
TÍTULO DEL PROYECTO: SOTERRAMIENTO DE LA M-30.
TRAMOS: 1º.- PUENTE DE SAN ISIDRO-PUENTE DE PRAGA
2º.- PUENTE DE PRAGA-NUDO SUR

TIPO DE PROYECTO: AUTOPISTA SUBTERRÁNEA EN ÁREA URBANA

CLIENTE: AYUNTAMIENTO DE MADRID

LOCALIZACIÓN: CIUDAD DE MADRID. SPAIN.

DURACIÓN DEL PROYECTO: 2003 – 2007

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS:

TRAMO: 1º.- PUENTE DE SAN ISIDRO-PUENTE DE PRAGA: 255 M€ (SIN IVA 16%). (USD 359 m)

TRAMO: 2º.- PUENTE DE PRAGA-NUDO SUR: 259 M€ (SIN IVA 16%). (USD 364 m)

ACTIVIDADES DESARROLLADAS: CONCEPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PROYECTO CONSTRUCTIVO Y ASISTENCIA TÉCNICA A LA DIRECCIÓN DE LAS OBRAS

1.Breve descripción del Proyecto

El proyecto de soterramiento de la M-30 en la ciudad de Madrid, tuvo como objetivo la recuperación de las áreas ocupadas por una autopista urbana que discurría en superficie a lo largo de sendos márgenes del río Manzanares, de forma que pudieran recuperarse y ajardinarse esos márgenes del río, así como eliminar la contaminación acústica que sufrían los habitantes del entorno.

GINPROSA intervino en primer lugar en la concepción general de la obra, posteriormente en la redacción de los proyectos de dos de los tramos paralelos al río Manzanares y finalmente en la asistencia técnica durante la construcción de las obras de uno de estos tramos.

La situación de la ciudad de Madrid en una de sus áreas mas emblemáticas, como son los márgenes del principal río que discurre por la ciudad, era previamente a las obras muy caótica debido a la circulación que alcanzaba unos volúmenes de 240000 vehículos diarios, con el inconveniente añadido de la contaminación acústica y ambiental que se soportaba.



