

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
PARA LA PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN
SAN DAMIAN, ANCASH – PERÚ,2023”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título

profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Yurico Sindy Dahua Mozombite

Asesor:

Mg. Ing. Julio Christian Quesada Llanto

<https://orcid.org/0000-0003-4366-4926>

Lima - Perú

2023

INFORME DE SIMILITUD

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS PARA LA PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN SAN DAMIAN, ANCASH – PERÚ, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.typsa.com Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	vlex.com.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dataonline.gacetajuridica.com.pe Fuente de Internet	1%
7	rioscasmayhuarmey.com.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%

DEDICATORIA

Mi trabajo lo dedico en primer lugar a Dios pues sin él nada de esto sería posible, luego a mi padre que está en el cielo y que tanto añoro, a mi madre que ora todos los días por mi bienestar, a mis hermanos por estar siempre alentándome y que logre mis sueños, a mis amigas por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco siempre a Dios por todo lo que he logrado hasta ahora, a mi papá por inculcarme la disciplina desde niña, a mi madre por enseñarme que nada se logra si no nos esforzamos, a mi asesor por su apoyo con su gran experiencia y conocimiento en nuestra formación profesional y lograr desarrollar este trabajo de manera exitosa

TABLA DE CONTENIDO

INFORME DE SIMILITUD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN EJECUTIVO.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Inundación.....	15
2.1.1 Tipos de inundaciones	15
2.2 Defensas Ribereñas	16
2.2.1 Tipos de defensas ribereñas.....	16
2.2.1.1 Diques longitudinales	16
2.2.1.2 Espigones	17
2.3 Cumplimiento del marco legislativo	18
2.4 Limitaciones para el desarrollo del Proyecto	22
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	76
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cantidad de costo de daños evitados. Situación sin proyecto TR200	27
Tabla 2 Sectores de verificación y sitios de interés hidráulico del levantamiento LIDAR del perfil	32
Tabla 3 Resumen de SRME de los sectores de verificación	33
Tabla 4 Ensayos de laboratorio realizados en el sector de San Damian.....	40
Tabla 5 Resumen de ensayo triaxial CD, realizados en el sector San Damian	41
Tabla 6 Resumen de ensayo de permeabilidad a carga constante	41
Tabla 7 Parámetros de resistencia del Proyecto San Damian.....	43
Tabla 8 Parámetros elásticos en suelo del proyecto San Damian.....	44
Tabla 9 Permeabilidad de los materiales del proyecto San Damian.....	44
Tabla 10 Punto de análisis	45
Tabla 11 Coeficientes sísmicos del sector San Damian	45
Tabla 12 Permeabilidad de los materiales del proyecto San Damian.....	46
Tabla 13 Capacidad portante	48
Tabla 14 Criterios de Diseño Geotécnico.....	49
Tabla 15 Resultado del análisis de estabilidad	50
Tabla 16 Caudales Máximos FEN 2017.....	52
Tabla 17 Caudales máximos con efecto de cambio climático.....	53
Tabla 18 Producción de sedimentos	54
Tabla 19 Parámetros hidráulicos definidos para las obras de defensas ribereñas del proyecto San Damián	55
Tabla 20 Resumen de Cálculo Ancho Estable del Proyecto 5 San Damián.....	56
Tabla 21 Tirantes promedio en la zona de diques	59

Tabla 22	Velocidades promedio en la zona de diques.....	60
Tabla 23	Resumen de bordes libre mínimos por estructura	60
Tabla 24	Resumen del tipo de intervención del dique.....	62
Tabla 25	Resumen de interferencias del proyecto.....	63
Tabla 26	Resumen de interferencias.....	67
Tabla 27	Tipo de acceso y cruce interferido en el proyecto San Damian	68
Tabla 28	Resumen de tipo de actuaciones en el Dique	72
Tabla 29	Resumen de Canteras del proyecto.....	74
Tabla 30	Resumen de DMEs del proyecto	74
Tabla 31	Ubicación de fuente de agua del proyecto.....	75
Tabla 32	Resultados del ensayo de laboratorio a la fuente de agua	75
Tabla 33	Comparativo variaciones técnicas del PI viable y Expediente técnico	76
Tabla 34	Comparativo del costo del perfil viable vs Diseño definitivo	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la empresa	11
Figura 2 Organigrama de la empresa.....	13
Figura 3 Organigrama de la empresa.....	14
Figura 4 Diques Longitudinales zona de los andes	17
Figura 5 Espigones escalonados a base de gaviones	18
Figura 6 Etapas 3 y 4 del plan de trabajo 2020 del Real instituto de Arquitectos Británicos (RIBA).....	25
Figura 7 Manchas de inundación según los modelos M2 y M4 para TR 200 - San Damian	26
Figura 8 Ubicación política del proyecto a nivel de provincia.....	30
Figura 9 Plano de ubicación de la defensa ribereña proyectada.....	31
Figura 10 Tramos de verificación para batimetría del rio Huarmey	34
Figura 11 Geología local del sector San Damian	38
Figura 12 Perfil estratigráfico del proyecto San Damian	43
Figura 13 Variables agrupadas por objetivos	58
Figura 14 Calados y velocidades del km 17+000 al 19+000 Situación Con Proyecto	59
Figura 15 Secciones tipo del dique.....	62
Figura 16 Vista tridimensional de una bocatoma típica	64
Figura 17 Vista tridimensional del muro de gravedad	65
Figura 18 Variación del perfil versus el expediente técnico	77

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tiene como objetivo describir el Diseño de defensas ribereñas para la protección frente a inundación en San Damian, Ancash – Perú. Dicho proyecto fue promovido por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) y con el soporte de la United Kingdom Delivery Team (UKDT); se adjudicó a Obrascon Huarte Lain S.A. Sucursal del Perú (OHLA) esta a su vez se haría cargo de la gestión de la elaboración de los diseños definitivo y la construcción de las obras del proyecto. Con fecha 19 de agosto del 2021, se suscribió el contrato entre OHLA y Técnica y Proyectos S.A. Sucursal del Perú (TYPESA), para que TYPESA empresa donde trabajo, elabore los diseños definitivos de las obras del proyecto de inversión. La elaboración de los diseños definitivos del proyecto ha seguido de acuerdo con el contrato y términos de referencia establecidos, las fases, procesos y actividades de la metodología RIBA (Real instituto de Arquitectos Británicos) y se describe a continuación:

Fase RIBA 3a – Modelado de base

- 3.A.1 – Análisis de información e identificación de información complementaria
- 3.A.2 – Construcción del modelo referencial inicial
- 3.A.3- Complementación del modelo base

Fase RIBA 3b – Modelado de base

- 3.B.1 – Evaluación de necesidad del componente B – Análisis Multicriterio
- 3.B.2 – Desarrollo de soluciones mejoradas
- 3.B.3- Análisis de costo beneficio – determinación del periodo de retorno

Fase RIBA 4 – Diseño definitivo

- 4.A – Diseño detallado para la contratación
- 4.B – Desarrollo detallado para la construcción

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La empresa donde laboro se llama Técnica y Proyectos S.A sucursal del Perú en adelante TYPESA cuyo representante legal autorizó el uso de información para el presente informe, se encuentra ubicado en la dirección, Avenida. 28 de julio 1044, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima.

Es una empresa que abrió su sucursal en el Perú en el año 2001, A lo largo de su trayectoria, siempre se ha enfocado en brindar servicios de consultoría e ingeniería de alta calidad, con el objetivo de maximizar el valor proporcionado a sus clientes, dispone de un laboratorio de calidad de aguas con 125 clientes activos y con 30.000 ensayos anuales. Adhiere a los estándares técnicos más rigurosos, así como a los principios de sostenibilidad y ética en todas sus operaciones. Esto le ha permitido involucrarse en proyectos icónicos y contribuir a su crecimiento a través de la innovación. Introduce tecnologías como el BIM y la realidad virtual en todas las etapas de desarrollo de edificios e infraestructuras, con un enfoque en la economía circular. Además, crea plataformas de gestión de activos y desarrolla nuevas propuestas de ingeniería de alto valor.

Asimismo, la empresa cuenta con equipos multidisciplinares altamente especializados que conforman una planilla de 362 trabajadores, de los cuales las dos terceras partes lo conforman ingenieros y arquitectos, Además, dispone de una estructura organizativa matricial que incluye divisiones comerciales específicas y departamentos técnicos altamente especializados. Forma parte de Miembros Signatory del Pacto Mundial de las Naciones Unidas en 2018, comprometidos con los 9 principios y con los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El antecedente de la empresa es que está ubicado en la ciudad de Lima, dirección: Av. 28 de Julio 1044, Miraflores, Lima – Perú.

Figura 1*Ubicación de la empresa*

Nota: Ubicación en Google Maps (s.f.) Recuperado de <https://www.google.com/maps>

En el mes de agosto del año 2021, TYPsa culminó el diseño final del proyecto mediante un subcontrato con la empresa Obrascon Huarte Lain S.A (OHLA). Anteriormente como parte del acuerdo entre el Gobierno Peruano y el Reino Unido y la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) otorgó a Obrascon Huarte Lain S.A la responsabilidad de desarrollar los expedientes de diseño y llevar a cabo la ejecución del proyecto llamado “ENTREGA DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO HUARMEY – PAQUETE 4” que incluye al proyecto “Creación del servicio de protección frente a inundaciones en el centro poblado de San Damián, Distrito de Coris, Aija, Ancash.

La misión de TYPsa es crear, proyectar y desarrollar, en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura las soluciones más adecuadas, efectivas y de mayor calidad y excelencia que se puedan ofrecer a nuestros clientes, asumiendo un constante compromiso con la satisfacción de estos. Creemos en lo que hacemos y en lo que ofrecemos, pretendiendo generar rentabilidad y beneficio, para nuestros clientes, para la propia empresa, para sus

accionistas y para todas las personas que participan en su organización y funcionamiento, siguiendo los principios del desarrollo sostenible y contribuyendo al bien general de la sociedad.

Asimismo, TYPESA tiene **visión** el ser ingeniería de referencia nacional e internacional en el campo de la obra civil, la edificación, el medio ambiente y las energías renovables. Para ello utiliza un proceso constante de diversificación y expansión geográfica, buscando ser modelo por la excelencia de nuestras soluciones, por la capacidad, originalidad y profesionalismo que ofrecemos a nuestros clientes, por la calidad de nuestros servicios y por nuestro compromiso social y medio ambiental.

Los principales **Valores** que practica TYPESA, se describen a continuación:

Honestidad, honradez, integridad y lealtad, sobre los que se asienta nuestro profesionalismo y nuestra responsabilidad y compromiso hacia nuestros grupos de interés, haciendo posible la buena imagen de empresa que transmitimos.

Liderazgo, implica una actitud de superación continua y de mejora constante, ofreciendo precisión, fiabilidad y capacidad en todo aquello que realizamos.

Excelencia, búsqueda de la excelencia, mediante el aseguramiento de la máxima calidad de nuestros procesos y productos y la potenciación de la innovación en la búsqueda de soluciones de alto valor añadido.

Independencia, nos permite tomar nuestras propias decisiones, garantizar el cumplimiento de nuestros compromisos y asumir plenamente todas nuestras responsabilidades, sin más vinculación que la relación con nuestro cliente

Permanencia, proporcionada por nuestro carácter de empresa solvente, adecuadamente dimensionada, y con capacidad para cumplir todos nuestros retos.

Responsabilidad, responsabilidad social y medio ambiental, profesando un profundo respeto por el bienestar social, teniéndolo siempre presente en todos los procesos de nuestro trabajo y en los productos finales de estos.

TYPSA, sabe cómo aprovechar las fortalezas que posee y mantiene su espacio en la creciente y constante demanda en el diseño de distintos proyectos de envergadura, también está atento a las oportunidades que ofrece el mercado. Adicionalmente evalúa sus debilidades, con el fin de reestructurar la organización de la empresa de manera que sus colaboradores se sientan más identificado con ella y conozcan cuáles son sus atribuciones para que laboren de una manera capaz y eficiente. Por último, plantea estrategias claras y operativas para frenar las amenazas y eventualmente anular su acción. A continuación, se muestra la matriz **FODA**:

Figura 2

Organigrama de la empresa

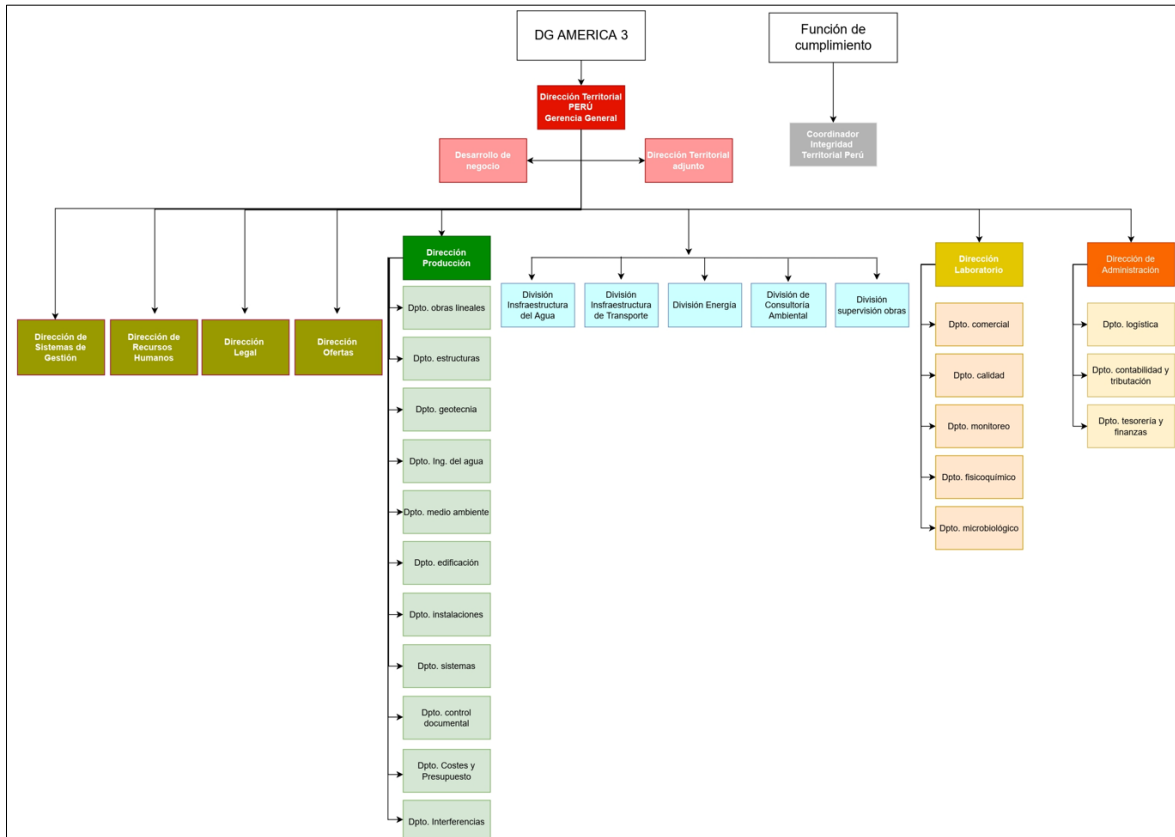


Nota. Sitio Web de la empresa

Respecto al **organigrama** de la empresa, esta tiene la estructura siguiente:

Figura 3

Organigrama de la empresa



Nota. Sitio Web de la empresa

La **justificación** del presente trabajo está basado a razón de que, en el Perú, son pocas las empresas que se dedican al diseño de defensas ribereñas, por lo mismo creo que es importante que lo lectores o aquellos profesionales que están iniciando en este tipo de proyectos conozcan como se diseñan este tipo de obras, de cual mi persona ha sido participe y he ganado una importante experiencia laboral como coordinadora de proyecto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo describiré algunos conceptos y modelos teóricos pertinentes para el desarrollo del presente informe. Tales como: Las inundaciones, tipo de inundaciones, defensas ribereñas, tipos de defensas ribereñas y cumplimientos del marco legislativo y por ultimo las limitaciones para el desarrollo del proyecto.

2.1 Inundación

Las inundaciones son sucesos complejos, causadas por una serie de vulnerabilidades humanas, una planificación de desarrollo inapropiada y la variabilidad climática. Las inundaciones son predecibles en gran medida, con la excepción de la inundaciones repentinas, cuya escala y naturaleza muchas veces más incierta (ADPC,2025).

2.1.1 Tipos de inundaciones

- **Inundaciones predecibles, regulares**

Pueden durar hasta 3 meses, bloquean el acceso, daños y desplazamiento de la población relativamente reducidos, dependiendo de los niveles de protección.

- **Inundaciones repentinas**

De pocos dias a semanas, alcanzan rápidamente su máximo, muchas veces sin previo aviso, el flujo de inundaciones a altas velocidades puede destruir infraestructuras. Desplazamientos de personas a menudo se produce a nivel local.

- **Inundaciones urbanas**

De dias a semanas, pueden ser de comienzo rápido, muchas veces proceden de inundaciones repentinas en ríos urbanos o de la saturación o bloqueo de sistemas de drenaje urbano. Posibilidad de dañar infraestructuras afectando carreteras más amplias. Desplazamiento de personas a menudo se produce a nivel local.

