

REPOSICIÓN DE MENSULAS CORTAS EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO GUADALFEO

Luis Matute Rubio

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Director General

luis.matute@ideam.es

Ignacio Pulido Sánchez

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Jefe de proyecto

ignacio.pulido@ideam.es

Rosa Díaz Pérez

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Ingeniero de Proyectos

rosa.diaz@ideam.es

RESUMEN

El puente sobre el Río Guadalfeo en la N-340 P.K. 328+350 es una estructura del ilustre ingeniero Carlos Fernández Casado, con una configuración estructural del tablero bastante singular y realizado en el año 1945.

El paso del tiempo así como la continua entrada del agua desde la calzada, han originado la degradación del tablero del puente. Esto ha generado la presencia de una serie de daños en el mecanismo resistente principal de apoyo del tablero, comprometiendo la seguridad y funcionalidad de la estructura.

A lo largo del presente artículo se realiza una breve descripción de la estructura con el fin de dar a conocer en detalle la singularidad de la obra en cuestión, para posteriormente profundizar en los daños principales de la estructura localizados en el tablero, y en las soluciones estructurales a estos.

PALABRAS CLAVE: Reparación, medias maderas, ménsulas cortas, hidrodemolición

1. Breve descripción de la estructura sobre el río Guadalfeo

El puente sobre el Río Guadalfeo está situado en la carretera nacional N-340 en el P.K. 328+350. Es una estructura perteneciente a la colección de puentes de altura estricta del ingeniero Carlos Fernández Casado, con fecha de ejecución en el año 1945.

El puente tiene una longitud de 111,5 m, dividido en 5 vanos de 22,30 m de luz entre ejes.

Los estribos del puente son cerrados, de sección transversal variable, mediante cambios bruscos de sección, produciendo un escalonamiento en el alzado del estribo. El ancho total de los estribos es de 12,00 m y tienen una altura aproximada de 5,00 m sobre su base.

Las pilas del puente son de tipo pantalla, teniendo sus frontales rematados de forma triangular para favorecer el curso del agua. La longitud de las pilas es de 12,00 m y tienen una altura aproximada de 4,50 m. El espesor es constante de 0,70m, salvo en las zonas que se estrecha para formar el tajamar.

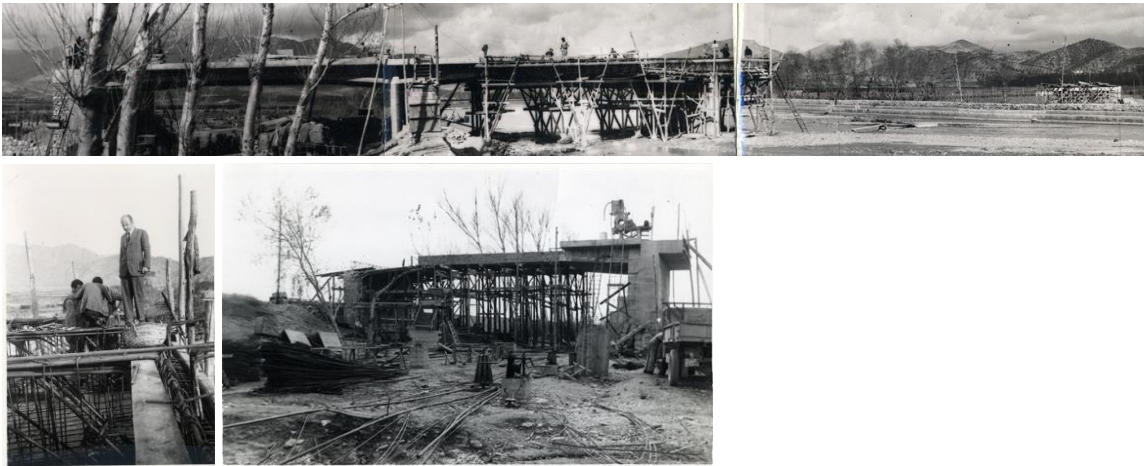


Figura 1. Imágenes de la construcción del puente sobre el río Guadalfeo.

La configuración estructural del tablero es bastante singular. Los estribos empotran en cabeza 6,50 m del tablero de los vanos laterales, sobre los que apoyan, a media madera, los propios vanos laterales, que tienen una longitud de 22,30m, coincidiendo con la longitud del vano, que apoyan sobre las pilas 1 y 4, y vuelan unos 6,50 m sobre los vanos 2 y 4 respectivamente. Los tramos siguientes del tablero, vanos 2 y 4 tienen una configuración exactamente igual a la descrita, apoyando sobre las pilas 2 y 3, volando en este caso, ambos tableros sobre el vano central, el vano 3. Finalmente, el tramo central tiene una longitud de 10,60 m y encaja entre los vuelos de los tramos 2 y 4, mediante apoyos a media madera igualmente.

