

## II CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN

### Gestión de Estructuras



**AMPLIACIONES DE LUCES DE PASOS SUPERIORES DE AUTOPISTAS  
EXISTENTES. SOLUCIÓN APLICADA EN LA AUTOPISTA A-7 (BY-PASS)  
VALENCIA.**

Julio Martínez Calzón  
Dr. Ingeniero de Caminos  
Ginés Ladrón de Guevara Méndez  
Ingeniero de Caminos  
MC-2 Estudio de Ingeniería. S.L.

[gines@mc2.es](mailto:gines@mc2.es)

## **1. INTRODUCCIÓN**

El incremento exponencial del tráfico rodado es, en los últimos años, un denominador común en la mayoría de los países industrializados. Las altas densidades de tráfico demandadas provocan en la actualidad un crecimiento proporcional en el número de nuevos kilómetros de autopistas de gran capacidad y, en gran medida también, un incremento de la capacidad y mejora de la calidad de las autopistas ya existentes.

El principal problema que plantea la ampliación del ancho de las plataformas de las autopistas existentes para adaptarlas a las nuevas necesidades, es la interacción con las pilas o elementos portantes de los tableros de los pasos superiores, cuando dichas autopistas no se diseñaron teniendo en cuenta tales ampliaciones. Como alternativa a la demolición de estas estructuras y realización de otras nuevas adaptadas al perfil necesario modificado se describe seguidamente una solución basada en la sustitución exclusiva de las cimentaciones y las pilas actuales por otras diferentes compatibles con las nuevas necesidades requeridas. Dicha solución cuenta con la ventaja adicional de no afectar a los tráficos de las vías, manteniendo sin refuerzo o modificación los tableros existentes.

Esta solución ha sido aplicada en estructuras de pasos superiores de carretera y ferrocarril, de hormigón pretensado y/o armado de tres o cuatro vanos, con luces en vanos centrales del orden de los 30 metros, incrementando el ancho transversal en un rango entre 3 a 10 metros. En términos generales, la actuación consiste en la disposición de sistemas metálicos o mixtos dispuestos en paralelo y conectados al tablero de hormigón a través de un pretensado transversal, que efectúan la transmisión de las reacciones que actuaban sobre las pilas a eliminar a unas nuevas cimentaciones, situadas en una nueva posición que permite el incremento de ancho libre requerido. Las soluciones proyectadas aportan, además, una notable incidencia estética, resultando, por tanto, una actuación de gran interés en todos los aspectos: sencillez constructiva, bajo coste social, calidad estructural, estética.

En abril del presente año se ha inaugurado la Ampliación a Tres Carriles de la Autopista A-7 en el By-Pass de Valencia, cuyos pasos superiores han sido adaptados según las actuaciones que se detallan a continuación. El promotor de la obra es la Demarcación de Carreteras de la Comunidad Autónoma de Valencia, la empresa constructora Dragados

Obras y Proyectos S.A. y el proyectista del Proyecto de Ampliación de Pasos Superiores la consultora MC-2 Estudio de Ingeniería S.L.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

El esquema estructural que fundamenta la solución presentada responde a dos principios básicos de diseño: no interferir en la funcionalidad de la Autopista, ni en la del propio paso superior, y mantener prácticamente invariables en todo momento los esfuerzos del tablero actual, manteniendo en su totalidad la capacidad resistente y funcional de la estructura existente.

