

Rajagiriya Flyover. Sri Lanka

Rajagiriya Flyover. Sri Lanka

Guillermo Ayuso Calle^{*, a}, Lucía Fernández Muñoz^b, Felipe Canet Cloquell^c,
Francisco Cuervo González^d, Gustavo Álvarez López^e, Alberto Muñoz Tarilonte^f y Raúl
González Aguilar^g

^aIngeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. gayuso@cfcsl.com

^bIngeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. luciafm@cfcsl.com

^cLicenciado en Ciencias Económicas y Máster en Comercio Exterior. Centunion. Director General. fc Janet@centunion.com

^dIngeniero de Caminos Canales y Puertos. Centunion. Ingeniero. fcuervo@centunion.com

^eIngeniero Industrial. Centunion. Project Manager. galvarez@centunion.com

^fIngeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. amt@cfcsl.com

^gIngeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. rgonzalez@cfcsl.com

RESUMEN

El viaducto de Rajagiriya se encuentra en Colombo, Sri Lanka. Está formado por dos estructuras paralelas de 367 m y 357 m de longitud cada una, compuestas por 10 vanos de luces comprendidas entre 27 y 42 m. Cada puente tiene un ancho de 10.40 m.

El trazado en planta es complejo dado que se encuentra en el medio de la ciudad y tiene que adaptarse a las calles existentes. Uno de los condicionantes fue que el puente debía ser fabricado en España y debía poder segmentarse para su envío, por ello se optó por una solución mixta acero-hormigón con uniones atornilladas para evitar la soldadura en obra.

ABSTRACT

Rajagiriya Flyover is located in Colombo, Sri Lanka. It is formed by two parallel structures of 367 m and 357 m long, each consisting of 10 spans between 27 and 42 m long. Each bridge has a width of 10.40 m.

The alignment is complex as it is located in the middle of the city and has to adapt to existing streets. One of the conditions was that the bridge was going to be manufactured in Spain and should be segmented for shipment, so a composite steel-concrete section was chosen. Bolted joints were used to avoid welds on site.

PALABRAS CLAVE: viaducto urbano, mixto, proceso de construcción, uniones atornilladas.

KEYWORDS: urban bridge, composite bridge, construction sequence, bolted joints.

1. Planteamiento general de la estructura

El viaducto de Rajagiriya está situado en la ciudad de Colombo, Sri Lanka. Se trata de un puente urbano compuesto por dos viaductos paralelos independientes. Los viaductos hubo que construirlos manteniendo el tráfico en la zona, lo que complicó su ejecución. Los viaductos están ubicados sobre un cruce a nivel donde se originaban grandes atascos, por lo que el puente era una necesidad para descongestionar esa zona.

El contratista principal del EPC fue Centunion, siendo Carlos Fernández Casado S.L. el diseñador de la estructura.

Otro condicionante fue que la construcción del puente debía ser realizada en España y transportada la estructura en contenedores hasta Sri Lanka. Por ello se planteó una solución mixta acero-hormigón, en la que la estructura metálica se ensambla mediante uniones atornilladas evitando, en la medida de lo posible, las soldaduras en obra.

La longitud de los viaductos, medidos en el eje central, es de 363 m con un total de 10 vanos en cada viaducto de luces 30.00+39.00+42.00+4×39.00+36.00+33.00+27.00 m.