M-30 Antes de la actuación



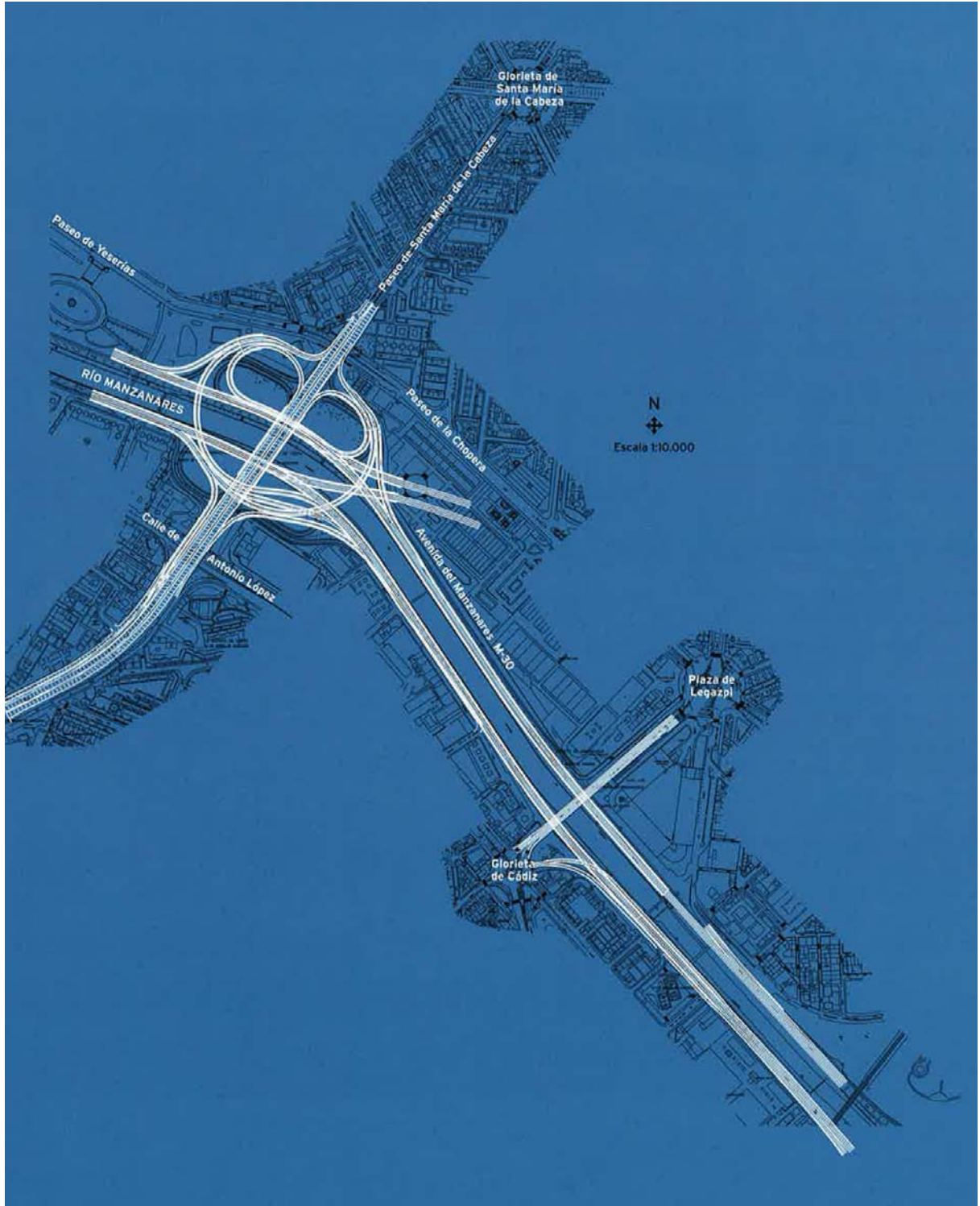
M-30 después de la actuación

Los tramos en los que ha intervenido GINPROSA son:

TRAMO: PUENTE DE SAN ISIDRO – PUENTE DE PRAGA



TRAMO: PUENTE DE PRAGA – NUDO SUR



La solución adoptada consiste en soterrar las calzadas de la M-30 que discurren en las márgenes del río, manteniendo una situación en planta similar a anterior, estableciendo dicho soterramiento lo más superficial posible consiguiéndose así una mayor facilidad constructiva y, por tanto, un menor impacto en el entorno durante la fase de construcción.

Se establecen dos conexiones con nuevos ejes que complementan las mejoras funcionales de la red viaria en el entorno de la M-30, una en cada uno de los subtramos, que permiten a su vez el cambio de sentido.

El primero mantiene una tipología similar al antiguo enlace sobre la M-30, que estaba formado por dos puentes con tráfico unidireccional. De estos dos puentes, el segundo, que da servicio al tráfico que, procedente de la margen derecha del río se dirige a la margen izquierda, se sustituye por un túnel con un trazado paralelo al actual puente. Todos los ramales se soterran de igual forma que las calzadas de la M-30, quedando en superficie únicamente la conexión con las gloriets de Pirámides y Marqués de Vadillo y con el primer puente, que sirve al tráfico recíproco al anterior.

El enlace con el puente de Praga remodela el antiguo "trébol" por un enlace soterrado en el que todos los movimientos son directos o semidirectos. Esto implica que en algún tramo de los ramales semidirectos, éstos discurren en dos niveles. Esta disposición permite la recuperación de una gran superficie para uso peatonal ya que las zonas antiguamente ocupadas por el "trébol" eran también inaccesibles para este uso.

