

# EJE TRANSVERSAL DE CATALUÑA TRAMO: CALLDETENES- SANT JULIÀ DE VILATORTA- SANT SADURNI D'OSORMORT\*

Antonio González.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

## RESUMEN

*En este viaducto se aplica por primera vez en el mundo el atirantamiento inferior de un dintel continuo de hormigón pretensado. El atirantamiento inferior crea un apoyo intermedio del dintel por medio de un puntal metálico triangular.*

*No se usa la calzada superior para alojar torres de donde colgar los tirantes.*

*Las esbelteces que se pueden obtener son enormes.*

*Realizado con cimbra autoportante y asistencia técnica propiedad de Agromán.*

## ABSTRACT

*This viaduct is the first in the world to have the single concrete lintel suspended from below. This suspension creates an intermediate support for the span by means of a triangular metal footing. The causeway is not used for accommodating towers from which to hang the suspension. The slenderness achieved is extraordinary. The self-supporting system and the technical service are those of Agromán.*

## DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Este tramo de 8,629 Km se inicia en el enlace del Eje N-141 de Via a Sau donde se comunica con las poblaciones de Calldetenes, San Julià de Vilatorra y Folgueroles. El tramo discurre en sus primeros 3,500 Km por los planos de Calldetenes y Sant Julià de Vilatorra y sale de la plaza de Vic enfilándose en Romagats que se atraviesa por un pequeño túnel. Pasado este punto, la nueva carretera circula hacia el valle que forma la riera Mayor del Montseny, cerca del pequeño núcleo de San Sadurní d'Osermort. Este valle se atraviesa con un sólo viaducto de 509 m de longitud.

Especialmente singular es el viaducto de la riera Mayor por su longitud, y también por la tecnología empleada consistente en un pretensado exterior para cada tramo.

## VIADUCTO D'OSORMORT

### 1.-DATOS GEOMÉTRICOS Y GEOTÉCNICOS

El viaducto de Osormort del tramo Sant Julià-Osormort se desarrolla en planta curva de 1550 m. de radio sobre un valle de 509 m. de longitud y altura máxima de 30 m.

Se admiten  
comentarios a este  
artículo, que deberán  
ser remitidos a la  
Redacción de la ROP  
antes del 30 de  
junio de 1997.

Recibido en ROP:  
marzo de 1997

\* Premio "CONSTRUMAT 1995" a la mejor obra de Ingeniería Civil.

La anchura total de la calzada entre extremos interiores de las defensas es de 12 m.

El terreno sobre el que reposa está constituido por granito biotítico con un alto grado de alteración (IV-V) y otras zonas sobre un manto de alteración granítica todo ello recubierto por una capa muy fina de tierra vegetal que no excede de 1 m. de espesor. En el centro del valle se encuentra una pequeña zona aluvial.

Los ensayos y sondeos realizados aconsejaban una solución para la cimentación de las pilas, consistente en la mejora local de las características de soporte del terreno mediante inyecciones. Esto permite cimentar a cota superior y reducir las dimensiones de las zapatas de proyecto.

## 2.- PLANTEAMIENTO GENERAL DEL VIADUCTO

Después del estudio de una serie de soluciones previas, se adopta la de realizar un viaducto continuo formado por 11 tramos de 40 m de luz, envueltos por dos tramos de 32 m. de luz.

Esta longitud de los tramos hace adecuado el poderlo construir tramo a tramo empleando una cimbra autoportante y autolanzable que permite liberarse de la relación del puente con el suelo.

Dentro de esta premisa básica existen diversas tipologías de puentes "in situ" que resuelven el problema. Después de una serie de tanteos, se ha escogido la del tablero continuo atirantado en su parte inferior.

Esta tipología es nueva y viene a ser una extrapolación del uso del pretensado exterior, tan frecuente hoy en día en la tecnología francesa, sacándolo del cuerpo del tablero para ganar eficacia. Este hecho convierte el pretensado exterior en un tirante inferior de fácil colocación.

## 3.- DESCRIPCIÓN DEL VIADUCTO

Tiene una longitud total entre soportes de estribos de 504 m, divididos en 13 tramos.

Este tablero se apoya sobre una serie de pilas de altura variable entre 11,5 m y 30 m, mediante soportes dobles de neopreno-teflón.