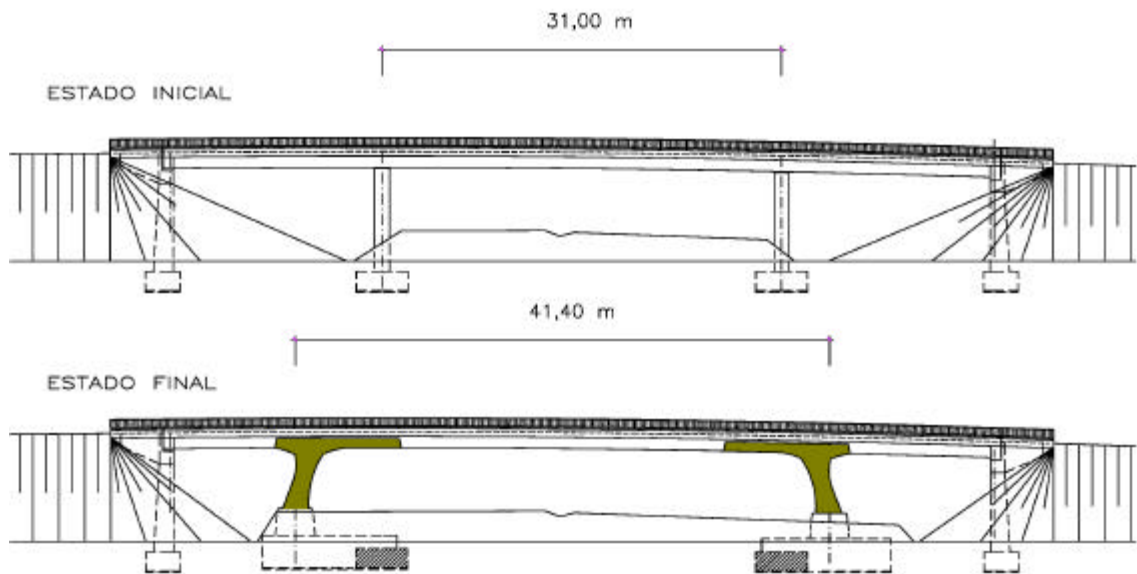


Fig. 1 Estados inicial y final de la estructura. Alzados.

La figura 1 muestra de modo esquemático una solución particular construida. El incremento de luz efectiva en las estructuras proyectadas y ejecutadas con esta metodología se encuentra entre el 20% y el 35% de la luz del vano central original de la estructura. A partir de los requerimientos geométricos originados a priori e impuestos por las condiciones de mantenimiento del tráfico, y de los principios básicos de diseño, se describen a continuación los conceptos, elementos y procesos que definen la solución que se propone.

Conceptualmente el proceso utilizado consiste en incorporar, bajo los voladizos laterales de las losas de hormigón armado o pretensado que forman los tableros, unos elementos de tipo pescante metálico o mixto, adaptados a la geometría inferior de dichos pasos (ver figuras 2 y 3). La parte horizontal superior de dichos elementos, denominada en adelante “dintel metálico”, de sección romboidal irregular, pasa a recibir las cargas que soportan las pilas de hormigón antiguas, manteniendo inalterada la posición del eje de apoyo del tablero en aquellas.

