INFORME EJECUTIVO-COMPONENTE GEOTÉCNICO

Montería, 03 de marzo de 2023

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

SOLICITADO POR: INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS)

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, contiene los principales ajustes, modificaciones y actualización del componente geotécnico del proyecto "CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".

1. INTRODUCCIÓN

Como insumo para el ajuste y complementación del estudio geotécnico para la construcción de un puente vehicular sobre la quebrada Severinera en la vía que comunica a los municipios de Planeta Rica y Tierralta, departamento de Córdoba, por parte del contratante, Consorcio Puentes de Córdoba, se suministró la información que se relaciona a continuación:

Tabla 1. Documentos revisados

Nombre del Documento	*Versión*	No. de Folios (archivo digital, pdf)	Fecha de elaboración del documento	Empresa Ejecutora / Responsable	Descripción de Anexos
Estudio geotécnico definitivo para la construcción de un puente vehicular sobre la quebrada Severinera en la vía que comunica a los municipios de Planeta Rica y Tierralta, departamento de Córdoba (Cod: 1017098)	No registra	193	2020	Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete	Anexo 1. Perfiles estratigráficos Anexo 2. Ensayos de Laboratorio Anexo 3. Certificados de calibración y de calidad

Fuente: Elaboración

Adicional a lo anterior, para la ajuste, actualización y complementación del estudio geotécnico, se revisó y se consideraron los estudios de las áreas estructurales e hidráulica, así como el diseño geométrico suministrado por el contratante.

Del estudio geotécnico revisado (elaborado por la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete), se realizaron observaciones por parte del Consorcio Vial Nacional, Interventor del Proyecto, donde se puntualizó en la necesidad de revisar el estudio realizado, realizar ajustes y considerar la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14, dado que el consultor anterior no fue explícito en la utilización de la normativa vigente para este tipo de proyectos. Además, por medio del Oficio CVN-059-2022 del 2 de octubre de 2022, se remitieron observaciones a esa versión del documento por parte del Especialista de Geología y Geotecnia de la Interventoría luego de la visita de obra del 16 de septiembre de 2022 al sitio de implantación del proyecto.

Considerando lo anterior, por parte de esta Consultoría, se realizaron ajustes, complementaciones y actualizaciones al documento, estas se mencionan en los capítulos subsiguientes.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

Como parte de los ajustes realizados al estudio geotécnico, por parte del especialista del área (Geólogo) se analizó y complementó la información geológica para la zona de implantación del proyecto. En general, se determinó en función del mapa geológico de Colombia desarrollado por el INGEOMINAS donde se presentan las principales fallas geológicas, pliegues, fallas tectónicas, volcanes y unidades cronoestratigráficas, para la zona de implantación del proyecto, no se encuentran fallas geológicas en el área de influencia del proyecto, por lo tanto, no se presentan riesgos para la estabilidad de la estructura propuesta.

3. TRABAJO DE CAMPO, EXPLORACIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO

En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, se realizaron dos (2) perforaciones cada una de 25m de profundidad. Como complementación, por parte de esta consultoría, se propuso la realización de nuevos sondeos exploratorios con el fin de obtener información para la corroboración y actualización del estudio geotécnico.

Por lo anterior, por parte la empresa INGELABCON S.A.S, se realizó un estudio de mecánica de suelos en el Municipio de Tierralta - Córdoba. Para esto se ordenó la realización de dos (2) sondeos a una profundidad de 30 metros cada uno, los cuales se realizaron en la zona donde se llevará a cabo el proyecto en mención. A continuación, se presenta el programa de exploración en campo y las pruebas de laboratorio complementarias:

Tabla 2. Programa de exploración y ensayos complementarios

PROGRAMA DE EXPLORACIÓN	CANTIDAD
Perforaciones con equipo de percusión	2
SPT	31
Shelby (Compresión Inconfinada)	4
Corte Directo	2
Consolidación	2
Contenido de humedad	35
Límites de Atterberg	24
Granulometrías	35
Cantidad de material que pasa el tamiz No.200	35

Fuente: Elaboración



Figura 1. Exploración en campo y extracciones de muestras-Exploración complementaria.

4. SOCAVACIÓN E INFORMACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, en el análisis se tuvo en cuenta la socavación máxima estimada en el estudio hidrológico e hidráulico igual a 4.47 m.