El tablero está formado por dos secciones triangulares de 5,1 m. de ancho y canto máximo de 1,4 m. unidas entre sí por una losa de 20 cm. de espesor y 2,2 m. de anchura. Interiormente se aligera con dos tubos de 1,15 m, dos de 0,80 m y dos de 0,50 m de diámetro.

El tablero se encuentra cosido lateralmente por dos vigas riostras de 1,34 m. de canto, una a cada uno de los apoyos de las pilas y una centrada entre apoyos, la cual recibe la carga ascendente de los tirantes exteriores.

Estos tirantes formados por dos unidades de 32 cables de 0,6 pulgadas de diámetro se anclan en las pilas y se curvan en la sección central a 4,8 m. por debajo de la línea de centros de

gravidad del tablero sobre una "silla metálica" de 5 m. de radio. Los cables son galvanizados y están entubados en una de PVC.

Interiormente el tablero se encuentra pretensado por 10 unidades de 19 Ø 0,6". Además de la armadura del pretensado, el puente se arma internamente con la correspondiente armadura pasiva.

El viaducto se apoya sobre 12 pilas con alturas variables entre 11,5 y 30 m. Las pilas tienen forma variable constituidas por una sección en doble trapecio de 2 m. de ancho en la base mayor y 1 m. de anchura en su base menor, con un canto variable de 2 a 3 m.

En su parte superior la pila experimenta un ensanchamiento a una altura de 3,5 m. para pasar de los 2 m. de anchura a los 3,6 m. de la parte superior.

En esa parte superior se disponen dos soportes separados entre sí 2,6 m. que son de neopreno de 700 x 700 mm. de lado y espesor variable, o los soportes de neopreno-teflón en las dos pares de pilas extremas.

Las pilas se cimientan sobre zapatas rectangulares de 7,5 x 7,5 a 8 x 8,5 m de lado y 2,00 m de altura.

En los extremos se disponen dos estribos de hormigón armado.

El estribo 1 tiene una altura de 12,51 m sobre zapata y está constituido por un muro de 1 m de espesor. Las longitudes de estos muros son de 50 m. el mayor y 17,5 m. el menor. El ancho del estribo es de 13,2 m. Su cimentación es una zapata de 7 m de ancho y 1'6 m de canto en su parte frontal y anchura variable con la altura de los muros laterales.

El estribo 2 es más simple, sólo consta de un muro frontal y dos pequeñas altas laterales.

Tanto el estribo 1 como el 2 reciben en su parte superior dos soportes de neopreno-teflón separados entre sí 6'5 m. y con una capacidad de 350 Tn. cada uno.

## 4.- PROCESO CONSTRUCTIVO

La construcción de las pilas se realiza con encofrado trepador.

El tablero se realiza por el procedimiento tramo a tramo mediante una cimbra móvil autoportante apoyándose en el tablero ya construido y en unas ménsulas metálicas provisionales que soportan el fuste de la pila.

Este puente, debido a su tipología presenta una característica diferente a lo que es habitual en puentes construidos tramo a tramo. El voladizo del tablero que se realiza en cada fase es sólo de 3 m. y la cimbra se cuelga a solo 1 m del eje de la pila. Este efecto de no emplear los 10 m habituales para un puente de 40 m de luz, responde a su condición de puente atirantado inferiormente.

El atirantado inferior es como un pretensado más del tablero, se colocan antes de hormigonar y se pone en carga, junta-

mente con el resto, del pretensado interior antes de proceder a descimbrar el tramo.

El departamento de Métodos y Tecnología de Agromán ha intervenido desde el primer momento en el diseño del proceso de ejecución de los medios auxiliares para el mismo, tales como:

- ▼ Adaptación de Cimbra Autoavanzable propiedad de Agromán, a la tipología nueva en nuestro país, del puente en cuestión. Resolviendo las dificultades añadidas por la artesa interior y la colocación del puntal.
- ▼ Diseño del encofrado consiguiendo el total automático de las operaciones y un carenado integral que unido a los pasillos de tránsito permitían a los operarios trabajar a 45 metros de altura sin contacto con el exterior como si estuvieran en un taller cerrado cumplimentando rigurosamente la normativa vigente de Seguridad e Higiene.
- ▼ Asistencia técnica continuada a pie de obra para conseguir los resultados esperados y control de calidad del producto acabado.