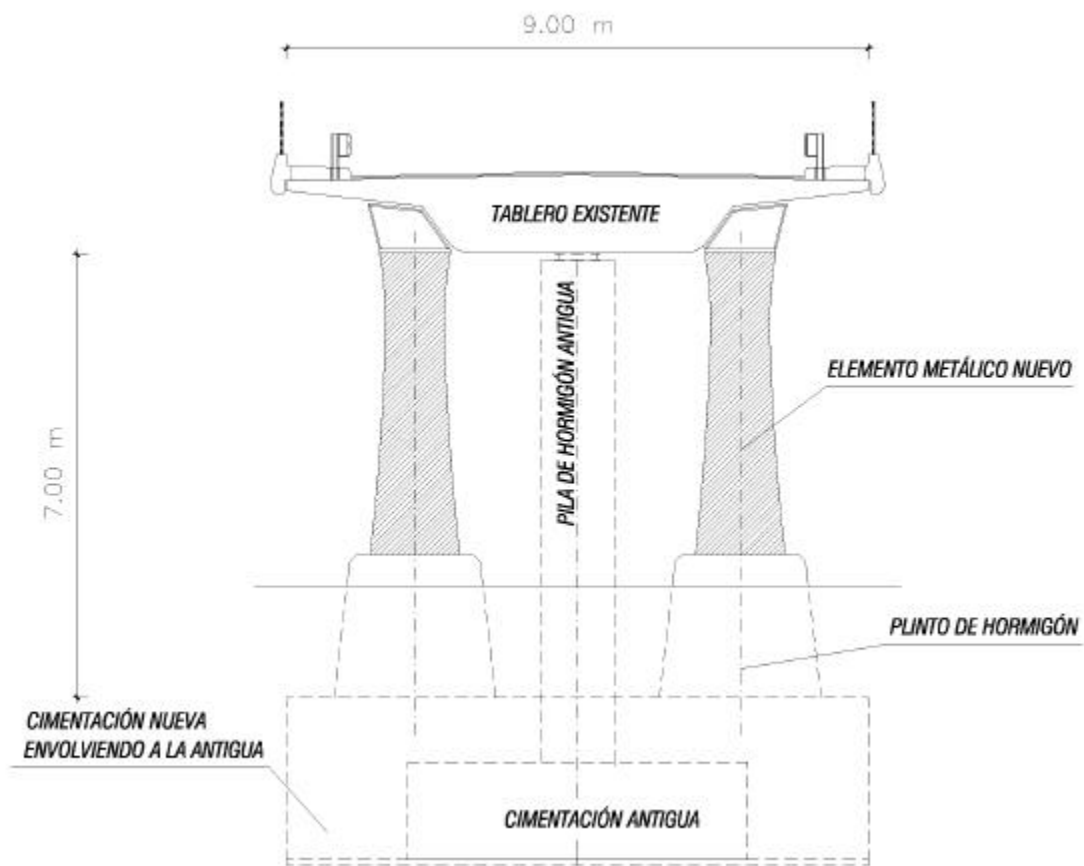


Fig. 2 Situaciones inicial y final. Sección transversal.

La conexión y transferencia de cargas que determina el tablero de hormigón a los dinteles metálicos se realiza a través de un pretensado transversal que permite equilibrar las acciones verticales en el plano de contacto entre ambos sistemas (ver figura 3). Dicha conexión es un punto de gran interés estructural tanto por la tecnología de los elementos que la componen, como por el original proceso de ejecución. En apartados posteriores se describirá con mayor extensión los elementos y procesos que definen y ponen en acción dicha conexión.

El fuste, parte inferior vertical del nuevo elemento portante, se sitúa en el nuevo eje de apoyo requerido, alcanzando el vano la ampliación necesaria. Dicho fuste puede ser metálico o mixto, dependiendo de la tipología elegida, según los condicionantes de cada caso. En su parte inferior el fuste queda rematado con un plinto de hormigón, de manera que la parte metálica no entre en ningún caso en contacto con el terrero. De este modo se consigue, además, un aporte interesante a la estética global de la solución.

Finalmente, los esfuerzos transmitidos por los sistemas metálicos o mixtos y los plintos de hormigón que los sustentan, deben ser recogidos por las nuevas cimentaciones. Estas cimentaciones de nueva ejecución deben, en ocasiones, ocupar en parte el espacio de la antigua cimentación. Sin embargo, éstas no pueden ser eliminadas ya que, en este instante del proceso, aún no han sido liberadas de su carga. Este hecho constituye un aspecto conceptual importante en el diseño. La cimentación antigua es utilizada para trabajar conjuntamente con la nueva, garantizándose una adecuada conexión entre ellas mediante barras de acero pasivo.