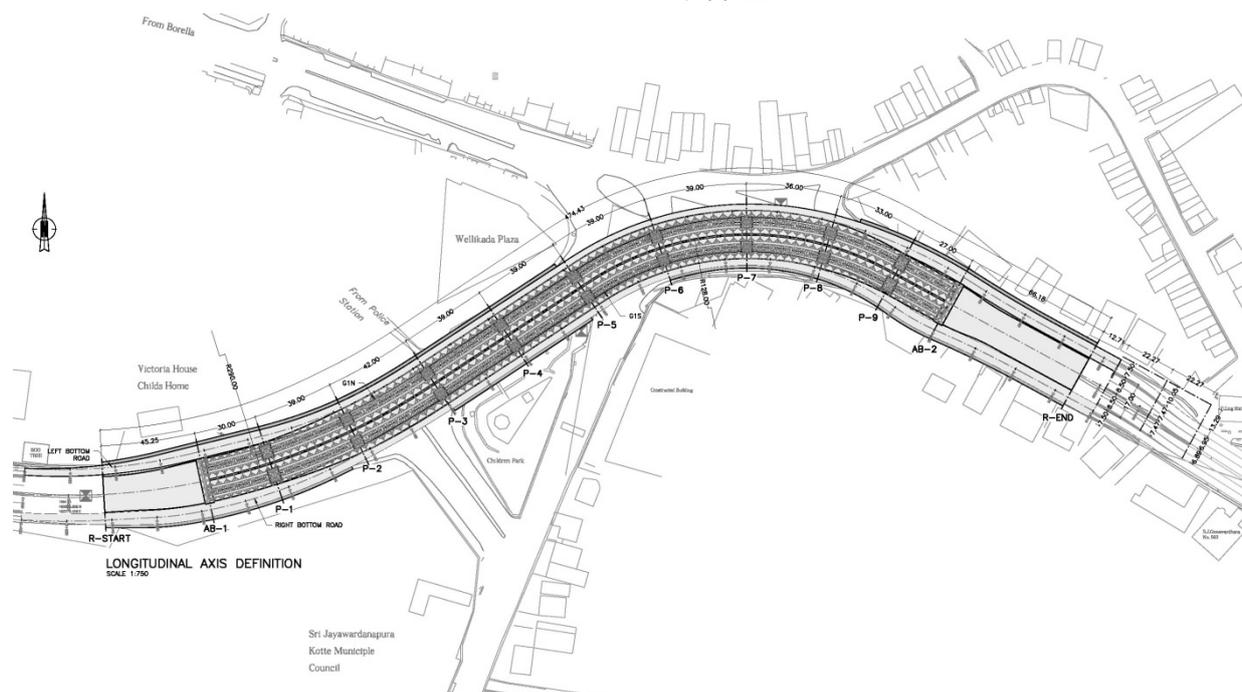


Figura 1. Planta general de los viaductos

La sección planteada para la estructura está formada por dos vigas longitudinales doble T con una viga transversal superior e inferior a la que se refiere una triangulación interna y otra externa para los voladizos. Esta disposición se ha realizado de esta forma dado que tenemos momentos torsores y con un puente con sección bífaca éstos no se recogen de forma

adecuada, teniendo un mejor funcionamiento la sección cerrada. No se planteó un cajón cerrado dado que el transporte de la estructura era uno

de los puntos clave y se complicaba por la necesidad de hacer soldaduras en obra.

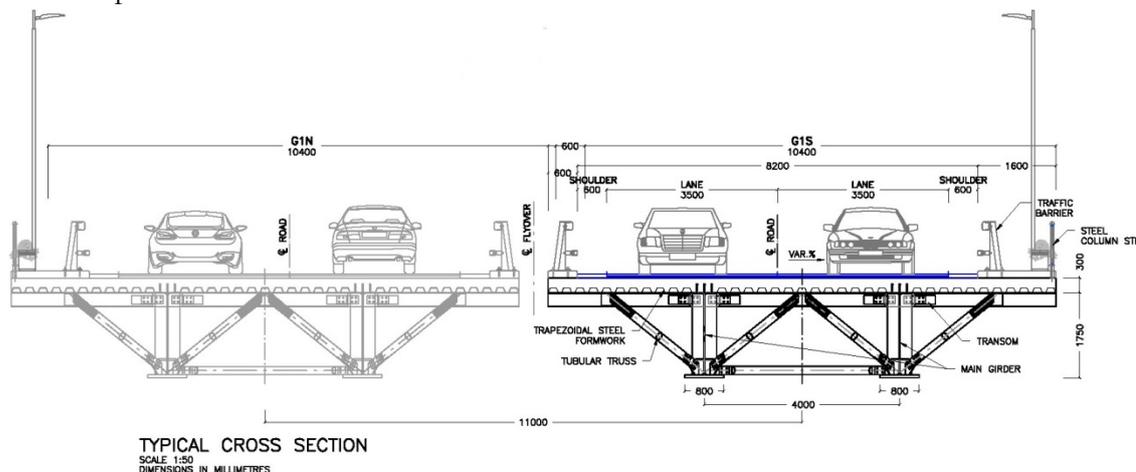


Figura 2. Sección transversal

2. Configuración de los apoyos de la estructura

Dado el trazado en planta de la estructura uno de los puntos que requirió un estudio detallado fue la configuración de apoyos.