El diseño de los elementos constructivos del puente ha sido fabricado por industrias locales altamente cualificadas, bajo la dirección de la empresa contratista.

El montaje de dichos elementos ha sido totalmente realizado a pie de obra empleando recursos humanos y mecánicos locales, coordinados y dirigidos en todo momento por un equipo de especialistas.

## PILAS

Es una pila especial que consta de seis caras y dos acanaladuras verticales. Dos de estas caras están inclinadas un 2%, y las cuatro restantes alabeadas.

Por este motivo se ha diseñado un encofrado compuesto, en la parte alabeada de la pila, por dos tableros articulados mediante bisagra para absorber la diferencia de ángulo según la altura. Estos tableros se complementan con otros auxiliares, a los lados, según tongada.

En los lados inclinados lleva dos tableros normales que se abrochan a los auxiliares antes mencionados. Para esta unión se utiliza un angular con taladros normales en un lado y escotados en el otro, además de unos husillos de regulación para salvar las diferencias.

La parte superior del encofrado lleva un andamio para el hormigonado de pila. Desde su parte superior hasta la exterior de la plataforma de trabajo, se colocan cuatro tensores para aplomar el encofrado, y desde este último punto hasta la parte inferior del encofrado se colocan otros cuatro tensores de aplomo. Los tableros de bisagra llevan en la parte inferior tres husillos de nivelación.

La última tongada de la pila lleva, en sus caras inclinadas, unos cajetines para dejar los huecos donde se apoyan las consolas que sirven de soporte a la cimbra lanzadora del encofrado. Para estos huecos hubo que construir unos tableros a los que se sujetaron los encofrados de los cajetines.

El dintel se compone de diez caras y dos acanaladuras, todas ellas rectas, aunque con seis inclinadas hacia afuera.

En el diseño del encofrado también se han utilizado tableros de bisagra con el fin de poder ajustarlos a la última tongada de la pila. Para soportar el vuelo de sus caras inclinadas, se han colocado unos husillos dobles desde los tableros inclinados hasta los cajetines de la última tongada.

En el encofrado de dintel se ha seguido el mismo sistema de trepa y nivelación que en las tongadas de pila.

Para subir el encofrado se ha colocado una trepa compuesta por consolas trepadoras con prolongación del puntal, plataforma de trabajo y dos andamios, uno intermedio y otro inferior. La plataforma de trabajo y estos andamios, se han construido con unos bastidores metálicos forrados de madera y soldados a las consolas y a los soportes en voladizo.

Para colgar las consolas de la pila, se hicieron unos soportes murales especiales, que absorben la diferencia de ángulo según la altura.

El andamio intermedio se utiliza, solamente, para colocar los tensores de refuerzo que actúan como sujeción de la plataforma. El andamio inferior se utiliza para la retirada del cajetín mural y el repaso de la junta con la tongada anterior.

## ENCOFRADO DEL TABLERO DEL VIADUCTO SOPORTADO Y TRASLADADO POR CIMBRA AUTOAVANZABLE

Este tablero tiene forma de gaviota pero con su parte central aligerada en forma de artesa.

El encofrado está soportado por la cimbra en dos puntos cada 2 ml. Para las alas lleva unos tableros con soporte de celosía que apoya en la cimbra y en la zona aligerada lleva unos tableros con bisagra para facilitar el desencofrado.