De acuerdo con lo establecido en el ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, elaborado por el Ingeniero Juan Francisco Durango Grisales, se puede concluir que se presenta socavación promedio de 3.63 m y socavación total de 5.79m.

A continuación, se presentan las recomendaciones incluidas en el informe hidráulico, hidrológico y de socavación:

- El área de drenaje de la quebrada Severinera hasta el sitio de interés se calculó en 22.57 km^2, la cual se obtuvo empleando el MDE del IGAC en su versión 2020.
- El caudal de escorrentía generado por esta área para el periodo de retorno de diseño, es decir, 50 años, es de 179 m^3/s.
- El dimensionamiento del puente se realiza teniendo en cuenta el nivel de aguas máximas obtenida para un periodo de retorno de 50 años, este nivel presenta una cota de 49.04 msnm.
- La parte inferior de la viga del puente deberá estar ubicada 2.00 m por encima del nivel de aguas máximas, es decir, en la cota 51.04 msnm.
- Se proyecta un puente de 30 m de longitud cuya altura con respecto al fondo de la quebrada será de 7.68 m.
- La socavación máxima esperada para la sección sobre la cual se proyecta el puente es de 5.79 m.
- El puente se construirá sobre estribos y no sobre pilas; los estribos estarán apoyados sobre pilotes y la socavación estimada incluye el cálculo por socavación general, por contracción y por estribos.

5. FORMULACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, la descripción de las metodologías utilizadas para la formulación para la determinación de los parámetros geotécnicos no fue clara. En la nueva versión del documento, los parámetros de resistencia y deformación de los suelos se determinan con base en los resultados obtenidos en los ensayos de campo y de laboratorio. Complementariamente, se emplean correlaciones empíricas para verificar y complementar los datos obtenidos. Estas correlaciones se basan en los resultados de ensayo de penetración estándar (SPT) y en la propiedad índice de los suelos.

Los parámetros de resistencia al corte de los suelos presentes en los sitios de implantación de las estructuras del proyecto se obtuvieron por medio de ensayos de laboratorio realizados a muestras inalteradas de suelo de las exploraciones ejecutadas en estos sitios. En los casos donde no fue posible realizar ensayos de laboratorio porque no fue posible obtener muestras inalteradas debido a la presencia de clastos, estos parámetros se calcularon por medio de distintas correlaciones basadas en los límites de Atterberg, peso unitario y N (SPT) de campo del suelo de fundación. Adicionalmente, los parámetros de resistencia al corte drenada (c´ y φ') se determinaron por medio de los ensayos de corte directo disponibles en muestras de suelo inalteradas obtenidas de las exploraciones geotécnicas. Para poder determinar un valor de c´ y φ´ en los sitios donde no se pudo realizar ensayos de laboratorio, se utilizó la Normativa SNiP II-15-74 que calcula el valor de cohesión (c') y ángulo de fricción (φ') para suelos cohesivos con los límites de Atterberg, peso unitario y granulometría, en otros casos el ángulo de fricción se calculó teniendo en cuenta la correlación entre φ' y el índice de plasticidad presentada por Ladd et al. (1977), Bjerrum and Simmons (1960), Kanja and Wolle (1977), Olsen et al. (1986).

Para los parámetros de deformabilidad fueron determinados a partir de ensayos de consolidación, sin embargo, en los sitios donde no se pudo realizar este ensayo se utilizaron correlaciones para calcular los parámetros de deformación en función de los límites de Atterberg, la humedad y el peso unitario.

Con base en la revisión de la información bibliográfica y en los análisis de esta Consultoría se establecieron los parámetros de diseño del proyecto, los cuales se presentan dentro de los análisis particulares en la estructura.

6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN DEL PUENTE VEHICULAR

El diseño de las cimentaciones de los puentes vehiculares se realizó con base en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14. Diferente a lo efectuado en la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, donde no se tuvo en cuenta esta Normativa sino lo planteado en la NSR-10.

De acuerdo con el modelo estructural, se calcularon las reacciones que se presentarán en los apoyos y el pilote más cargado de acuerdo con los casos de análisis planteados en el CCP 14, los cuales corresponden con Estados Límites de Resistencia, Evento Extremo y Servicio.