Al tener los viaductos una forma en planta de “S” se descartó el fijar la estructura en uno de los estribos. Si se fijaba la estructura en un estribo y se disponían apoyos guiados en las pilas había que orientar estos apoyos de forma que no coaccionasen los movimientos. Esta disposición no la vimos posible y por eso optamos por fijar el puente en la pila 6 en el lado exterior.

3. Descripción de la estructura

A continuación se describen las diferentes partes que componen la estructura.

3.1 Estribos

Los estribos, aunque comunes para ambos viaductos, hubo que construirlos de forma independiente de forma que se pudiera ir ejecutando la construcción de un tablero y compatibilizar con el tráfico en la zona. La construcción de los viaductos se realizó simultáneamente.

Los estribos son cerrados, cimentados sobre 6 pilotes de 0.80 m de diámetro en el estribo 1 y de 1.20 m en el estribo 2. y en ambos casos de 13.90 m de longitud. Esta disposición se realiza en cada uno de los viaductos.

La altura de los estribos es de 4.40 m el estribo 1 y 5.10 m el estribo 2. Al ser un puente urbano se ha intentado reducir la altura al máximo, siendo el gálibo el condicionante principal para la definición de la altura.

3.2 Pilas

Al igual que el tablero las pilas son metálicas para poder transportarlas. Existen dos tipos de pilas en función de la altura de éstas. Las más bajas, pilas 1 y 9, son dos fustes cilíndricos independientes de 0.75 m de diámetro y 25 mm de espesor, y altura de 2.50 m. Las más altas, pilas 2 a 8, están formadas por un tronco de

cono de diámetro de 1 m en la base superior y 1,20 m en la inferior, del que salen dos brazos en “V” con forma troncocónica de base inferior 1 m y base superior 0.75 m. Ambos brazos están atados mediante un tubo de 324 mm de diámetro. La parte superior es igual en todas las pilas y tiene una altura de 3 m.



Figura 3. Pila tipo

La cimentación de todas las pilas se realiza mediante pilotes de diferentes diámetros de forma que el número de pilotes por encepado fuera el mínimo y teniendo en cuenta las opciones de maquinaria disponible en Sri Lanka.

Pila	Número de pilotes	Diámetro (m)
1 a 5	4	1.20
6	6	1.50
7 a 9	4	1.00

La pila 6 al ser el punto fijo tiene unas solicitaciones más altas, que implican un mayor número de pilotes que el resto.

Las pilas se unen a los encepados mediante barras de pretensado de diámetro 32 mm. En el caso de las pilas 1 y 9 se emplearon 4 barras mientras que en el resto de las pilas el número de barras utilizadas fue 10, todas ellas tesadas a 42 t.

3.3 Tablero

La sección del tablero está formada por una sección metálica de 10,40 m de ancho sobre la que se hormigona una losa de 0,30 m de canto sobre una chapa grecada. En los vanos laterales la sección transversal pierde 1 m de anchura para minimizar el impacto de las rampas en los viales existentes y así reducir las expropiaciones, que en la fase inicial del proyecto condicionaban la implantación del flyover.

La parte metálica está compuesta por dos vigas longitudinales armadas doble “T” de 1,75 m de canto, ala superior de 600 mm de ancho y ala inferior de 800 mm de ancho. Estas vigas se unen entre sí mediante una viga transversal HEA-300 en el cordón superior que continúa en los voladizos laterales y con un tubo de diámetro 168,3 mm y 8 mm de espesor en el cordón inferior. A su vez, como se ha comentado anteriormente, dada la geometría en planta de los viaductos se trianguló tanto en sentido longitudinal como en planta para recoger los esfuerzos de torsión existentes. Esta triangulación se materializó con tubos de diámetro 168,3 mm y 10 mm de espesor.

Al tener que transportar el tablero se planteó una sección que se pudiera descomponer en los diferentes elementos que la componen. Todas las uniones se realizaron mediante tornillos pretensados de calidad 10.9 y métrica 24. Los elementos tenían que poder transportarse en contenedores estándar de forma que los costes fueran lo mínimo posible.

Uno de los puntos que más preocupaba era el montaje en el sitio. Al realizarse el

montaje lejos del taller de fabricación, se debía minimizar al máximo los posibles errores de fabricación, por lo que todas las piezas debían estar unívocamente identificadas y sin errores de longitud para que durante el montaje no

hubiera imprevistos. Se iba realizando el montaje en blanco de los diferentes vanos antes de mandarlo a la obra de forma que se verificaba su correcta fabricación.