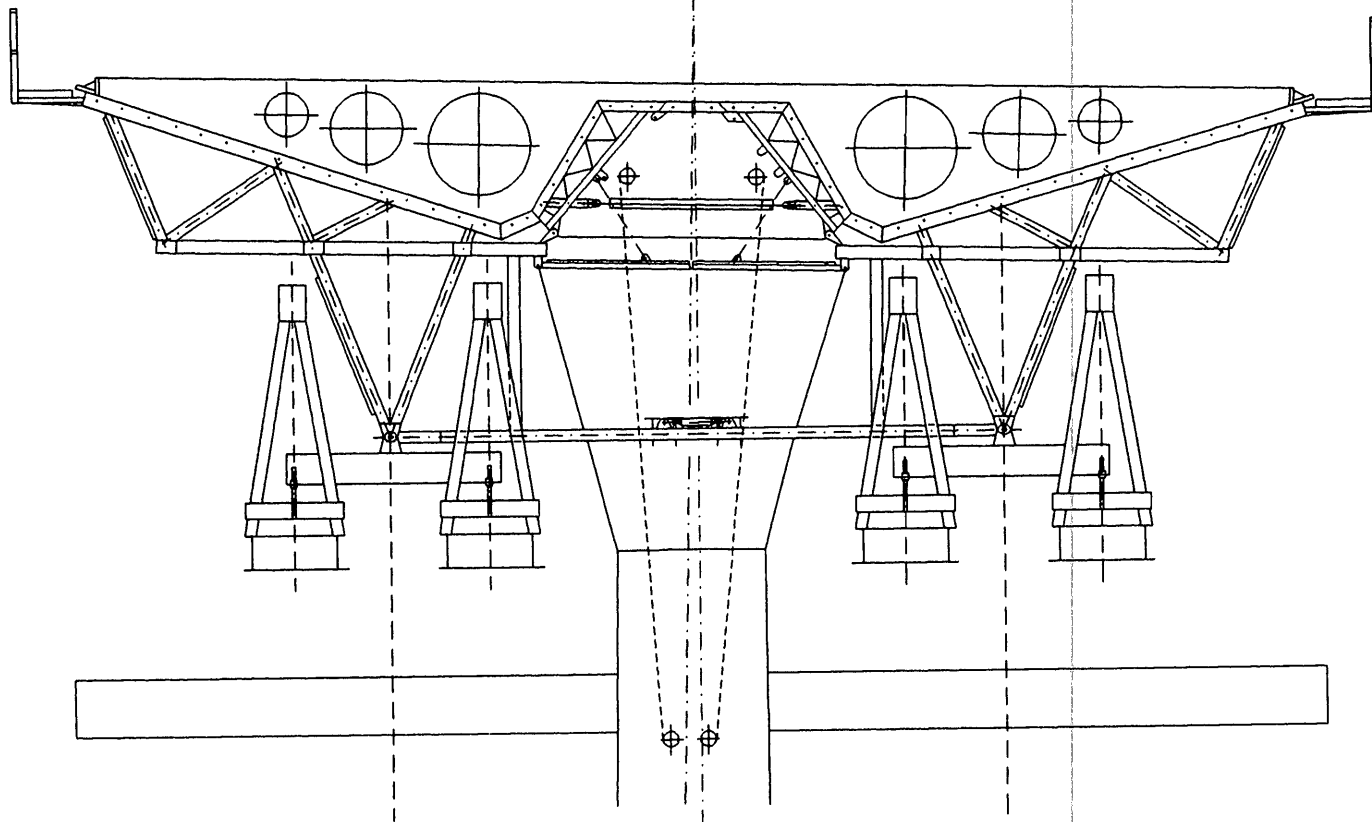
En los extremos de las alas tiene unos andamios corridos para facilitar los trabajos. Bajo el encofrado de artesa hay un andamio colgado y con bisagra para que sea posible el desencofrado y encofrado así como el apoyo de la cabeza de pila y el soporte del puntal. En la parte inferior lleva otro andamio corrido que sirve para abrir y cerrar el tirante de abajo.

La perfecta conjunción cimbra-encofrado permite desencofrar-avanzar y encofrar un vano de 40 m. (700 m<sup>3</sup>) en tres días.

Aportaciones técnicas del atirantamiento inferior en el viaducto situado en el tramo Sant Julia Osormort.

En este Viaducto se aplica por primera vez en el mundo el atirantamiento inferior de un dintel continuo de hormigón pretensado. Con anterioridad se ha realizado únicamente en dos

ENCOFRADO DEL TABLERO DEL VIADUCTO SOPORTADO Y TRASLADADO POR CIMBRA AUTOAVANZABLE



vanos del puente metálico de Veitingen situado en Alemania Federal.

El atirantamiento inferior crea un apoyo intermedio del dintel por medio de una célula metálica triangular. Este apoyo es elástico. Su flexibilidad depende de las rigideces respectivas de dintel y tirantes. Cuanto más flexible es el dintel más eficaz es el sistema.

No se usa la calzada superior para alojar torres de donde colgar los tirantes, como ocurre en los puentes atirantados.

Suspender el puente por la parte inferior elimina la necesidad de ensanchar el tablero.

Se equilibra la sustentación en si misma a la vez que comprime el tablero.