- **Inundaciones de comienzo lento por lluvias continuas**

Pueden durar 3 a 6 meses, bloquea el acceso. Según la estación los daños en los cultivos pueden ser importantes, desplazamiento de la población limitado y puede depender de la seguridad alimentaria.

2.2 Defensas Ribereñas

Son obras de prevención que se construyen en las márgenes y áreas adyacentes a los ríos, cauces y espejos de agua, con la finalidad de evitar el desborde en época de lluvias, su ubicación es determinada mediante un minucioso estudio técnico que garantice su eficiencia, duración, sostenibilidad y sobre todo la protección de la poblaciones aledañas, su objetivo es proteger a la población en épocas de lluvias, reforzar los puntos críticos en ríos, cauces y espejos de agua, asimismo recuperar áreas para uso de la población. Tiene como beneficios proteger la vida de las personas, así como sus bienes y pertenencias, reduce significativamente el impacto de las inundaciones en zonas urbanas y campos de cultivo, también fomenta el crecimiento económico de la zona.

2.2.1 Tipos de defensas ribereñas

2.2.1.1 Diques longitudinales

Los diques son terraplenes para evitar el paso del agua, pueden ser naturales o artificiales, por lo general de tierra y paralelo al curso de un río o al borde del mar. Cuando es necesario almacenar el agua, por ejemplo, para derivarla o controlar las crecidas, los diques en gaviones pueden ser fácilmente impermeabilizados y acoplados a estructuras de hormigón para la instalación de compuertas, permitiendo así el control del flujo del agua, y el nivel en la represa

Figura 4

Diques Longitudinales zona de los andes



Nota. Searpi (s.f). Recuperado de <http://searpi.blogspot.com/2012/06/diques-longitudinales.html>

2.2.1.2 Espigones

Son estructuras con una finalidad de direccionar el flujo de la corriente, evitando que la fuerza de las aguas impacte hacia los márgenes. Generalmente son utilizados en conjuntos para crear entre ellas zonas de sedimentación y consecuentemente de disposición de material sólido, reconstituyendo de esta forma, márgenes ya afectados por la erosión.

Las finalidades de este tipo de obra son:

- Proteger las márgenes contra erosiones.
- Recuperar terrenos ribereños.
- Controlar el transporte de sólidos.

- Almacenar o derivar agua.
- Laminar las crecidas, etc.

Figura 5

Espigones escalonados a base de gaviones



Nota. Universidad Tecnológica de los Andes, 2021

2.3 Cumplimiento del marco legislativo

En los procesos de formulación de los diseños definitivos y ejecución de las obras del proyecto, hay ciertas normas y dispositivos que debemos seguir. A continuación, describiré de manera general estas reglas y dispositivos.

- **Ministerio de Económica y Finanzas (MEF)**
 - Decreto legislativo N°1252
 - Decreto legislativo N°1432
 - Decreto supremo N° 304-2012-EF

- **Autoridad para la reconstrucción con cambios (ARCC)**

El Acuerdo o Convenio Gobierno a Gobierno (G2G) entre Perú y el Reino Unido se firmó en julio de 2020 con la finalidad de llevar a cabo a cabo una serie de proyectos en nueve departamentos de Perú, a enviar desde Lima hasta Huancavelica. Estos proyectos incluyen mejoras en 17 ríos, 5 quebradas y 7 drenajes pluviales, así como la construcción de 15 centros de salud y 74 instituciones educativas destacadas. Dentro de este marco, el proyecto actual, integrante del "ENTREGA DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO CASMA Y DEL RÍO HUARMEY – PAQUETE 4", queda excluido de las disposiciones de la Ley N° 30225 y del Decreto Supremo N° 082-2019- EF, ya que se ejecuta mediante el acuerdo Gobierno a Gobierno entre Perú y el Reino Unido. Es esencial tener en cuenta que la Ley N° 30225, promulgada en julio de 2014, excluye del ámbito de aplicación y supervisión aquellas contrataciones que se realicen según las exigencias y procedimientos específicos de una organización institucional, Estados o entidades cooperantes, siempre y cuando estén relacionados con operaciones de endeudamiento externo y/o donaciones vinculadas a dichas operaciones (literal f, Artículo 4). Asimismo, el Decreto Supremo N°082-2019-EF, Texto Único Ordenado de la ley N°30225, emitida el 13 de marzo de 2019 precisa, entre otros que, están excluidos del ámbito de aplicación sujetos a supervisión del Organismo Supervisor de las contrataciones del Estado (OSCE), las contrataciones que realice el Estado Peruano con otro Estado (literal, Artículo 5). Por consiguiente, los contratos de Estado a Estado comúnmente denominados Gobierno a Gobierno (G2G) son un mecanismo de contratación que están fuera del ámbito de aplicación de la Ley N°30225 y del Decreto Supremo N°082-2019-EF descritos anteriormente

- Decreto Supremo N° 071-2018-PCM

- Decreto Supremo N° 108-2020-PCM

- **Presidencia del consejo de ministros (PCM)**

- Ley N° 27806
- Decreto Supremo N° 072-2002-PCM

- **Ministerio de Justicia**

En este sector, nos referimos al Decreto Supremo N° 006-2017-JUS, que fue emitido el 17 de marzo de 2017 y que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, más conocida como la Ley del Procedimiento Administrativo General.

Según este reglamento, la entidad pública a carga de llevar a cabo el proyecto (ARCC) tiene la obligación de cumplir con todas las disposiciones establecidas en esta normativa durante la fase de elaboración de los estudios definitivos y la ejecución de las obras del proyecto actual.

- **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

- Ley N° 29338
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG

- **Ministerio de Cultura**

- Ley N° 28296
- Decreto Supremo N° 011-2006-ED
- Decreto Legislativo N° 1354
- Decreto Supremo N° 007-2018-MC

- **Ministerio de medio ambiente (MINAN)**

- Ley N° 28611
- Decreto Legislativo N° 1055
- Ley N° 28245
- Decreto Supremo N° 008-2005-PCM

- Ley N° 27446
- Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM
- Decreto Supremo N° 019-2012-AG
- Resolución Ministerial N° 202-2019-MINAM
- **Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS)**
 - Decreto Legislativo N° 1278
 - Decreto Supremo N° 002-2022-VIVIENDA
- **Poder Ejecutivo**

A este Poder del Estado le corresponde el Decreto Legislativo N° 1486, lanzado el 9 de mayo de 2020, con el fin de poner en marcha reglas para mejorar y optimizar cómo se llevan a cabo las inversiones públicas. La idea es que las entidades gubernamentales puedan ejecutar sus inversiones de manera efectiva, usando métodos que les permitan recibir retroalimentación y mejorar constantemente mientras llevan a cabo esas inversiones. Todo esto para asegurar que el Estado ofrezca servicios públicos a tiempo para la gente y contribuya a cerrar las brechas en infraestructura y acceso a servicios públicos. Este decreto fue emitido por el Poder Ejecutivo, en representación del Congreso de la República en virtud de la ley N°31011, ley que delega en el Poder Ejecutivo la facultad de legislar en diversas materias para la atención de la emergencia sanitaria producida por el COVID 19

- Artículo 4.- Facilidades para la obtención del Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) y del Plan de Monitoreo Arqueológico (PMA).
4.1 Autorízase a las entidades públicas titulares de proyectos de inversión a presentar, íntegramente digitalizada, la información requerida para la solicitud del Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) y la solicitud para la autorización y ejecución de Planes de Monitoreo Arqueológico (PMA),

a través del Sistema de Gestión de CIRA y del Sistema de Gestión de PMA del Ministerio de Cultura, respectivamente y 4.2 El Ministerio de Cultura, en un plazo no mayor a quince (15) días hábiles contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Legislativo, emite las disposiciones correspondientes para la implementación progresiva del presente artículo.

- Artículo 5.- Utilización de metodologías Building Information Modeling (BIM) u otras en las inversiones públicas. Las entidades públicas del Gobierno Nacional pueden aprobar la aplicación de metodologías Building Information Modeling (BIM) u otras, en las inversiones públicas que se encuentren en el ámbito de su responsabilidad funcional, para su utilización por estas mismas y/o por otras entidades públicas, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI).

En vista que la ejecución de los estudios definitivos y construcción de las obras del presente Proyecto se realizó bajo la modalidad “Fast Track”, es claro que el mismo cumple con lo dispuesto por este dispositivo en cuanto a que mejore y optimice la ejecución de sus inversiones públicas mediante mecanismos que permitan mayor efectividad, con procesos de retroalimentación y mejora constante durante la ejecución de sus inversiones.

2.4 Limitaciones para el desarrollo del Proyecto

Las limitaciones del desarrollo del proyecto estaban vinculadas básicamente en los siguiente:

Social. - La población del centro poblado de San Damian, estaba en contra del desarrollo de proyecto debido a que su principal temor era la expropiación de sus

terrenos, ya que su principal ingreso es la agricultura, y al proyectar los defensas ribereñas por sus predios los estábamos afectando directamente.

Áreas auxiliares. – En los proyectos llamamos áreas auxiliares a las Canteras, fuentes de agua y depósitos de material excedente (DMEs). Para incluir estas áreas auxiliares al proyecto se nos complicó en cierta etapa del desarrollo del diseño ya que los mismos se desestimaban principalmente por temas sociales, arqueológicos o afectaciones prediales.

Permisología. – Es bien sabido que todos los proyectos deben contar con todos los permisos previos a su ejecución, las cuales en el desarrollo del expediente técnico al ser estos trámites dependientes de entidades públicas teníamos limitaciones de obtener los permisos en los plazos programados ya que estas dependían de terceros.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

En este capítulo describo de manera general mi experiencia laboral en la empresa. A TYPSA ingresé en el año 2021, desde ese año a la fecha me he desempeñado en el área de gestión de proyecto como coordinadora, es preciso informar que para la elaboración del diseño de las defensas ribereñas para la protección frente a inundaciones en San Damian, los entes participativos lo conformaban los siguientes:

Cliente : Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) / Director de Soluciones integrales- Joan Cáceres Dávila

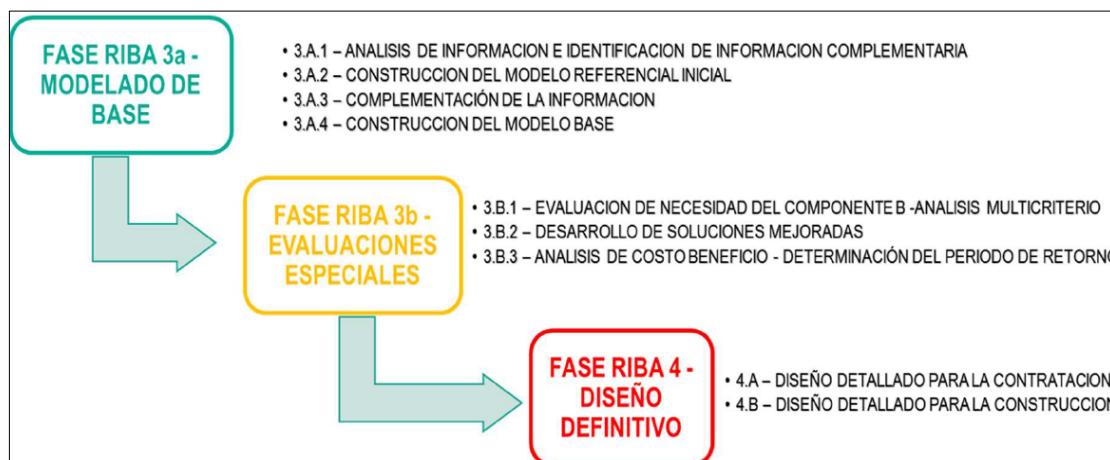
Contratista : Obrascon Huarte Laín S.A. Sucursal del Perú (OHLA) / Representante Legal - Alvaro Isidoro Manchado Mayayo

Subcontratista : TYPSA / Representante legal – Ing. Ursula Mora Devoto

Durante la etapa de diseño del proyecto he realizado trabajos en campo y gabinete de acuerdo con la necesidad de este, mi enfoque en explicar mi experiencia está basado en informar mi participación en uno de los proyectos de defensas ribereñas de gran envergadura que utilizó la metodología RIBA que es el marco de referencia establecido por el colegio de arquitectos del Reino Unido, para el desarrollo de expediente técnico, donde se ha seguido los términos de referencia establecidos en el contrato, las fases, procesos, metodología, criterios y actividades que se muestran en la siguiente figura 6:

Figura 6

Etapas 3 y 4 del plan de trabajo 2020 del Real instituto de Arquitectos Británicos (RIBA)



Nota. Contrato firmado entre TYPESA y OHLA, 2021

Para el presente informe me enfocare en describir puntualmente la experiencia en el “Diseño de defensas ribereñas para la protección frente a inundaciones en San Damian”, el cual pude desarrollar sin problemas, pues cuento con la suficiente experiencia ganada en proyectos similares en los que he trabajado durante 6 años, además de poner en práctica el aprendizaje adquirido en la universidad. A continuación, describo el diseño de las defensas ribereñas en la cual he sido parte desde el inicio hasta el final de la entrega del proyecto a nuestro cliente, la misma que a la fecha está siendo ejecutado por el contratista.

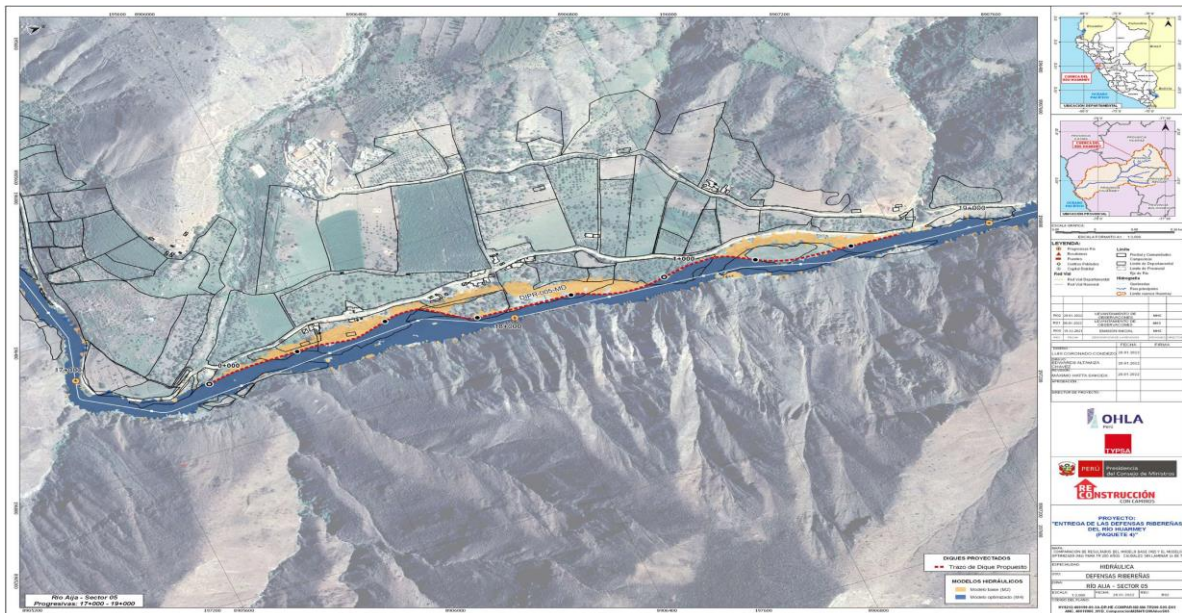
Lo primero que se ha realizado, ha sido determinar la situación actual e identificar el problema, justificación, objetivos para posteriormente definir la metodología adecuada para el desarrollo del diseño definitivo del proyecto.

La Situación actual del Perfil del Proyecto declarado viable por la entidad correspondiente había identificado en la margen derecha del río (quebrada) Aija, que algunas (UP) de bienes y servicios, así como parte de la población del poblado de San Damián se encontraban en alto riesgo de inundarse. Durante los estudios de RIBA 4 del proyecto, el componente que gestiona los riesgos identificó y precisó las zonas, las UP y la población, que se encuentran expuestas a los riesgos por inundaciones, de los resultados obtenidos del

modelamiento hidráulico desarrollado de la situación actual o Situación Sin Proyecto denominado M2; previamente este M2 fue calibrado en campo (huellas hídricas) y gabinete (cartografía de los FEN) realizando un modelamiento hidráulico inicial denominado M1. En este Escenario se definieron las manchas de inundación con las cuales se determinaron las zonas, UP y población expuesta, para TR 200 (seleccionada según SCBA) como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Manchas de inundación según los modelos M2 y M4 para TR 200 - San Damian



Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 - TYPESA.

