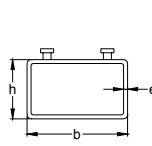
### 3.1.1 Perfil CR

Para aquellos casos en los que la altura libre del local no permita la colocación del perfil anterior, se podrá recurrir al perfil CR.

Se trata de un perfil tubular de acero de 4 mm de grosor. Las dimensiones del tubo son de 100 x 60 x 4 mm, y la longitud del perfil será la de la viga a reforzar, no pudiendo ser extensible.

El funcionamiento de este refuerzo es similar al del tubo de sección cuadrada, diferenciándose únicamente por las dimensiones del perfil (lo que deberá ser tenido en cuenta en el cálculo) y por el hecho de estar formado por un único tramo.

Las características de este perfil se reflejan en el siguiente cuadro:

	b (mm)	h (mm)	e (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Inercia (cm <sup>4</sup> )	Peso (kg/m)
	100	60	4	12,25	70,5	9,71

## 3.2 Apoyo simple

### 3.2.1 Apoyos de fundición

Pieza de fundición que trasmite, mediante los anclajes, las cargas de la viga al elemento resistente (ver figuras 4.1 y 4.2 para la viga extensible y el perfil CR respectivamente).

La transmisión de las cargas desde la viga al apoyo se realiza a través de los tornillos de postensión en cuya cabeza apoya el extremo del perfil de refuerzo. Dichos tornillos quedan encajados en la pieza de apoyo (figuras 2.1 y 2.2).

Las perforaciones practicadas en la pieza de apoyo para la colocación de los anclajes al soporte permiten cierta tolerancia en la dirección horizontal.

### 3.2.1 Apoyos de acero

Se trata de un soporte en forma de T que se soldará al alma de perfiles tipo IPN, IPE, HEB o similar. Esta pieza tendrá un cordón de soldadura alrededor de todo su contorno. Está formado por pletinas de 15 mm de espesor soldadas entre sí. (Ver figura 4.3).

Estos soportes tienen las mismas funciones que los soportes de postensión de fundición. Las alas superiores de la T tienen dos taladros roscados donde se alojan los tornillos de postensión que actúan directamente sobre la cara inferior del perfil de refuerzo.

## 3.3 Tornillos de fijación

Tienen por misión evitar desplazamientos relativos entre los perfiles en la dirección longitudinal (figura 5).

Están compuestos de rosca y espiga, presentando esta última en su extremo superior una punta templada que penetra en el perfil interior (tramo lateral) cuando se realiza el apriete del tornillo (figura 5).

## 3.4 Tornillos de postensión

Tornillos de acero, con su tuerca correspondiente, que se sitúan en la pieza de apoyo y que mediante apriete contra la superficie interior de la cara superior del perfil de refuerzo permiten la entrada en carga del sistema (figuras 6.1 y 6.2).

La longitud de la rosca es de 40 mm (28 mm para el tubo CR) permitiendo cierto grado de tolerancia en la disposición, en la dirección vertical, de la pieza de apoyo. Se aprieta mediante una llave Allen.

## 3.5 Conectores

### 3.5.1 Del perfil metálico

Se trata de pernos o bulones metálicos de  $\Phi$  8 mm y 14 mm de altura, separados 90 mm, que se sueldan sobre la superficie superior del perfil de refuerzo en dos hileras paralelas a la dirección longitudinal, simétricamente dispuestas respecto al eje de la pieza y separadas entre sí 40 mm (figura 7).

Su función es absorber el esfuerzo rasante y asegurar la buena adherencia del perfil con el mortero de unión.

### 3.5.2 De la vigueta de hormigón

Tornillos de acero de métrica 6 u 8 (según cálculo) y 70 mm de altura, separados 200 mm, distribuidos uniformemente a lo largo de toda la longitud de la vigueta y sobre el eje de simetría de la misma, sobresaliendo respecto de su cara inferior 18 mm (figura 7).

Se bañan en resina epoxi, previamente a su colocación, con el objetivo de protegerlos de la posible carbonatación de la viga.

Su función, además de asegurar la unión, consiste también en absorber el esfuerzo rasante.

### 3.6 Anclajes

La definición del tipo y número de anclajes se realizará en función del material base de apoyo y de los esfuerzos transmitidos al mismo. Estos datos serán facilitados por el responsable del Sistema, en función de las recomendaciones del fabricante del anclaje para cada material base de apoyo.

El anclaje será únicamente de tipo químico. Está compuesto de un espárrago roscado de M12, de una tuerca y de una arandela. En caso de pared hueca se ha de colocar un tamiz en el interior de los taladros practicados. El material de relleno del anclaje químico se realiza mediante inyección de la resina de anclaje con la pistola aplicadora.

### 3.7 Material de relleno

- **Mortero de unión SIKA TOP 122:**  
Mortero de retracción controlada. Su función es primordialmente resistente, en cuanto que debe ser capaz de soportar las tensiones tangenciales derivadas del trabajo conjunto de la vigueta deteriorada y la viga de refuerzo.

La resistencia mínima a compresión será tal que no se produzca fallo por aplastamiento del mortero en la zona inmediata a los conectores (figuras 1.1, 1.2, 2.1 y 2.2).

- **Resina epoxídica SIKADUR 32 FIX:**  
Ejerce una doble función. Por un lado se constituye en puente de unión físico entre la vigueta deteriorada y el MORTERO SIKA TOP 122 que rellena el espacio entre ésta y la viga de refuerzo, debiendo garantizar, conjuntamente con los conectores anclados en la vigueta, la transmisión del esfuerzo rasante derivado del trabajo conjunto de ambos elementos.

Por otra parte ejerce también de separación química entre dos tipos de materiales incompatibles, a saber, el cemento aluminoso y el cemento Portland del MORTERO SIKA TOP 122 (figuras 1.1, 1.2, 2.1 y 2.2).

## 4. FABRICACIÓN

Los perfiles de acero, los tornillos de fijación y postensión, los conectores y los anclajes son suministrados por empresas con certificado de gestión de la calidad según UNE-EN ISO 9001. Estas empresas deberán garantizar trazabilidad de sus productos.

El mortero SIKA TOP 122 y la resina epoxídica SIKADUR 32 FIX son fabricados por SIKA, S.A.

Galvanizado en caliente por vía seca, de acuerdo a la norma UNE EN ISO 1461:2010.

El IETcc dispondrá de un listado actualizado de las empresas suministradoras.

## 5. CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

HERMS, S.A. tendrá registrados y a disposición del IETcc, todos los controles y certificados que a continuación se indican, para asegurar la calidad y trazabilidad de los productos.

### 5.1 Control de recepción de materias primas o componentes

**Perfiles de acero:** Certificado de características emitido por la empresa suministradora garantizando:

- Composición química del material.
- Características mecánicas del material.
- Características geométricas de la pieza (condiciones de suministro según UNE-EN 10219: -1:2007).

**Apoyos:** Certificado de características emitido por la empresa suministradora garantizando:

- Composición química del material.
- Características mecánicas del material.
- Características geométricas de la pieza.

**Galvanizado:** Certificado de características emitido por la empresa suministradora garantizando:

- Inspección visual (según norma UNE EN ISO 1461:2010).
- Control de la masa y del espesor del recubrimiento (según norma UNE EN ISO 1461:2010).
- Ensayo de adherencia (según norma UNE EN ISO 1461:2010).
- Medida de resistencia a la corrosión dos veces al año.

**Tornillos de fijación y postensión, conectores:** Certificado emitido por la empresa suministradora, garantizando la composición química del material



(contenido de C, Si, Mg, P y S), espesor de recubrimiento y tratamiento según casos.

**Anclajes:** Certificado de características de producto emitido por la empresa suministradora.

**Mortero SIKA TOP 122 y Resina epoxi SIKADUR 32 FIX:** Certificado de características de producto emitido por la empresa suministradora.

La empresa suministradora, SIKA, S.A., posee la marca AENOR de Empresa Registrada con el número ER-0075/1/93 según UNE-EN ISO 9001.

## 5.2 Control de puesta en obra del sistema

Como se indica en las Condiciones Generales de este Documento, las obras deberán llevarse a término sometidas a la preceptiva Dirección Facultativa de obra. No obstante, las empresas instaladoras garantizarán el control de la puesta en Obra de acuerdo con las especificaciones técnicas contenidas en este Documento.

El fabricante del Sistema proporcionará asistencia técnica durante la fase de proyecto. A petición del usuario, HERMS facilitará también asistencia técnica en obra.

## 5.3 Empaquetado y etiquetado

Cada envío o partida estará formado por diferentes paquetes atados con alambres o flejados. Normalmente cada paquete está formado por tramos de una misma medida.

En cada paquete se incluirá una etiqueta adhesiva con la información detallada que lo conforma: tipo de tubo, longitud parcial del tramo, longitud total, y, en el caso de tubos 90x90x4, el empotramiento. El empotramiento se indica mediante una marca óptica que facilita la comprobación de la correcta ejecución en obra.

Junto con el pedido se suministrará una hoja con el montaje detallado paso a paso con fotos y textos y una planilla con todas las combinaciones de medidas de los tubos que lo conforman. De este modo, con la planilla y con los paquetes etiquetados, se facilita el proceso de montaje.

## 6. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

### 6.1 Transporte

Se realizará en condiciones tales que los perfiles no puedan deformarse y que el galvanizado no sufra ningún desperfecto que deje sin protección a los perfiles o a los soportes. Cuando un perfil, por causa de algún percance, se haya deformado deberá ser rechazado no permitiéndose su reparación.

Los perfiles de acero galvanizado no deben cargarse mientras estén húmedos, deben transportarse cubiertos y con buena ventilación.

### 6.2 Almacenamiento

Los perfiles deben ser almacenados empleando separadores entre ellos que permitan que el aire circule libremente. Las piezas galvanizadas no deben apilarse mientras estén húmedas, se almacenarán con buena ventilación, disponiendo los medios necesarios para evitar condensaciones. El acero galvanizado se puede deteriorar si está en contacto con suelos a base de escorias de hornos o carbonilla. Cuando los artículos galvanizados tengan que almacenarse durante largo tiempo, no se apoyarán directamente sobre el suelo.

El mortero SIKA TOP 122 puede almacenarse un máximo de 6 meses, desde su fecha de fabricación, en lugar fresco y seco, en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados. Debe protegerse especialmente el componente A de las heladas y el B de la humedad.

La resina epoxi SIKADUR 32 FIX puede almacenarse un máximo de 6 meses, desde su fecha de fabricación, en lugar fresco y seco (a temperaturas comprendidas entre + 5 °C y + 25 °C), en sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados.

## 7. PUESTA EN OBRA

La puesta en obra será realizada por el fabricante del Sistema o por montadores autorizados por él, de acuerdo con las especificaciones técnicas de este documento.

Cada caso requerirá un estudio particular, pero por regla general las fases serán las siguientes:

- 1) Apuntalamiento del forjado objeto de refuerzo, si fuese necesario por condiciones de seguridad.
- 2) Localizar y descubrir los nervios deteriorados del forjado en toda su longitud, mediante desmontaje de falso techo, picado de revestimientos, etc, según el tipo de acabado de la superficie inferior del forjado a tratar.
- 3) Desvío de las instalaciones existentes si fuese necesario.
- 4) Saneamiento de las partes dañadas de las viguetas objeto de intervención, y limpieza de la superficie inferior de las mismas con cepillo de púas. Se deben eliminar los restos de yeso y pintura, el hormigón suelto o deteriorado de la suela de la vigueta, así como trozos de alambre o armadura sueltos.

5) Una vez saneada la parte inferior de la vigueta, se pica la zona de la pared donde se vayan a colocar los soportes de postensión, hasta encontrar el ladrillo o la pared de hormigón.

6) Replanteo del soporte de postensión, aproximadamente 3 ó 4 cm por debajo de la vigueta afectada o del punto de flecha máxima. Una vez marcados los agujeros, practicar los taladros con una broca de 14 mm.

7) Colocación de los anclajes:

En caso de ladrillo hueco o de mala calidad se utilizan tacos químicos con tamiz y en caso de paredes macizas o de hormigón se utilizan también tacos químicos pero sin tamiz.

Inyectar la resina del anclaje químico con la pistola aplicadora, previa limpieza del interior de los taladros. Inmediatamente después, se colocan los espárragos y se espera unos diez minutos hasta que la resina esté dura y resistente para colocar el soporte, apretar las tuercas de los espárragos e insertar los tornillos de postensión en el soporte.

8) Colocación de los conectores:

Marcar los orificios donde se colocarán los conectores M6x70 en la vigueta de hormigón. Se tienen que colocar en el eje central longitudinal de la vigueta, separados 20 cm. entre ellos. Una vez marcados los agujeros en la vigueta, realizar los taladros con una broca de 6 mm, a una profundidad de 5 cm.

Limpieza del interior de los orificios practicados en la vigueta.

9) Pintado con resina epoxi SIKADUR 32 FIX de la zona inferior de la vigueta a reforzar, preparando previamente la mezcla de dos componentes vertiendo todo el contenido del componente B (bote pequeño) dentro del componente A (bote grande). La vigueta debe estar a una temperatura superior a +10 °C.

Antes de la aplicación de la resina debe eliminarse el polvo y las partículas depositadas en la superficie de aplicación.

10) Mojar los conectores de la vigueta M6x70 en la resina SIKADUR 32 FIX e insertarlos en los orificios practicados en la vigueta, con la ayuda de una maceta, de manera que sobresalga la cabeza del conector aproximadamente 1 ó 2 cm.

11) (Sólo para el perfil cuadrado)

Formación de la viga telescópica mediante la introducción de los tramos laterales en el central. Éstos se fijan por medio de un tornillo

de fijación que dispone de una punta templada que, al apretar, se clava en el tramo lateral.

Éste tornillo de fijación se coloca en las estampaciones existentes en los extremos del tramo central, y se han de insertar en ellos antes de introducir el tramo lateral. Se debe dejar el tornillo de fijación aflojado para permitir el libre juego entre los tramos.

12) Preparar el mortero SIKA TOP 122 para aplicar sobre el perfil telescópico. Para ello se vierte todo el contenido de la garrafa de componente A sobre el recipiente en el que se vaya a realizar la mezcla. A continuación se echa todo el contenido del saco de mortero con el componente B y se mezcla con la ayuda de una paleta o una batidora eléctrica.

13) Mientras la resina SIKADUR 32 FIX esté todavía fresca en la vigueta de hormigón, colocar el mortero SIKA TOP 122 encima del perfil telescópico, un grueso aproximado de 2 cm. Una vez colocado el mortero en toda la superficie superior del perfil de refuerzo, se eleva y colocar en los soportes de postensión, con los tornillos de postensión previamente bajados al máximo.

14) Colocar las cuatro barras corrugadas de  $\varnothing 10$  en las zonas de unión (empalmes) de los tubos. Hay que montar dos barras en cada zona de empalme, una en cada lado del tubo.

15) Con la viga apoyada en los soportes, apretar los tornillos de fijación del perfil de refuerzo mediante una llave Allen M10 para que queden los tres tramos bloqueados.

