

# **REPARACIÓN DEL VIADUCTO SOBRE LA RAMBLA DE VALDELOBOS SITO EN EL p.k. 114+070 CARRETERA N-234 EN TERUEL**

Jesús Antoñanzas Glaría  
Jefe Sección Técnica  
Unidad de Carreteras de Teruel  
Ministerio de Fomento

## **1.- Introducción.**

El presente artículo pretende de una forma sencilla hacer una recapitulación de las medidas correctoras adoptadas para rehabilitar el Viaducto de Valdelobos, desde una punto de vista práctico, incidiendo especialmente en los daños singulares y causas que los provocaron, así como la solución adoptada para su reparación, el resto de actuaciones se describen de una forma más somera, al ser ya genéricas en este tipo de rehabilitaciones.

## **2.- Descripción de la estructura.**

La estructura objeto de la actuación se encuentra situada en la carretera N-234, punto kilométrico 114,070, en el término municipal de Teruel.

Terminada su ejecución en el año 1961, denominado como “Viaducto sobre la Rambla de Valdelobos”, se compone de siete vanos con bóvedas de medio punto de hormigón en masa rematadas por tímpanos de mampostería de 13,10 m de ancho total cada una, que se apoyan en estribos y pilas ejecutados en mampostería.

Los estribos se prolongan lateralmente con muros de acompañamiento.

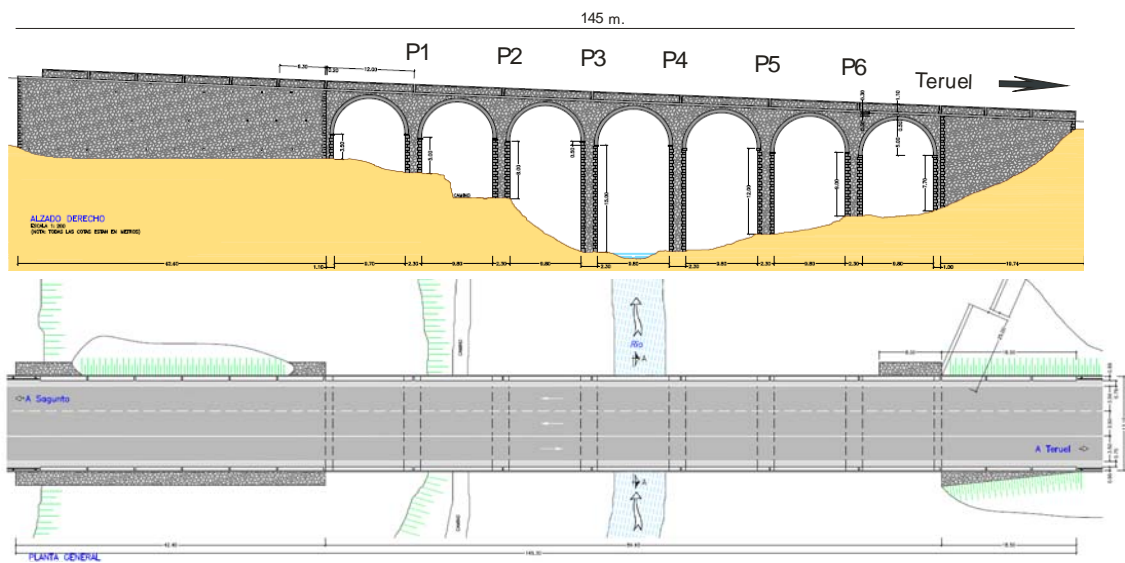
Las pilas son de altura variable desde 5,00 m a 15,00 m.

La planta recta tiene una longitud total de 145,30 m con pendiente longitudinal creciente de norte a sur, con una calzada formada por tres carriles de 3,50 m. Protegida con un sistema de contención compuesto por pretilas de fábrica de mampostería, terminado en una albardilla de hormigón.

## Reparación del Viaducto sobre la Rambla de Valdelobos. N-234 p.k. 114,070. Teruel



Vista General del Viaducto durante la ejecución de las obras



Alzado derecho y planta

### **3.- Sistema de Gestión de Puentes.**

Con la implantación en la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de los sistemas de gestión sistematizada de rehabilitación y conservación, en lo concerniente a puentes y viaductos se gestionan desde la aplicación denominada “SGP”, Sistema de Gestión de Puentes, que permite controlar el estado y evolución de estos elementos, así como realizar la programación de su conservación y en casos extremos como el desarrollado en este artículo las rehabilitaciones extraordinarias requeridas para evitar su colapso.

Desarrollaremos este caso puntal.

En una primera fase (Inspecciones sistemáticas de obras de paso), en la Unidad de Carreteras de Teruel se efectúa el inventario y gestión de la conservación ordinaria con la ayuda de la herramienta “TEREX”, que es algo más que un inventario de los elementos de la carretera, ya que permite determinar por medio de unos parámetros objetivos un valor numérico, denominado “Indicador”, que se da al elemento inventariado y que, comparándolo con el valor admisible, permite programar las necesarias y futuras actuaciones a ejecutar de una forma ordenada, eficaz y eficiente.

Es fundamental determinar un calendario de auscultaciones e inspecciones programado para tener completamente actualizado el sistema.

Ciertos elementos, por sus características, metodología de auscultación y posibles proyectos de rehabilitación requieren una gestión específica y centralizada, que complementa a la conservación ordinaria, y ello implica una segunda fase (Inspecciones especiales de Puentes), siendo desarrollados desde los servicios centrales de la Dirección General de Carreteras, a través de los siguientes Sistemas: Sistema de Gestión de Firmes (SGF), Sistema de Gestión de Puentes (SGP) y Sistema de Gestión de Señalización y Balizamiento.

En el caso de las obras de paso estas dos fases se comunican entre sí, siendo la inspección realizada con cualquiera de las dos herramientas antes señaladas, SGP o TEREX, compatibles entre sí.

Esta estructura fue inventariada en el Sistema de Gestión de Puentes el 20 de marzo de 2.008.

Tal y como se ha comentado anteriormente, las inspecciones están programadas, y como consecuencia de la realizada en este Viaducto en el momento que le correspondía por el Jefe de Operaciones del Sector de Conservación de Teruel (TE-1) UTE Api-Elsamex, Manuel Fuertes, Ingeniero Técnico de Obras Públicas, se detectó un alarmante deterioro, y por ello se pasó a la siguiente fase, realizándose por técnico especialista, el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, D. José María

Izquierdo y Bernaldo de Quirós, de la Asistencia Técnica UTE Intemac-Fhecor, de la Subdirección General de Conservación; inspección que tuvo lugar durante los días 20 y 21 octubre de 2007.

Tras elevarse informe Preliminar de Caracterización de Daños en diciembre de 2008, en marzo de 2009 se concluyó, por los autores D. Hugo Corres Perreti y D. Javier León González, la redacción del “Proyecto de Reparación del Viaducto sobre la rambla de Valdelobos, sito en el pk 114,070 en Teruel”, que ha servido de base para la ejecución de las obras de emergencia.