2. Dimensiones y mediciones más importantes

TRAMO 1º.- PUENTE DE SAN ISIDRO-PUENTE DE PRAGA

TÚNELES EN CUT AND COVER

- Longitud en autovía con sección de 3 a 5 carriles: 4600 m
- Longitud en ramales de enlace con sección de 2 a 3 carriles: 6013 m

PANTALLAS: 224347 m²

LOSAS DE CUBIERTA: 108495 m²

EXCAVACIONES: 1410817 m³

HORMIGÓN: 509299 m³

ACERO: 65288 tn

TRAMO 2º.- PUENTE DE PRAGA-NUDO SUR

TÚNELES EN CUT AND COVER

- Longitud en autovía con sección de 3 a 5 carriles: 4068 m
- Longitud en ramales de enlace con sección de 2 a 3 carriles: 2590 m

PANTALLAS: 261056 m²

LOSAS DE CUBIERTA: 75756 m²

EXCAVACIONES: 126785 m³

HORMIGÓN: 501842 m³

ACERO: 45076 tn

3. Retos constructivos

El condicionante principal de la obra fue diseñar un trazado que conectara con la red viaria existente para mantener la funcionalidad de la conectividad urbana, con las pendientes adecuadas para minimizar los ruidos en la salida de los túneles, así como a reducir las necesidades de ventilación.

Se eligió como sistema constructivo el de túnel en cut and cover, por ser el único que permitía resolver con seguridad y garantía las condiciones impuestas. Este método, presenta el inconveniente, al tratarse de unos túneles que se construyen próximos al río, de la presencia de agua durante la ejecución, así como el poco espacio disponible, al tener que mantenerse el tráfico de la calzada existente y encontrarse en muchos tramos viviendas próximas y numerosos servicios que discurrían tanto bajo la antigua autovía, como bajo otras áreas adyacentes que se ocupaban.

Todo ello llevó a la necesidad de resolver problemas constructivos singulares así como a planificar las obras de forma que durante las mismas, se afectara lo menos posible a la conectividad viaria, así como al resto de servicios a los ciudadanos.

4.- Soluciones propuestas

Siendo el objeto fundamental la recuperación de la ribera del río Manzanares, liberándola del tráfico en superficie y favoreciendo la creación de un gran corredor verde, las soluciones planteadas son siempre de soterramiento del tronco de la M-30.

Una dificultad añadida a las infraestructuras que se ha descrito en el apartado anterior, es la conexión que hay que proyectar al planeamiento viario previsto que requiere disponer calzadas en túnel a distinto nivel y cruces bajo el cauce del río.

Se plantearon dos alternativas:

Alternativa 1: consiste en alojar la M-30 bajo el cauce del río.

Alternativa 2: se dispone la M-30 bajo las calzadas actuales, utilizando parcialmente el cauce del río para desviar el tráfico durante el periodo de ejecución.

La presencia del puente histórico de Toledo el cruce del río de con líneas de metro y de otros ferrocarriles, requerían que la rasante de la Alternativa 1 discurriera entre 25 y 30 m por debajo del cauce del río, profundidad que se aumentaría en otros 2 m adicionales para tener en cuenta el canto de la losa, en caso de acometerse la obra mediante pantallas y 3 m en caso de acometerse mediante tuneladora, como sería, probablemente lo lógico en esta hipótesis.

Tal disposición acarrearía numerosos inconvenientes entre los cuales cabe destacar:

- La dificultad, y en ocasiones imposibilidad, de mantener las conexiones de la nueva vía con el viario con el que conecta la actual M-30, con lo que dicha vía, así soterrada, perdería buen parte de su actual funcionalidad.
- La dificultad de evacuación en caso de emergencia, dado que los conductores deberían recorrer del orden de 30 m en vertical antes de salir a superficie.
- En el caso de realizarse el tronco mediante tuneladora, la dificultad de compatibilizar tal método con la ejecución de los enlaces con el viario actual, dificultad que se añade a la meramente geométrica, ocasionada por la profundidad que ya hemos enunciado previamente. A lo que debe de unirse el gran problema que representa la rigidez de la sección transversal en la que no es posible disponer más de 3 carriles por calzada.
- En el caso de realizarse por el método de "cut and cover", la ejecución supondría una drástica intervención en el cauce del río, debiéndose desmontar los azudes y pequeños puentes existentes, y a cambiar el método de ejecución pues el paso bajo las cimentaciones de los puentes y bajo las líneas de metro debería hacerse mediante el método alemán, en lugar del procedimiento "cut and cover", que se utilizaría en el resto. La frecuencia de obstáculos originaría un continuo cambio del procedimiento de ejecución.

En la alternativa 2 la idea no es otra que mantener el soterramiento del tronco de la M-30 lo más superficial posible, consiguiéndose así una mayor facilidad constructiva y, por tanto, un menor impacto en el entorno durante la fase de construcción.

Desde el punto de vista constructivo, la ejecución del soterramiento exige realizar desvíos provisionales de las actuales calzadas. Dichos desvíos se realizarán en gran parte por la margen izquierda del río, por el exterior (zona más alejada del río) de la calzada actual. En ocasiones es necesario realizarlo sobre el río, para lo cual, bien se dispondría una estructura provisional, bien un relleno al amparo de escollera o gaviones que constreñirán en no más de 1/2 el ancho actual del cauce, que es de unos 40 m.

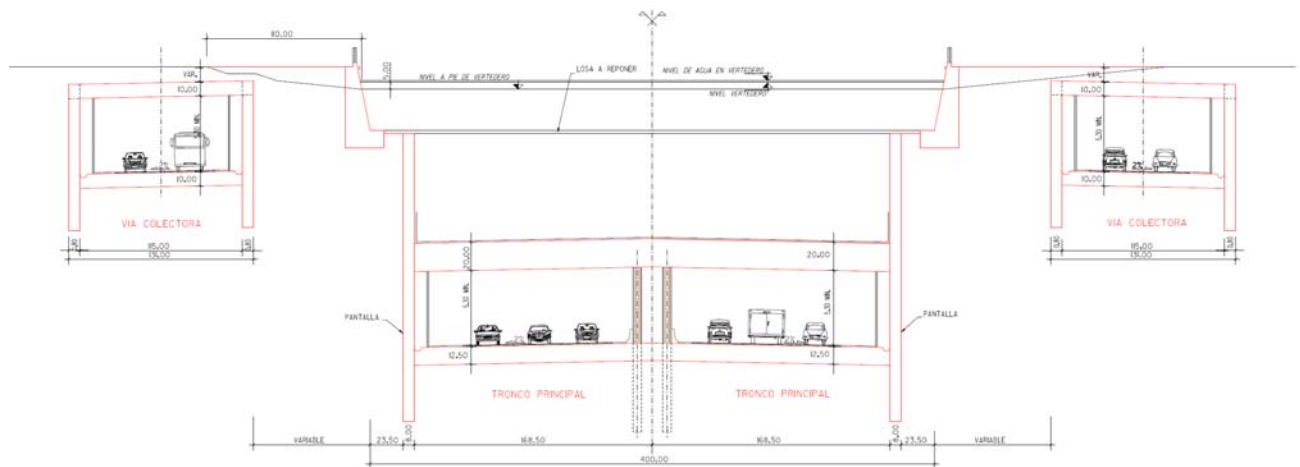
Tal disposición permite mantener la mayor parte de los ramales de los actuales enlaces de la M-30, manteniendo así su funcionalidad.

Por otra parte, esta disposición presenta ventajas desde el punto de vista de la evacuación, pues, salvo en algunos de los ramales de enlace, la rasante se situará a menos de 8 m del terreno.