Luego el **Problema** que hemos identificado es que las principales Unidades Productoras (UP) de bienes y servicios públicos y población ubicadas en el lado derecho del río Aija, localidad de San Damián, Distrito de Coris, Provincia de Aija, Región Ancash, se inundan. Los receptores beneficiados están constituidos por las redes canales de regadío y redes viales, casas, sembríos, servicios de agua potable, alcantarillado, energía y población. Considerando el daño temporal del acceso al poblado de San Damián, que interrumpe el turismo, el comercio y otros, los beneficios en términos de costo evitado alcanzan la suma total de S/ 1,034,925.38, como e muestra la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Cantidad de costo en daños evitados. Situación sin proyecto TR200

Id receptor	Receptores analizados	Unidad	Receptores expuestos, escenario sin proyecto para TR 200	
			Cant.	Costo evitado estimado (s/)
5	Red de canales de riego	m	719.93	263,091.85
6	Red vial	m	293.27	41,376.85
8	Viviendas	Unidad	4	137,740.28
9	Áreas agrícolas	m ²	23,075.54	558,712.93
11	Servicio de energía	Unidad	4	10,258.36
13	Agua potable y alcantarillado	Unidad	4	14,756.63
1025	Población	Unidad	12	8,988.49
TOTAL, DAÑOS EXPUESTOS (S/)				1,034,925.38

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPESA

Adicionalmente, también se ha considerado como daño indirecto el costo evitado de la suspensión transitoria del tránsito vehicular que impacta en: (i) tiempo de viaje en personas para condiciones laborales y no laborales y (ii) pérdida de productos de consumo según sus grados de percibibilidad, el origen fundamental del problema se detalla a continuación:

- Existe una alta posibilidad de desborde del río Aija e inundación de la margen derecha en la zona del poblado de San Damián, lo cual se ha demostrado con los eventos históricos de caudales extremos ocurridos en la cuenca del río Aija.
- Las UP de bienes y servicios públicos, así como la población presentan un elevado grado de vulnerabilidad debido a su alta exposición (por construir en el área inundable), su fragilidad (referido a las construcciones y equipamientos existentes) y su limitada capacidad de recuperación de la población que carece de una preparación ante posibles eventos naturales.
- Falta de una cultura sólida de gestión de riesgos de desastres. La población y autoridades carecen de una conciencia adecuada sobre el riesgo, esto conlleva a que se ubiquen en zonas expuestas al peligro, ya que no se toman las precauciones de caso.

A causa de las razones mencionadas previamente, como consecuencia es la disminución de la calidad de vida de los habitantes del poblado de San Damián, esto como resultado del riesgo de inundación, lo que genera una regresión en la atención de las necesidades fundamentales de la población y una disminución en sus oportunidades de desarrollo económico. Específicamente, las causas dan lugar a los siguientes impactos:

- Daños a las unidades productoras UP de bienes y servicios públicos.
- Daños a la población, tal como se ha evidenciado con los eventos pasados, han afectado a las personas a sus pertenencias y sus formas de subsistencias.
- Los costos son bastante altos, para hacerle frente a la emergencia.
- Costos altos por restauración y recuperación de las unidades productoras.
- Suspensión de los servicios públicos.
- Grandes perjuicios a la salud y vida de las personas.
- La población pierde sus hogares, cosechas y otras posesiones.

▪ **Justificación del proyecto**

La justificación del proyecto se basa en el hecho que ayuda a cerrar las brechas en la protección de los “Puntos Críticos identificados No atendidos” de acuerdo a lo aprobado por el Ministerio de Agricultura y publicado por su respectivo portal institucional. Es decir, el proyecto se encontraba en la línea marcada por el Sistema de Programación Multianual y Gestión de Inversiones del MEF que establece la Programación Multianual de Inversiones en varios sectores del Gobierno. Este proyecto tiene como objetivo proporcionar un servicio público de protección contra inundaciones. Mediante el trabajo de campo desarrollado en el presente estudio, se ha identificado un (01) Punto Crítico por inundación, perteneciente al distrito de Coris, provincia de Aija. Así que con este proyecto, se logrará cerrar la brecha al 100% a nivel distrital; a nivel departamental el aporte será de 0.76%, y a nivel nacional de un total de 1,074 puntos críticos (1,144.23 km), la contribución será del 0,09% en relación

con los puntos críticos por inundación, y de 0,16 % en términos de cerrar la brecha en kilómetros atendidos.

▪ **Objetivo del proyecto**

El propósito principal de este proyecto ha sido mitigar el riesgo para las inundaciones, de las Unidades Productoras (UP) de bienes y servicios públicos y la población situada en la margen derecha del río Aija, localidad de San Damián. En términos concretos, lo que queremos lograr con este proyecto es proteger la de la vida y las propiedades de la población de San Damián y evitar daños que corresponde a afectaciones de redes de canales de regadío y carreteras, viviendas, sembríos, servicios básicos como: agua potable, desagüe, incluyendo la restricción del tránsito que afecta el turismo, así como a las actividades productivas.

▪ **Ubicación Geográfica y accesibilidad del proyecto**

El proyecto se localiza en un tramo del río Aija, en la localidad de San Damián (distrito de Coris), en la provincia de Aija, departamento de Áncash. El proyecto interviene únicamente en la margen derecha del río Aija, debido a que en la margen izquierda se eleva un terreno escarpado hacia donde no existe posibilidad de desborde y tampoco se encuentran Unidades Productoras o población asentada, ver figura 8.

Figura 8

Ubicación política del proyecto a nivel de provincia

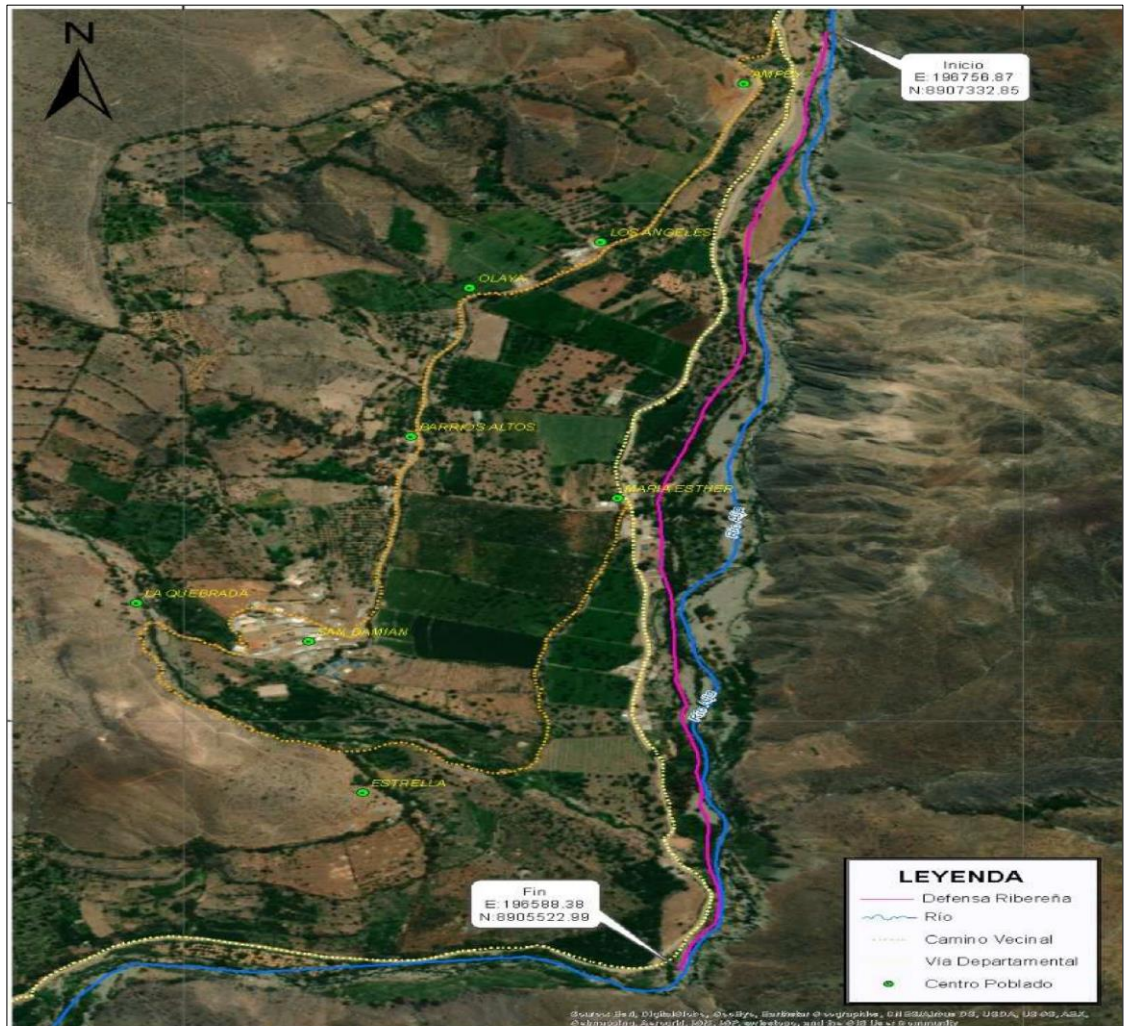


Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPSA

El Proyecto se ubica hidrológicamente en la subcuenca Medio Alto Huarvey de la cuenca del río Huarvey, la cual pertenece a la región hidrográfica del Pacífico. La entidad administrativa que regula el uso de los recursos hídricos en la cuenca del río Huarvey es la Administración Local de Agua Casma - Huarvey, perteneciente a la Autoridad Administrativa del Agua IV Huarvey – Chicama, ver figura 9.

Figura 9

Plano de ubicación de la defensa ribereña proyectada



Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPASA

El acceso a la zona del proyecto es a través de una carretera de unos 65 km desde la ciudad de Huarney hasta el poblado de San Damián que toma un tiempo estimado de 1.5 horas.

De Lima (capital del Perú) a Huarney hay casi 277 km y se llega por vía terrestre mediante la Carretera Panamericana Norte (AN-109) totalmente asfaltada en un tiempo estimado de 4.5 horas. Para acceder a las obras del proyecto se ha considerado acondicionar la vía existente mediante un camino de acceso para el transporte de equipos de obra e insumos siendo necesario realizar mejoras en el segundo tramo Huamba hacia San Damián,

dichas mejoras corresponden a la ampliación de la calzada existente (ancho promedio de 4.5m.) tanto en corte como en relleno, para que el camión adoptado para el transporte pueda recorrer dicho acceso sin inconvenientes.

Respecto a la **metodología, procesos y criterios utilizado para el diseño** definitivo de las obras del proyecto, se han realizado diferentes estudios multidisciplinarios en la cual paso a describir cada uno de ellos:

Estudio de topografía. - Para el estudio de topografía se ha realizado el levantamiento topográfico LIDAR ejecutada durante la formulación del Perfil, cuya verificación se realizó en la Etapa RIBA 3, se ha hecho a nivel de toda la cuenca del río Huarmey. El Estudio Topográfico como información de base para el diseño de las obras del Proyecto, ha consistido en los siguientes trabajos:

- o **Etapa RIBA 3:** verificación de la topografía existente (LIDAR) y verificación de la batimetría, así como densificación de la red geodésica del estudio a nivel de Perfil declarado viable por el MEF.

Con el levantamiento obtenido en esta etapa conjugado con información obtenida en campo (secciones manuales), se procedió a generar los cambios identificados en la zona de río que permitirán modificar la topografía existente del 2019 y actualizarla para fines de modelamientos hidráulicos. En la Tabla siguiente se muestran dichos sectores.

Tabla 2

Sectores de verificación y sitios de interés hidráulico del levantamiento LIDAR del perfil

AREA	BASES REFERENCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	COTA	
1	H15	154087.43	8884976.44	5.5987	Verificación
2	H02	159232.27	8885837.06	19.9259	Verificación
3	H03	162182.78	8889436.12	65.6745	Verificación
4	ANC11111	164348.55	8890638.22	102.6896	Zona de interés hidráulica
5	H18	167498.48	8890606.77	123.3343	Verificación
7	ANC11023	172279.80	8892184.29	164.9460	Verificación
8	H05	177172.76	8892328.78	213.9735	Verificación
9	ANC11024	180432.15	8892125.67	294.7320	Verificación
10	H06	184494.14	8893328.64	354.0642	Verificación

AREA	BASES REFERENCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	COTA	
11	ANC11112	186795.21	8895713.14	429.3600	Zona de interés hidráulica
12	H07	187023.73	8897364.88	527.4497	Zona de interés hidráulica
13	ANC11025	188661.10	8897770.24	568.5870	Verificación
14	H25	188531.37	8900548.76	704.6551	Verificación
15	H22	193293.82	8897744.85	695.6513	Verificación
16	H23	190041.99	8902880.17	901.1138	Verificación
18	ANC020005	199128.39	8908767.89	1390.5520	Zona de interés hidráulica
19	ANC020005	198609.34	8909093.47	1390.5520	Zona de interés hidráulica
20	ANC020005	196609.49	8906243.19	1390.5520	Zona de interés hidráulica
21	H29	196617.87	8905926.82	1725.4307	Zona de interés hidráulica

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPESA

Para verificación se utilizó lo indicado en NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy), método que es la base del nuevo estándar ASPRS Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (ASPRS,2015) en todo lo referido a la determinación de la exactitud posicional cuando se acepta que los errores posicionales siguen un modelo normal.

De los 21 Sectores considerados, se analizaron 15 Sectores. Los resultados de la verificación vertical fueron los siguientes: (i) 11 sectores que cumple el parámetro ASPR y (ii) 4 sectores próximos para cumplir con el parámetro ASPR (Ver Tabla 3 siguiente).

Tabla 3

Resumen de SRME de los sectores de verificación

SECTOR	EMC	ASPRS	CONDICIÓN	OBSERVACIÓN
1	0.273739715	0.294	Cumple	Verificación
2	0.253930642	0.294	Cumple	Verificación
3	0.218318496	0.294	Cumple	Verificación
5	0.155954721	0.294	Cumple	Verificación
7	0.376510199	0.294	Próximo	Verificación
8	0.096402991	0.294	Cumple	Verificación
9	0.102205078	0.294	Cumple	Verificación
10	0.450576346	0.294	Próximo	Verificación
11	0.259418729	0.294	Cumple	Zona de interés hidráulica
13	0.144180066	0.294	Cumple	Verificación
14	0.053367737	0.294	Cumple	Verificación
18	0.356226182	0.294	Próximo	Zona de interés hidráulica
19	0.347549427	0.294	Próximo	Zona de interés hidráulica
20	0.265120727	0.294	Cumple	Zona de interés hidráulica
21	0.238378376	0.294	Cumple	Zona de interés hidráulica

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPESA

Para la verificación de batimetría se ha seguido la siguiente metodología:

- Se toma como base la información de batimetría del PI
- Se verifica en campo en sectores cercanos a las secciones obtenidas en el PI
- Se compara ambas secciones, la del perfil con la obtenida en campo, para mostrar los cambios (Si hubiera) en la morfología del río.

La verificación se ha realizado en tres (03) tramos sobre el río Huarmey, que se muestran en la figura 10:

Figura 10

Tramos de verificación para batimetría del río Huarmey



Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYP SA

En la verificación de la batimetría, se apreciaron variaciones significativas, entre la topografía inicial del perfil del año 2019 y la del año 2021, las diferencias corresponden a lo siguiente:

- Diferencia de elevación entre ambas batimetrías
- Las secciones de verificación eran mucho más grandes debido a que habían levantado de todo el cause existente.

- Desfases en algunas secciones, debido a que no contaba con suficiente cantidad de puntos de interpolación de batimetría del PI, por ello se identificaron secciones que tenían superficie desplazada, como si estuviera en corte.

En la RIBA 3 también se ha procedido a densificar la red geodésica implementada en el perfil, se ha realizado la colocación de puntos de orden C, las cuales cumplen con los requerimientos de la especificación del IGN, en relación con las precisiones horizontales y verticales. La red primaria se estableció y enlazó con el sistema Geodésico Oficial del IGN. por la Red Geodésica Horizontal, Red Geodésica Vertical y Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo. Para la red de segundo orden se implementó con una red de vértices geodésicos que constituirán la red de poligonal secundaria distribuidas uniformemente cada 5 km en base a puntos de orden C. En nuestro caso, lo que se realizó fue complementar la red secundaria existente, adicionando 28 nuevos puntos con códigos PC-H-01 al PC-H-28. Para este caso de la red secundaria implementada, también se verificó que se cumple con lo requerido para puntos de orden C.

- **Etapa RIBA 4:** En esta etapa se realizaron los levantamientos topográficos específicos de detalle en las zonas de emplazamiento con la ubicación de las obras de defensas ribereñas proyectadas en la propuesta de diseños definitivos. Adicionalmente se ha implementado una red terciaria con base a la colocación de Bench Mark (BM) a una distancia no mayor de 1 km (establecido en el contrato), que comprende la colocación de hitos topográficos localizados en sitios estratégicos que permiten obtener una mayor precisión en altimetría y planimetría para el proyecto. La progresiva de inicio del tramo se encuentra en la coordenada 196207.254, 8905511.260 y la de final del tramo se encuentra en la coordenada 198649.855 y 8908741.511.

La realización de los trabajos empezó con la georreferenciación del área a trabajar y el enlace de esta a la Red Geodésica nacional, para ello se enlazaron dos puntos geodésicos a la estación de rastreo permanente AN05, el cual pertenece a la Red Geodésica Nacional del Instituto Geográfico Nacional. Posterior a ello, se procedió con la monumentación de los puntos geodésicos de las diferentes redes utilizadas las cuales fueron la red geodésica primaria inicial (ya existente) y complementaria, con una distancia no mayor a 30 kilómetros entre sí; la red geodésica secundaria complementaria, la cual se distribuye en pares de puntos geodésicos a una distancia no mayor a 5 kilómetros entre pares; y por último la red terciaria, los puntos de esta red se colocaron cada 500 metros a lo largo del eje del río.