La tipología de cimentación seleccionada para todos los puentes consistió en grupos de pilotes de concreto pre-excavado, teniendo en cuenta que en el proyecto se tienen cargas grandes que transmite la superestructura y materiales débiles que no las pueden soportar con cimientos superficiales.

Teniendo en cuenta el dimensionamiento estructural se presenta a continuación, a modo de ejemplo a nivel geotécnico la cantidad, diámetro y longitud de pilotes que podría emplearse en la cimentación del puente.

Para el puente proyectado, se tienen dos puntos de apoyo y de acuerdo con la información suministrada por el componente estructural, se tienen cargas máximas aproximadas a nivel de cimentación para el pilote más cargado de 50.7 ton (492 kN) en LR y 36.9 ton (362 kN) en CS para ambos estribos.

Con el arreglo estructural de dos filas de pilotes y 6 pilotes en cada fila de 1.1 m de diámetro y una longitud de 19m, se tiene una capacidad grupal afectada por la eficiencia de 1170.69 ton con una separación mínima de 3.0 veces el diámetro (distancia de centro a centro). A continuación, se presenta un esquema general de los pilotes propuestos por estribo.

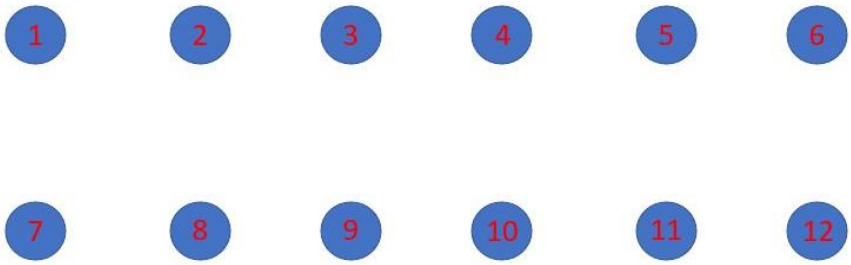


Figura 2. Esquema general de los pilotes propuestos por estribo

En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, se planteó un arreglo estructural correspondiente a dos filas de pilotes de 1.10m de diámetro y 18.5m de longitud.

Considerando lo anterior, se tiene una diferencia de 0.50m en la longitud de los pilotes, pero la misma cantidad, el mismo diámetro y en general el mismo arreglo estructural. La diferencia, se debe principalmente a la modificación de la socavación, los resultados de la exploración geotécnica complementaria, la estimación de parámetros y de acuerdo con la metodología del análisis planteado en el CCP 14, los cuales corresponden con Estados Límites de Resistencia, Evento Extremo y Servicio (dado que en la versión anterior se utilizó la metodología planteada en la NSR).

7. DISEÑO DE LA PROTECCIÓN DE LA RIBERA Y EL FONDO DEL CAUCE

Con el fin de evitar procesos de erosión y socavación se hizo necesario establecer una protección en el Puente Saverinera mediante la construcción de un revestimiento como mecanismo de protección del fondo y de la ribera del puente.

Para esto, se propuso la protección mediante la construcción de colcha gaviones en el fondo del cauce y un revestimiento en piedra pegada de 37.00 m longitud aproximadamente en el talud y fondo de la quebrada. Ubicado entre las abscisas K0+251.2 y K0+288.9 aproximadamente. La solución integral consistió en la instalación de colcha gaviones los cuales estarán instalados entre las abscisas K0+288.9 a K0+310 aguas arriba y K0+241.37 a K0+251.2 aguas debajo de la sección del puente.

Cada unidad de colcha gavión tendrá una longitud de 4.50 m, un espesor de 0.40 m y un ancho igual al fondo del rio el primer gavión aguas arriba y aguas abajo estará anclado al terreno mediante pilotes pre excavados de 12m de profundidad y 0.40m de diámetro como se muestra en la siguiente Figura:

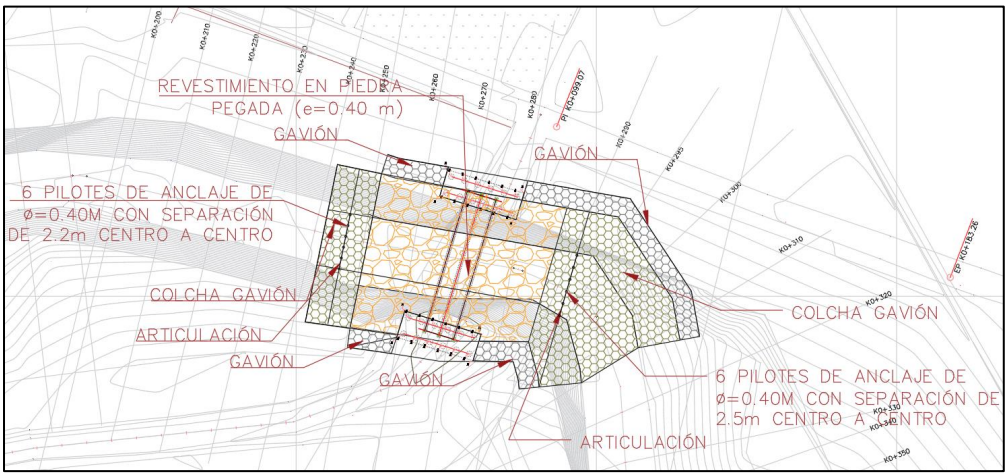


Figura 3. Protección propuesta para la rivera y fondo del cauce.

En general, la solución planteada para la protección del fondo consistió en la misma planteada en la versión anterior. Con leves modificaciones en la extensión del revestimiento consistentes en las características del diseño geométrico suministrado, pero con las mismas dimensiones de cada elemento de colcha gavión (longitud 4.5m y 0.40m de espesor). Así mismo, se tienen la misma cantidad de pilotes para el anclaje de la protección de fondo, con el mismo diámetro (0.40m) y 12m de longitud.

8. ANÁLISIS GEOTÉCNICO ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN TIPO GAVIONES

En función de las recomendaciones del estudio hidrogeológico y en lo solicitado por la Interventoría mediante el Oficio CVN-059-2022 del 2 de octubre de 2022, se planteó la intervención con gaviones. Se estableció que esta deberá extender a lo largo del sector analizado, por lo anterior, se presenta a continuación, las abscisas de las zonas de intervención.

Tabla 3. Resumen zona de intervención

Obra	Abscisas de Intervención		Longitud Total (m)
	Inicio	Fin	
Sector Gavión 1	K0+251	K0+315	64
Sector Gavión 2	K0+250	K0+305	55

A modo de ejemplo, se presenta un esquema general del muro en gavión proyectado:

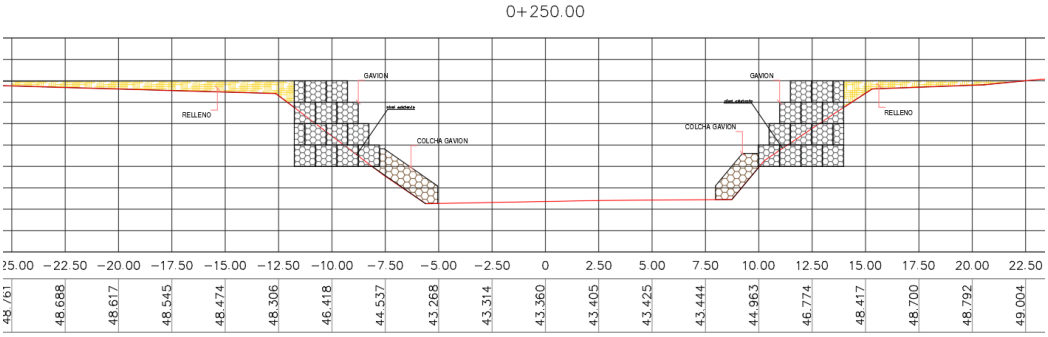


Figura 4. Esquema general implantación del muro en gaviones y relleno.

En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, no se consideró esta estructura.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Los diseños planteados en el estudio se basaron en la exploración geotécnica realizada en el sitio en el cual se proyecta la CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA. En cada estribo se tiene información de dos sondeos cumpliendo ampliamente lo establecido en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes CCDSP-2014.

A continuación, se lista el resumen general de modificaciones, ajustes y actualizaciones realizados en la nueva versión del documento:

- Como parte de los ajustes realizados al estudio geotécnico, se complementó la información geológica establecida para la zona de implantación del proyecto.

- Para la zona de implantación del proyecto, no se encuentran fallas geológicas en el área de influencia del proyecto, por lo tanto, no se presentan riesgos para la estabilidad de la estructura propuesta.