16) Apretar los tornillos de postensión de los soportes mediante una llave Allen M10. De esta manera se eleva la viga telescópica y va entrando en carga. Cuando el mortero empiece a rebosar en toda la longitud de la vigueta, parar de apretar los tornillos de postensión del soporte. Retacar el mortero sobrante y alisar en forma de "V", cubriendo perfectamente los negativos de los empalmes y asegurando la protección del mortero del agua y las heladas durante las primeras horas.

Es muy importante asegurar y comprobar que haya contacto entre el mortero y la vigueta de hormigón en toda su longitud, sin que queden zonas en que el mortero no llegue a tocar a la vigueta, ya que de ello depende el buen funcionamiento del sistema.

## 8. MEMORIA DE CÁLCULO

En cada caso se comprobará la estabilidad y resistencia del sistema, deduciéndose de este estudio el dimensionado de los perfiles. Asimismo,

se justificará la adecuación del procedimiento para soportar los esfuerzos mecánicos que pueden derivarse de las acciones a las que va a estar sometido el sistema.

El sistema se basa en el trabajo solidario del perfil de refuerzo y el forjado existente, que conforman una sección compuesta mixta. La resistencia mínima a compresión, garantizada con nivel de seguridad suficiente, de la vigueta y de la losa superior del forjado determinan el límite de utilización del sistema.

La resistencia a compresión y geometría de la cabeza comprimida, en aquellos casos en los que el esfuerzo rasante en la unión no suponga una limitación más restrictiva, acotan la luz máxima admisible en la utilización del sistema, ya que el criterio de diseño dominante será la sobrecompresión del hormigón, al margen de la comprobación de deformación que puede constituir, según los casos, un criterio más limitativo.

El sistema se considera como una viga biapoyada mixta, de sección compuesta constituida por sección de hormigón (forjado existente) y perfil tubular cuadrado de acero formado por tramos de inercia diferente, unidos rígidamente entre sí, siguiéndose para su cálculo los principios del método elástico, la teoría general de resistencia de materiales y considerando para las limitaciones de flecha la Normativa vigente.

En el comportamiento resistente de la sección mixta así configurada, se comprobará que queda garantizada la transmisión de tensiones y, por lo tanto, la compatibilidad de deformaciones entre los diferentes elementos que la constituyen, para la situación más desfavorable. En este sentido, deberá comprobarse que no se superan, con un nivel de seguridad suficiente, los valores límites de resistencia a corte de los conectores, de resistencia a cizallamiento del puente de unión (resina epoxi) entre la vigueta y el mortero de relleno, ni de fallo por aplastamiento del mortero de relleno en el entorno de los conectores. Deberá asimismo comprobarse el adecuado comportamiento de la unión de los diferentes conectores respecto de la vigueta deteriorada (unión por anclaje) y del perfil (unión por soldadura).

El fabricante dispone de prontuarios de utilización de las diferentes vigas en función de la resistencia a compresión del hormigón de la cabeza comprimida, intereje, distancia entre apoyos, carga y deformaciones máximas. Tales datos deberán ser analizados y considerados por el técnico autor del proyecto de reparación y por el Director de obra.

## 9. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

El fabricante aporta, como referencias:

- Edificio de viviendas en c/ San Francisco Javier. Esplugues (Barcelona). 600 m<sup>2</sup>.(1996)
- Edificio de viviendas c/ Rosa de Alejandría. L' Hospitalet de Llobregat (Barcelona). 100 m<sup>2</sup>. (1996)
- Escuela de Ingeniería. Escola Industrial Terrassa. Terrassa (Barcelona). 140 m<sup>2</sup>. (1997)
- Gimnasio en c/ Palo Santo. L' Hospitalet de Llobregat (Barcelona). 70 m<sup>2</sup>. (1996)
- Comunidad propietarios c/ Alt (Montgat) 563 m (1996)
- Comunidad propietarios / Manuel Simón (Valencia) 763 m (1997)
- Comunidad propietarios c/ Josep Fiter (Cornellá) 1.196 m (1998)
- Apartamentos Edificio PALVIGAR (BENICASSIM) 2.400 m (1999)
- Comunidad de propietarios c/ Duques de Nájera, 13-15 (LOGROÑO) 355 m (1999)
- Comunidad propietarios c/ Oriente L' Hospitalet de Llobregat (Barcelona) 549 m (2000)
- Comunidad propietarios Illa Aurea (Sabadell) 373 m (2001)
- Comunidad de propietarios c/ Ciudad de Santander, 14 (Cádiz) 250 m (2001)
- Apartamentos Edificio Cabo de Gata (Almería) 3.125 m (2002)
- Comunidad propietarios c/ Comte Borrell (Barcelona) 3.140 m (2003)
- Comunidad de propietarios Ctra. Nacional San Roque-La Línea (Cádiz) 280 m (2003)
- Comunidad propietarios c/ Rodrigo Pertegas (Valencia) 1.107 m (2004)
- Pabellón oficinas de la Diputación de León (LEÓN) 830 m (2005)
- Comunidad de propietarios c/Base Aerea, 7-17 (Torrejon de Ardoz) 250 m (2005)
- Comunidad propietarios c/ Joan d'Austria (Mataró) 900 m (2006)

## 10. ENSAYOS

### 10.1 Ensayos de identificación de los materiales

Las empresas suministradoras de los materiales y componentes del sistema han aportado mediante certificación los valores característicos de los mismos.

### 10.2 Ensayos de aptitud de empleo

#### 10.2.1 Ensayo de comportamiento mecánico del sistema

Expediente de ensayos nº 16.504 realizado en el

a) *Objeto de los ensayos*

Se trata de ensayar el sistema de refuerzo y reparación de forjados, simulando las condiciones reales más desfavorables en que se suelen encontrar éstos.

b) *Disposición de los ensayos*

Sobre muros de ladrillo hueco doble de medio pie de espesor y 50 cm de anchura, enlucidos y con una separación entre caras externas de 4,00 m e internas de 3,75 m, se apoyaron viguetas con las características que más adelante se detallan y que constituían el elemento a reforzar.

Para simular el peso de los forjados superiores, se disponían unos perfiles metálicos sobre la cara superior de los muretes de ladrillo y enrasados con las viguetas. Dichos perfiles se anclaban al suelo por medio de cables de acero.

Para los ensayos se utilizaron viguetas fabricadas en el Instituto que se hicieron con un hormigón cuya resistencia era de 106 kp/cm<sup>2</sup>, llevando como armadura de compresión un redondo  $\Phi$  8 mm, y de tracción uno  $\Phi$  4 mm que se extendía a los 2/3 de la longitud total de la viga en su zona central.

Se dispusieron bajo cada una de las viguetas una viga de refuerzo. Los anclajes, tres por apoyo, de tipo químico, sistema HIT de HILTI (varillas HIT M12/115; cartucho HIT C-20; manguito de tamiz  $\varnothing$ 16).

c) *Dispositivo de aplicación de cargas*

Se disponía para estos ensayos de un equipo de aplicación de cargas compuesto por un gato de 20 Mp y un dinamómetro, dispuestos de manera que la carga máxima alcanzada fuera de 10 Mp.

La presión existente en el gato era medida por un captador de presión situado en la cabeza de éste y su lectura recogida por ordenador cada tres segundos.

Asimismo se leían por medio del ordenador los flexímetros que se disponían bajo las viguetas para medir flechas. Uno en el centro del vano y otros dos a 10 cm de los apoyos.

La carga era aplicada mediante un perfil de reparto colocado bajo el gato, que descargaba en dos rodillos que se apoyaban a su vez sobre unas placas colocadas sobre la viga y recibidas con escayola.

Estas placas, situadas en los puntos de carga sobre la viga, estaban colocadas a tercios de la luz en las viguetas ensayadas a flexión y a 50 cm de los apoyos en las viguetas ensayadas a cortante.

d) *Fases de carga*

Conforme a las instrucciones del fabricante, se dejó transcurrir un plazo de 14 días desde el montaje del sistema hasta la realización del ensayo, para obtener las resistencias adecuadas en el mortero de unión. Una vez colocados todos los dispositivos de carga (placas, rodillos, gatos, perfil de reparto...) sobre una viga, se procedía a iniciar el proceso de carga. Tanto en los ensayos de flexión como de cortante la carga se aplicó en escalones de 200 kp hasta llegar a 600 kp. En ese momento se descargó. Una vez estabilizada la flecha se reinició el proceso de carga igualmente en escalones de 200 kp que continuó hasta la rotura de la viga.

La flecha que se da en los resultados de los ensayos corresponde a la flecha en el momento de carga indicado, menos la flecha residual obtenida en la descarga de la primera fase del ensayo.

El valor de carga de 1.500 kp para el que se da la flecha correspondería a la carga total sin mayorar que actúa sobre una banda de forjado de 0,70 m, con una luz de vano de 3,75 m y una carga uniformemente repartida de 570 kp/m<sup>2</sup> (peso propio más sobrecargas).

e) *Resultado de los ensayos*

A continuación se extractan los valores más significativos de los ensayos realizados.

FLEXIÓN 1

- Flecha en 1.500 kp: 3,23 mm
- Carga de rotura: 4.820 kp
- Tipo de rotura: Fisura continua a lo largo del alma de la viga reforzada. No se produce el agotamiento del perfil de refuerzo.

FLEXIÓN 2

- Flecha en 1.500 kp: 3,69 mm
- Carga de rotura: 4.300 kp
- Tipo de rotura: A los 4.000 kp rotura de la viga reforzada. No se produce el agotamiento del perfil de refuerzo.

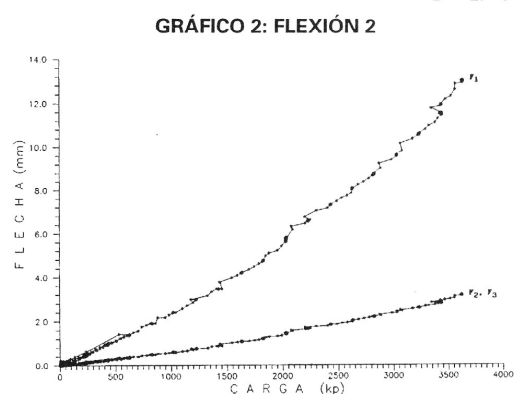
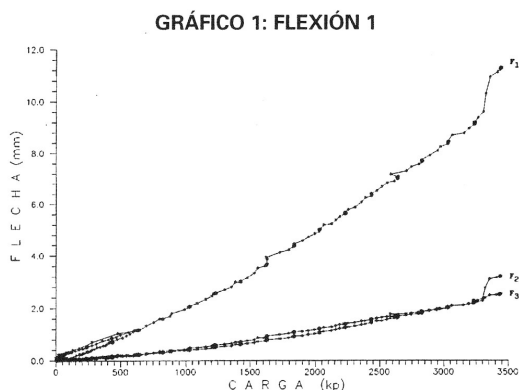
CORTANTE 1

- Flecha en los apoyos en 1.500 kp: 0,62 y 0,85 mm
- Carga de rotura: 6.700 kp
- Tipo de rotura: Aplastamiento del muro.

CORTANTE 2

- Flecha en los apoyos en 1.500 kp: 0,49 y 0,47 mm
- Carga de rotura: 7.170 kp
- Tipo de rotura: Aplastamiento del muro.

Se adjuntan los gráficos carga total / flecha correspondientes a los ensayos de flexión (gráficos 1 y 2), indicando las flechas en el centro del vano (F1) y en los apoyos (F2 y F3).



F<sub>1</sub> = Flecha en el centro del vano.  
F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> = Flecha en apoyos.

## 11. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

El sistema, tal y como se describe en este Documento, es apto para el fin de reparación de forjados al que se destina.

La viga de refuerzo, gracias al carácter telescópico de sus elementos, posibilita un fácil transporte, manipulación y colocación de la misma. El sistema propuesto supone una reducción de la altura libre del espacio situado bajo el forjado objeto de refuerzo.

### 11.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

#### 11.1.1 DB – SE Seguridad Estructural

La presente evaluación técnica y los ensayos realizados, han permitido comprobar que el modelo de cálculo propuesto es coherente con el comportamiento del Sistema, según se describen en el punto 8.

El proyecto técnico deberá contar con su correspondiente anejo de cálculo de estructuras, donde se especifiquen los criterios de cálculo

adoptados, que deberán ser conformes a lo establecido en el presente documento y justificar el cumplimiento de los requisitos básicos de resistencia y estabilidad (SE 1) y de aptitud al servicio (SE 2) del CTE.

Es responsabilidad del técnico autor del proyecto y de la dirección de obra determinar la resistencia a compresión del hormigón. Dicha resistencia deberá quedar avalada por los medios que estime oportunos, preferiblemente por ensayos de laboratorio (al menos uno por cada tipo de forjado y siempre que se observen grados de degradación distintos).

Si bien el Sistema es un sistema de reparación de forjados, no debe olvidarse que el forjado forma parte de una organización estructural más amplia, la del edificio, debiéndose comprobar la capacidad global de la misma, la adecuación del resto de elementos que deben transmitir las cargas hasta la cimentación y la incidencia sobre los mismos del refuerzo.

El sistema supone un incremento de las cargas gravitatorias sobre los elementos estructurales verticales y en último término sobre cimentación, debiéndose comprobar, en cada caso, la capacidad de los mismos al citado incremento de cargas, así como el nivel de tensiones en el terreno.

A pesar de que el fabricante propone en el Sistema la formación de una viga mixta con la necesaria colaboración del forjado existente, es evidente que el perfil metálico de refuerzo, de forma aislada (sin la colaboración del forjado existente), tiene capacidad mecánica suficiente como para garantizar hasta una luz máxima, función de la carga e intereje considerado, la estabilidad del forjado en caso de pérdida total de resistencia de la vigueta afectada. Siempre que se mantengan las limitaciones de resistencia y deformaciones de la normativa en vigor.

#### 11.1.2 DB – SI Seguridad en caso de Incendio

La estructura de refuerzo, incluyendo los anclajes, deberá quedar convenientemente protegida frente a la acción del fuego, de manera que se cumpla la exigencia básica de Resistencia al fuego de la estructura (SI 6) en función de las características concretas del edificio, según se recoge en el CTE-DB-SI.

#### 11.1.3 DB – SU Seguridad de utilización

No procede.

#### 11.1.4 DB – HS Salubridad

Los componentes del sistema, según declara el fabricante del mismo, no contienen ni liberan sustancias peligrosas de acuerdo a la legislación nacional y europea.

#### 11.1.5 DB – HE Ahorro de energía

No procede.

#### 11.1.5 DB – HR Protección frente al ruido

No procede.

### 11.2 Utilización del producto. Puesta en obra y limitaciones de uso

#### 11.2.1 Puesta en obra

En la puesta en obra deberá prestarse especial atención a:

- Comprobar de forma rigurosa que la longitud de empotramiento entre los perfiles constitutivos de la viga de refuerzo no es inferior al mínimo, fijado en 400 mm, ya que de ello depende el comportamiento rígido del nudo y, en consecuencia, la coherencia del modelo de cálculo definido con el comportamiento real del sistema.
- La evaluación realizada indica que para el correcto funcionamiento del sistema es preciso que el material de relleno (mortero SIKA TOP 122) rellene la totalidad del espacio comprendido entre la vigueta afectada y el perfil de refuerzo.
- Teniendo en cuenta que la resina epoxi (SIKADUR 32 FIX) se presenta en dos componentes envasados en recipientes separados, prepesados, que precisan ser mezclados antes de su aplicación, en ningún caso y bajo ningún concepto se realizarán mezclas parciales de los dos componentes.
- Respetar el tiempo de vida de la resina epoxi, de tal forma que se garantice el correcto funcionamiento de la unión entre la vigueta de hormigón y el perfil metálico.

