UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE
FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN LOS RÍOS Y EN CANALES

AUTOR
ONTON ENCISO, EDER
ORCID:0000-0002-5044-633X

ASESOR
SOTELO URBANO, JOHANNA DEL CARMEN
ORCID:0000-0001-9298-4059

CHIMBOTE-PERÚ
2026

FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA N° 0089-110-2026 DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TESIS

En la Ciudad de **Chimbote** Siendo las **00:44** horas del día **16** de **Agosto** del **2026** y estando lo dispuesto en el Reglamento de Investigación (Versión Vigente) ULADECH-CATÓLICA en su Artículo 34º, los miembros del Jurado de Investigación de tesis de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, conformado por:

BARRETO RODRIGUEZ CARMEN ROSA Presidente
SEMINARIO VASQUEZ RAFAEL ASUNCION Miembro
CAMARGO CAYSAHUANA ANDRES Miembro
Mgtr. SOTELO URBANO JOHANNA DEL CARMEN Asesor

Se reunieron para evaluar la sustentación del informe de tesis: **DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026**

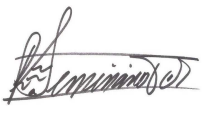
Presentada Por :
(3101191388) **ONTON ENCISO EDER**

Luego de la presentación del autor(a) y las deliberaciones, el Jurado de Investigación acordó: **APROBAR** por **MAYORIA**, la tesis, con el calificativo de **13**, quedando expedito/a el/la Bachiller para optar el TITULO PROFESIONAL de **Ingeniero Civil.**

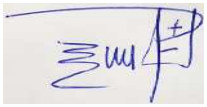
Los miembros del Jurado de Investigación firman a continuación dando fe de las conclusiones del acta:



BARRETO RODRIGUEZ CARMEN ROSA
Presidente



SEMINARIO VASQUEZ RAFAEL ASUNCION
Miembro



CAMARGO CAYSAHUANA ANDRES
Miembro



Mgtr. SOTELO URBANO JOHANNA DEL CARMEN
Asesor

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La responsable de la Unidad de Integridad Científica, ha monitorizado la evaluación de la originalidad de la tesis titulada: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026 Del (de la) estudiante ONTON ENCISO EDER , asesorado por SOTELO URBANO JOHANNA DEL CARMEN se ha revisado y constató que la investigación tiene un índice de similitud de 0% según el reporte de originalidad del programa Turnitin.

Por lo tanto, dichas coincidencias detectadas no constituyen plagio y la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.

Cabe resaltar que el turnitin brinda información referencial sobre el porcentaje de similitud, más no es objeto oficial para determinar copia o plagio, si sucediera toda la responsabilidad recaerá en el estudiante.

Chimbote,11 de Noviembre del 2026

Mgtr. Roxana Torres Guzman
RESPONSABLE DE UNIDAD DE INTEGRIDAD CIENTÍFICA

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por otorgarme la fuerza, la sabiduría y la firmeza necesarias para vencer los obstáculos a lo largo de mi preparación profesional.

A mis padres, Mario y Teófila, por su amor incondicional, su respaldo constante y su fe en mí en cada paso. Su ejemplo, entrega y motivación fueron el pilar esencial para conseguir esta meta académica.

A mi asesora de tesis, por su guía experta, su paciencia y las valiosas enseñanzas que me brindó durante todo el proceso de investigación, cuya contribución fue clave para consolidar este estudio.

Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote por abrirme sus puertas y brindarme las herramientas, conocimientos y vivencias que impulsaron mi desarrollo académico y personal, permitiéndome cerrar con éxito este ciclo tan significativo.

Agradecimiento

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por otorgarme vida, salud, guía y la sabiduría necesaria para concluir con éxito mi preparación profesional.

Mi gratitud a la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote por impartir en mí una formación académica integral, así como a la plana docente, cuyos conocimientos y trayectoria enriquecieron mi crecimiento personal y laboral.

