

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**SOLUCIÓN A LAS RESTRICCIONES POR INCOMPATIBILIDADES
HIDRÁULICAS EN EL PROYECTO DE REPOSICIÓN DEL PUENTE VIRÚ**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

**ANTONI MISAEL TORRES AQUINO
ID: 0009-0001-7002-9752**

ASESORA

**MSc. MARISA ROSANA SILVA DÁVILA
ID: 0000-0003-4910-5252**

**LIMA- PERÚ
2024**

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Trabajo de Suficiencia Profesional en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Torres Aquino, Antoni Misael

antoni.torres.a@uni.pe

992489091

ÍNDICE

Resumen	3
Abstract	4
Prólogo	5
Lista de cuadros	6
Lista de figuras	7
Lista de símbolos y de siglas	10
Capítulo I: Introducción	11
1.1 Generalidades	11
1.2 Descripción del Problema de Investigación.....	11
1.3 Objetivos del Estudio	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
1.4 Antecedentes Investigativos	12
Capítulo II: Marco Teórico y Conceptual	15
2.1 Definiciones	15
2.2 Hidráulica e Hidrología.....	16
2.3 Estructuras de Protección	19
2.4 Gestión de la Construcción	21
Capítulo III: Análisis de Incompatibilidades Hidráulicas	25
3.1 Ubicación del Proyecto	25
3.2 Estudios para Obtención del EDI	25
3.2.1 Principales características y alcances del proyecto.....	27
3.2.2 Topografía y georreferenciación	27
3.2.3 Diseño geométrico	29
3.2.4 Hidrología e Hidráulica.....	31

3.2.5 Obras complementarias	40
3.2.6 Costos, presupuesto y cronograma	43
3.3 Identificación de las Incompatibilidades Hidráulicas.....	43
3.3.1 Superposición de estructuras.....	44
3.3.2 Transición de enrocado con lecho natural.....	48
3.3.3 Transición de enrocado con estructuras	50
3.4 Impacto en el Plazo de Ejecución	52
Capítulo IV: Descripción de Soluciones Adoptadas	55
4.1 Superposición de Estructuras	55
4.1.1 Solución propuesta por el Contratista	55
4.1.2 Solución adoptada por el Proyectista	57
4.2 Transición con Lecho Natural	61
4.3 Transición con Estructuras Proyectadas	65
4.3.1 Enrocado en el Pilar N°02.....	65
4.3.1 Enrocado en el Estribo izquierdo	67
Capítulo V: Recomendación de Soluciones	70
5.1 Superposición de estructuras.....	70
5.2 Transición con lecho natural	71
5.3 Transición con estructuras proyectadas.....	71
5.4 Lecciones aprendidas	71
Conclusiones	75
Recomendaciones	77
Referencias Bibliográficas	78
Anexos	81

RESUMEN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional titulado “Solución a las Restricciones por Incompatibilidades Hidráulicas en el Proyecto de Reposición del Puente Virú” se ha realizado conforme a la información obtenida y el acompañamiento en la etapa de la ejecución, el cual se dio entre octubre 2020 y febrero 2022.

Los objetivos del presente trabajo fueron el análisis e identificación de las incompatibilidades hidráulicas encontradas en la etapa de la ejecución del proyecto, la descripción del proceso del planteamiento de soluciones hasta su aprobación por la Supervisión; así como también la propuesta de recomendaciones finales.

Para el análisis e identificación de las incompatibilidades se recurrió a los replanteos iniciales del enrocado realizados por el Contratista, cuaderno de obra, panel fotográfico, actas y el acompañamiento realizado en la etapa de ejecución. Se identificó tres tipos de incompatibilidades: Superposición de estructuras, Transición del enrocado con lecho natural y Transición del enrocado con estructuras proyectadas del pilar derecho y el estribo izquierdo. Para las soluciones adoptadas se tomó como referencia los replanteos e informes de defensas ribereñas planteadas por el Proyectista, en el primer caso y por el Contratista en los dos últimos.

El tratamiento de las incompatibilidades hidráulicas desde el replanteo inicial hasta la aprobación de la propuesta de solución ha tomado un plazo aproximadamente de 7 meses; y esto a su vez ha generado un plazo adicional de 2 meses. A consecuencia de ello, se ha incurrido en mayores costos a lo previsto inicialmente.

En el presente trabajo se hace una serie de recomendaciones a manera de lecciones aprendidas para futuros proyectos de igual o similar naturaleza, que incluyen acciones durante las etapas de desarrollo del EDI, la licitación y la ejecución de obra. Entre otras recomendaciones, se debe recopilar durante el desarrollo del EDI toda la información de campo que permita evitar interferencias y superposiciones y, además, se deben desarrollar todos los detalles de las transiciones requeridas para la construcción del enrocado, tanto en los extremos en contacto con el cauce natural como con la infraestructura proyectada.

Palabras claves: Incompatibilidades, restricción, ejecución, replanteo, superposición, transición, defensas ribereñas, enrocado, contratista, proyectista, plazo.

ABSTRACT

The present Professional Sufficiency Work entitled "Solution to Restrictions due to Hydraulic Incompatibilities in the Virú Bridge Replacement Project" has been carried out given the information obtained and the support during the execution stage, which took place between October 2020 and February 2022.

The objectives of this work were the analysis and identification of hydraulic incompatibilities found in the project execution stage, the description of the process of proposing solutions until their approval by the Supervision; as well as proposing some recommendations as lessons learned to be considered in future projects of equal or similar nature.

For the analysis and identification of incompatibilities, the initial layouts of the riprap carried out by the Contractor, work notebook, photographic panel, minutes, and the support provided during the execution stage were used. Basically, three types of incompatibilities were identified: Superposition of structures, Transition of rip rap with natural bed and Transition of rip rap with projected structures of the right pier and the left abutment.

For the adopted solutions, the layouts and reports of riparian defenses proposed by the Designer, in the first case, and by the Contractor in the last two cases, were taken as reference.

The treatment of hydraulic incompatibilities from the initial layout to the approval of the proposed solution has taken approximately 7 months; and this in turn has generated an additional period of 2 months, resulting in higher costs than initially estimated.

In this work, a series of recommendations are made as lessons learned for future projects of the same or similar nature, which include actions during the EDI development stages, the bidding, and the execution of work. Among other recommendations, during the development of the EDI all field information must be collected to avoid interferences and overlaps and in addition, all the details of the transitions required for the construction of the rip rap must be developed, both at the ends in contact with the natural channel as well with the planned infrastructure.

Keywords: Incompatibilities, restriction, execution, superposition, transition, riparian defenses, riprap.

PRÓLOGO

Me es grato presentar el Trabajo de Suficiencia Profesional del Sr. Bachiller Antoni Misael Torres Aquino, quien propone soluciones para la reducción de los efectos negativos por la existencia de las incompatibilidades hidráulicas durante la construcción de un puente, teniendo como caso de estudio el Proyecto de Reposición del Puente Virú. Él tuvo la oportunidad de participar en esta etapa como asistente de la supervisión, lo que le permitió obtener el conocimiento requerido y lo incentivó a investigar al respecto.

En el caso del Puente Virú, el Estudio Definitivo de Ingeniería se aprobó el 2019 y se planteó como inicio de obra el 1 de octubre del 2020 con un plazo programado de 15 meses. Dado que se presentaron incompatibilidades hidráulicas, que demoraron 7 meses en resolverse, se tuvo un retraso de 2 meses en la ejecución, lo cual produjo también sobrecostos de construcción.

En el caso del Puente Virú se presentaron incompatibilidades hidráulicas por superposición de estructuras ya que la proyección geométrica del enrocado, tanto aguas arriba como aguas abajo y en ambos márgenes del Puente Virú, se superponía con terrenos habitados, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de accesos de bien común de la población. La solución planteada por el Proyectista y aprobada por la Supervisión fue reducir el talud del enrocado, asegurando el cumplimiento de la descarga de diseño, el borde libre mínimo y la estabilidad del enrocado.

Las otras incompatibilidades hidráulicas que se presentaron fueron debidas a la falta de detalle de las transiciones de ambos extremos del enrocado, aguas arriba y abajo, en ambas márgenes con el cauce natural y para las transiciones con el pilar derecho y el estribo izquierdo. La solución del Contratista permitió asegurar la continuidad y estabilidad del enrocado y de las estructuras comprometidas.

Lo estudiado e investigado durante el acompañamiento de la construcción del Puente Virú le permitió al Sr. Torres plantear recomendaciones que se pueden aplicar en proyectos de naturaleza similar para evitar o minimizar los efectos negativos de las incompatibilidades hidráulicas identificadas durante la ejecución del proyecto.

ASESORA

LISTA DE CUADROS

CUADRO N°1: UBICACIÓN DEL PUENTE VIRÚ	25
CUADRO N°2: LONGITUDES Y ANCHOS TOMADOS PARA EL LEV. TOPOGRÁFICO.	28
CUADRO N°3: COORDENADAS UTM WGS84 PUENTE VIRÚ.	28
CUADRO N°4: COORDENADAS TOPOGRÁFICAS PUENTE VIRÚ.	29
CUADRO N°5: POLIGONAL DE CONTROL-COORDENADAS TOPOGRÁFICAS.....	29
CUADRO N°6: CAUDALES DE DISEÑO OBTENIDOS.....	35
CUADRO N°7: PARÁMETROS DE BORDE LIBRE Y LUZ HIDRÁULICA	36
CUADRO N°8: SOCAVACIÓN DEL PUENTE VIRÚ.....	36
CUADRO N°9: COTAS DE SOCAVACIÓN POTENCIAL EN LOS APOYOS DEL PUENTE VIRÚ	37
CUADRO N°10: RESULTADOS DEL ANCHO ESTABLE, TIRANTE Y VELOCIDAD	38
CUADRO N°11: RESULTADOS TÉCNICOS HIDRÁULICOS – PUENTE VIRÚ	39
CUADRO N°12: LONGITUD DE ENROCADO – PUENTE VIRÚ.....	42
CUADRO N°13: GRANULOMETRÍA DEL ENROCADO- PUENTE VIRÚ	42
CUADRO N°14: DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL ENROCADO- PUENTE VIRÚ	42
CUADRO N°15: PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA PROPUESTA	56
CUADRO N°16: TIRANTE PROPUESTO POR EL CONTRATISTA.....	57
CUADRO N°17: PARÁMETROS GEOMÉTRICOS RECALCULADOS POR EL PROYECTISTA	59
CUADRO N°18: BORDE LIBRE AGUAS ABAJO DEL PUENTE VIRU – MODELO HEC RAS.....	59
CUADRO N°19: BORDE LIBRE AGUAS ARRIBA DEL PUENTE VIRU – MODELO HEC RAS.....	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N°1: DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL.....	18
FIGURA N°2: INVERSIÓN EN CONCESIONES DE CARRETERAS AL 2023 (ENERO).....	23
FIGURA N°3: UBICACIÓN Y VISTA SATELITAL DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	26
FIGURA N°4: SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PUENTE VIRÚ.....	30
FIGURA N°5: VISTA DEL TRAZO EN PLANTA DEL PUENTE VIRÚ.	32
FIGURA N°6: VISTA DEL TRAZO EN PERFIL LONGITUDINAL PUENTE VIRÚ.....	33
FIGURA N°7: HIDROGRAFÍA Y CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO VIRÚ.....	34
FIGURA N°8: PUENTE VIRÚ COLAPSADO, FENÓMENO DEL NIÑO COSTERO 2017.....	35
FIGURA N°9: SOCAVACIÓN POTENCIAL EN LOS APOYOS, VISTA DE PERFIL.....	37
FIGURA N°10: ENCAUZAMIENTOS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO DEL PUENTE VIRÚ.	38
FIGURA N°11: ESQUEMA DEL PERFIL DE FLUJO – TR 140 AÑOS.....	39
FIGURA N°12: ESQUEMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL – TR 140 AÑOS.....	39
FIGURA N°13: ÁREA DE ENCAUZAMIENTO VISTA EN PLANTA.....	40
FIGURA N°14: ÁREA DE ENCAUZAMIENTO VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL.....	41
FIGURA N°15: DEFENSAS RIBEREÑAS CON ENROCADO, VISTA DE PLANTA.....	41
FIGURA N°16: SECCIÓN TIPO – ENROCADO.	42
FIGURA N°17: SUPERPOSICIÓN DE ESTRUCTURA EXISTENTES CON PROYECTADAS.	44
FIGURA N°18: SUPERPOSICIÓN DE ESTRUCTURAS, MARGEN DERECHA, AGUAS ARRIBA. .	45
FIGURA N°19: POSTES Y ACCESO-TROCHA LOCAL, MARGEN DERECHA, AGUAS ABAJO....	46
FIGURA N°20: SUPERPOSICIÓN DE ESTRUCTURAS, MARGEN DERECHA, AGUAS ABAJO....	46
FIGURA N°21: VIVIENDAS EXISTENTES, MARGEN DERECHA, AGUAS ABAJO.....	47
FIGURA N°22: SUPERPOSICIÓN DE ESTRUCTURAS, MARGEN IZQUIERDA, AGUAS ARRIBA. 47	
FIGURA N°23: SUPERPOSICIÓN DE ESTRUCTURAS, MARGEN IZQUIERDA, AGUAS ABAJO..	48

FIGURA N°24: TRANSICIÓN DE ENROCADO, AGUAS ARRIBA.....	49
FIGURA N°25: TRANSICIÓN DE ENROCADO, AGUAS ABAJO.	50
FIGURA N°26: TRANSICIÓN DE ENROCADO DEL MARGEN DERECHA Y PILAR 02.....	51
FIGURA N°27: TRANSICIÓN DE ENROCADO DE LA MARGEN Y EL ESTRIBO IZQUIERDO.	52
FIGURA N°28: MATERIAL DE ENROCADO ACOPIADO, AGUAS ARRIBA	53
FIGURA N°29: ESQUEMA CON LOS PLAZOS INICIALES Y REALES DEL PROYECTO.....	53
FIGURA N°30: PROPUESTA DE TALUD PARA EL ENROCADO.	55
FIGURA N°31: SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DISEÑO EDI.	56
FIGURA N°32: SECCIÓN TRANSVERSAL PROPUESTA POR EL CONTRATISTA.	56
FIGURA N°33: SECCIÓN TRANSVERSAL, EDI Y PROPUESTO, AGUAS ARRIBA.....	60
FIGURA N°34: SECCIÓN TRANSVERSAL, EDI Y PROPUESTO, AGUAS ABAJO.....	61
FIGURA N°35: PROPUESTA GEOMÉTRICA PARA TRANSICIÓN DEL ENROCADO.	62
FIGURA N°36: TRANSICIÓN DE ENROCADO PROPUESTO, AGUAS ARRIBA.....	62
FIGURA N°37: TRANSICIÓN DE ENROCADO PROPUESTO, AGUAS ABAJO.	63
FIGURA N°38: TRANSICIÓN DE ENROCADO, MARGEN IZQUIERDA, AGUAS ARRIBA.	63
FIGURA N°39: TRANSICIÓN DE ENROCADO, MARGEN IZQUIERDA, AGUAS ABAJO.	64
FIGURA N°40: TRANSICIÓN DE ENROCADO, MARGEN DERECHA, AGUAS ARRIBA.	64
FIGURA N°41: TRANSICIÓN DE ENROCADO, MARGEN DERECHA, AGUAS ARRIBA.	65
FIGURA N°42: SECCIÓN EN EL EMPALME CON ENROCADO AGUAS ARRIBA.	66
FIGURA N°43: SECCIÓN EN LA ZONA DEL PILAR N°02	66
FIGURA N°44: SECCIÓN EN EL EMPALME CON ENROCADO AGUAS ABAJO.	67
FIGURA N°45: ENROCADO EJECUTADO EN LA ZONA DEL PILAR N°02.....	67
FIGURA N°46: VISTA EN ELEVACIÓN DEL ENROCADO EN EL ESTRIBO IZQUIERDO.....	68
FIGURA N°47: ENROCADO EN PROCESO DE EJECUCIÓN EN EL ESTRIBO IZQUIERDO.....	69
FIGURA N°48: ENROCADO EJECUTADO EN LA ZONA DEL ESTRIBO IZQUIERDO.....	69

FIGURA N°49: INCIDENCIAS DE LAS RESTRICCIONES. 72

FIGURA N°50: DURACIÓN DE ETAPAS DEL PROYECTO..... 72

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

A	Área hidráulica
D_{50}	Diámetro que es igualado o excedido el 50% del tiempo
Q	Caudal
T	Espesor del enrocado
V_c	Velocidad crítica
Y	Tirante hidráulico
θ	Ángulo de reposo de enrocado
Φ	Ángulo de inclinación de talud
ANA	Autoridad Nacional del Agua
AUNOR	Autopista del Norte
BM	Bench Mark
EDI	Estudio Definitivo de Ingeniería
FEN	Fenómeno El Niño
FS	Factor de seguridad
IGN	Instituto Geográfico Nacional
LB	Línea Base
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NAME	Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias
OSITRAN	Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
UTM	Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En la actualidad, las empresas constructoras encargadas de la ejecución de proyectos tienen problemas debido a la existencia de incompatibilidades que se identifican en campo durante el proceso de la ejecución del proyecto y que no se consideraron en el Estudio de Ingeniería Definitivo (EDI). Estas incompatibilidades al no ser controladas a tiempo conllevan a que las empresas constructoras entreguen las obras a destiempo y, como consecuencia de ello, se generan pérdidas económicas y conflictos que pueden acabar en arbitrajes que generan problemas con las entidades públicas, privadas e incluso muchas veces con la población.

La adopción del modelo EDI/Licitación/Ejecución y el tiempo transcurrido entre ellas, es una de las causas y/o fuentes para el origen de las incompatibilidades, ya que desconecta las dos etapas más importantes para la entrega de proyectos, la del EDI y Ejecución. Esta situación genera documentación con inconsistencias que mayormente son detectadas y resueltas en campo en plena ejecución de la obra.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Por efecto del fenómeno natural Niño Costero 2017 se generaron crecientes de régimen excepcional en diferentes ríos y quebradas del norte del Perú (Núñez et al, 2017). En el caso del río Virú, el gran caudal y arrastre de gran cantidad de materiales transportados ocasionó la caída de la estructura metálica reticulada del Puente Virú ubicado a la altura del km 520+200 de la Carretera Panamericana Norte, como consecuencia del colapso de uno de sus pilares o apoyos intermedios por efectos de socavación de su cimentación, ocasionando la total interrupción del tránsito vehicular hacia la zona norte del país.

En marzo del 2019, a través de una resolución Directoral, el Ministerio de Transportes aprueba el Estudio Definitivo de Ingeniería de la Obra Adicional Reposición del Puente Virú, la cual llevaba siendo elaborada meses anteriores por la Concesionaria.

Con fecha octubre del 2020 se inició la ejecución de la obra, 20 meses aproximadamente luego de haber elaborado el Estudio de Ingeniería, este desfase entre la etapa de realizar el Estudio y el inicio de Ejecución ocasionó incompatibilidades por temas del contexto social, topográfico, geográficos, etc. Estas

ocasionaron retrasos en la ejecución de obra e incrementos en el presupuesto. Es por ello por lo que en la presente tesis se quiere hacer la identificación, registro y documentación de las incompatibilidades más incidentes relacionadas a los aspectos hidráulicos. Asimismo, se analiza las soluciones implementadas para plantear recomendaciones que permitan la reducción de las restricciones ocasionadas por estas incompatibilidades en futuros proyectos.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivo General

Proponer soluciones para la reducción a las restricciones por incompatibilidades hidráulicas en un proyecto de ejecución de puentes teniendo como estudio de caso la reposición del Puente Virú.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Análisis de las incompatibilidades hidráulicas durante la ejecución del proyecto de reposición del Puente Virú. El análisis incluye su revisión, identificación, registro y documentación.
- Descripción de las soluciones adoptadas para las incompatibilidades hidráulicas encontradas durante la ejecución del proyecto.
- Planteamiento y evaluación de recomendaciones para la reducción de las incompatibilidades hidráulicas durante la ejecución de futuros proyectos.

1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la actualidad es muy común escuchar que se presentan solicitudes de ampliación de plazo respecto al plazo establecido contractualmente en la etapa del Contrato. Muchas veces, algunas de las razones y/o factores que inician la solicitud de ampliación de plazo e incluso de mayores costos son las incompatibilidades que se encuentran en la obra al momento de la ejecución respecto a lo contemplado en el Estudio Definitivo de Ingeniería (EDI). Estas incompatibilidades se presentan en las diferentes especialidades del proyecto; tales como: Topografía y Referenciación, Diseño Geométrico, Geológico - Geotécnico, Hidrología - Hidráulica, Suelos, Estructuras, etc.

A continuación, se hace una breve descripción de investigaciones referidos al tema en estudio.

Rojas y Ruiz (2021) señalan como objetivo principal proponer un modelo de reducción de incompatibilidades en proyectos de infraestructura vial con la finalidad de mantener una continuidad de ejecución de obra mediante un análisis documentario de expedientes técnicos. Los autores identifican que los problemas surgen porque las empresas constructoras y las entidades públicas tienen problemas en ubicar a tiempo las incompatibilidades con los planos de las diferentes especialidades. Finalmente, los autores del trabajo de investigación plantearon un modelo que incluye la elaboración de flujogramas para reducir las incompatibilidades y lograron la optimización de los costos puesto que redujeron los tiempos de atrasos en obras asegurando el cumplimiento de metas manteniendo el monto del presupuesto inicial.

Enríquez (2021) menciona la gran preocupación que existe en el Perú debido a que muchas obras públicas no terminan de ejecutarse en su tiempo según cronograma contractual debido a la falta de identificación de las restricciones que hay al momento de la ejecución, lo cual origina un malestar tanto para el estado o para el cliente. El contratista, como empresa, también se ve perjudicado en su gestión. Su investigación tuvo como objetivo identificar las restricciones que tuvieron los proyectos de ejecución de puentes reticulados en la región Arequipa y como éstas repercutieron en los cronogramas del proyecto a fin de poder formular criterios para mejorar la ejecución de futuros proyectos. Después del análisis, concluyó que hay 7 restricciones que son las más resaltantes, las cuales son: Limitaciones del Expediente Técnico, Incumplimiento en la liberación de predios, Incumplimiento en el Otorgamiento de permisos, Defectos constructivos, Falta de documentación, Aspectos climáticos y Conflictos sociales. Recomendó que el contratista considere estas restricciones cuando quiera ejecutar un puente reticulado en la región Arequipa.

Huamán (2021) realizó una investigación enfocada al estudio general de diferentes metodologías de diseño de sistemas de control de erosión teniendo en cuenta las condiciones locales y situación actual de las defensas ribereñas existentes. El objetivo fue realizar un apropiado diseño, que se ajustara a las solicitudes a las que será sometida la estructura de modo que el presupuesto permanezca dentro del rango proyectado. El autor pudo demostrar la necesidad de incluir en el análisis los modelos

con modificaciones, debido a que los parámetros hidráulicos como el tirante, velocidad y Número de Froude, registran considerables variaciones con respecto a la topografía original del río, lo cual obliga a modificar el esquema de los diferentes diseños de las defensas ribereñas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 DEFINICIONES

Infraestructura Vial

Es todo aquello que compone a la vía y todos los soportes concernientes a las estructuras que forman parte de carreteras, puentes, intercambios viales, obras de arte, etc. (Rojas y Ruiz, 2021, p.15).

Puente

Es componente de la Infraestructura Vial, que sirve para atravesar una corriente de agua, una zona con topografía accidentado, zonas con diferentes cotas de nivel, entre otros, asegurando un desplazamiento adecuado para vehículos y/o peatones. (MTC Manual de Puentes, 2016).

Derecho de Vía

Es la franja de la carretera destinada a obras complementarias (calzada, bermas), servicios, así como futuras obras de ensanche, mejoramiento y zonas de seguridad. Al respetar derecho de vía se garantiza la integridad de la ciudadanía al brindarles un área de escape para reaccionar ante un accidente. (MTC Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, 2018).

Obra Pública

Viene a ser toda obra que es realizada por el gobierno o entidades públicas para el beneficio común de los ciudadanos, estas obras son financiadas con los fondos públicos y su ejecución pueden estar encargada a gobiernos locales, empresas públicas o empresas privadas, todo ello bajo la supervisión de órganos reguladores del Estado, como es el caso de OSITRAN. (Rojas y Ruiz, 2021).

Incompatibilidades

Las incompatibilidades en la ejecución de obras vienen a ser todo aquello que presenta contradicción, incoherencia respecto a lo señalado en el Estudio de Ingeniería Definitivo (EDI). Si estas incompatibilidades no son atendidas y resueltas en su debido momento puedes ser ocasionar restricciones.

Interferencias

En el campo de la Ingeniería y la Construcción, las interferencias vienen a ser todo tipo de obstáculo que interfiere al desarrollo del proyecto, estas interferencias generalmente se ocasionan cuando no se toman los datos completos y necesarios para la elaboración del expediente.

Restricciones

Las restricciones en la ejecución de obras son los condicionantes o factores limitantes reales que la pueden afectar de manera directa. Las consecuencias de no controlar las restricciones a tiempo pueden ser perjudiciales, dando lugar a solicitudes de ampliación de plazo, uso de mayores recursos, incremento del presupuesto del proyecto, entre otros.

Las restricciones pueden ser de varias naturalezas, ello dependerá del tipo de proyecto y la etapa en la cual se encuentran. En su mayoría tienen como precedentes la existencia de interferencias no liberadas o resueltas oportunamente. A continuación, se lista las causas más comunes que originan las restricciones:

- Permisos
- Fuerza mayor (huelgas, FEN)
- Agotamientos de recursos
- Cambios de ingeniería
- Protección ambiental/arqueológico
- Problemas sociales locales

2.2 HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

ANA

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, el objetivo principal es administrar y regular el uso del agua en el territorio peruano fomentando su uso consciente y razonable. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2008).

Fenómeno El Niño

Es un evento climático ocasionado por los incrementos en elementos físicos y/o atmosféricos que por lo general están asociados al calentamiento de las aguas del mar y cambios climáticos globales. (SENAMHI Plan Nacional de Gestión de Desastres, 2014).

Avenida de diseño

La avenida de diseño es uno de los parámetros cruciales para la determinación del diseño de infraestructuras hidráulicas y se puede definir de la siguiente manera:

La avenida de diseño es el caudal que se escoge, mediante diversas consideraciones, para dimensionar un proyecto (o parte de él). Para su determinación se usa la información básica y proporcionada por el estudio hidrológico (Estimación de Caudales) y se incorporan los conceptos correspondientes a riesgos, vulnerabilidad, costos de obra y muchos otros más. (MTC, 2011, p. 65).

Faja Marginal

Las fajas Marginales son consideradas como bienes de dominio público hidráulico, estas están ubicadas en las zonas adyacentes a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales, ver la figura N°1. Asimismo; las fajas marginales, tienen dimensiones en una o ambas márgenes del cuerpo de agua, determinadas por autoridades competentes conforme a criterios establecidos por el reglamento y garantizando el respeto a los usos y prácticas tradicionales locales.

Los criterios que son tomados en consideración para la delimitación son principalmente: i) la magnitud e importancia de la estructura hidráulica (presas, reservorios, puentes, entre otros), ii) espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y cauces, iii) espacio necesario para los usos públicos y iv) la máxima avenida de los ríos y otras fuentes naturales de agua. (Vásquez, 2021)

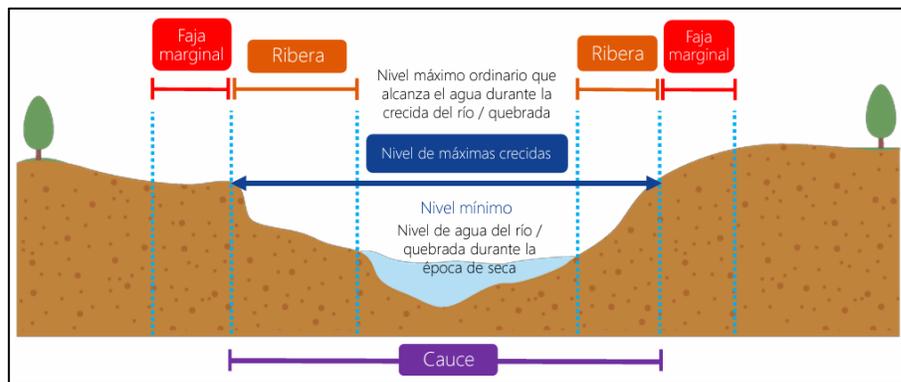


Figura N°1: Delimitación de la Faja Marginal.
Fuente: Vázquez (2021).

Gálibo o Altura libre

Conforme a lo señalado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) en el Manual de carreteras: Hidrología, hidráulica y drenaje: “El galibo se define como el espacio libre entre el nivel máximo del flujo de crecida y el nivel inferior del tablero del puente proyectado”.

Socavación en Puentes

La socavación en puentes es la degradación del cauce del río, esta degradación se debe generalmente se da por la acción de la corriente del agua. La magnitud de la socavación en las subestructuras del puente está relacionado a los factores del caudal de la corriente del agua, forma y dimensiones de las subestructuras (pila, estribos) y características del material del fondo de lecho (Carrillo, 2021).

NAME

La expresión NAME viene a ser el Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias. El manual de puentes señala que se debe considerar como mínimo una altura libre de 1.50 m de la parte más baja del fondo de viga (superestructura) con respecto al nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME); esto siempre en cuando el río no arrastra palizadas. Para el caso de los ríos que arrastran palizadas y troncos se considerara como mínimo una altura libre de 2.50 m. (MTC, 2016)

2.3 ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN

Defensas ribereñas

Es toda aquella estructura ubicada en las riberas/orillas de los ríos, lagos, áreas costeras, entre otros; cuyo diseño y construcción es evitar el desbordamiento de las aguas de un río ante un incremento de caudal y contenerlos en el cauce y/o área correspondiente. También son considerados estructuras complementarias para la protección de las subestructuras en los puentes, las estructuras comunes y empleadas son gaviones, enrocados, espigones, vegetación, rompeolas, diques entre otros. (Pérez, 2022)

Enrocados

Los enrocados se construyen usando roca suelta, cuyo diámetro medio y distribución granulométrica permiten resistir el esfuerzo de corte actuante del agua. Uno de los métodos para establecer el talud de diseño es el de velocidad crítica. Según este criterio se debe lograr una velocidad medio del flujo menor a la velocidad crítica. Ésta última es la velocidad media que origina el movimiento de las partículas del suelo ante la acción de los esfuerzos de corte ejercidos por el agua. (MTC Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011)

Diseño del enrocado

Para el diseño del enrocado existen varios métodos; sin embargo, para las soluciones adoptadas en las incompatibilidades hidráulicas se empleó el método del U.S. Department of Transportation, este método propone las siguientes relaciones para el cálculo del diámetro medio de las rocas (sistema inglés).

$$d_{50}^I = \frac{0.001V^3}{y^{0.5}k_1^{1.5}}$$

$$k_1 = \left[1 - \frac{(\text{sen}\theta)^2}{(\text{sen}\phi)^2} \right]^{0.5}$$

$$C = C_{sg}C_{sf}$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(\gamma_s - 1)^{1.5}}$$

$$C_{sf} = \left(\frac{FS}{1.2}\right)^{1.5}$$

$$d_{50} = C d_{50}^I$$

Donde:

d_{50} : Diámetro medio de las rocas

V : Velocidad media de flujo

y : Profundidad de flujo

k_1 : Factor de corrección

θ : Ángulo de inclinación del talud

ϕ : Ángulo de reposo del material del enrocado

C : Factor de corrección

γ_s : Peso específico del material del enrocado

FS : Factor de seguridad (MTC Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011)

Diseño de Protección Vertical

Se refiere a la altura de la protección de la uña. El método de cálculo es el presentado por Blodgett, y es utilizado por U.S. Department of Transportation.

$$d_s = 6.5 D_{50}^{-0.11} \text{ para } D_{50} > 0.005 \text{ pies}$$

(MTC Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011)

Protección de pilares

La protección de pilares en puentes viene a ser la solución común y práctica de los pilares ante la erosión, la cual consiste básicamente en la colocación de mantos de escollera alrededor del pilar; en la cual, la forma y/o geometría de la escollera a colocar dependerá mucho si obedece a un diseño especial y/o específico o simple. Este método de protección tiene como ventajas ser un método eficaz, versátil y ofrece facilidad de reposición o flexibilidad por reacomodo de sus elementos ante una erosión imprevista. (MTC Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011)

2.4 GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Gestión de Proyectos

La gestión de proyectos viene a ser un conjunto de acciones (planificar, organizar, coordinar, controlar, etc.) que permiten obtener los objetivos establecidos en los tiempos, costos y calidad definidos en el proyecto. (PMBOK, 2017)

Marco Normativo

Actualmente en el Perú, los proyectos se regulan a través de normativas, estas normativas permiten desarrollar las líneas base de la construcción con parámetros que sean aceptables con las exigencias y requerimientos del ente regulador. A continuación, se mencionará las normas que se emplearon en el presente trabajo de investigación:

- Texto Único Ordenado de la Ley N°30225, Ley de Contrataciones del Estado. Aprobado mediante D.S N°082-2019-EF y publicado en el Diario Oficial El Peruano el 13 de marzo de 2019.
- Reglamento de la Ley N°30225, aprobado por Decreto Supremo N°350-2015-EF (Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado).
- Directiva N°01-2006-MTC/14: Guía para inspección de puentes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).
- Manual de Puentes 2018 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). (Enríquez, 2021, p. 27)

Sistemas de contratación del Estado

En el reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, artículo 40, se encuentran los sistemas de contratación aplicables a obras públicas; las cuales son: Suma Alzada, Precios Unitarios, Esquema Mixto de Suma Alzada, Tarifas y/o Precios Unitarios.