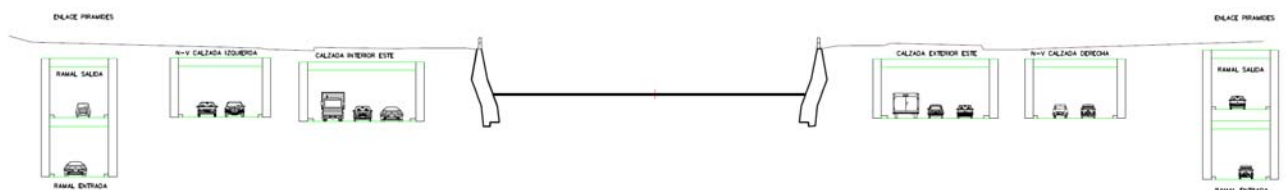
En esta alternativa la ejecución de la obra se realiza mediante pantallas que se empotrarán en el sustrato terciario constituido por peñuela (arcillas consolidadas). Se consigue así un recinto estanco que permite trabajar prácticamente en seco por una parte y se proporciona a la pantalla el adecuado soporte del terreno en la base de la misma.

Esta segunda alternativa exige el desvío y reposición de los colectores de saneamiento que discurren por los márgenes del río, que si bien representa un coste añadido al soterramiento, que no sería estrictamente necesario en el caso de la primera solución, supone una gran ventaja respecto de dicha solución, ya que su necesaria sustitución permite aumentar su capacidad hidráulica, reduciendo el número de vertidos al cauce y mejorando así su calidad.

Por todo lo expuesto, se adoptó la Alternativa 2.



SECCION TIPO EN ZONA DE ENLACES. ALTERNATIVA 1



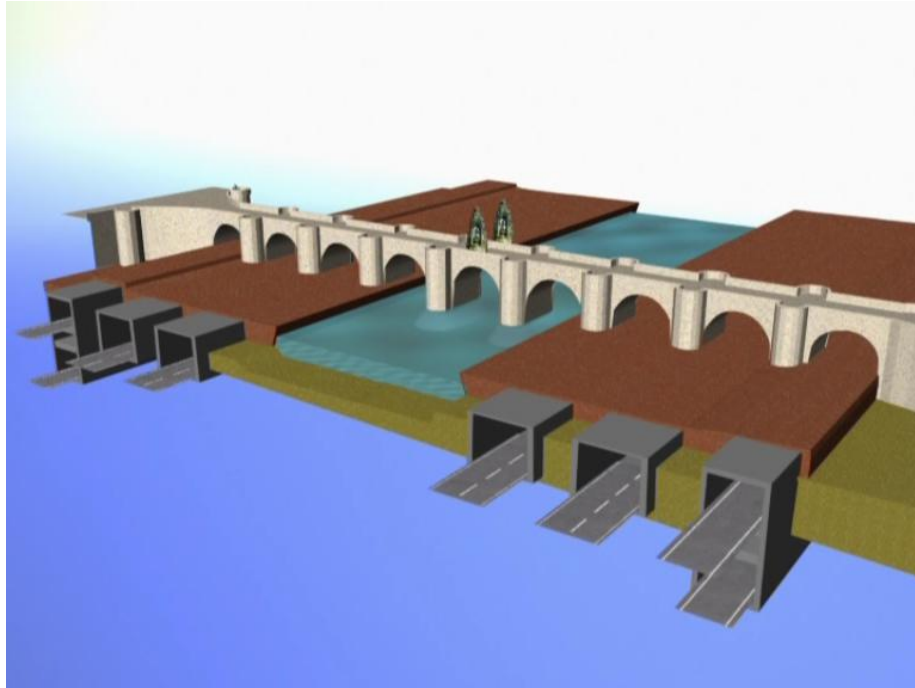
SECCION TIPO EN ZONA DE ENLACES. ALTERNATIVA 2

5. Cuestiones técnicas relevantes o innovadoras

Los aspectos más importantes a reseñar del proyecto son básicamente los relacionados con el concepto de la solución, y el ajuste de trazado realizado, que permite optimizar las obras en su conjunto.