Mi especial reconocimiento a mi asesora de tesis por su orientación, dedicación, paciencia y valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación, los cuales fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

De igual manera, expreso mi gratitud a mis padres, Mario y Teófila, por su respaldo incondicional, comprensión y aliento constante, pilares esenciales para vencer los obstáculos y concretar este trabajo de investigación.

Por último, agradezco a todas aquellas personas que, mediante su apoyo directo o indirecto, colaboraron para la culminación de esta tesis.

Índice General

Carátula I
Jurado II
Dedicatoria IV
Agradecimiento V
Índice General VI
Índice de Tablas X
Índice de Figuras XI
Resumen XII
Abstract XIII
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1. Descripción del problema 1
1.2. Formulación del problema 2
1.3. Objetivo general y específicos 2
1.3.1. Objetivo general 2
1.3.2. Objetivos específicos: 2
1.4. Justificación 3
1.4.1. Justificación Teórica 3
1.4.2. Justificación Metodológica 4
1.4.3. Justificación Práctica 5
II. MARCO TEÓRICO 6
2.1. Antecedentes 6
2.1.1. Antecedentes internacionales 6
2.1.2. Antecedentes nacionales 7
2.1.3. Antecedentes locales 9
2.2. Bases teóricas 10
2.2.1 Defensa ribereña 10
2.2.1.1. Objetivos de la defensa ribereña 11
2.2.1.2. Importancia de la defensa ribereña 11
2.2.1.3. Clasificación de la defensa ribereña. 11
2.2.1.4. Enrocado 12
2.2.1.5. Definición de enrocado 13
2.2.1.6. Función del enrocado en la defensa ribereña 13
2.2.1.7. Importancia del enrocado en ríos costeros 14
2.2.1.8. Ventajas del enrocado 14
2.2.1.9. Tipos de enrocado 14

2.2.2 Diseño del enrocado 16
2.2.2.1. Zonas vulnerables 17
2.2.2.2. Nivel de erosión de talud 17
2.2.2.3. Estabilidad de talud 20
2.2.2.4. Profundidad de socavación 20
2.2.2.5. Estado de la ribera 21
2.2.2.6. Río 22
2.2.2.7. Ríos y dinámica fluvial 22
2.2.2.8. Topografía 23
2.2.2.9. Características del suelo 24
2.2.2.10. Tipo de suelo 24
2.2.2.11. Granulometría del suelo 25
2.2.2.12. Permeabilidad del suelo 25
2.2.2.13. Capacidad portante del suelo 26
2.2.2.14. Estudio Hidrológico 26
2.2.2.15. Caudal de diseño 27
2.2.2.16. Radio Hidráulico 27
2.2.2.17. Número de Froude 28
2.2.2.18. Energía específica 28
2.2.2.19. Pendiente hidráulica 28
2.2.2.20. Precipitación máxima 29
2.2.2.21. Velocidad de flujo 30
2.2.2.22. Hidrología aplicada al diseño de ríos 30
2.2.2.23. Ciclo hidrológico 30
2.2.2.24. Importancia de la hidrología en el diseño del enrocado 31
2.2.3 Diseño hidráulico 31
2.2.3.1. Altura de la defensa ribereña 32
2.2.3.2. Talud del enrocado 32
2.2.3.3. Ancho de corona 32
2.2.4 Diseño del enrocado 33
2.2.4.1 Tamaño de la roca 33
2.2.4.2 Espesor del enrocado 34
2.2.4.3 Profundidad de uña 34
2.2.4.4 Ancho de uña del enrocado 34
2.2.4.5 Aplicación del diseño del enrocado a la defensa ribereña 34
2.2.4.6 Materiales utilizados en el enrocado 35