#### 11.2.2 Limitaciones de uso

La presente evaluación técnica cubre únicamente las aplicaciones del sistema recogidas en este Documento.

### 11.3 Gestión de residuos

En la gestión de los residuos producidos durante los procesos de fabricación y puesta en obra del sistema, y en particular de morteros y resinas, se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante de los mismos de acuerdo a la normativa vigente.

Verificándose en la fabricación de los perfiles la existencia de un control de calidad que comprende un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y control del producto y considerando que el proceso de fabricación y

puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica y los ensayos, se estima favorablemente, en este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

### LOS PONENTES

Antonio Blázquez  
Arquitecto

Irene Briones  
Arquitecto

## 12. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS <sup>(1)</sup>

Las principales observaciones formuladas por la Comisión de Expertos<sup>(2)</sup> en reuniones, en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, fueron las siguientes:

- Se debe asegurar antes de la actuación con el sistema de refuerzo evaluado, que las causas que originaron la degradación de los forjados existentes (humedades, pérdidas de las instalaciones de saneamiento o abastecimiento de agua, etc.) han sido corregidas.
- Dado que el sistema de reparación prevé como base de cálculo el trabajo solidario del perfil de

<sup>(1)</sup>La Comisión de Expertos de acuerdo con el Reglamento de concesión del DIT (O.M. de 23/12/1988), tiene como función, asesorar sobre el plan de ensayos y el procedimiento a seguir para la evaluación técnica propuestos por el IETcc. Los comentarios y observaciones realizadas por los miembros de la Comisión, no suponen en sí mismos aval técnico o recomendación de uso preferente del sistema evaluado.

La responsabilidad de la Comisión de Expertos no alcanza los siguientes aspectos:

- a) Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- b) Derechos de comercialización del producto o sistema.
- c) Obras ejecutadas o en ejecución en las cuales el producto o sistema se haya instalado, utilizado o mantenido, ni tampoco sobre su diseño, métodos de construcción ni capacitación de operarios intervinientes.

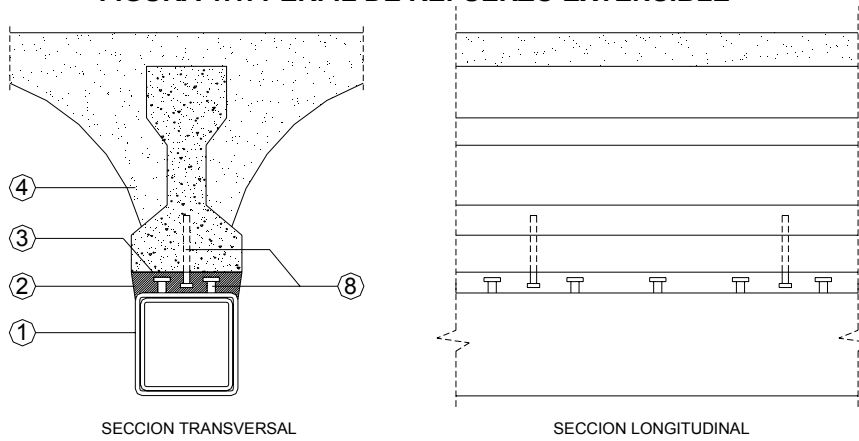
<sup>(2)</sup> La Comisión de Expertos estuvo formada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- Dirección General para la Vivienda y Arquitectura.
- Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente.
- CEDEX.
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Madrid.
- C.E.N.I.M. (C.S.I.C.).
- CIETAN.
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.
- Institut de Tecnologia de la Construcció. Generalitat de Catalunya.
- Dirección General de Arquitectura y Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- Ayuntamiento de Madrid.
- ADIGSA - Generalitat de Catalunya.
- Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona.
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS.
- Instituto Técnico de Materiales de Construcción, S.A. (INTEMAC, S.A.).
- Ministerio de Defensa. Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- DRAGADOS.
- Ferrovial-Agroman.
- ASECE.
- AENOR.
- CPV.
- FCC.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

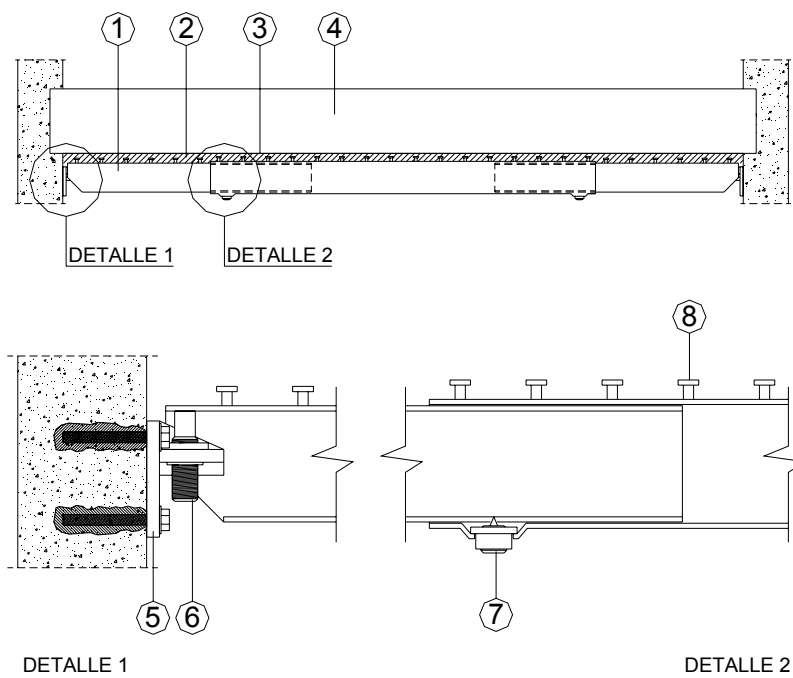
refuerzo con el forjado existente es preciso comprobar que el estado de las armaduras de la vigueta, es tal que no comporta una posible disociación entre el ala de la vigueta y el perfil de refuerzo, circunstancia que anularía el comportamiento conjunto de la sección mixta configurada.

- Se hace hincapié en la importancia de determinar la resistencia a compresión del hormigón del forjado existente.
- En la utilización del mortero (SIKA TOP 122) y de la resina epoxi (SIKADUR 32 FIX) se deben seguir escrupulosamente las indicaciones del fabricante, ya que el comportamiento de los mismos depende, de forma importante, de su correcta aplicación.
- Debe asegurarse a la recepción de los componentes del sistema la revisión del galvanizado y es recomendable después de la colocación, que se realice una inspección ocular por si fuese necesario un pintado suplementario del galvanizado en zonas que hayan podido ser ligeramente deterioradas en la manipulación y puesta en obra.
- Considerando los ensayos y evaluación realizada en el IETcc, deberá comprobarse previamente a la puesta en servicio del sistema, que el mortero de unión ha alcanzado las resistencias necesarias para transmitir los esfuerzos derivados del trabajo solidario de los componentes del sistema.
- Como cualquier unidad de obra de un edificio, es aconsejable, en general, realizar revisiones periódicas.
- La evaluación realizada sobre el Sistema no ha contemplado las soluciones particulares de voladizos, brochales, etc.; las cuales deberán, en cada caso, ser analizadas, teniendo en cuenta las posibilidades del Sistema por la Dirección facultativa de la obra.

**FIGURA 1.1: PERFIL DE REFUERZO EXTENSIBLE**

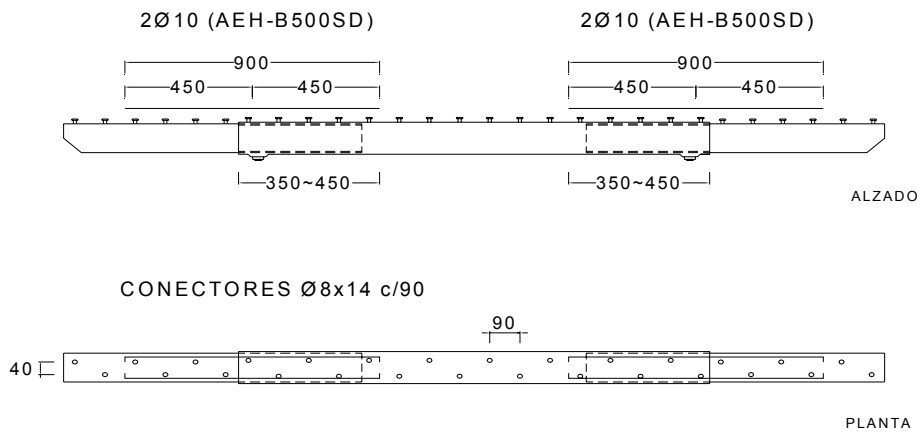


**FIGURA 2.1.**



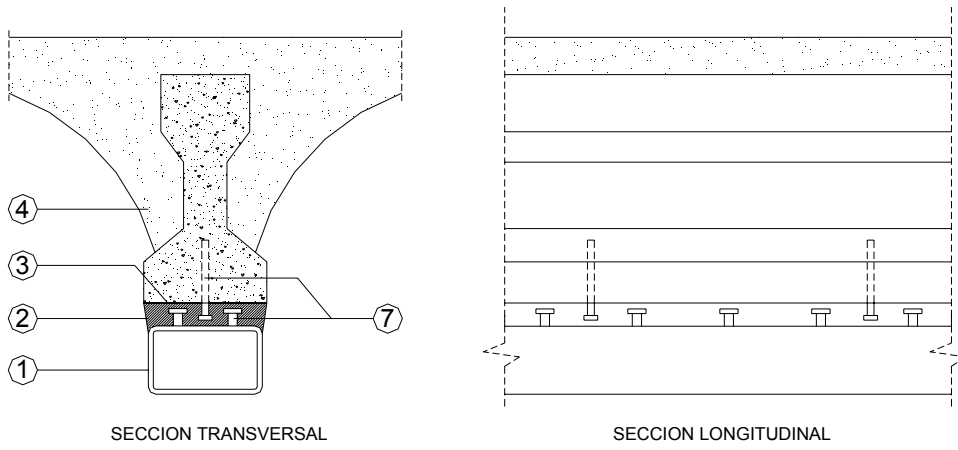
- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1. PERFIL DE REFUERZO TUBO 100x100x4</li> <li>2. MORTERO DE RELLENO SIKATOP 122</li> <li>3. RESINA EPOXI SIKADUR 32 FIX</li> <li>4. FORJADO EXISTENTE</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>5. PIEZA DE APOYO (SOPORTE POSTENSIÓN)</li> <li>6. TORNILLO DE POSTENSIÓN</li> <li>7. TORNILLO DE FIJACIÓN</li> <li>8. CONECTORES</li> </ul> |
|---|---|

**FIGURA 3.1.**

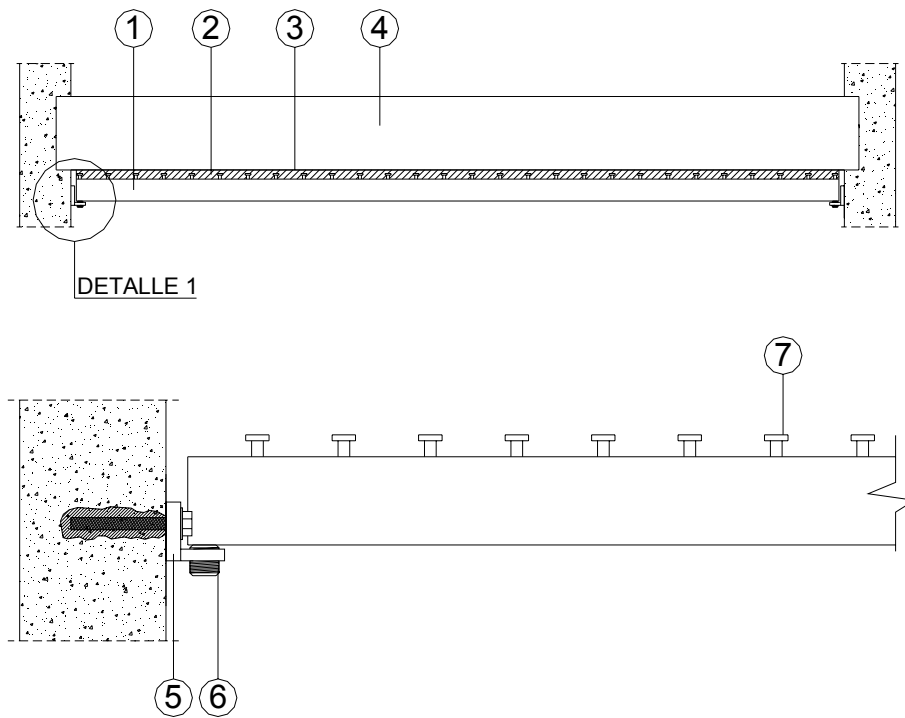




**FIGURA 1.2: PERFIL DE REFUERZO TUBO CR**

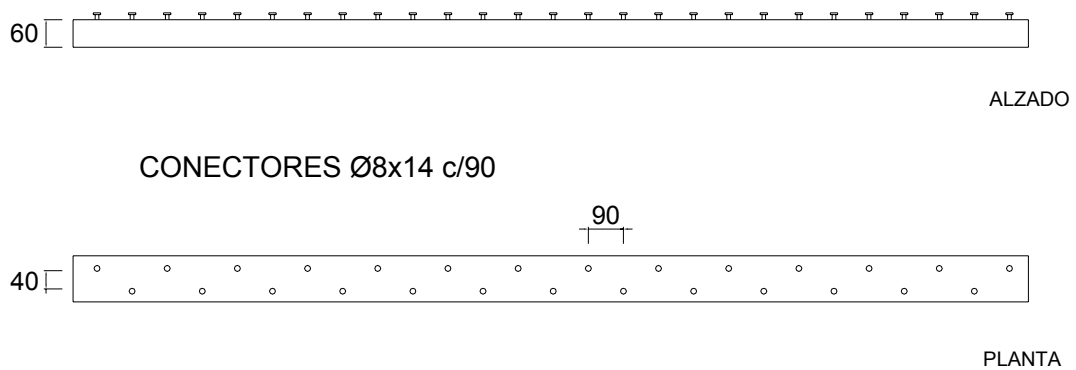


**FIGURA 2.2**



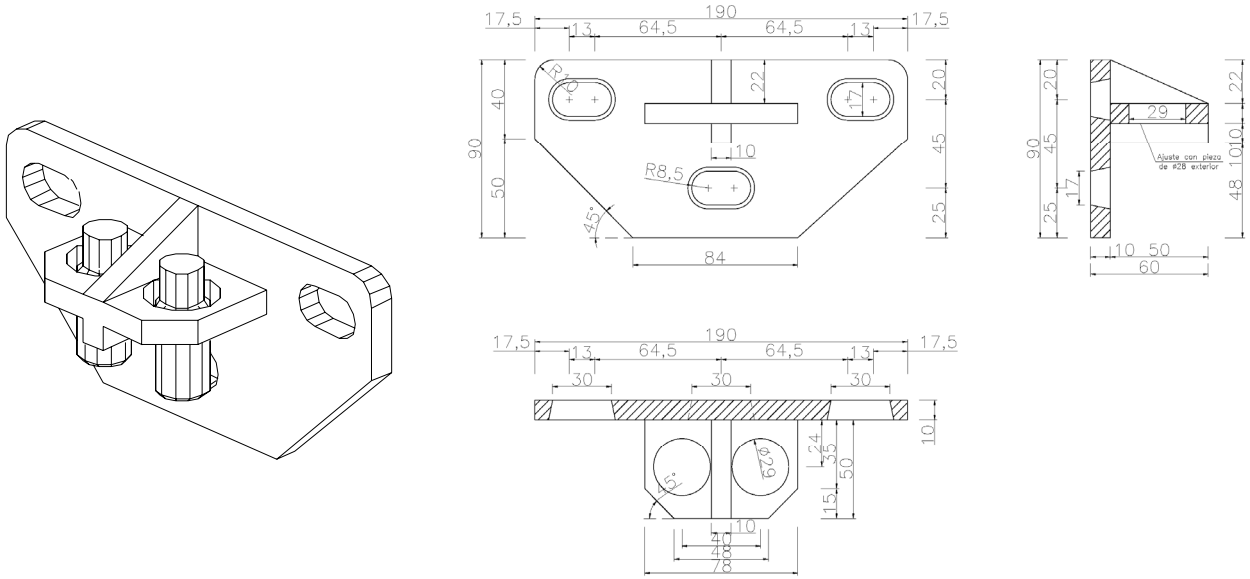
- DETALLE 1**
- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1. PERFIL DE REFUERZO TUBO 100x60x4 | 5. PIEZA DE APOYO (SOPORTE POSTENSIÓN) |
| 2. MORTERO DE RELLENO SIKATOP 122   | 6. TORNILLO DE POSTENSIÓN              |
| 3. RESINA EPOXI SIKADUR 32 FIX      | 7. CONECTORES                          |
| 4. FORJADO EXISTENTE                |  |