Se realizó también una nivelación geométrica de cada uno de los hitos colocados para obtener la cota vertical de cada uno de estos. Para ello fue necesario el uso de un punto base el cual tomo la altura determinada por el modelo Geoidal, el cual contaba con una cota vertical de 1390.552 m.s.n.m.

Después realizamos dos tipos de levantamiento topográfico, el primero fue el de Fotometría con RPAS DRON, el cual inicia con la acción de establecer puntos de control GPS los cuales serán enlazados con la red geodésica existente, en este caso, la cuenca del río Aija. Finalmente, en gabinete se hace uso del software Pix4d para procesar los datos tomados en campo. Se ha planificado utilizar un GSD menor de 6, con dicho valor se cumple los parámetros mínimos solicitados para una topografía 1:500 (Es decir que un píxel de la fotografía equivale a 6cm de terreno).

Asimismo, en dicho sector se ha realizado levantamientos a una escala 1:100 los cuales están destinados realizar el levantamiento a detalle con GPS en modo RTK,

estos levantamientos están destinados a destacar detalles de elementos como bocatomas, alcantarillas, etc.

Estudio de geología y geomorfología.- En este estudio se determinó las características generales de las principales unidades geomorfológicas de la cuenca del río Huarmey, mediante la identificación de las agentes geodinámicas relevantes que determinan el modelamiento geomorfológico del relieve terrestre, identificación de las principales unidades con el apoyo de información secundaria existente, e información recogida en campo que ayudaron a determinar e identificar las zonas vulnerables a inundaciones y movimientos en masa para las propuestas de los proyectos que ayuden a mitigar estos daños.

En tal sentido, se ha procedido a cumplir con los siguientes objetivos principales:

- Evaluar de las condiciones geomorfológicas.
- Determinar las condiciones litológicas y estratigráficas.
- Geología estructural de la cuenca.
- Evaluar las condiciones de geodinámica externa
- Evaluar la dinámica fluvial del río Huarmey.
- Verificar los peligros geológicos ocurridos en el área de estudio.
- Sismicidad de la cuenca.
- Elaborar mapas temáticos (geología, geomorfología, sismicidad, susceptibilidad a la inundación y movimientos de masa).

En lo que respecta a la geomorfología local y geodinámica, de manera específica, la obra del proyecto está emplazada localmente en la unidad geomorfológica de Terraza Aluvial, que se caracteriza por depósitos que se forman en las márgenes del río debido a la pendiente del cauce y al desnivel que hay entre este y sus márgenes. Las características son:

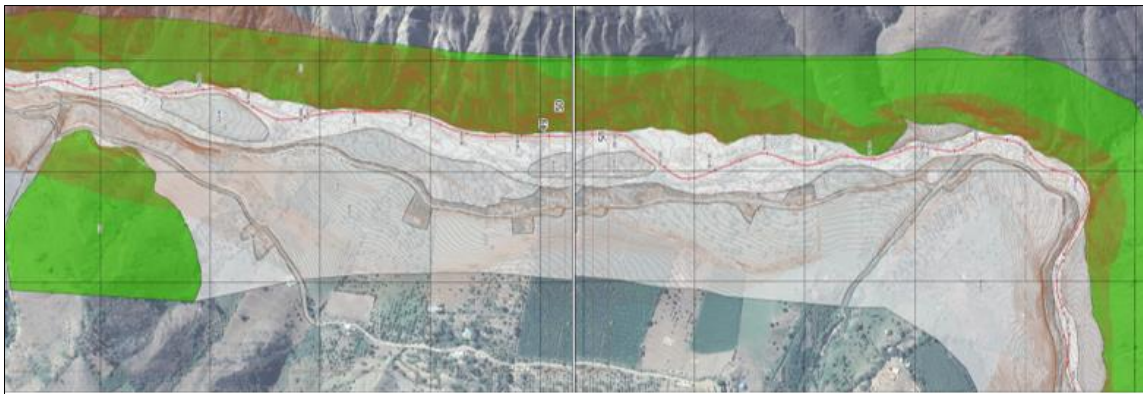
- La pendiente del río en este tramo es de 5% y presenta un trazado meandriforme tipo sinuoso.

- El río Aija discurre de manera turbulenta en época de lluvia, pero se incrementa más en años donde se produce el Fenómeno de El Niño donde el flujo es hiperconcentrado que contiene cantos rodados con bloques y gravas y un slurry constituida por agua y partículas finas.
- El tramo inicial es crítico ya que la curva exterior del río Aija erosiona la terraza aluvial donde se encuentra emplazada la carretera a Aija, pero más abajo la desborda, pero no causa daño a la carretera, pero inunda la terraza aluvial.

El tramo en la Quebrada Aija donde se emplaza la defensa proyectada ubicada próxima a la localidad del C.P. San Damián, se constituye de depósito aluviales en la margen derecha del río Aija conformados por una mezcla de gravas y arenas con presencia de bloques heterométricos que se distribuyen erráticamente. Los flancos del valle están conformados mayormente por rocas volcánicas (Formación Junco), ver figura 11.

Figura 11

Geología local del sector San Damian



Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPASA

Investigaciones geotécnicas y geofísicos. - En este estudio se realizaron las exploraciones de terreno, análisis y resultados de laboratorio, se desarrollaron los perfiles estratigráficos para finalmente definir los parámetros de diseño.

- **Exploraciones de terreno**

- Calicatas: Se realizaron 6 calicatas hasta una profundidad máxima de 4 m, según el procedimiento establecido en la Norma ASTM D 2488, registrándose los niveles de agua y materiales en profundidad, y de las cuales se obtuvieron muestras que han sido ensayadas en laboratorio. Con el fin de determinar la densidad natural del terreno, se realizó ensayos de densidad por el método de reemplazo de agua (ASTM D5030). La cantidad de ensayos de densidad ejecutados para San Damián fueron 4 unidades. Los valores de las densidades ejecutadas oscilan entre los 1.93 gr/cm³ y 2.72 gr/cm³. Adicionalmente se ejecutó una calicata de 1.50 m de profundidad para conocer las características de los suelos que conforman el cauce del río en el sector, en la cual se realizó un ensayo de granulometría global (ASTM D2488) que cuantifica los pesos para diferentes rangos de tamaños de material y a partir del material que es retenido en el tamiz de 3”. Para el sector de San Damián se ejecutó 01 ensayo de granulometría global (C-D-01) cuyo tamaño máximo es de 8”.
- Ensayo MASW: es un método que se basa en la detección de ondas elásticas que se propagan a través del subsuelo y se registran en la superficie mediante sensores (geófonos). Su objetivo es obtener una representación unidimensional (1D) de las propiedades elásticas del terreno basándose en las características de los materiales. Este método proporciona información al construir un perfil de velocidad de onda de corte (V_s) a través del análisis de ondas de Rayleigh planas en su modo fundamental. Para lograr esto, se aprovechan las propiedades dispersivas de las ondas superficiales con el fin de obtener las características elásticas del suelo estudiado. En el caso del Sector San Damián, los resultados del ensayo MASW indicaron un promedio de V_{s30} con velocidades que varían entre 721 y 827 m/s, clasificando el perfil del suelo

como tipo B. Sin embargo, el ensayo MASW-SD-03 arrojó un valor de Vs30 de 721 m/s, lo que lo clasifica como Tipo C.

- Ensayo de refracción sísmica: es un método indirecto que analiza la propagación en el terreno de ondas sísmicas generadas de manera artificial en el suelo para entender su relación con la geología subterránea. Su propósito es definir los perfiles sísmicos del suelo, basados en las velocidades de propagación de las ondas y sus propiedades dinámicas a diferentes profundidades. En el área del Sector San Damián se realizaron 4 líneas sísmicas de 100 metros, lo que permitió identificar un estrato superior de suelo compacto con velocidades de onda superficial Vp que varían entre 886 y 2055 m/s. Debajo de este estrato se encuentra un suelo muy compacto con velocidades de onda superficial Vp que oscilan entre 1681 y 2133 m/s.

○ **Resultados de laboratorio**

Se llevaron a cabo pruebas convencionales de categorización de suelos y de propiedades físicas, que incluyeron el análisis de la distribución de partículas por medio del tamizado y la determinación del contenido de humedad. Estas pruebas se realizaron siguiendo las normativas indicadas a continuación:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Límites de Atterberg ASTM D-4318
- Contenido de humedad ASTM D-2216
- Clasificación SUCS ASTM D-2487

Tabla 4

Ensayos de laboratorio realizados en el sector de San Damian

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Granulometría (%)			Límites (%)			C.H. (%)	Clasificación SUCS
			Fino	Arena	Grava	LL	LP	IP		
C-SD-01	M-01	0.70 - 3.70	0.14	35.41	64.44	NP	NP	NP	1.60	GW
C-SD-01	M-02	3.70 - 4.00	0.11	45.89	54.00	NP	NP	NP	5.98	GP
C-SD-02	M-01	0.45 - 1.50	0.09	53.27	46.64	NP	NP	NP	1.88	SP

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Granulometría (%)			Límites (%)			C.H. (%)	Clasificación SUCS
			Fino	Arena	Grava	LL	LP	IP		
C-SD-03	M-01	0.90 - 3.40	0.09	35.05	64.86	NP	NP	NP	1.61	GP
C-SD-04	M-01	0.80 - 3.30	0.04	18.64	81.32	NP	NP	NP	1.54	GP
C-SD-05	M-01	0.30 - 2.50	0.16	43.03	56.81	NP	NP	NP	3.02	GP
C-SD-06	M-01	0.20 - 2.30	0.08	27.33	72.60	NP	NP	NP	2.71	GW
CD-01	M-01	0.00 - 1.50	0.13	28.56	71.31	NP	NP	NP	1.32	GW

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPASA

Asimismo, se realizaron pruebas triaxiales de consolidación drenada (CD) con el propósito de evaluar los parámetros de resistencia del suelo de cimentación. Estas pruebas se llevaron a cabo siguiendo las directrices establecidas en la norma ASTM D-7181.

Tabla 5

Resumen de ensayo triaxial CD, realizados en el sector San Damian

Calicata	Muestra	SUCS	Compresión Triaxial (CD)	
			c (kg/cm ²)	□ (°)
C-SD-01	M-01	GW	0.0	39.0
C-SD-04	M-01	GP	0.0	40.6

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-

C01 – TYPASA

Además, se efectuó una prueba de permeabilidad bajo carga constante en una muestra del material de cantera que será utilizado en la construcción del dique. La ejecución de este ensayo siguió las pautas establecidas en la norma ASTM D-2434.

Tabla 6

Resumen del ensayo de permeabilidad bajo carga constante

Material	Permeabilidad ks (cm/s)	Permeabilidad ks (m/s)
Cantera San Pedro	7.64×10^{-4}	7.64×10^{-6}

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 –

TYPASA

- **Perfil estratigráfico**

Con base en la evaluación geotécnica que involucró pruebas geofísicas, excavaciones, ensayos in situ y laboratorios, se generaron perfiles detallados de las capas del subsuelo, los cuales se describen a continuación:

- Unidad Geotécnica 1 (UG-01)

Esta unidad, que forma parte de los depósitos fluviales-aluviales y tiene un grosor que oscila entre 7.00 y 10.00 metros, está compuesta por gravas densas a muy densas en las capas más profundas. La matriz de esta capa está conformada por arenas consolidadas y se pueden encontrar cantos, piedras de tamaño considerable de hasta 70 pulgadas, que son redondeados, compuestas por diferentes tipos de minerales y de diferentes tamaños. En cuanto a sus propiedades geotécnicas, se registró una velocidad de onda de corte (V_s) que varía entre 411 y 698 m/s, y una velocidad de onda superficial (V_p) que fluctúa entre 886 y 2055 m/s, lo que indica que se trata de un suelo con una compactación densa.

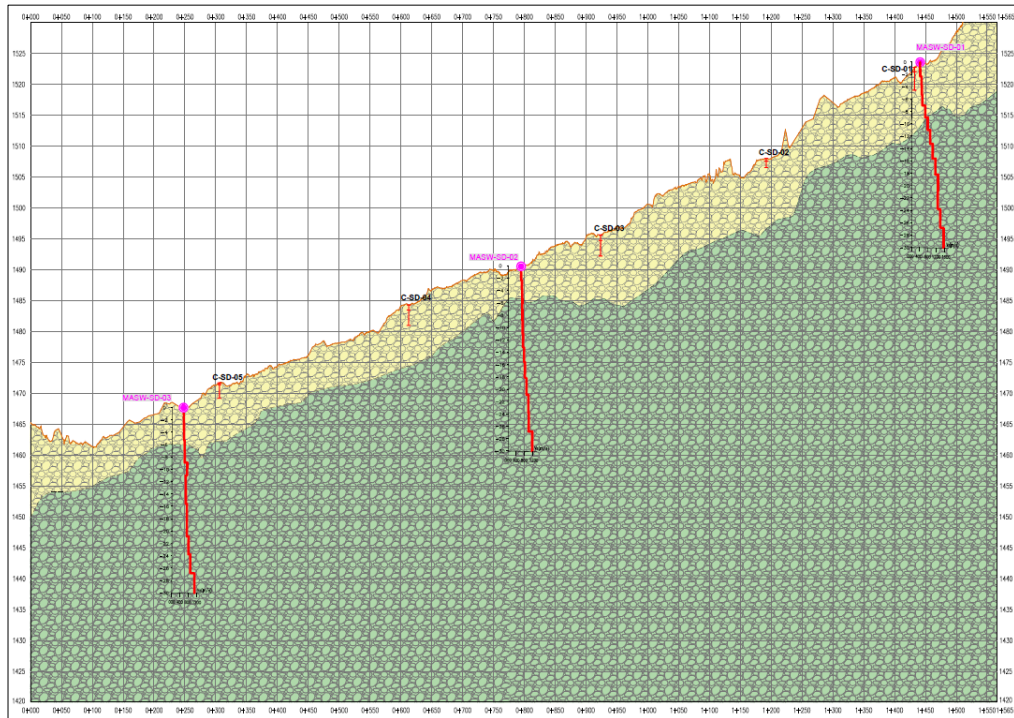
Los ensayos de densidad in situ realizados en las excavaciones C-SD-01, C-SD-04, C-SD-05 y C-SD-06 arrojaron un promedio de densidad de 2.37 gr/cm³. Los parámetros de resistencia derivados del ensayo triaxial consolidado drenado (CD) para esta capa muestran un ángulo de fricción de 39.0 grados y una cohesión de 0 kPa.

- Unidad Geotécnica 2 (UG-02)

Esta unidad subyace a la unidad UG-01, perteneciente a depósitos aluviales antiguos, se compone por bloques y bolonería con gravas mal gradadas, teniendo una matriz arenosa de mayor consolidación. Las velocidades de ondas de corte V_s oscilan entre los 623 a 1147 m/s y una velocidad de onda superficial V_p variable entre 1681 a 2133 m/s, valores que indican un suelo muy denso, ver la figura.

Figura 12

Perfil estratigráfico del proyecto San Damian



Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYP SA

○ **Definición de los valores de diseño**

Los valores de resistencia de los suelos identificados en la área de proyecto se determinaron a través de pruebas triaxiales y correlaciones con los resultados de pruebas en el lugar. Los datos resultantes se muestran en la tabla 7.

Tabla 7

Parámetros de resistencia del Proyecto San Damian

Elemento	Resistencia		
	Densidad (kN/m ³)	Cohesión (kPa)	(ϕ) (°)
Cuerpo del Dique	20.50	5	35
UG-01	23.20	0	39
UG-02	24.00	0	44
Enrocado	26.50	0	40

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYP SA

Los valores de los módulos elásticos de los suelos de la base se calcularon utilizando las velocidades de ondas de compresión y corte obtenidas a través de los ensayos de

refracción sísmica y MASW, respectivamente. Para los parámetros relacionados con el cuerpo del dique y el enrocado, se adoptaron valores basados en correlaciones. Los resultados se muestran en la tabla 8:

Tabla 8

Parámetros elásticos en suelo del proyecto San Damian

Unidad geotécnica	Módulo Elástico (Megapascal)	(σ)
Defensa Ribereña	62.5	0.25
UG-01	90	0.30
UG-02	204.5	0.30
Enrocado	100	0.30

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPASA

La permeabilidad de los suelos considerados en los cálculos de flujo constante se calculó a partir de pruebas de laboratorio y la relación con la distribución de tamaños de partículas del material. Los resultados se muestran en la tabla 9:

Tabla 9

Permeabilidad de los materiales del proyecto San Damian

Material	Permeabilidad ks (m/s)
Cuerpo del Dique	7.64×10^{-6}
UG-01	2.87×10^{-3}
UG-02	10^{-5}
Enrocado	1

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPASA

Peligro sísmico. Para la evaluación del riesgo sísmico se empleó la nueva definición de fuentes sismogénicas desarrollada por Roncal y Aguilar (2017). Este modelo considera el ángulo de inclinación del mecanismo de subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana, teniendo en cuenta el comportamiento de la sismicidad en profundidad.