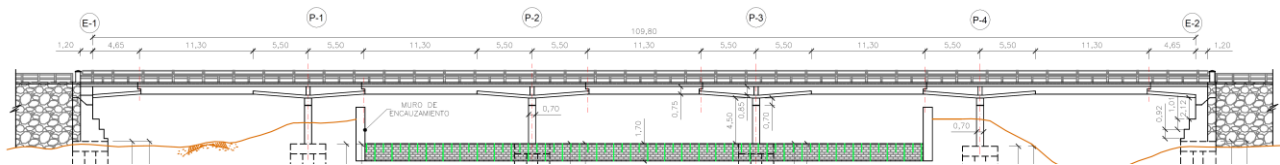


Figura 2. Alzado general de la estructura.



Figura 3. Vista general del puente en la que se aprecia la configuración longitudinal de los diferentes tramos y las medias maderas.

En cuanto a la configuración de la sección transversal del puente, los 5 tramos centrales de cada vano están formados por una losa de 0,20 m de espesor sobre la que se disponen 4 nervios

longitudinales de 0,95 m de canto total y unos 0,55 m de ancho. El entreje de los nervios es de 3,00 m quedando las vigas laterales separadas 1,30 m aproximadamente del borde del tablero. Los tramos restantes, sobre pilas y estribos, están formados por un cajón multicelular, de canto y tabla inferior variable. Las tabicas del cajón multicelular coinciden con las vigas de los tramos centrales, quedando las zonas libres como zonas aligeradas. La tabla inferior del cajón, se abre en planta hasta alcanzar un ancho total de 11,00 m sobre las pilas. La variación de canto es lineal, pasando de 0,95 m a 1,35 m sobre apoyos en una longitud de 5,50 m. Sobre los apoyos, aparece una especie de cartabón a modo de rigidizador que vincula el alma del mamparo de apoyo con el tramo volado de la tabla inferior.

La vinculación entre los diferentes tramos del tablero se realiza mediante el apoyo de la losa a todo su ancho (salvo los voladizos), apareciendo las medias maderas como tal, en la zona de apoyo de los nervios longitudinales.



Figura 4. Detalle de apoyo entre diferentes tramos. La losa apoya en toda su longitud de forma directa, mientras que los nervios longitudinales apoyan a media madera

La plataforma se compone de 2 carriles de circulación de 3,60 m, 2 arcenes de 1,40 m y barreras de 0,50 m conformando un ancho total de plataforma de 12,00m.

2. Descripción de daños en el tablero

En los trabajos de inspección llevados a cabo en la estructura se observó que presentaba un estado de conservación intermedio, manifestando principalmente daños relevantes en los apoyos a media madera del tablero, si bien, también presentaba otra serie de deterioros menores que afectan más a la durabilidad y funcionalidad de la estructura que a su seguridad.

El paso del tiempo así como la ausencia de juntas de dilatación, un sistema de drenaje insuficiente, una impermeabilización dañada o inexistente y la aparición de grietas en el pavimento, han originado la degradación de las zonas de discontinuidad del tablero, debido a la continua circulación de agua. Esto ha generado que los apoyos a media madera, especialmente los apoyos correspondientes con los apoyos extremos ya que están más expuestos a las acciones ambientales (viento, mar, agua de lluvia...) presentaran daños importantes, con degradación del hormigón, fisuras debidas a esfuerzos, tanto en mapa como a 45° con origen en el ángulo recto de

la media madera, y grietas de más de 1,5 cm de abertura, con armaduras vistas y fuertemente corroídas, con pérdidas de sección de más del 50%.



Figura 5. Estado en el que se encontraban algunas de las medias maderas

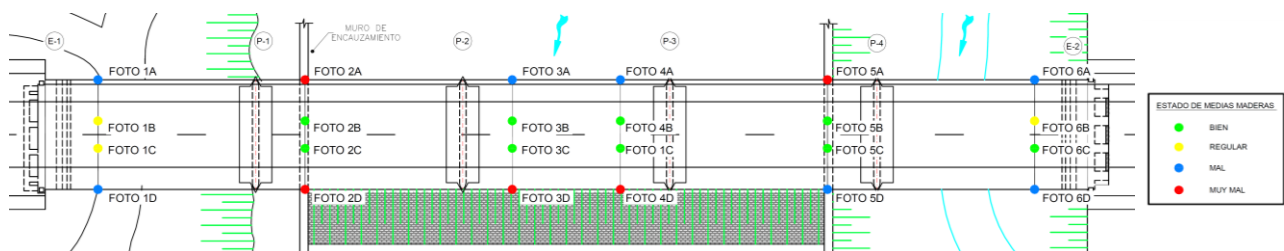


Figura 6. Croquis de estado de las medias maderas.