Estudio Definitivo de Ingeniería (EDI)

Es aquel documento que comprende las Estudios Básicos, Planos, Especificaciones Técnicas, y Presupuesto, entre otros documentos aprobados. Muchas veces el Estudio Definitivo de Ingeniería (EDI) es el documento usado para definir el costo

base del proyecto y proceder con la contratación de la empresa ejecutora.

Proyectista

El proyectista viene a ser el profesional y/o conjunto de profesionales que participan en la etapa de la elaboración (diseño) de un proyecto. La tarea del proyectista es plasmar las necesidades/requerimientos/requisitos/conceptos en documentos técnicos. Uno de los cuales puede ser el Expediente de Ingeniería Definitivo (EDI).

Supervisión

Es la organización o ente regulador que se encarga de velar el correcto cumplimiento de la ejecución del proyecto de acuerdo con el Expediente de Ingeniería Definitivo (EDI), normativas aplicables, costo y plazos establecidos.

Concesionaria

Es la organización privada que tiene a cargo la administración de la carretera o autopista por un determinado periodo. Dentro de sus principales funciones se encuentran: la construcción, operación y mantenimiento de las carreteras o autopistas. Estas funciones están reguladas y/o supervisadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRÁN). En la figura N°2 se muestra la inversión anual y la acumulada en el periodo 2005-2023, se observa que en el año 2022 se ha tenido una inversión de 157 millones de dólares en Concesiones de carreteras.

Programación de obra

Es el ordenamiento secuencial de todas las tareas necesarias para ejecutar la obra teniendo en cuenta su interdependencia y la disponibilidad de los factores de producción.

Utiliza herramientas como el diagrama Gantt que es un gráfico que ayuda a representar actividades de manera secuencial y su dependencia entre ellas en un proyecto; esta representación es a través de barras horizontales, en las cuales se asigna un determinado tiempo de duración.



Figura N°2: Inversión en Concesiones de Carreteras al 2023 (enero).
Fuente: Revista Caretas.

Los hitos en el desarrollo del proyecto vienen a ser fechas relevantes, importantes y en muchos casos estos hitos sirven para controlar el avance que tiene la obra. En muchos casos cuando no se llegan a cumplir los hitos, la empresa Contratista está obligada contractualmente a pagar sanciones que pueden ser económicas u otros. La ruta crítica dentro del cronograma de obra es la secuencia de actividades con menos tiempo de holgura (por lo general no tienen holgura), esta secuencia de actividades es la ruta del cronograma que determina la duración (plazo) de la obra. Durante la ejecución de la obra es muy importante identificar, hacer seguimiento y poner mayor atención en las actividades que forman parte de la ruta crítica, porque de ello dependerá si la obra se termina el plazo establecido.

Cuaderno de obra

Es aquel documento contractual-técnico, donde se realizan anotaciones con los acontecimientos más relevantes que se suscitan durante la ejecución de la obra; por lo general estas anotaciones son asentadas por el residente de obra y el supervisor y/o inspector de obra. El cuaderno de obra muchas veces sirve para sustentar a favor y en contra de solicitudes de ampliación de plazos, adicionales, entre otros.

Valorización

La valorización en obra es la cuantificación para determinar el avance económico en un determinado periodo, este periodo es establecido en el Contrato de obra entre las partes interesadas y su duración dependerá de la magnitud del proyecto, generalmente es mensual.

Ampliación de plazo

La ampliación de plazo durante la ejecución de obra es el tiempo adicional que se requiere para culminar la ejecución integral de la obra, esta ampliación de plazo en primera instancia es solicitada por el Contratista. La necesidad de la solicitud de ampliación de plazo se puede originar por muchos motivos, las cuales pueden ser indefiniciones/errores del EDI, incompatibilidades, obras adicionales/modificaciones, etc. Para la aprobación de la solicitud de ampliación de plazo, el Contratista debe presentar sustentos sólidos adjuntando documentos técnicos, contractuales, entre otros. (Rojas y Ruiz, 2021, p. 15)

Planos As Built

Son documentos técnicos que contienen los planos, cálculos y descripciones del proyecto finalizado, en donde se pueden encontrar las modificaciones realizadas durante la ejecución. Estos documentos reflejan los cambios aplicados al diseño inicial del proyecto.

Mantener actualizados los planos As-Built durante la ejecución de la obra es fundamental, pues permite documentar todos los cambios realizados. Esta documentación es necesaria para obtener la aprobación correspondiente y para la liquidación final de la obra. (Rojas y Ruiz, 2021, p. 14)

Línea base del proyecto

La línea base del proyecto es un punto de referencia establecido inicialmente que se utiliza para comparar el rendimiento del proyecto a lo largo del tiempo y en base a ello tomar acciones para mejoras del proyecto. Los involucrados correspondientes en el proyecto emplean las líneas base para medir el progreso del alcance, la planificación y los costos a medida que el proyecto avanza hacia la finalización. (Rojas y Ruiz, 2021, p. 12)

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE INCOMPATIBILIDADES HIDRÁULICAS

3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El puente Virú se ubica en el Km 520+200 de la calzada actual de la carretera Panamericana Norte, Provincia de Virú, departamento de La Libertad, cuyas coordenadas UTM WGS 84 se muestran en el Cuadro N°1. Asimismo, en la figura N°3 se muestra la ubicación del proyecto.

Cuadro N°1: Ubicación del Puente Virú

Coordenadas UTM en WGS84	
Este	Norte
744092.69	9068294.23

Fuente: Estudio topográfico – EDI (MTC.2019)

3.2 ESTUDIOS PARA OBTENCIÓN DEL EDI

El Expediente Definitivo de Ingeniería (EDI) está compuesto por los siguientes estudios:

- Topografía y georreferenciación
- Diseño geométrico.
- Geológico y geotécnico
- Hidrología e hidráulica
- Suelos, canteras
- Estructuras – diseño de puentes
- Estructuras – obras complementarias
- Interferencias
- Costos, presupuesto y cronograma

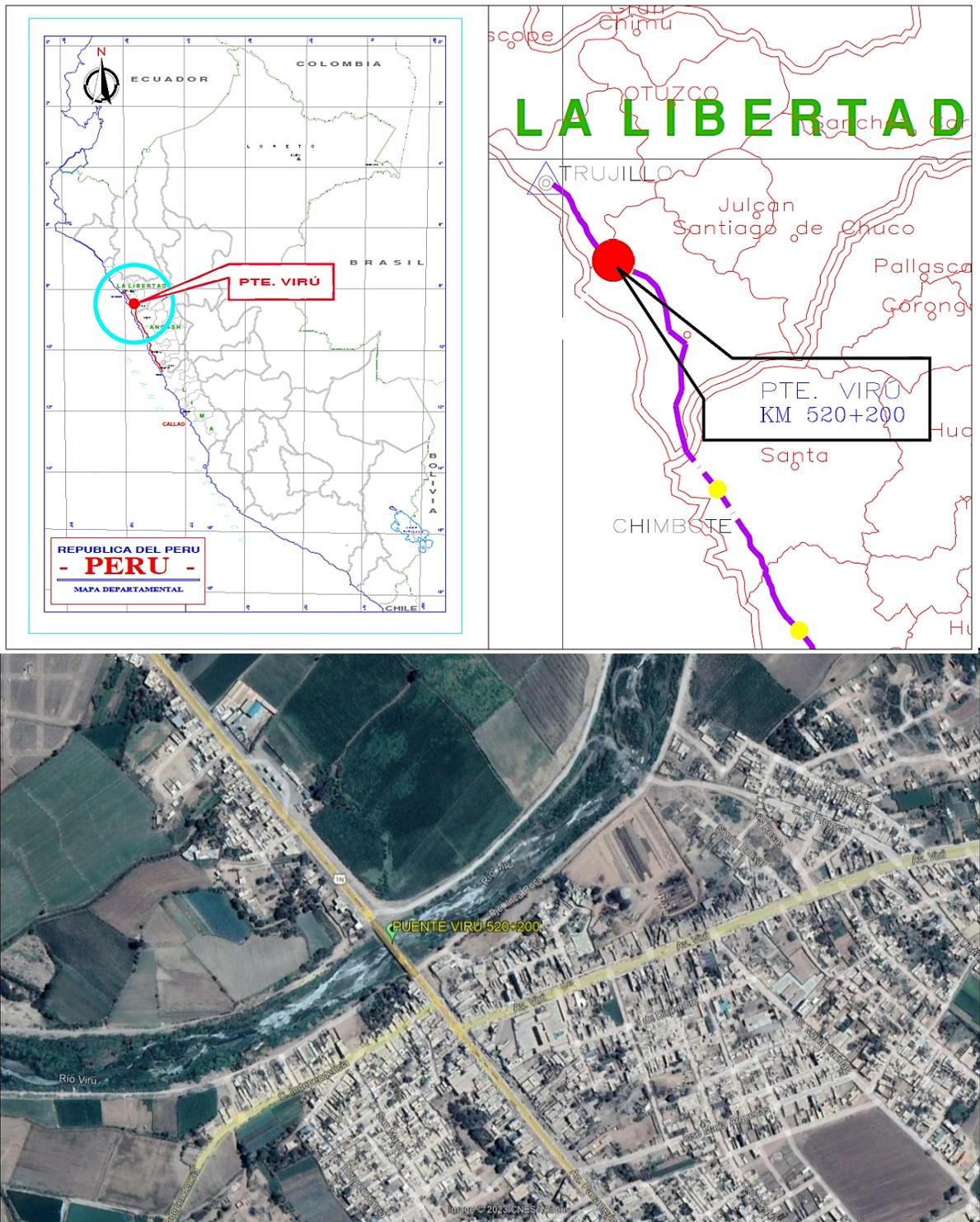


Figura N°3: Ubicación y Vista satelital de la ubicación del Proyecto.
Fuente: Google Earth, Estudio Definitivo de Ingeniería (MTC.2019)

En el presente capítulo se realizará una descripción de los estudios de los temas más relevantes y relacionados con el tema del presente Trabajo de Suficiencia Profesional.

3.2.1 Principales características y alcances del proyecto

Conforme al Estudio de Estructuras, el nuevo proyecto para el Puente Virú consiste en un puente tipo losa con vigas de sección I de concreto postensado, compuesto por dos estribos de concreto armado en los extremos en ambas márgenes del río y dos pilares centrales de concreto armado.

El Puente Virú tiene una longitud de 110.00 m, la cual tiene tres (3) tramos, dos tramos de 40 m cada uno y un tramo de 30 m. Esta luz del puente fue determinada teniendo en cuenta como base los resultados del modelamiento hidráulico y demás consideraciones del Estudio Hidrológico e Hidráulico, y teniendo en consideración que la ubicación de las cimentaciones de los estribos y pilares del nuevo proyecto, no interfieran en lo posible, con las numerosas cimentaciones existentes en el cauce del río y las pertenecientes al puente colapsado.

3.2.2 Topografía y georreferenciación

Uno de los objetivos principales del Estudio de topografía y georreferenciación fue obtener la información topográfica requerida para el diseño de las estructuras y accesos del puente a reponer, así como toda la necesaria aguas arriba y aguas abajo del cauce y a los extremos de las riberas de la quebrada de estos, para el estudio hidrológico y proyección de las obras de defensas ribereñas y encauzamiento, cuyos criterios ha sido en base a los requerimientos realizados por la especialidad de Hidrología e Hidráulica.

El estudio topográfico consistió en la representación gráfica de la superficie del terreno en la zona de emplazamiento del Puente Virú, los tramos contiguos de los accesos, y las zonas de influencia del proyecto a fin de conocer las características físicas y geomorfológicas del terreno indicado. Para ello, se estableció una red de puntos GPS, cuyas coordenadas UTM se transformaron en coordenadas topográficas para usarlos en el levantamiento topográfico. La representación altimétrica del terreno materia de los estudios ha sido mediante curvas de nivel cada 0.50 m.

En el cuadro N°2 se muestra el resumen de los longitudes y anchos de levantamiento

topográfico aguas arriba y aguas abajo establecidas por la normatividad vigente y los realmente ejecutados para el desarrollo del EDI.

Cuadro N°2: Longitudes y anchos tomados para el lev. topográfico.

PUENTE	Según Normas Manual HHD-MTC)		Ejecutado		Anchos
	A. Arriba	A. Abajo	A. Arriba	A. Abajo	Ejecutado
VIRÚ	1260 m	630 m	1500 m	650 m	250 - 90

Fuente: Estudio topográfico – EDI (MTC.2019)

Metodologías y procedimientos empleados:

- Reconocimiento del terreno en coordinación con todas las especialidades
- Monumentación de los Puntos de Control Horizontal y Vertical.
- Establecimiento de la red geodésica base, con puntos de denominación GPS.
- Establecimiento de una red de puntos de control horizontal (poligonal de apoyo), denominados Puntos de Control.
- Establecimiento de una red de puntos de control vertical, denominado BM.
- Levantamiento topográfico con secciones transversales.
- Procesamiento de información.
- Elaboración de planos.

Resultados del Estudio

Como puntos geodésicos y topográficos se tienen los puntos PB01 y el punto AZ-01 (450 m aguas arriba), ver cuadros N°3 y N°4 que muestran las coordenadas UTM y topográficas respectivamente.

Cuadro N°3: Coordenadas UTM WGS84 Puente Virú.

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEV.GEOIDAL
PB01	744,043.23	9'068,336.2301	50.9115
AZ01	744,485.23	9'068,527.9708	49.5066

Fuente: Estudio topográfico – EDI (MTC.2019)

Cuadro N°4: Coordenadas Topográficas Puente Virú.

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEV.GEOIDAL
PB01	744,037.35	9'068,342.7787	50.9115
AZ01	744,479.20	9'068,534.4566	49.5066

Fuente: Estudio topográfico – EDI (MTC.2019)

Como resultado del levantamiento topográfico se obtuvo la poligonal de control, la misma que cuenta con las siguientes coordenadas mostradas en el cuadro N°5.

Cuadro N°5: Poligonal de Control-Coordenadas topográficas.

ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
744,037.35	9,068,342.78	50.9115	PB-01
744,526.55	9,068,608.75	50.302	V-02
744,225.67	9,068,331.51	47.188	V-03
744,126.10	9,068,243.61	51.596	V-04
743,916.13	9,068,133.91	47.099	V-05

Fuente: Estudio topográfico – EDI (MTC.2019)

En cuanto al control vertical, se ubicó el BM más cercano a la zona del puente, cabe precisar que este BM forma parte de la red de nivelación del Proyecto de Rehabilitación de la Calzada Actual, por tal motivo, el levantamiento del puente está amarrado a la altimetría.

3.2.3 Diseño geométrico.

El estudio del diseño geométrico tuvo por finalidad definir la sección transversal del Puente Virú, así como, ejecutar el trazo del eje y diseño en planta, perfil longitudinal y secciones transversales del puente y sus accesos, de acuerdo con la normatividad vigente y para cumplir con los índices de servicio, evitando en lo posible la afectación a las infraestructuras energéticas y de comunicaciones existentes, y sin sobrepasar los límites del Derecho de Vía de la Red Vial 4.

Sección transversal

Se adoptó la siguiente sección transversal de acuerdo con la normatividad vigente: 7.20 m de calzada o superficie de rodadura y bermas exteriores e interiores de 1.20 m. Adicionalmente a ello, se consideró dos veredas de 1.50 m adyacentes a las bermas exteriores, por encontrarse el puente emplazado en la zona urbana de Virú, ver figura N°4.

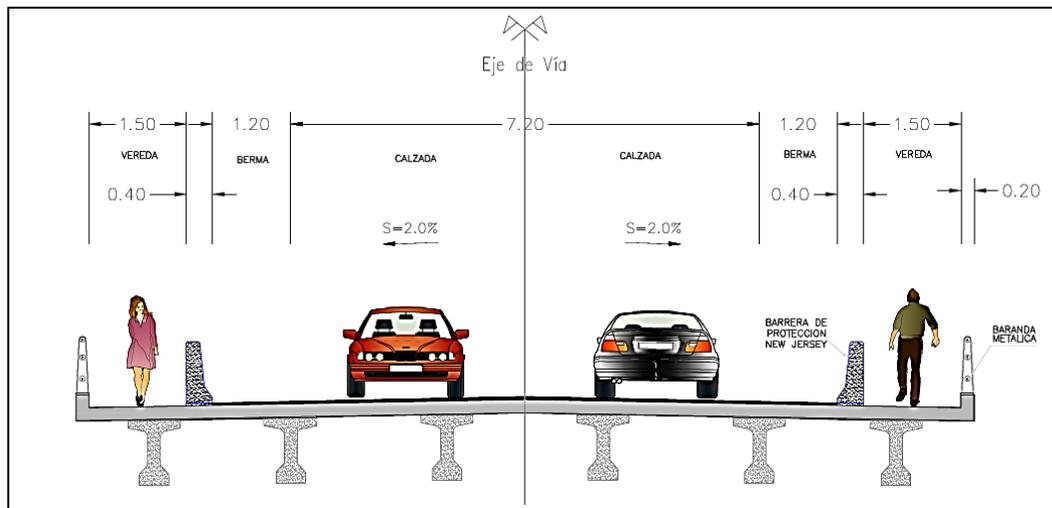


Figura N°4: Sección transversal del Puente Virú.
Fuente: Estudio de Diseño Geométrico – EDI (MTC, 2019)

Planta y perfil longitudinal

Concerniente al diseño en planta y perfil longitudinal, abarca una longitud de 410 m, y se inicia en el empalme con la Panamericana Norte, progresiva 520+088.389 y culmina en la progresiva 520+498.389.

El trazo mantiene el eje actual, se encuentra en tramo recto sin presentar curva horizontal alguna, habiéndose proyectado la estructura del puente con una pendiente de 0.531%, en tanto que el acceso norte tiene una pendiente de 1.579%. El empalme del acceso norte con la Panamericana Norte se ha proyectado mediante una curva vertical de 60 m y empalma con una pendiente de 0.453%. Ver figuras N°5 y N°6.

Adicionalmente a ello, se consideró la construcción de un muro de contención en el acceso que se encuentra en la margen izquierda del río Virú, con el objetivo de contener los derrames de la vía y no afectar la estructura proyectada (relleno estructural, paquete estructural de la calzada).

3.2.4 Hidrología e Hidráulica

El estudio de Hidrología e Hidráulica se desarrolló en fases o etapas, a fin de cumplir con lo establecido con la normativa vigente que se describen a continuación.

Recopilación de información

Esta etapa comprendió la recopilación y análisis de la información bibliográfica en el área de hidrología de estudios anteriores, información cartográfica obtenida del IGN (Instituto Geográfico Nacional), datos meteorológicos de precipitaciones máximas de 24 horas obtenidas del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) y del ANA (Autoridad Nacional del Agua, así como información de la data del Fenómeno El Niño.

Trabajos de campo y gabinete

El trabajo de campo sirvió para la identificación de las corrientes que son interceptadas por el cauce que cruza el puente y estimación de los parámetros hidrológicos a partir de las evidencias encontradas, tales como el comportamiento en el diseño de las estructuras y la vía, el efecto de El niño costero, la cobertura y niveles máximos del flujo, las que se usaron para calibrar las estructuras existentes que pudieran comprometer el servicio de la vía.

El estudio de gabinete comprende el análisis y actualización de la información recogida y de los trabajos de campo, así como, de los estudios hidrológicos que conducen a la estimación de los caudales de diseño tanto para la verificación de las estructuras existentes como las que se van a reemplazar.

Hidrografía del río Virú

La cuenca hidrográfica del río Virú comprende un área de 2805 km² y se extiende por las provincias de Virú, Julcán y Trujillo pertenecientes al departamento de la Libertad. La longitud del cauce principal es de 89 km, presentando una pendiente promedio de 5%, sin embargo, presenta sectores en que se hace más fuerte, especialmente en el río Pirhuay, tributario por la margen izquierda, ver figura N°7.

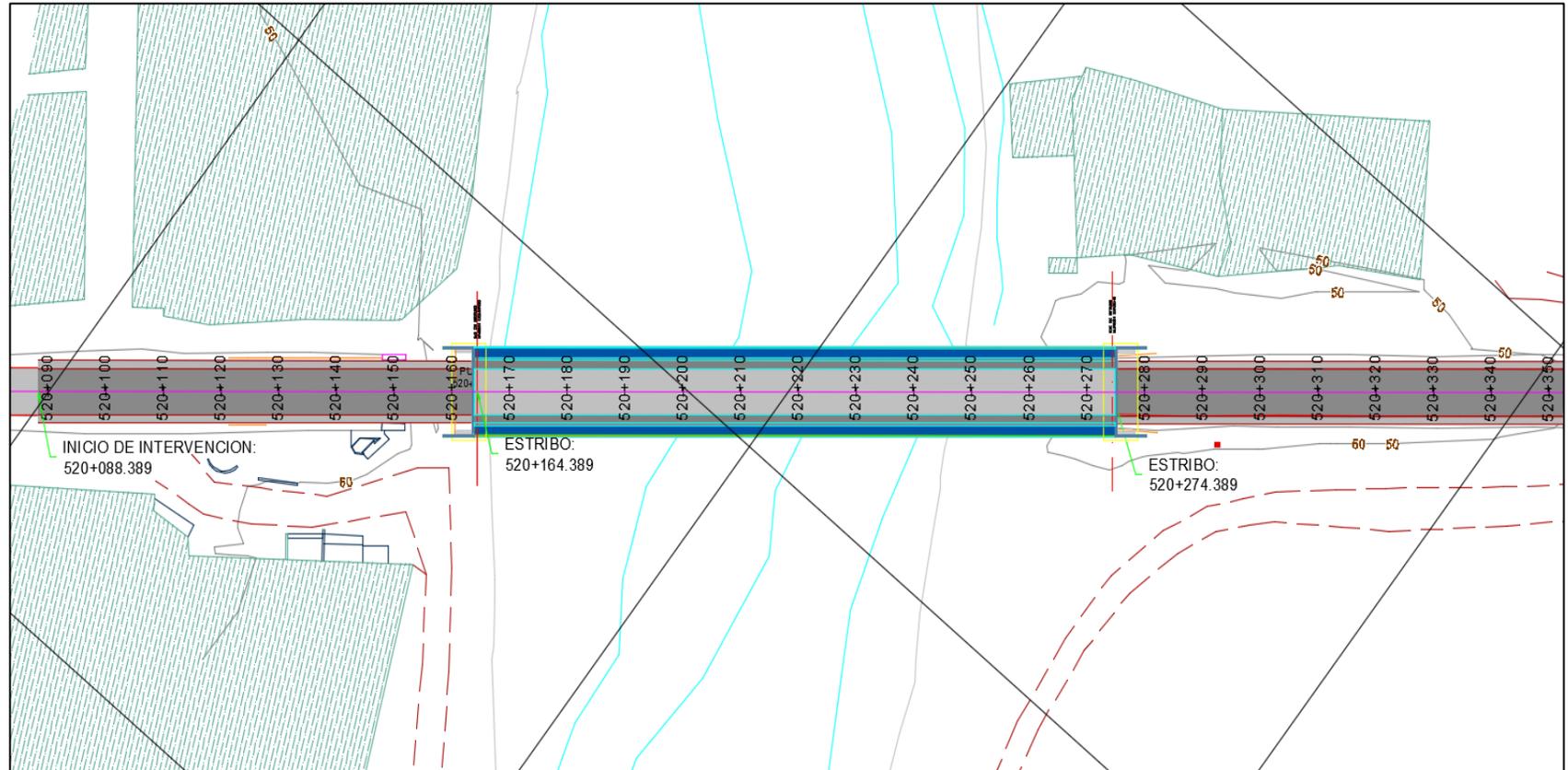


Figura N°5: Vista del trazo en Planta del Puente Virú.
Fuente: Estudio de Diseño Geométrico – EDI (MTC, 2019)

Efectos del fenómeno de El Niño Costero 2017

Por efectos del fenómeno natural de El Niño Costero 2017 se tuvieron crecientes de régimen excepcional en el caudal del río y arrastre de gran cantidad de materiales transportados, lo cual ocasionó la caída de la estructura metálica reticulada del Puente Virú, como consecuencia del colapso de uno de sus pilares intermedios por efectos de socavación de su cimentación, ocasionando la interrupción total del tránsito vehicular a toda la zona norte del país, ver figura N°8.

Luego de realizar los estudios del histórico de las principales estaciones hidrométricas, se estimó que el caudal que ocasiono el colapso del Puente Virú fue alrededor de 300 m³/s en marzo del 2017.



Figura N°7: Hidrografía y cuenca hidrográfica del río Virú.
Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)



Figura N°8: Puente Virú colapsado, Fenómeno del Niño Costero 2017.
Fuente: RPP (2017)

Determinación de caudales

Para la determinación de los caudales de diseño y parámetros para el diseño del puente se emplearon los conceptos y procedimientos que demanda un estudio hidrológico. Entre ellos se tiene: estudio de cuencas, información histórica de fenómenos de El Niño, cartografía, determinación de los parámetros hidrográficos de la cuenca, análisis de información pluviométrica e hidrométrica, selección del periodo de retorno de diseño, análisis de tormentas (determinación de la precipitación máxima de 24 horas y el factor de ajuste, análisis de frecuencia, prueba de bondad de ajuste, determinación de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, y determinación del hietograma de precipitación de diseño).

Luego del análisis hidrológico se obtuvieron el caudal de diseño, la luz libre hidráulica y el borde libre, ver los cuadros N°6 y N°7 respectivamente.

Cuadro N°6: Caudales de diseño obtenidos

NOMBRE ESTRUCTURA	NOMBRE RÍO/QUEBRADA	ÁREA KM ²	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /s)	
			140 AÑOS	500 AÑOS
Puente Virú	Virú	1926.3	416.8	657.5

Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)

Cuadro N°7: Parámetros de borde libre y luz hidráulica

DESCRIPCIÓN	PROPUESTA
Borde Libre	2.00 m
Luz hidráulica	110.00 m

Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)

Estimación de la profundidad de socavación

Para estimar la profundidad de socavación para el diseño del Puente Virú se tuvo en consideración la socavación general que ocurre independientemente de la presencia del puente; caso contrario a la socavación por contracción que ocurre en la zona de los apoyos (estribos, pilares) y cuya suma de éstas permite obtener la socavación potencial total.

En ese sentido, conforme a lo establecido por el Manual de Hidrología, Hidráulica, y Drenaje del MTC (MTC, 2011), los cálculos de socavación se realizaron en base al caudal de avenida de 500 años, a fin de garantizar un estándar hidráulico mayor al utilizado en la determinación de la sección hidráulica de puentes.

Del mismo modo, para dichos cálculos se han utilizado formulas recomendadas por el Manual de Hidrología, Hidráulica, y Drenaje del MTC.

En el cuadro N°8 se muestra los resultados obtenidos luego del análisis, modelo y cálculo de socavaciones.

Cuadro N°8: Socavación del Puente Virú

Tipo de socavación	Estribo izquierdo	Cauce principal	Pilar	Estribo derecho
	(m)	(m)	(m)	(m)
Socavación general	2.7	2.7	2.7	2.7
Socavación local en estribos y pilares	3.4	-	3.5	3.4
Socavación potencial	6.1	-	6.2	6.1

Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)

En el cuadro N°9 y figura N°09 se muestran las cotas de socavación potencial obtenidas en los cálculos y el gráfico para los estribos y pilares.

Cuadro N°9: Cotas de socavación potencial en los apoyos del Puente Virú

Puente	Estribo izquierdo	Pilares	Estribo derecho
	(msnm)	(msnm)	(msnm)
Virú	36.22	36.12	36.22

Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)

Análisis y Resultados

Para el análisis, se estimó el caudal de diseño con la información hidrométrica de la estación Huacapongo, ubicada aguas arriba del Puente Virú. Para obtener el valor correspondiente al Puente Virú usando el valor obtenido en la estación, se aplicó la

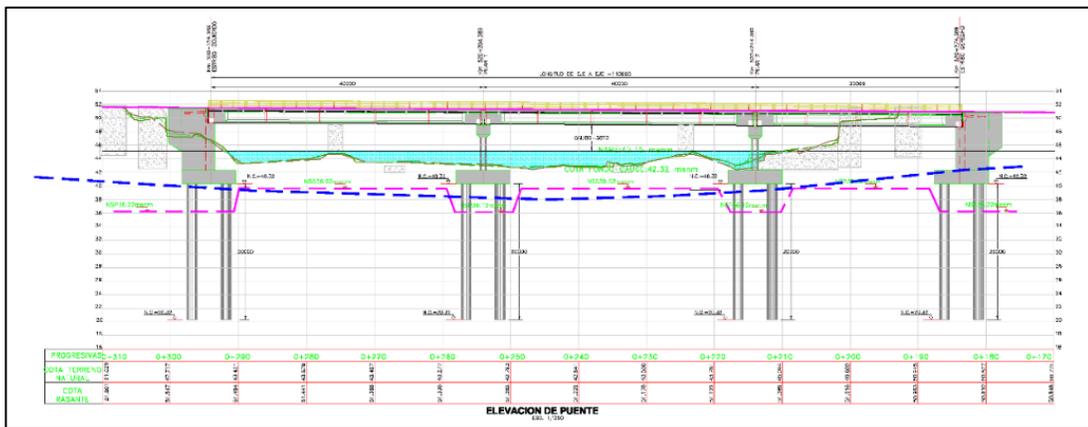


Figura N°9: Socavación potencial en los apoyos, vista de perfil.
Estudio de Hidrología e Hidráulica – EDI (MTC, 2019)

formulación de Precipitación –Escorrentía, analizando los resultados de los estudios de antecedentes aprobados, verificando la aplicación de la normativa vigente y considerándose la data de la precipitación del mes de marzo 2017 en las estaciones Laredo y Julcán. Aplicando la formulación de Caudal máximo de diseño y Precipitación – Escorrentía, se estimó un caudal de 416.80 m³/s para un tiempo de retorno de 140 años. El cauce contiguo al puente se encuentra encauzado en anchos que varían entre 72.0 m a 77.0 m como se muestra en la figura N°10 en las secciones aguas arriba y aguas abajo del puente.

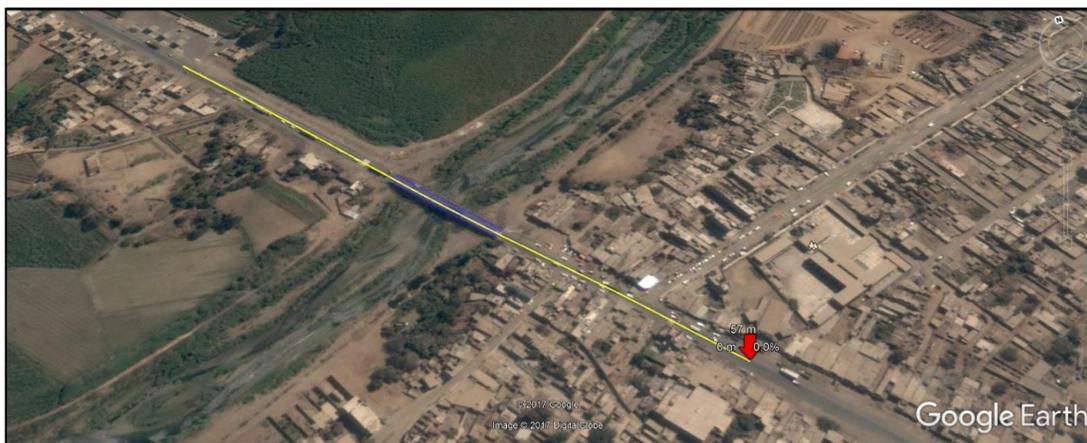


Figura N°10: Encauzamientos aguas arriba y aguas abajo del puente Virú.
Fuente: Google Earth 2017.

Por otro lado, como parte del estudio, se estimó el ancho estable, considerando el cauce como un canal “en régimen”, a partir del caudal de diseño, el diámetro de la granulometría del material del fondo del lecho y las características de las orillas del alcance. Para ello, mediante los dos Métodos de Teoría del Régimen se llegó a determinar las dimensiones de la sección estable del cauce, los resultados se ven en el cuadro N°10 con valores que varían desde los 70.00 m hasta los 91.0 m.