Para el tipo de proyecto en desarrollo, se ha tenido en cuenta una frecuencia anual de ocurrencia de 0.002, lo que equivale a un período de retorno de 475 años, indicando una

probabilidad de ocurrencia del 10% durante un período de exposición de 50 años. Se pueden consultar los detalles en la tabla 10.

Tabla 10

Progresivas de evaluación

Punto de Evaluación	Coefficiente Sísmico
San Damián (17+400 a 19+300)	0.188

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPESA

Diseño Geotécnico de los diques. – Para el diseño geotécnico de los diques se han tenido en cuenta las siguientes evaluaciones: (i) el peligro sísmico y (ii) la estratigrafía del terreno de fundación.

En la evaluación del Riesgo Sísmico, se ha tomado en cuenta la reciente definición de fuentes sismogénicas desarrollada por Roncal y Aguilar (2017). Esta definición modela la inclinación del mecanismo de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, considerando el comportamiento de la sismicidad en profundidad. Para el tipo de proyecto que se llevará a cabo, se ha considerado una frecuencia anual de ocurrencia de 0.002, lo que equivale a un período de retorno de 475 años, lo que representa una probabilidad del 10% de excedencia, en un período de exposición de 50 años.

Tabla 11

Coefficientes sísmicos del sector San Damian

PUNTO DE ANÁLISIS	COEFICIENTE SÍSMICO
17+668 a 19+232	0.188

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPESA

La evaluación de la estratigrafía del terreno de fundación se sustenta en los trabajos geotécnicos específicos (campo, laboratorio y gabinete) realizados en las zonas de emplazamiento de los diques. Los trabajos consistieron en determinar las características de los materiales subyacentes en dichas zonas (tipo, espesor, velocidades de onda de corte y superficial, compacidad, entre otros). Los valores de resistencia de los suelos hallados en la

zona del proyecto se calcularon a través de ensayos de corte directo y correlaciones con pruebas realizadas en el lugar. Los resultados del análisis proporcionan detalles sobre la sección geotécnica evaluada, las características de los materiales, el nivel freático supuesto y la ubicación de la superficie de falla crítica con el factor de seguridad más bajo.

- **Análisis de infiltración:** Para determinar la infiltración generada sobre el talud de los diques de encauzamiento en el sector San Damián, se utiliza el análisis de filtración, cuyo modelo construido consideró una carga de hidráulica asociada con la máxima avenida de diseño. Con la finalidad de controlar las posibles fallas (erosión interna y tubificación), se establece un gradiente de salida máximo admisible de 0.5, en diques evaluados para el tirante máximo de diseño. Los resultados del análisis de infiltración de los diques se resumen en la tabla 12.

Tabla 12

Permeabilidad de los materiales del proyecto San Damian

Sección	Gradiente de Salida en la cimentación	Gradiente en base de dique (cara seca)	Velocidad de flujo en cimentación (m/s)	Velocidad de flujo en cuerpo de dique (m/s)
DIPR-005-MD Prog. 0+440	0194	0.381	7.64×10^{-4}	2.662×10^{-6}

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPESA

El gradiente hidráulico en la base del dique (cara seca) ha supera puntualmente el gradiente hidráulico admisible debido al cambio brusco de permeabilidades y materiales. Sin embargo, para que se pueda dar la falla por erosión interna o tubificación, este valor debe ser superado en un tramo importante en el cuerpo del dique.

El gradiente hidráulico en el cuerpo del dique ha presentado valores promedios de 0.10, valor menor al gradiente máximo admisible; además, las velocidades de flujo en el cuerpo del dique se encuentran en el rango de 2.49×10^{-7} m/s a 1.23×10^{-5} m/s, con lo cual se garantiza no generar un arrastre de partículas en el interior del cuerpo del dique.

El gradiente hidráulico de salida en la cimentación no supera el valor del gradiente máximo admisible, lo que garantiza que no se genere tubificaciones en la cimentación del lado seco del dique.

- Análisis de asentamientos y deformaciones: Se realizaron dos tipos de análisis de deformaciones, el primero es un análisis estático de cada una de las etapas hasta culminar la construcción del dique. Considera el peso propio de los materiales y la aplicación de una carga de 12 kN/m que simula posible circulación de vehículos durante la etapa constructiva. El segundo es un análisis pseudoestático, que simula un terremoto que podría ocurrir durante la vida útil del dique, posterior a la culminación de su construcción. De los resultados del análisis estático-obtenidos se distinguen los siguientes comportamientos:

DIPR-005-MD-Prog. 0+440

- El máximo asentamiento en la corona es de 15.44 mm y representa 0.51% de la altura del dique.
- El máximo asentamiento en la base es de 6.51 mm y representa 0.22% de la altura del dique.
- El asentamiento en la uña del enrocado es de 0.18 mm.

DIPR-005-MD-Prog. 1+290

- El máximo asentamiento en la corona es de 4.37 mm y representa 0.70% de la altura del dique.
- El máximo asentamiento en la base es de 3.87 mm y representa 0.62% de la altura del dique.
- El asentamiento en la uña del enrocado es de 1.02 mm.

En todas las secciones se observa que los máximos asentamientos calculados representan menos del 1% de la altura del dique y se encuentran dentro del rango aceptable,

de acuerdo con el Manual de Diseño y Construcción de Diques de la USACE, la tolerancia para el incremento de altura por asentamientos en secciones de relleno compactado es del 5%. Los resultados obtenidos para el análisis de deformación por sismo, se puede estimar la deformación vertical o asentamiento generado en la corona de los diques en caso de un terremoto posterior a la finalización de su construcción. Los asentamientos máximos serán de 17.06 mm para el dique DIPR-005-MD en la prog. 0+440 y 7.97 mm para el dique DIPR-005-MD en la prog. 1+290. Los desplazamientos horizontales se calculó la diferencia entre el desplazamiento de los puntos de control más cercanos al centro de la base y la corona, obteniendo desplazamientos horizontales de 5.99 mm para el dique DIPR-005-MD.

- Capacidad Admisible de cimentación: Este análisis tiene como objetivo determinar la capacidad de carga admisible y el asentamiento esperado por las cargas impuestas por los diques proyectados, considerando las condiciones del terreno a nivel de la cimentación. Debido a que el ancho de la base varía dependiendo de la altura del dique en el sector analizado, para estimar la capacidad de carga, de forma conservadora, se ha asumido un ancho de cimentación conservador de 3.00 m y una profundidad de cimentación de 1.00 m. Esta estimación es conservadora, ya que, en términos de capacidad de carga admisible, de una misma profundidad y material de cimentación, en una cimentación de ancho mayor tendrá también una mayor capacidad portante. Ver tabla 13

Tabla 13

Capacidad portante

Dique	Df (m)	B (m)	Carga admisible de diseño (kg/cm ²)	Carga actuante (kg/cm ²)
DIPR-005-MD	1.00	3.00	8.34	0.66

Nota: Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 –

TYPSA

En todos los escenarios, se puede apreciar que la capacidad de carga admisible del terreno es mucho mayor a los esfuerzos actuantes en la base del dique. Por lo tanto, no se esperan problemas asociados con el esfuerzo aplicado en el terreno.

- Análisis de Estabilidad de Diques: Se definieron los criterios de análisis de estabilidad y a partir de estos criterios se obtuvieron los siguientes datos:

Criterios de análisis de estabilidad

El diseño geotécnico de los diques de encauzamiento se ha realizado considerando los parámetros de diseño que se detallan en la tabla 14.

Tabla 14

Parámetros de diseño Geotécnico

Descripción	Cant. / Atributos	Comentario
Modelo de análisis (Equilibrio Límite)	Spencer	Evaluado por TYPSA
Modelo mecánico	Mohr Coulomb	Evaluado por TYPSA
Periodo de Retorno	475 años	Evaluado por TYPSA
Aceleración Pico del Terreno (PGA)	0.376	Estudio de Peligro Sísmico
Coefficiente sísmico (0.5 PGA)	0.188	Estudio de Peligro Sísmico
Factor de Seguridad (FS) Mínimo, condición estática a corto plazo	1.3	USACE
Fin de Construcción		
Factor de Seguridad (FS) Mínimo, condición estática a largo plazo	1.5	USACE
Descenso de Nivel Repentino		
Factor de Seguridad (FS) Mínimo, condición estática a largo plazo	1.4	USACE
Filtraciones en Estado Estacionario		
Factor de Seguridad (FS) Mínimo, condición pseudo-estática - Sismo	1.0	USACE

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPSA

Resultados de evaluación de estabilidad

Para estos análisis se eligieron las secciones más críticas según los perfiles geotécnicos elaborados para la zona de estudio. Las salidas del análisis proporcionaron detalles sobre la sección geotécnica evaluada, las propiedades de los materiales, el nivel freático asumido y la ubicación de la superficie de falla crítica con el factor de seguridad más bajo. Para más información, ver la tabla 15

Tabla 15

Resultado del análisis de estabilidad

Sección	Caso de Carga	Condición	Lado	Factor de Seguridad
DIPR-005-MD Prog. 0+440	Final de construcción	Estático	Cara Seca	2.581
			Cara Húmeda	2.090
	Descenso repentino Filtraciones en estado estacionario	Pseudoestático	Cara Seca	2.022
			Cara Húmeda	1.867
			Cara Húmeda	2.046
DIPR-005-MD Prog. 1+290	Final de construcción	Estático	Cara Húmeda	1.849
			Cara Húmeda	1.222
	Descenso repentino Filtraciones en estado estacionario	Pseudoestático	Cara Húmeda	1.849
			Cara Húmeda	1.798
			Cara Húmeda	1.798

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPSA

La estabilidad física de los diques proyectados se considera estable, ya que sus factores de seguridad superan a los valores mínimos permitidos.

- Análisis de licuación: Los requisitos necesarios para que se produzca la licuación en los suelos son las siguientes:
 - o Suelos arenosos.
 - o Suelos de densidad relativa baja, arena muy suelta a suelta.
 - o Nivel freático superficial.
 - o Suelos con muy poco contenido de finos.

De acuerdo con la investigación geotécnica realizada en la cimentación del dique DIPR-005-MD, así como también de los resultados de los ensayos de

laboratorio y pruebas geofísicas, se concluye que la cimentación se compone de gravas con gradación moderada y presencia de cantos, bolonería y bloques en matriz arenosa, con una compacidad densa a muy densa en profundidad.

De lo descrito, la cimentación no cumple las dos primeras condiciones para que pueda ocurrir el fenómeno de licuación. Por lo tanto, los suelos de cimentación no presentaron susceptibilidad a la licuación.

Estudio hidrológico. En el estudio hidrológico realizado para determinar el área de drenaje o la zona de influencia hidrológica del Proyecto, constituye el 26.5% de la cuenca del río Huarmey. La discretización se hizo en función a los puntos de ingreso del modelo hidráulico, puntos de control y puntos críticos, resultando un total de 74 subcuencas, de las cuales 22 se relacionan con el área de influencia del Proyecto 5 – San Damián. La delimitación de la cuenca se desarrolló bajo el módulo de GIS del HEC-HMS V4.8, con base en DEM Alos Palsar, elegido por su buena resolución (12.5m) y definición de ríos y quebradas, luego de comparar varios modelos digitales de elevación. La red pluviométrica utilizada, consta de 07 estaciones: Aija (3486msnm - 36 años), Cajamarquilla (3298msnm - 41 años), Cotaparaco (3170msnm - 43 años), Huarmey (8msnm - 22 años), Malvas (3009msnm - 37 años) y Recuay (3431msnm - 42 años), operadas por SENAMHI y la estación virtual “Huamba” (530 msnm). En el análisis de frecuencia se evaluaron las series de precipitaciones máximas mediante pruebas de datos atípicos y consistencia: independencia, estacionariedad y homogeneidad, en relación con las pruebas de consistencia todas resultaron óptimas. En el análisis de funciones de distribución y pruebas de bondad de ajuste, las funciones de mejor ajuste fueron las siguientes: Gumbel para las estaciones: Aija, Cajamarquilla, Cotaparaco, Malvas y Recuay. Asimismo; Log Pearson III para la estación Huarmey y Pearson III para la estación Huamba

- Para estimar caudales máximos, se aplicó el método hidrometeorológico (precipitación – escorrentía) a través del HEC-HMS V4.8.
 - Se partió de un modelo conceptual base con información recopilada en campo, huellas máximas, estudios anteriores y testimonios de pobladores; se construyó un modelo hidrológico del evento FEN 2017 para simular el caudal del evento, se utilizaron datos del satélite (GPM - IMERG), de los días más lluviosos (14 a 19 de marzo). También se estimó el caudal sólido, ingresando el caudal total (líquido y sólido) a un modelo hidráulico con el que se fueron corroborando los niveles de huella máxima alcanzados en secciones de control, mediante un proceso iterativo que sirvió para calibrar el modelo hasta obtener los parámetros óptimos. Al modelo calibrado se le denominó FEN2017, y se utilizó de base para estimar los caudales correspondientes a varios periodos de retorno. Para estos últimos modelos el componente meteorológico ingresado fue a través de “perfiles de Huff asociados a diferentes periodos de retorno y duraciones de 08 y 16 horas”.
 - Se utilizó el método de la SCS (Número Curva) en el componente de pérdidas; Recesión, para el flujo base; Snyder, para el método de transformación precipitación-escorrentía y el método de Muskingum en el componente de tránsito.
 - Los caudales en el punto de interés para el Proyecto San Damián, considerando diversos intervalos de tiempo de retorno, incluido FEN2017, se presentan en la tabla 16 a continuación.

Tabla 16*Caudales Máximos FEN 2017*

Caudales Máximos FEN2017 y por TRs en el punto de interés del Proyecto 5 – San Damián (m³/s)

Área de drenaje (km ²)	FEN	2	10	25	50	100	200	500	1000
596.4	217.7	29.3	75.8	105.2	129.5	155.3	182.6	220.4	250.3

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPASA

Para las proyecciones de los valores de cambio climático se utilizaron 25 GCM de precipitación máxima anual o “día más lluvioso en el año”; la metodología aplicada fue el “Delta Change”, recomendada en las notas técnicas. Se establecieron 2 periodos correspondientes a PER01 (2036-2065) y PER02 (2071-2100). No obstante; analizando el riesgo de utilizar un escenario muy crítico con el que la presa del componente C pueda resultar insuficiente llevando a una situación de paralización del diseño y considerando que se implementará un sistema de alerta temprana en la cuenca y que además, el bordo libre de las secciones hidráulicas se encontrará entre 0.5 y 1.0 m, lo que suele ser un 10-20 % adicional de caudal transportado, según pendientes y secciones; TYPASA-OHLA propuso incrementar los caudales máximos por un porcentaje constante de 15%, propuesta aceptada por ARCC y UKDT en el taller del 04 de noviembre del 2021. Esta medida planteada corresponde a una solución de compromiso entre la inversión y la realidad climática; en ese sentido, los caudales con efecto de cambio climático para el punto de interés del proyecto son los siguientes, ver tabla 17

Tabla 17

Caudales máximos con efecto de cambio climático

Área de drenaje (km ²)	Caudales Máximos con efecto de cambio climático Δ 15% (m ³ /s) – Proyecto 5 – San Damián							
	2	10	25	50	100	200	500	1000
596.4	33.7	87.2	121.0	148.9	178.6	210.0	253.5	287.8

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYPASA

Respecto al análisis de erosión:

- Se estimó la erosión por los métodos RUSLE, MUSLE y ONSTAD-FOSTER; basados en patrones de lluvia, tipo de suelo, topografía, uso y prácticas de gestión del suelo.
- La erosión total anual por el método RUSLE para la cuenca del río Huarney es de 9’385,313.09 ton/año; de acuerdo con la nota técnica “Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú” del SENAMHI-2017, en la región Hidrológica Pacífico 4, donde pertenece la cuenca Huarney, se tiene un promedio multianual de erosión de 57.1 ton/ha/año. En los resultados del estudio actual, se tiene un valor promedio multianual de 41.80 ton/ha/año, lo que indica que se encuentra en el rango descrito de dicha nota técnica.
- Los resultados de la producción de sedimentos para diferentes periodos de retorno (modelos MUSLE y ONSTAD-FOSTER) en el área de influencia del Proyecto 5 – San Damián, se presentan en la tabla 18

Tabla 18

Producción de sedimentos

Producción de Sedimentos en el Punto de Interés J11 - Proyecto 5 – San Damián		
TR	Método MUSLE (Tn)	Onstad Foster (Tn)
2	20921.24	26018.45
10	57565.01	50472.28
25	82422.67	66895.18
50	103563.94	81062.34
100	126628.15	93736.90
200	151397.90	114151.45
500	186438.25	140035.95
1000	214859.37	160541.01

Nota: Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 – TYP SA

Estudio hidráulico del río. Para llevar a cabo el estudio hidráulico del río Huarmey, se realizó un reconocimiento general de las características relacionadas con el flujo y los sedimentos del río. La información primaria obtenida se realizó la evaluación de hidráulica fluvial con fines de dimensionamiento y alineamiento para la proyección de las obras del proyecto. Se consideraron metodologías ampliamente utilizadas para este tipo de proyectos que toman en cuenta, entre otros, el régimen del río, pendiente, ancho estable, tirantes, etc. Los principales parámetros hidráulicos fueron definidos en esta etapa: (i) coeficiente de rugosidad de Manning, (ii) velocidad crítica, (iii) nivel máximo de agua (iv) diámetro representativo del lecho del río. Los detalles de los resultados se encuentran en la Tabla 19

Tabla 19

Parámetros hidráulicos definidos para las obras de defensas ribereñas del proyecto San Damián

ZONA	COEFICIENTE RUGOSIDAD - n	VELOCIDAD CRÍTICA (m/s)	NIVEL MÁXIMO AGUA (m)	DIÁMETRO REPRESENTATIVO (mm)
Quilpac – Aija	0.035 – 0.040	5.72	2.37	25 - 40

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPESA

Para establecer el caudal de diseño, se realizó una evaluación del (SCBA) para cada TR, establecido (50, 100 y 200 años). Nuestro objetivo era seleccionar el periodo de retorno optimo. Según los resultados del SCBA se recomendó que el TR óptimo corresponde al TR de 200 años cuyo caudal de diseño es de 209.96 m³/s.