3. Análisis del estado del tablero

A tenor de los daños localizados en el tablero, se ha procedido a analizar la capacidad resistente de las ménsulas cortas para poder proceder a definir una solución estructural de reparación de las mismas.

A partir de los modelos realizados se han obtenido los esfuerzos pésimos, los cuales han sido utilizados para el análisis de las medias maderas. Al tratarse de una estructura tan antigua, y a falta de confirmar si el acero liso definido en el proyecto de la estructura de las ménsulas cortas se correspondía con el dispuesto, se planteó la reparación reconstruyendo totalmente el armado de la media madera y el hormigón degradado.

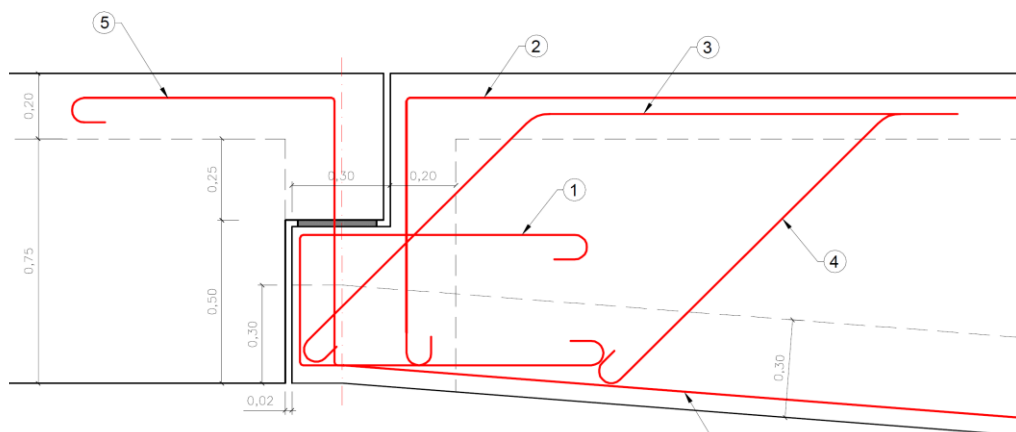


Figura 7. Croquis de armadura existente definida en el proyecto de la estructura.

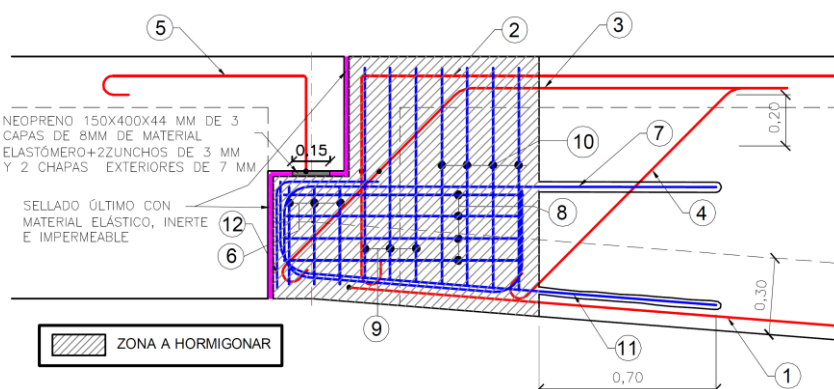


Figura 8. Croquis de la hidrodemolición, refuerzo de armado y posterior hormigonado.

4. Actuaciones en la estructura para realizar su refuerzo estructural

Una vez analizada la estructura y con el fin de solventar el estado precario en el que se encontraba y restablecer el nivel de seguridad, funcionalidad y durabilidad de la misma, se procede al refuerzo del mecanismo resistente principal de apoyo del tablero, los apoyos a media madera, como actuación de mayor importancia. El refuerzo, si bien “a priori” no tiene una complejidad elevada de ejecución, se convierte en una actuación minuciosa y de difícil ejecución debido al espacio restringido para realizar los trabajos.

Fue necesario hidrodemoler la primera media madera para comprobar “in situ” el nivel de deterioro real que presentaban las ménsulas cortas inferiores, así como para verificar el armado dispuesto y su estado. Esto permitió, junto al seguimiento y asistencia técnica durante las obras, minimizar la actuación inicialmente proyectada, ya que inicialmente durante los trabajos de definición de la reparación no se conocía el armado en detalle de las ménsulas cortas y la actuación de reparación recogía la demolición de la totalidad de la media madera, que tras evaluarla en campo se redujo a la estrictamente necesaria.