En resumen, por el efectivo funcionamiento de los Sistemas de Gestión de Conservación, tanto ordinario, en una primera fase de Inspecciones Básicas gestionadas desde la Unidad de Carreteras de Teruel, y dirigidas por el Sr. Jefe de Unidad, D. Carlos Casas Nagore, y en la siguiente fase por el Sistema de Gestión de Puentes coordinado por el Sr. Consejero Técnico de la Subdirección de Conservación, D. Álvaro Navareño Rojo, se ha evitado el colapso de la estructura y permitido su rehabilitación.



#### 4.-Descripción de los daños detectados.

Los paramentos de hormigón de las boquillas presentaban alta degradación, acentuada en la margen derecha, al estar ésta orientada hacia el norte, acentuada en los arranques, que tuvieron reparaciones con un enfoscado que se estaba desprendiendo.



Junta vertical en pila 4



Rotura cornijales

En las pilas las juntas presentaban una pérdida considerable de material, en especial en las zonas laterales y en menor grado en las zonas centrales, acentuadas también en el lado derecho de umbría.

Este arrastre y lavado de material no ha sido superficial, sino que se extendía desde el interior de las pilas al exterior por una continua circulación de agua por el cuerpo interno de las pilas y parte superior bóvedas, perjudicando al enjarje de las piezas y reduciendo la consistencia de la fábrica, lo que provocó un peor reparto de los esfuerzos transmitidos por estos elementos.

Aparecieron roturas de los bloques de hormigón de las aristas de las pilas, siendo la pila nº 4 la más afectada.

También se observaron roturas y juntas abiertas entre mampuestos en la fábrica, en general en los frentes orientados al norte. Las fracturas tenían tendencia vertical y en ocasiones afectaba a varios mampuestos sucesivos y estaban asociadas a roturas de los bloques de cornijales.

Se observó muy abierta la junta vertical entre el muro de frente y el acompañamiento izquierdo en el estribo de entrada y de forma más apreciable en el derecho del estribo de salida, siendo el origen de este fenómeno los asentamientos diferenciales entre ambos tipos de muros.



Arranque bóveda pila 4



Junta estribo frontal

En el intradós de las bóvedas se apreció la existencia de fisuras en las zonas de clave y riñones, reparaciones con mortero y presencia de testigos que indicaban la existencia previa de estas fisuras.

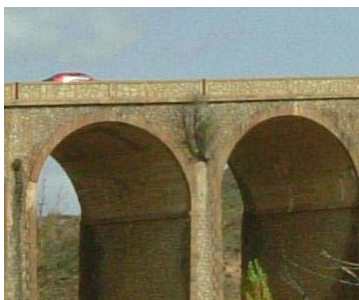
Las fisuras siguen la dirección de las generatrices y coinciden de forma general con las juntas de los tablonos del encofrado de la bóveda.

Existían humedades en la totalidad de la fábrica, tanto en los laterales de las pilas como en los tímpanos de las bóvedas, que con los habituales ciclos hielos-deshielo provocaron una continua fisuración y rotura del material pétreo que conformaban las paredes.

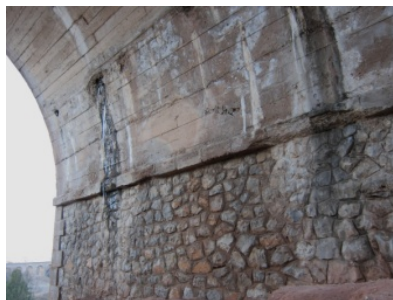
Como particularidad curiosa en el estribo 1 y la pila 4 en el alzado izquierdo y en su parte alta, tenían arbustos de dimensiones considerables, que habían arraigado en los mechinales por donde teóricamente debía drenar las aguas.

El relleno interior de las pilas y bóvedas y pilas, se observó que era material heterogéneo de vertido sin cohesión, sin material conglomerante alguno.

Los intradoses de las bóvedas tenían en riñones costras calcáreas y restos de mugres cuyo origen puede ser la lixiviación de rellenos.



Higuera en Viaducto



Costras en riñones



Rotura mampuestos

El hormigón en general presenta una degradación acelerada por el incremento en los últimos años de aportes de sales fundentes provenientes de los tratamientos de vialidad invernal, hay que recordar que la estructura se encuentra a casi 1.000 m de altitud con ciclos constantes de hielo-deshielo provocados por la gran diferencia de gradiente térmico en esta zona de la provincia de Teruel, siendo muy habitual pasar en un día de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $15^{\circ}\text{C}$ , que ha provocado que al evaporarse el agua las sales que llevaban en disolución dieran lugar a cristales que, afianzados en las paredes de los poros, progresan hasta topar con la pared opuesta de dichos poros, y provocaban la lenta pero continua expulsión de escamas de hormigón.



Vista tablero



Arco 2

Por el estado de las alineaciones de las impostas en alzado se pudo determinar que no existía problema alguno por posibles movimientos de las cimentaciones.

Por último en lo relativo al sistema de contención de vehículos, los pretiles existentes se encontraban deteriorados, además quedando muy bajos, por lo que su nivel de contención y tipología incumplen las características para un tipo de accidente grave, según Orden Circular 23/2008 Sobre criterios de aplicación de Pretiles Metálicos en carretera.



## 5.-Causas de los daños.

Como causa fundamental de los daños de la estructura descritos en el apartado anterior, podemos determinar que esta ha sido, los aportes continuos de agua, agravados en épocas invernales con la adición de sales solubles provenientes de tratamientos de vialidad invernal y por el tipo de clima de la zona con continuos ciclos de hielo-deshielo.

Al comenzar las obras de rehabilitación del Viaducto se observó que en los trabajos de limpieza de los paramentos y cuando se efectuaban taladros para inyecciones, manaban considerables y continuos flujos de agua, provenientes del propio interior de las pilas y tablero. Así como que los paramentos de los tímpanos y pilas mantenían una continua humedad, pese a las fases de soleamiento, sin que existiesen precipitaciones o aportes superficiales que lo justificaran.



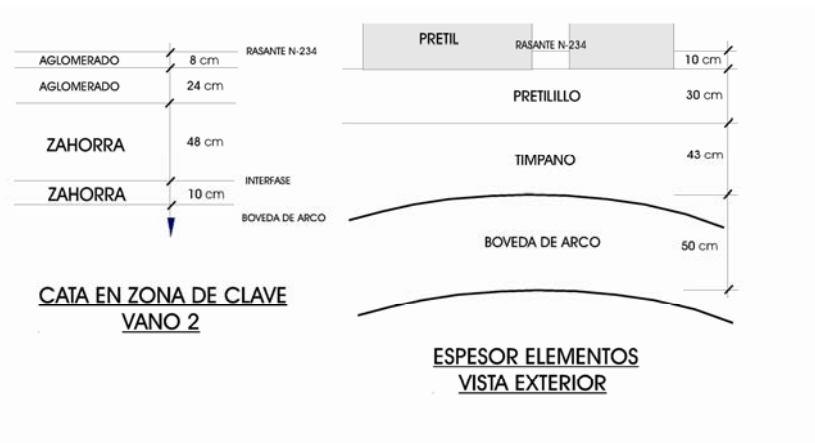
Humedades Viaducto



Ciclos hielo-deshielo

Para comprobar la existencia de esta gran cantidad de agua dentro del Viaducto y determinar el paquete de firmes se realizó una cata sobre la parte central del segundo arco, hasta llegar a la parte superior de la bóveda.