Diseño Hidráulico de los Diques. – El diseño Hidráulico consistió en la estabilización y protección de la margen derecha de la zona vulnerable. Para lograrlo, se utilizaron diques de enrocado, principalmente con material que se encontraba en el propio cauce del río. El cálculo de las dimensiones y alturas de estos diques se realizó en tramos, utilizando los resultados del Modelamiento Hidráulico Fluvial con los estudios básicos de Hidrología, Geología, Topografía e Hidráulica Fluvial, y teniendo en cuenta las condiciones hidráulicas del río Aija encontradas en la zona de Quilcap. Para el diseño de las secciones

de diques se basó en la definición de tipos de diques, que permitieron perfeccionar el trazado en planta y definir un ancho estable de los diques proyectados; y con base a ello se ha determinado la altura máxima de los diques.

- Determinación de ancho estable: Se llevó a cabo en toda la longitud del cauce del río y se ha obtenido aplicando los métodos de Simons y Henderson, Altunin – Manning, Blench y Pettis, los cuales, según sea el método aplicado, utilizan información de caudal de diseño (que se obtiene del estudio hidrológico) y/o pendiente (conseguido del estudio topográfico), y/o materiales del lecho de los ríos (obtenido del estudio geomorfológico y de sedimentos), etc. En la Tabla 20 siguiente se presentan los resultados finales de ancho estable obtenidos.

Tabla 20

Resumen de Cálculo Ancho Estable del Proyecto 5 San Damián

RÍO/QUEBRADA	TRAMO (progresivas)	ANCHO ESTABLE (M) RECOMENDADO	ANCHO ESTABLE (M) MÍNIMO RECOMENDADO (70%)	ANCHO (M) CONSIDERADO EN EL PERFIL
Aija Damián)	(San 17+668 – 19+232	43.00	30.10	30.00

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYP SA

- Trazado en planta de los diques proyectados se basó en un análisis multicriterio que tuvo en cuenta diversos factores. Estos factores incluyeron:
 - o La omisión de ecosistemas delicados y Áreas Naturales Protegidas (ANP) que no son lugares para la construcción de los diques debido a su alto valor en términos de conservación de la biodiversidad y su importancia para la fauna y flora silvestres.
 - o La omisión de zonas de riesgo que tienen restos arqueológicos como lugares para los diques, ya que estas áreas forman parte del Patrimonio Arqueológico y Cultural de la Nación y están protegidas por la legislación nacional.

- Tener en cuenta área con condiciones hidráulicas favorables según los resultados de profundidades y velocidades obtenidas del modelo hidráulico de Línea Base (M2) y el ancho estable del río.
- Tener en cuenta los diques existentes que podrían ser utilizados y adaptados a las propuestas de diseño del proyecto.
- La minimización del impacto en el número de propiedades y áreas privadas existentes, como concesiones mineras, concesiones viales, áreas protegidas, sitios arqueológicos, entre otros.
- El proceso de naturalización del río con un enfoque que considera aspectos hidráulicos y paisajísticos. Que como objetivo busca imitar el comportamiento natural del flujo de agua en el cauce del río y/o reducir la dependencia de la infraestructura gris. Esta meta se alcanza incorporando las obras de defensa ribereña con el entorno natural y urbano preexistente y al mismo tiempo que resguarden las unidades productoras.

Estos trazos en planta de los defensas propuestos se han diseñado siguiendo estos criterios y utilizando los datos de los estudios de topografía y geotecnia. Asimismo, se utilizó una metodología específica que describo en la figura 13

Figura 13

Variables agrupadas por objetivos

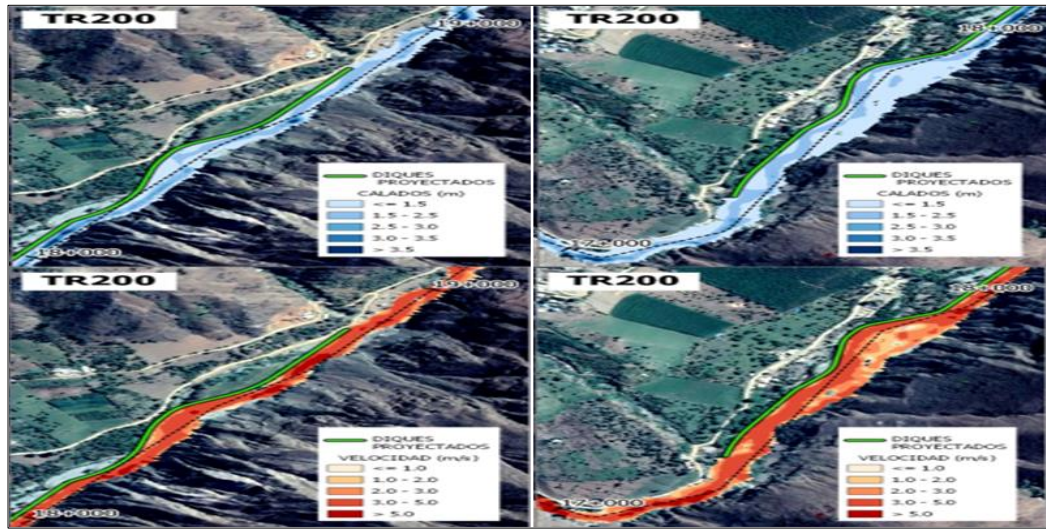


Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPESA

- Llevamos a cabo un análisis de modelamiento hidráulico que incluyó las intervenciones planificadas (M4), considerando el ancho estable y el trazo en planta de las defensas ribereñas, divididos en etapas. Este análisis arrojó datos sobre cómo fluiría el agua en el río estudiado en términos de la profundidad del agua (calados) y las velocidades en varias secciones del cauce. Los resultados de este análisis para un período de retorno de 200 años (considerado óptimo) se presentan en la figura 14.

Figura 14

Calados y velocidades km 17+000 al 19+000 Situación Con Proyecto



Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPISA

- Identificación de tirantes: Durante el análisis de modelamiento hidráulico M4, se identificaron tirantes que cambian en toda la longitud de la defensa, debido al comportamiento hidráulico natural del río y la capacidad de contorno. Ver tabla 21 que sigue y se presentan los datos promedio de tirantes calculados, utilizando los promedios de las secciones para los cálculos.

Tabla 21

Valor promedio de los calados en el proyecto San Damian

NOMBRE DEL DIQUE	LADO	PROGRESIVA INICIO	PROGRESIVA FIN	LONGITUD (M)	TIRANTES PROMEDIOS EN LA SECCIÓN (M)
DIPR-005-MD	Der.	0+000	1+510	1510.64	1.41

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPISA

- Identificación de Velocidades: A partir del análisis hidráulico se obtienen velocidades que varían a lo largo del dique debido a las condiciones hidráulicas del río y sus límites. Los valores promedio de velocidad en las secciones se presentan en la siguiente tabla 22, calculados mediante promedios de las velocidades de las secciones.

Tabla 22

Medias de velocidad en el proyecto San Damian

CÓDIGO DE DEFENSA	MARGEN	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	LONGITUD (M)	VELOCIDADES PROMEDIO EN LA SECCIÓN (M/S)
DIPR-005-MD	Der.	0+000	1+510	1510.64	3.30

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPSA

- Estimación de borde libre: Después de calcular los niveles de la superficie del agua, hemos determinado un margen de seguridad adicional basado en la velocidad del flujo. Aunque la indicación del US Bureau of Reclamation sugiere un número mínimo de 1 pie (0.30m) para cauces pequeños, se consideró un margen mínimo de 0.50m debido a la posible presencia de obstrucciones en los ríos. Sin embargo, para el proyecto San Damián, se ha establecido un margen de seguridad mínimo de 1.00 m. La altura se calculó sustrayendo el nivel del terreno natural sin defensa a la cota de altura del agua, a la que se le añade el margen de seguridad. Consulte la tabla 23 para más detalles.

Tabla 23

Resumen de las cantidades mínimas de borde libre por cada estructura

NOMBRE DE DIQUE	LADO	KM. INICIAL	KM. FINAL	BORDE LIBRE MIN(m)
DIPR-005-MD	Der.	00+000.00	01+410.00	0.50
DIPR-005-MD	Der.	01+410.00	01+500.00	0.50
DIPR-005-MD	Der.	01+500.00	01+510.64	0.50

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPSA

- Estimación de la erosión general: Se calculó la profundidad de erosión global en el área de las defensas utilizando varios métodos, incluyendo Lischtvan – Lebediev, Maza & Echavarría y Blench. En la zona del Río Aija (Sector San Damián) y en los diferentes tramos y tipos de diques, los resultados de erosión indicaron una

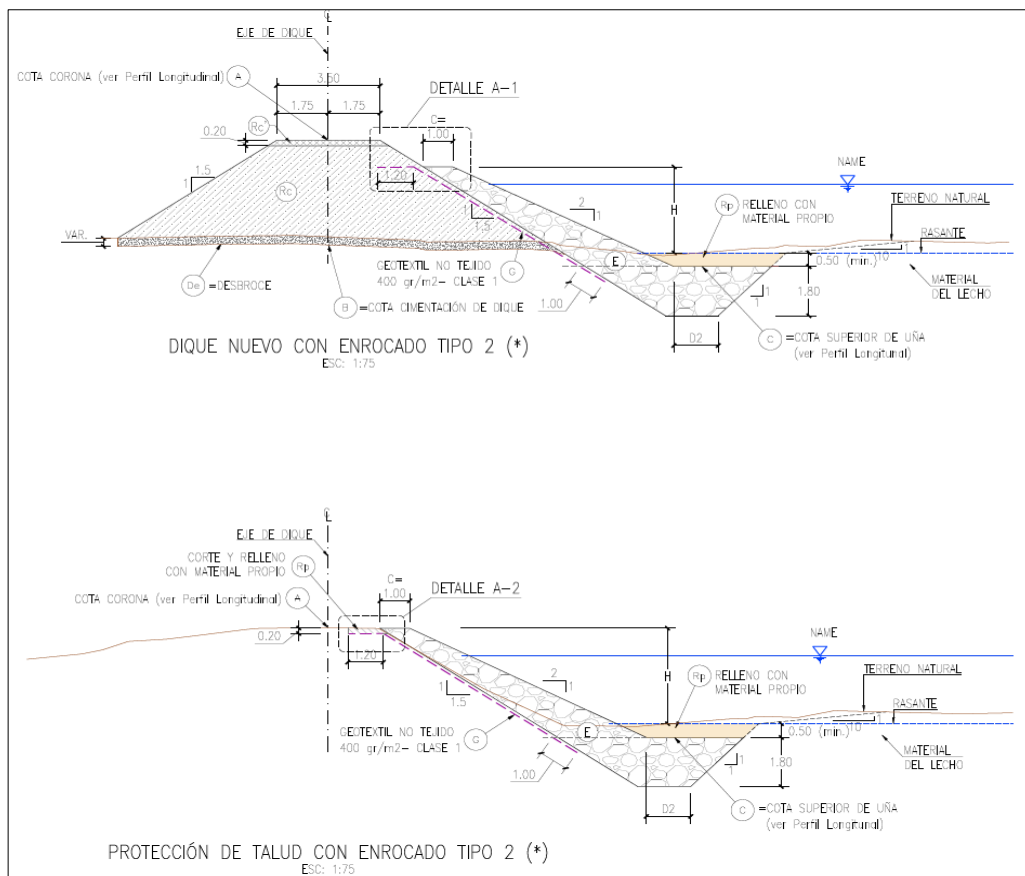
profundidad máxima de 1.09 metros en la ubicación del dique, según el método de Lischtvan – Lebediev.

- Estimación del diámetro de enrocado: De manera similar al cálculo de la socavación, se calcularon los tamaños de las piedras utilizadas en los diques según diferentes tramos y tipos de diques en el río. Esto se hizo aplicando métodos como Maynard, el U.S. Department of Transportation y Isbash. Los resultados indicaron un tamaño de piedra de 0.9 metros (Tipo II).
- Establecimiento de la rasante del dique: El método propuesto para determinar la elevación de la parte superior de los diques se fundamenta en la simulación hidráulica de un escenario que contempla las condiciones de riesgo, vida útil y período de retorno (T) establecidos en el proyecto. En este proceso, tomamos en cuenta información tales como: el caudal de entrada, las curvas de nivel del área, el coeficiente de rugosidad, dato referente al transporte de sedimentos y estructuras hidráulicas previstas (diques). Los resultados de esta simulación proporcionaron datos sobre las zonas que podrían inundarse, la altura del agua en los diques, la velocidad del flujo y otros comportamientos hidráulicos. Esta información se utilizará para simular escenarios de fallo con un enfoque probabilístico establecido por el método de Montecarlo. Esto permitió determinar el alto necesario para el dique, de manera que la probabilidad de fallo no supere el 1%, teniendo en cuenta las variabilidades en las funciones de borde libre, socavación y lecho.
- Sección típica del dique: Previamente se tomó en cuenta los resultados del modelamiento hidráulico detallado para definir las secciones típicas. Para cada tramo específico del río estudiado, que es el Río/Quebrada Aija en la zona de San Damián, se establecieron secciones típicas considerando el ancho estable, el trazado definido, así como la topografía actualizada y los datos geotécnicos obtenidos. En

esta zona, se propusieron dos (02) tipos de secciones típicas: (1) dique nuevo con enrocado y (2) talud protegido con enrocado. No se planearon intervenciones en diques existentes, ya que no había diques preexistentes en la zona. Estas secciones tipo se ilustran en la figura 15

Figura 15

Secciones tipo del dique



Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYP SA

Tabla 24

Resumen del tipo de intervención del dique

				DIPR-05 MD			
TRAMO (EJE DE RIO)		TRAMO (EJE DE DIQUE)		KM	TIPO DE ACTUACIÓN	DIQUE	TIPO DE ENROCADO
INICIO	FINAL	INICIO	FINAL				
17+694.00	19+220.00	00+000.00	01+410.00	1410.00	DIQUE NUEVO CON ENROCADO	NUEVO	TIPO 2
		01+410.00	01+500.00	90.00	PROTECCIÓN DE TALUD CON ENROCADO	NUEVO	
		01+500.00	01+510.64	10.64	EMBOQUILLADO DE PIEDRA CON CONCRETO	NUEVO	

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYP SA

- Diseño hidráulico de tomas, bocatomas y retornos: El diseño de las tomas, bocatomas y retornos se ha realizado en base al caudal máximo circulante en las infraestructuras, en el caso de conocerse, y mediante el caudal máximo estimado, en el caso de disponer exclusivamente de la morfología del canal de conexión. Obteniéndose mediante principios básicos de hidráulica. Las tomas, bocatomas y retornos afectados y reemplazados son los que se listan en la siguiente tabla 25