Cuadro N°10: Resultados del ancho estable, tirante y velocidad

Método	Q (m ³ /s)	Base (m)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)
Campo – Evento El Niño Costero cercano al puente	-	77.00	-	-
Recomendación practica	416.80	70.00	-	-
Petits	416.80	91.00	1.50	3.11
Simons y Henderson	416.80	86.00	1.70	3.38
Blench Altunin	416.80	91.00	3.90	1.31

Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)

Considerando ello, se realizó el modelamiento hidráulico; aplicando el programa HecRAS (USACE, 2020) para la estimación de los parámetros hidráulicos a considerar. En las figuras N°11 y N°12 se muestran resultados del modelamiento.

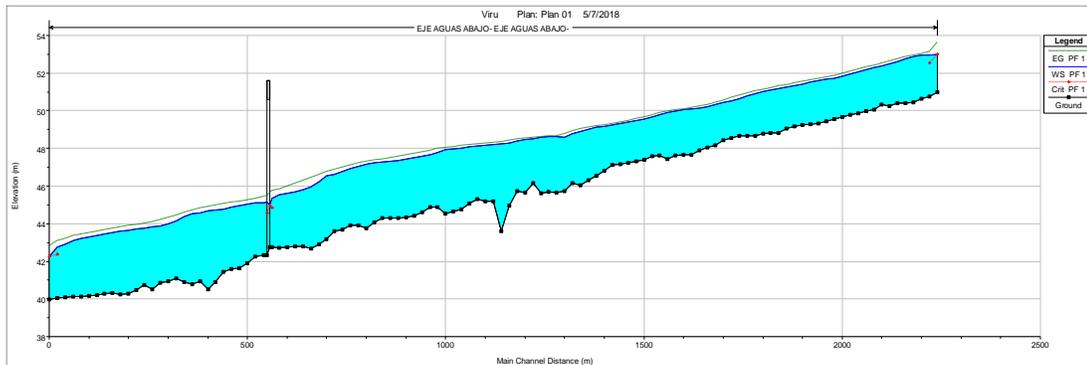


Figura N°11: Esquema del perfil de flujo – TR 140 años.
Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)

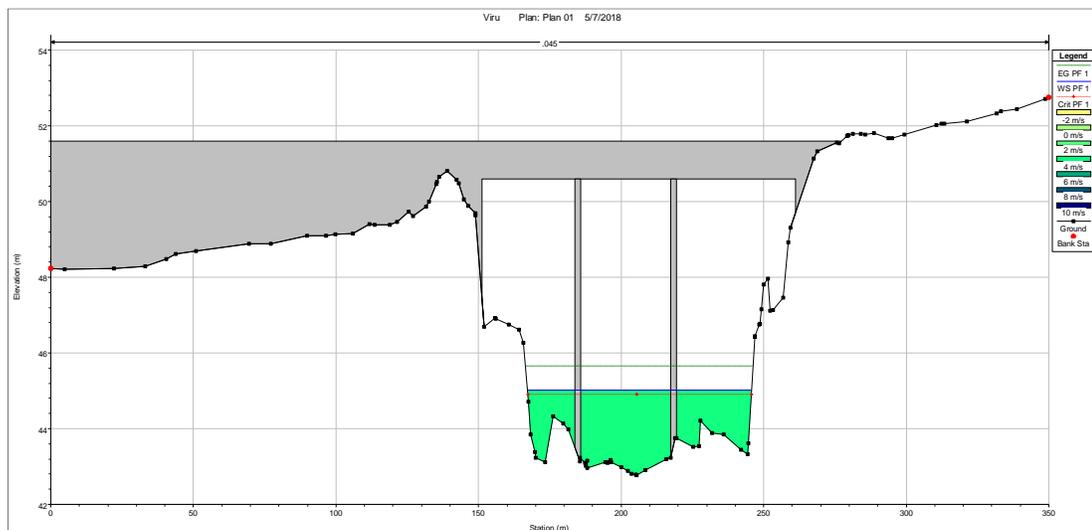


Figura N°12: Esquema de la sección transversal – TR 140 años.
Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)

Asimismo, en el cuadro N°11 se muestran los resultados técnicos hidráulicos.

Cuadro N°11: Resultados técnicos hidráulicos – Puente Virú

DATOS TÉCNICOS	TR ₁₄₀ =416.80 m ³ /s
Luz hidráulica del puente (m)	90.00
Cota Fondo de Cauce (msnm)	42.32
Cota NAME (msnm)	45.15
Tirante (m)	2.83

DATOS TÉCNICOS	TR ₁₄₀ =416.80 m ³ /s
Borde Libre (m)	3.87
Fondo de Viga (msnm)	49.02
Altura de superestructura (m)	2.00

Fuente: Estudio de hidrología e hidráulica – EDI (MTC, 2019)

3.2.5 Obras complementarias

Obras de encauzamiento

Luego del análisis en conjunto del análisis hidráulico e información de campo se determinó los sectores de encauzamiento proyectados para el Puente Virú cuyas en planta y sección transversal se muestran en las figuras N°13 y N°14, respectivamente.



Figura N°13: Área de encauzamiento vista en planta
Fuente: Estudio de obras complementarias – EDI

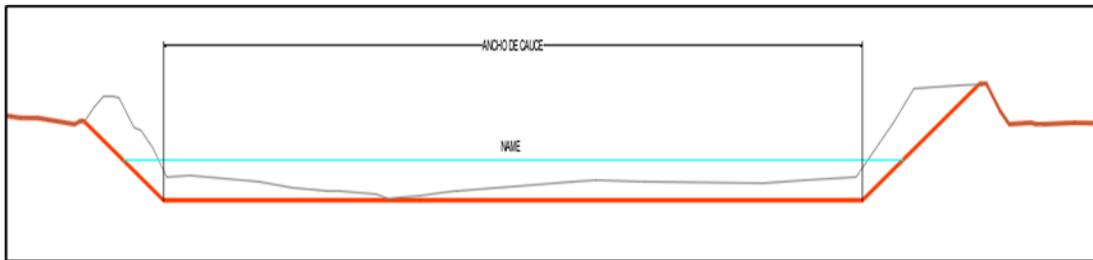


Figura N°14: Área de encauzamiento vista en sección transversal
Fuente: Estudio de obras complementarias – EDI (MTC, 2019)

Obras de defensa ribereña

En el Estudio Definitivo de Ingeniería se ha proyectado las defensas ribereñas teniendo como base los resultados del modelamiento y dimensionamiento hidráulico. El plano en planta del puente a reponer se muestra en la figura N°15, en ella se puede apreciar las longitudes y orientación de las defensas ribereñas tanto en ambas márgenes, como aguas arriba y aguas abajo del puente. Así mismo, en el cuadro N°12 se muestra las longitudes de enrocado a ejecutarse en ambas márgenes aguas arriba y aguas abajo, además, en la figura N°16 se muestra la Sección Tipo de la escollera de la estructura con enrocado, cuya uña estará cimentada por debajo de la cota de socavación del río.

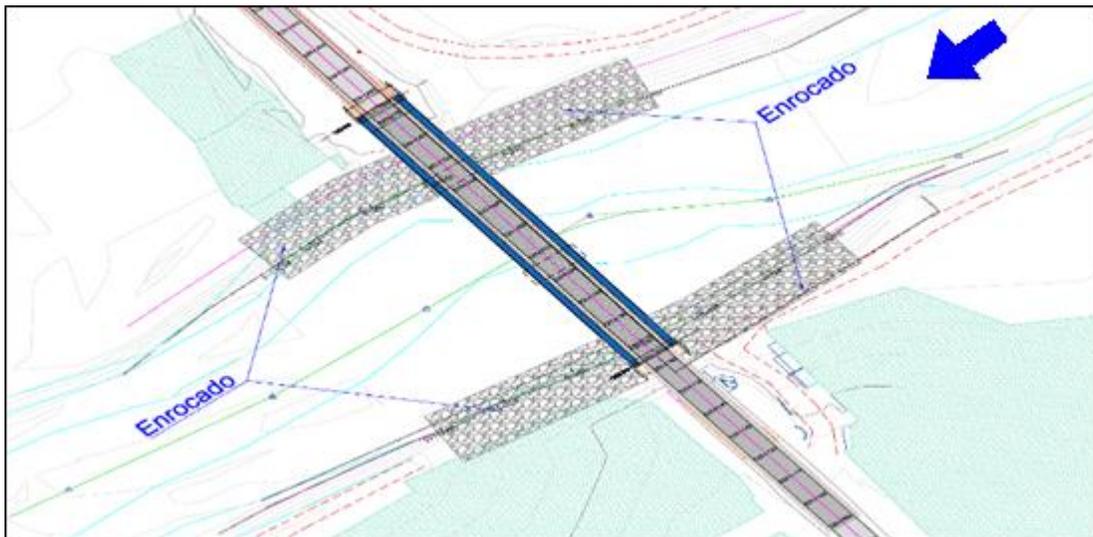


Figura N°15: Defensas Ribereñas con Enrocado, vista de Planta.
Fuente: Estudio de obras complementarias – EDI (MTC, 2019)

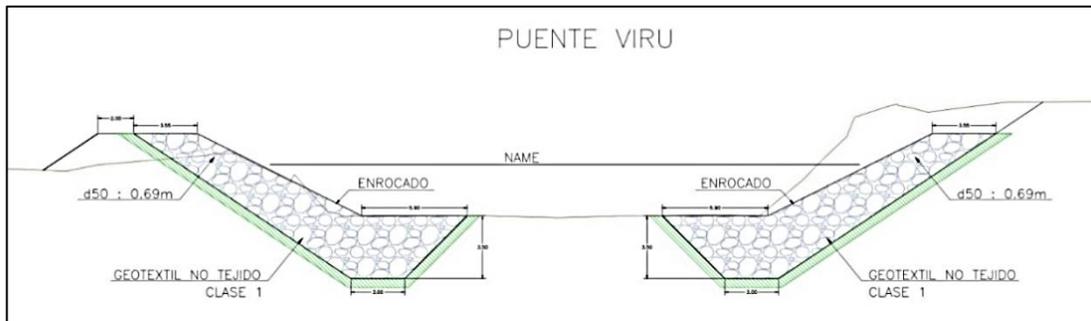


Figura N°16: Sección tipo – Enrocado.

Fuente: Estudio de obras complementarias – EDI (MTC, 2019)

Cuadro N°12: Longitud de enrocado – Puente Virú

	LONGITUD DE ENROCADO NUEVO (m)	
	Margen Izquierda	Margen Derecha
AGUAS ARRIBA	53.24	52.47
AGUAS ABAJO	53.19	48.29
	106.43	100.76

Fuente: Estudio de obras complementarias – EDI (MTC, 2019)

Finalmente, como parte del diseño para el enrocado se obtuvo la granulometría del enrocado y geometría, tales resultados se pueden observar en el cuadro N°13 y N°14

Cuadro N°13: Granulometría del enrocado- Puente Virú

D₁₀₀	D₅₀	D₂₀	D₀
1.40	0.70	0.20	0.15

Fuente: Estudio de obras complementarias – EDI

Cuadro N°14: Datos para el dimensionamiento del enrocado- Puente Virú

D₅₀ (m)	D₁₀₀ (m)	C (m)	Cimentación (m)		T_{min} (m)	senβ	T_{min}/senβ
			b	Hs			
0.70	1.40	3.00	3.00	3.50	1.40	0.60	2.30

Fuente: Estudio de obras complementarias – EDI (MTC, 2019)

3.2.6 Costos, presupuesto y cronograma

Metrados

Para el presente Estudio, los metrados de cada una de las partidas que conforman el presupuesto base, se cuantificaron considerando la forma de medición establecido en las Especificaciones Técnicas y los diseños desarrollados en el proyecto.

Presupuesto

El presupuesto de obra a costo directo se ha elaborado considerando la ejecución de la obra por el sistema de precios unitarios en base a los metrados y precios por cada partida. El costo directo a Precios Unitarios ha sido determinado a la fecha de agosto 2018; y asciende al monto de S/ 19'960,913.46 soles. El detalle del presupuesto se encuentra en el Anexo 1.

Programación de obras

Durante la elaboración de los estudios definitivos, en los que se determina el plazo de obra, se DESCONOCE la probable fecha de inicio de las obras, fecha que recién puede ser determinada una vez que se ha cumplido con los requisitos establecidos en el Artículo 184 – inicio del plazo de Ejecución de Obra, del Reglamento de Contrataciones del Estado.

Sin embargo, para determinar el plazo de ejecución de obra, el Proyectista consideró holguras en las actividades que conforman la ruta crítica. Ello fue con la finalidad de permitir que el Contratista pudiera considerar la estacionalidad climática en su programación de obra, y cumplir lo indicado en el numeral 3 del artículo 183° del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

Finalmente, en el EDI (MTC,2019) se consideró un plazo de ejecución de obra de 15 meses (450 días calendario). El inicio de obra se estableció en el 01 de octubre del 2020 con fecha de culminación de obra el 23 de diciembre del 2021.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS INCOMPATIBILIDADES HIDRÁULICAS

A continuación, se describe el proceso de identificación y análisis de las incompatibilidades hidráulicas presentes en el proyecto. Además, se indica el impacto ocasionado en el proyecto a causa de las incompatibilidades hidráulicas encontradas

en la etapa de ejecución, básicamente en el plazo de ejecución del proyecto.

3.3.1 Superposición de estructuras

Al realizar el replanteo topográfico por parte del Contratista, considerando los detalles y las secciones de los planos del EDI, se identificó que la proyección geométrica del enrocado, tanto aguas arriba como aguas abajo y en ambos márgenes del Puente Virú, se superpone con terrenos habitados, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de accesos de bien común de la población del Puente Virú, como se muestra en la figura N°17. Las zonas que causan incompatibilidades son las siguientes y se detallan a continuación:

- Margen derecha, aguas arriba
- Margen derecha, aguas abajo
- Margen izquierda, aguas arriba
- Margen izquierda, aguas abajo

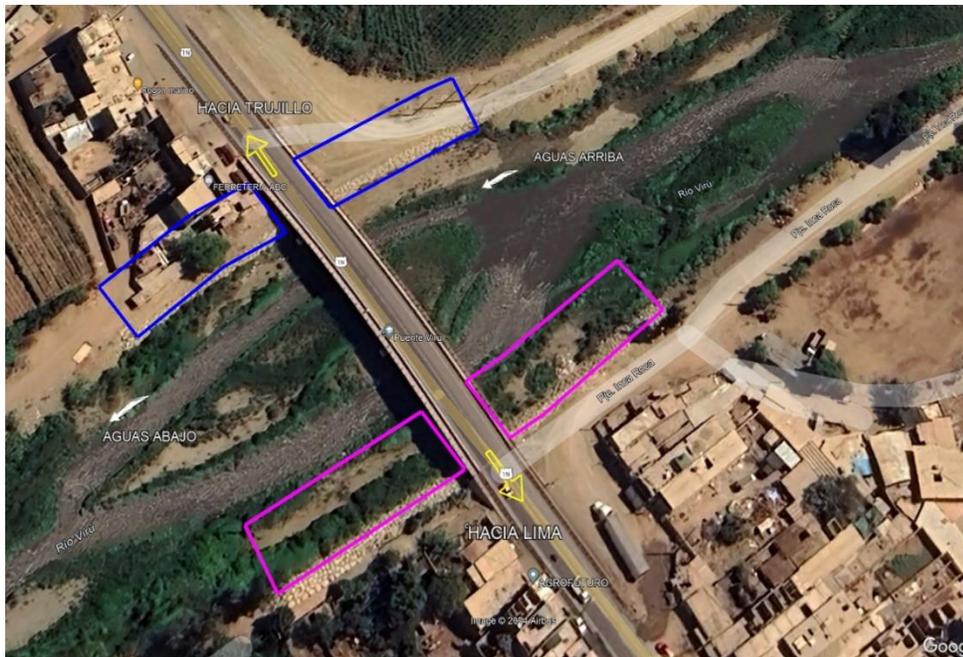


Figura N°17: Superposición de estructura existentes con proyectadas.
Fuente: Modificado de Google Earth 2017.

Margen derecha, aguas arriba

La ubicación del enrocado proyectado se encuentra dentro del área restringida de un poste de alta tensión. Asimismo, se ha notado la existencia de un acceso-trocha local, el mismo que se encuentra por encima del enrocado proyectado, ver figuras N°18 y N°20 (recuadro de color amarillo).

Margen derecha, aguas abajo

La ubicación del enrocado proyectado se encuentra dentro del áreas que se encuentran habitadas por pobladores de la zona, ver figura N°20 y 21 (recuadro de color amarillo).

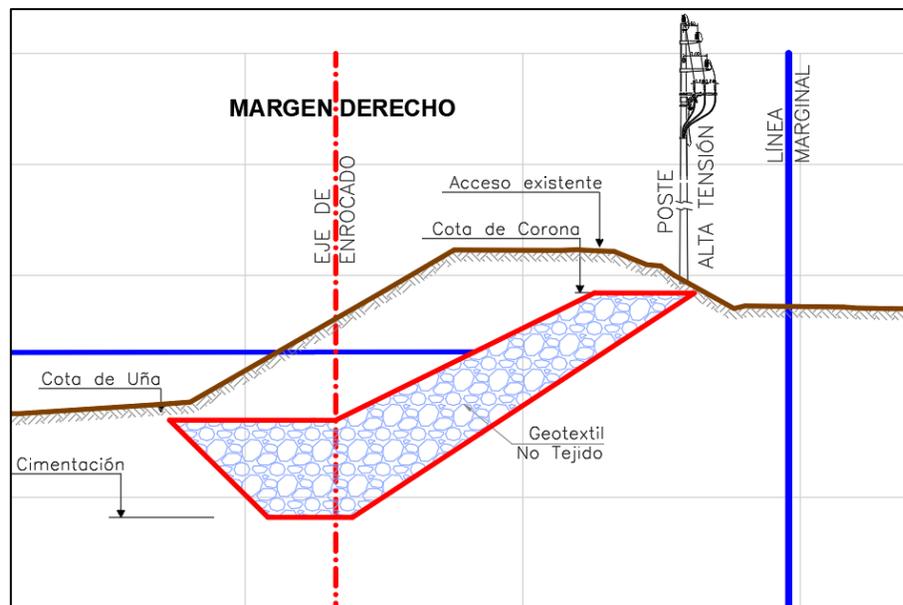


Figura N°18: Superposición de estructuras, margen derecha, aguas arriba.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)



Figura N°19: Postes y acceso-trocha local, margen derecha, aguas abajo.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

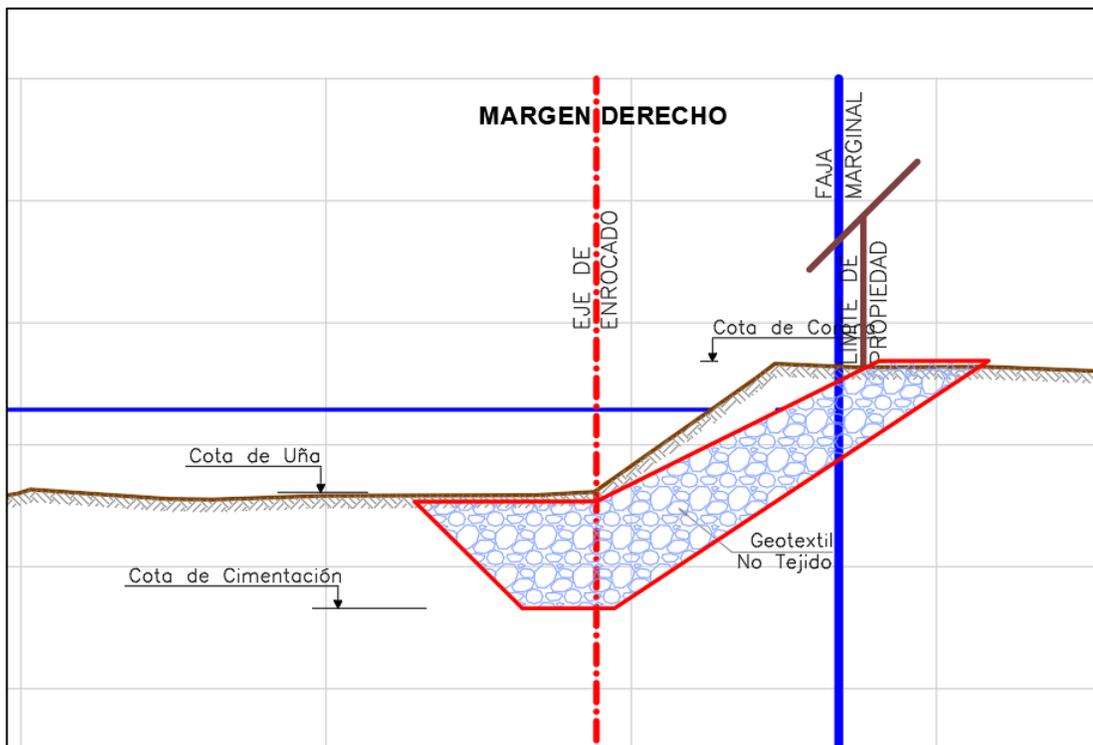


Figura N°20: Superposición de estructuras, margen derecha, aguas abajo.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)



Figura N°21: Viviendas existentes, margen derecha, aguas abajo.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

Margen izquierda, aguas arriba

La ubicación del enrocado proyectado, se encuentra dentro del área establecida para el acceso-trocha local, ver figura N°22

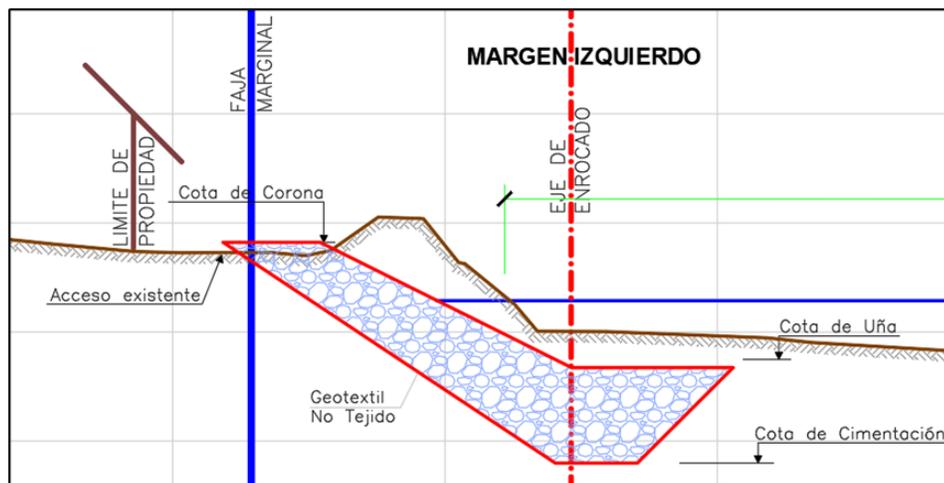


Figura N°22: Superposición de estructuras, margen izquierda, aguas arriba
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

Margen izquierda, aguas abajo

La ubicación del enrocado proyectado, se encuentra dentro del área establecida para el acceso-trocha local y cercos vivos, ver figura N°23.

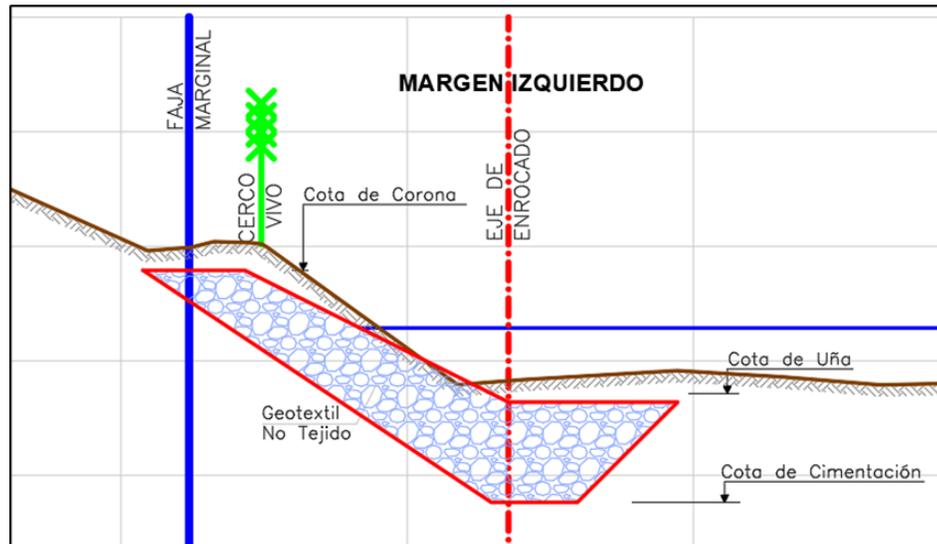


Figura N°23: Superposición de estructuras, Margen izquierda, aguas abajo

Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

3.3.2 Transición de enrocado con lecho natural

Cuando se realizaron los replanteos de la proyección de enrocados también se tuvieron incompatibilidades en las zonas de transición de los enrocados y el lecho natural del río. A continuación se hace una descripción de cada caso.

Enrocado en aguas arriba

En los planos del diseño no se contempló la transición entre el enrocado proyectado, aguas arriba, y el lecho natural del río (ver figura N°24) achurado de color amarillo. Al no existir la transición del enrocado, esto podría dar origen al socavamiento temprano de la cimentación y cuerpo del enrocado.

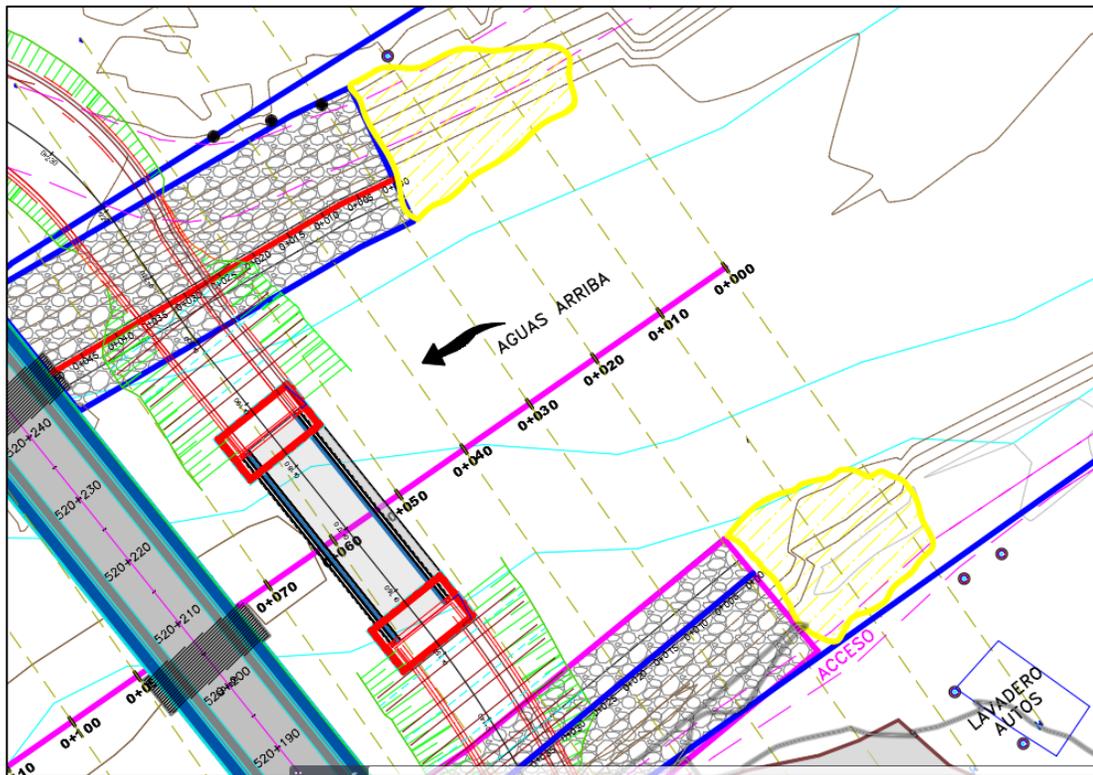


Figura N°24: Transición de enrocado, aguas arriba
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

Enrocado en aguas abajo

En los planos del diseño no se contempló la transición entre el enrocado proyectado, aguas abajo, y el lecho natural del río (ver figura N°25) achurado de color amarillo. Al no existir la transición del enrocado, esto podría dar origen al socavamiento temprano de la cimentación y cuerpo del enrocado.

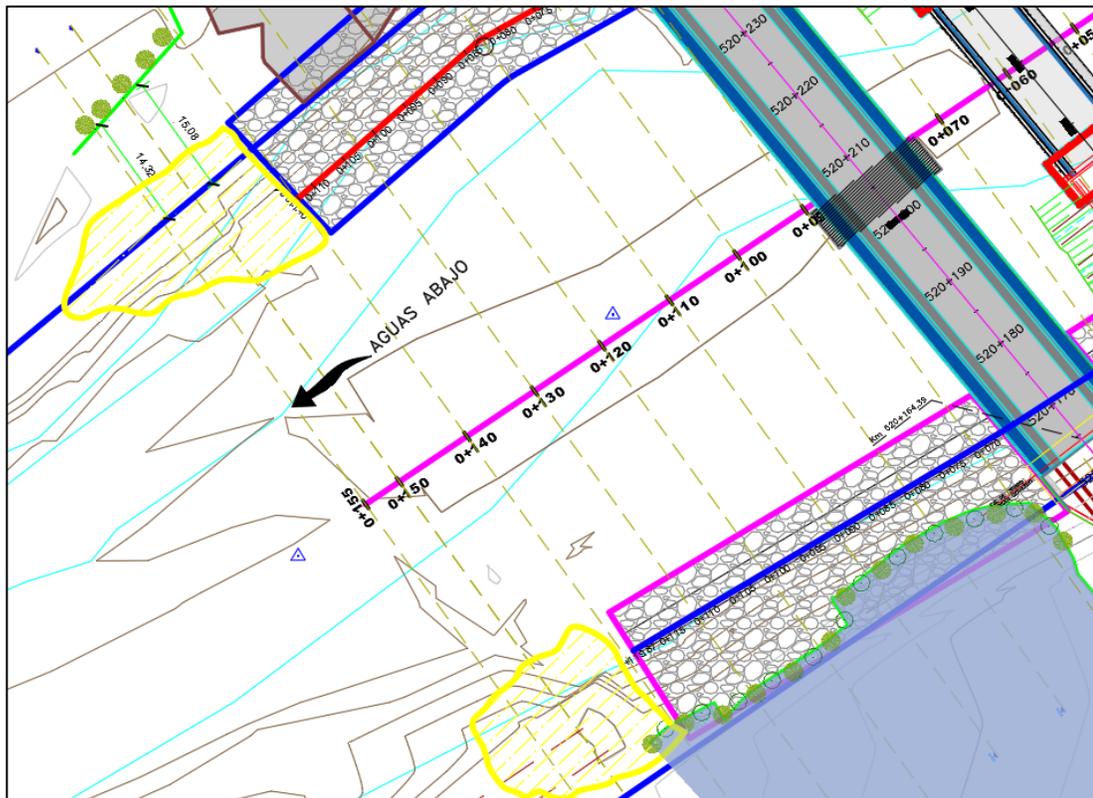


Figura N°25: Transición de enrocado, aguas abajo.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

3.3.3 Transición de enrocado con estructuras

Enrocado en el Pilar N°02

En los planos del EDI, no se contaban con detalles específicos de los tramos de transición entre el enrocado de la margen derecha y el Pilar 02 (ver figura N°26) achurado de color amarillo, esta incompatibilidad generó una solicitud de verificación hidráulica por parte del Supervisor y de esa manera complementar el diseño con la transición adecuada.



Figura N°26: Transición de enrocado del margen derecha y Pilar 02.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

Enrocado con el estribo izquierdo

En los planos del EDI, no se contaban con detalles específicos de los tramos de transición entre el enrocado de la margen y el estribo izquierdos (ver figura N°27) achurado de color amarillo, esta incompatibilidad generó una solicitud de verificación hidráulica por parte del Supervisor y de esa manera complementar el diseño con la transición adecuada.



Figura N°27: Transición de enrocado de la margen y el estribo izquierdo.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

3.4 IMPACTO EN EL PLAZO DE EJECUCIÓN

Conforme al Expediente Técnico Definitivo (EDI), el plazo total contemplado para la ejecución del proyecto era de 15 meses; cuyo inicio fue programado en octubre del 2020 y la finalización estaba programada para diciembre del 2021.

Por otro lado, el inicio de la ejecución de las defensas ribereñas estaba programado en el mes 9 (junio 2021). Sin embargo, el Contratista en aras de incrementar las valorizaciones mensuales y generar mayor flujo financiero al proyecto, inició los trabajos en el mes 2 (diciembre 2020) pese a que el río se encontraba en temporada de crecida.

Durante el proceso de ejecución de los trabajos de trazo y replanteo se identificó las incompatibilidades y el Contratista se vio obligado a paralizar sus actividades; excavaciones y acarreo del material de enrocado (ver figura N°28).



Figura N°28: Material de enrocado acopiado, aguas arriba
Fuente: Panel fotográfico de la ejecución (AUNOR, 2021)

Después de identificar las incompatibilidades, se procedió a elaborar informes/replanteos como propuestas de solución, estos informes fueron elaborados por el área técnica tanto del Contratista como la Asistencia Técnica de la Concesionaria, para que luego fueran presentados a la Supervisión para su revisión y aprobación.