La sección que se obtuvo fue 10 cm de zahorra artificial, sucesivos tratamientos superficiales, 50 cm de zahorra natural y 32 cm de mezcla bituminosa en caliente, un espesor total de 95 cm sobre la clave de bóveda.



El material granular se encontraba completamente saturado de agua y existiendo un sobreespesor que estaba dando lugar a cargas muertas adicionales, no previstas en el proyecto inicial, casi del doble de los  $4 \text{ kN/m}^2$  que contemplaba la instrucción de 1956.

Observándose también que el refuerzo estructural de firme realizado a principios de los años 70 del siglo pasado en la N-234 en su tramo entre La Puebla de Valverde y Teruel, se ejecutó sin previamente escarificar el firme existente, de sucesivos tratamientos superficiales y se extendió directamente sobre el firme existente, por lo que éste actuó como lámina impermeable por la que circulaba libremente el agua hacia la estructura que se encontraba en un punto bajo del perfil longitudinal de la carretera.

El interior del Viaducto recibía continuos aportes de agua, tanto superficiales como en el interior procedente de los flujos que discurrían por las capas granulares del firme, y que en otros puntos de la vía se habían manifestado en blandones y deformaciones.



Blandón antes Estribo 1



Zanja drenante con agua circulando en el fondo

## 6.- Actuaciones previas realizadas.

Esta estructura ha sufrido dos actuaciones previas a la rehabilitación total, así como una obra complementaria para cortar de forma efectiva los aportes masivos de agua al interior de la estructura.

Aunque cronológicamente la obra complementaria se solapa con las actuación integral de rehabilitación y es posterior a las dos previas, y no siendo propiamente una actuación sobre el Viaducto comenzaremos por ella, al considerarla primordial en la futura vida de la estructura.

### 6.1- Ejecución de drenes en calzada.

Tal como se ha ido señalando la causa de los daños estructurales del Viaducto fue la entrada continua de agua en el cuerpo del puente.

Tras la ejecución de la cata en el tablero del puente, quedó de manifiesto que era necesario cortar el avance del agua hacia cuerpo estructural que se encuentra en un punto bajo, existiendo en la zona de media de la calzada inmediatamente anterior al Viaducto en su estribo dorsal una zona de blandones, que sufrieron repetidas reparaciones por el Servicio de Conservación

Por lo tanto se diseñó una sistema de drenes en forma de cola de pez para impedir el avance del agua hacía el puente, derivándola al exterior y encauzándola con cunetas a la Rambla, en la zona anterior a los dos estribos.



Corte M.B.C.



Demolición M.B.C.

La definición en planta de los mismos con una anchura de zanja de 0,80 m dispuestos en el estribo dorsal con el vértice hacia el sur, y en frontal hacia el norte, con una inclinación aproximada de 45° y el vértice situado sensiblemente en el centro de la calzada.



La profundidad de la zanja vino determinada por la sección tipo, antes descrita, de tal forma que se alcanzara el asiento natural, siendo esta de 1,50 m.

En el fondo de excavación se ejecutó una solera de hormigón en masa, de 0,10 m de espesor, con pendiente de un 2 % hacia el exterior, para evitar la acumulación de agua y favorecer su expulsión al exterior, a continuación se dispuso una lámina geotextil para evitar la contaminación del relleno filtrante en las caras más alejadas de los estribos y una lámina plástica totalmente impermeable en las caras más próximas al puente, rellena totalmente de un material granular sin finos con un espesor de 0,90 m y envuelto en su parte superior e inferior con la lámina de geotextil.



Solera de hormigón dren

Lámina impermeable

Lámina drenante y relleno

Se repuso la sección de firme con 0,30 m de zahorra artificial y 0,15 m de hormigón en masa H-25, completándose posteriormente con la capa de rodadura de mezcla bituminosa en caliente.



En la parte sur se han ejecutado dos drenes y en la norte uno. El situado en la zona sur de la estructura y más alejado de esta, presenta desde su ejecución un flujo continuo de agua captada en la mitad derecha del mismo.

Esta actuación se ejecutó en la primera quincena del mes de febrero de 2011 y realizó los trabajos la empresa Emipesa S.A.



Dren terminado



Dren en funcionamiento

## 6.2- Protección de la zona izquierda de la pila 4.

El 22 de abril de 2010, se realizó por parte de la Asistencia Técnica UTE Intemac-Fhecor de la Subdirección de Conservación, una visita adicional a la estructura para comprobar el estado de la pila 4, que presentaba daños ya descritos en proyecto y que aparentaban haber progresado.

De esa visita por parte del inspector el Dr. Ingeniero Caminos, Canales y Puertos, D. Javier León, se redactó informe con fecha 19 de julio de 2010, incluyendo valoración económica denominada “Propuesta para la protección de la zona izquierda de la pila 4 del Viaducto sito en el pk 114,070 de la N-234 en Teruel, en tanto se ejecute el proyecto de reparación”.

Los trabajos se realizaron con créditos de gestión directa y fueron adjudicados en subasta la empresa Composan S.A. y se ejecutaron durante el mes de noviembre de