Figura 4. Montaje en blanco en el taller

Hay que tener en cuenta que la triangulación está formada por casi 1500 tubos diferentes, por ello para evitar errores se decidió desarrollar un software con el que se obtenía cada elemento teniendo en cuenta la geometría en planta y alzado, y las contraflechas necesarias. Con este software se definía también la posición de los agujeros donde disponer los tornillos en las uniones, de forma que no hubiera error en el montaje. El desarrollo de este programa fue fundamental para evitar errores en la generación de los planos de taller y en la fabricación, el taller cuando realizaba los planos de fabricación comprobaba que con los datos facilitados todo era correcto.

La conexión de la losa de hormigón y la sección metálica se realizó mediante conectadores dispuestos en las vigas longitudinales y transversales. Estos conectadores eran tipo Nelson de 19 mm de diámetro y 175 mm de altura.

4. Proceso de construcción

A continuación vamos a destacar las partes más significativas del proceso de construcción de los viaductos.

Como ya se ha comentado anteriormente la estructura metálica se construyó en España y transportó en barco hasta Sri Lanka, para ello todos los tramos tenían que poder ser introducidos en contenedores estándar, esto es, debían tener una longitud entre 11,80 m y 11,90 m. Esto hizo dividir cada uno de los tableros de los viaductos en 10 secciones, que coinciden con los vanos, y a su vez éstas en 40 tramos que hubo que ensamblar en el suelo para luego izarlas hasta su posición definitiva. El ensamblaje se realizaba en medio de todo el tráfico y dado que los vanos estaban divididos en varios tramos hubo que llevar un control geométrico muy exhaustivo para evitar

desviaciones en la geometría final de los tramos a izar.

Respecto a las pilas 2 a 8 se construyeron enteras y se transportaron en contenedores abiertos, ya que de otra forma habría que haber realizado soldaduras en obra.

El montaje del tablero se realizó mediante grúas izando vanos completos y conectándolo con el anterior. Los pesos de los tramos izados

oscilaban entre 40 y 60 t. Especialmente hubo que tener cuidado con mantener la correcta alineación de los viaductos debido a la marcada curvatura del trazado. No ha tenido ninguna otra particularidad salvo lo comentado anteriormente del transporte y por el montaje en medio de la ciudad con tráfico, poniendo especial énfasis en la gestión de este último.