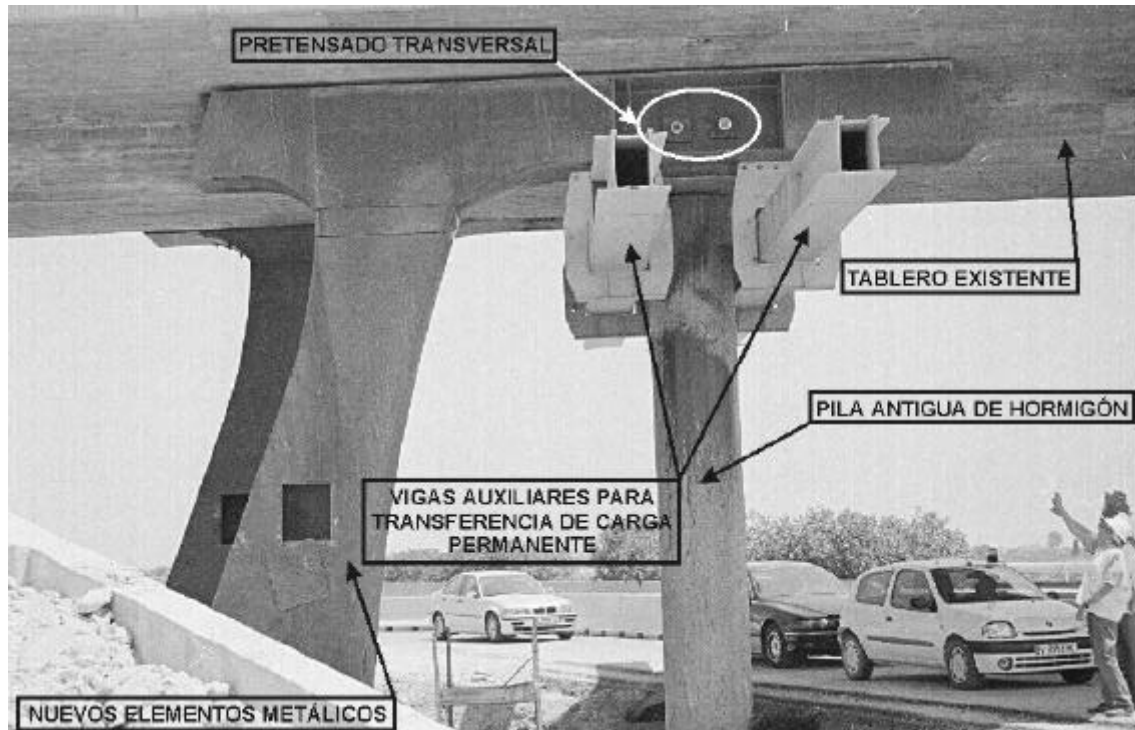


Fig. 3 Fase del proceso constructivo previo a la eliminación de la pila antigua de hormigón.

### **3. PRETENSADO TRANSVERSAL DE CONEXIÓN TABLERO–DINTEL. OPERACIÓN DE TRANSFERENCIA DE LA CARGA PERMANENTE**

La unión entre la estructura del tablero de hormigón actual y las parejas de nuevos dinteles metálicos se realiza mediante un sistema de barras de acero A85/105, dispuestas transversalmente y que atraviesan ambos sistemas. De esta manera los dinteles metálicos y la losa de hormigón unifican sus movimientos verticales en tales puntos de cosido. Dichos puntos se sitúan, precisamente, en los correspondientes a los ejes de la pilas. Se constituye, por tanto, un nuevo apoyo, sustitutivo del actual de la losa de hormigón del tablero, en el mismo punto en que antes se producía, aunque actuando ahora sobre los dinteles metálicos. En la figura 4 se muestran dos fases del proceso de ejecución de la conexión transversal tablero-dintel. En la primera imagen se observa el trabajo de perforación del tablero de hormigón que albergarán las barras de acero. En la segunda se muestra la colocación del gato de tesado de las barras de pretensado.

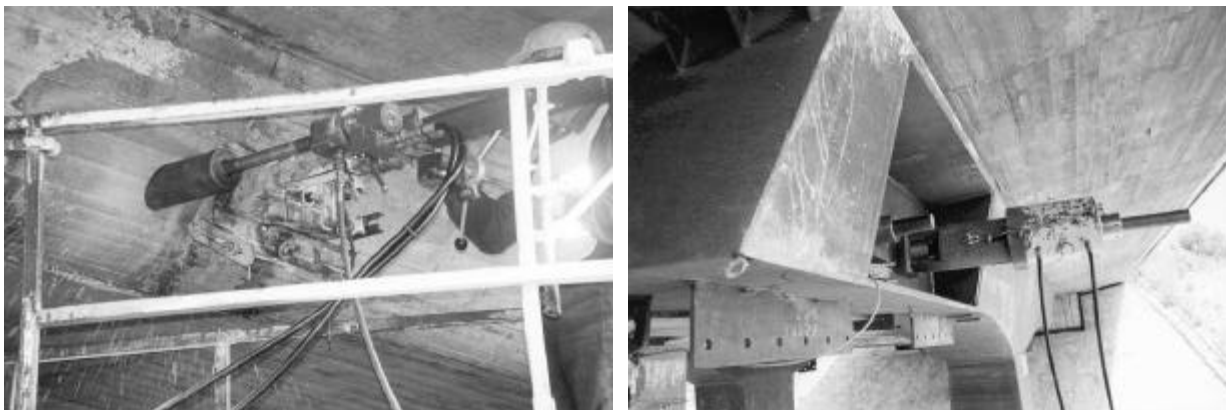


Fig. 4 Ejecución de perforaciones en tablero y tesado de barras de pretensado

La eliminación de las pilas antiguas, debido a la necesaria esbeltez de los sistemas metálicos para mantener los gálibos de paso vertical actuales de la autopista, no puede realizarse de forma simple transfiriendo la acción existente a tales puntos desde la losa a las vigas, puesto que en tal caso las flechas de las piezas metálicas provocarían esfuerzos inaceptables en el tablero de hormigón actual. Por ello, la clave de la solución radica en efectuar dicha transferencia de reacciones desde las pilas a eliminar hacia las nuevas piezas metálicas, sin modificar en ningún momento la cota actual de los tableros de hormigón en dichos puntos.