2.2.4.7 Piedra para enrocado *35*
2.2.4.8 Material de filtro *35*
2.2.4.9 Capa de transición *36*
2.2.4.10 Geotextil (cuando sea necesario) *36*
2.2.4.11 Criterios de selección de los materiales *36*
2.2.4.12 Criterio de resistencia *36*
2.2.4.13 Criterio de durabilidad *37*
2.2.4.14 Criterio granulométrico *37*
2.2.4.15 Criterio de disponibilidad y economía *38*
2.2.5 Criterio ambiental *38*
2.2.6 Vida útil de las defensas ribereñas *38*
2.2.7 Mantenimiento de defensas ribereñas *38*
2.3 Hipótesis *39*
III. METODOLOGÍA 40
3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación *40*
3.1.1. Tipo de investigación *40*
3.1.2. Nivel de investigación *40*
3.1.3. Diseño de investigación *40*
3.2. Población *41*
3.2.1. Población *41*
3.2.2. Muestra *42*
3.3. Operacionalización de las variables *43*
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos *45*
3.4.1. Técnicas de recolección de datos *45*
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos *45*
3.5. Método de análisis de datos *46*
3.6. Aspectos éticos *46*
IV. RESULT ADOS 48
V. DISCUSIÓN 58
VI. CONCLUSIONES 62
VII. RECOMENDACIONES 63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64
ANEXOS 68
Anexo 1. Carta de recojo de datos 68
Anexo 2. Documento de autorización y aceptación para el desarrollo de la investigación (Ley N°29733) 70

Anexo 3. Declaración jurada de integridad científica y conflictos de interés 71
Anexo 4. Formato de consentimiento informado 72
Anexo 5. Matriz de consistencia y operacionalización.....92
Anexo 6. Validación de instrumento.....95

Índice de Tablas

Tabla 01: Tipo de material de arrastre 20
Tabla 02: Matriz de operacionalización de variables 44
Tabla 03: Zonas vulnerables de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre .. 48
Tabla 04: Diseño del enrocado en el margen izquierdo del río Lucre 42
Tabla 05: Resumen de diseño 76
Tabla 06: Resumen de cronograma 77
Tabla 07: Matriz de consistencia 112
Tabla 08: Descarga máxima anual 153
Tabla 09: Caudales máximos 154
Tabla 10: Metrado 155
Tabla 11: Costos y presupuestos 157
Tabla 12: Cronograma de actividades 159

Índice de Figuras

Figura 01: Defensa Ribereña Río Chalhuanca 11
Figura 02: Enrocado 13
Figura 03: Sección típica de enrocado 16
Figura 04: Zona vulnerable 17
Figura 05: Erosión de talud 18
Figura 06: Estructura afectada por socavación 21
Figura 07: Río Lucre 22
Figura 08: Topografía 23
Figura 09: Granulometría del suelo 25
Figura 10: Ciclo Hidrológico del Agua 31

Resumen

La erosión fluvial y la socavación del pie de talud constituyen los principales mecanismos de deterioro de las márgenes en ríos andinos de régimen torrencial; por ello, la presente investigación planteó como **problema:** ¿El diseño del enrocado mejorará la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 – km 6+700, distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?, y tuvo como **objetivo general**: Diseñar el enrocado para mejorar la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026. La **metodología** de investigación de **tipo aplicada**, enfoque mixto**, nivel descriptivo y diseño no experimental de corte transversal**; la **población** estuvo constituida por el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026 y la **muestra** por el tramo km 6+000 – km 6+700 del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac, evaluado mediante **observación directa**, **fichas técnicas** de campo y encuestas a la población. La identificación de zonas vulnerables evidenció que todo el tramo de 700m concentra la condición más desfavorable, debido a un nivel de erosión alto, un talud inestable, un estado de ribera deficiente y una socavación , indicadores que en conjunto configuran un riesgo erosivo elevado. El diseño hidráulico se desarrolló para un caudal de diseño de 173.90 m³/s (T = 140 años), que genera una velocidad media de 7.75 m/s con un esfuerzo cortante actuante de 1374 N/m² que supera ampliamente el esfuerzo crítico del material del lecho (72.7 N/m², criterio de Shields), lo que confirma la condición de erosión activa; la profundidad de socavación de cálculo, estimada mediante el método de Lischtvan-Levediev, alcanzó 1.97 m. Sobre esta base se dimensionó un enrocado de 700 m de longitud, 3.00 m de altura, talud 1V:1.5H, espesor de 1.65 m, diámetro medio de roca de 0.825 m (peso específico ≥ 2.50 t/m³), ancho de corona de 2.00 m y uña de cimentación de 2.50 m de profundidad por 2.50 m de base, complementado con un filtro granular de 0.30 m y geotextil no tejido de 400 g/m² que garantizan la estabilidad interna del sistema. Se concluyó que el enrocado propuesto constituye una alternativa técnicamente viable para controlar los procesos de erosión y socavación identificados; asimismo, la propuesta alcanzó una aceptación social favorable, dado que el 90 % de los pobladores encuestados consideró que evitaría el desborde del río y los daños a terrenos de cultivo y viviendas, y el 10 % estimó que mejoraría la defensa ribereña, con un plazo de ejecución previsto de 110 días calendario.