Figura 5. Construcción de los pilotes



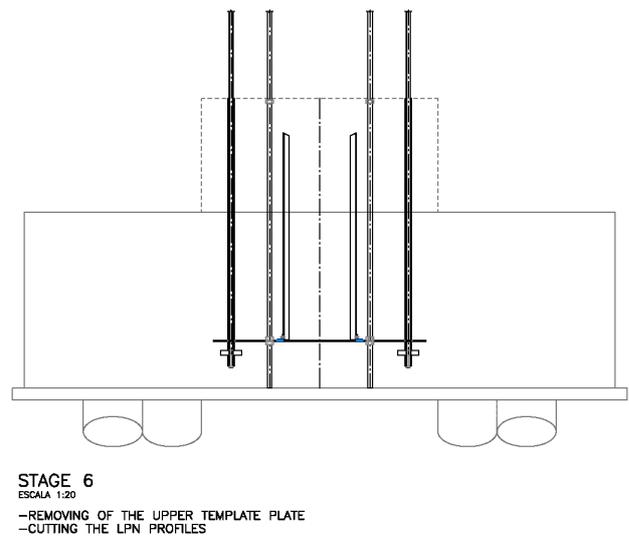
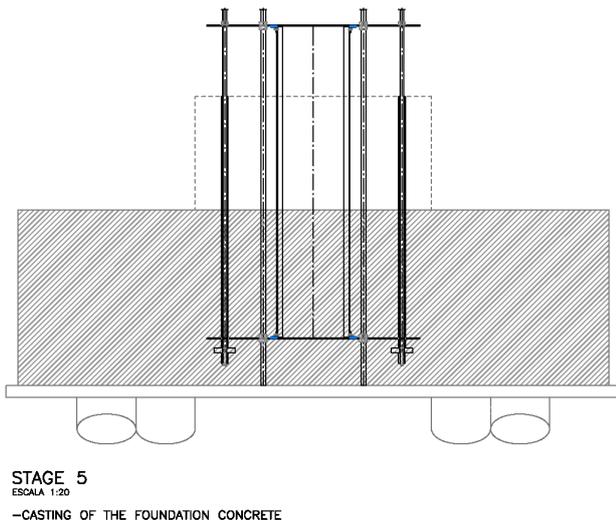
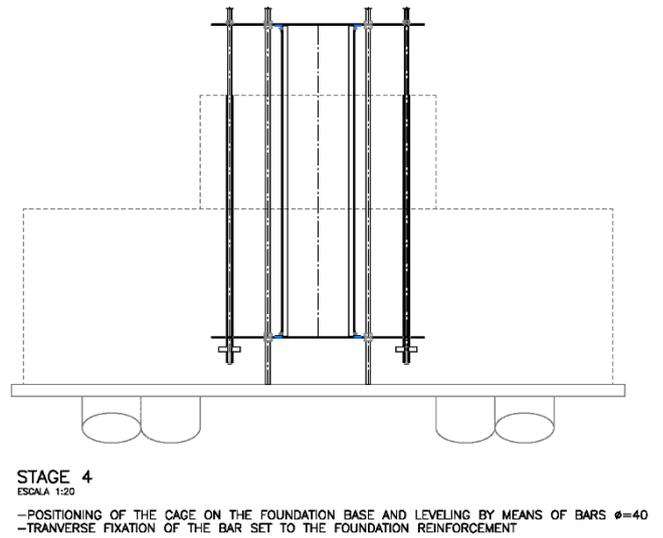
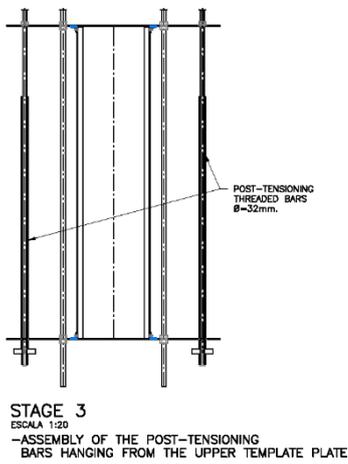
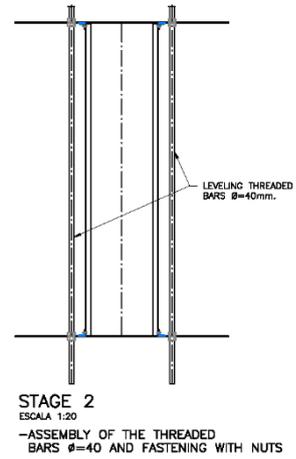
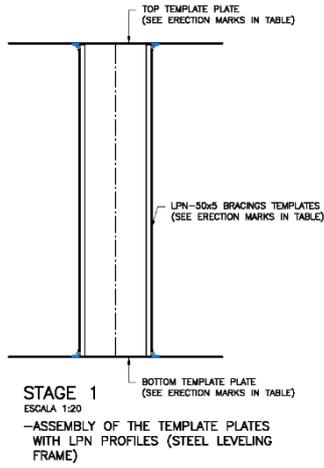


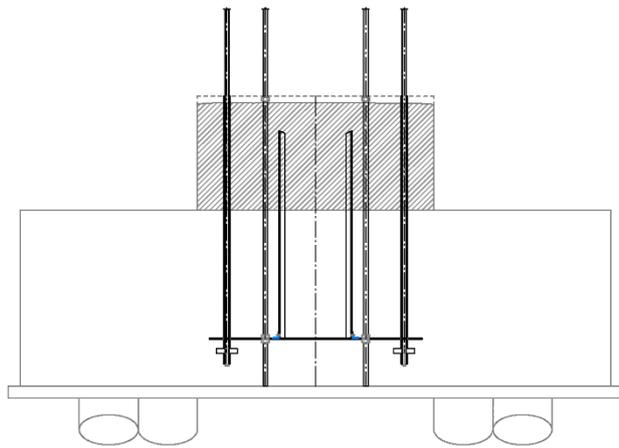
Figura 6. Montaje de los tramos de tablero mediante grúas

Nos gustaría indicar el procedimiento que se empleó en la unión entre los encepados y las pilas. Como se ha comentado anteriormente las pilas se conectan con los encepados mediante barras de pretensar. La mayor dificultad en este tipo de unión es la colocación de las barras de conexión, ya que se deben dejar embebidas en el encepado y cualquier error implicaría no poder colocar la pila. Este sistema ha sido empleado por el equipo de diseño en otros proyectos, pero en este caso se han introducido mejoras. La idea es fabricar una jaula con dos plantillas en las que se fijen la posición de las barras de pretensado. Una vez colocada ésta hay que prever la posibilidad de nivelar dicha

estructura de forma que aseguremos la geometría. En este punto no podemos emplear las barras de unión, ya que para la nivelación se utiliza una tuerca y contratuerca, con lo que fijamos la barra y si pretensamos vamos contra la tuerca y la conexión no es válida. Para resolver este problema lo que se ha optado es por disponer al menos tres barras adicionales que nos sirvan únicamente para nivelar el conjunto. A continuación se muestra un esquema con el procedimiento empleado.