Figura 9. Vista general del apoyo 2A antes de comenzar los trabajos de demolición

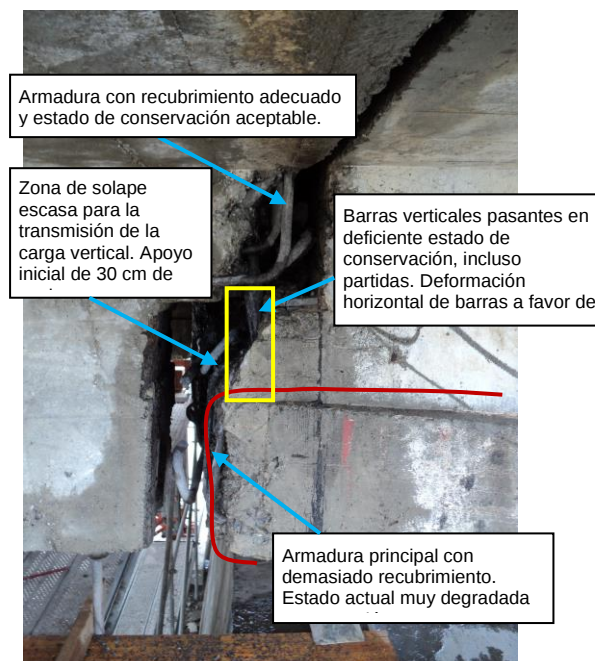


Figura 10. Detalle de ménsula corta demolida, indicando daños y deficiencias detectadas.

A partir de la evaluación realizada en la obra, y teniendo en cuenta el estado de conservación y posición de las armaduras, en las ménsulas cortas analizadas, no se consideró conveniente contabilizar la armadura principal de la ménsula. Esto se debió al avanzado estado de corrosión de las barras en su zona de doblado y anclaje, así como por el exceso de recubrimiento y falta de una correcta transmisión de las cargas. Por ello, resultó necesario redefinir una actuación que además asegurase la correcta transmisión de las cargas en los apoyos a media madera deteriorados.

A la vista de los daños observados tan diferenciados entre las ménsulas centrales y las laterales, se decide definir dos tipos de actuaciones en función del estado de daños que presentaban las diferentes ménsulas cortas.

En las medias maderas sin daños importantes, correspondientes a las ménsulas centrales del tablero, se procede al saneo del hormigón en mal estado, pasivado de las armaduras existentes y reparación del hormigón. En aquellas con importantes daños estructurales, correspondientes por lo general con las situadas en las caras exteriores del tablero, se procede a realizar una completa actuación de saneo y refuerzo, la cual se define a continuación.

En primer lugar se apea la estructura para proceder al replanteo e hidrodemolición de la zona a reparar, dejando al descubierto las armaduras principales de la ménsula.