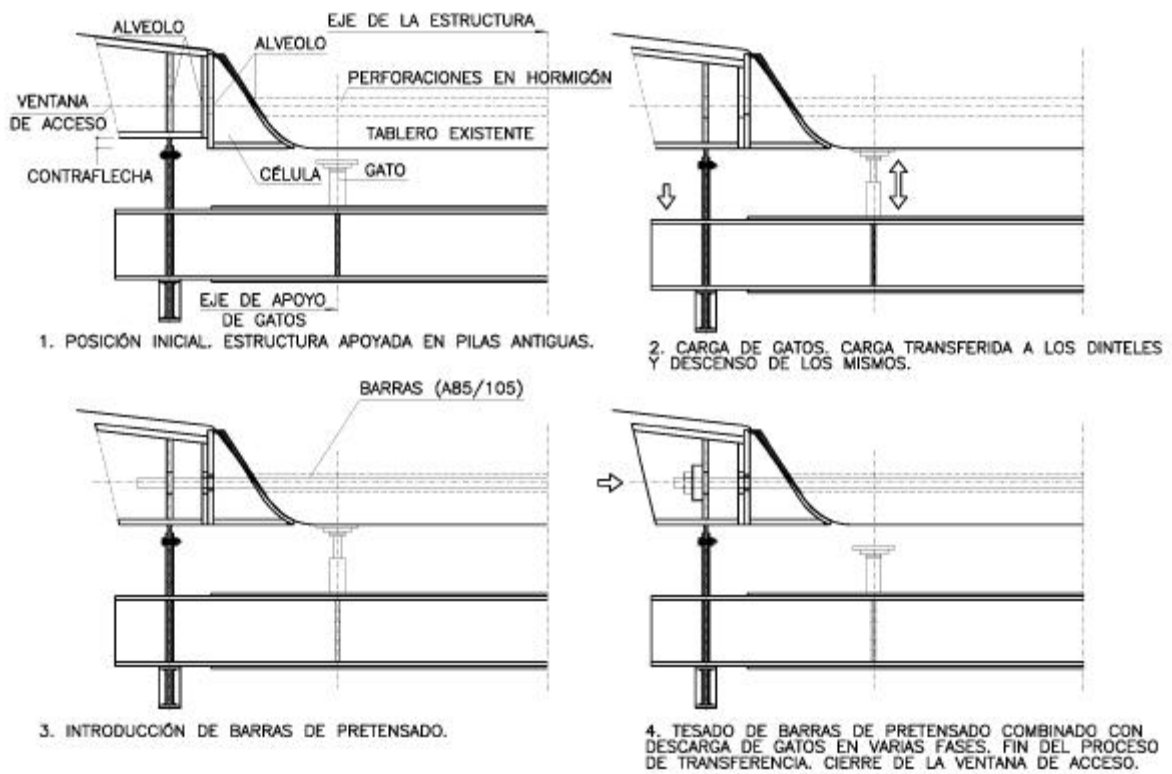


Fig. 5 Operación de transferencia de la carga permanente

Esto se logra disponiendo, lo más próximo posible a las pilas actuales, un sistema de gatos entre tablero y pilas-dintel, estando aún estas últimas desconectadas de dicho tablero (ver figura 5). Los gatos, al entrar en carga, van deformando gradualmente los sistemas metálicos, reduciendo la reacción de la losa de hormigón sobre la pila. Una vez alcanzado por el conjunto de gatos el valor de la reacción actual del tablero (éste comenzaría a levantarse) es el momento justo en el que se suspende la acción de los gatos. En este instante, con los gatos bloqueados, es cuando se puede efectuar la operación de unión entre sistema metálico y tablero de hormigón, mediante el cosido antedicho, sin que se haya producido ningún movimiento de dicho tablero.

Puesto que no hay nuevos movimientos de la estructura de hormigón, no se produce variación ninguna de los esfuerzos en el tablero debidos a las cargas permanentes, resultando siempre los mismos que había al comienzo de la operación.

En este momento, la pila actual está totalmente descargada y puede procederse a su eliminación ya que su efecto ha sido trasladado íntegramente al sistema de piezas metálicas. Estas últimas se ejecutan precisamente con unas contraflechas tales que las

deformaciones experimentadas en tales piezas durante la operación antes descrita de transferencia, eliminen aquellas y queden ambos sistemas –hormigón y acero– con un total paralelismo.

Una pieza auxiliar de gran importancia es la denominada célula (ver figura 5). Dicha pieza garantiza el contacto vertical entre las superficies del tablero de hormigón y del dintel metálico, con el fin de permitir el movimiento vertical relativo durante el proceso de transferencia.