Esta simplicidad de medios permite utilizar este sistema para los puentes de luces medios. No hay necesidad de acudir a grandes luces para obtener ventajas de los tirantes.

Si lo comparamos con la técnica del pretensado exterior nos encontramos con un sistema mucho más eficaz por la mucho mayor inclinación de los tirantes.

Sin embargo, aunque participa de su morfología, no tiene los inconvenientes de un tirante de un puente atirantado por se mucho mas pequeñas las amplitudes de la oscilación de las tensiones del orden de 8 Kg mm<sup>2</sup> en este caso.

Es decir, se consigue con precios de pretensado exterior la eficacia de los puentes atirantados.

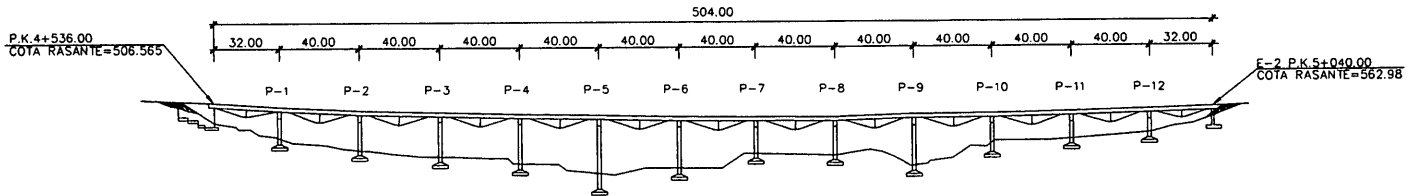
La ley de momentos flectores en el dintel se reduce extraordinariamente y por tanto las esbelteces que se pueden obtener son enormes. Se obtienen viaductos con una configuración formal diferente.

Los tirantes pueden sustituirse si se desea, sin que se detenga el tráfico, razón por la cual se han dispuesto tres tubos en el desviador central y en la pila para un caso de dos tirantes únicamente.

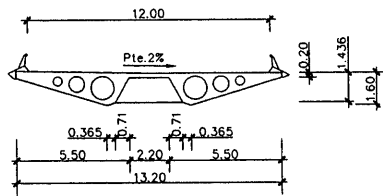
La construcción se realiza de la misma manera que un dintel continuo. Construcción vano a vano que en este caso y debido a la longitud y la altura del viaducto se realizó con cimbra autoportante. El tiempo de ejecución de un vano por estiramiento inferior ha sido de 8 días.

### ENCOFRADO DE PILA

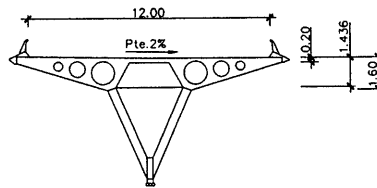
Se han construido dos encofrados de pila y uno de cabeza (dintel, para el montaje y para el andamio se han construido dos trepas, ya que cuando se monta la cabeza se utiliza una trepa del encofrado, pues éste se encuentra haciendo un



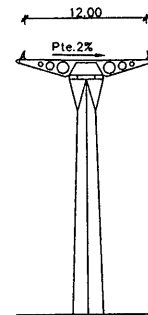
**ALZADO GENERAL**  
Escala 1:1000



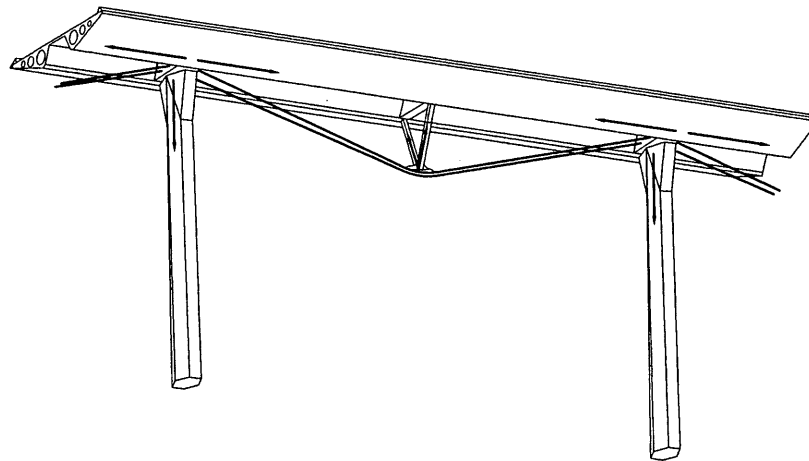
**SECCION TIPO**  
Escala 1:100



**SECCION POR CENTRO DE VANO**  
Escala 1:100



**SECCION POR PILA**  
Escala 1:200



**ESQUEMA DE FUERZAS SUSTENTANTES DEL TABLERO**  
SISTEMA UTILIZADO POR PRIMERA VEZ EN EL MUNDO  
EN VIADUCTOS DE HORMIGON