**FIGURA 3.2**

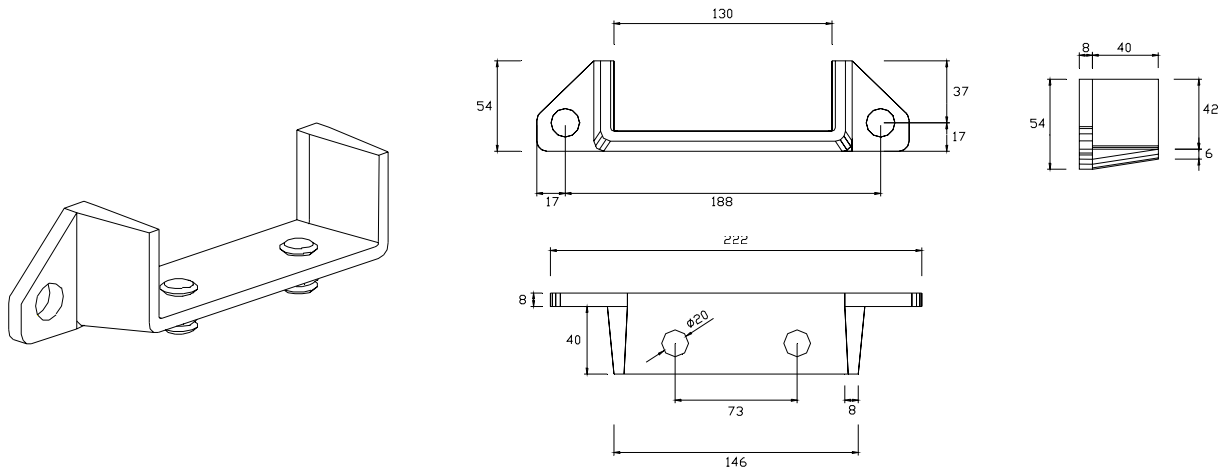


**CONECTORES Ø8x14 c/90**

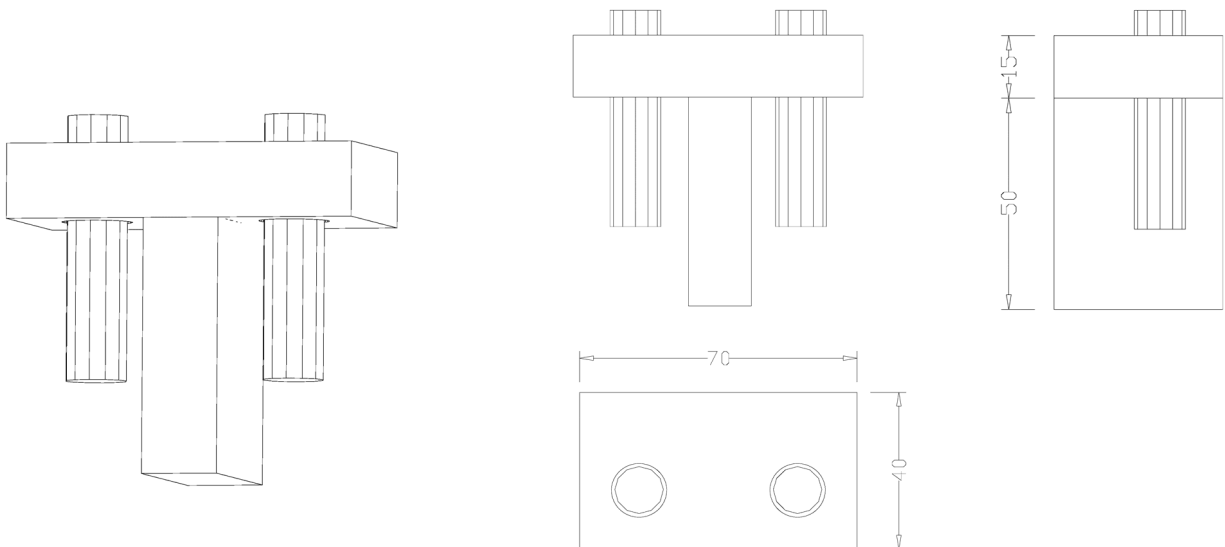
**FIGURA 4.1: PIEZA DE APOYO DE FUNDICIÓN PARA VIGA EXTENSIBLE**



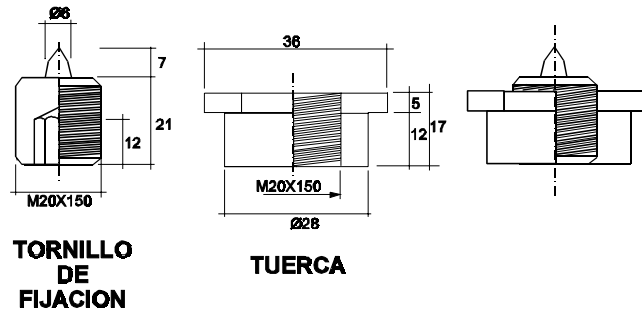
**FIGURA 4.2: PIEZA DE APOYO DE FUNDICIÓN PARA TUBO CR**



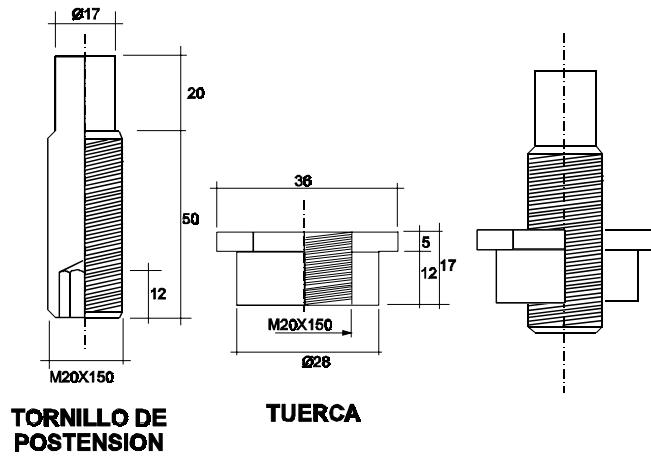
**FIGURA 4.3. PIEZA DE APOYO DE ACERO**



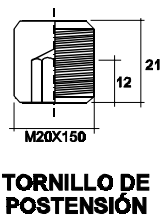
**FIGURA 5: TORNILLO DE FIJACIÓN (SISTEMA EXTENSIBLE)**



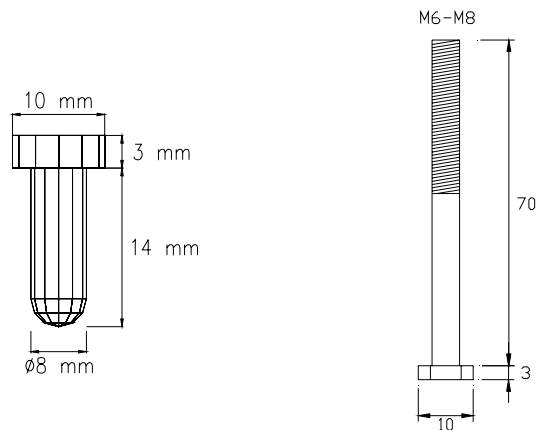
**FIGURA 6.1: TORNILLO DE POSTENSIÓN DEL SISTEMA EXTENSIBLE**



**FIGURA 6.2: TORNILLO DE POSTENSIÓN DEL TUBO CR**



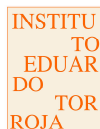
**FIGURA 7: CONECTORES**







MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA  
C/ Serrano Galvache nº 4. 28033 Madrid  
Tel (+34) 91 3020440 Fax (+34) 91 3020700  
e-mail: dit@ietcc.csic.es  
http://www.ietcc.csic.es



## DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N° 303R/14

Área genérica / Uso previsto:

**SISTEMA DE REPARACIÓN DE  
FORJADOS DE VIGUETAS**

Nombre comercial:

**MECANOVIGA PERFILES MVH Y MVV**

Beneficiario:

**MECANOVIGA S.L.**

Sede Social:

P.I. Camí Ral  
Passeig del Ferrocarril, 383  
08850 – Gavá. Barcelona  
ESPAÑA  
Telf. 93 633 36 50- Fax. 93 633 40 37  
www.mecanoviga.com  
e-mail: mecanoviga@mecanoviga.com

Validez. Desde:  
Hasta:

14 de febrero de 2014  
14 de febrero de 2019  
(Condicionada a seguimiento anual)

**Este Documento consta de 20 páginas**



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA  
UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION  
EUROPEAN UNION OF AGRÉMENT  
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGRÉMENT IN BAUWESEN

## MUY IMPORTANTE

*El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico.*

*Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento integro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.*

*La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.*

**C.D.U: 692.251**  
**Sistemas de construcción**  
**Systèmes de Construction**  
**Building System**

### DECISIÓN NÚM. 303R/14

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto nº 3.652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden nº 1.265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando el artículo 5.2, apartado 5, del Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) sobre conformidad con el CTE de los productos, equipos y sistemas innovadores, que establece que un sistema constructivo es conforme con el CTE si dispone de una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto,
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de Octubre de 1998,
- considerando la solicitud formulada por la Sociedad Mecanoviga S.L., de renovación, modificación y fusión de los DOCUMENTOS DE IDONEIDAD TÉCNICA nº 303R y 331R, al ampliar el campo de aplicación y actualización de texto en el **Sistema de reparación de forjados de viguetas MECANOVIGA PERFILES MVH Y MVV**,
- en virtud de los vigentes Estatutos de l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc),
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesiones celebradas el 1 de febrero de 1996, el 15 de julio de 1998 y el 7 de febrero de 2014,

### DECIDE

Renovar los DOCUMENTOS DE IDONEIDAD TÉCNICA número 303R y 331R, con el número 303R/14 al **Sistema de reparación de forjados de viguetas MECANOVIGA PERFILES MVH Y MVV**, considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es **CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN**, siempre que se respete el contenido completo del presente documento y en particular las siguientes condiciones:

## **CONDICIONES GENERALES**

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA avala exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el peticionario, debiendo para cada caso, de acuerdo con la normativa vigente, acompañarse del correspondiente proyecto técnico y llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente.

El proyecto técnico deberá justificar el cumplimiento de la normativa en vigor, aportando la correspondiente memoria de cálculo y la documentación gráfica en la que se detallen la geometría de todas las piezas, las condiciones de conexión de piezas entre sí y las condiciones de apoyo en la estructura existente.

MECANOVIGA S.L., para cada aplicación, proporcionará las características geométricas y mecánicas de los perfiles utilizados, así como asistencia técnica suficiente que permita el cálculo y definición para su ejecución.

## **CONDICIONES DE CÁLCULO**

En cada caso se comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en este Documento en su Informe Técnico, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del Sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados últimos y de servicio.

Asimismo, se deberán estudiar las acciones que el Sistema, transmite a la estructura general del edificio, asegurando que el incremento de cargas debidas al Sistema de reparación y la transmisión de esfuerzos que se derivan, son admisibles.

## **CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL**

El fabricante deberá mantener el autocontrol que en la actualidad realiza sobre las materias primas, el proceso de fabricación y el producto acabado, conforme a las indicaciones que se dan en los apartados 5 y 6 del presente documento, que no será menor del prescrito en la reglamentación vigente.

## **CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA**

La puesta en obra del Sistema debe realizarse por el fabricante o por empresas cualificadas y autorizadas por MECANOVIGA S.L.

Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones durante el montaje, a los riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

## **VALIDEZ**

El presente Documento de Idoneidad Técnica número 303R/14 es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las obras realizadas.

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 14 de febrero de 2019.

Madrid, 14 de febrero de 2014

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



Ángel Arteaga Iriarte





## INFORME TÉCNICO

### 0. OBJETO DEL DIT

Sistema de reparación de forjados unidireccionales, consistente en la sustitución funcional de las viguetas deterioradas mediante la colocación bajo las mismas de vigas metálicas telescópicas de chapa de acero conformadas y compuestas de tres tramos unidos mediante tornillería de alta resistencia, capaces de asegurar la estabilidad del forjado en caso de pérdida total de la resistencia de la vigueta afectada.

Una vez puesto en obra el Sistema, a efectos de cálculo, no se considera la colaboración resistente a flexión de las viguetas del forjado que se va a reparar.

### 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema MECANOVIGA está compuesto por un perfil resistente y dos cartelas. La viga MECANOVIGA está compuesta por varios tramos de chapa de acero S235JR zincado que se ensamblan y unen mediante tornillería de alta resistencia.

El perfil MECANOVIGA se coloca bajo la vigueta afectada, consiguiéndose la transmisión de cargas de la vigueta al perfil MECANOVIGA mediante el relleno del espacio entre ambas con mortero de retracción controlada.

Previo al retacado de la viga con mortero sin retracción, se efectuará la entrada en carga de la viga, mediante el sistema de tensado.

Una vez inyectado el mortero se verificará el volumen suministrado del mismo. A efectos de cálculo no se considera la resistencia del mortero, sólo se considera la sección metálica.