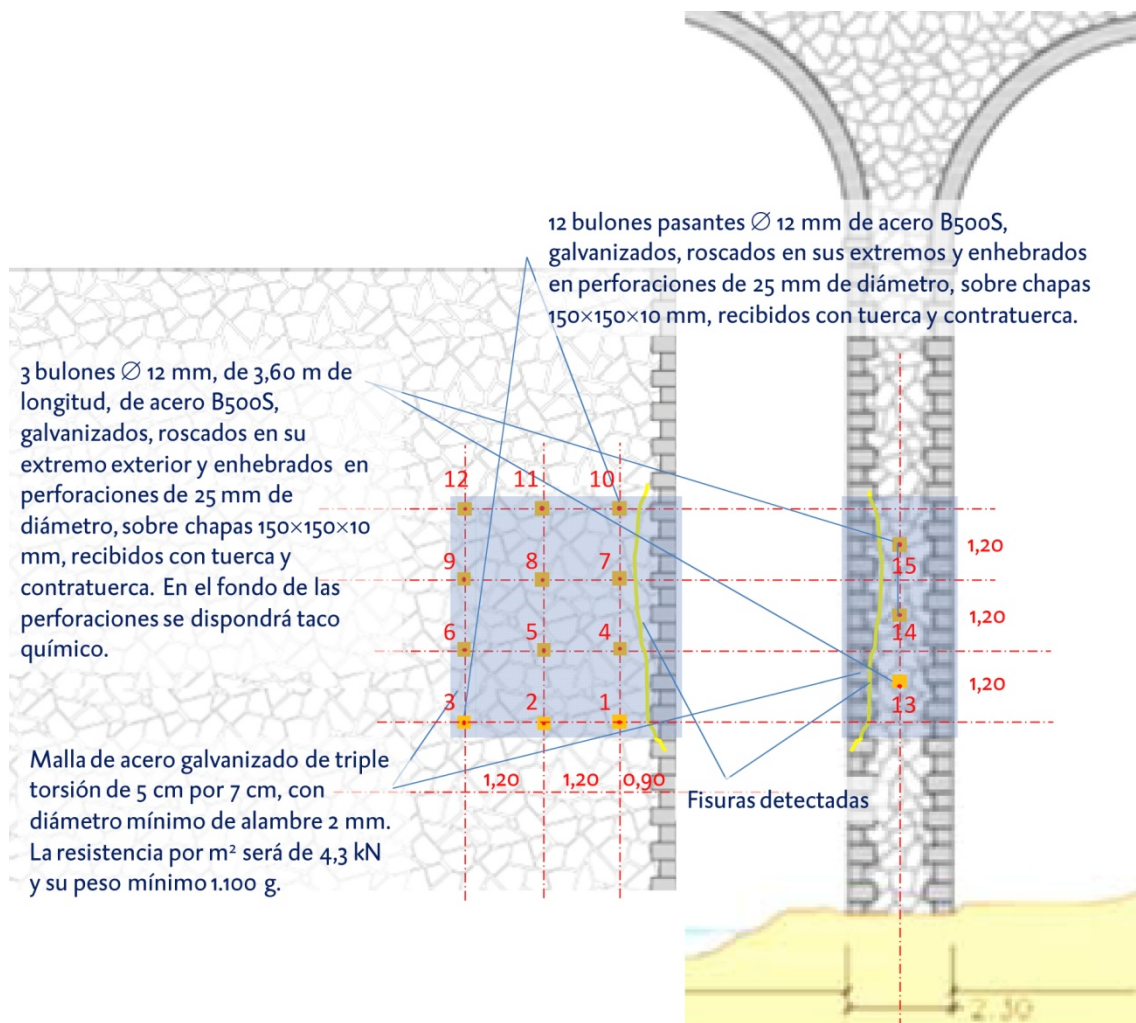


2010.

Los trabajos desarrollados consistieron en la ejecución de unos cosidos transversales, disponiendo una malla de acero galvanizado de triple torsión de 5 cm por 7 cm, de  $\varnothing$  2 mm, cuya finalidad es controlar la pérdida de material.

Posteriormente se ejecutó una batería de tres perforaciones para alojar 3 bulones de  $\varnothing$  12 mm, de 3,60 m de longitud, de acero B500S, galvanizados, roscados en su extremo exterior y enhebrado en perforaciones de 25 mm, sobre chapas de 150x150x10 mm recibidos con tuerca y contratuerca, con la finalidad controlar los movimientos de deslizamiento de la cuña en dirección perpendicular al eje del puente.

Además se realizó 12 bulones pasantes de  $\varnothing$  12 mm, en perforaciones de 25 mm sobre chapas de 150x150x10, recibidos con tuerca y contratuerca a ambos lados de la pila, estas barras intentan controlar la integridad de esa zona de la pila, impidiendo el escape de la cuña de material que se ha fisurado.



Los aprietes se realizaron de forma que no introdujeron torsiones en las barras y las perforaciones se realizaron a rotación, iniciándose la ejecución de los trabajos desde la parte baja de la pila.



En fase de ejecución



Cosido e inyectado

Durante la ejecución de estas obras, concentradas en la antedicha pila 4, se observó el deficiente estado del relleno de las pilas, registrándose un aumento de los daños respecto a las inspecciones anteriores, que motivaron una nueva visita de inspección dentro del Sistema de Gestión de Puentes, el 10 de diciembre de 2010, igualmente realizada por D. Javier León.

### *6.3- Zunchado pila 4.*

Dado el alarmante estado de deterioro que presentaba la pila 4, se determinó en la Unidad de Carreteras de Teruel, la necesidad de actuar de forma inmediata sobre la misma, ante el peligro por ser la pila más alta y una de las centrales que podría provocar el colapso de la estructura.

Por parte del Sr. Jefe de Área de Conservación y Explotación, D. Carlos Casas Nagore y el Sr. Jefe del Servicio de Planeamiento, Proyectos y Obras, D. Jesús Irazo Sanz se calculó un refuerzo de la misma como solución de emergencia previa a la ejecución del proyecto.





Inicio actuación



Tres anillos

La solución adoptada consistió en el zunchado con perfiles metálicos UPN 100 dispuestos con una separación de 1,00 m de altura entre ellos a lo largo de la totalidad de la pila, siendo el resultado 13 líneas y angulares metálicos anclados en las piezas de los cornijales, los cuales, a su vez servían de anclaje de los perfiles, utilizándose estos a modo de tirantes y con flejes verticales en las caras interiores y colocación de malla de triple torsión en las zonas que presentaban más materiales rotos y sueltos.



Detalle esquina



Actuación finalizada

La unión de los elementos metálicos se realizó con tornillos tensadores, cuyo apriete ofrecía un carácter de sujeción pasivo frente al proceso de inestabilidad vertical de los cornijales del lado sur de la pila.

Esta solución se ejecutó en la última semana del año 2010 permitiendo detener la deformación y pérdidas de material de pila, antes del inicio de los trabajos del Proyecto de Reparación.

Estas actuaciones fueron ejecutadas por el Sector de Conservación Integral de Teruel TE-1, adjudicado a la UTE Api-Elsamex.

## **7.- Ejecución Proyecto de Reparación.**

Con fecha 14 de diciembre de 2010 el Sr. Jefe de Área de Conservación y Explotación solicita la declaración de emergencia de la obras de reparación del Viaducto de la rambla de Valdelobos, dadas las circunstancias en que se encuentra la estructura.

El día 17 de diciembre de 2010 se dicta resolución por Sr. Director General de Carreteras en la que se ordena la declaración de emergencia y habilitación del crédito correspondiente para las obras de reparación, basadas en efectuar las actuaciones previstas en el proyecto redactado en marzo de 2009, cuyo resumen es el siguiente:

- Actuaciones encaminadas a la reparación mediante inyección de las fisuras encontradas en los elementos de la estructura, tanto de las pilas como de los estribos. Por otro lado se realizará una reparación superficial mediante el rejuntado de los paramentos de fábrica, y recomposición de los elementos de hormigón.
- Ejecución de unas perforaciones verticales desde la plataforma en estos elementos, con el objeto de proceder posteriormente a la inyección de lechada a baja presión de manera que se colmaten y rellenen todos los huecos existentes, consiguiendo así una cohesión de los elementos más profunda que la obtenida mediante las inyecciones tradicionales.
- Mejora del drenaje para evitar la circulación incontrolada del agua por la estructura con dos fines. En primer lugar evitar el deterioro que las filtraciones han provocado en la estructura. Así mismo, se busca reducir los empujes en los trasdoses de los elementos de la estructura.
- Mejora del sistema de contención.