Palabras clave: Defensa ribereña, enrocado, hidráulica fluvial, socavación, vulnerabilidad estructural.

Abstract

River erosion and toe scour are the main deterioration mechanisms of channel banks in torrential Andean rivers; accordingly, this research addressed the following problem: will the riprap design improve the riverbank protection on the left bank of the Lucre River, km 6+000 – km 6+700, Lucre district, Aymaraes province, Apurímac region, 2026?, and its general objective was to design a riprap revetment to improve the riverbank protection of that reach. The study was applied research with a mixed approach, a descriptive level, and a non-experimental, cross-sectional design; the population comprised the left bank of the Lucre River and the sample the km 6+000 – km 6+700 reach, assessed through direct observation, technical field forms, and household surveys. The vulnerability assessment showed that sub-reach 6+000 – 6+700 exhibits the most unfavorable condition, owing to a high erosion level, an unstable slope, a deficient bank condition, and an observed surface scour of 0.16 m, indicators that jointly configure a high erosion risk. The hydraulic design was developed for a design discharge of 173.90 m³/s (T = 140 years), which produces a mean flow velocity of 5.38 m/s and a supercritical flow regime (Fr = 1.53), with an acting shear stress of 666 N/m² that widely exceeds the critical shear stress of the bed material (72.7 N/m², Shields criterion), confirming an active erosion condition; the computed scour depth, estimated by the Lischtvan-Levediev method, reached 1.97 m. On this basis, a 700 m long riprap was dimensioned with a height of 3.00 m, a side slope of 1V:1.5H, a thickness of 1.00 m, a mean rock diameter of 0.80 m (specific weight ≥ 2.50 t/m³), a crest width of 2.00 m, and a toe key 2.50 m deep and 2.50 m wide, supplemented with a 0.30 m granular filter and a 400 g/m² non-woven geotextile that ensure the internal stability of the system. It was concluded that the proposed riprap is a technically feasible alternative to control the erosion and scour processes identified; furthermore, the proposal achieved favorable social acceptance, since 80 % of the surveyed residents considered that it would prevent river overflow and damage to farmland and dwellings, and 70 % estimated that it would improve the riverbank protection, with an expected execution period of 110 calendar days.

Keywords: riverbank protection, riprap, scour, fluvial hydraulics, structural vulnerability.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El río Lucre, en el distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac, ha constituido históricamente la principal fuente de agua para la actividad agrícola de la comunidad, dado que su régimen relativamente permanente permite la irrigación de los terrenos de cultivo circundantes y sostiene, en consecuencia, la economía local. No obstante, durante los últimos años el incremento de los caudales en la temporada de lluvias ha generado desbordes recurrentes que erosionan progresivamente las márgenes del cauce, comprometen la carretera adyacente y afectan las áreas sembradas próximas, con pérdidas económicas significativas y alteración del equilibrio ecológico del entorno; este comportamiento, presumiblemente intensificado por la variabilidad climática y por prácticas inadecuadas de uso del suelo, plantea un desafío urgente para la gestión del recurso hídrico y para la resiliencia de la población ribereña.