La transmisión de esfuerzos a las paredes, muros o jácenas donde descansa el forjado, se realiza a través de las cartelas, fijadas a las mismas mediante anclajes de tipo químico o mecánico, según el soporte. Estos apoyos reciben directamente los perfiles MECANOVIGA.

Según sea la estructura portante existente, se presentan diversas posibilidades de conexión de las cartelas.

- Conexión a fábrica de ladrillo. Los anclajes serán de varilla roscada con tuerca y arandela fijados mediante resina de dos componentes. En caso de ser la fábrica de ladrillo hueco se macizará convenientemente la métrica de las varillas y longitudes, se determinará por cálculo en cada caso.

- Conexión a viga de hormigón armado. Idem caso fábrica de ladrillo.

- Conexión a viga metálica. La conexión de la pieza de apoyo al alma se realiza mediante varilla roscada de acero, con sus correspondientes tuercas y arandelas. La métrica de las varillas se determinará por cálculo en cada caso.

La constitución telescópica del perfil MECANOVIGA permite un fácil y cómodo transporte, manipulación y montaje de la misma.

### 2. MATERIALES

#### 2.1 Chapa de acero

Chapa de acero laminada en caliente, S235JR, destinada a ser sometida a una conformación en frío por plegado, según Norma UNE-EN 10025-1:2006 (Productos laminados en caliente de aceros para estructuras). Este material se emplea para la formación de los perfiles longitudinales y las cartelas.

Características:

Límite elástico: 235 N/mm<sup>2</sup>.

Resistencia a la tracción: 360-510 N/mm<sup>2</sup>.

Alargamiento de rotura:  $\geq 24$  %.

#### 2.2 Zincado

Norma de recubrimiento: UNE-EN ISO 2081:2010

Recubrimiento: zinc de pureza 99,99 %.

Tipo de deposición: electrolítica.

Espesor: 11-15  $\mu$ m.

Acabado: bañado en solución bicromatada.

#### 2.3 Mortero de retacado

Mortero sin retracción: Myrsac 491.

Resistencia a compresión:  $> 25$  N/mm<sup>2</sup>.

Resistencia a flexión:  $> 5$  N/mm<sup>2</sup>.

pH: 11,5-12,5.

Cloruros y agregados metálicos:  $< 0,01$  %.

#### 2.4 Mortero autonivelante bombeable

Mortero sin retracción: Myrsac 490 I.

Resistencia a compresión:  $> 30$  N/mm<sup>2</sup>.

Resistencia a flexión:  $> 7$  N/mm<sup>2</sup>.

Cloruros y agregados metálicos:  $< 0,01$  %.

#### 2.5 Tornillería de alta resistencia

Los tornillos utilizados cumplirán las especificaciones dimensionales que recogen las Normas DIN 931 y DIN 934. Asimismo cumplirán las exigencias metalúrgicas de la Norma DIN ISO 898 y DIN 267 y la Norma NBE-EA/95.

Los tornillos a utilizar serán de métrica M-12.

Características:

Tornillería de alta resistencia, clase 8'8  
 Límite elástico convencional: 64 kg/mm<sup>2</sup>  
 Resistencia a la tracción: 80 - 100 kg/mm<sup>2</sup>  
 Alargamiento a la rotura: mín. 12 %  
 Diámetro nominal: 12 mm  
 Par de apriete: 8,4 kgm

La viga MVH está compuesta por 6 chapas de acero dobladas y punzonadas que, una vez ensambladas, presentan el perfil tipo MVH. Constituyéndose en tres tramos, dos extremos y el central. El punzonado de las piezas es a base de colisos en el alma y un correcto ajuste de la viga a la luz entre paredes.

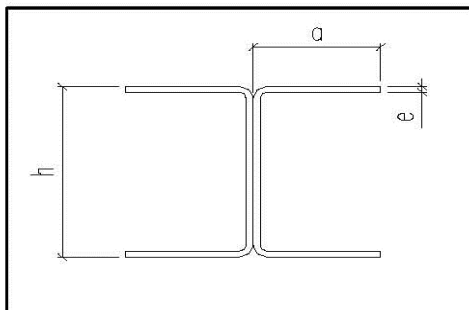
3. COMPONENTES DEL SISTEMA

Tabla de los valores estáticos de los perfiles MVH suministrada por el fabricante.

3.1 Perfiles longitudinales MVH

Valores Estáticos de los Perfiles MVH

PERFIL	EXTREMO						CENTRAL					
	h	a	e	Ix	Wx	P	h	a	e	Ix	Wx	P
	mm	mm	mm	cm4	cm3	Kg/ml	mm	mm	mm	cm4	cm3	Kg/ml
MVH12	128	70	4	546	91	16	120	66	6	672	120	21
MVH16	168	70	4	1.026	128	18	160	66	6	1.321	174	25
MVH20	208	70	4	1.699	167	21	200	66	6	2.246	234	29



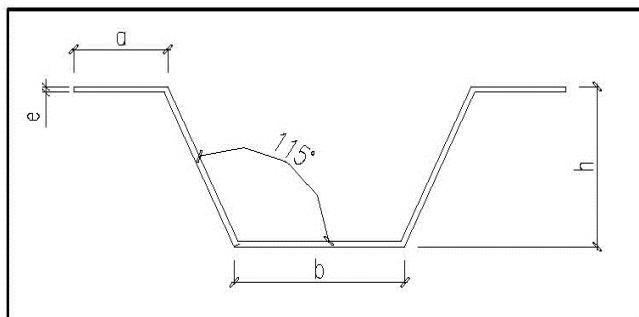
3.2 Perfiles longitudinales MVV

La viga MVV está compuesta por 3 chapas de acero dobladas y punzonadas que, una vez ensambladas, presentan un perfil tipo omega, dos extremos y uno central. El punzonado de las

piezas es a base de colisos en las alas permitiendo un correcto ajuste de la viga a la luz entre paredes. Las siguientes tablas, suministradas por el fabricante, muestran los valores estáticos y dimensionales de los perfiles MVV.

Valores Estáticos de los Perfiles MVV

PERFIL	EXTREMO							CENTRAL						
	h	a	b	e	Ix	Wx	P	h	a	b	e	Ix	Wx	P
	mm	mm	mm	mm	cm4	cm3	Kg/ml	mm	mm	mm	mm	cm4	cm3	Kg/ml
MVV12	124	69	125	4	499	80	16	126	66	133	6	749	121	24
MVV16	164	74	154	4	1.013	124	20	166	71	162	6	1.520	185	30
MVV20	204	74	154	4	1.699	167	22	206	71	162	6	2.548	250	34



### 3.3 Cartelas

Las cartelas para el perfil MVH están formadas con chapas de acero plegadas, con pestaña inferior de 6 cm para soporte de la viga y pestaña superior para arriostrado. El espesor de la placa es de 6 mm.

Las cartelas para el perfil MVV están formadas con chapas de acero plegada, con pestaña inferior de 8 cm, para soporte de la viga y pestaña superior para arriostrado. El espesor de la placa es variable de 4 a 6 mm en función de las longitudes de las vigas.

### 3.4 Anclajes

Este componente del Sistema es fundamental para el comportamiento final de la solución propuesta. La definición del tipo y número de anclajes se realizará en función del material base de apoyo (cerámico hueco o macizo, hormigón, etc.) y de los esfuerzos transmitidos al apoyo. Estos datos serán suministrados por el responsable del Sistema en función de las recomendaciones del fabricante del anclaje.

### 3.5 Mortero de retacado

Mortero de retacado Myrsac 491, de retracción controlada y altas resistencias mecánicas. Su función es rellenar el espacio entre la viga existente y el perfil MVH, garantizando la transmisión completa de cargas. No se considera la resistencia del mortero en el modelo de cálculo.

### 3.6 Mortero autonivelante

Mortero autonivelante bombeable Myrsac 490, de retracción controlada y altas resistencias mecánicas. Su función es rellenar el espacio entre la viga existente y el perfil MVV, garantizando la transmisión completa de cargas. No se considera la resistencia del mortero en el modelo de cálculo.

## 4. FABRICACIÓN

### 4.1 Materiales

- Chapa de acero S235JR.
- Tornillería suministrada por FATOR S.A.
- Morteros sin retracción Myrsac 490 y Myrsac 491, suministrado por Hormigones Pamplona.

Cualquiera de los materiales descritos utilizados en la fabricación del Sistema, podrán ser suministrados por fabricantes diferentes a los indicados, siempre que se garantice, mediante certificación, que cumplen las mismas condiciones

exigidas en este Documento. Las modificaciones deberán ser notificadas previamente al IETcc, para su aprobación.

### 4.2 Perfiles y cartelas

Todos los perfiles metálicos y cartelas utilizados por el Sistema, son fabricados por TALLERES MANUTENCIÓN S.A. (TAMANSA), en su factoría sita en Gavà (Barcelona). Los procesos de corte, punzonado y plegado de chapa son realizados mediante maquinaria de control numérico.

## 5. CONTROLES

### 5.1 Control de recepción de materias primas

MECANOVIGA S.L., tendrá registrados y a disposición del IETcc todos los controles y certificados que a continuación se indican, para asegurar la calidad de los productos.

**Chapa:** La calidad de la chapa viene garantizada por el fabricante de la misma, emitiendo certificación del producto garantizando:

- Comprobación química del material.
- Características mecánicas.

**Mortero:** Certificado de características emitido por la empresa suministradora garantizando todas sus características técnicas.

**Tornillería:** Certificado emitido por la empresa suministradora, garantizando la composición química del material, y sus características mecánicas.

**Anclajes:** Certificado de características emitido por la empresa suministradora del cumplimiento de las Normas UNE-EN 20898 y UNE-EN ISO 898.

**Perfiles:** Certificado emitido por TAMANSA garantizando las características geométricas de las piezas, y sus tolerancias dimensionales según UNE-EN 10219.

### 5.2 Control de puesta en obra del sistema

Como se indica en las Condiciones Generales de este documento, las obras deberán llevarse a término sometidas a la preceptiva dirección de obra; no obstante, el fabricante del Sistema garantizará el control de la puesta en obra, de acuerdo con las especificaciones técnicas contenidas en este Documento.

## 6. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

### 6.1 Transporte

El transporte se realizará en condiciones tales que las piezas no puedan sufrir deformaciones y el zincado de las mismas no sufra ningún desperfecto o deterioro que deje sin protección las chapas metálicas.

Cuando un perfil por causa de algún percance se haya deformado, deberá rechazarse, no permitiéndose su enderezamiento o reparación.

### 6.2 Almacenamiento

En general, para todos los componentes del Sistema deberán cumplirse las condiciones que impongan los fabricantes de dichos materiales para su conservación y transporte.

Cuando todos estos materiales estén a pie de obra, las condiciones anteriormente expuestas de almacenamiento deberán extremarse.

Los envases que contienen al mortero sin retracción deberán conservarse cerrados. Su almacenamiento no excederá de un máximo de 6 meses, y ha de conservarse en lugar seco y a temperatura moderada.

## 7. PUESTA EN OBRA

La puesta en obra será realizada por el fabricante del Sistema o por montadores autorizados por el mismo, de acuerdo con las especificaciones técnicas de este documento.

Cada caso requerirá un estudio particular, pero por regla general las fases del montaje serán las siguientes:

- Desviación de las instalaciones existentes si fuera necesario.
- Descubrir los nervios deteriorados del forjado en toda su longitud, mediante desmontaje de falso techo, picado de revestimiento, etc., según el tipo de acabado de la superficie inferior del forjado a tratar.
- Picado del revestimiento en la zona de los apoyos, si fuera necesario sanear la zona.
- Fijación de los anclajes a la pared.
- Montaje de los tramos extremos del perfil.
- Montaje de los tramos centrales del perfil.
- Entrada en carga del perfil MECANOVIGA mediante el sistema de tensado.

- Relleno de mortero sin retracción entre el perfil y la vigueta deteriorada.

## 8. MEMORIA DE CÁLCULO

En cada caso se comprobará la estabilidad y resistencia del Sistema, deduciéndose de este estudio el dimensionado de los perfiles y de sus apoyos. Asimismo, se justificará la adecuación del procedimiento para soportar los esfuerzos mecánicos y deformaciones que puedan derivarse de las acciones a que vaya a estar sometido el Sistema.

El modelo de cálculo empleado no tiene en consideración la posible aportación resistente de las viguetas del forjado.

Los perfiles MECANOVIGA, se supondrán biapoyados de inercia variable considerando los tres tramos unidos rígidamente entre sí.

Se verifica en el estudio de la cartela, los esfuerzos de arrancamiento y corte de los tornillos de anclaje.

El fabricante suministrará las características geométricas y mecánicas de los perfiles utilizados.

Para su cálculo se seguirá la teoría general de resistencia de materiales considerando para ello y para las limitaciones de flecha la Normativa vigente reseñada en las Condiciones Generales de este Documento.

## 9. ENSAYOS

### 9.1 Ensayo de identificación de los materiales

Las empresas suministradoras de los materiales o componentes han aportado, mediante certificado, los valores característicos de los mismos.

### 9.2 Ensayos de aptitud de empleo

#### 9.2.1 Ensayos de comportamiento mecánico del Sistema MVH

En el Instituto Eduardo Torroja, se han realizado ensayos sobre cuatro viguetas reforzadas con el Sistema MECANOVIGA MVH (Expediente nº 16.914).

*Objeto de los ensayos*

Se trata de ensayar el sistema de refuerzo y

reparación de forjados MECANOVIGA MVH, simulando las condiciones reales más desfavorables en que se suelen encontrar éstos.

#### Disposición de los ensayos

Sobre muros de ladrillo hueco doble de medio pie de espesor y 50 cm de anchura, enlucidos de yeso y con una separación entre caras externas de 4 m e internas de 3,75 m, se apoyaron viguetas con las características que más adelante se detallan y que constituían el elemento a reforzar.

Para simular el peso de los forjados superiores, se disponían unos perfiles metálicos sobre la cara superior de los muretes de ladrillo y enrasados con las viguetas. Dichos perfiles se anclaban al suelo por medio de cables de acero.

En los ensayos de rotura a flexión se dispusieron, para su estudio y evaluación, dos perfiles MVH-12 de MECANOVIGA, los cuales se colocaron como refuerzo de otras dos viguetas comerciales de hormigón armado, con una resistencia del hormigón de 250 kp/cm<sup>2</sup>, una armadura de tracción constituida por dos redondos de 6 mm de Ø y uno de 12 mm y como armadura de compresión un redondo de 8 mm de Ø. Para reducir la resistencia de estas viguetas se hicieron dos cortes en los tercios de la luz y por su cara inferior, de tal manera que los redondos de 6 mm quedaron completamente cortados y el de 12 se cortó en una profundidad de 8 mm.

Para los ensayos a cortante se dispusieron dos perfiles MVH-12 como refuerzo de dos viguetas, fabricadas en el Instituto con un hormigón, cuya resistencia era de 99 kp/cm<sup>2</sup>, un redondo de 8 mm de Ø como armadura de compresión y uno de 4 mm, que se extendía a los 2/3 de la longitud total de la viga en su zona central, como armadura de tracción.