Entre todas ellas como solución singular puede citarse el cruce con el puente histórico de Toledo, cuya situación coincide con la del enlace de Pirámides, por lo que era necesario cruzar bajo él tanto el tronco de la autovía como los ramales de enlace.

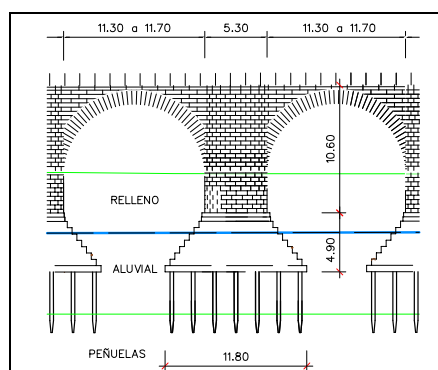
La situación de los distintos viales que lo han atravesado es la que figura en el esquema siguiente.



Atribuido a Pedro de Ribera, que lo proyectó entre 1715 y 1719, su construcción data de 1719, culminándose en 1732. Se levanta entre el Paseo de la Virgen del Puerto y la Avda. de Manzanares, desde la calle de Toledo, glorieta de las Pirámides, a la glorieta del Marqués de Vadillo.

Consta de nueve ojos, separados por medio de tambores, similares a las torres de una fortaleza, entroncando así la arquitectura militar con la ingeniería. Los tambores rematan en balconillos y en la parte central del puente aparecen dos templetos donde se colocan las estatuas de San Isidro y Santa María de la Cabeza, obra de Juan Alonso Villabrille y Ron (1735), junto a las armas reales y los escudos de la Villa. El conjunto se completa con rampas de acceso.

La cimentación del puente se describen en los archivos históricos como: *Tenían las cepas una dimensión de 84 x 42 pies¹, y se reforzaban en las zapatas mediante unos emparrillados de madera formando cajones de 10 x 10 pies cada uno, con nueve estacas (pilotes) de vigas de terciá y 18 pies de altura terminadas en púas de hierro. Los pilotes se encepaban mediante una zapata de mampostería de pedernal reforzándose en la superficie con alambres y cadenas de madera de vigas de terciá formando un emparrillado de 1,00 x 1,00. Sobre esta cadena de disponen 8 hiladas de cantería de a media vara, que en todo su alto hacen 15 pies”*

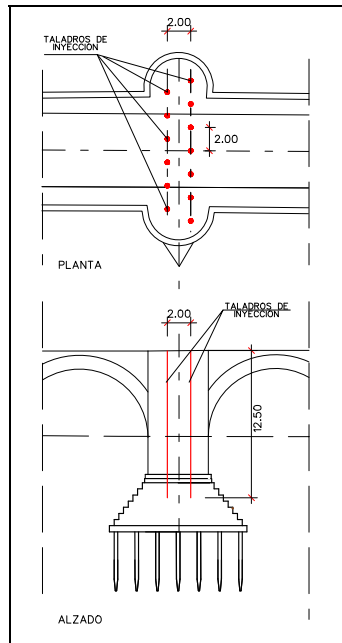


¹ el pie castellano equivale a 28 cm

El encaje de las secciones de los túneles para los distintos viales, se realizó de forma que se respetaran las luces del puente, pero dadas sus dimensiones, fue necesario reforzar las cimentaciones. Este refuerzo se realizó por fases.

Etapa nº 1. Inyección de consolidación del relleno interior de las pilas

Se realizó una inyección de consolidación de este relleno, de forma que se aumente la durabilidad y se mejorase la. Este tratamiento se efectuó mediante la realización de una serie de taladros por el interior de los cuales se inyectaron lechadas de microcemento. La disposición y longitud de los taladros es la indicada en la siguiente figura.