La ejecución de los trabajos fue encargada a la empresa Composan S.A. con inicio de los mismos el 10 de enero de 2011.

### ***7.1- Forro hormigonado de la Pila 4***

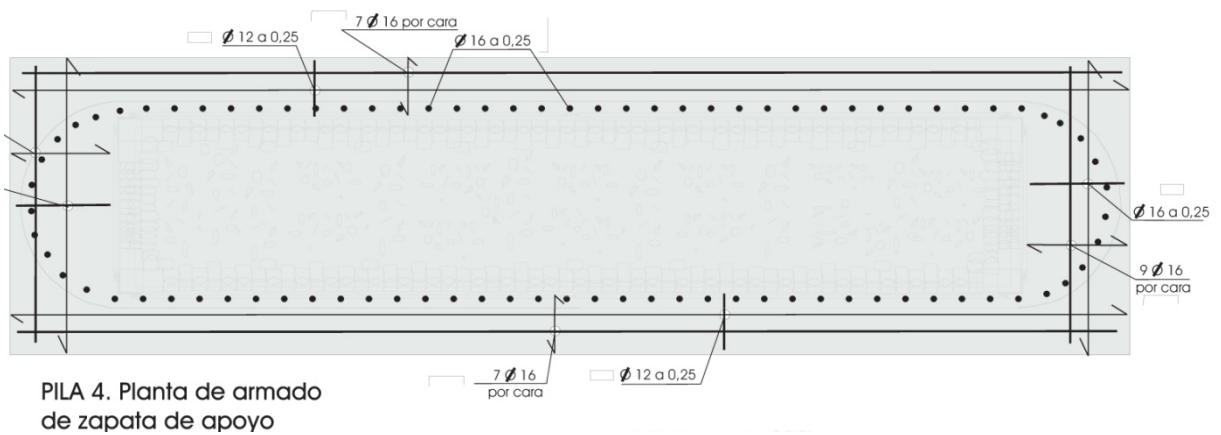
Dado el preocupante estado que presentaba la pila 4 se complementaron las actuaciones de la declaración de la obra de emergencia con la reparación y consolidación de ésta, según propuesta de Composan S.A. consistente en el diseño de una solución de zunchado de la pila que impida el desarrollo de su deterioro.



Ejecución zapata apoyo forro



Zapata ejecutada



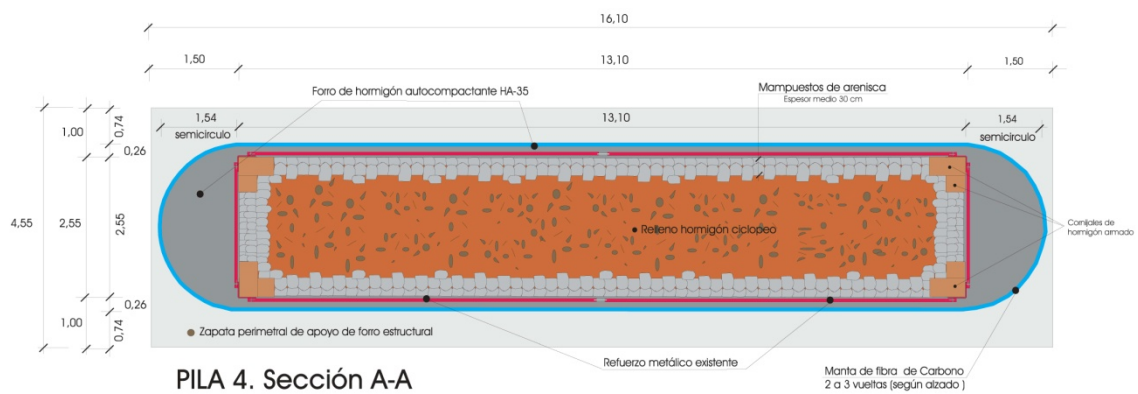
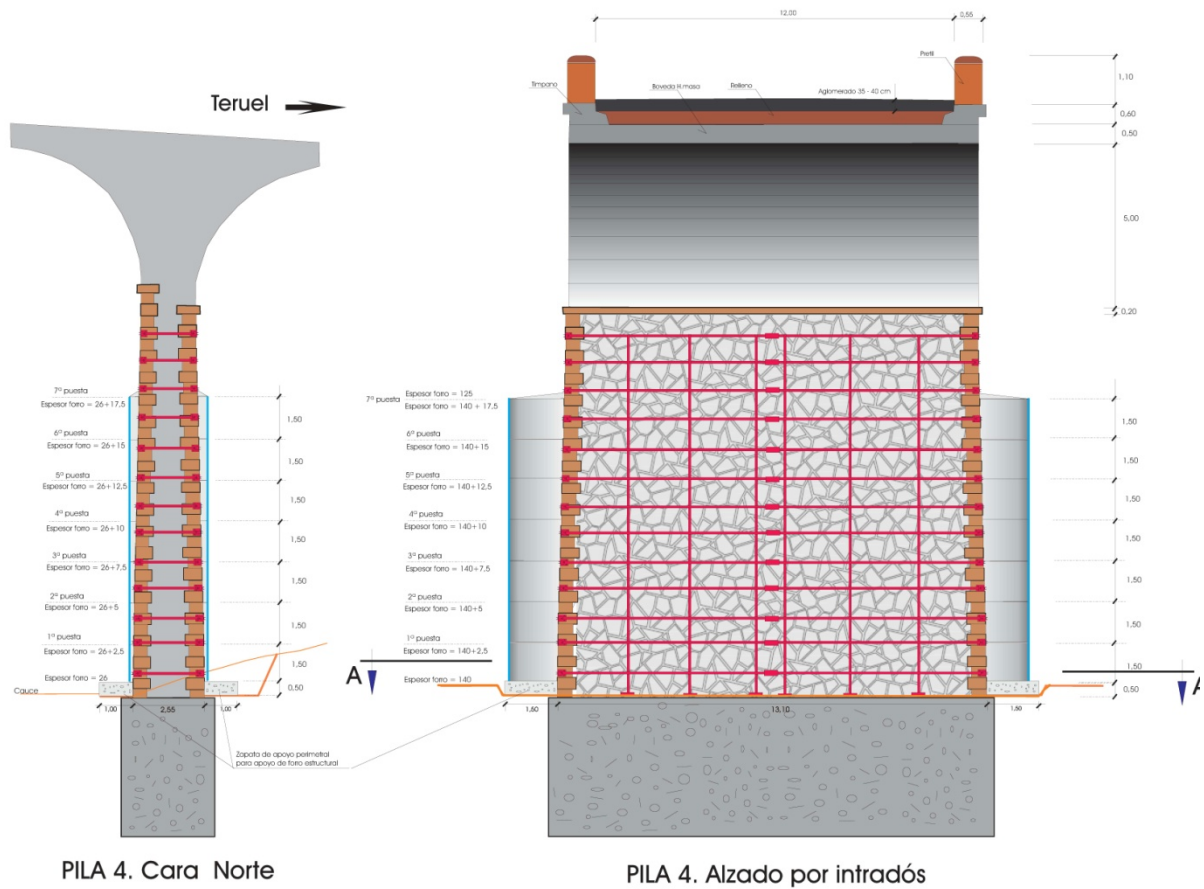
PILA 4. Planta de armado de zapata de apoyo