#### Dispositivo de aplicación de cargas

Se disponía, para estos ensayos, de un equipo de aplicación de cargas compuesto por un gato y un dinamómetro.

Se dispusieron flexímetros bajo las viguetas para medir flechas en el centro del vano (F1 y F2) y en la proximidad de los apoyos a 10 cm de éstos (F3 y F4).

Los puntos de carga sobre la viga, estaban colocadas a tercios de la luz en la viga ensayada a flexión y a 50 cm de los apoyos de los extremos, en la viga ensayada a cortante.

Tanto en los ensayos de flexión como de cortante la carga se aplicó en escalones de 200 kp hasta llegar a 600 kp. En ese momento se descargó. Una vez estabilizada la flecha se reinició el

proceso de carga, igualmente en escalones de 200 kp, que continuó hasta la rotura de la viga.

#### Resultados de los ensayos

La flecha que se da en los resultados de los ensayos, corresponde a la flecha en el momento de carga indicado menos la flecha residual, obtenida en la descarga de la primera fase del ensayo.

##### FLEXIÓN 1 (Perfil MVH- 12)

- Flecha en 1.500 kp: 5,12 mm.
- Carga de rotura: 6.260 kp.
- Tipo de rotura: Fallo del muro en la zona de anclaje.

##### FLEXIÓN 2 (Perfil MVH-12)

- Flecha en 1.500 kp: 4,33 mm.
- Carga de rotura: 8.050 kp.
- Tipo de rotura: Rotura del muro de apoyo.

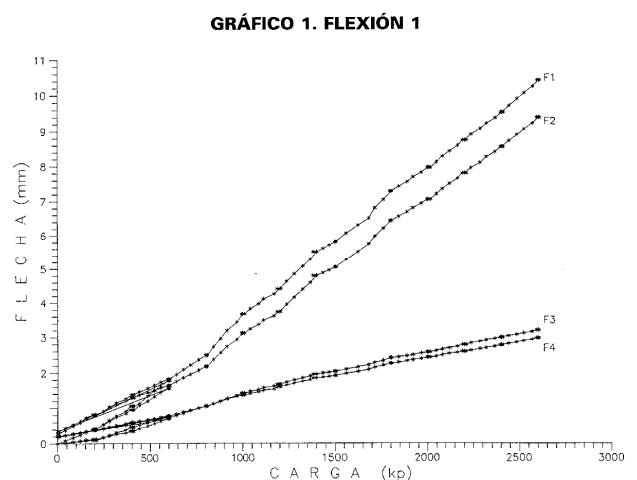
##### CORTANTE 1 (Perfil MVH-12)

- Flecha en los apoyos en 1.500 kp: 2,18 y 2,04 mm.
- Carga de rotura: 3.720 kp.
- Tipo de rotura: Fallo por momento flector de uno de los apoyos.

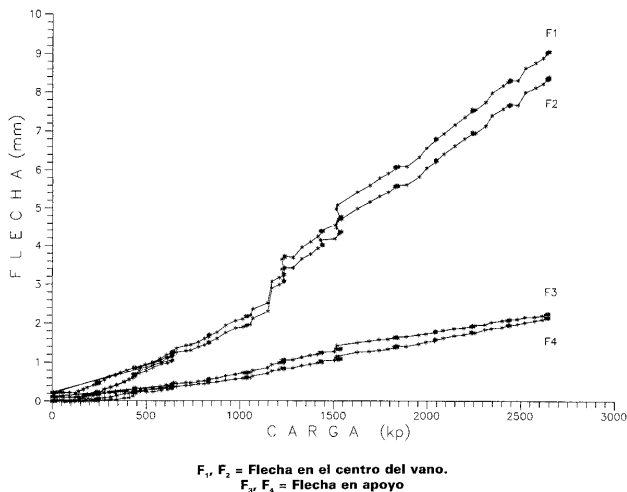
##### CORTANTE 2 (Perfil MVH-12)

- Flecha en los apoyos en 1.500 kp: 2,34 y 2,50 mm.
- Carga de rotura: 5.370 kp.
- Tipo de rotura: Fallo por momento flector de uno de los apoyos.

Se adjuntan los gráficos carga total/flecha correspondientes a los ensayos de flexión indicando las flechas en el centro del vano (F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>), y en los apoyos (F<sub>3</sub> y F<sub>4</sub>).



**GRÁFICO 2. FLEXIÓN 2**



### 9.2.2 Ensayos de comportamiento mecánico del Sistema MVV

#### Objeto de los ensayos

En el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, se han realizado ensayos sobre cuatro viguetas reforzadas con el Sistema MECANOVIGA MVV (Expediente nº 16.914-1).

#### Disposición de los ensayos

Sobre muros de ladrillo hueco doble de medio pie de espesor y 50 cm de anchura, enlucidos y con una separación entre caras externas de 4,00 m e internas de 3,75 m, se apoyaron viguetas con las características que más adelante se detallan y que constituían el elemento a reforzar.

Para simular el peso de los forjados superiores, se disponían unos perfiles metálicos sobre la cara superior de los muretes de ladrillo y enrasados con las viguetas. Dichos perfiles se anclaban al suelo por medio de cables de acero.

Para los ensayos se utilizaron semiviguetas pretensadas de 20 cm de canto, 11 de ancho en la base y 6 en el alma, armadas con cuatro redondos de 5 mm de diámetro. Una vez colocadas las viguetas sobre los muros y antes de colocar el refuerzo, se cortaron éstas en su zona central y desde la cara inferior hasta una profundidad de unos 6 cm, quedando cortados los cuatro redondos. Una de las vigas así cortadas se ensayó sin reforzar, obteniéndose que para una carga total aplicada de 500 kp aumentaba la deformación sin aumento de la carga, produciéndose la rotura posterior con dicha carga.

Bajo cuatro viguetas como las descritas, se dispusieron perfiles de refuerzo MECANOVIGA MVV, de 12 cm de canto. Para fijar los apoyos se utilizaron cuatro anclajes de tipo químico por cada uno de ellos.

#### Dispositivo de aplicación de cargas

Se disponía para estos ensayos, de un equipo de aplicación de cargas compuesto por un gato y un dinamómetro.

Los puntos de carga sobre la vigueta, estaban colocadas a tercios de la luz en las viguetas ensayadas a flexión y a 50 cm de los apoyos en las viguetas ensayadas a cortante.

Tanto en los ensayos de flexión como de cortante la carga se aplicó en escalones de 200 kp hasta llegar a 600 kp. En ese momento se descargó. Una vez estabilizada la flecha se reinició el proceso de carga igualmente en escalones de 200 kp que continuó hasta la rotura del sistema ensayado.

La flecha que se da en los resultados de los ensayos, corresponde a la flecha en el momento de carga indicado, menos la flecha residual obtenida en la descarga de la primera fase del ensayo.

El valor de la carga de 1.500 kp para el que se da la flecha, correspondería a la carga total sin mayorar que actúa sobre una banda de forjado de 0,70 m, con una luz de vano de 3,75 m y una carga uniformemente repartida de 570 kp/m<sup>2</sup> (peso propio más sobrecargas).

A continuación se extractan los valores más significativos de los ensayos realizados.

#### FLEXIÓN 1

- Flecha en 1.500 kp: 2,49 mm.
- Carga de rotura: 6.330 kp.
- Tipo de rotura: Fallo del muro de apoyo.

#### FLEXIÓN 2

- Flecha en 1.500 kp: 2,16 mm.
- Carga de rotura: 7.220 kp.
- Tipo de rotura: Fallo del muro de apoyo.

#### CORTANTE 1

- Flecha en los apoyos en 1.500 kp: 0,31 y 0,32 mm.
- Carga de rotura: 8.750 kp.
- Tipo de rotura: No se produjo.

#### CORTANTE 2

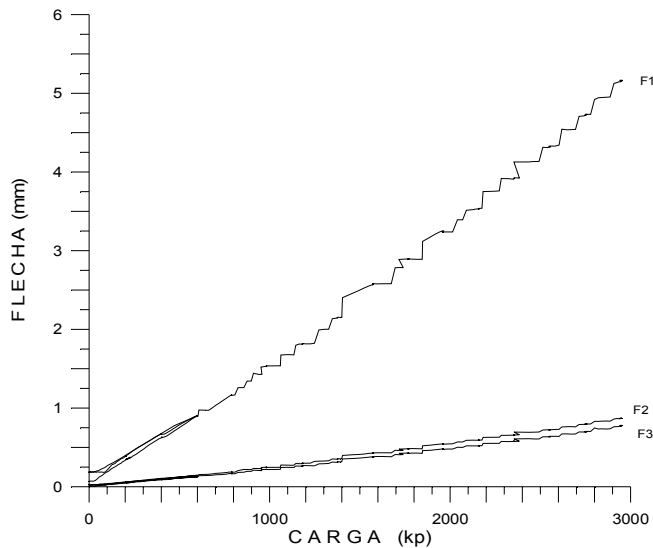
- Flecha en los apoyos en 1.500 kp: 0,26 y 0,27 mm.
- Carga de rotura: 8.000 kp.
- Tipo de rotura: No se produjo.

En ninguno de los cuatro ensayos se observó, en el momento de la rotura, efecto local

(abollamiento, aplastamiento de ala, etc.) ni en los perfiles, ni en las conexiones entre los mismos. Los apoyos no mostraban deformaciones apreciables.

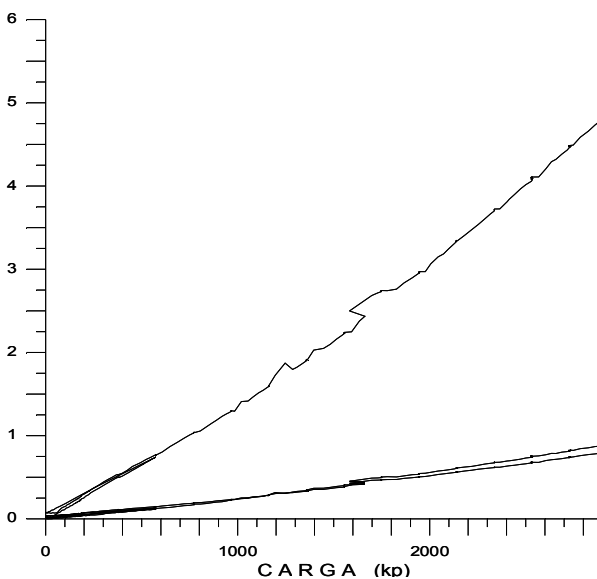
Se adjuntan los gráficos carga total-flecha, correspondientes a los ensayos de flexión (gráficos 1 y 2), indicando las flechas en el centro del vano ( $F_1$ ) y en los apoyos ( $F_2$  y  $F_3$ ).

**Gráfico 1: Flexión 1**



	Carga de rotura (kN)	Flecha máxima (mm)
FLEXIÓN 1	49,32	61,45
FLEXIÓN 2	46,07	45,90

**Gráfico 2: Flexión 2**



### 9.2.3 Ensayos de comportamiento mecánico del Sistema MVV en forjados de viguetas de madera.

#### Objeto de los ensayos

Se trata de ensayar el sistema MECANOVIGA simulando la reparación de un forjado de viguetas de madera en mal estado.

En el laboratorio se construyeron dos bandas de forjado, constituidos, por una viga de madera de 19 cm de canto con cortes de 14 cm de profundidad cada 45 cm para simular una vigueta que ha perdido gran parte de su capacidad portante a flexión, más tablero de rasilla machihembrada y, sobre éste, capa de compresión de hormigón de 3 cm de espesor, 60 cm de ancho y 4,0 m de largo.

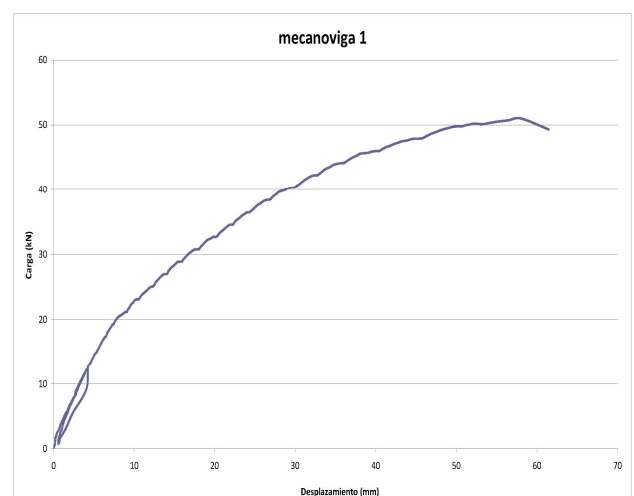
#### Disposición del ensayo

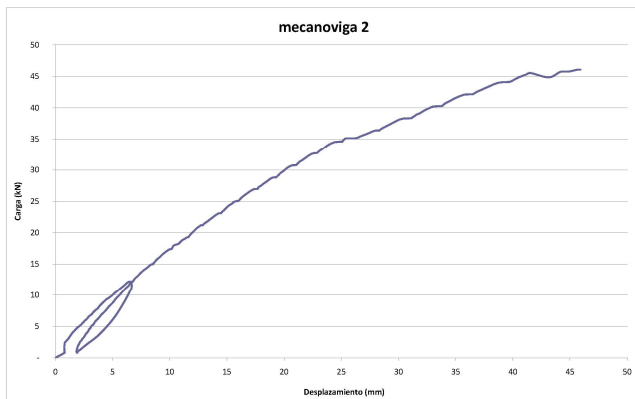
Se ensayaron los dos forjados a flexión. La luz del ensayo es de 400 cm, entre caras interiores de los muretes de apoyo. La carga se aplica a tercios de la luz. En el punto medio de la luz de la viga se colocó un captador de desplazamiento que medía la flecha de forma continua durante todo el ensayo.

#### Resultados de los ensayos

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los dos ensayos.

A continuación se muestran las dos gráficas que contienen cargas y deformaciones hasta que se retiran los captadores de desplazamiento. Las cargas de rotura en todos los casos se muestran en la anterior tabla de resultados.





## 10. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

El Sistema, tal y como se considera en este Documento, es apto para el fin de reparación de forjados al que se destina, teniendo en consideración las matizaciones y comentarios que a continuación se exponen:

El Sistema MECANOVIGA, al tener los perfiles de chapa utilizados una constitución telescópica y un reducido peso, permite un fácil y cómodo transporte, manipulación y montaje del mismo.

Si bien el sistema es un sistema de reparación de forjados, no debe olvidarse que el forjado forma parte de una organización estructural más amplia, la del edificio, debiéndose comprobar la capacidad global de la misma, la adecuación del resto de elementos que deben transmitir las cargas hasta la cimentación y la incidencia del sistema sobre los mismos.

El sistema supone un incremento de las cargas gravitatorias sobre los elementos estructurales verticales y en último término sobre cimentación, debiéndose comprobar, en cada caso, la capacidad de los mismos al citado incremento de cargas, así como el nivel de tensiones en el terreno.

El modelo de cálculo propuesto es coherente con el comportamiento del Sistema, observado en los diferentes ensayos realizados. El modelo permite, pues, evaluar adecuadamente las deformaciones, que deberán cumplir las limitaciones establecidas por las normas que le sean de aplicación en cada caso particular.