El tiempo total empleado para la elaboración, revisiones y aprobación de las propuestas de solución fue aproximadamente de 7 meses. En la figura N°29, se ha esquematizado los tiempos empleados para el tratamiento de las incompatibilidades dentro del marco de la línea base cero (LB00).

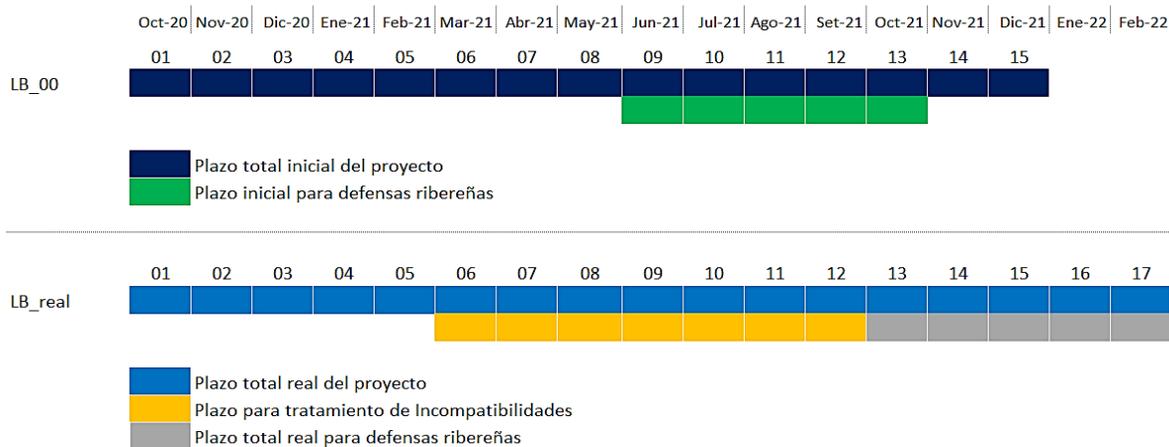


Figura N°29: Esquema con los plazos iniciales y reales del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°29 se puede notar que el tratamiento de las incompatibilidades hasta la aprobación de la propuesta de solución ha tomado un plazo aproximadamente de 7 meses; y esto a su vez ha generado un plazo adicional de ejecución de 2 meses para el proyecto.

Asimismo, como consecuencia de las incompatibilidades hidráulicas encontradas en el proyecto, se han presentado las siguientes dificultades:

- Conforme a la programación de obra del EDI, los trabajos de defensas ribereñas no formaban parte de la ruta crítica; sin embargo, por la existencia de incompatibilidades hidráulicas se convirtieron en ruta crítica.
- El material de roca que se transportó inicialmente (de cantera a obra) quedó acopiado en el cauce; siendo motivo de observación por la Supervisión debido al peligro que representaría durante la crecida del caudal del río Virú.
- El contratista no pudo valorizar oportunamente el material de roca ni tampoco el transporte correspondiente (cantera-obra), esto debido a que no se podía realizar la colocación de enrocados. El no valorizar en el mes que le correspondiente, afectó financieramente la Contratista.
- Producto de las incompatibilidades hidráulicas finalmente se generó una ampliación del plazo de ejecución de aproximadamente 02 meses, la que, a su vez, generó costos adicionales al proyecto.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE SOLUCIONES ADOPTADAS

4.1 SUPERPOSICIÓN DE ESTRUCTURAS

En el proceso del replanteo para ejecución del enrocado se identificó las incompatibilidades de los trazos proyectados con las estructuras existentes que se describieron en el capítulo anterior. A continuación, se describe la propuesta de solución por parte del Contratista.

4.1.1 Solución propuesta por el Contratista

Debido a las condiciones encontradas en los terrenos colindantes con las defensas ribereñas, tanto aguas abajo como aguas arriba del Puente Virú proyectado, la ejecución del talud propuesto en el EDI, 1:1.5 (V:H), afectaría la propiedad privada, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de accesos.

Ante ello el Contratista propone realizar una adecuación al talud propuesto en el EDI de 1:1.5 (V:H) a un talud 1:1 (V:H), con lo cual se evitaría intervenir y afectar propiedad privada, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de acceso de bien común de la población del Puente Virú (ver figura N°31).

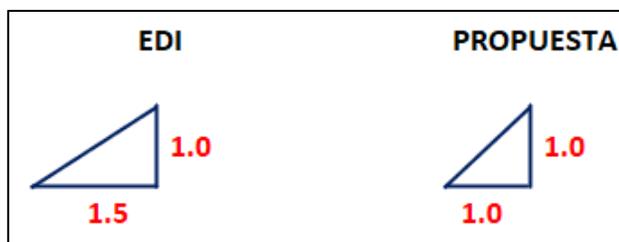


Figura N°30: Propuesta de talud para el enrocado.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

Con la variación del talud se recalculó los parámetros de diseño del enrocado haciendo uso del método del U.S. Department of Transportation. En el cuadro N°15 se muestra un resumen de los parámetros obtenidos.

Asimismo, se realizó la verificación de incremento del tirante hidráulico considerando la ecuación de continuidad, descrita en el capítulo 2.

Las figuras N°31 y N°32 muestran las condiciones geométricas iniciales del EDI para el diseño del enrocado y la propuesta realizada por el Contratista respectivamente.

Cuadro N°15: Parámetros obtenidos de la propuesta

	EDI	PROPUESTA CONTRATISTA		
Parámetros iniciales				
$Qd_{140 \text{ años}}$	=	416.80	416.80	m ³ /s caudal de diseño
V	=	11.50	11.50	pies/s velocidad media
y	=	13.00	13.32	pies tirante medio
θ	=	33.70	33.70	° ángulo de reposo de enrocado
ϕ	=	41.00	45.00	° ángulo de inclinación del talud
FS	=	2.00	2.00	factor seguridad
Parámetros obtenidos				
d_{50}	=	0.70	0.60	m diámetro medio
$T = 2d_{50}$	=	1.40	1.20	m espesor mín

Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

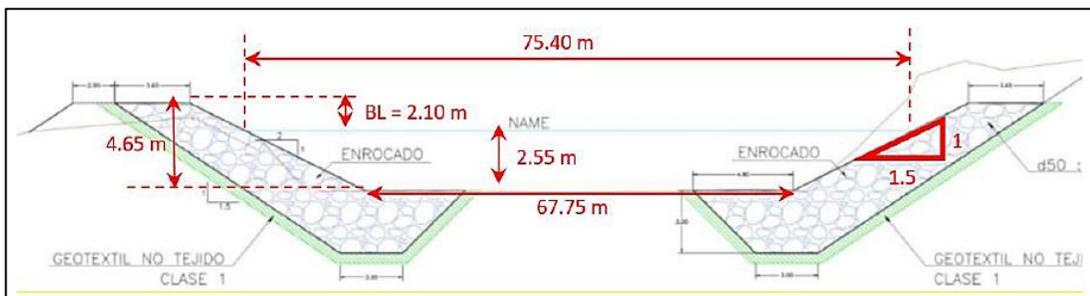


Figura N°31: Sección transversal del diseño EDI.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

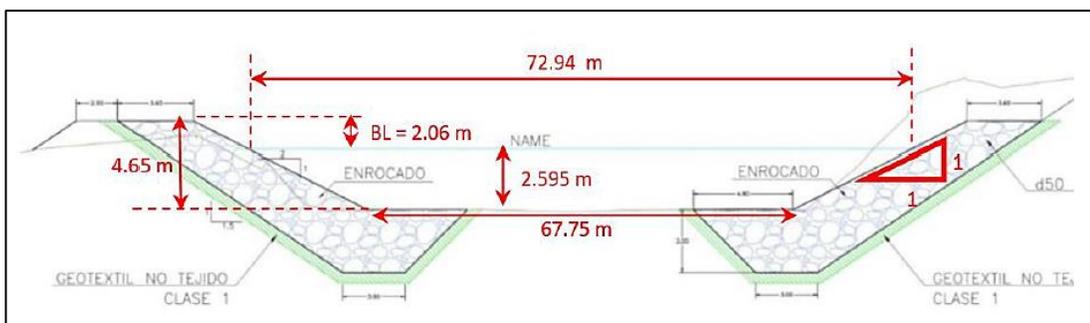


Figura N°32: Sección transversal propuesta por el Contratista.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

Con los parámetros geométricos propuestos por el contratista y manteniendo el caudal y área hidráulica constantes; se procedió a determinar el nuevo tirante sin

sobrepasar el borde libre establecido (2.0 m), en el cuadro N°16 se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

Cuadro N°16: Tirante propuesto por el Contratista

		EDI	PROPUESTA CONTRATISTA		
Parámetros iniciales					
Q	=	416.80	416.80	m ³ /s	Caudal de diseño
V _c	=	3.84	3.84	m/s	Velocidad crítica
Bl mín.	=	2.00	2.00	m	Borde libre mínimo
V	=	2.28	2.28	m/s	Velocidad
Parámetros obtenidos					
Y	=	2.55	2.595	m	Tirante
B	=	2.10	2.055	m	Borde libre

Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

Finalmente, después de presentar la propuesta, el contratista concluyó que se está respetando las condiciones de mantener una velocidad de flujo menor a la velocidad crítica conservando un borde libre mayor al mínimo de 2.0 m; razón por la cual la adecuación del enrocado de protección cumple con los parámetros de diseño considerados en el EDI.

4.1.2 Solución adoptada por el Proyectista

La Supervisión luego de realizar la revisión de la propuesta de solución elaborado por el Contratista, solicitó la revisión y validación por parte del Proyectista.

Como respuesta de ello, el proyectista planteo la propuesta de solución, la misma que fue aprobada por la Supervisión. A continuación, se procede a realizar la descripción y consideraciones planteadas por el Proyectista.

Las principales consideraciones y/o criterios para la verificación de la readecuación de las defensas ribereñas fueron las siguientes:

- Las líneas constructivas de las nuevas secciones deben estar dentro de la faja marginal.
- Debe alejarse de los terrenos que se encontraban afectados por el primer

replanteo efectuado.

- La sección del enrocado equivalente debe mantenerse, a fin de compensar el incremento de la pendiente de talud.
- La altura de la corona del nuevo planteamiento de la sección readecuada debe estar por encima del NAME, con una distancia mayor o igual a 2.00 m

Para el Análisis hidráulico se tuvieron las siguientes consideraciones y/o criterios:

- Durante el proceso constructivo, las condiciones encontradas en los terrenos colindantes con las defensas ribereñas a posicionar de acuerdo con el replanteo topográfico, tanto aguas abajo como aguas arriba del Puente Viru proyectado, la ejecución del talud propuesto en el EDI, 1:1.5 (V:H), afectaría la propiedad privada, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de accesos.
- Asimismo, en las zonas de afectación se encontraron otras interferencias, razón por la cual se decidió realizar una adecuación al talud propuesto en el EDI de 1:1.5 (V:H) a un talud 1:1 (V:H), con lo cual se evitaría intervenir y afectar propiedad privada, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de acceso de bien común de la población del Puente Viru.
- Cabe resaltar que esta adecuación no implica la reducción del ancho del lecho del río, ni ningún parámetro de diseño indicado en el EDI, sólo se incrementará la pendiente de los taludes de los enrocados de protección laterales, incrementando de manera poco significativa el tirante hidráulico y reduciendo de la misma manera el ancho del espejo de agua, sin incumplir las condiciones de borde libre mínimo ni incrementar significativamente las velocidades del flujo natural del río.
- Para la readecuación de la estructura de protección a través del enrocado, se está considerando el talud 1:1 (V:H) de la protección que equivale a 45° el ángulo de reposo del material de enrocado y talud de 1:1.1 (V:H) que corresponde a 39.6° el ángulo de inclinación de talud. para evitar afectar propiedad privada, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de accesos.

Con los criterios y/o consideraciones y haciendo uso del método del U.S. Department of Transportation, el Proyectista realizó el recálculo de los parámetros geométricos del enrocado, ver cuadro N°17.

Cuadro N°17: Parámetros geométricos recalculados por el Proyectista

	EDI	PROPUESTA PROYECTISTA		
Parámetros iniciales				
$Qd_{140 \text{ años}}$	= 416.80	416.80	m ³ /s	caudal de diseño
V	= 11.50	9.50	pies/s	velocidad media
y	= 13.00	9.00	pies	tirante medio
θ	= 33.70	39.60	°	ángulo de reposo de enrocado
ϕ	= 41.00	45.00	°	ángulo de inclinación del talud
FS	= 2.00	2.00		factor seguridad
Parámetros obtenidos				
d_{50}	= 0.70	0.70	m	diámetro medio
$T = 2d_{50}$	= 1.40	1.40	m	espesor mín

Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

Concerniente al borde libre mínimo; el proyectista reformuló el modelamiento hidráulico en base a la topografía replanteada en obra y se obtuvieron valores del NAME entre 44.70 msnm y 44.90 msnm en las secciones del cauce aguas abajo, mientras en las secciones aguas arriba se obtuvieron valores del NAME entre 44.50 msnm y 45.30 msnm. Estas variaciones se debieron a las condiciones reales del cauce, a la pendiente y la variación de energía entre cada sección del cauce en análisis. En los cuadros N°18 y N°19 se muestran los resultados y el borde libre final después de realizar la reformulación en base a los resultados del modelamiento hidráulico usando el HEC RAS (USACE, 2020). En el **Anexo 02** se muestra detalladamente la estimación de parámetros hidráulicos luego del modelamiento.

Cuadro N°18: Borde libre aguas abajo del puente Viru – Modelo HEC RAS

PK EDI – Replanteo – Aguas abajo puente	NAME EDI (msnm)	NAME Replanteo (msnm)	Diferencia de NAME	borde libre Replanteo EDI- Diferencia de NAME.
0+480 – 0+480	44.90	44.70	-0.20	+2.10+0.15 = 2.25m
0+500 - 0+500	45.00	44.90	-0.10	+2.07+0.10 = 2.17m
0+520 – 0+520	45.10	44.90	-0.20	+2.01+ 0.20 = 2.21m
0+542.07 – 0+542	45.10	44.90	-0.20	+1.96+0.20 = 2.16m
0+552.07 (EDI) - Puente ubicado: 0+ 550 (Replanteo topografía obra)				

Fuente: Informe complementario de replanteo de defensas ribereñas (AUNOR, 2021)

Cuadro N°19: Borde libre aguas arriba del puente Viru – Modelo HEC RAS

PK EDI – Replanteo – Aguas abajo puente	NAME EDI (msnm)	NAME Replanteo (msnm)	Diferencia de NAME	borde libre Replanteo EDI- Diferencia de NAME.
0+562.07 – 0+562	45.40	45.00	-0.40	+2.10+0.40 = 2.50m
0+580 - 0+580	45.50	45.20	-0.30	+2.07+0.30 = 2.37m
0+600 – 0+600	45.60	44.50	-1.10	+2.01+ 1.10 = 3.11m
0+620 – 0+620	45.70	45.30	-0.70	+1.96+0.70 = 2.6m
Puente ubicado: 0+552.07 (EDI) - 0+ 550 (Replanteo topografía obra)				

Fuente: Informe complementario de replanteo de defensas ribereñas (AUNOR, 2021)

En base a los resultados mostrados en los cuadros N°18 y N°19, el proyectista concluye que la variación de los niveles de agua (NAME) no produce una variación significativa de la cota de la corona de la protección ribereña replanteada y que los bordes libres obtenidos están dentro de los propuestos en el EDI. Asimismo, por el cauce estaría discurriendo el caudal de diseño con la misma la capacidad hidráulica; modificándose los niveles de agua debido a la variación de velocidad y pendiente de energía. En las figuras N°33 y N°34 se muestra la sección del enrocado del EDI (color rojo) y enrocado propuesto por el proyectista (color verde). En el **Anexo 03** se muestran los planos resultantes con las nuevas secciones.

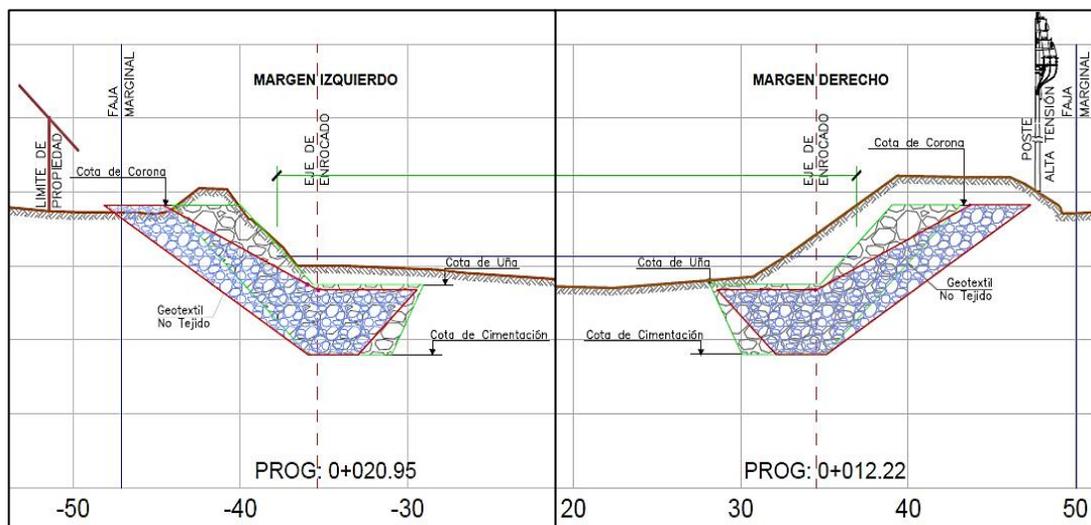


Figura N°33: Sección transversal, EDI y propuesto, aguas arriba.

Fuente: Informe complementario de replanteo de defensas ribereñas (AUNOR, 2021)

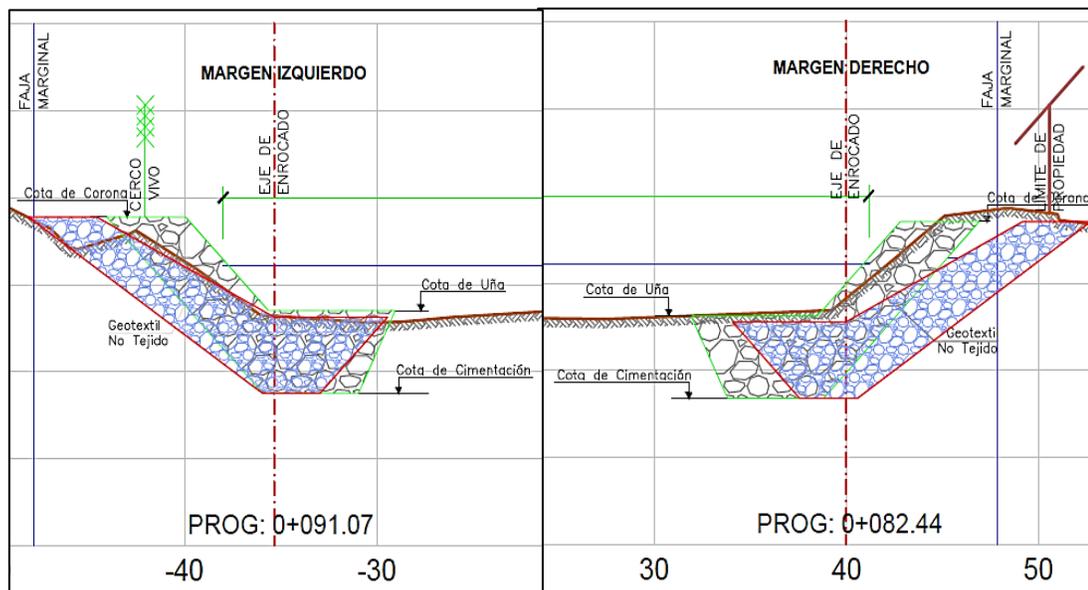


Figura N°34: Sección transversal, EDI y propuesta, aguas abajo.
Fuente: Informe complementario de replanteo de defensas ribereñas (AUNOR, 2021)

La propuesta de solución que fue planteada por el proyectista fue revisada por el equipo de Supervisión, que la aprobó para su ejecución.

4.2 TRANSICIÓN CON LECHO NATURAL

En los planos del EDI, correspondiente al enrocado, no estaba contemplado la transición entre la proyección del enrocado a construir y el lecho natural del cauce, cabe resaltar que esta omisión se dio en los cuatro extremos; es decir, ambos márgenes, tanto aguas arriba como aguas abajo.

Esta observación fue dada por la Supervisión; ante ello, el contratista planteó la propuesta de solución, la cual era básicamente dar la forma de curva a la transición, esta curva debía de iniciar en el terminal del enrocado y finalizar con el talud del lecho del cauce. Aproximadamente el radio de la curva fue dos veces la longitud del enrocado (sección transversal visto en planta), ver la figura N°35.

En las figuras N°36 y N°37 se pueden apreciar gráficamente las soluciones adoptadas.

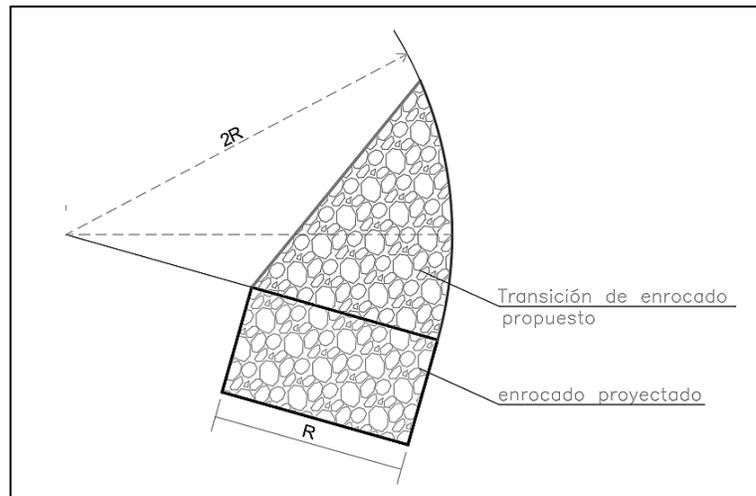


Figura N°35: Propuesta geométrica para transición del enrocado.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

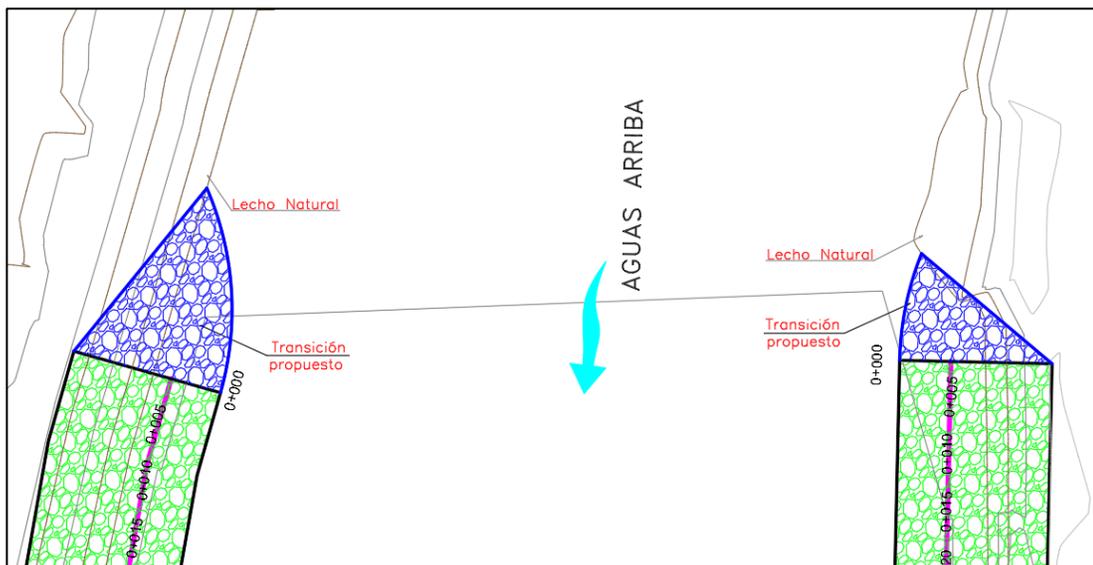


Figura N°36: Transición de enrocado propuesto, aguas arriba.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

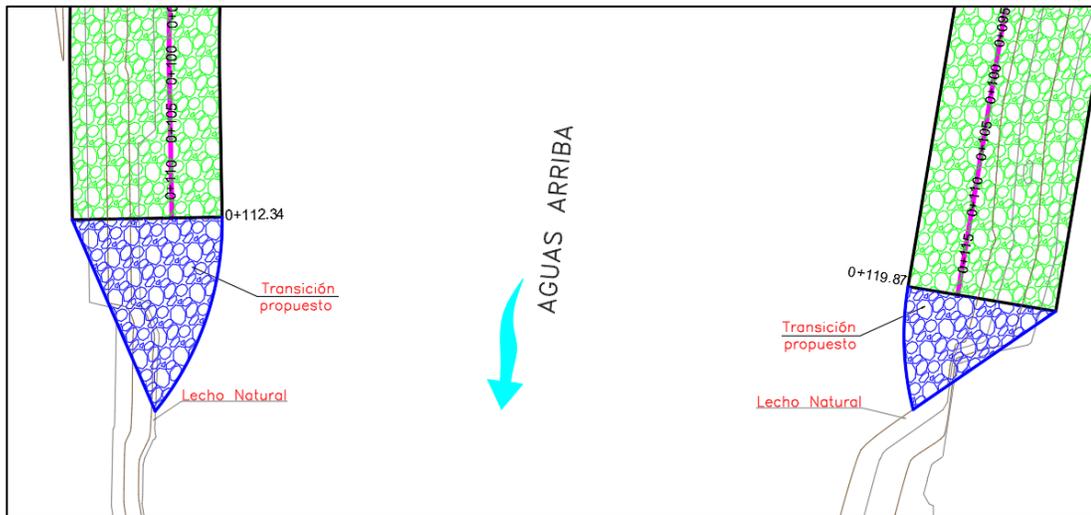


Figura N°37: Transición de enrocado propuesto, aguas abajo.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

La solución planteada por el contratista fue presentada y revisada por el equipo de Supervisión, que la aprobó para su ejecución, en las figuras N°38 y N°39 se muestra lo ejecutado (recuadro de color amarillo).

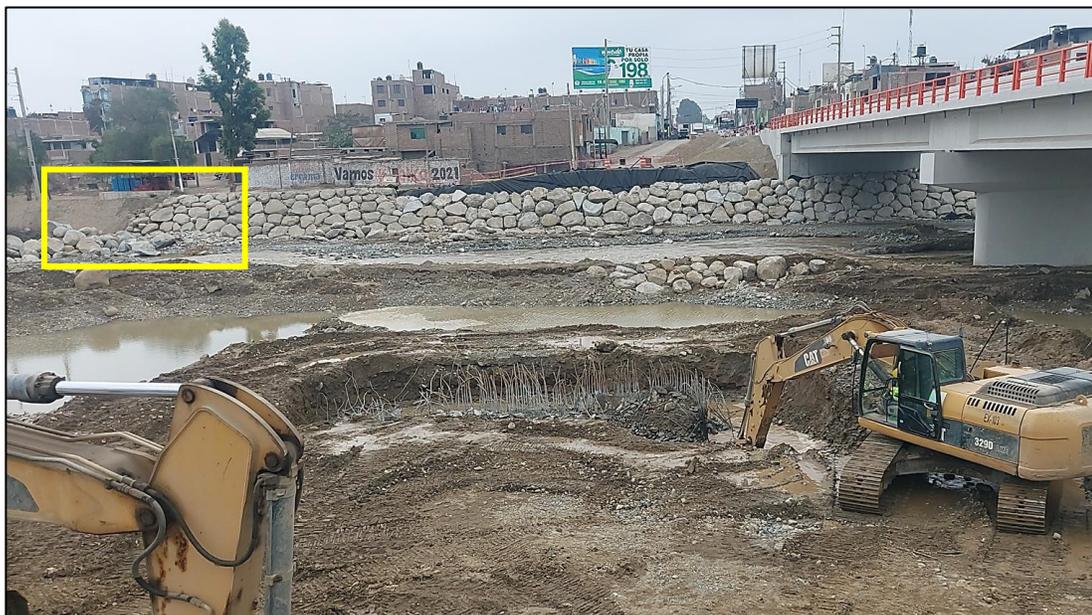


Figura N°38: Transición de enrocado, margen izquierda, aguas arriba.
Fuente: Panel fotográfico de la ejecución (OSITRAN, 2021)



Figura N°39: Transición de enrocado, margen izquierda, aguas abajo.
Fuente: Panel fotográfico de la ejecución (OSITRAN, 2021)



Figura N°40: Transición de enrocado, margen derecha, aguas arriba.
Fuente: Panel fotográfico de la ejecución (OSITRAN, 2021).

4.3 TRANSICIÓN CON ESTRUCTURAS PROYECTADAS

4.3.1 Enrocado en el Pilar N°02

En los planos EDI, no se precisó el desarrollo del enrocado en la zona del Pilar N°02; ante ello, la Supervisión solicitó al Contratista presentar el detalle del enrocado para su ejecución.

En respuesta a ello, la Contratista presentó el detalle del desarrollo para revisión, aprobación y ejecución del enrocado en la zona del Pilar N°02, cuya vista en planta se muestra en la figura N°41.

Cabe precisar que las soluciones planteadas por el contratista han considerado mantener las condiciones hidráulicas; es decir, el caudal, área hidráulica y una velocidad que se encuentre en el rango admisible.

En las figuras N°42, N°43 y N°44 se muestran las secciones en el empalme con el enrocado, tanto aguas arriba como aguas abajo, así como en la zona del pilar N°02.