Con las patologías encontradas en la pila, de inestabilidad vertical de los mampuestos y abombamiento de las esquinas, acentuadas en la cara sur de la misma, se diseñó una solución de consolidación de dicha pila que ha consistido en la ejecución de un forro estructural de hormigón HA-35 autocompactante que la envuelve, impidiendo el progreso de inestabilidad vertical. El espesor de dicho forro es variable entre los 26 cm de la base y los 43,50 cm en su parte alta, debido a tener que adaptarse a la inclinación de la propia pila.

Posteriormente, el forro de hormigón, se envuelve en manta de fibra de carbono con el consiguiente aumento de la resistencia a compresión del hormigón, incrementándose así la capacidad última de la pila y por tanto, la capacidad última del Viaducto.

El forro estructural se ejecutó, de abajo a arriba, por puestas de 1,50 m de altura con un espesor de 26 cm, hasta completar un total de 7 puestas, alcanzándose 43,50 cm de espesor.



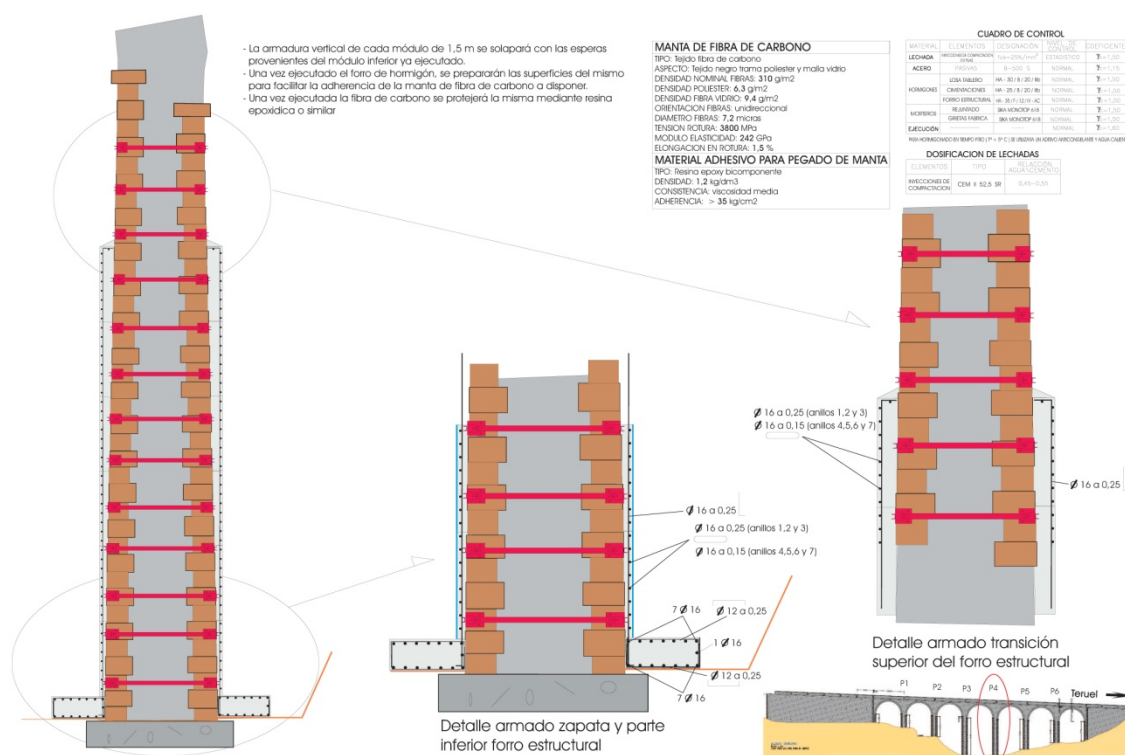




Encofrado y ferralla primer anillo

Hormigonado primer anillo

El forro tiene en su interior una armadura perimetral de  $\varnothing 16$  mm a 0,25 m y vertical de  $\varnothing 16$  mm a 0,25 m, manteniendo la continuidad vertical entre puestas. De esta manera el forro con dicho armado y zunchado posterior con fibra de carbono, ofrece una buena capacidad de reparto frente a empuje lateral del paramento de la pila de mampostería.



Alrededor de la pila y pegada a su base, se ejecutó una zapata de hormigón armado sobre el terreno para apoyo de la primera puesta y elementos auxiliares de encofrado y andamiaje, cuyas cargas se transmiten al terreno circundante a la pila, y cuya definición se observa en los esquemas anteriores.



El forro ejecutado tiene un carácter consolidador y de zunchado sobre la pila de mampostería, cuya única conexión a la misma se realiza mediante el rozamiento hormigón-fábrica y agarre hormigón-perfilería metálica existente, quedando ésta embebida totalmente en el forro estructural.



El comportamiento estructural del forro frente a acciones horizontales internas es como una sección de hormigón HA-35 de canto variable entre 26,00 y 43,50 cm, albergando una armadura interior cercana al paramento de la pila definida por la perfilaría metálica UPN 100, separada 1,00 m de altura y una armadura exterior de  $\varnothing$  16 mm a 0,25 m.

La manta de fibra de carbono que envuelve dicho forro tiene un doble cometido, primero el zunchar el hormigón aumentando su resistencia a compresión, el cual aumenta la capacidad última del mismo, y segundo el garantizar el correcto y continuo contacto y rozamiento hormigón – mampostería.



Colocación fibra

Proceso completo

La solución adoptada para ejecutar este forro fue el Sistema Copsadur Wrap, que se aplicó sobre la superficie hormigonada, una vez preparada la misma, tras eliminar cualquier rastro de suciedad y polvo; a continuación se extendió un preparado de resina epoxy bicomponente sobre el soporte usando una llana, en una cantidad aproximada de 1,00 a 1,20 kg/m<sup>2</sup>m, colocando posteriormente el tejido de fibra de carbono sobre la resina en la dirección adecuada, con un solapo de unos 15 cm en la dirección de las fibras, embebiendo el tejido en la misma, presionando hasta que la resina salga por los huecos del tejido, se aplicaron hasta tres capas, una encima de otra. Concluidas estas operaciones, se aplicó una nueva capa de resina, de aproximadamente 800 gr/m<sup>2</sup>.