Tabla 25

Resumen de interferencias del proyecto

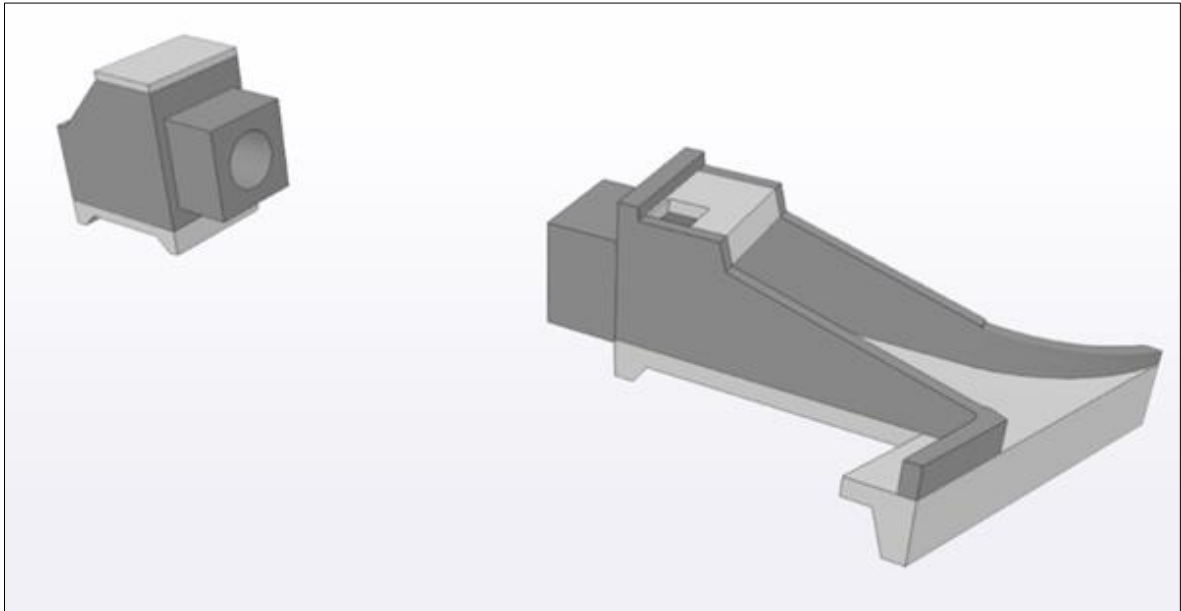
NRO	EJE RIO	INTERFERENCIA	PROGRESIVA EJE RIO	MARGEN	COORDENADAS	
					ESTE	NORTE
1	Aija	Canal de retorno (Tierra)	Km 18+120	D	196598.09	8906175.43
2	Aija	Canal de retorno (Tierra)	Km 18+160	D	196575.72	8906222.26
3	Aija	Canal de Riego (Tierra)	Km 18+450	D	196616.93	8906458.57
4	Aija	Bocatoma Rústica	Km 18+669	D	196688.56	8906697.63
5	Aija	Canal de Riego (Tierra)	Km 18+920	D	196711.58	8906935.70
6	Aija	Bocatoma Rústica	Km 19+194	D	196739.10	8907202.52
7	Aija	Canal de Riego (Tierra)	Km 18+980	D	196715.41	8907058.66
8	Aija	Canal de Riego (Tierra)	Km 19+080	D	196717.29	8907095.95

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPSPA

Diseño estructural de Obras complementarias del proyecto. – Para diseñar las obras complementarias, se consideró las bocatomas, que son elementos construidos con concreto armado y que cumplen funciones de protección (como muros de contención y gaviones) y de desviación de aguas (mediante bocatomas y captaciones, entre otros). Además, se diseñaron otros tipos de estructuras utilizando madera y acero estructural. En algunos casos, debido a la implementación de los diques, fue necesario reubicar o adaptar las estructuras existentes en la zona. En el proyecto San Damián, se ha propuesto una

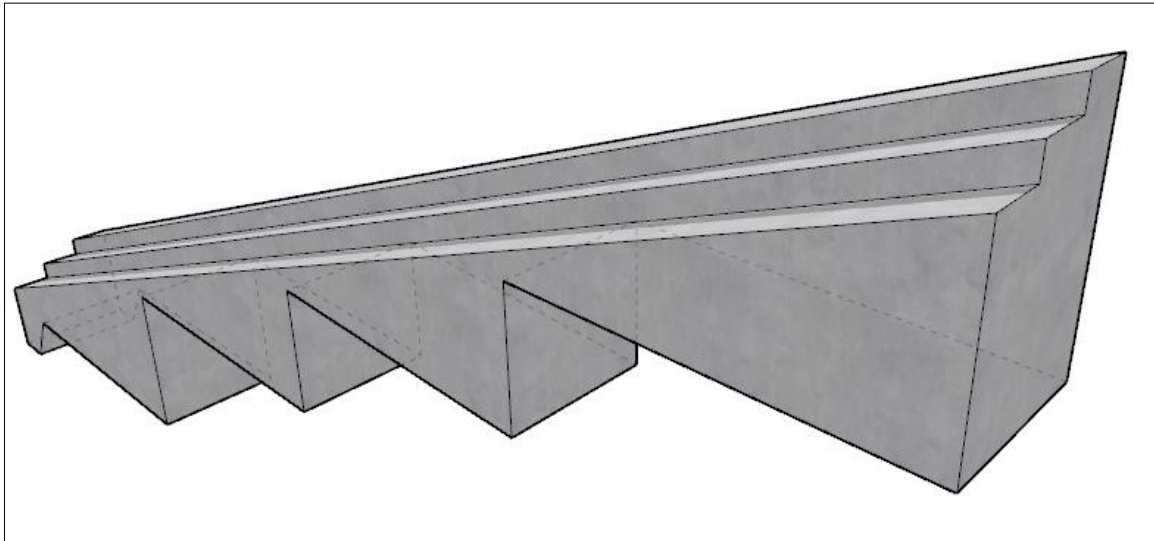
solución para estas estructuras que se cruzan con los diques. Las bocatomas constan de un conducto con cabezales de concreto armado en sus extremos. En estos cabezales se instalan rejillas y compuertas metálicas que permiten dirigir el agua del río hacia las áreas de cultivo. La figura 15 muestra una representación tridimensional de una bocatoma típica. Los muros en la zona de entrada tienen un espesor de 25 cm, mientras que los de salida tienen 30 cm de espesor. El concreto utilizado tiene una resistencia de 28 MPa, y se emplea acero de refuerzo de grado ASTM 615-Gr 60.

Figura 16 Vista tridimensional de una bocatoma típica



Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYP SA

Además, se ha identificado la necesidad de construir un muro de gravedad utilizando concreto ciclópeo (con una resistencia de 140 MPa y un 30% de piedra mediana TM 6") en el tramo final del dique, donde cruza una quebrada. El propósito de este muro es proporcionar protección contra la erosión al dique. La figura a continuación ilustra la forma de este muro.

Figura 17*Vista tridimensional del muro de gravedad*

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYP SA

En el proyecto también se consideraron **estudios integrales asociados al proyecto**, a continuación, paso a detallar cada uno de ellos:

Gestión de afectaciones prediales. - La gestión de las afectaciones a las propiedades involucró dos actividades principales. En primer lugar, se llevó a cabo un diagnóstico preliminar de las propiedades, que se basó en la revisión de perfiles, trabajos de campo y la obtención de los Certificados de Búsqueda Catastral (CBC) otorgados por la SUNARP y de distintas entidades relacionadas. Esto permitió establecer la condición real y registral de los terrenos en la zona de estudio. En segundo lugar, se definió la ubicación donde se tenían que implantar las estructuras en función del trazo y la ejecución de los diques longitudinales propuestos para diseño definitivo.

El equipo de diseño evalúa la estructura a construir y propuso una distribución del espacio de construcción en tres áreas. La infraestructura principal, corresponde a la primera, que consiste en el ancho variable del dique en función de la altura. Junto a esta zona, se encuentran las zonas de infraestructura auxiliar, una

en la cara húmeda con un ancho de 12 metros y la otra en la cara seca con un ancho de 5 metros.

En el Informe de Diagnóstico Preliminar - Huarney, identificaron las propiedades que serán afectadas, a continuación, se pueden destacar las siguientes especificaciones:

- En cuanto a las áreas de propiedad privada, aquellos terrenos que se vean afectados por el proyecto serán adquiridos conforme a lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1192 y sus enmiendas.
- Cuando se trate de áreas estatales que resulten afectadas, se realizará la transferencia interestatal prevista en el procedimiento regulado en el artículo 40° del T.U.O. del Decreto Legislativo N° 1192.
- En los casos en que haya propiedades ocupadas por terceros que se vean afectadas, se llevará a cabo la compensación por mejoras, conforme a lo estipulado en el Decreto de Urgencia N° 003-2020 y las regulaciones adicionales correspondientes.

Es importante destacar que la información gráfica registrada oficialmente por SUNARP no están actualizados y presentan una diferencia de 50 m. respecto a lo que presenta a la realidad demostrado con la cartografía y las imágenes satelitales. Por esta razón, se recomienda llevar a cabo un proceso de actualización tanto física como registral durante la fase de liberación de propiedades.

Gestión de interferencias. – Se ha tomado como referencia las interferencias entre los diques longitudinales proyectados y movimientos de tierra en el sector de la cuenca del Aija en San Damián, las estructuras y los servicios públicos, con el diseño de las defensas para esta área.

- Estructuras afectadas: Después de definir las acciones que se tomaran para los diques longitudinales y terraplenes, hemos procedido en la identificación

minuciosa de cada interferencia que se superponen con las estructuras y servicios públicos, que están relacionados con la defensas proyectadas en la zona de influencia.

- En la siguiente tabla se hace una identificación de las infraestructuras afectadas, junto con su ubicación con relación al eje del cauce del río Aija, y se proporciona una georreferenciación en coordenadas UTM WGS 84 de todas las interferencias identificadas
- Interferencias detectadas y solución prevista: En el caso de liberación de interferencias referidas a infraestructura de riego, se reubican de acuerdo con la solución planteada para obras de captación y retorno. Por otra parte, para canales afectados temporalmente por construcción, deberá ser restituido cerca de la posición donde se localiza en la actualidad, siempre sin disminuir el volumen del caudal existente.
- Nos hemos basado en el inventario proporcionado por la Autoridad Local del Agua (ALA) para dar un tipo de solución a las interferencias. Otra forma de interferencia se refiere a la accesibilidad peatonal en el entorno, que se ve afectada por el dique propuesto. Para mejorar la accesibilidad en las riberas del río, se ha propuesto la instalación de accesos peatonales escalonados a través del dique. La tabla siguiente muestra la identificación de las tomas, bocatomas y retornos afectados y reubicados, con detalles de su ubicación en relación con el eje del cauce y sus coordenadas georreferenciadas en UTM WGS.

Tabla 26

Resumen de interferencias

N°	INTERFERENCIA	ORIGEN INFORMACION	PROGRESIVA EJE RIO		MARGEN	COORDENADAS		OBSERVACION	SOLUCION		
			INICIO	FIN		ESTE	NORTE		PROGRESIVA	TIPO	PLANOS

Nº	DESCRIPCIÓN	TIPO	Km	Coordenada	Distancia	Superficie	Superficie	Tipología	Coordenada	Tipología	Identificación
1	Bocatoma Rústica (*) (TO-AL-18+669-D)	INVENTARIO CAMPO	Km 18+669		D	196688.56	8906697.63	BOCATOMA ARTESANAL	Km 18+669	OBRA DE CAPTACIÓN	400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109021-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109022-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109023-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109024-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109025-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109060-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109065-R01
2	Bocatoma Rústica (*) (TO-AL-19+194-D)	INVENTARIO CAMPO	Km 19+194		D	196739.1	8907202.52	BOCATOMA ARTESANAL	Km 19+194	OBRA DE CAPTACIÓN	400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109031-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109032-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109033-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109034-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109035-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109070-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109071-R01
3	Canal de Retorno (Tierra) (*) (RT-AL-18+120-D)	TOPOGRAFIA	Km 18+120	Km 18+180	D	196598.09	8906175.43	CANAL DE RETORNO	Km 18+120	OBRA DE RETORNO	400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109041-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109042-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109043-R01
4	Canal de Retorno (Tierra) (*) (RT-AL-18+120-D)	TOPOGRAFIA	Km 18+160	Km 18+190	D	196575.72	8906222.26	CANAL DE RETORNO			400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109081-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109082-R01
5	Canal de Riego (Tierra) (**)	INVENTARIO CAMPO	Km 18+450	Km 18+470	D	196616.93	8906458.57	CANAL AFECTADO TEMPORALMENTE		RESTITUCIÓN DE CANAL, MANTENER CONDICIONES HIDRÁULICAS EXISTENTES	
6	Canal de Riego (Tierra) (*) (TO-AL-19+194-D)	TOPOGRAFIA	Km 18+920	Km 19+040	D	196711.58	8906935.7	CANAL DE CAPTACIÓN	Km 19+194	OBRA DE CAPTACIÓN	400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109031-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109032-R01
7	Canal de Riego (Tierra) (*) (TO-AL-19+194-D)	TOPOGRAFIA	Km 18+980	Km 19+100	D	196715.41	8907058.66	CANAL DE CAPTACIÓN			400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109033-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109034-R01
8	Canal de Riego (Tierra) (*) (TO-AL-19+194-D)	TOPOGRAFIA	Km 19+080	Km 19+200	D	196717.29	8907095.95	CANAL DE CAPTACIÓN			400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109035-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109070-R01 400199-OHL001-502-XX-DR-CV-109071-R01

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPASA

Finalmente, en la tabla que sigue, se presenta una lista que detalla la ubicación con respecto al eje del río, cruce perjudica y el tipo de acceso, además de la acción realizada en el área que se ha visto afectado.

Tabla 27

Acceso y cruce interferido en el proyecto San Damian

Nº	SECTOR	PROGRESI VA	ELEMEN TO	CRUCE O ACCESO	MARGE N	PROPIEDAD	SOLUCIÓN
1	San Damián	Km 17+900.00	Peatonal	Acceso	Der.	Privado	Construcción de acceso peatonal tipo escalonado
2	San Damián	Km 18+700.00	Peatonal	Acceso	Der.	Privado	Construcción de acceso peatonal tipo escalonado

Nota. *Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYP*SA

La Gestión Arqueológica. – El Decreto Legislativo N° 1354 establece que se debe seguir un procedimiento simplificado para las intervenciones de reconstrucción dentro del Plan Integral que ha emitido la ARCC. Bajo ese contexto, no es necesario contar con el Plan de Monitoreo Arqueológico ni con el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) que normalmente se requieren de acuerdo con el Reglamento de Intervenciones Arqueológicas (DS N°003-2014-MC). En su lugar, hemos elaborado el Procedimiento Simplificado de Monitoreo Arqueológico (PROMA), cumpliendo lo establecido en el (DS N° 007-2018-MC). Este documento ha sido aprobado el 06 de diciembre del año 2021 por la Dirección Descentralizada de Cultura de Ancash, mediante la RD 000559-2021-DDC-ANC/MC. El PROMA incluye información como obras programadas de los componentes, planos de ubicación, planos perimétricos y planos que deben incorporar al proceso de monitoreo arqueológico.

Es muy importante informar que la Dirección Descentralizada de Cultura de Ancash supervisa el fiel cumplimiento del monitoreo arqueológico durante la construcción de las obras del proyecto, de acuerdo con el PROMA aprobado. El contenido de esta informe abarca todas estas consideraciones:

- a) Principales propósitos del PROMA.
- b) Enfoque y pautas técnicas para llevar a cabo el monitoreo arqueológico.
 - Búsqueda arqueológica.
 - Métodos de documentación.
 - Plan de reducción de impacto.
 - Acciones preventivas.
 - Sesiones de formación e introducción.
 - Señalización anticipatoria.

- Supervisión arqueológica.
 - ✓ Evaluación de la zona bajo supervisión arqueológica.
 - ✓ Documentación.

c) Hallazgos importantes del PROMA – Reporte conclusivo

Gestión Medio Ambiental. – En este análisis, se busca cumplir con las disposiciones de la Resolución Ministerial N° 202-2019-MINAM, que modifica la lista de proyectos de inversión sujetos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), incluida en la Resolución Ministerial N° 157-2011-MINAM y sus modificaciones. Este tema se enfoca específicamente en las acciones del Sector Agricultura y Riego, indicando que las obras de defensa ribereña, excepto aquellas que utilizan principalmente roca como material de construcción, están sujetas al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Después de conversaciones y reuniones con representantes y expertos ambientales del Ministerio del Ambiente (MINAM), la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI) y la Autoridad de Reconstrucción con Cambios (ARCC), se llegó a la decisión de utilizar el Informe de Gestión Ambiental (IGA) como el instrumento ambiental para el proyecto. La DGAAA-MIDAGRI es la entidad encargada de aprobar y evaluar este IGA. Este informe para el proyecto obtuvo la aprobación el 29 de octubre de 2021 mediante el Oficio N° 1751-2021-MIDAGRI-DVDAFIR/DGAAA.

Se comprende que la responsabilidad de asegurarse el fiel cumplimiento de las medidas, procesos y reglas que se establecen en el Informe de Gestión Ambiental (IGA) durante la construcción del proyecto está en manos de en la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios mediante su Contratista, esto dependerá de tipo de contrato firmado por ambas partes.

Por otro lado, referente a la fase de operación y mantenimiento, el rol de cumplir con las responsabilidades ambientales del proyecto le corresponde al Ministerio de Desarrollo

Agrario y Riego (MIDAGRI) y su Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR).

El instrumento ambiental utilizado en el proyecto se centra principalmente en dos cosas: primero, identificar, evaluar y valorar los impactos ambientales y segundo proponer un Plan de Manejo Ambiental (PMA). En términos sencillos, la parte más importante de este informe es el PMA. Este plan tiene como propósito establecer y describir las directrices, procedimientos y medidas de gestión que son necesarios para reducir impacto negativo de las acciones en el entorno ambiental y social. Y eso no solo en durante la ejecución del proyecto, si no también después de culminado el proyecto. Este plan abarca varios aspectos claves, entre ellos:

- a) Acciones para evitar, controlar o reducir los efectos negativos.
- b) Estrategias adicionales
- c) Estrategia de monitoreo y regulación
- d) Estrategia para interactuar con la comunidad
- e) Estrategia para involucrar a la población en general
- f) Procesos durante la creación y evaluación del informe ambiental
- g) Procedimientos durante la construcción de las obras.