A partir de esta situación que finaliza el proceso de ampliación, las sobrecargas, que actúan sobre el conjunto del tablero antiguo y de los sistemas metálicos perfectamente conectados, producirán en los puntos de apoyo de las antiguas pilas ligeros descensos conjuntos del sistema. Estos movimientos determinarán ligeras variaciones de los máximos esfuerzos de las secciones críticas, que, debido a su pequeña importancia, son perfectamente resistidos en la parte que corresponde al sistema original de hormigón por el incremento resistente producido por la edad del hormigón y por la capacidad adicional residual de los sistemas de pretensado en flexión existentes en tales piezas.

#### **4. PROYECTOS EJECUTADOS O PROYECTADOS. POSIBILIDADES TIPOLÓGICAS**

Todas las obras descritas a continuación han sido desarrolladas en el gabinete MC-2 Estudio de Ingeniería S.L. La mayor parte de ellas han sido ya ejecutadas y otras se encuentran en fase de ejecución. A continuación se realiza una breve descripción de las mismas:

- 14 pasos superiores en la Autopista A-7 entre Barcelona y la frontera con Francia. Se trata de una solución con dintel metálico continuo en toda la longitud del tablero y simplemente apoyado en las pilas nuevas de tipología mixta.
- Modificación de 2 pasos superiores sobre la Autopista A-7 entre El Vendrell y Salou construido en 1997, proyecto de tipología similar al anteriormente descrito.



- 1 paso superior en la Autopista del Atlántico en el tramo Rande-Puxeiros construido en 1998 y con una tipología similar a los anteriores, con la inclusión de una nueva pila central en la mediana, no existente en la estructura original.
- Proyecto de construcción de 8 pasos superiores para la ampliación a tres carriles en la Autopista A-7 (Tarragona). Proyecto terminado en 1999 y cuya construcción comenzará en un próximo futuro.
- Ampliación de 21 pasos superiores en la Autopista A-7 (Valencia). La ejecución de las estructuras ha finalizado en marzo de 2002. La solución conceptual aquí planteada no difiere de los proyectos anteriores aunque las alternativas tipológicas presentan novedades de gran importancia debido a que en dichos casos no existía pila central y no se permitía incluir una pila nueva en el centro del puente sobre la mediana. En este caso, los dinteles metálico y las pilas también metálicas, se disponen con una unión empotrada en forma de pescante, constituyendo un todo estructural con forma en “T” o “I”, que transmite a la cimentación de modo directo los esfuerzos recibidos del tablero.
- Proyecto de inmediata construcción de 2 pasos superiores en la Autopista A-8 entre Bilbao y Behobia. En este caso la alternativa tipológica elegida se corresponde con las descritas en las obras anteriores, con formas en “T”, aunque con algunas variaciones desde el punto de vista formal.
- Proyecto en curso de varios pasos superiores, en los que han previsto nuevas disposiciones tipológicas para tener en cuenta los condicionantes geométricos y formales de estos nuevos casos, especialmente en lo referente a las alturas de los pasos y las ampliaciones requeridas.

## **5. CONCLUSIONES**

- El punto más relevante es la ausencia práctica de interferencias con el tráfico de la autopista en servicio. Este hecho, traducido a costes económicos globales, justifica el alto nivel de competitividad que dichas soluciones aportan dentro de los márgenes de luces, desplazamientos y tipologías estructurales citados.
- Sencillez de las actuaciones durante el proceso de ejecución en todas sus fases: cimentaciones, perforaciones del tablero, colocación de células, posicionamiento de pilas nuevas, proceso de transferencia de carga permanente y aplicación del pretensado

transversal. Asimismo el espacio ocupado por dichas actuaciones resulta bastante reducido.

- Desde el punto de vista de la estructura se resalta nuevamente el hecho de que el estado de esfuerzos y deformaciones del tablero permanece absolutamente invariable durante la actuación de la carga permanente. Solamente bajo la actuación posterior de las cargas vivas se producen ligeras variaciones de las leyes de esfuerzos de órdenes muy bajos y generalmente irrelevantes (menor del 5 %).
- Las soluciones presentadas muestran la gran versatilidad formal que permite el sistema, ofreciendo un amplio juego geométrico para adaptar la solución general a las dimensiones y formas de las estructuras particulares. De este modo el sistema ofrece una máxima coherencia estructural y formal en relación a la estructura existente. La combinación de elementos metálicos y de hormigón logra un especial atractivo que se basa en gran medida en la interacción cromática que ofrece el hormigón en contraste con el acero tipo CORTEN autorresistente a la corrosión, y que igualmente puede ser empleado con superficies metálicas pintadas.