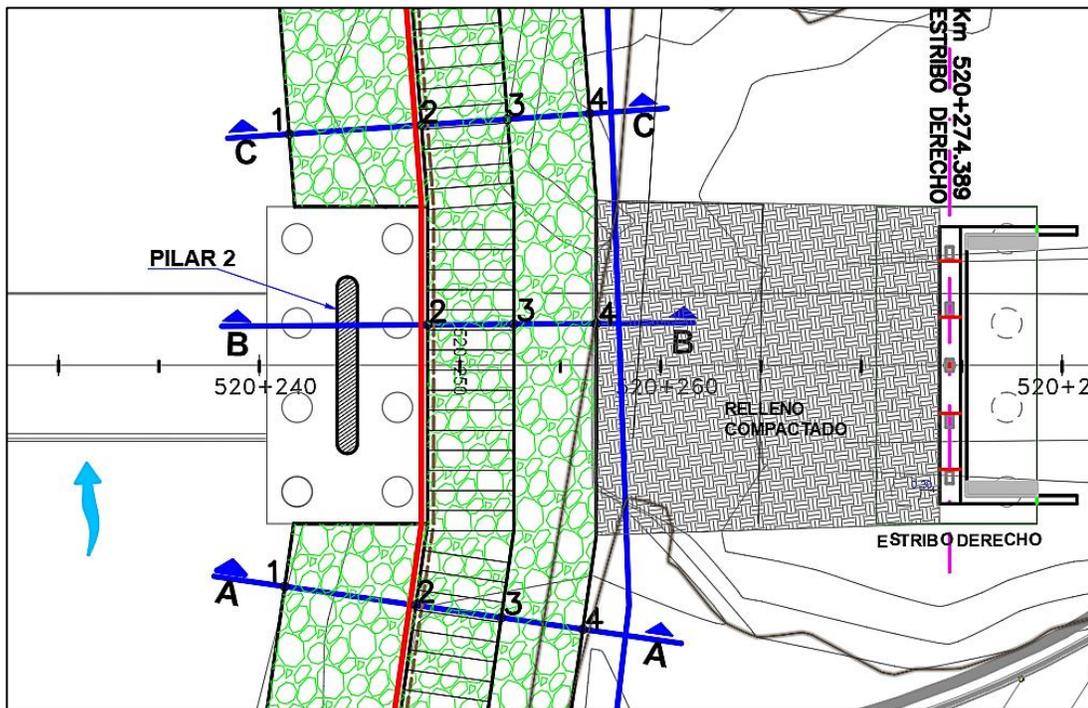
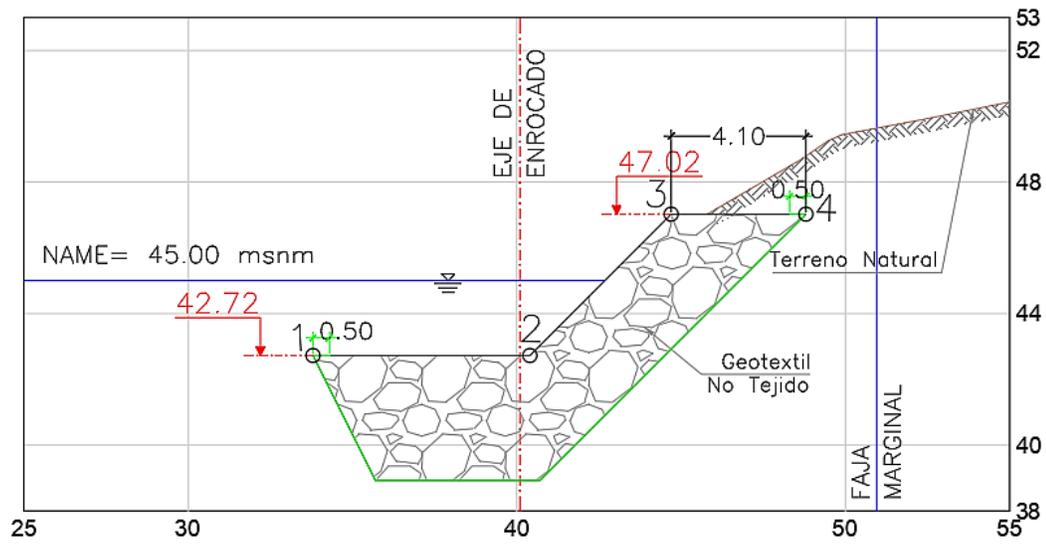
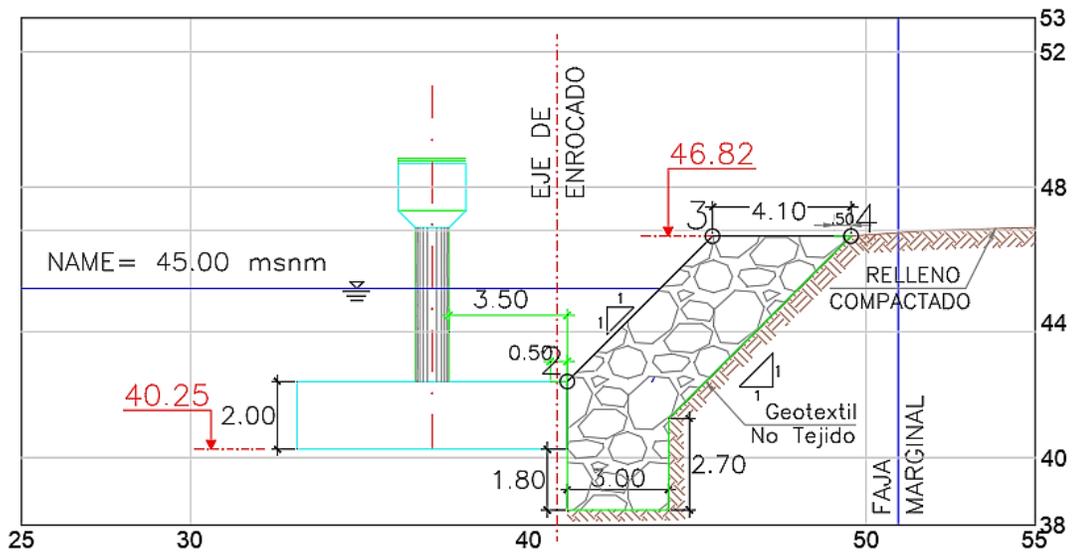


Figura N°41: Transición de enrocado, margen derecha, aguas arriba.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)



CORTE A-A

Figura N°42: Sección en el empalme con enrocado aguas arriba.
 Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)



CORTE B-B

Figura N°43: Sección en la zona del pilar N°02
 Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

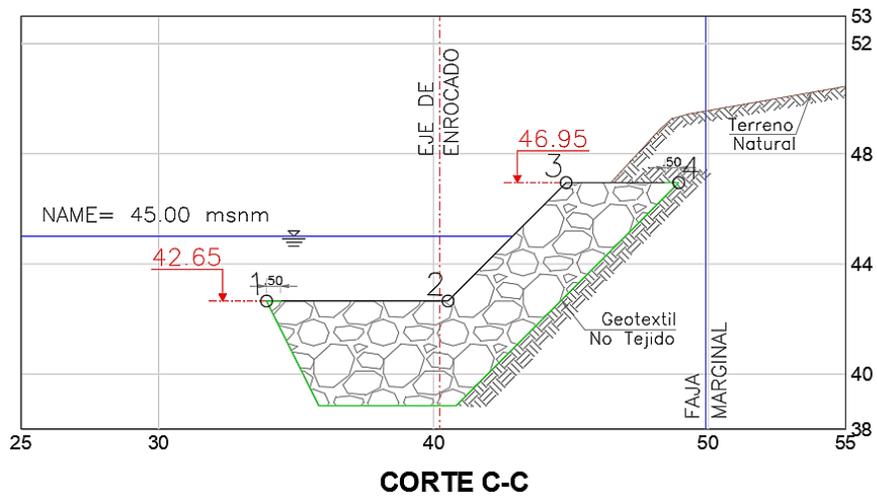


Figura N°44: Sección en el empalme con enrocado aguas abajo.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

La solución planteada por el contratista fue presentada y revisada por el equipo de Supervisión, que la aprobó para su ejecución, en la figura N°45 se muestra lo ejecutado (recuadro de color amarillo).



Figura N°45: Enrocado ejecutado en la zona del pilar N°02.
Fuente: Panel fotográfico de la ejecución (OSITRAN, 2021)

4.3.1 Enrocado en el Estribo izquierdo

En los planos EDI, no se precisó el desarrollo del enrocado en la zona del estribo izquierdo; ante ello, la Supervisión solicitó al Contratista presentar el detalle del enrocado para su ejecución.

En respuesta a ello, el Contratista presentó el detalle del desarrollo para revisión, aprobación y ejecución del enrocado en la zona del estribo izquierdo, cuya vista en elevación se muestra en la figura N°46.

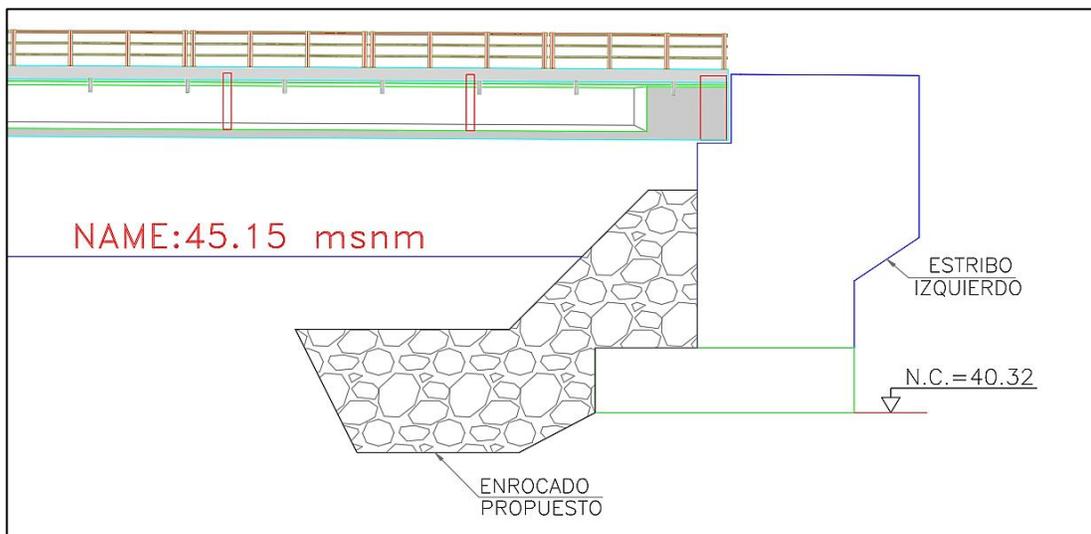


Figura N°46: Vista en elevación del enrocado en el estribo izquierdo.
Fuente: Replanteo para construcción (AUNOR, 2021)

La solución planteada del enrocado en la zona del estribo izquierdo fue presentado y revisada por el equipo de Supervisión, que la aprobó para su ejecución. En las figuras N°47 y N°48 se muestra lo ejecutado (recuadro de color amarillo).



Figura N°47: Enrocado en proceso de ejecución en el estribo izquierdo.
Fuente: Panel fotográfico de la ejecución (OSITRAN, 2021)



Figura N°48: Enrocado ejecutado en la zona del estribo izquierdo.
Fuente: Panel fotográfico de la ejecución (OSITRAN, 2021)

CAPÍTULO V: RECOMENDACIÓN DE SOLUCIONES

En los capítulos III y IV se explicó y detalló las incompatibilidades y las soluciones encontradas y adoptadas respectivamente, en el presente capítulo se planteará recomendaciones a modo de lecciones aprendidas para futuros proyectos.

Asimismo, durante la etapa del replanteo se ha podido identificar incompatibilidades hidráulicas en la transición del enrocado con estructuras proyectadas (estribo, pilar), las estructuras proyectadas comprometidas fueron el Estribo izquierdo y Pilar N°02. Las soluciones adoptadas aprobadas por la Supervisión han sido planteadas tanto por el Contratista y Proyectista en coordinación de la Concesionaria; y han sido de la siguiente manera.

5.1 Superposición de estructuras

Es así como, en la etapa de ejecución, específicamente en el replanteo topográfico realizado por el Contratista se identifica la existencia de superposición de estructuras, esta superposición más que todo obedecen a interferencias con terrenos, caminos de accesos locales, postes de alta tensión y telefonía de propiedad privada, en las zonas extremas aguas arriba y aguas abajo, en las dos márgenes del río.

La solución ha sido planteada por el Proyectista, y consistió en cambiar el talud del enrocado de 1:1.5 (V:H) a 1:1 (V:H) para evitar la afectación de la propiedad privada, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de accesos locales. Las consideraciones para el diseño (solución) del Proyectista fueron:

- Las líneas constructivas de las nuevas secciones deben estar dentro de la faja marginal.
- Debe alejarse de los terrenos que se encontraban afectados por el primer replanteo efectuado.
- La sección del enrocado equivalente debe mantenerse, a fin de compensar el incremento de la pendiente de talud.
- La altura de la corona del nuevo planteamiento de la sección readeuada debe estar por encima del NAME, con una distancia mayor o igual a 2.00 m
- Para la readeuación de la estructura de protección a través del enrocado, se está considerando el talud 1:1 (V:H) de la protección, que equivale a 45°, mayor al

ángulo de reposo del material de enrocado y talud de 1:1.1 (V:H), que corresponde a 39.6°, el ángulo de inclinación de talud.

5.2 Transición con lecho natural

También se identificó incompatibilidades hidráulicas en la transición del enrocado proyectado con el lecho natural del río en las zonas extremas; aguas arriba y aguas abajo, en las dos márgenes del río.

La solución planteada por el Contratista fue desarrollar una transición en forma curva, en las figuras N°34 y 35 (capítulo IV) se puede apreciar claramente tal desarrollo de la transición, esta transición fue replicada en los extremos de ambas márgenes.

5.3 Transición con estructuras proyectadas

La solución planteada por el Contratista fue presentar nuevas secciones transversales en los tramos de transición previa verificación hidráulica. Se describe a continuación dichas transiciones.

- En el Estribo Izquierdo, la cimentación del enrocado fue construida delante de la zapata del estribo y parte del cuerpo del enrocado fue apoyado en la zapata y estribo (muro vertical).
- Pilar N°02, la cimentación del enrocado fue construido detrás de la zapata del Pilar N°02 y además fue la sección de esta fue reducida y el cuerpo del enrocado fue apoyado en un relleno masivo compactado, en las figuras N°39, 40, 41 y 42 (capítulo IV) se puede apreciar claramente la descrito.

5.4 Lecciones aprendidas

En el acompañamiento de la construcción del Puente Virú, no solo se observaron restricciones por incompatibilidades hidráulicas, sino también de otras naturalezas, en la figura N°49, se puede apreciar que las restricciones por incompatibilidades hidráulicas representan un 46%; cabe precisar que, para la obtención de las incidencias de las restricciones se tomaron en consideración los tiempos que tomaron para ser resueltos desde su identificación hasta la aprobación por la Supervisión.

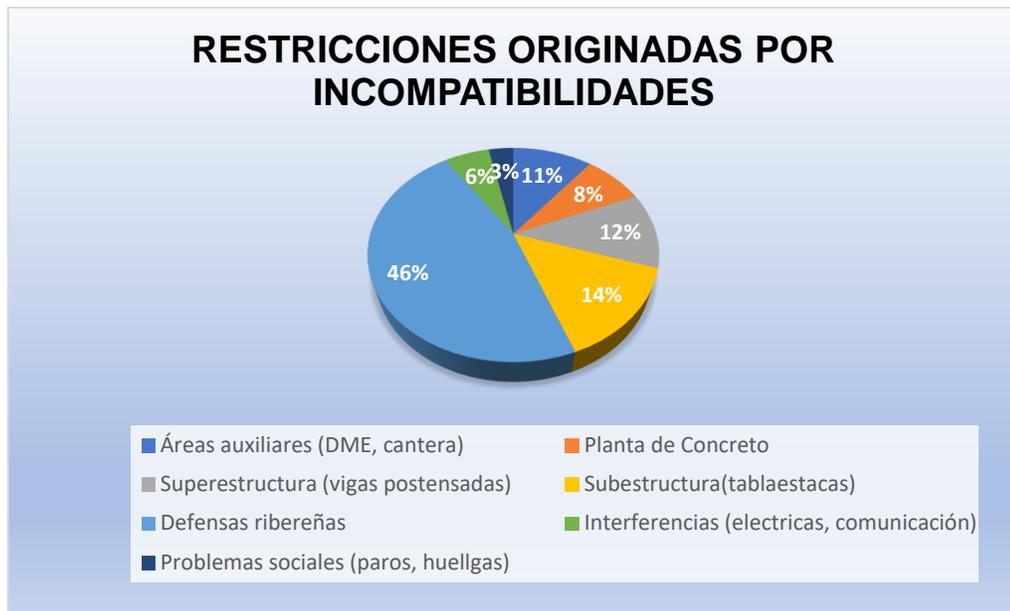


Figura N°49: Incidencias de las restricciones.
Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que, el origen de las incompatibilidades hidráulicas que se presentaron en el proyecto fue de dos naturalezas principalmente: i) Los que no se identificaron en la etapa del Estudio (superposición con estructuras existentes, transición con las estructuras proyectadas; estribo y pilar) y ii) Los que se originaron después del Estudio (transición con el lecho natural). El tiempo aproximadamente que transcurrió desde el levantamiento de información en campo hasta el replanteo para construcción fue de 38 meses (3.2 años), ver figura N°50; muy probablemente es en este periodo en el que se establecieron nuevas estructuras en el área de influencia del proyecto.



Figura N°50: Duración de etapas del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Las incompatibilidades hidráulicas que se presentaron durante la ejecución del proyecto se convirtieron en restricciones impactando negativamente en el proyecto. Sin embargo, para evitar la existencia de las incompatibilidades y/o evitar o minimizar su impacto negativo en el proyecto; se pueden realizar diversas acciones.

En base a lo observado y al acompañamiento en la ejecución integral del proyecto, se plantea algunas recomendaciones de solución que pueden ser útiles para futuros proyectos de igual o similar naturaleza pese a que ya deberían estar consideradas en las buenas prácticas profesionales y/o unidad formuladora de proyectos.

- En la etapa de elaboración del Estudio Definitivo de Ingeniería (EDI) se debe realizar un levantamiento de información detallado de las estructuras existentes e influencia en el área del proyecto.
- En la etapa de elaboración del Estudio Definitivo de Ingeniería (EDI) se debe recolectar información de las acciones que, en el futuro, durante la fase de ejecución, afectarían al proyecto. Las posibles acciones corresponden a la ocupación territorial futura, tanto con fines habitacionales como de transporte, entre otras.
- En la etapa de elaboración del Estudio Definitivo de Ingeniería (EDI) se debe prestar especial atención también a las obras de defensa ribereña requeridas incluyendo en el diseño los detalles requeridos para evitar las interferencias con las estructuras existentes y diseñando todas las transiciones requeridas entre las cuales se tienen las referidas a la interacción con el cauce natural y las otras estructuras del puente como pilares y estribos.
- En la etapa de licitación y/o firma del contrato, se debería actualizar la información, sobre todo del estudio topográfico, a fin de evitar incompatibilidades entre el estudio definitivo de ingeniería (EDI) y el replanteo para ejecución del proyecto. Esto es más imperativo cuando hay un desfase significativo entre las etapas de diseño y de construcción.
- En la ejecución de enrocados, antes de realizar el acopio del material de rocas, se debe asegurar que el frente de trabajo se encuentre liberado; ya que, si no es así, no se podrá valorizar (lo cual perjudicaría financieramente el Contratista) y se pondrá en riesgo al proyecto ante la crecida del caudal y/o una avenida extraordinaria.

- Se debe garantizar una adecuada gestión de la comunicación entre los involucrados para agilizar la comunicación asertiva. En este caso de estudio los involucrados fueron: Contratista, Asistencia Técnica, Concesionario y Supervisión; y la gestión de la comunicación no fue la adecuada. Por ello, se requirió alrededor de 7 meses para llegar a una solución de las incompatibilidades hidráulicas.

CONCLUSIONES

En el presente Trabajo de Suficiencia Profesional, luego de analizar las incompatibilidades hidráulicas y describir las soluciones adoptadas por el Contratista y Proyectista se puede concluir que han sido tratados de la siguiente manera:

Superposición de estructuras (enrocado proyectado y estructuras existentes); la solución ha sido planteada por el Proyectista, la cual consistió en cambiar el talud del enrocado de 1:1.5 (V:H) a 1:1 (V:H) para evitar la afectación de la propiedad privada, postes de alta tensión, postes de telefonía y caminos de accesos locales; siempre asegurando la continuidad del caudal del diseño, la conservación del borde libre y la estabilidad de la estructura de protección.

Transición con lecho natural; la solución ha sido planteada por el Contratista, la cual consistió en desarrollar la transición entre el enrocado proyectado y el lecho natural del río, esta curva aproximadamente tiene un radio que es dos veces la longitud del enrocado (sección transversal visto en planta) en detalle geométrico se puede apreciar en la figura N°35 del presente informe.

Transición con estructuras proyectadas; la solución ha sido planteada por el Contratista, en este caso la solución fue planteada para el Pilar N°02 y el Estribo Izquierdo; y básicamente fue el planteamiento de nuevas secciones en donde se enfatizó la verificación de la continuidad del caudal del diseño, la conservación del galibo y la estabilidad de las subestructuras. Las nuevas secciones planteadas se pueden visualizar en el ítem 4.3.

La existencia de las incompatibilidades hidráulicas ha acarreado consecuencias perjudiciales al proyecto; tal es así que, luego del análisis desarrollado en el presente informe se puede concluir que, desde el replanteo inicial hasta la aprobación de la propuesta de solución ha tomado un plazo aproximadamente de 7 meses. Ahora, si bien, se pudo adoptar soluciones a las incompatibilidades hidráulicas recurriendo a las buenas prácticas profesionales; sin embargo, estas no fueron resueltas oportunamente por lo que se incurrió en 2 meses de ampliación de plazo incrementando el costo del proyecto.

En el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se analizaron las soluciones adoptadas por el Contratista y Proyectista a las restricciones a causa de incompatibilidades hidráulicas en el caso del Puente Virú. Este análisis permitió plantear recomendaciones para reducir y/o minimizar el efecto de dichas incompatibilidades en proyectos de similar naturaleza.

En el acompañamiento del desarrollo del proyecto también se observaron restricciones por incompatibilidades de otras naturalezas (estructuras, áreas auxiliares, etc.) y en el presente informe se ha estimado las incidencias en base a los tiempos que tomo encontrar una solución de las mismas; concluyéndose que, las restricciones originadas por incompatibilidades hidráulicas están alrededor del 46%, la cual es considerable.

RECOMENDACIONES

Con las recomendaciones que se darán a continuación en el presente informe; no se está generalizando para todos los proyectos de similar naturaleza; pues sabemos que cada proyecto es único; asimismo, las buenas prácticas profesionales y unidades formuladoras de proyectos juegan un papel importante que podrían ayudar a reducir las restricciones.

Durante la elaboración del EDI se debe recopilar toda la información requerida, incluyendo proyecciones de acciones futuras que pudieran afectar las obras. También se debe dar importancia al diseño del enrocado incluyendo todos los planos para evitar las interferencias y la falta de detalle de las transiciones requeridas con el cauce natural, estribos y pilares.

Durante la licitación de futuros proyectos viales u otro tipo, se recomienda realizar una actualización de información existente; puesto que, en muchos casos los estudios o no están completos o ya han sido desfasados debido a que han sido tomados muchos años antes.

En el caso del Puente Virú, se observó que el Contratista con el afán de avanzar y/u obtenerlos con costos favorables acumuló con anticipación el material necesario (roca), pero debido a la existencia de las incompatibilidades se encontró en la situación de no poder ejecutarlo, incurriendo en costos que no son valorizables en ese momento, lo cual finalmente afectó financieramente al Contratista.

Para futuros proyectos en donde se encuentren igual o similar situación se recomienda tener una mejor gestión de la comunicación entre los involucrados y hacer seguimiento a ello; puesto que, en el caso del proyecto que se hizo acompañamiento se observó dejadez y no se le dio importancia, tanto así, que se convirtió en ruta crítica del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autopista del Norte (2021). *Puente Virú: Informe Complementario de Replanteo de Defensas Ribereñas*. La Libertad, Perú.
- Carillo, J. (2021). *Socavación en puentes*. Ingeniería Civil y Administrativa.
<https://ingenieriaconsultoria.com/socavacion-en-puentes/>
- Enríquez, P. (2021). *Análisis de Restricciones por el Método Híbrido Naderpour para optimizar la Gestión del Cronograma del Proyecto en Puentes Reticulados de la Región Arequipa*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12843>
- Guia Project Management Body of Knowledge (2021). *Planificación de proyectos*.
https://www.academia.edu/110746631/PMBOK_S%C3%A9ptima_Edici%C3%B3n_PMI
- Huamán, D. (2021). *Evaluación hidrológica e hidráulica de obras de defensas ribereñas en ríos de montaña*. [Tesis de título profesional], Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2008). *Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos*.
<https://www.ana.gob.pe/contenido/la-autoridad-nacional-del-agua>
- Ministerio de Economía y Finanzas (2019). *Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento*.
<https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/266672-082-2019-ef>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006). *Guía para Inspección de Puentes*.
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otras/GUIA%20PARA%20INSPECCION%20DE%20PUENTES.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*.
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Puentes*.
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUAL%20DE%20PUENTES%20PDF.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*.
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2019). *Estudio Definitivo de Ingeniería (EDI) para la Reposición del puente Virú de la Red Vial N°4: Pativilca – Trujillo*. La Libertad, Perú.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (2021). *Panel Fotográfico del Puente Virú*. La Libertad, Perú.
- Pérez, L. (2022). *Evaluación del diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas en la margen izquierda del puente comuneros*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11559>
- Radio Programas del Perú. (2017) *La costa norte quedó incomunicada. El ministro de Transportes viajó a la zona para instalar un puente provisional*.
<https://rpp.pe/peru/desastres-naturales/facebook-asi-luce-el-puente-el-colapsado-puente-viru-en-la-libertad-fotos-y-video-noticia-1037985?ref=rpp>
- Rojas, F., y Ruiz, M. (2021). *Propuesta de Modelo de Reducción de Incompatibilidades en Proyectos Viales para dar Continuidad de Ejecución*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP.
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4980>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014). *Plan Nacional de Gestión de Desastres*.
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/PLANAGERD_2022_2030.pdf
- SUDINCO (2020). *Replanteo Defensas Ribereñas Reposición Puente Virú KM 520+200*. La Libertad, Perú.

Vásquez, A. (2019). *Delimitación de Fajas Marginales por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.*
cdn.www.gob.pe

ANEXOS

ANEXO 1: Presupuesto.....	82
ANEXO 2: Estimación de Parámetros Hidráulicos.....	91
ANEXO 3: Planos de Defensa Ribereña Planta – Secciones.....	103

ANEXO 1: Presupuesto

Presupuesto

Presupuesto **0201 ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REPOSICIÓN DE LOS PUENTES FORTALEZA, SECHÍN, HUAMBACHO Y VIRÚ, RED VIAL 4: PATIVILCA - DV SALAVERRY**

Subpresupuesto **010 ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REPOSICION DEL PUENTE VIRU_Rev1**

Cliente **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - Costo al 31/08/2018**

Lugar **LA LIBERTAD - TRUJILLO - VIRU**

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	PUENTE VIRU				11,872,897.34
100	OBRAS PRELIMINARES				1,134,769.58
101.A3	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS - PTE VIRU	gb	1.00	622,483.61	622,483.61
102.A	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.67	1,855.84	1,243.41
102.B	TRAZO, TOPOGRAFIA Y REPLANTEO DE PUENTES	m ²	5,262.82	3.10	16,314.74
103.B	MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL - PUENTES	mes	15.00	12,134.11	182,011.65
103.C	MANTENIMIENTO DURANTE OBRA DE ACCESOS A CANTERAS, DME, PLANTAS Y FUENTES DE AGUA	km	31.45	5,851.10	184,017.10
108.A1	CANON POR DERECHO DE CANTERA TOMABAL	m ³	40,579.16	3.00	121,737.48
108.B	CANON POR EXTRACCION DE AGUA	m ³	9,407.56	0.74	6,961.59
1002	SUBESTRUCTURA				6,365,508.83
1002.A	PILOTES				3,758,703.35
1002.A10	MOVILIZACION DE EQUIPO DE PILOTAJE - PTE VIRU	gb	1.00	258,850.15	258,850.15
1002.A2	PLATAFORMA DE TRABAJO PARA PILOTAJE	m ²	1,046.40	8.43	8,821.15
1002.A3	PILOTE DE CONCRETO D=1.50 m (EXCAVACION, COLOCACION DE ACERO Y VACIADO DE CONCRETO)	m	736.00	1,393.66	1,025,733.76
503.C1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (F'c=280 KG/CM2) PARA PILOTES - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	1,130.97	479.20	541,960.82
504.A	ACERO DE REFUERZO	kg	99,350.27	4.97	493,770.84
504.B	ACERO DE REFUERZO (CON CONECTORES ROSCADOS) L=12mt	kg	229,832.96	4.11	944,613.47
504.C1	CONECTOR MECANICO D=1 3/8"	u	1,280.00	86.51	110,732.80
1002.A4	DESCABEZADO DE PILOTES	u	32.00	79.91	2,557.12
1002.A5	PRUEBAS DE INTEGRIDAD PARA PILOTES - D=1.50M	u	32.00	5,486.05	175,553.60
1002.A6	PRUEBAS DE CARGA DINAMICA - D=1.50	u	4.00	49,027.41	196,109.64
1002.B	ESTRIBOS				1,668,678.75
501.C	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN EN SECO	m ³	3,796.41	11.29	42,861.47
501.D	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN BAJO AGUA	m ³	1,627.03	19.73	32,101.30

502.A	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS	m ³	315.44	26.02	8,207.75
502.A1	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS - MASIVO	m ³	4,190.89	17.40	72,921.49
1002.B5	MOVILIZACION DE EQUIPO PARA TABLESTACAS - PTE VIRU	gb	1.00	58,332.33	58,332.33
1002.B6	TABLESTACA DE 6 M (4.5 MESES)	m	3.20	7,566.82	24,213.82
1002.B7	TABLESTACA DE 12 M (4.5 MESES)	m	29.10	14,316.50	416,610.15
503.D1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE D (F'C=210 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	366.10	388.11	142,087.07
503.C2	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (F'C=280 KG/CM2) BAJO AGUA - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	505.60	483.65	244,533.44
503.H2	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE H (F'C=100 KG/CM2) BAJO AGUA - PREMEZCLADO - TIPO I - SIN BOMBEO	m ³	25.91	348.39	9,026.78
504.A	ACERO DE REFUERZO	kg	104,178.60	4.97	517,767.64
612.B	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	948.70	78.38	74,359.11
612.D	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO BAJO AGUA	m ²	190.40	134.75	25,656.40
1002.C	PILARES				938,126.73
501.D	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN BAJO AGUA	m ³	2,054.72	19.73	40,539.63
502.A	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS	m ³	107.78	26.02	2,804.44
502.A1	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS - MASIVO	m ³	970.05	17.40	16,878.87
503.C1.1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (F'C=280 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	188.00	426.05	80,097.40
503.C2	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (F'C=280 KG/CM2) BAJO AGUA - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	505.60	483.65	244,533.44
503.H2	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE H (F'C=100 KG/CM2) BAJO AGUA - PREMEZCLADO - TIPO I - SIN BOMBEO	m ³	25.60	348.39	8,918.78
504.A	ACERO DE REFUERZO	kg	98,660.68	4.97	490,343.58
612.B	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	350.75	78.38	27,491.79
612.D	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO BAJO AGUA	m ²	196.80	134.75	26,518.80
1003	SUPERESTRUCTURA				3,975,793.27
1003.A	VIGAS DE CONCRETO				3,424,010.87
503.A1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A (F'C=450 KG/CM2) - VIGAS POSTENSADAS - PREMEZCLADO - TIPO I - SIN BOMBEO	m ³	438.80	479.19	210,268.57
503.C1.1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (F'C=280 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	90.22	426.05	38,438.23
504.A	ACERO DE REFUERZO	kg	56,110.08	4.97	278,867.10
612.B	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	5,420.05	78.38	424,823.52

1003.A1	POSTENSADO DE VIGAS	t-m	443,152.50	5.10	2,260,077.75
1003.A2	IZAJE Y COLOCACION DE VIGAS POSTENSADAS	u	15.00	14,102.38	211,535.70
1003.B	LOSA DE CONCRETO				531,937.58
503.C1.1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (F'c=280 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	356.40	426.05	151,844.22
504.A	ACERO DE REFUERZO	kg	16,330.56	4.97	81,162.88
1003.B1	PLATAFORMA DE PREFABRICACION DE PRELOSAS	m ²	776.50	42.40	32,923.60
1003.B2	PRELOSAS PREFABRICADAS - P1 (0.75x1.70X0.075m)	u	280.00	184.78	51,738.40
1003.B3	PRELOSAS PREFABRICADAS - P2 (0.75x1.70x0.075m+0.75x0.75x0.075m)	u	472.00	381.45	180,044.40
1003.B4	PRELOSAS PREFABRICADAS - P3 (0.75x1.70x0.075m+0.75x0.875x0.075m)	u	88.00	388.91	34,224.08
1003.C	LOSAS DE APROXIMACION				19,844.82
503.C1.2	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (F'c=280 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - SIN BOMBEO	m ³	19.43	407.22	7,912.28
503.H1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE H (F'c=100 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - SIN BOMBEO	m ³	3.89	302.97	1,178.55
504.A	ACERO DE REFUERZO	kg	1,912.24	4.97	9,503.83
612.B	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	15.95	78.38	1,250.16
1004	VARIOS				396,825.66
1004.A1	DISPOSITIVO DE APOYO (600x350x90mm)	u	30.00	2,516.22	75,486.60
1004.B2	TOPE SISMICO (300x400x15mm)	u	24.00	1,769.93	42,478.32
1004.E1	JUNTA DE DILATACION ELASTICA EXPANSIBLE TIPO 1	m	27.60	2,655.93	73,303.67
1004.F	JUNTA EN LOSA DE APROXIMACION	m	27.60	3.62	99.91
1004.G1	PRUEBA DE CARGA DE SUPERESTRUCTURA	u	1.44	45,000.00	64,800.00
690.B	BARANDA METALICA TIPO II - H=1.10 m	m	220.00	553.91	121,860.20
1004.H	ACABADO DE VEREDAS	m ²	330.00	25.34	8,362.20
624.C1	TUBOS DE DRENAJE DE PVC D=4"	m	96.80	27.74	2,685.23
624.D	TUBO DE PVC-SAP, D=6"	m	27.60	43.01	1,187.08
514.B	MATERIAL FILTRANTE	m ³	140.48	44.36	6,231.69
511.A	GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 1	m ²	44.16	7.49	330.76
2	DEFENSAS RIBEREÑAS				1,811,234.19
208.B	ENCAUZAMIENTO PARA PUENTES	m ³	8,844.90	5.93	52,450.26
501.D	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN BAJO AGUA	m ³	10,361.20	19.73	204,426.48
502.A1	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS - MASIVO	m ³	83.80	17.40	1,458.12
209.A	DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	19,122.30	2.02	38,627.05
603.A	ENROCADO	m ³	11,013.25	133.94	1,475,114.71