Gestión Social. – Durante la fase de elaboración de los diseños finales, se llevaron a cabo negociaciones y gestiones entre las partes interesadas, así como entre diversas entidades, organizaciones y organismos de ámbito nacional, regional y local. Estos esfuerzos tenían como objetivo agilizar la definición de los diseños finales y la construcción de las obras. Entre las instituciones públicas involucradas se encontraban el Gobierno Regional de Ancash, la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC), la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA-MIDAGRI), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Municipalidad y la subprefectura Distrital de Coris, el Programa Subsectorial de

Irrigaciones (PSI), la Dirección Desconcentrada de Cultura de Ancash (DDC Ancash), la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Ancash (MTC), el Ministerio de Medio Ambiente (MINAM), así como empresas privadas como INCLAM S.A. Sucursal del Perú y la empresa Obrascon Huarte Lain S.A. Sucursal del Perú (OHLA). Además, se incluyeron otras organizaciones, como la Organización de Agua Potable y la APAFA de la IE Sagrado Corazón de Jesús de San Damian. Asimismo, hemos elaborado un plan de Buena Vecindad y Relaciones Públicas, que estableció los principios para la gestión social y las relaciones con la comunidad que el contratista debería implementar en la planificación y ejecución del proyecto. Por último, se desarrolló un Plan de Participación Ciudadana (PPC), cuyo objetivo general era fomentar la participación organizada y efectiva de los ciudadanos durante la etapa de evaluación del proyecto.

Finalmente, de todos los estudios y diseño realizado se obtuvieron las **obras y metas físicas** siguientes:

Diques Longitudinales de defensas ribereñas. - En el proyecto se ha considerado la ejecución de 1.51 Km de un dique longitudinal en el cauce del río Aija, implantado en la margen derecha del río. Este dique se ha denominado DIPR -05-MD, el cual inicia en el kilómetro 17+694.00 del eje del río Aija y concluye en el kilómetro 19+220.00. En general, los diques están proyectados para ser construidos con un cuerpo de material granular proveniente principalmente del lecho de río y revestidos en su cara húmeda con una capa de enrocado (o escollera), tal como se muestra en las secciones típicas de la figura 15. La siguiente Tabla 28 detalla las intervenciones previstas de las intervenciones planificadas en el proyecto.

Tabla 28

Resumen de tipo de actuaciones en el Dique

TRAMO (EJE DE RIO)		TRAMO (EJE DE DIQUE)		KM	TIPO DE ACTUACIÓN	DIQUE	TIPO DE ENROCADO
INICIO	FINAL	INICIO	FINAL				

17+694.00	19+220.00	00+000.00	01+410.00	1410.00	DIQUE NUEVO CON ENROCADO	NUEVO	TIPO 2
		01+410.00	01+500.00	90.00	PROTECCIÓN DE TALUD CON ENROCADO	NUEVO	
		01+500.00	01+510.64	10.64	EMBOQUILLADO DE PIEDRA CON CONCRETO	NUEVO	

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPESA

Complementariamente se ejecutarán las obras que se vean afectadas por las interferencias a los diques longitudinales, como por ejemplo las estructuras de entrada de agua implantadas en el eje de las defensas ribereñas. de igual forma se plantean soluciones a los canales de riego afectados por las obras.

Áreas auxiliares implementadas. - De acuerdo con las necesidades del proyecto se planteado el uso de diferentes áreas auxiliares necesarias para el suministro de materiales y para la disposición de los sobrantes generados durante la ejecución de las obras. De esta manera se propone el uso de canteras de material para los enrocados, material granular para el cuerpo del dique de las defensas ribereñas, así como el material de afirmado para la corona del dique. Complementariamente se han identificado áreas para el depósito única y exclusivamente de los materiales que resulten excedentes de las excavaciones realizadas en los diques. El análisis de movimiento de tierras evidencia que el volumen a transportar a los DMEs producto de excavaciones que no poseen material aprovechable (voladura y desbroce) y del over proveniente del material de excavación de diques, descolmatación e interferencias, sobrepasa la capacidad de los DMEs identificados y aprobados en el IGA, razón por la cual se utiliza el material aprovechable casi en su totalidad.

Extracción de materiales en Canteras

Un estudio exhaustivo se llevó a cabo para evaluar las canteras destinadas al proyecto, con el objetivo de reconocer y describir los materiales que se encuentran en ellas. En el caso de las canteras que suministrarán el material granular utilizado en el relleno de

los diques, se estableció un tamaño máximo de 6”. Para el caso de las canteras de roca se ha considerado un porcentaje de aprovechamiento de explotación a través de voladuras, de 70%. Se identifica y selecciona las canteras para obtener volúmenes de material que serán utilizados en el proyecto, que se calcularon en función de los rendimientos, ver la siguiente Tabla 29.

Tabla 29

Resumen de las Fuentes de Materiales del proyecto

CANTERAS DE CERRO, RÍO Y ROCA	ÁREA CANTERA (M2)	% RENDIMIENTO	VOLUMEN BRUTO (M3)	VOLUMEN NETO (M3)	VOLUMEN UTILIZABLE (M3)		
San Damián	Cerro San Pedro	49,370.16	98.09	161,566.64	158480.72	158480.72	
	Río	Quilcap	9,194.16	80.82	13,841.77	11186.92	11186.92
		San Damián	17,759.60	86.67	24,562.87	21288.64	21288.64
	Roca	Roca San Pedro 2	43,167.24	70.00	209,972.60	146980.82	146980.82
		Roca Irman	35,809.04	70.00	102,518.42	71762.9	71762.9

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYP SA

Depósitos de Material excedente (DME)

Se llevaron a cabo evaluaciones en el sitio y se realizaron levantamientos topográficos con el fin de reconocer designar los depósitos de materiales excedentes (DME) necesarios por el proyecto. Una vez identificados se deberá obtener el acuerdo la aprobación del propietario del terreno destinado para los DMEs. Se presenta a continuación la lista de los DMEs.

Tabla 30

Resumen de DMEs del proyecto

CUENCA	NOMBRE	UBICACIÓN	COORDENADAS		ZONA	ÁREA (m2)	VOLUMEN (M3)
			ESTE	NORTE			
RIO AIJA	San Damián DME Nro 03	KM 21+450	198324.000	8908460.000	18L	6,061.47	10,445.80
	San Damián DME Nro 06	KM 20+000	197125.000	8907768.000	18L	8,231.27	26,512.30
	San Damián DME Nro 05	Km 20+400	197551.000	8907914.000	18L	1,793.76	2,380.27
	San Damián DME IRMAN 2	Km 20+600	197684.000	8908079.000	18L	2189.91	3 533.08

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYP SA

Fuentes de abastecimiento agua

Durante la construcción de las obras del proyecto se requiere alta demanda de agua, para ello hemos identificado de manera estratégica un punto de captación de agua, que previamente ha sido evaluado para determinar la calidad de dicha fuente de agua. Para más detalles se muestra la siguiente Tabla 31

Tabla 31

Localización de la fuente de agua del proyecto

NOMBRE	REFERENCIA		GEOREFERENCIACIÓN		
	CUENCA	PROG.	ESTE	NORTE	ZONA
F-01	San Damián	Km 19+180	196751.6	8907190.3	18L

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPASA

Los ensayos químicos ejecutados en dicha fuente consistieron en medir el PH, contenido de sulfatos, contenido de cloruro, sólidos en suspensión y materia orgánica. Los resultados arrojan que la fuente de agua analizada no supera los límites máximos permitidos por las especificaciones técnicas para concreto portland, por lo tanto, es apta para ser usada en la fabricación de este material. Para ver los resultados se presenta la Tabla 32.

Tabla 32

Análisis de laboratorio a la fuente de agua

CÓDIGO DE LA MUESTRA	CLORUROS COMO CL (PPM)	SULFATOS COMO SO ₄ (PPM)	SOLIDOS TOTALES POR MASA (PPM)	POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)
	500 MÁX.	3000 MÁX.	50000 MÁX.	5.5-8.5
F-01	463	140	80	7.36

Nota. Memoria Descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01 TYPASA

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este capítulo describo los resultados obtenidos del proyecto San Damian, realizando un comparativo de los cambios relevantes que he analizado de lo que estaba proyectado en el perfil viables versus diseño definitivo.

Tabla 33

Comparativo variaciones técnicas del PI viable y Expediente técnico

Item	PI Viable	PI a nivel de Estudio Definitivo (expedientetécnico)	Justificación
Localización	Se ubica un dique longitudinal en margen derecha en la progresiva 0+000 a 1+855. L = 1.81 km (Dique de material de relleno compactado)	Se construirán 03 diques longitudinales en la margen derecha del rio Ajja, desde el km 17+694 al km 19+220 L = 1.41 km (Dique nuevo con enrocado) L= 0.09 km (Protección de talud con enrocado) L= 0.0106 km (Dique nuevo con emboquillado de piedra con concreto) Longitud total = 1.51 km	Se modifica en la etapa de diseño Producto de los estudios básicos a mayor detalle de: topografía, hidrología, hidráulica y geotécnica, se ha reducido la longitud del dique de protección en comparación con el perfil viable debido a la optimización del diseño en el Expediente definitivo.
Capacidad de Producción	Se realiza el prediseño de diques a nivel de perfil teniendo en cuenta un caudal máximo de 192.50 m³/s para un periodo de retorno de 100 años , considerando el efecto de laminación de la presa Ángel Cruz.	Se ha estimado un caudal de diseño de 209.96m³/s para un periodo de retorno de 200 años , considerando el incremento por cambio climático calibrado con el FEN 2017, mediante huellas hídricas, el cual incluye el aporte de sedimentos.	Se modifica durante la fase de diseño , la cual es el resultado de estudios más detallados, que incluyen factores relacionados con el cambio climático. En el análisis se optimizan los diseños de las alturas de los diques, al considerar un porcentaje de variación del 15%, en incremento del caudal de diseño para el periodo de retorno de 200 años.
Tecnología	El diseño propuesto implica la construcción de un dique en la margen derecha, que estará compuesto por material extraído del lecho del río. Compuesto por suelos clasificados como GW, GP, SP y SM según la clasificación SUCS. La altura de los diques varía entre 2.50m a 3.50m con una capa de rodadura de 0.30 m en la corona, con un ancho de 4.00 metros. Talud de 1.5H, 2H:1V, con ña antisocavante de profundidad entre 3m y 4m.	Se han considerado opciones tecnológicas, los diques están proyectados para ser construidos con un cuerpo de material granular proveniente principalmente del lecho de río y revestidos en su cara húmeda con una capa de enrocado (o escollera).	No se modifica en la etapa de diseño. Tanto el estudio a nivel de perfil del PI y el estudio definitivo consideran el uso de agregado del mismo cauce y canteras de roca en la zona.

Nota. En esta tabla se muestra los cambios relevantes del diseño definitivo versus lo que estaba proyectado en el estudio del perfil

A continuación, se presenta la tabla 34 con el comparativo a nivel de elementos y acciones que ha sido registrado en el perfil viable, con los resultados del estudio definitivo (expediente técnico).

Tabla 34

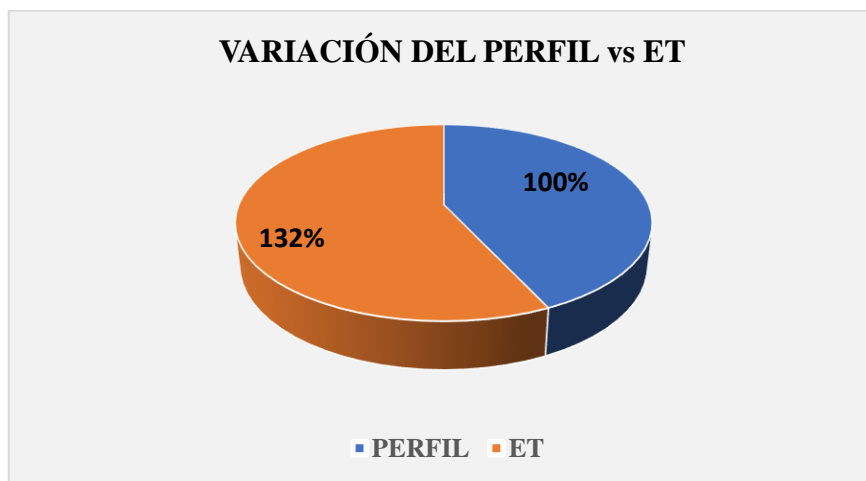
Comparativo del costo del perfil viable vs Diseño definitivo

ACCIONES	COSTO DEL PERFIL DECLARADO VIABLE		COSTO DEL DISEÑO DEFINITIVO (ET)	
Construcción de defensa ribereña: Dique de protección	1,800	S/ 12,217,285	1,511	S/ 16,521,869
Otras acciones de terrenos: Adquisición de terreno (afectaciones)	3.75	S/ 383,131	6.67	S/ 883,593
Capacitación de capacidad humana: TALLERES	6	S/ 4,342	6	S/ 56,640
	SUBTOTAL: S/ 12,604,758		S/ 17,462,102	
	GESTIÓN DEL PROYECTO: S/ 747,356		S/ 747,356	
	EXPEDIENTE TÉCNICO: S/ 951,172		S/ 951,172	
	SUPERVISIÓN: S/ 611,081		S/ 611,081	
	LIQUIDACIÓN: S/ 61,108		S/ 61,108	
	MONTO TOTAL ACTUALIZADO: S/ 14,975,475		S/ 19,832,819	
	% VARIACIÓN / PERFIL: 100%		132%	

Nota. Informe técnico N° 149-2023-ARCC/DE/DAI-MMCM

Figura 18

Variación del perfil versus el expediente técnico



Nota. Informe técnico N° 149-2023-ARCC/DE/DAI-MMCM

La variación en los costos determinados en el Perfil viable y el Diseño Definitivo del Proyecto San Damian, se debe principalmente a la diferencia en el enfoque de los diseños y su tecnología.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En primer lugar, se concluye que la utilización de la metodología RIBA en su fases RIBA 3a que considera el modelado de base, RIBA 3b se realizan las evaluaciones especiales y RIBA 4 diseño definitivo, nos ha permitido que el diseño sea culminado en la fecha prevista de acuerdo con el contrato NEC opción F.

En segundo lugar, se concluye que la utilización de la metodología BIM fue de importante ayuda en el diseño. Esto se debió a que nos facilitó el acceso a la información precisa del proyecto, lo que a su vez nos permitió tomar dediciones informadas. Asimismo, permitió identificar las interferencias, resolver en tiempo sin que esto impacte en el plazo.

En tercer lugar, se concluye que los estudios tales como topografía, hidrología, geotecnia e Hidráulica, permitieron que el desarrollo del diseño de defensas ribereñas sea optimo, ya que son especialidades que definen los parámetros de diseño.

En cuarto lugar, se concluye que se ha mantenido la concepción técnica, dimensionamiento que es el objetivo central del perfil viable, luego de realizar el análisis comparativo entre el Perfil viable y el diseño definitivo, sobre el objetivo central del perfil, la contribución al cierre de brechas y las variaciones en localización, capacidad de producción y tecnología, producto del estudio definitivo.

Finalmente se concluye que el equipo de gestión de proyecto cuya area donde mi persona se ha desempeñado como coordinadora de proyectos contaba con vasta experiencia en la ejecución de contratos NEC donde se ha utilizado la metodología RIBA y finalmente se ha elaborado los expedientes técnicos con mucho éxito y por consiguiente se entregó el diseño definitivo a nuestro cliente OHLA en el plazo establecido en el contrato.

Recomendaciones

Se recomienda que, para este tipo de diseños, contar con profesionales con experiencia en desarrollo de expedientes técnicos, especialmente aquellos relacionados con proyectos hidráulicos o afines, que cuenten y que conozcan los contratos NEC y la metodología RIBA.

Se recomienda que para todo proyecto se cuente con un equipo de expertos altamente experimentados en la aplicación de la metodología BIM, que dominen el programa REVIT y QGIS ya que esta metodología trabaja de manera colaborativa y es de suma importancia en cuanto a la detección de interferencias en los proyectos.

Se recomienda contar con un equipo especializado en tramitología, para que se encarguen de obtener todos los permisos previos a la ejecución de las obras, ya que forma parte de los alcances de los contratos NEC opción F.

Se recomienda contar con una equipo especializado en liberación de áreas e identificación de interferencias, pues estas especialidades tienen un gran porcentaje de contribución para el desarrollo de los expediente de diseño, ya que infieren directamente los efectos/impactos que producen las obras del proyecto.

REFERENCIAS

Ministerio de economía y finanzas (s.f.). Sistema de seguimiento de inversiones.

<https://uk1.aconex.co.uk/hub/index.html>

Servicio de encauzamiento de aguas y regularización del río Pirai (04 de junio de 2012).

SEARPI. <http://searpi.blogspot.com/2012/06/diques-longitudinales.html>

Bustamante Fernández, J. (2011). Estudio de Encauzamiento y Defensas Ribereñas en el Río Chancay – Lambayeque Sector Centro Poblado “Rinconazo” Tuman (Tesis para obtener Título Profesional). Universidad Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

Expediente técnico del proyecto San Damian (2022). Memoria descriptiva 400199-OHL001-502-XX-DM-ZZ-109002-C01. Lima – Perú.

Presidencia del Consejo de ministros (s.f). Autoridad para la reconstrucción con cambios ARCC. <https://www.rcc.gob.pe/2020/defensas-riberenas-mitigaron-danos-en-areas-de-cultivo-de-lambayeque/>