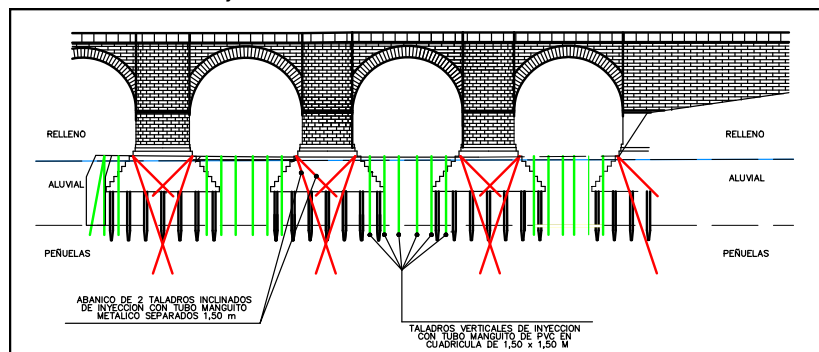


Etapa nº 2. Excavación del terreno natural hasta la cota del comienzo del encepado

Etapa nº 3. Inyección del aluvial y de los encepados.

Se realizaron una serie de inyecciones con los siguientes objetivos:

- Impermeabilizar el aluvial y permitir así la ejecución de los trabajos posteriores de excavación bajo el nivel de agua
- Mejorar las características resistentes y deformacionales del terreno bajo los encepados
- Consolidar la sillería y los rellenos interiores a la misma en la zona de encepados, de forma que se aumente la resistencia del conjunto



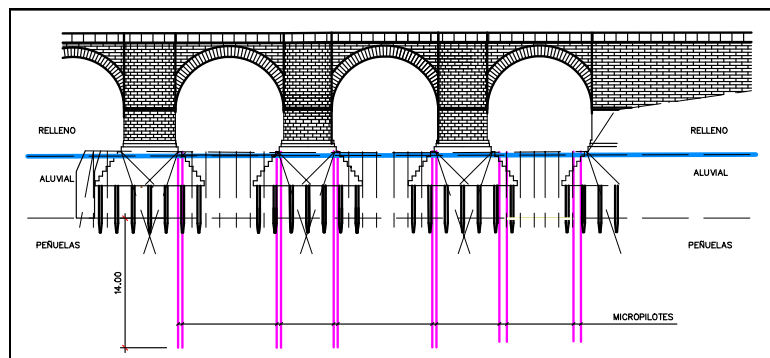
Etapa nº 4. Ejecución de las pantallas y losas exteriores al puente.

Etapa nº 5. Ejecución de pantallas de micropilotes

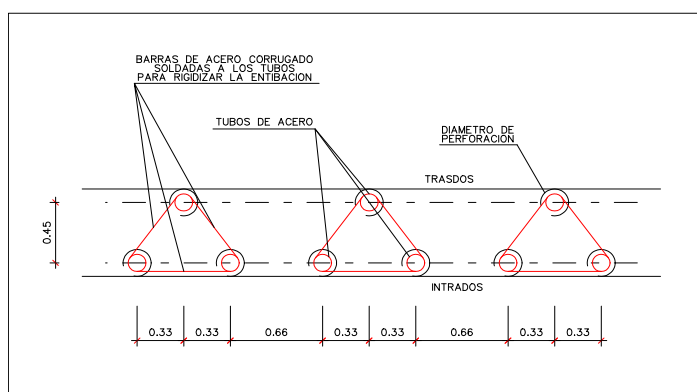
Construcción de una pantalla de micropilotes alineada con el paramento de la pila, de forma que los micropilotes queden tangentes al mismo. La finalidad de la pantalla se resume en los siguientes puntos:

- Completar el tratamiento de inyección del aluvial y el encepado
- Tomar la carga que anteriormente soportaba la parte del encepado que es preciso eliminar
- Entibar la excavación necesaria para la construcción del marco

En la figura siguiente se muestra la disposición de los micropilotes.