511.A	GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 1	m ²	5,227.98	7.49	39,157.57
3	ACCESOS				3,650,107.39
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				163,101.44
202.A	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL COMUN	m ³	1,234.48	3.98	4,913.23
202.E	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m ²	3,095.75	2.31	7,151.18
205.A	CONFORMACION DE TERRAPLENES	m ³	280.97	8.87	2,492.20
209.A	DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	7,196.20	2.02	14,536.32
230.A	MATERIAL DE CANTERA PARA RELLENOS	m ³	157.25	19.23	3,023.92
315.A	LAVADO DE MATERIAL GRANULAR	m ³	2,761.64	47.43	130,984.59
400	PAVIMENTOS				238,150.47
400.01	SUB BASES Y BASES				45,706.68
403.A	BASE GRANULAR	m ³	796.70	57.37	45,706.68
400.02	PAVIMENTOS FLEXIBLES				192,443.79
416.A	IMPRIMACION ASFALTICA	m ²	2,942.23	1.01	2,971.65
417.A	RIEGO DE LIGA	m ²	2,897.65	0.88	2,549.93
417.B	RIEGO DE LIGA EN PUENTES	m ²	1,056.00	0.98	1,034.88
423.A	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE	m ³	344.52	215.88	74,374.98
426.A	CEMENTO ASFALTICO DE PENETRACION 60-70	kg	47,436.96	2.06	97,720.14
428.A	ASFALTO DILUIDO MC-30	l	4,540.39	2.24	10,170.47
430.A	ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	kg	237.18	15.27	3,621.74
500	OBRAS DE DRENAJE				320,335.65
501.C	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN EN SECO	m ³	1,281.53	11.29	14,468.47
502.A	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS	m ³	288.53	26.02	7,507.55
502.A1	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS - MASIVO	m ³	829.69	17.40	14,436.61
503.C1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (F'C=280 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	284.75	426.05	121,317.74
503.H1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE H (F'C=100 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - SIN BOMBEO	m ³	12.80	302.97	3,878.02
504.A	ACERO DE REFUERZO	kg	19,189.68	4.97	95,372.71
612.B	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	808.30	78.38	63,354.55
600	OBRAS COMPLEMENTARIAS				1,266,270.29
604.F1	REMOCION DE CARPETA ASFALTICA EXISTENTE	m ²	2,880.00	3.39	9,763.20
604.B6	DEMOLICION DE PUENTE VIRU - SC	gb	1.00	586,783.47	586,783.47
604.C1	DESMONTAJE Y TRASLADO DE PUENTE VIRU METALICO EXISTENTE SC	gb	1.00	669,723.62	669,723.62
700	TRANSPORTE				1,390,694.27
700.A	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA EL PRIMER	m ³ -k	1,836.95	7.23	13,281.15

	KILOMETRO				
700.B	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILOMETRO	m ³ -k	27,051.66	1.53	41,389.04
700.C	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA EL PRIMER KILÓMETRO	m ³ -k	22,187.13	7.11	157,750.49
700.D	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILÓMETRO	m ³ -k	334,513.23	1.58	528,530.90
700.E	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA HASTA EL PRIMER KILÓMETRO	m ³ -k	344.52	9.92	3,417.64
700.F	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILÓMETRO	m ³ -k	4,443.76	1.53	6,798.95
700.G	TRANSPORTE DE ROCA HASTA EL PRIMER KILÓMETRO	m ³ -k	9,691.66	8.81	85,383.52
700.H	TRANSPORTE DE ROCA PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILÓMETRO	m ³ -k	151,982.79	1.76	267,489.71
700.I	TRANSPORTE DE CONCRETO HASTA EL PRIMER KILÓMETRO	m ³ -k	4,008.57	38.75	155,332.09
700.J	TRANSPORTE DE CONCRETO PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILÓMETRO	m ³ -k	52,111.42	2.52	131,320.78
800	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				271,555.27
801.A2	SEÑALES PREVENTIVAS 0.80 m x 0.80 m (INCL.INSTALACION)	u	1.00	454.69	454.69
801.A6	SEÑALES PREVENTIVAS TRIANGULAR 0.80 m x 1.067 m (INCL.INSTALACION)	u	2.00	367.25	734.50
802.A2	SEÑALES REGLAMENTARIAS 0.80 m x 0.80 m. (INCL. INSTALACION)	u	3.00	425.51	1,276.53
802.B	POSTES DE SOPORTE DE SEÑALES DE CONCRETO	u	6.00	629.85	3,779.10
803.A	SEÑAL INFORMATIVA	m ²	4.66	608.34	2,834.86
803.B	TUBO DE SOPORTE DE SEÑAL INFORMATIVA (INCL. CIMENTACION)	u	2.00	2,631.85	5,263.70
804.A1	TACHA REFLECTIVA (INCL. COLOCACION)	u	103.00	15.28	1,573.84
805.A	MARCAS EN EL PAVIMENTO (INCL. MICROESFERAS)	m ²	112.75	12.32	1,389.08
806.A3	BARRERA DE SEGURIDAD VIAL LATERAL (TIPO P4-H4a)	m	164.00	558.62	91,613.68
806.B3	TERMINAL PARA BARRERA DE SEGURIDAD VIAL LATERAL (TIPO P4-H4a)	u	4.00	4,600.40	18,401.60
806.C3	TERMINAL EMPALME COLA DE PEZ PARA BARRERA DE SEGURIDAD VIAL LATERAL (TIPO P4-H4a)	u	4.00	2,135.90	8,543.60
808.A1	BARRERAS DE SEGURIDAD DE CONCRETO EN PUENTES TIPO A (L=3m)	m	220.00	544.00	119,680.00
809.A	CAPTA FAROS	u	210.00	27.97	5,873.70
840.A	PINTADO DE SARDINELES	m ²	253.60	39.97	10,136.39
4	DESVIO PROVISIONAL PARA PUENTE VIRU				2,626,674.54
4.1	CONSTRUCCION DE DESVIO				1,612,499.63
100	OBRAS PRELIMINARES				612.43

102.A	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.33	1,855.84	612.43
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				94,015.99
202.A	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL COMUN	m ³	628.49	3.98	2,501.39
202.E	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m ²	1,471.06	2.31	3,398.15
205.A	CONFORMACION DE TERRAPLENES	m ³	2,006.98	8.87	17,801.91
209.A	DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	35.61	2.02	71.93
230.A	MATERIAL DE CANTERA PARA RELLENOS	m ³	2,774.53	19.23	53,354.21
315.A	LAVADO DE MATERIAL GRANULAR	m ³	356.07	47.43	16,888.40
400	PAVIMENTOS				74,684.36
400.01	SUB BASES Y BASES				38,663.36
403.A	BASE GRANULAR	m ³	673.93	57.37	38,663.36
400.02	PAVIMENTOS FLEXIBLES				36,021.00
416.A	IMPRIMACION ASFALTICA	m ²	2,581.55	1.01	2,607.37
418.B	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA	m ²	2,575.76	4.09	10,534.86
427.B	EMULSION ASFALTICA DE ROTURA RAPIDA CRR-2	l	8,603.03	1.92	16,517.82
428.A	ASFALTO DILUIDO MC-30	l	2,839.71	2.24	6,360.95
1002	PUENTE DESVIO VIRU				693,077.89
1002.B	ESTRIBOS				456,639.37
501.D	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN BAJO AGUA	m ³	1,661.27	19.73	32,776.86
502.A	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS	m ³	125.77	26.02	3,272.54
502.A1	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS - MASIVO	m ³	1,131.89	17.40	19,694.89
503.C1.1	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (FC=280 KG/CM2) - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	114.52	426.05	48,791.25
503.C2	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE C (FC=280 KG/CM2) BAJO AGUA - PREMEZCLADO - TIPO I - CON BOMBEO	m ³	275.78	483.65	133,381.00
503.H2	CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE H (FC=100 KG/CM2) BAJO AGUA - PREMEZCLADO - TIPO I - SIN BOMBEO	m ³	13.20	348.39	4,598.75
504.A	ACERO DE REFUERZO	kg	29,395.60	4.97	146,096.13
612.B	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	207.00	78.38	16,224.66
612.D	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO BAJO AGUA	m ²	384.44	134.75	51,803.29
1004.D	SUPERESTRUCTURA METALICA				135,635.02
1004.D1	MONTAJE DE PUENTE METALICO PROVISIONAL SC	gb	1.00	135,635.02	135,635.02
1004	VARIOS				100,803.50
690.C	BARANDA METALICA TIPO II - H=1.10 m (INCL. CIMENTACION)	m	175.00	576.02	100,803.50
500	OBRAS DE DRENAJE				252,850.88
502.A	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS	m ³	803.22	26.02	20,899.78

502.A1	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS - MASIVO	m ³	981.72	17.40	17,081.93
507.E	TUBERIA METALICA CORRUGADA CIRCULAR DE 1.80 M DE DIAMETRO	m	154.19	1,121.29	172,891.71
640.A	EMBOQUILLADO DE PIEDRA E=0.15M	m ²	589.24	71.24	41,977.46
700	TRANSPORTE				124,448.58
700.A	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA EL PRIMER KILOMETRO	m ³ -k	3,034.64	7.23	21,940.45
700.B	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILOMETRO	m ³ -k	44,804.41	1.53	68,550.75
700.C	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA EL PRIMER KILOMETRO	m ³ -k	31.33	7.11	222.76
700.D	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILOMETRO	m ³ -k	472.64	1.58	746.77
700.I	TRANSPORTE DE CONCRETO HASTA EL PRIMER KILOMETRO	m ³ -k	458.81	38.75	17,778.89
700.J	TRANSPORTE DE CONCRETO PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILOMETRO	m ³ -k	6,035.30	2.52	15,208.96
800	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				372,809.50
805.A	MARCAS EN EL PAVIMENTO (INCL. MICROESFERAS)	m ²	100.36	12.32	1,236.44
804.A1	TACHA REFLECTIVA (INCL. COLOCACION)	u	201.00	15.28	3,071.28
806.A3	BARRERA DE SEGURIDAD VIAL LATERAL (TIPO P4-H4a)	m	610.00	558.62	340,758.20
806.B3	TERMINAL PARA BARRERA DE SEGURIDAD VIAL LATERAL (TIPO P4-H4a)	u	4.00	4,600.40	18,401.60
809.A	CAPTA FAROS	u	334.00	27.97	9,341.98
4.2	DEMOLICION DE DESVIO				1,014,174.91
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				12,843.16
209.A	DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	6,358.00	2.02	12,843.16
500	OBRAS DE DRENAJE				84,734.41
501.C	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN EN SECO	m ³	4,683.03	11.29	52,871.41
501.D	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN BAJO AGUA	m ³	1,257.65	19.73	24,813.43
602.A	ELIMINACION DE ALCANTARILLAS TMC EXISTENTES	m	154.19	45.72	7,049.57
600	OBRAS COMPLEMENTARIAS				287,779.69
604.B7	DEMOLICION DE PUENTE DESVIO PROVISIONAL VIRU - SC	gb	1.00	145,476.12	145,476.12
604.C2	DESMONTAJE DE PUENTE METALICO PROVISIONAL SC	gb	1.00	125,276.07	125,276.07
604.D1	RETIRO DE BARANDA METALICA EXISTENTE	m	175.00	97.30	17,027.50
700	TRANSPORTE				608,895.65
700.C	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE PARA DISTANCIAS MAYORES A 1 KILOMETRO	m ³ -k	5,595.04	1.58	8,840.16
700.D	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA EL PRIMER KILOMETRO	m ³ -k	84,395.99	7.11	600,055.49

800	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD				19,922.00
	VIAL				
850.B	RETIRO DE TACHAS, ESTOPEROS Y TACHONES	u	201.00	2.00	402.00
870.A	RETIRO DE GUARDAVIA METALICO	m	610.00	32.00	19,520.00
	COSTO DIRECTO				19,960,913.46
	SON: DIECINUEVE MILLONES NOVECIENTOS SESENTA MIL NOVECIENTOS TRECE Y 46/100 NUEVOS SOLES				

ANEXO 2: Estimación de Parámetros Hidráulicos

1. Modelamiento hidráulico mediante la aplicación HEC RAS

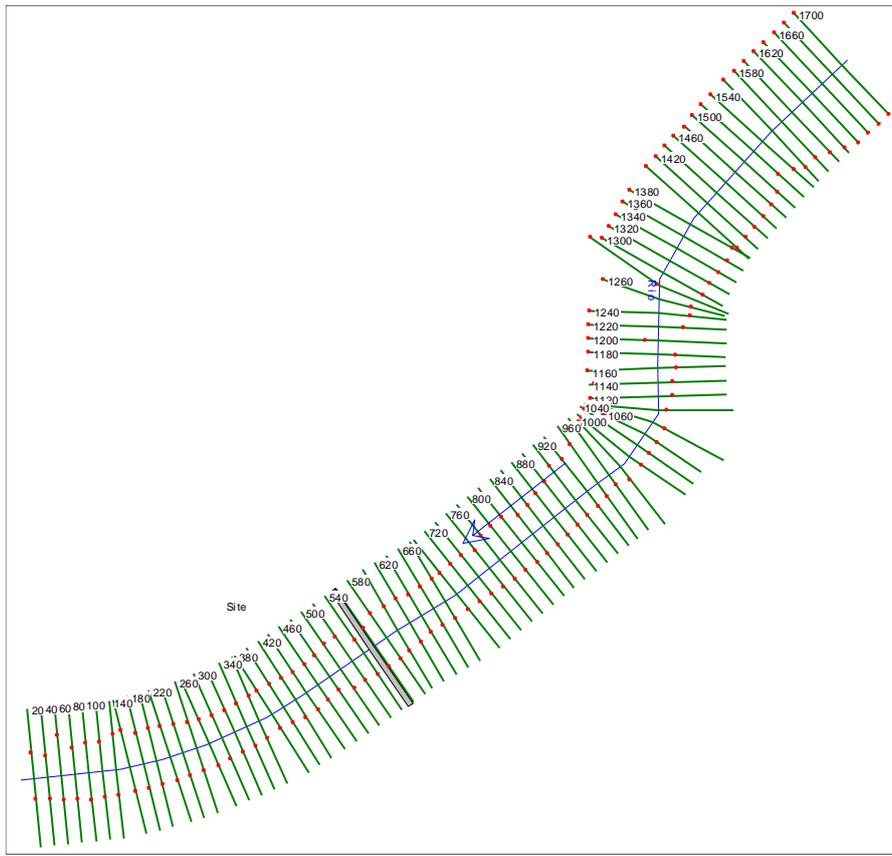
1.1. Modelamiento hidráulico mediante la aplicación HEC RAS Puente Tr =140 años

Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Inside BR US	416.8	42.00	45.0	44.5	45.4	2.7	155.7	85.4	0.6
Inside BR DS	416.8	42.00	45.0	44.44	45.3	2.6	159.8	86.0	0.6

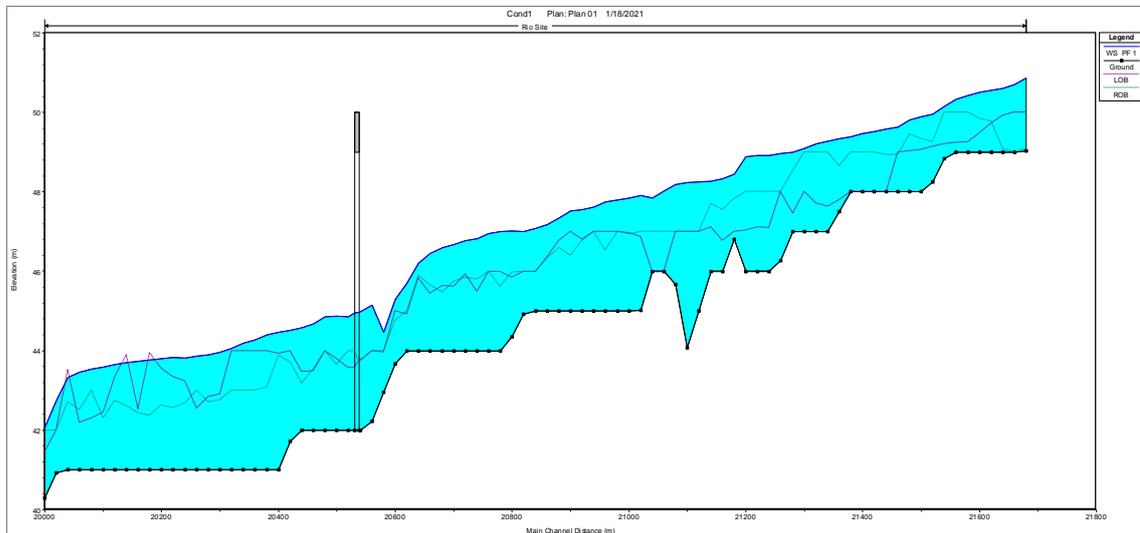
1.2. Resultados de la modelación

Plan: p01 Rio Site RS: 550 Profile:				
PF 1				
E.G. US. (m)	45.36	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	44.99	E.G. Elev (m)	45.35	45.31
Q Total (m3/s)	416.8	W.S. Elev (m)	44.97	44.95
Q Bridge (m3/s)	417	Crit W.S. (m)	44.5	44.44
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.97	2.95
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.68	2.61
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	155.72	159.83
Weir Submerg		Froude # Chl	0.62	0.59
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	279.06	286.64
Min El Weir Flow (m)	50	Hydr Depth (m)	1.82	1.86
Min El Prs (m)	49	W.P. Total (m)	86.28	86.87
Delta EG (m)	0.1	Conv. Total (m3/s)	6084.2	6458.6
Delta WS (m)	0.13	Top Width (m)	85.37	85.99
BR Open Area (m2)	529.94	Frctn Loss (m)	0.04	0.04
BR Open Vel (m/s)	2.68	C & E Loss (m)	0	0
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	83.06	75.14
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	222.33	195.96

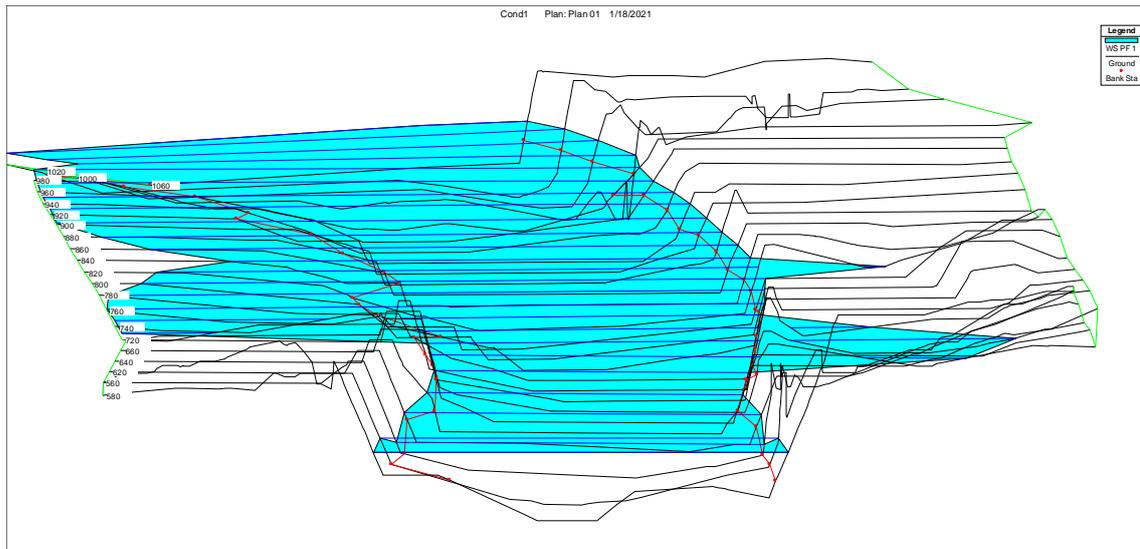
Modelamiento hidráulico mediante la aplicación HEC RAS - Tr =140 años
 Plano en planta



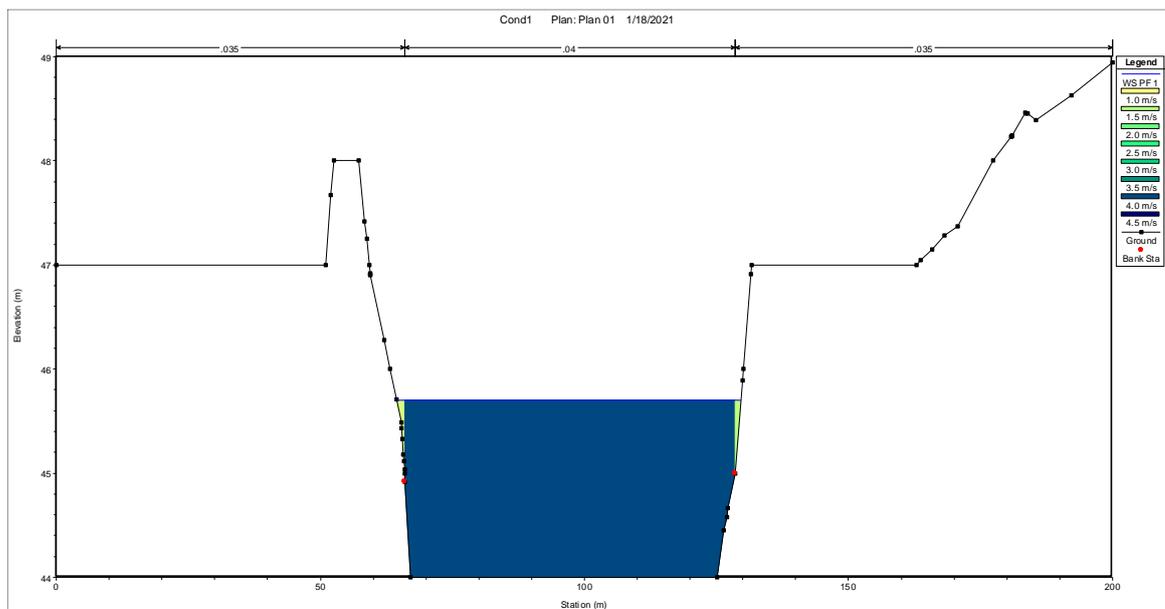
Perfil del flujo



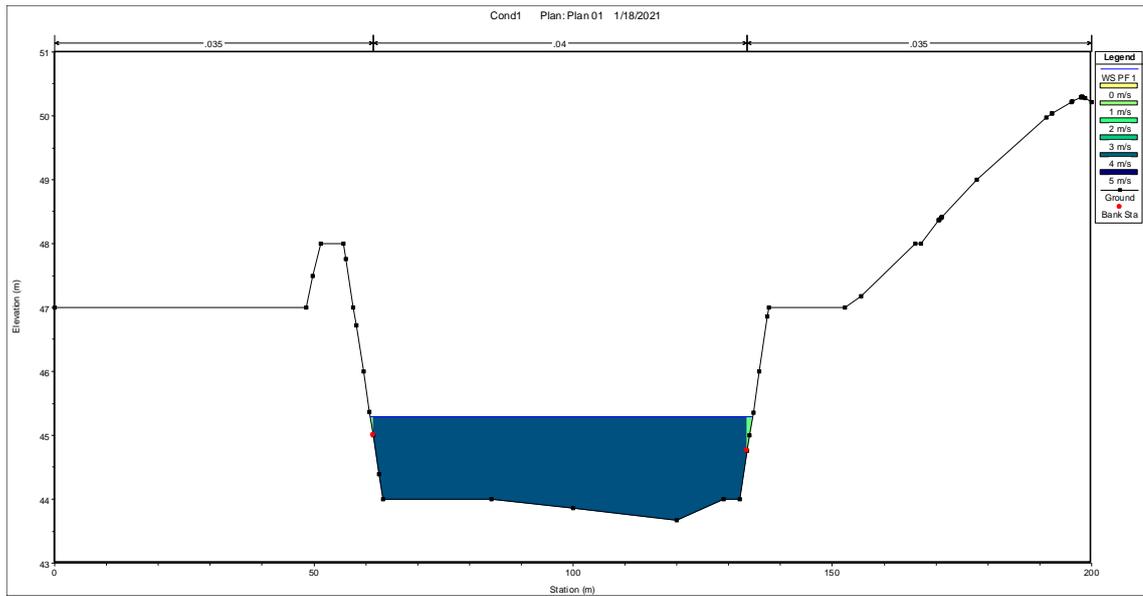
Vista tridimensional aguas arriba del puente - perspectiva xyz



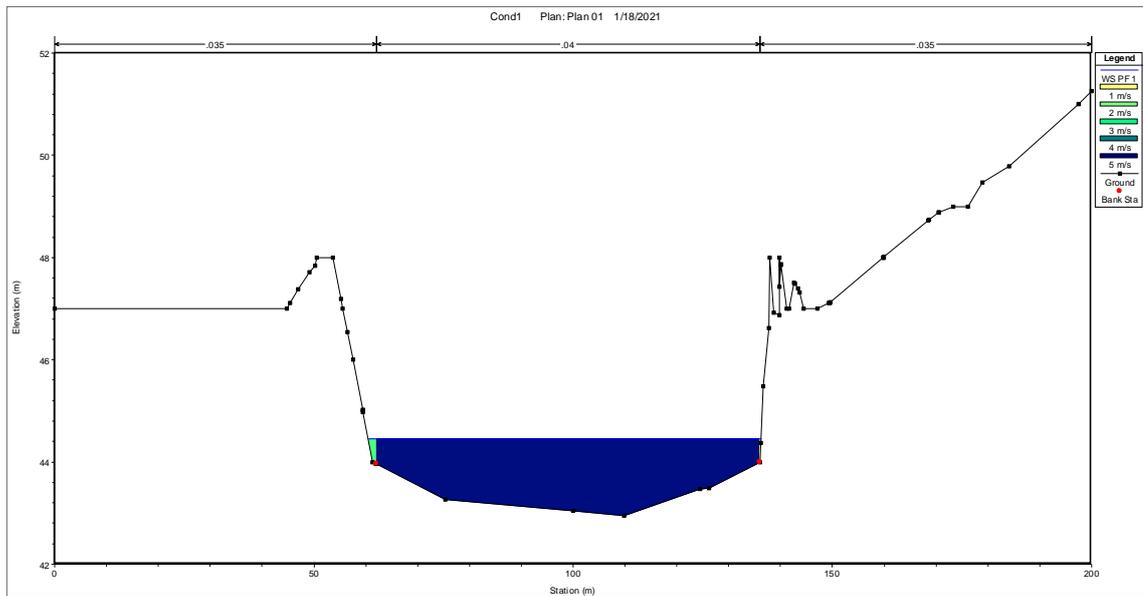
Sección transversal aguas arriba del puente. Aguas arriba – PK 640



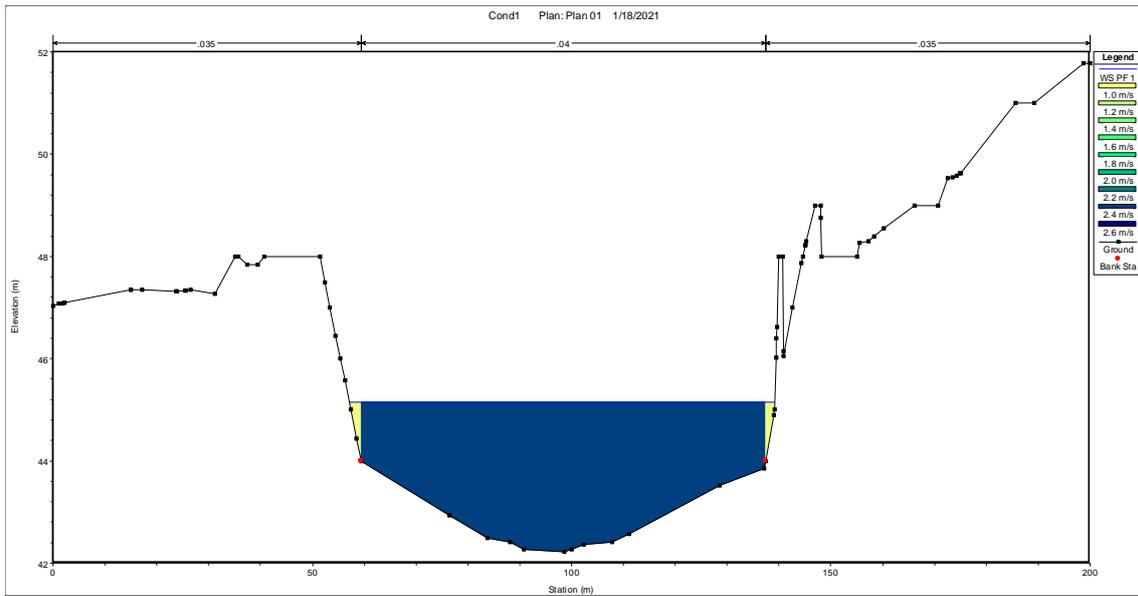
Sección transversal aguas arriba del puente. Aguas arriba – PK 620



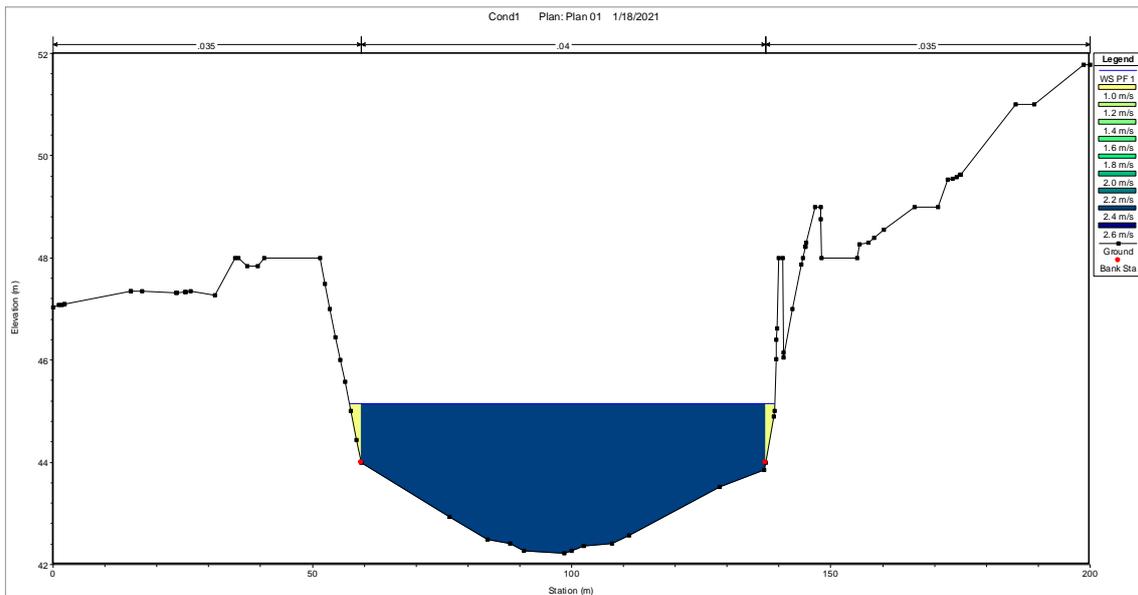
Sección transversal aguas arriba del puente. Aguas arriba – PK 600



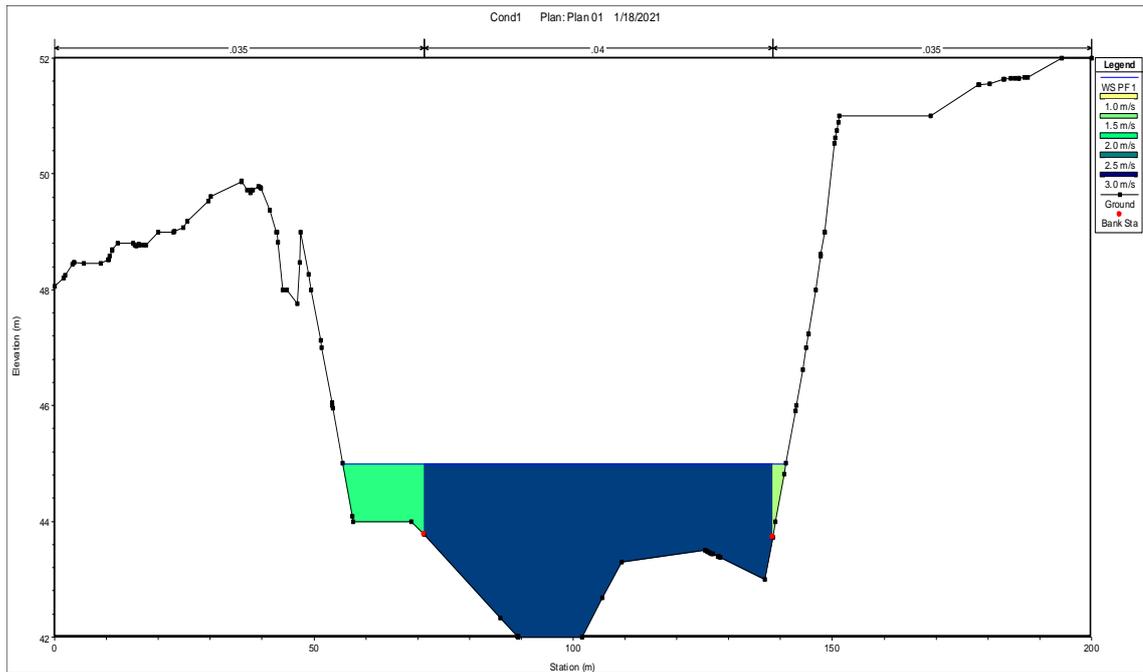
Sección transversal aguas arriba del puente. Aguas arriba – PK 580