Reparación concluida

Dado que el proceso patológico descrito sólo se ha desarrollado en la pila 4, esta solución se aplicó en ésta. En cambio, en el resto de las pilas, se considera suficiente la realización de inyecciones de compactación como freno al proceso descrito.

## *7.2-Eliminación de la vegetación, chorreados y limpieza.*

Se procedió a la eliminación de la vegetación enraizada en los paramentos, plantas superiores con tallos y troncos de importancia, cuyas raíces penetraban en la fábrica, pertenecientes a la especie *Ficus carica* (higuera). En primer lugar se cortaron los troncos, posteriormente se extrajeron mecánicamente las raíces, saneando la zona afectada, limpiándola con aire a presión y rejuntándola con mortero de árido fino. Finalmente se aplicó un tratamiento herbicida.

Se ejecutó la limpieza general de los paramentos verticales en muros, pilas y estribos y paramentos inclinados en bóvedas con agua pulverizada, tratando manualmente con cepillo de púas de nylon las manchas persistentes.



Operaciones de limpieza



### *7.3.- Rejuntado de fábrica con mortero.*

Se procedió a la reposición del material de juntas y zonas con desprendimientos, que se habían sufrido pérdidas, evitando que los mampuestos continuaran con su proceso de degradación.

Una vez limpias las juntas y preparada la superficie, y definido el mortero a utilizar en función del espesor o volumen a rellenar. Se utilizó hasta un espesor de 20 mm Mortero Sika Monotop 612 y para espesores mayores hasta 40 mm Mapei Mapegrout T60.

El mortero se vertía con paleta hasta colmatar la abertura de las juntas. La aplicación se realizó en 4160 dm<sup>3</sup>.



Vista general actuaciones estribo dorsal

#### *7.4.-Sellado e inyección de resina epoxi en fisuras de elementos de hormigón.*

Las fisuras existentes en las bóvedas de hormigón, se procedieron a sellar en aquellos casos que se observó que no existía oquedad asociada a la misma, y donde existía ésta se realizaron inyecciones con resinas epoxi.

Con el fin de facilitar la adherencia entre los diferentes materiales, se eliminó del interior de la fisura los restos de polvo con aire a presión, de tal forma que la superficie a ambos lados de la fisura se quedara libre de polvo, restos de reparaciones anteriores, testigos de control o cualquier otro material que impidiera una correcta adherencia del material de sellado.

Los materiales utilizados fueron para el sellado el adhesivo epoxi tixotrópico de dos componentes Sikadur 31 CF y para las inyecciones resina de inyección de baja viscosidad Sikadur 52 Inyección.

Antes de iniciar las inyecciones se realizó un sellado superficial de la fisura con el fin de impedir la fuga de mortero durante el proceso de inyección y permitir la adhesión de los inyectores. Las inyecciones se ejecutaron a presión de tal forma que se aseguró el relleno completo de las oquedades. Los inyectores se colocaron a una distancia de 25 cm inyectándose de abajo a arriba, tan pronto como la resina rezuma por el siguiente inyector, se selló el primero y continuó con el proceso de inyección desde el siguiente.

Las inyecciones de fisuras fueron en total de 1842 m y el sellado con mortero de reparación ascendió a 2301 m<sup>2</sup>.



Reparación grieta bóveda

### *7.5.- Perforaciones e inyección por gravedad de lechada de cemento.*

Para devolver el monolitismo perdido en estribos y pilas por la pérdida continua de material y dotar de conglomerante no existente en el relleno de estos elementos, se ejecutó una inyección de lechada a baja presión.



Vista general tablero y central de fabricación de lechada

Asegurando de esta forma el relleno y colmatación de todos los huecos existentes, consiguiendo así una cohesión de los elementos más profunda que la obtenida mediante inyecciones tradicionales.



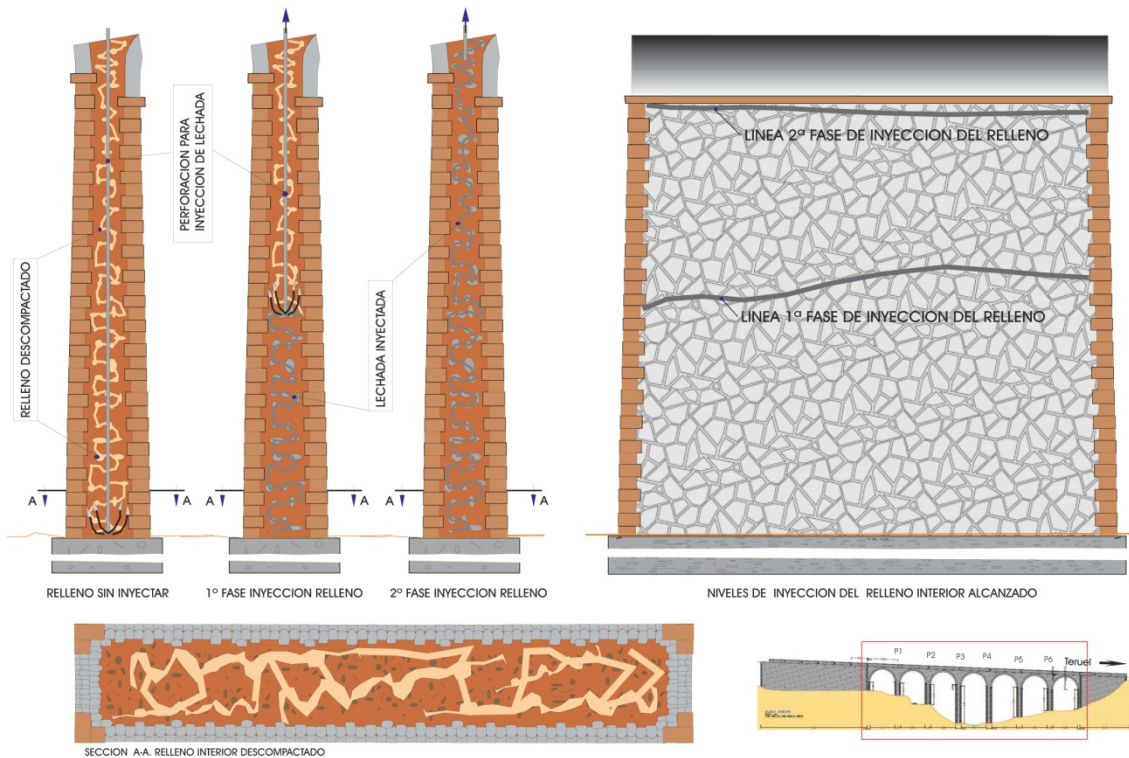
Perforación



Inyección



Para la ejecución de la inyección se realizaron perforaciones a rotación de 3", desde la calzada superior y penetrando en la cimentación.