- En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, se realizaron dos (2) perforaciones cada una de 25m de profundidad. Como complementación, por parte de esta consultoría, se propuso la realización de nuevos sondeos exploratorios con el fin de obtener información para la corroboración y actualización del estudio geotécnico. Se realizaron de dos (2) sondeos a una profundidad de 30 metros cada uno, los cuales se realizaron en las zonas donde se llevará a cabo el proyecto ya mencionado, tomando muestras SPT con una separación máxima de 1.0 metros entre ellas.

- En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, en el análisis se tuvo en cuenta la socavación máxima estimada en el estudio hidrológico e hidráulico igual a 4.47 m.

- De acuerdo con lo establecido en el ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, elaborado por el Ingeniero Juan Francisco Durango Grisales, se puede concluir que se presenta socavación promedio de 3.63 m y socavación total de 5.79m.

- En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, la descripción de las metodologías utilizadas para la formulación para la determinación de los

parámetros geotécnicos no fue clara. En la nueva versión del documento, los parámetros de resistencia y deformación de los suelos se determinan con base en los resultados obtenidos en los ensayos de campo y de laboratorio. Complementariamente, se emplean correlaciones empíricas para verificar y complementar los datos obtenidos.

- El diseño de las cimentaciones de los puentes vehiculares se realizó con base en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14 (Estados Límites de Resistencia, Evento Extremo y Servicio). Diferente a lo efectuado en la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, donde no se tuvo en cuenta esta Normativa sino lo planteado en la NSR-10.

- Con el arreglo estructural de dos filas de pilotes y 6 pilotes en cada fila de 1.1 m de diámetro y una longitud de 19m, se tiene una capacidad grupal afectada por la eficiencia de 1170.69 ton con una separación mínima de 3.0 veces el diámetro (distancia de centro a centro). A continuación, se presenta un esquema general de los pilotes propuestos por estribo.

- En la versión anterior, por parte de la empresa Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S / Ingeniero Pablo Castilla Negrete, se planteó un arreglo estructural correspondiente a dos filas de pilotes de 1.10m de diámetro y 18.5m de longitud.

- Considerando lo anterior, se tiene una diferencia de 0.50m en la longitud de los pilotes, pero la misma cantidad, el mismo diámetro y en general el mismo arreglo estructural. La diferencia, se debe principalmente a la modificación de la socavación, los resultados de la exploración geotécnica complementaria, la estimación de parámetros y de acuerdo con la metodología del análisis planteado en el CCP 14, los cuales corresponden con Estados Límites de Resistencia, Evento Extremo y Servicio (dado que en la versión anterior se utilizó la metodología planteada en la NSR).

- En general, la solución planteada para la protección del fondo consistió en la misma planteada en la versión anterior. Con leves modificaciones en la extensión del revestimiento consistentes en las características del diseño geométrico suministrado, pero con las mismas dimensiones de cada elemento de colcha gavión (longitud 4.5m y 0.40m de espesor). Así mismo, se tienen la misma cantidad de pilotes para el anclaje de la protección de fondo, con el mismo diámetro (0.40m) y 12m de longitud.

- En función de las recomendaciones del estudio hidrogeológico y en lo solicitado por la Interventoría mediante el Oficio CVN-059-2022 del 2 de octubre de 2022, se planteó la intervención con gaviones.

A continuación, a modo de ilustración, se presenta el esquema general puente:

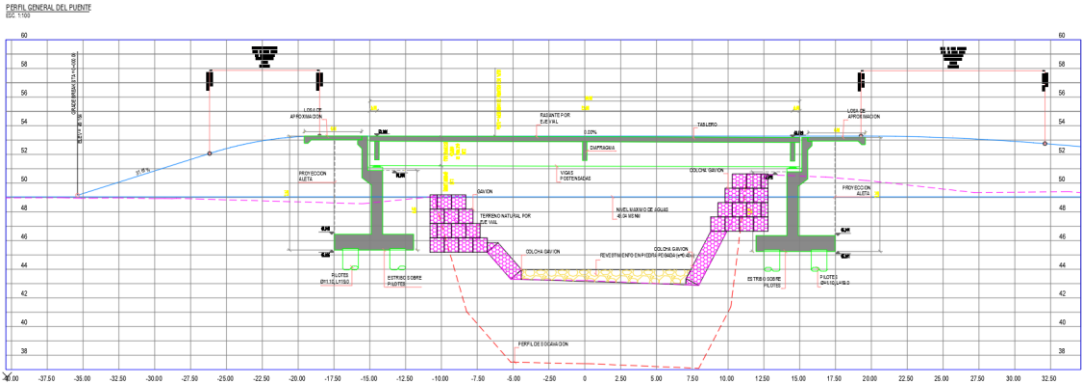


Figura 5. Esquema general de puente

A continuación, a modo de ilustración, se presenta la protección propuesta para la rivera y fondo del cauce:

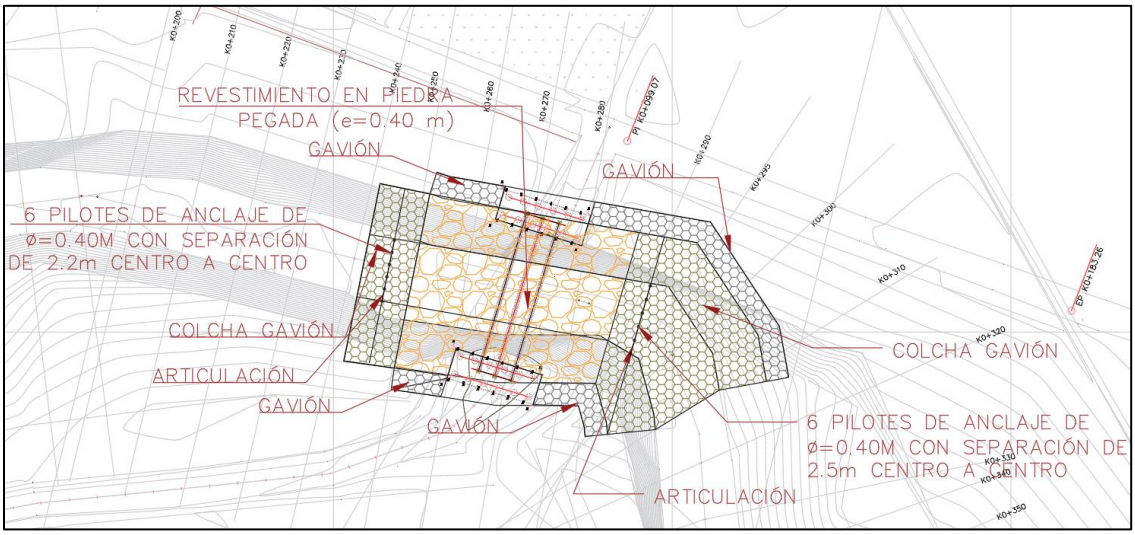


Figura 6. Protección propuesta para la rivera y fondo del cauce.

A modo de ejemplo, se presenta un esquema general del muro en gavión proyectado:

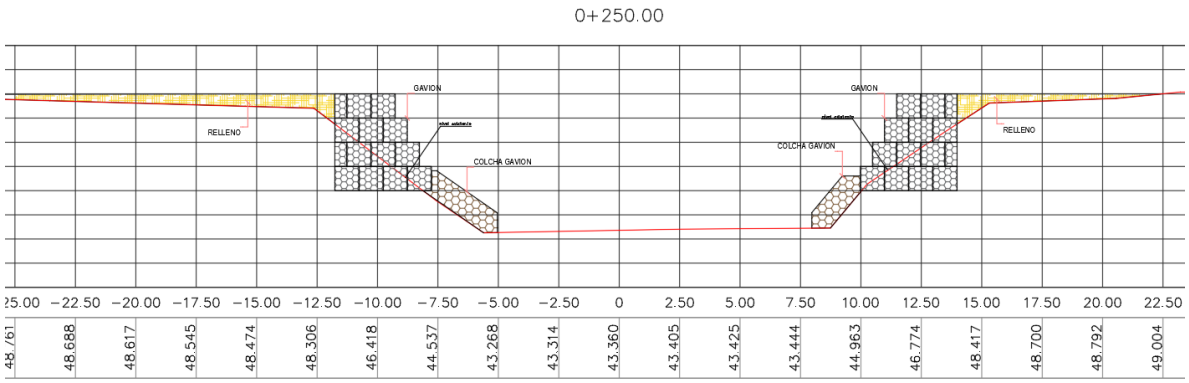


Figura 7. Esquema general implantación del muro en gaviones y relleno.