tropa del encofrado, pues éste se encuentra haciendo un arranque para el que no se necesita trepa.

Para encofrar y desencofrar se han necesitado cuatro hombres y una grúa, haciendo una producción de una tongada de 4 ml de altura o un dintel, cada día y cuarto. Esto supone 4 tongadas por semana. Además de todo esto, el personal ha realizado lo siguiente: subir trepa, poner escaleras y hormigonar.

## ENCOFRADO DEL TABLERO

Se ha construido un tramo de encofrado de 43 ml de largo lo que supone 700 m<sup>2</sup>. Este encofrado va montado sobre cimbra.

El viaducto tiene 13 vanos, 2 de ellos de 32 ml. y los 11 restantes de 40 ml, esto es igual a 504 ml. Para esto se han invertido 210 días, igual a 16,15 días de media por vano.

VANO 1ª = 32 ml

Montaje de cimbra, encof.

y construir vano.....27 días = 2.925 horas

VANO 2ª = 40 ml

Terminar estribo (no se pudo hacer antes para, así, dejar paso a la cimbra), colocar neoprenos

y construir vano.....30 días = 3.236 horas

VANO 3ª = 40 ml.

Construir vano.....12 días = 1.491 horas

VANO 4ª = 40 ml.

Construir vano.....10 días = 1.445 horas

VANO 5ª = 40 ml.

Construir vano.....13 días = 1.588 horas

VANO 6ª = 40 ml.

Construir vano.....12 días = 1.610 horas

VANO 7ª = 40 ml.

Construir vano.....12 días = 1.200 horas

VANO 8ª = 40 ml.

Construir vano.....10 días = 1.362 horas

VANO 9ª = 40 ml

Construir vano y parada

por causa técnica.....19 días = 2.190 horas

VANO 10ª = 40 ml

Construir vano.....10 días = 1.423 horas

VANO 11ª = 40 ml.

Construir vano.....14 días = 1.542 horas

VANO 12ª = 40 ml.

Acortar cimbra y construir vano.....18 días = 2.011 horas

VANO 13ª = 32 ml.

Acortar encof, cambiar paneles, constr.vano

y desmontaje.....23 días = 2.673 horas

Total.....210 días = 24.696 horas

## MANO DE OBRA

Montaje, desm. y mov.de cimbra

y encofrado.....24.696 horas

Colocación y tesado de cables.....3.000 horas

Hormigonado del tablero.....1.560 horas

Total.....29.256 horas

## MAQUINARIA

Camión grúa.....1.515 horas

Grúa de 30 tm.....533 horas

Grúa de 45 tm.....863 horas

Grúa de 70 tm.....336 horas

Grúa de 100 tm.....590 horas

Trailer.....33 horas

Plataforma.....59 horas

## FICHA TÉCNICA

Ingeniero de Caminos,

Director de la Obra.....Manuel Pol i Masjoan

Ingeniero de Caminos,

Autores del Proyecto.....Leonardo Fernández Troyano,  
Javier Manterola Armisen.

Propiedad.....Generalitat de Catalunya.

Department de Política Territorial  
i Obres Públiques,

Ingenieros de Caminos.

Jefe de Obra.....Antonio González Rogel,  
José María Serra.

Empresa Constructora....AGROMAN, S.A.

## PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

### Pilar

Hormigón H-200.....695 m<sup>3</sup>

Hormigón H-300.....986 m<sup>3</sup>

Armadura pasiva.....143.400 Kg

### Tablero

Hormigón H-400.....4.084 m<sup>3</sup>

Acero pretensado  
convencional.....127.511 Kg.

Acero pretensado  
exterior.....35.815 Kg.

Armadura pasiva.....416.148 Kg.