El Sistema no proporciona la recuperación de las deformaciones existentes en el forjado a reparar. El proyectista deberá considerar que las deformaciones y flecha que produzcan las cargas y sobrecargas del sistema, se sumarán a las ya existentes en el elemento a reparar.

En el caso de que el forjado sea de bovedillas, para la aplicación del tipo de perfiles MVV, se ha de garantizar que la losa de compresión de

hormigón transmita las cargas a las viguetas adyacentes. En caso de duda, es necesario utilizar otros perfiles que no afecten a las bovedillas.

Deberá verificarse en el cálculo, el esfuerzo de arrancamiento de los tornillos de anclaje de las cartelas de apoyo.

### 10.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

#### 10.1.1 DB – SE Seguridad Estructural

La presente evaluación técnica y los ensayos realizados, han permitido comprobar que el modelo de cálculo propuesto es coherente con el comportamiento del Sistema, según se describen en el punto 8.

El proyecto técnico deberá contar con su correspondiente anejo de cálculo de estructuras, donde se especifiquen los criterios de cálculo adoptados, que deberán ser conformes a lo establecido en el presente documento y justificar el cumplimiento de los requisitos básicos de resistencia y estabilidad (SE 1) y de aptitud al servicio (SE 2) del CTE.

El Sistema, debido a su concepción, resulta relativamente ligero de peso, lo que supone, sin embargo, un cierto incremento de las cargas verticales sobre los elementos estructurales verticales y en último término sobre la cimentación. Por ello, se deberá comprobar en cada caso, la capacidad de los mismos al citado incremento de cargas, así como el nivel de tensiones en el terreno.

#### 10.1.2 DB – SI Seguridad en caso de Incendio

Los elementos del sistema, incluyendo los anclajes, deberán quedar convenientemente protegidos frente a la acción del fuego, de manera que se cumpla la exigencia básica de Resistencia al fuego de la estructura (SI 6) en función de las características concretas del edificio, según se recoge en el CTE-DB-SI.

#### 10.1.3 DB – SUA Seguridad de utilización y accesibilidad

No procede.

#### 10.1.4 DB – HS Salubridad

Los componentes del sistema, según declara el fabricante del mismo, no contienen ni liberan sustancias peligrosas de acuerdo a la legislación nacional y europea.

#### 10.1.5 DB – HE Ahorro de energía

No procede



### 10.1.6 DB – HR Protección frente al ruido

No procede

## 10.2 Utilización del producto. Puesta en obra y limitaciones de uso

### 10.2.1 Puesta en obra

En la puesta en obra deberá tenerse especial cuidado en:

- 1º) Verificar las dimensiones de los perfiles.
- 2º) Par de apriete de los tornillos, con comprobación del par obtenido.
- 3º) La ejecución y aplicación del mortero de relleno entre el forjado existente y el perfil MECANOVIGA, comprobándose que colmata uniformemente la totalidad del espacio comprendido entre ambos, ya que del mismo depende que el perfil entre en carga.

### 10.2.2 Limitaciones de uso

La presente evaluación técnica cubre únicamente las aplicaciones del sistema recogidas en este documento.

## 10.3 Gestión de residuos

En la gestión de los residuos producidos durante los procesos de fabricación y puesta en obra del sistema, y en particular de morteros, se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante de los mismos de acuerdo a la normativa vigente.

Verificándose en la fabricación de los perfiles la existencia de un control de calidad que comprende un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y control del producto.

Considerando que el proceso de fabricación y puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica y los ensayos, se estima favorablemente, en este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

LOS PONENTES:

Antonio Blázquez  
Arquitecto

Irene Briones  
Arquitecto

## 11. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS <sup>(1)</sup>

Las principales observaciones de la Comisión de Expertos <sup>(2)</sup>, en sesiones celebradas en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja fueron las siguientes:

- De acuerdo con las Condiciones Generales establecidas, la validez de este DIT está condicionada a la realización de un seguimiento anual. Este Documento deberá, por tanto, ir acompañado del certificado de seguimiento realizado por el IETcc.
- Sería recomendable que, dentro del plan de mantenimiento de los edificios, se incluyera la revisión periódica de estas reparaciones a fin de valorar el comportamiento en el tiempo del Sistema.
- Se recuerda la obligación de cumplimiento de la Norma básica de protección contra incendios y con ello la necesidad de proceder a proteger la estructura contra la acción del

---

<sup>(1)</sup>La Comisión de Expertos de acuerdo con el Reglamento de concesión del DIT (O.M. de 23/12/1988), tiene como función, asesorar sobre el plan de ensayos y el procedimiento a seguir para la evaluación técnica propuestos por el IETcc.

Los comentarios y observaciones realizadas por los miembros de la Comisión, no suponen en sí mismos aval técnico o recomendación de uso preferente del sistema evaluado.

La responsabilidad de la Comisión de Expertos no alcanza los siguientes aspectos:

- a) Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- b) Derechos de comercialización del producto o sistema.
- c) Obras ejecutadas o en ejecución en las cuales el producto o sistema se haya instalado, utilizado o mantenido, ni tampoco sobre su diseño, métodos de construcción ni capacitación de operarios intervinientes.

<sup>(2)</sup>La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- Instituto Técnico de Materiales de Construcción (INTEMAC).
- Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- UPM.
- FCC.
- FERROVIAL.
- ACCIONA.
- ASECE.
- AENOR.
- CPV.
- DRAGADOS.
- EUROCONSULT.
- SGS.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

fuego, extendiendo esta precaución a los anclajes.

- Se debe asegurar antes de la actuación con el sistema de refuerzo evaluado, que las causas que originaron la degradación de los forjados existentes (humedades, pérdidas de las instalaciones de saneamiento o abastecimiento de agua, etc.) han sido corregidas.
- La evaluación realizada sobre el Sistema no ha contemplado las soluciones particulares de voladizos, brochales, etc.; las cuales deberán, en cada caso, ser analizadas, teniendo en cuenta las posibilidades del Sistema por la Dirección facultativa de la obra.
- Se recomienda realizar un estudio detallado de las deformaciones, verificándose posteriormente en obra:
  1. Dimensiones de los perfiles.
  2. Par de apriete de los tornillos.
  3. Volumen, ejecución y aplicación del mortero de relleno lo más uniformemente posible.
- En la utilización del mortero se deben seguir escrupulosamente las indicaciones del fabricante, ya que el comportamiento de los mismos depende, de forma importante, de su correcta aplicación.
- Se recomienda una distancia entre vigueta y perfil superior a 2 cm, para conseguir una distribución uniforme de la carga.

FIGURA 1. ESQUEMA DE MONTAJE VIGA TIPO MVH

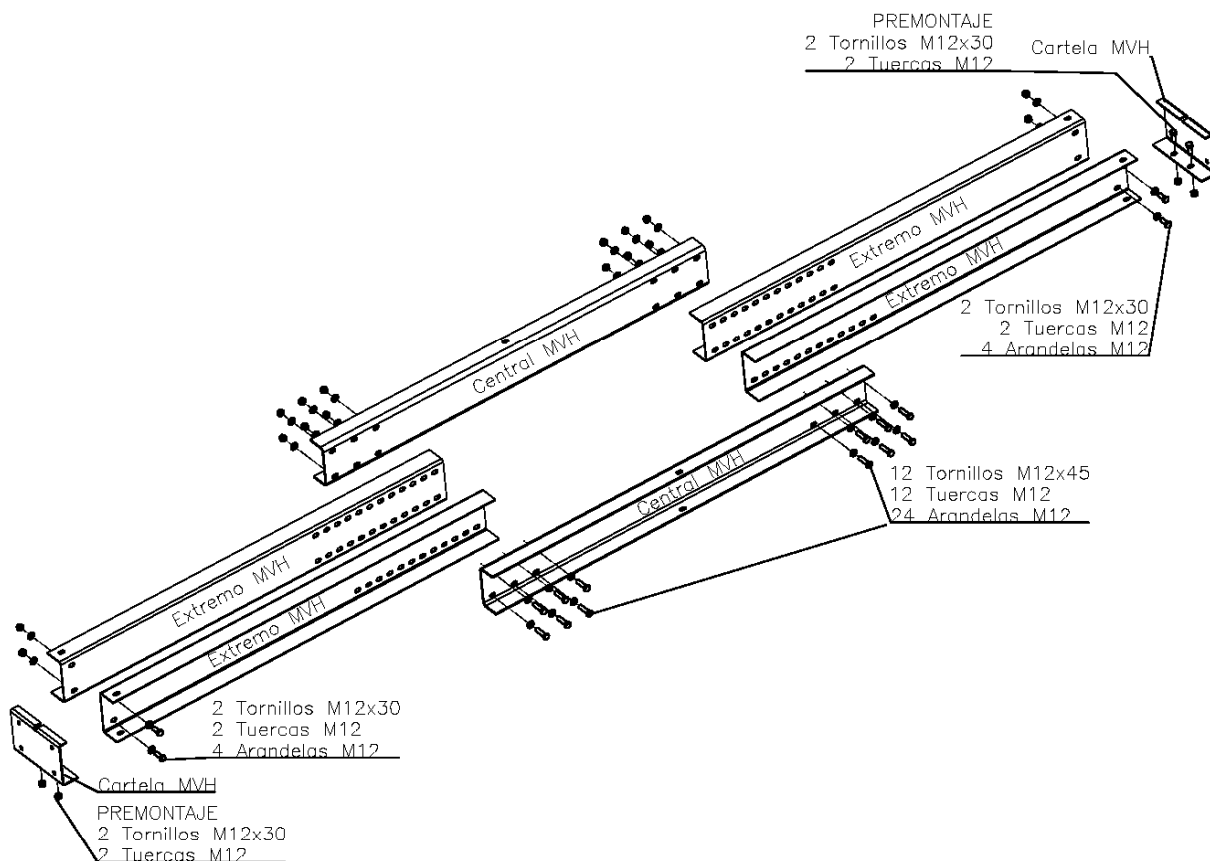
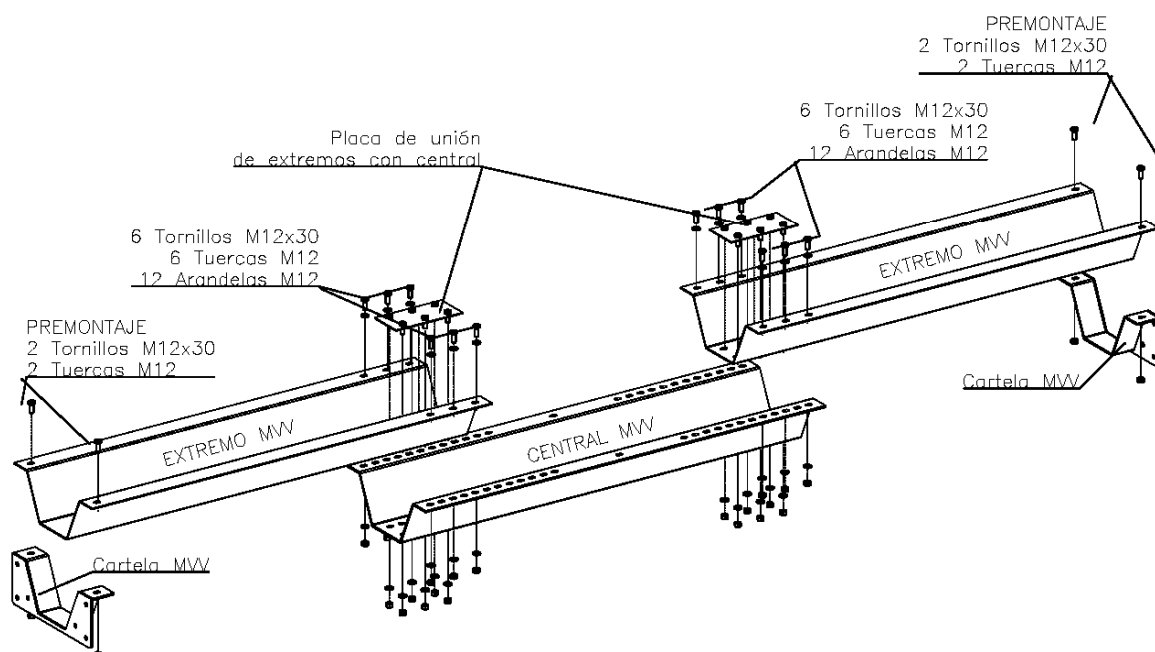
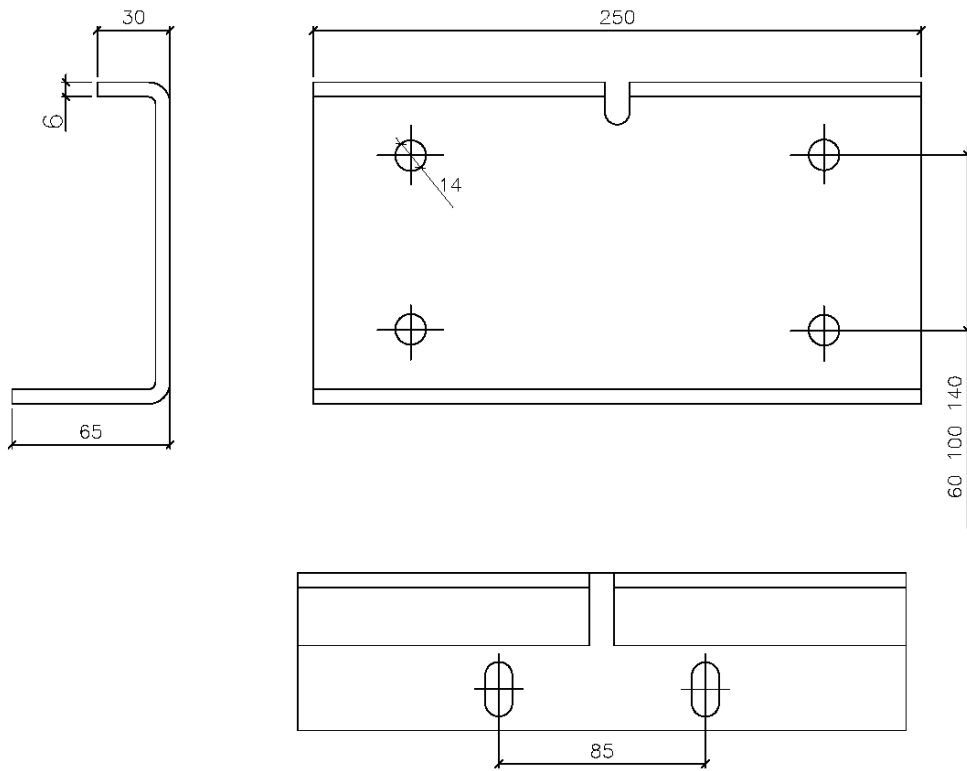