La inyección se realizó a baja presión, de forma ascendente y nunca aportando más de 5.000 kg de cemento en cada inyección para no afectar estructuralmente el elemento de relleno, y permitir su consolidación.

Excepto en el relleno del estribo 2, en el resto no se observaron pérdidas de material, dada la porosidad del material de las pilas se observaba perfectamente como ascendía el relleno, que se nivelaba casi automáticamente, independientemente desde el punto de inyección.





Distintas fases del llenado que se aprecia claramente el nivel alcanzado

El cemento empleado fue CEM II 52,5 N/SR, servido a granel, con una relación agua – cemento de 1.

En la siguiente tabla se muestra los consumos totales y su distribución a lo largo de la estructura.

	Altura m	Vol. Estr. m <sup>3</sup>	Cemento kg	lechada m <sup>3</sup>	Relleno %
Estribo 1	13,50	403,65	51.500	31,79	7,88
Pila 1	15,00	448,50	24.300	15,00	3,34
Pila 2	18,00	538,20	27.000	16,67	3,10
Pila 3	27,00	807,30	46.500	28,70	3,56
Pila 4	26,00	777,40	49.800	30,74	3,95
Pila 5	21,00	627,90	44.700	27,59	4,39
Pila 6	20,00	598,00	50.700	31,30	5,23
Estribo 2	18,00	538,20	35.600	21,98	4,08
Totales		4739,15	330.100	203,77	4,30

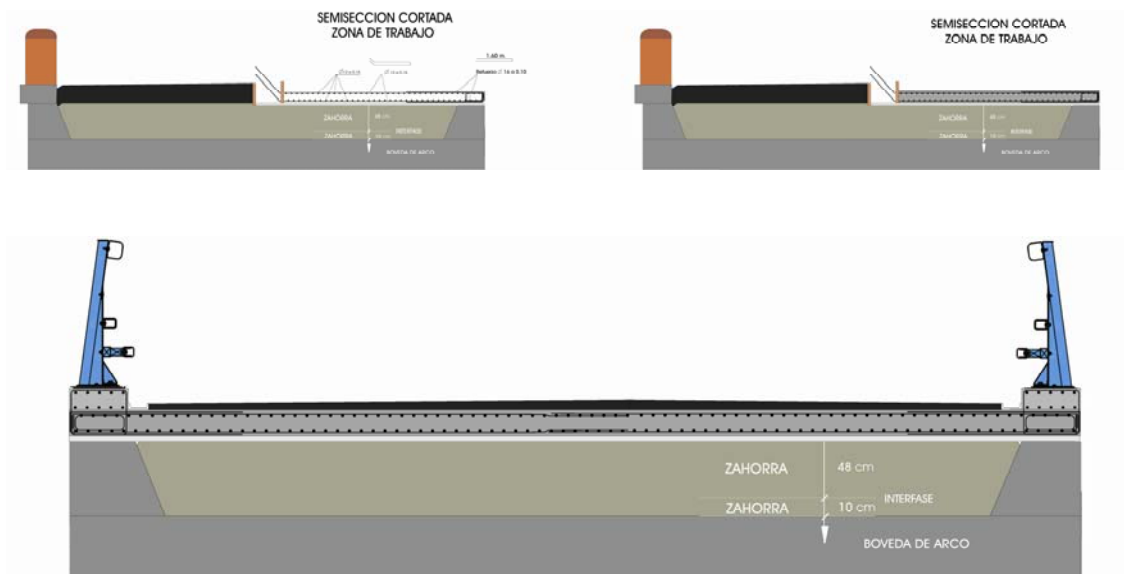
Peso específico lechada: 1,62

Estos datos reflejan la gran cantidad de huecos que tenía la estructura y la necesidad de este tratamiento de consolidación y la falta ya en origen de cualquier tipo de conglomerante en el relleno.



### 7.6.-Tablero y adecuación del sistema de contención.

La fase última, que en el momento de redactar este pequeño artículo no se había iniciado, consiste en la demolición del tablero actual, retirada de los pretiles de contención y ejecución de un nuevo drenaje superficial.



Se procederá a la demolición y retirada de la actual sección de firme, rehabilitando la misma según sección adjunta, con la ejecución de una losa de hormigón armado, reforzada en su extremos, donde se encajará el nuevo sistema de contención de vehículos para dar cumplimiento a la O.C 23/2008, con el Pretel Metálico PMH-16, con anclaje químico.

Esta losa tendrá además una función de impermeabilización total de posibles aportes de aguas superficiales al cuerpo de la estructura, completado con la ejecución de un caz en cada margen, con sus respectivos imbornales y desagües.

## **8. Conclusión.**

Como conclusión final, podemos determinar que los problemas que se han producido en este puente han sido el resultado de dos circunstancias, que unidas han provocado los daños anteriormente descritos:

- El relleno de la estructura, que era material proveniente de vertedero, muy heterogéneo, sin compactación ni trabazón.
- Aporte continuo de un flujo de agua, que discurría libremente por el paquete de firme, consecuencia de una actuación de principios de los años 70 del siglo pasado, al realizar un refuerzo estructural de firme sin previamente haber ripado el existente, convirtiéndolo en un canal cuyo depósito final era el puente.

Siendo las actuaciones correctoras fundamentales, la ejecución de los drenajes exteriores al puente y la consolidación interior mediante inyecciones de lechada de cemento.

El fracaso de la estructura no ha estado realmente en su diseño y concepción, éste ha tenido su origen, probablemente en una mala ejecución inicial, al no rellenarse adecuadamente el interior de la misma y al someterla aportes continuos de agua, no previstos en su proyecto.

Por tanto, ejecutemos las estructuras tal como vienen en proyecto y una vez puestas en servicio, cualquier actuación que realicemos, en su zona de influencia, independientemente del tipo que sea, debemos considerar de que manera, puede influir en ellas, y si es necesario, realizar obras complementarias para evitar daños en las mismas.

## Bibliografía.

- Proyecto de Reparación del Viaducto sobre la Rambla de Valdelobos Sito en el PK 114+070 Carretera N-234 en Teruel. Marzo 2009.
- Propuesta para la protección de la zona izquierda de la pila 4 del Viaducto sito en el PK 114+070 de la N-234 en Teruel, en tanto no se ejecute el proyecto de reparación. Julio 2010. UTE Intemac-Fhecor.
- Nota sobre la visita al Viaducto de Caparrates, sito en el PK 114+070 de la N-234, en Teruel. Diciembre 2010. UTE Intemac-Fhecor.
- Nota Técnica. Reahabilitación estructural y funcional de la pila 4. Viaducto de Valdelobos. Febrero 2011. Composan.
- Ficha técnica. Mapei. Mapegrout T60.
- Ficha técnica. Sistema Copsadur Wrap. Grupo Copsa.
- Ficha técnica. Sikadur-31 CF.
- Ficha técnica. Sikadur-52 Inyección.
- Ficha técnica. Sika Monotop 612.