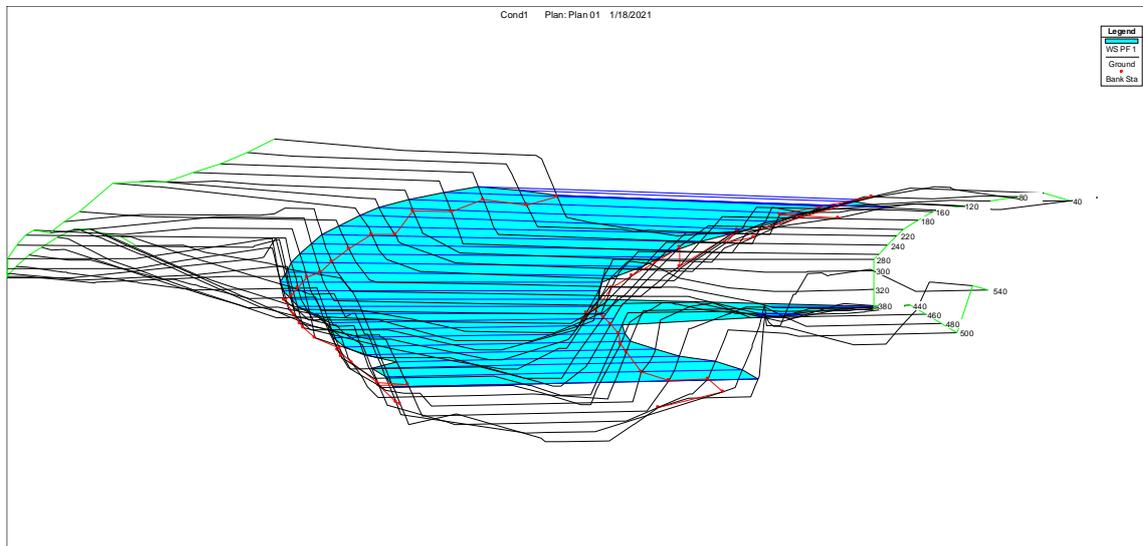
Sección transversal aguas arriba del puente. Aguas arriba – PK 580



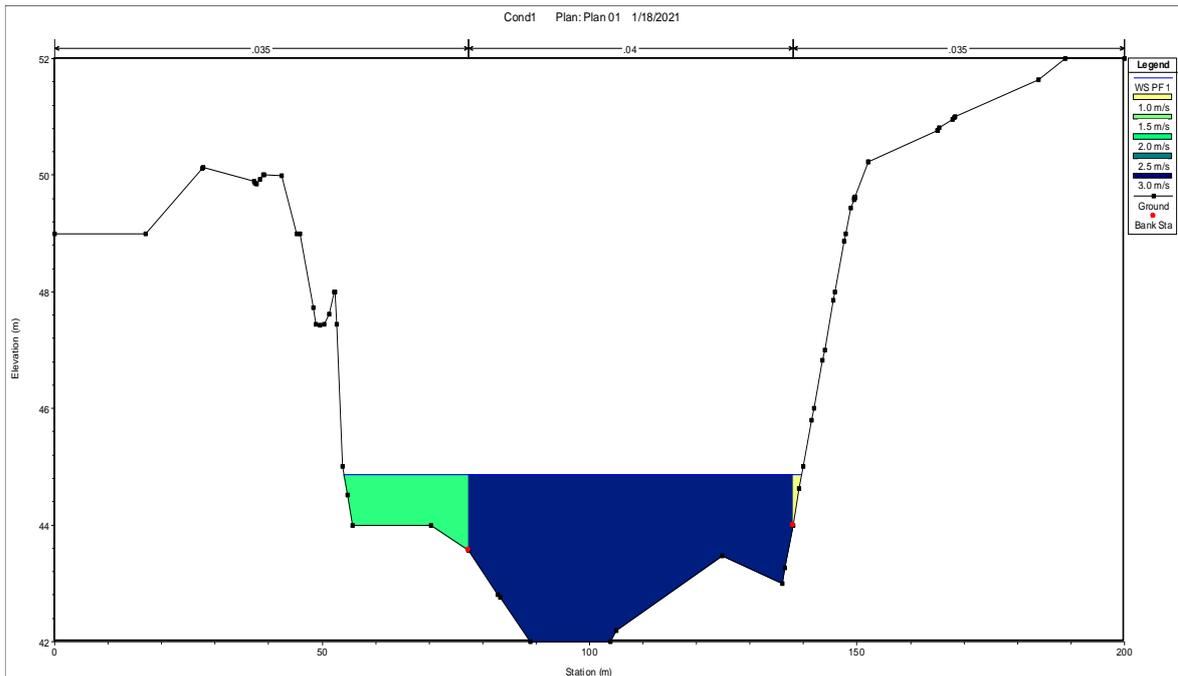
Sección transversal aguas arriba del puente. Aguas arriba – PK 560



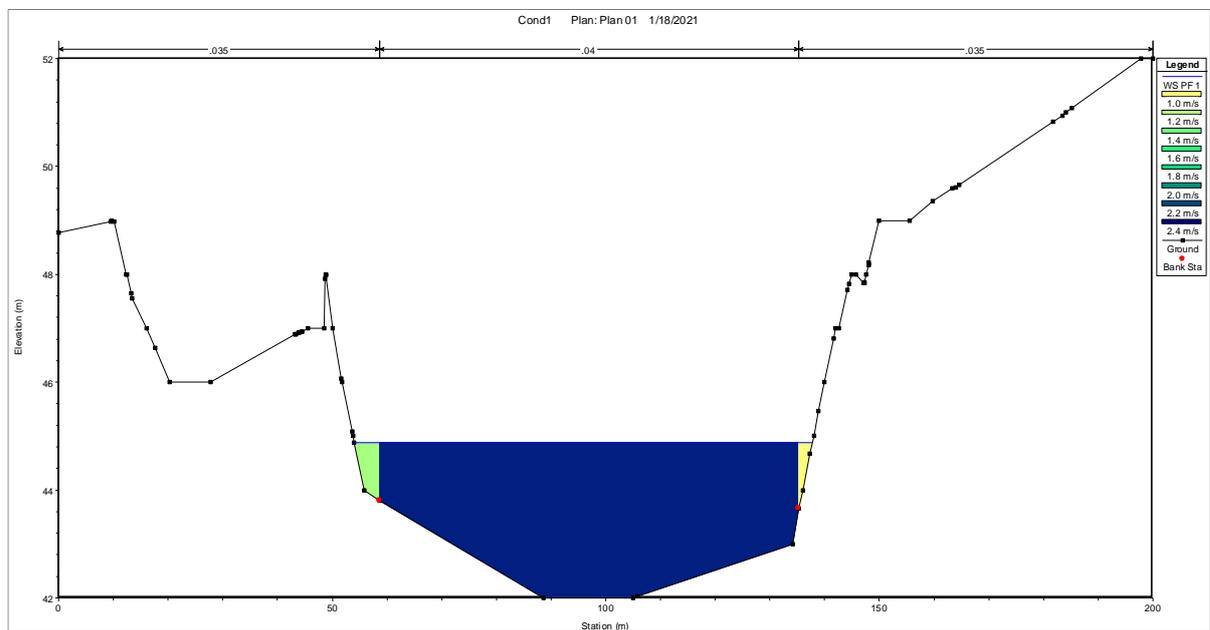
Vista tridimensional aguas abajo del puente - perspectiva xyz



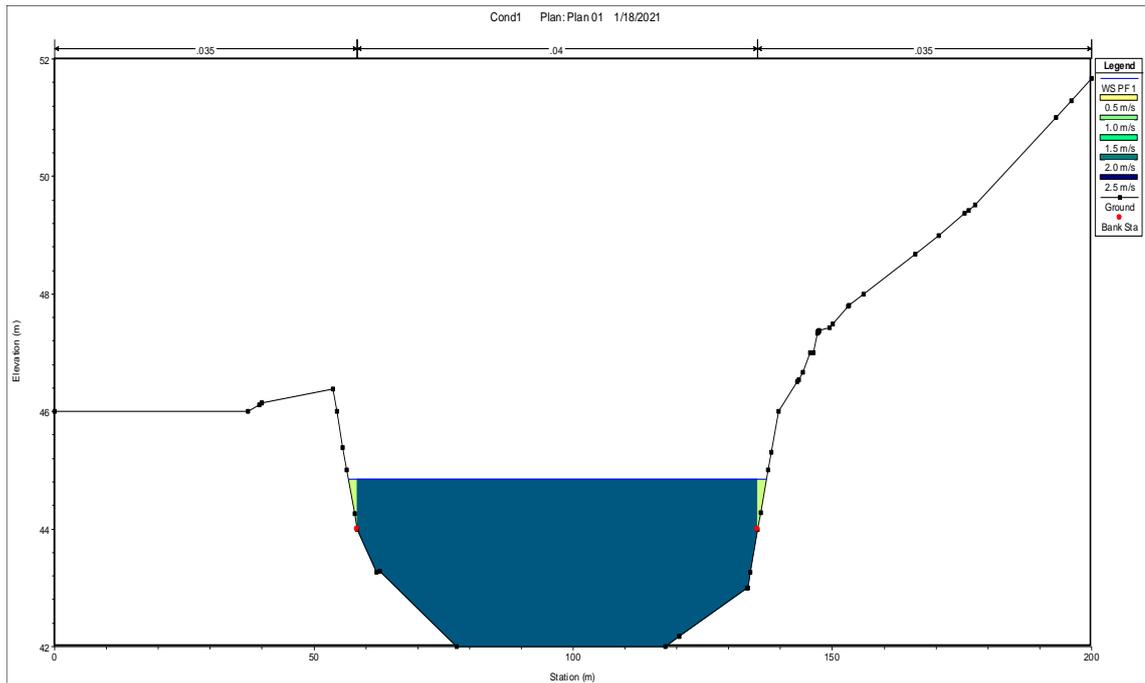
Sección transversal Aguas abajo del puente – PK 540



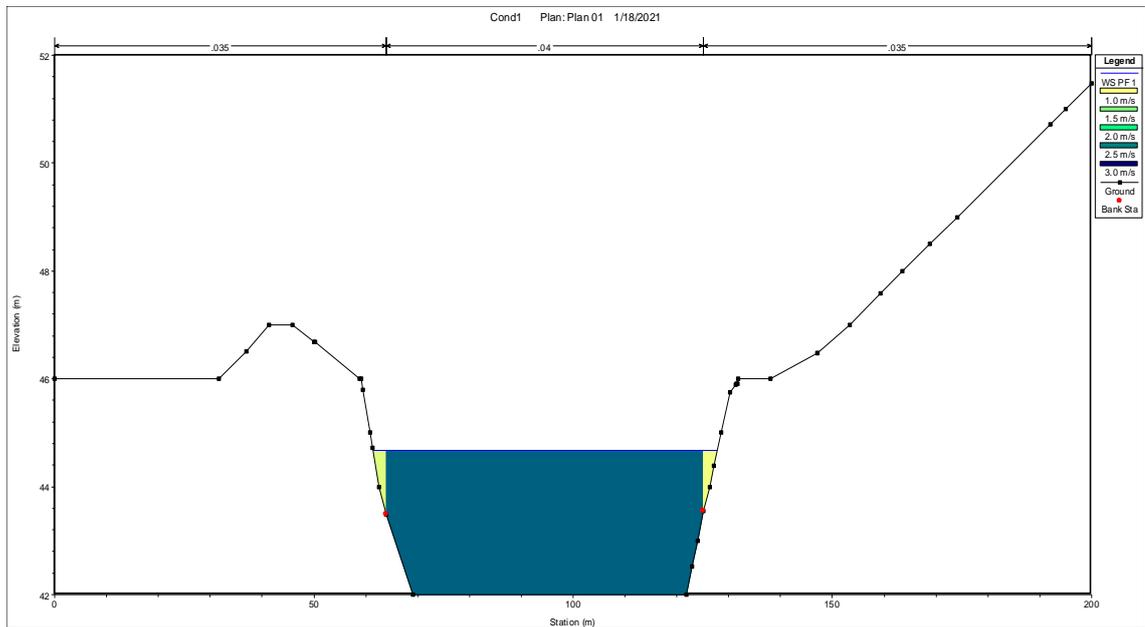
Sección transversal Aguas abajo del puente – PK 520



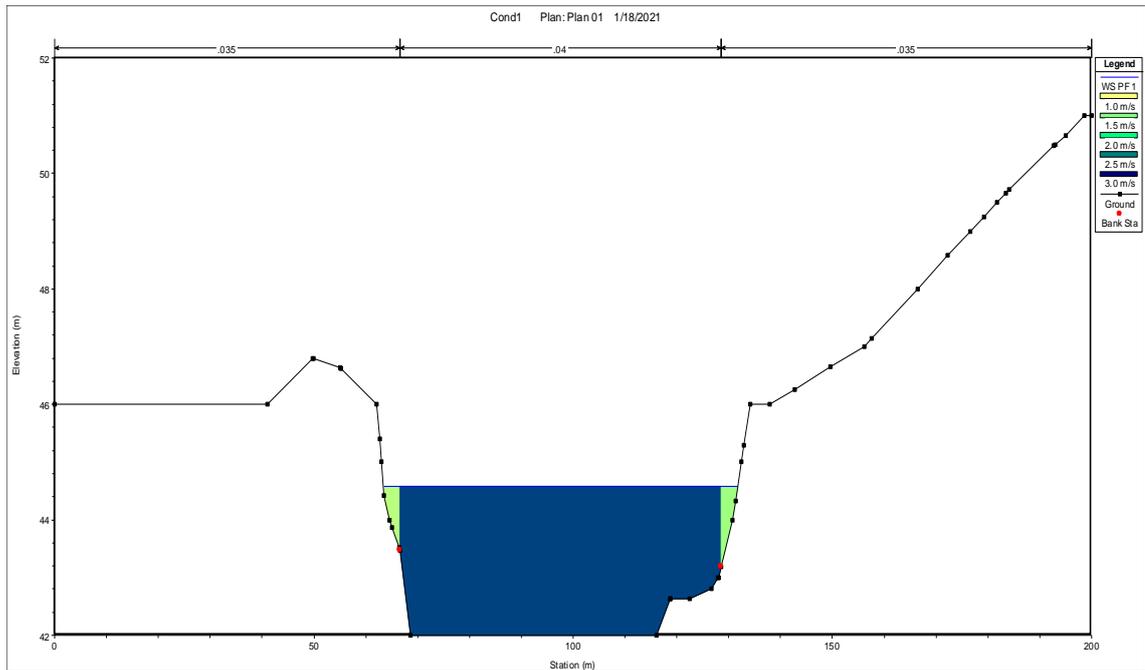
Sección transversal Aguas abajo del puente – PK 500



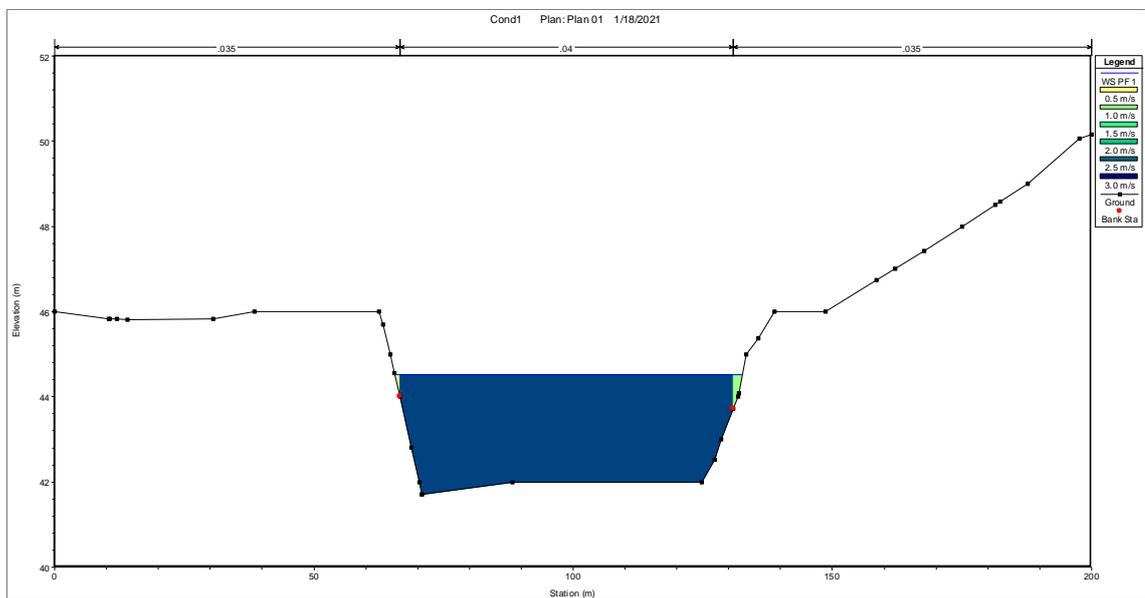
Sección transversal Aguas abajo del puente – PK 480



Sección transversal Aguas abajo del puente – PK 460



Sección transversal Aguas abajo del puente – PK 440



Sección transversal Aguas abajo del puente – PK 420

Resultados del Modelamiento – Topografía Replanteada

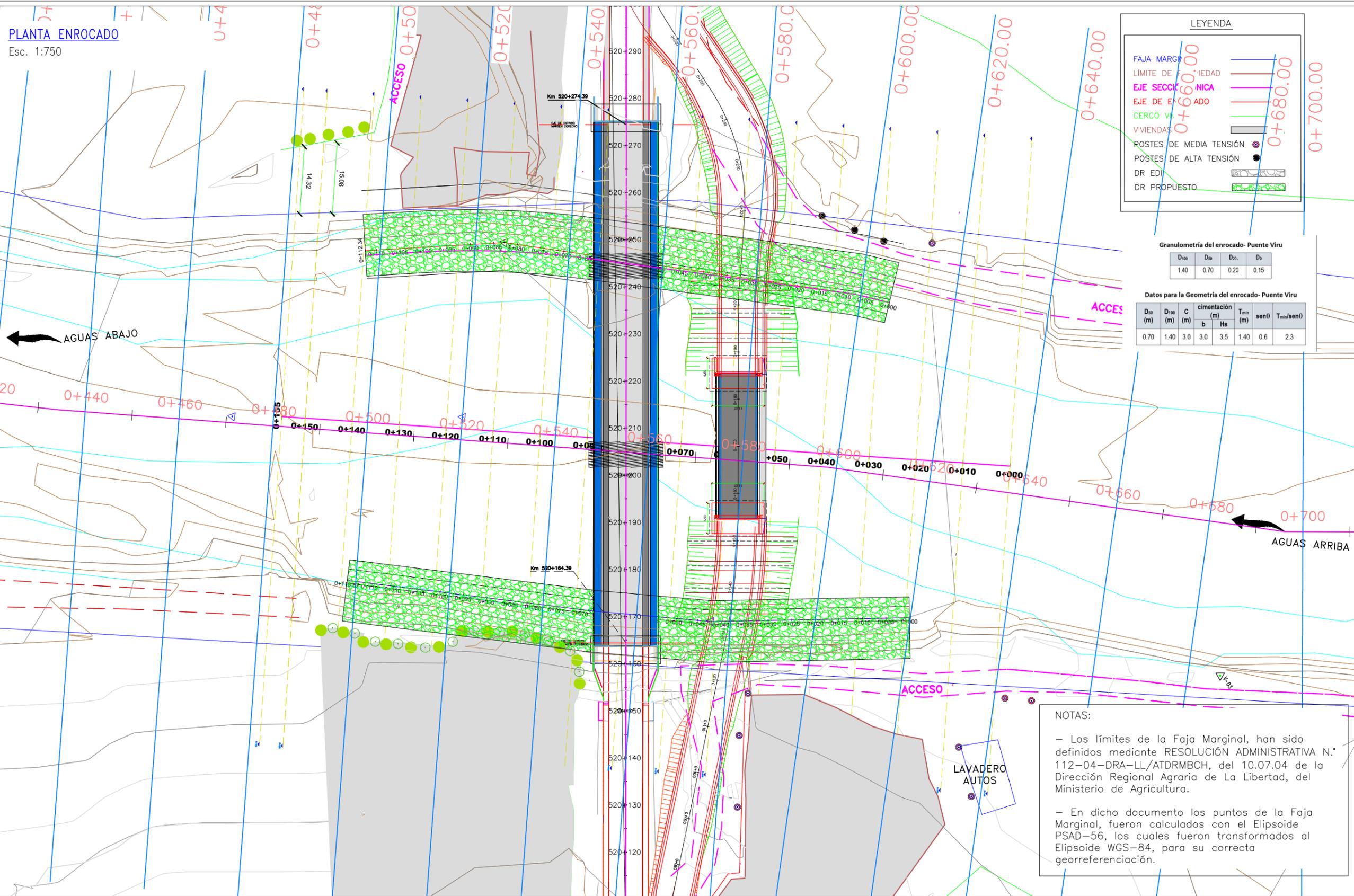
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Site	1700	PF 1	416.8	49.0	50.9	50.55	51.06	0.00550	1.9	215.78	200.0	0.59
Site	1680	PF 1	416.8	49.0	50.7		50.93	0.00746	2.1	196.92	200.0	0.68
Site	1660	PF 1	416.8	49.0	50.6		50.79	0.00519	1.9	219.25	200.0	0.58
Site	1640	PF 1	416.8	49.0	50.6		50.7	0.00325	1.7	251.97	200.0	0.47
Site	1620	PF 1	416.8	49.0	50.5		50.63	0.00295	1.6	257.76	200.0	0.45
Site	1600	PF 1	416.8	49.0	50.4		50.57	0.00308	1.7	251.92	200.0	0.46
Site	1580	PF 1	416.8	49.0	50.3		50.5	0.00387	1.8	231.78	200.0	0.52
Site	1560	PF 1	416.8	48.8	50.2		50.39	0.00671	2.2	194.75	200.0	0.66
Site	1540	PF 1	416.8	48.3	50.0		50.24	0.00816	2.4	177.97	172.5	0.73
Site	1520	PF 1	416.8	48.0	49.9		50.1	0.00449	2.0	208.67	171.0	0.56
Site	1500	PF 1	416.8	48.0	49.8		50.01	0.00485	2.0	208.6	172.2	0.57
Site	1480	PF 1	416.8	48.0	49.6		49.89	0.00694	2.2	188.84	174.4	0.68
Site	1460	PF 1	416.8	48.0	49.6		49.76	0.00430	1.9	220.14	176.5	0.54
Site	1440	PF 1	416.8	48.0	49.5		49.68	0.00328	1.8	239	177.0	0.48
Site	1420	PF 1	416.8	48.0	49.5		49.61	0.00285	1.7	249.55	177.4	0.45
Site	1400	PF 1	416.8	48.0	49.4		49.55	0.00331	1.8	238.82	177.9	0.48
Site	1380	PF 1	416.8	47.5	49.3		49.48	0.00312	1.7	241.68	177.5	0.47
Site	1360	PF 1	416.8	47.0	49.3		49.42	0.00304	1.7	243.22	174.1	0.46
Site	1340	PF 1	416.8	47.0	49.2		49.36	0.00312	1.7	239.35	170.6	0.47
Site	1320	PF 1	416.8	47.0	49.1		49.28	0.00409	1.9	219.87	168.2	0.53
Site	1300	PF 1	416.8	47.0	49.0		49.2	0.00457	2.0	212.75	169.6	0.56
Site	1280	PF 1	416.8	46.3	49.0		49.11	0.00271	1.8	251.4	190.8	0.45
Site	1260	PF 1	416.8	46.0	48.9		49.06	0.00211	1.7	250.21	148.5	0.4
Site	1240	PF 1	416.8	46.0	48.9		49.02	0.00130	1.4	297.88	159.4	0.32
Site	1220	PF 1	416.8	46.0	48.9		48.99	0.00141	1.5	287.81	156.7	0.33
Site	1200	PF 1	416.8	46.8	48.4	48.44	48.9	0.01013	3.1	147.46	152.7	0.84
Site	1180	PF 1	416.8	46.0	48.3	47.65	48.51	0.00289	1.9	224.57	148.8	0.46
Site	1160	PF 1	416.8	46.0	48.3		48.45	0.00271	1.9	225.05	137.2	0.45
Site	1140	PF 1	416.8	45.0	48.3		48.4	0.00190	1.7	248.24	134.8	0.39
Site	1120	PF 1	416.8	44.1	48.2		48.36	0.00123	1.5	278.06	128.2	0.32
Site	1100	PF 1	416.8	45.7	48.2		48.33	0.00164	1.7	250.81	118.6	0.36
Site	1080	PF 1	416.8	46.0	48.0		48.27	0.00314	2.2	189.8	94.7	0.49
Site	1060	PF 1	416.8	46.0	47.8		48.18	0.00490	2.6	161.66	88.6	0.61
Site	1040	PF 1	416.8	45.0	47.9		48.07	0.00200	1.8	237.38	123.8	0.4
Site	1020	PF 1	416.8	45.0	47.9		48.02	0.00230	1.9	224.01	119.6	0.43
Site	1000	PF 1	416.8	45.0	47.8		47.98	0.00254	1.9	219.35	116.1	0.44
Site	980	PF 1	416.8	45.0	47.8		47.93	0.00209	1.9	228.02	124.8	0.41
Site	960	PF 1	416.8	45.0	47.6		47.87	0.00332	2.2	196.27	127.0	0.51
Site	940	PF 1	416.8	45.0	47.6		47.8	0.00317	2.3	195.64	130.3	0.51
Site	920	PF 1	416.8	45.0	47.5		47.74	0.00259	2.1	209.4	132.3	0.46
Site	900	PF 1	416.8	45.0	47.3		47.66	0.00409	2.5	174.25	134.2	0.57
Site	880	PF 1	416.8	45.0	47.2		47.56	0.00529	2.8	157.35	128.0	0.64
Site	860	PF 1	416.8	45.0	47.1		47.46	0.00464	2.7	163.1	121.4	0.61

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Site	840	PF 1	416.8	44.9	47.0		47.36	0.00495	2.8	161.51	107.4	0.63
Site	820	PF 1	416.8	44.4	47.0		47.25	0.00252	2.2	203.19	129.0	0.46
Site	800	PF 1	416.8	44.0	47.0		47.2	0.00203	2.0	221.16	129.1	0.41
Site	780	PF 1	416.8	44.0	47.0		47.15	0.00220	2.1	219.06	135.7	0.43
Site	760	PF 1	416.8	44.0	46.8		47.09	0.00300	2.4	196.01	136.0	0.5
Site	740	PF 1	416.8	44.0	46.8		47.04	0.00257	2.3	194.11	118.5	0.47
Site	720	PF 1	416.8	44.0	46.7		46.98	0.00286	2.4	178.23	106.4	0.49
Site	700	PF 1	416.8	44.0	46.6		46.91	0.00335	2.6	176.85	115.3	0.53
Site	680	PF 1	416.8	44.0	46.4		46.83	0.00425	2.8	153.63	89.6	0.59
Site	660	PF 1	416.8	44.0	46.2		46.72	0.00622	3.2	132	64.9	0.7
Site	640	PF 1	416.8	44.0	45.7	45.7	46.51	0.01316	4.0	104.7	65.2	0.99
Site	620	PF 1	416.8	43.7	45.3	45.43	46.19	0.01882	4.2	99.19	73.7	1.15
Site	600	PF 1	416.8	43.0	44.5	44.79	45.68	0.03205	4.9	85.39	75.8	1.46
Site	580	PF 1	416.8	42.2	45.2	44.36	45.44	0.00321	2.4	174.94	82.1	0.52
Site	560	PF 1	416.8	42.0	45.0	44.49	45.36	0.00458	2.8	156.98	85.4	0.61
Site	550		Bridge									
Site	540	PF 1	416.8	42.0	44.9		45.26	0.00482	2.9	152.5	85.7	0.63
Site	520	PF 1	416.8	42.0	44.9		45.15	0.00282	2.3	182.48	83.7	0.49
Site	500	PF 1	416.8	42.0	44.9		45.09	0.00221	2.2	194.42	80.6	0.44
Site	480	PF 1	416.8	42.0	44.7		45.03	0.00316	2.6	160.73	66.4	0.52
Site	460	PF 1	416.8	42.0	44.6		44.95	0.00375	2.7	154.44	68.3	0.56
Site	440	PF 1	416.8	41.7	44.5		44.88	0.00357	2.7	156.84	67.1	0.55
Site	420	PF 1	416.8	41.0	44.5		44.8	0.00332	2.6	161.61	68.0	0.53
Site	400	PF 1	416.8	41.0	44.4		44.73	0.00308	2.6	164.87	68.6	0.51
Site	380	PF 1	416.8	41.0	44.3		44.66	0.00390	2.8	153.31	77.1	0.57
Site	360	PF 1	416.8	41.0	44.2		44.58	0.00416	2.8	152.31	77.0	0.59
Site	340	PF 1	416.8	41.0	44.1		44.48	0.00496	2.9	144.74	92.2	0.64
Site	320	PF 1	416.8	41.0	44.0		44.38	0.00470	2.9	146.42	71.1	0.62
Site	300	PF 1	416.8	41.0	43.9		44.28	0.00411	2.7	154.31	72.8	0.58
Site	280	PF 1	416.8	41.0	43.9		44.19	0.00332	2.5	167.22	74.3	0.53
Site	260	PF 1	416.8	41.0	43.8		44.12	0.00315	2.4	172.13	76.9	0.51
Site	240	PF 1	416.8	41.0	43.8		44.05	0.00195	2.1	202.17	81.6	0.41
Site	220	PF 1	416.8	41.0	43.8		44.01	0.00180	2.0	210.47	83.7	0.39
Site	200	PF 1	416.8	41.0	43.8		43.97	0.00180	2.0	212.94	85.4	0.39
Site	180	PF 1	416.8	41.0	43.7		43.93	0.00168	1.9	217.64	88.7	0.38
Site	160	PF 1	416.8	41.0	43.7		43.9	0.00189	1.9	215.94	92.1	0.4
Site	140	PF 1	416.8	41.0	43.7		43.86	0.00201	2.0	210.44	94.2	0.41
Site	120	PF 1	416.8	41.0	43.6		43.81	0.00216	2.1	204.88	97.2	0.43
Site	100	PF 1	416.8	41.0	43.6		43.77	0.00227	2.1	202.86	96.4	0.44
Site	80	PF 1	416.8	41.0	43.5		43.71	0.00272	2.3	187.99	94.3	0.48
Site	60	PF 1	416.8	41.0	43.3		43.64	0.00423	2.5	170.23	92.3	0.57
Site	40	PF 1	416.8	40.9	42.7	42.74	43.47	0.01164	3.8	113.39	81.2	0.94
Site	20	PF 1	416.8	40.3	42.1	42.42	43.11	0.02367	4.6	92.9	80.6	1.28

ANEXO 3: Planos de Defensa Ribereña Planta – Secciones

PLANTA ENROCADO

Esc. 1:750



LEYENDA

- FAJA MARGINAL
- LIMITE DE FORTALEZA
- EJE SECCION TECNICA
- EJE DE ENROCADO
- CERCO VIAL
- VIVIENDAS
- POSTES DE MEDIA TENSION
- POSTES DE ALTA TENSION
- DR EDIFICADO
- DR PROPUESTO