FIGURA 2. ESQUEMA DE MONTAJE VIGA TIPO MVV



**FIGURA 3. CARTELA MVH12 MVH 16 MVH 20**



**FIGURA 4. CARTELA MVV12 MVV 16 MVV 20**

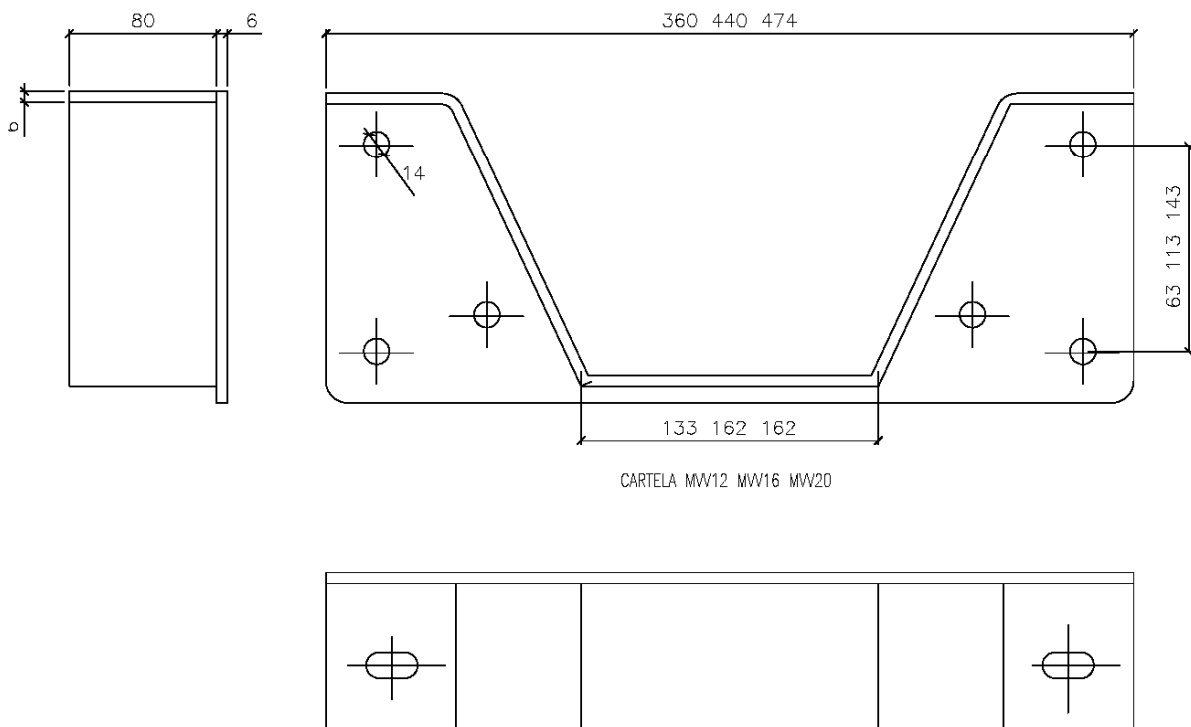
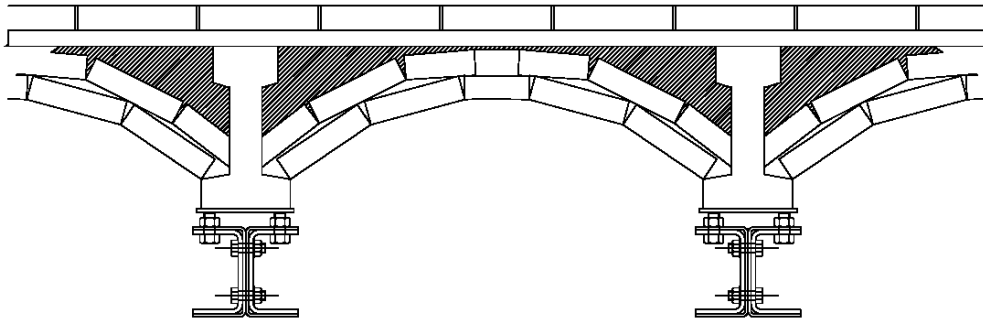
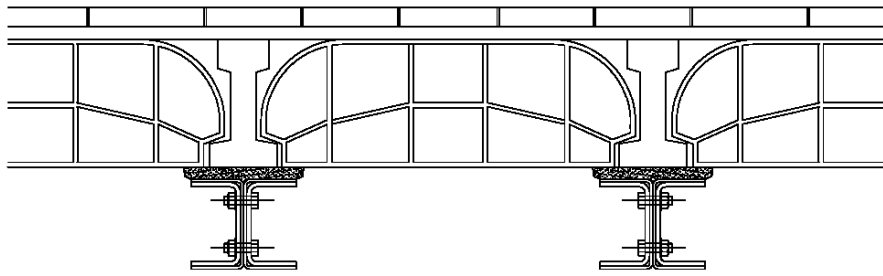


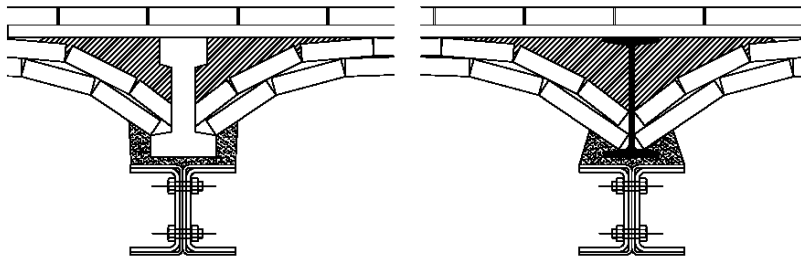
FIGURA 5. SOLUCIONES SISTEMA MVH



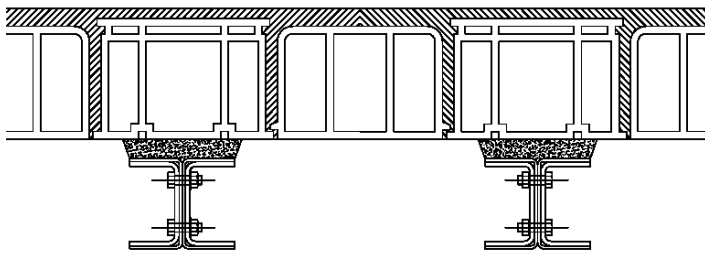
TENSADO



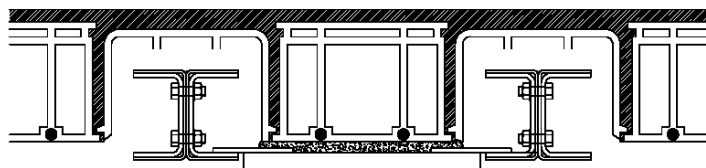
FORJADO CON BOVEDILLA Y VIGUETAS DE HORMIGÓN



FORJADO CON REVOLTÓN CERÁMICO Y VIGUETAS DE HORMIGÓN / METÁLICAS

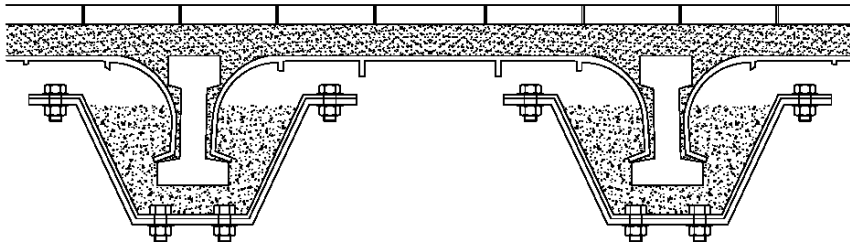


FORJADO CERÁMICO

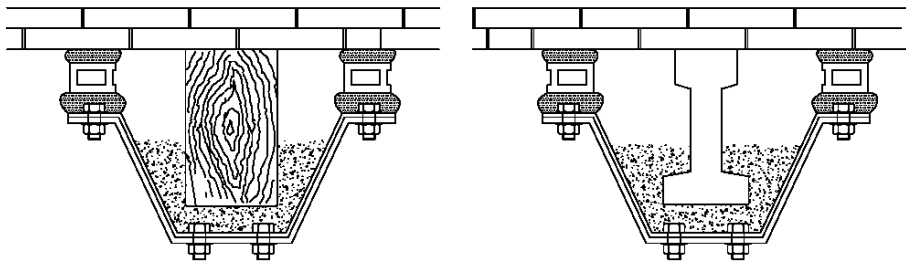


FORJADO CERÁMICO SOLUCIÓN MVH CON TRAVESAÑOS

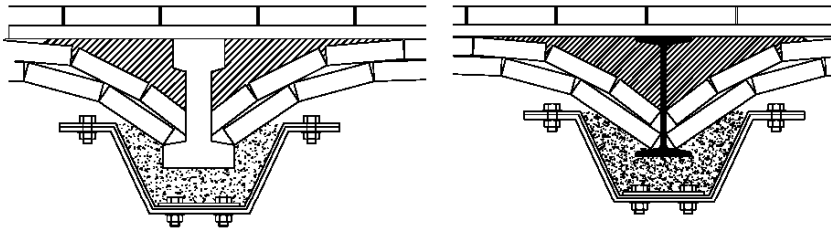
FIGURA 6. SOLUCIONES SISTEMA MVV



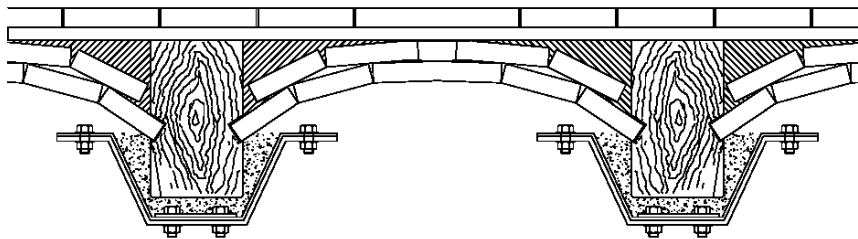
FORJADO CON BOVEDILLA Y VIGUETAS DE HORMIGÓN



FORJADO CON TABLERO CERÁMICO Y VIGAS DE MADERA / HORMIGÓN

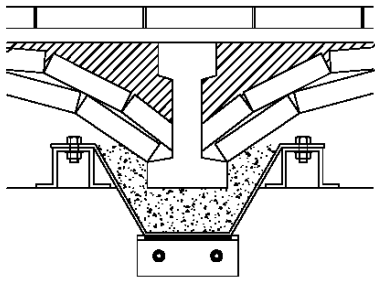


FORJADO CON REVOLTÓN CERÁMICO Y VIGUETAS DE HORMIGÓN / METÁLICAS

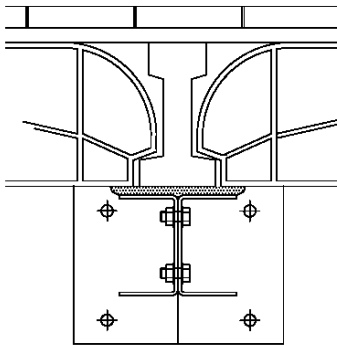
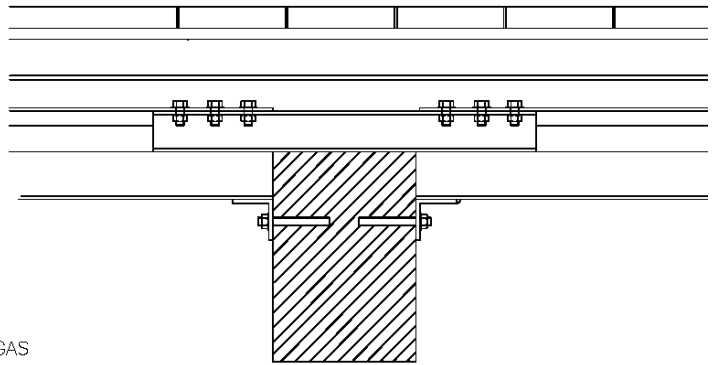


FORJADO CON REVOLTÓN CERÁMICO Y VIGUETAS DE MADERA

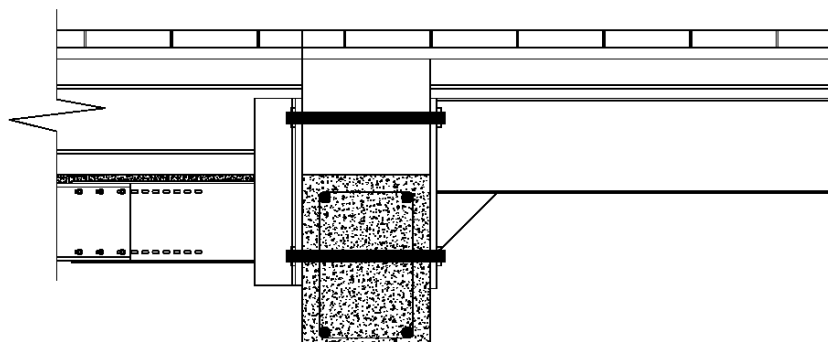
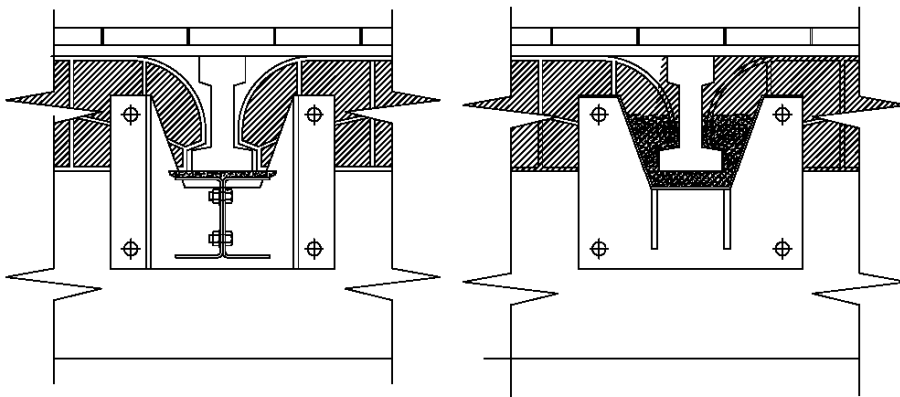
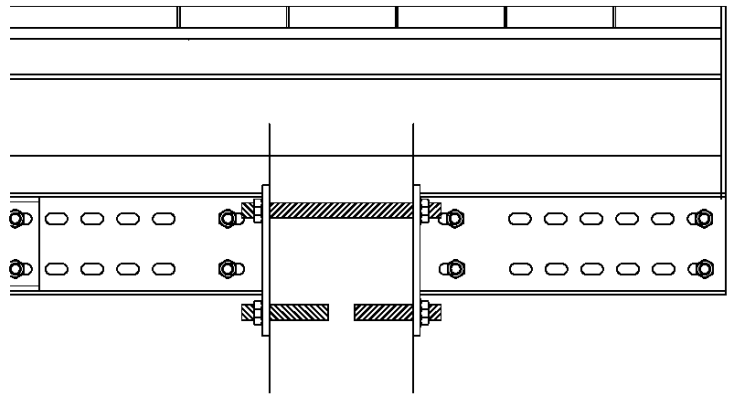
FIGURA 7 REPARACIÓN DE VOLADIZOS DANDO CONTINUIDAD A LA VIGUETA EN VOLADIZO



SOLUCION VOLADIZO SISTEMA MVV CON MINIOMEGAS



SOLUCION VOLADIZO SISTEMA MVH



SOLUCION VOLADIZO SISTEMA MIXTO MVH INTERIOR Y MVV EN VOLADIZO