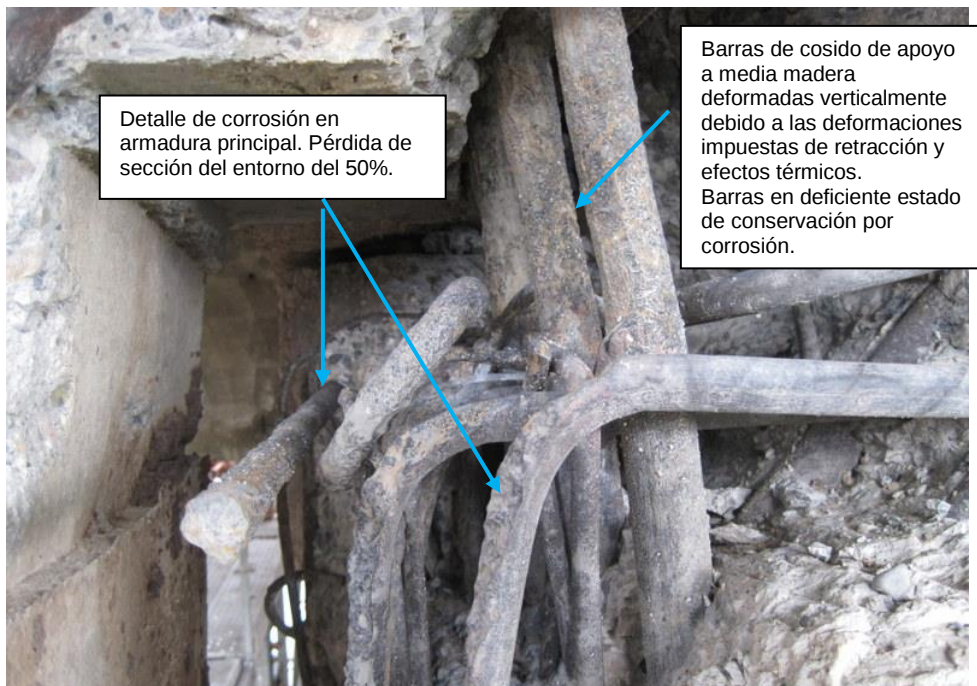


Figura 11. Detalle de corrosión de armaduras principales y de las barras de cosido de la ménsula corta.

A continuación se inicia el refuerzo de la ménsula corta mediante un doble mecanismo de refuerzo de la armadura inferior del apoyo. Por un lado, a tenor del estado de conservación que presentaba la armadura principal de la ménsula corta, con toda la zona del anclaje deteriorada, se consideró que la mejor solución para estas barras era su corte y disposición de manguitos mecánicos que empalmen con una nueva armadura de acero corrugado, garantizando de esta forma un anclaje más efectivo de las barras.

Adicionalmente, se consideró necesario disponer el armado principal de la ménsula mediante la introducción de 4 barras Ø20 de 500 MPa ancladas en la viga existente una longitud mínima de 1,50 m a partir de la sección superior de la junta. Esta armadura bien anclada pasará a ser a partir de entonces el mecanismo resistente principal del apoyo.

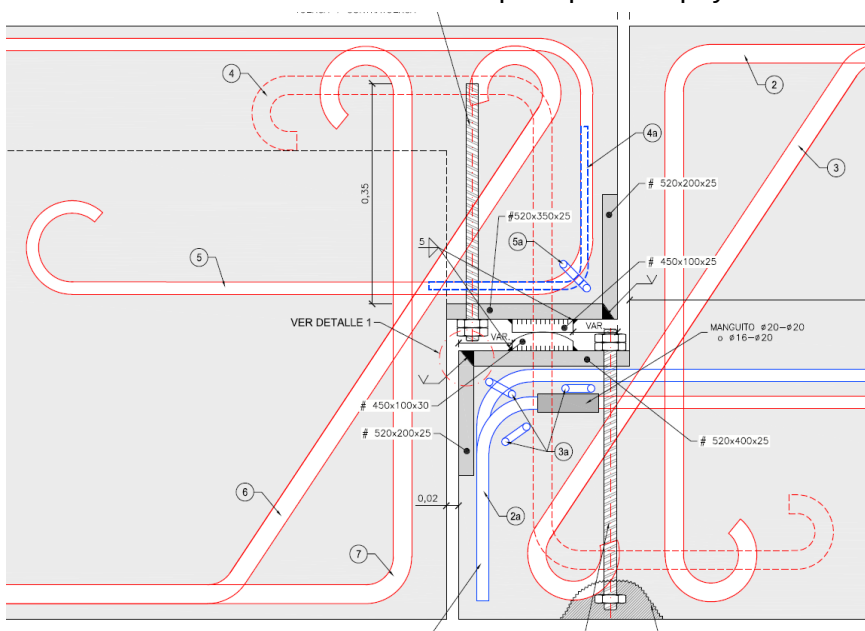


Figura 12. Esquema de la solución para el refuerzo y reconstrucción de las sillas de los apoyos a media madera.

Así mismo, para reforzar la zona de apoyo se dispusieron una serie de chapas de acero inoxidable de forma que se mejorase el reparto y se posibilitara la concentración de las cargas en la zona más adecuada, en función de la posición final de las armaduras existentes y de las nuevas.

Por último se procedió a reconstruir la junta de dilatación. Era de vital importancia asegurar la estanqueidad de las juntas de dilatación en el tiempo, ya que habían sido una de las principales razones del precario estado de conservación que presentaban las ménsulas cortas, por lo que se instaló una solución de junta lo más impermeable posible. La junta colocada es una junta elástica de mortero bituminoso, en la que previamente se preparó la superficie de apoyo mediante el sellado con una lámina estanca de junta de altas prestaciones.



Figura 13.Trabajos de preparación y sellado de lámina estanca en junta de dilatación

FICHA TÉCNICA

Propiedad: Ministerio de Fomento. Demarcación de Carreteras del Estado en Granada

Redacción del Proyecto de las obras de Emergencia: IDEAM

Asistencia técnica a la Dirección de las Obras: IDEAM

Constructora: Betazul S.A.