Granulometría del enrocado- Puente Viru

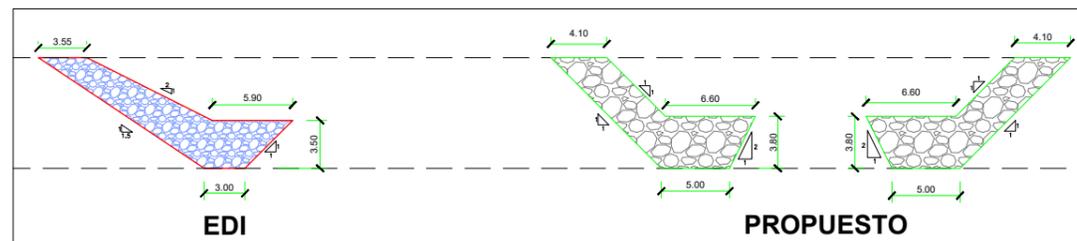
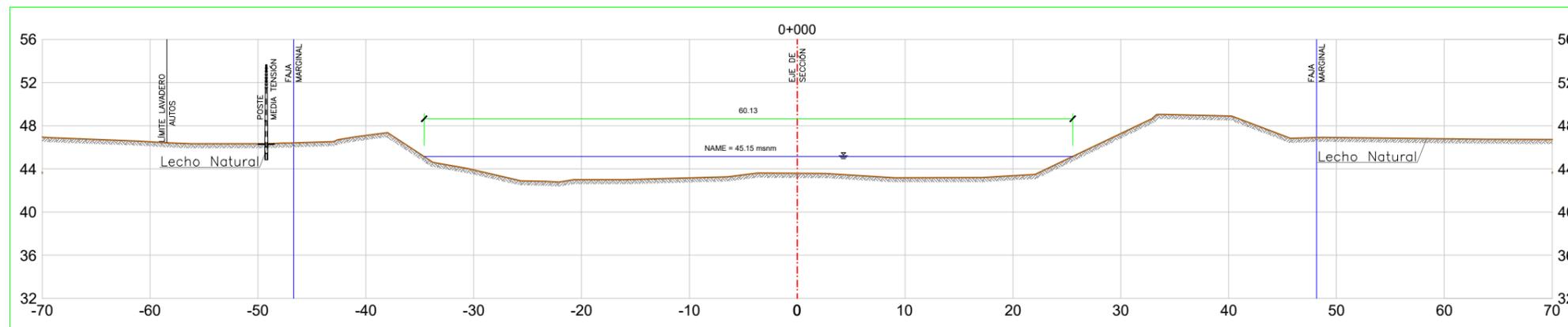
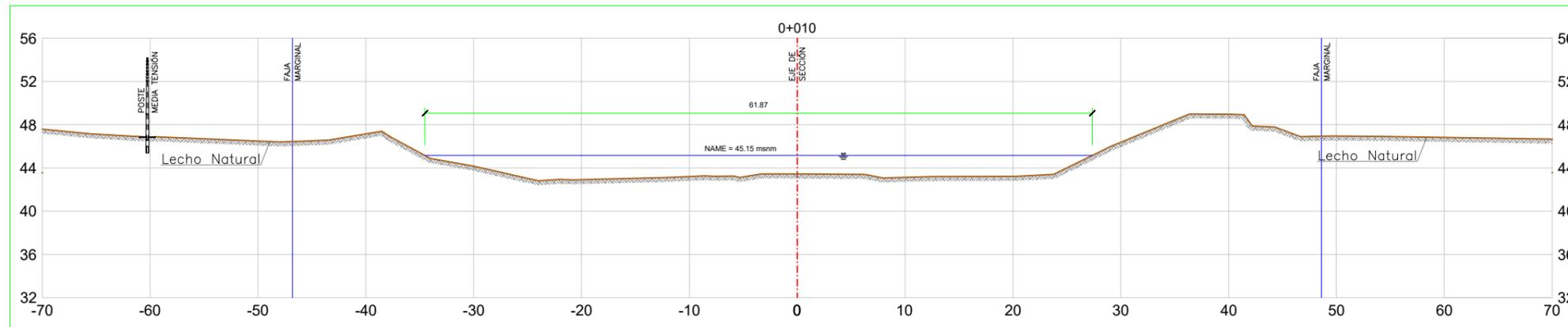
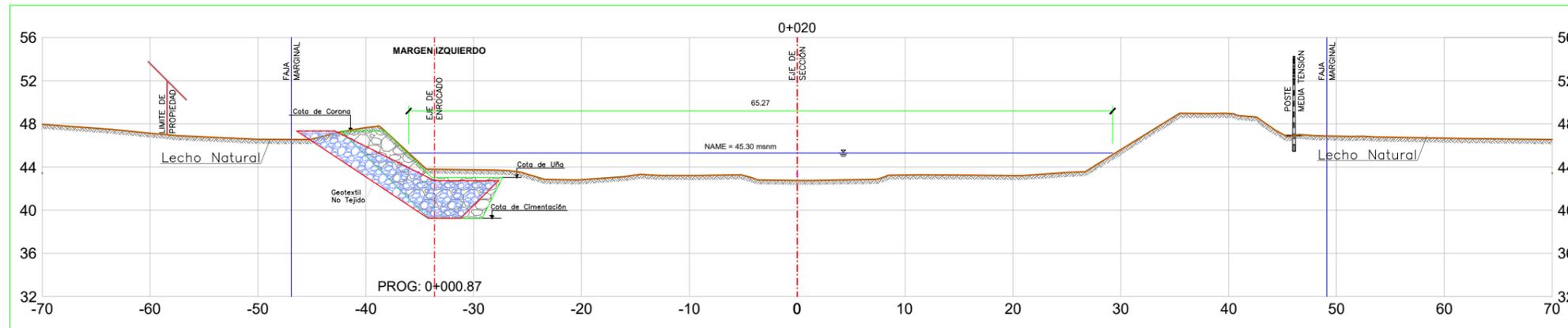
D ₁₅₀	D ₁₀₀	D ₇₅	D ₅₀
1.40	0.70	0.20	0.15

Datos para la Geometría del enrocado- Puente Viru

D ₅₀ (m)	D ₁₀₀ (m)	C (m)	cimentación (m)		T _{min} (m)	senθ	T _{min} /senθ
			b	Hs			
0.70	1.40	3.0	3.0	3.5	1.40	0.6	2.3

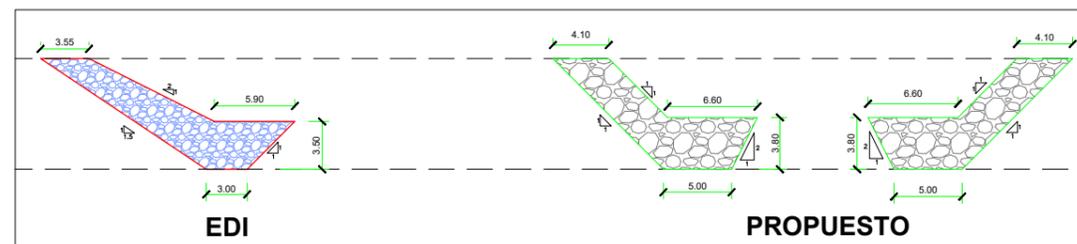
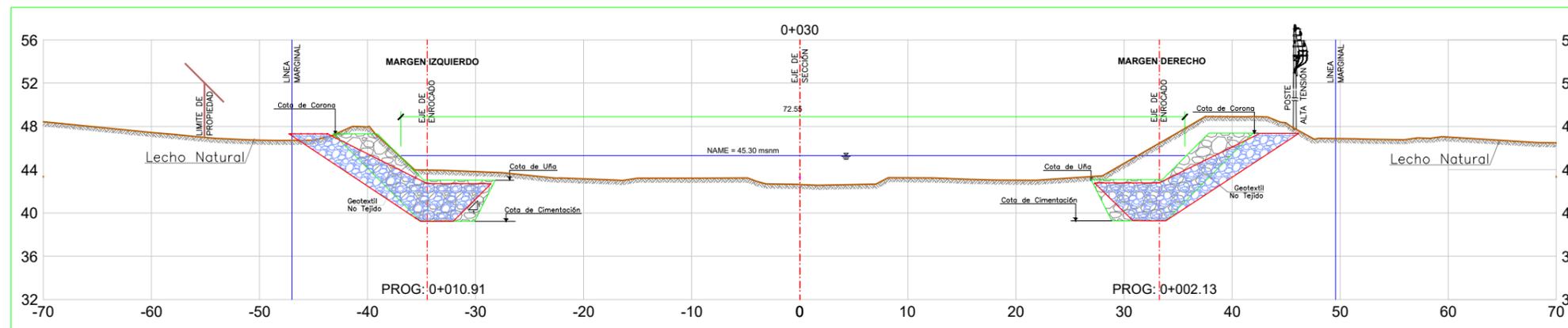
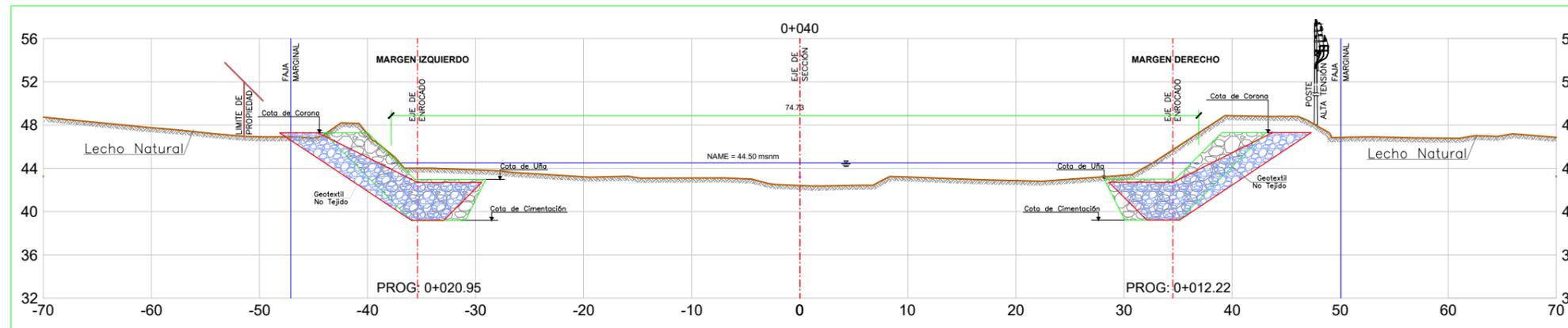
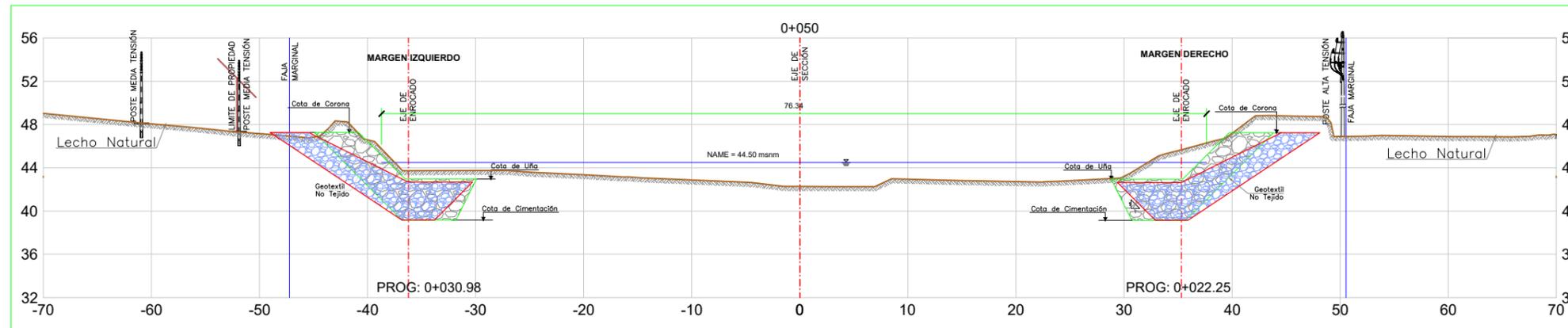
NOTAS:

- Los límites de la Faja Marginal, han sido definidos mediante RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N.º 112-04-DRA-LL/ATDRMBCH, del 10.07.04 de la Dirección Regional Agraria de La Libertad, del Ministerio de Agricultura.
- En dicho documento los puntos de la Faja Marginal, fueron calculados con el Elipsoide PSAD-56, los cuales fueron transformados al Elipsoide WGS-84, para su correcta georreferenciación.



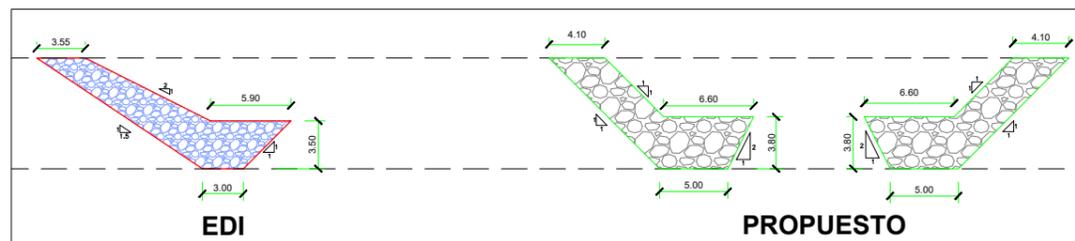
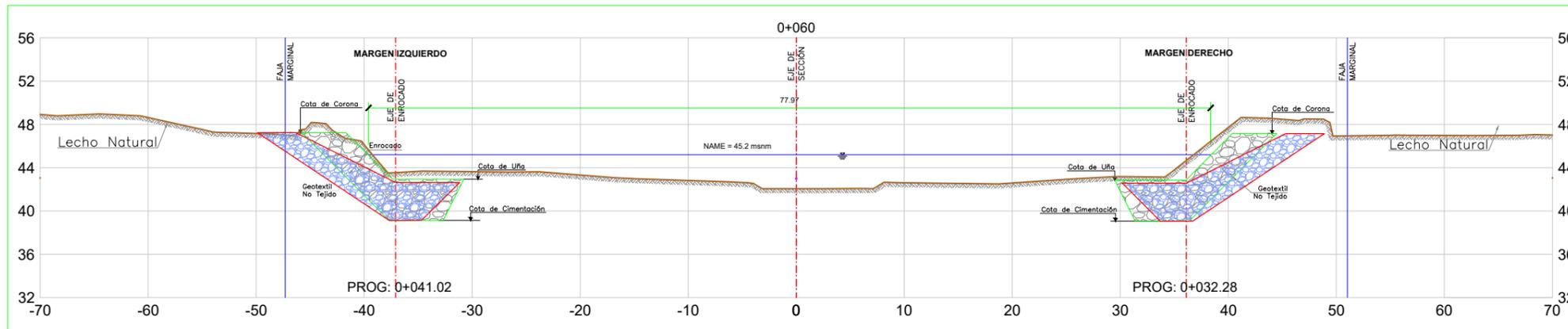
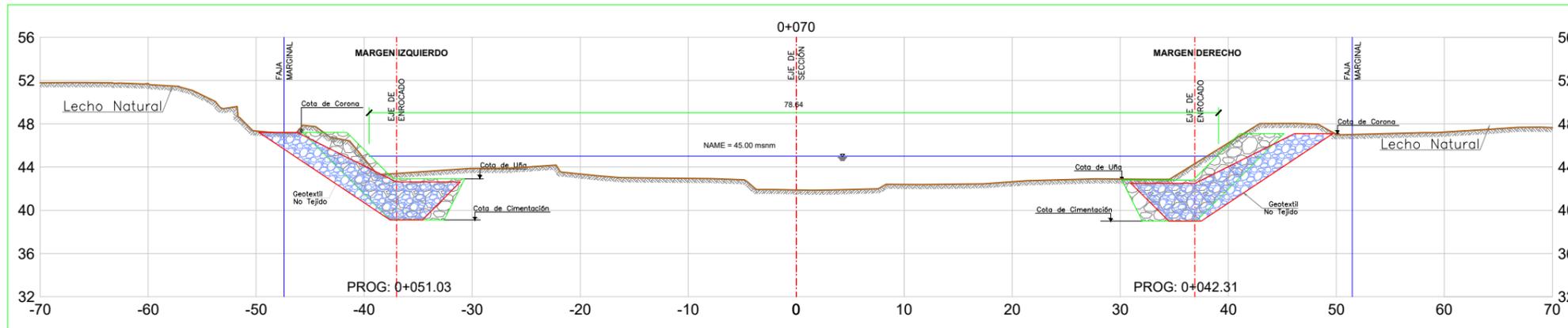
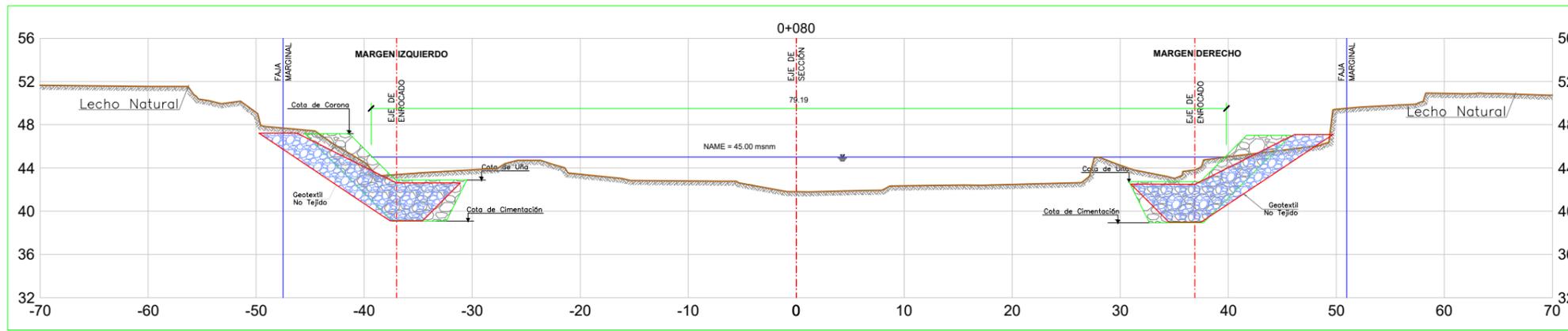
ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- Colocar las piedras con maquinaria y alternando la gradación indicada.
- Peso Específico de la Piedra = 2.8 T/m³
- Piedras angulares de cantera.
- Geotextil No Tejido Clase 1
- Gradación del enrocado:
 - D100=1.40m.
 - D50=0.70m.
 - D20=0.20m.



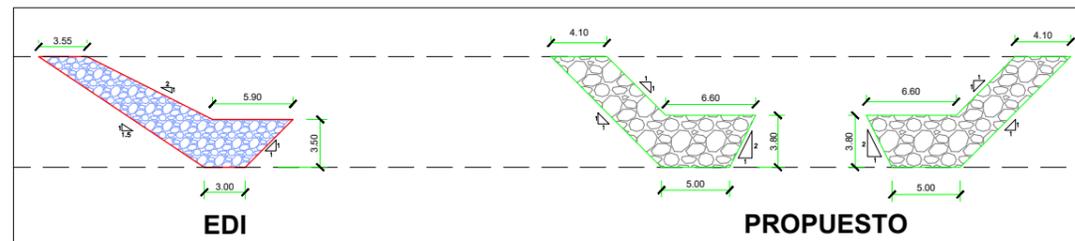
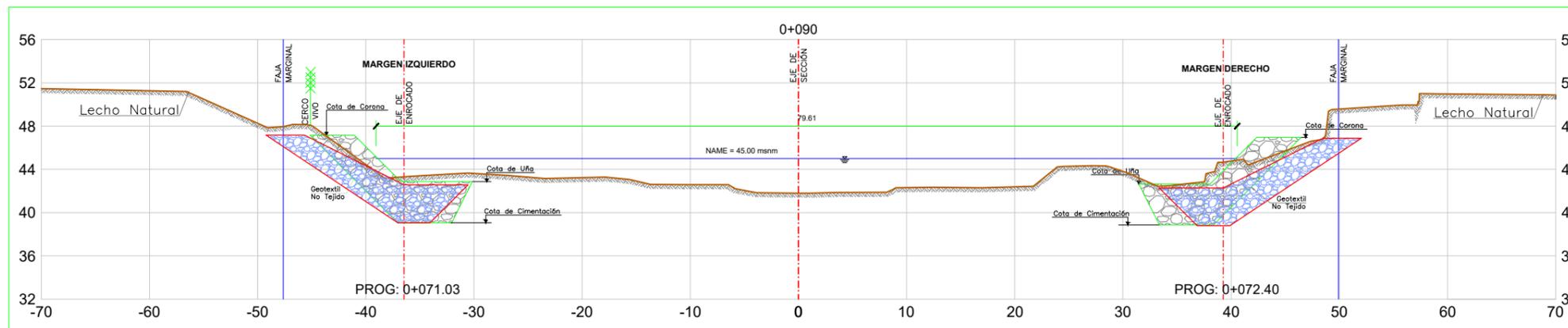
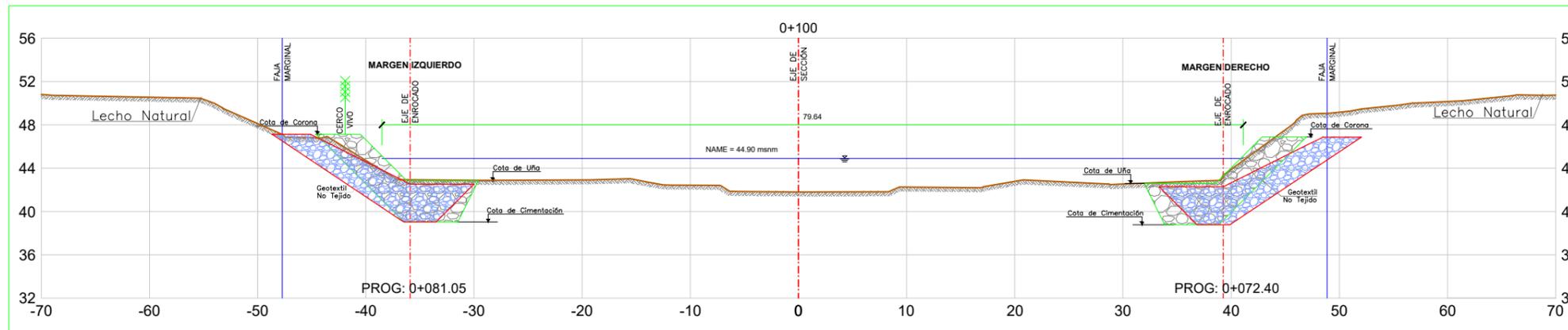
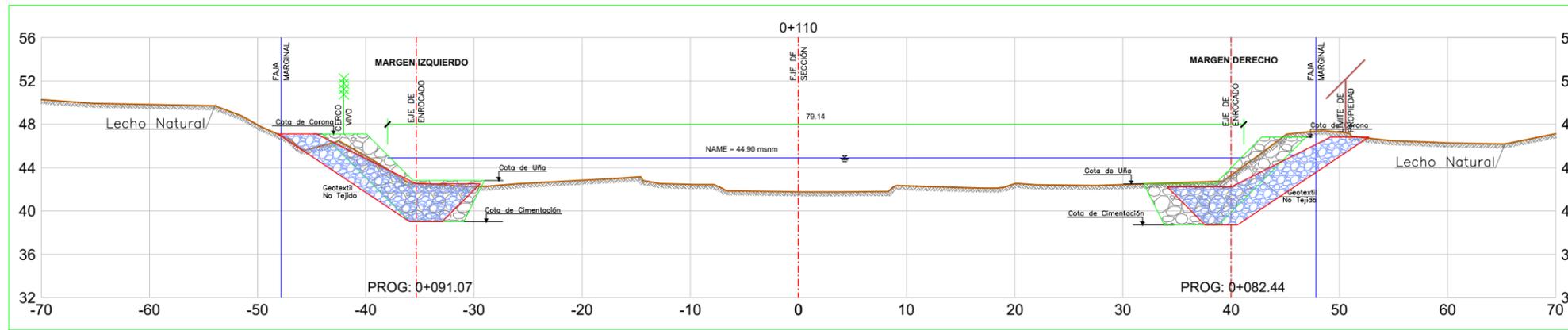
ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- Colocar las piedras con maquinaria y alternando la gradación indicada.
- Peso Específico de la Piedra = 2.8 T/m³
- Piedras angulares de cantera.
- Geotextil No Tejido Clase 1
- Gradación del enrocajo:
 - D100=1.40m.
 - D50=0.70m.
 - D20=0.20m.



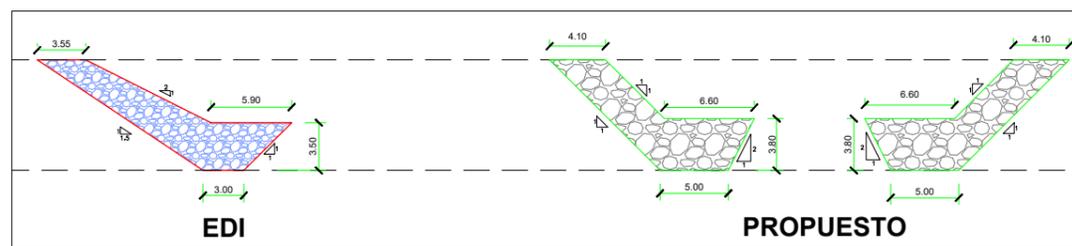
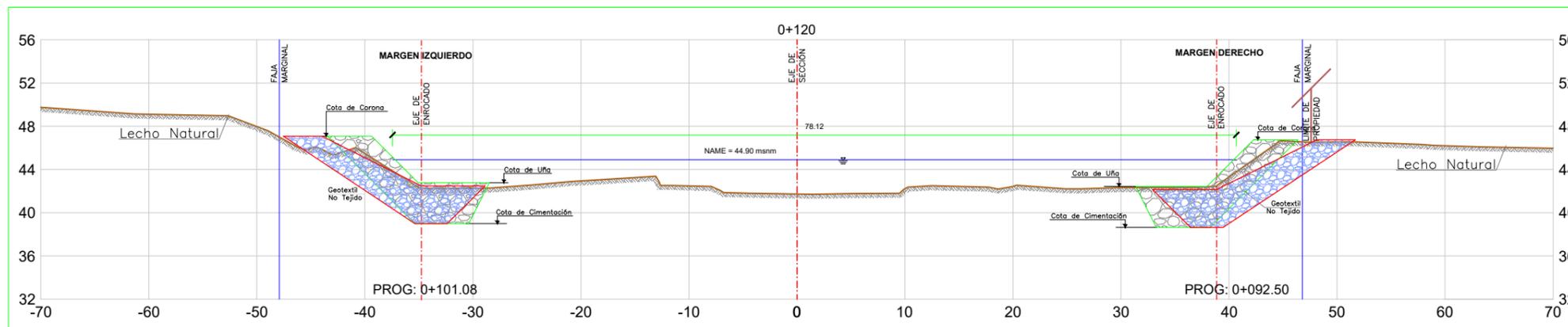
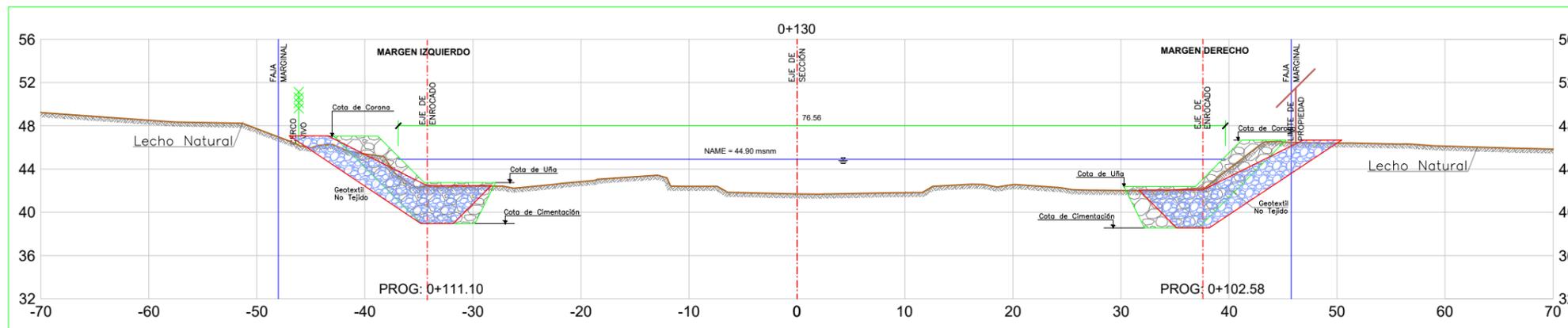
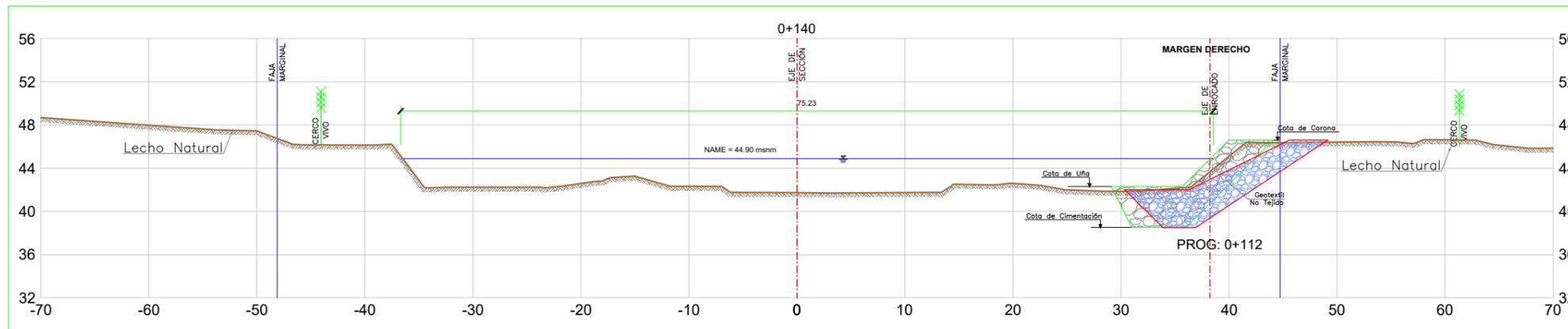
ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- Colocar las piedras con maquinaria y alternando la gradación indicada.
- Peso Específico de la Piedra = 2.8 T/m³
- Piedras angulares de cantera.
- Geotextil No Tejido Clase 1
- Gradación del enrocado:
 D₁₀₀=1.40m.
 D₅₀=0.70m.
 D₂₀=0.20m.



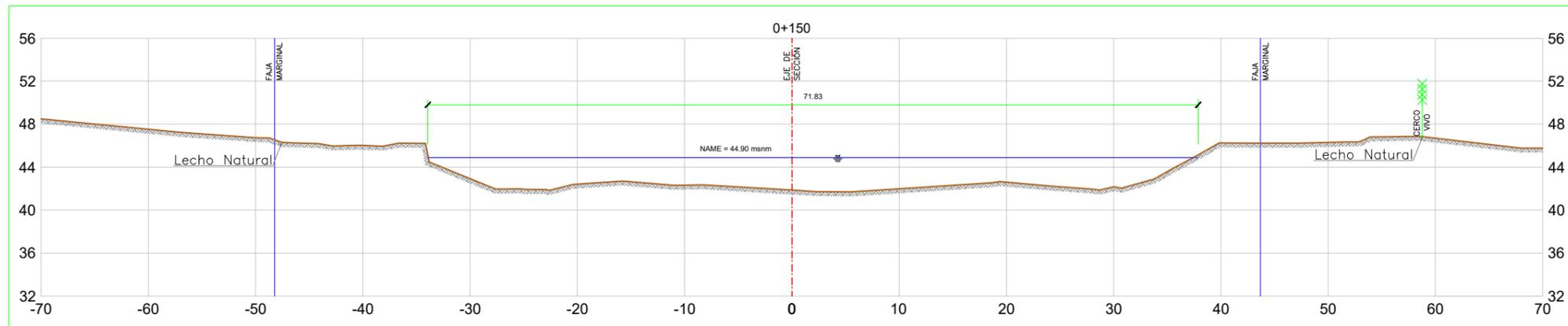
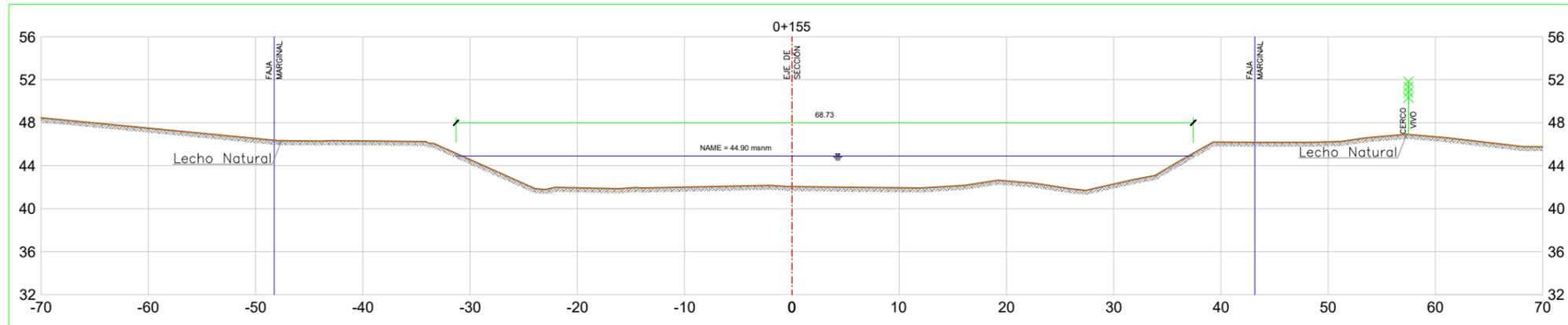
ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- Colocar las piedras con maquinaria y alternando la gradación indicada.
- Peso Específico de la Piedra = 2.8 T/m³
- Piedras angulares de cantera.
- Geotextil No Tejido Clase 1
- Gradación del enrocado:
 D₁₀₀=1.40m.
 D₅₀=0.70m.
 D₂₀=0.20m.



ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- Colocar las piedras con maquinaria y alternando la gradación indicada.
- Peso Específico de la Piedra = 2.8 T/m³
- Piedras angulares de cantera.
- Geotextil No Tejido Clase 1
- Gradación del enrocado:
 D₁₀₀=1.40m.
 D₅₀=0.70m.
 D₂₀=0.20m.



ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- Colocar las piedras con maquinaria y alternando la gradación indicada.
- Peso Específico de la Piedra = 2.8 T/m³
- Piedras angulares de cantera.
- Geotextil No Tejido Clase 1
- Gradación del enrocado:
 - D₁₀₀=1.40m.
 - D₅₀=0.70m.
 - D₂₀=0.20m.