La disposición en planta de los micropilotes fue la siguiente:

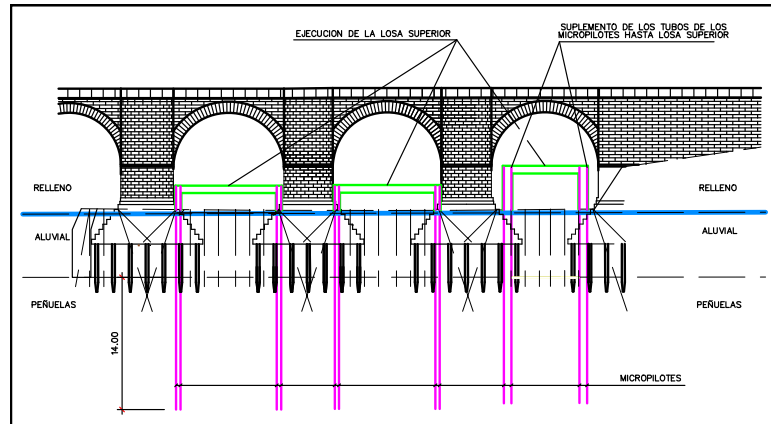


Etapa nº 6. Ejecución de la losa superior del marco

Hormigonado de la losa superior, junto con la parte superior de los hastiales. La finalidad de ejecutar la losa, previamente a la excavación de los bataches, es conseguir que la pantalla de micropilotes tenga un apoyo en cabeza en el momento de excavar. De esta forma se minimizan los movimientos horizontales durante la fase de excavación de los bataches. Para que exista un correcto apoyo de los micropilotes en la losa se suplementan los mismos hacia arriba, mediante la soldadura de los correspondientes tubos, de forma que se alcance el nivel superior de la misma.

El hormigonado de la losa se efectúa con hormigón “sin retracción” mediante la incorporación al hormigón de los correspondientes aditivos.

Las armaduras de los hastiales, tanto verticales como horizontales, serán de tipo GEWI o similar e irán provistas de manguitos roscados de manera que se facilite la unión de las mismas en las diferentes fases de hormigonado.



Etapa nº 7. Construcción del marco por bataches

Ejecución del marco por rebanadas de 1,50 m de longitud. La ejecución de cada una de las rebanadas comprende las siguientes fases:

- Excavación por bataches, de 1,50 m de anchura y la profundidad correspondiente al fondo de la losa inferior, al abrigo de la entibación de la pantalla de micropilotes ejecutada previamente.
- Ferrallado de hastiales y de la losa inferior.
- Hormigonado del conjunto hasta cerrar la sección del marco.

Etapa nº 8. Realización de acabados

6. Presupuesto del Proyecto

El presupuesto de ejecución de las obras, antes de impuestos, es:

Tramo 1º.- PUENTE DE SAN ISIDRO-PUENTE DE PRAGA: 255 M€ (SIN IVA 16%). (USD 359 m)

Tramo 2º.- PUENTE DE PRAGA-NUDO SUR: 259 M€ (SIN IVA 16%). (USD 364 m)

7. Presupuesto de la Ingeniería

El presupuesto de redacción del proyecto, después de impuestos, es de 2.3 M€ (con 16 % IVA) (USD 3.23 m).

El presupuesto de los trabajos de asistencia técnica durante la ejecución de las obras es de 3.5 M€ (con 16 % IVA) (USD 4.9 m).

8. Papel de Ginprosa en el Proyecto

Ginprosa Ingeniería ha sido el redactor del Proyecto de Construcción de los dos tramos descritos y realizó la asistencia técnica a la Dirección de la obra del tramo 1º.

8. Staff dispuesto en el Proyecto

Ingeniero Civil	...	14
Ingeniero Industria	...	2
Ingeniero Topógrafo	...	2
Geologo	...	4

10. Plazo de terminación de la obra

El plazo contractual de redacción del proyecto de construcción fue de 12 meses. Los plazos marcados por el cliente fueron cumplidos sin desviaciones por Ginprosa.

Los plazos para la ejecución de las obras fueron de 25 meses.