Esta estructura se fabricó en los talleres y se mandó a la obra con las pilas.

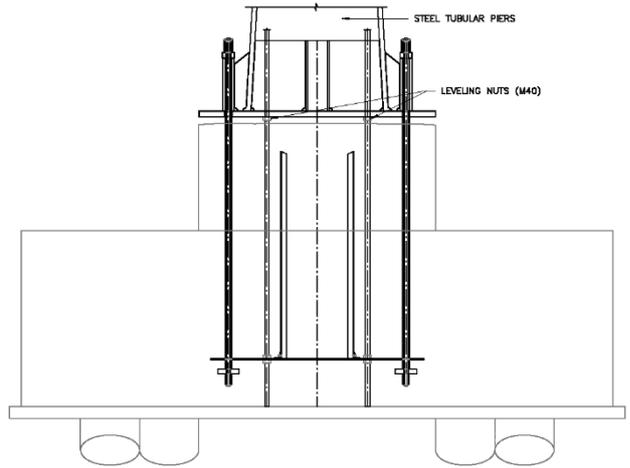




STAGE 7

ESCALA 1:20

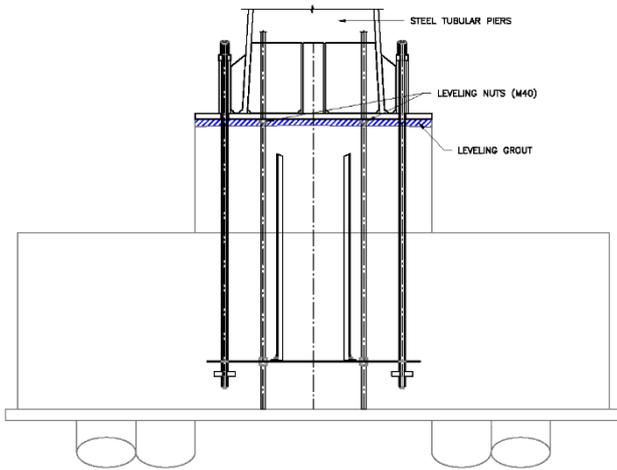
-CASTING OF THE PLINTH CONCRETE UNTIL NUT LEVEL



STAGE 8

ESCALA 1:20

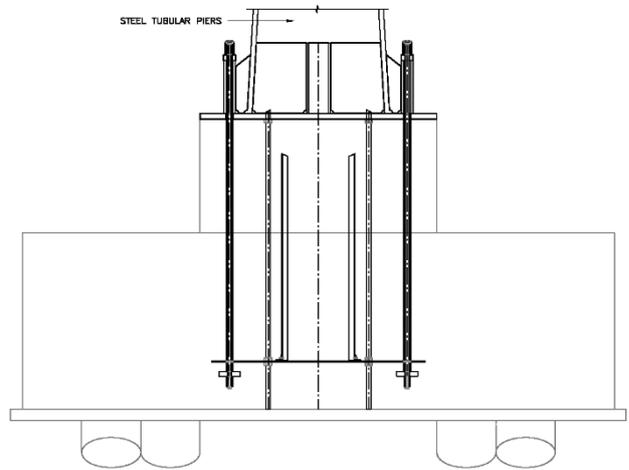
-POSITIONING OF THE PIER



STAGE 9

ESCALA 1:20

-LEVELING OF THE PIER BASE BY MEANS OF THE NUTS AND FILLING THE GAP WITH GROUT



STAGE 10

ESCALA 1:20

-STRESSING OF POST-TENSIONING BARS
 -CUTTING THE BARS $\phi=40$
 -FILLING WITH GREASE
 -PLACING THE CAPOTS
 -FILLING THE LEVELING BARS HOLES WITH WELDING
 -CLEANING AND RE-PAINING

Figura 7. Sistema de nivelación de las barras de unión pila-encepado



Figura 8. Vista inferior del puente terminado