En el ámbito internacional, Olledo A. (1) advierte que numerosos ríos presentan problemas recurrentes de erosión de márgenes como consecuencia del aumento de los eventos hidrológicos extremos, de la variabilidad climática y de la ocupación no planificada de las riberas, situación que ocasiona pérdida de suelo, daño a infraestructuras y riesgo para las poblaciones asentadas junto a los cauces; frente a ello, el enrocado se reconoce como una alternativa técnica eficaz para disipar la energía del flujo y estabilizar los taludes fluviales, por lo que su empleo se encuentra ampliamente extendido en proyectos de control de erosión.

En el ámbito nacional, la Autoridad Nacional del Agua (2) señala que los ríos del Perú exhiben un comportamiento hidrológico altamente variable, en particular durante las temporadas de lluvias intensas asociadas a fenómenos como El Niño; dichas condiciones incrementan los procesos de erosión y socavación de riberas en zonas urbanas y rurales, mientras que la carencia de infraestructura de defensa limita la capacidad de protección frente a crecidas extraordinarias y deriva en daños materiales y sociales, de modo que el enrocado constituye una solución estructural básica de prevención de la erosión fluvial.

En el ámbito local, el tramo en estudio del río Lucre presenta secciones de ribera vulnerables, por cuanto el flujo incide de manera directa sobre taludes desprovistos de protección estructural y próximos a infraestructuras, viviendas y tierras agrícolas; durante los periodos de mayor caudal, la corriente provoca la erosión del suelo y el desplazamiento de materiales, con lo cual amenaza la estabilidad del cauce y la seguridad de la población. En consecuencia, la ausencia de un diseño técnico de enrocado sustentado en parámetros hidráulicos y geotécnicos justifica la presente investigación, orientada a describir las condiciones actuales del tramo km 6+000 – km 6+700 y a proponer un diseño de enrocado que contribuya a la reducción del riesgo y a la protección del entorno local.

1.2. Formulación del problema

¿El diseño del enrocado, mejorará la defensa ribereña, en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?

1.3. Objetivo general y específicos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar el enrocado para la mejora de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 – km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Identificar las zonas vulnerables de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.
- Realizar el diseño del enrocado en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.
- Proponer la mejora de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.

1.4. Justificación

La investigación se fundamenta en la necesidad de desarrollar un diseño de enrocado que fortalezca la defensa ribereña del río Lucre y mitigue los procesos erosivos que comprometen la estabilidad de sus márgenes. Una estructura de enrocado adecuadamente dimensionada conformada por capas de rocas de tamaño y gradación controlados constituye una barrera eficaz frente a la acción del flujo durante las crecidas estacionales, por cuanto disipa la energía hidráulica, evita la pérdida de terrenos agrícolas colindantes y resguarda la integridad de la carretera y de la infraestructura comunal; en consecuencia, la intervención reduce las amenazas recurrentes de inundación que históricamente han afectado a la zona. En un marco más amplio, el estudio se inscribe en la gestión sostenible del agua y en el fortalecimiento de la capacidad de adaptación de las comunidades rurales al cambio climático, de manera que la propuesta no solo atiende un problema local, sino que ofrece una solución concreta y replicable para comunidades expuestas a eventos hidrológicos extremos.

1.4.1. Justificación Teórica

Desde el punto de vista teórico, la investigación se justifica porque el enrocado constituye una de las principales alternativas para la reducción de la erosión y de las inundaciones fluviales, dado que la energía del agua se disipa sobre la estructura de protección al tiempo que se conserva la integridad del suelo de fundación. El desarrollo del estudio exige articular el conocimiento hidráulico, hidrológico y geotécnico: en primer término, el análisis de la pendiente, la altura, el perfil y las propiedades del suelo permite identificar las zonas propensas al deterioro y sentar la base para el emplazamiento de la escollera; seguidamente, el estudio hidrológico que involucra el caudal de diseño, la precipitación máxima y la velocidad del flujo caracteriza el comportamiento del río en condiciones extremas; a continuación, el diseño hidráulico define la altura de la defensa, el talud y el ancho de corona; y, finalmente, el diseño estructural especifica la profundidad y el ancho de la uña, el espesor de la capa, el tipo de material, el empleo de geotextil y la vida útil de la obra.

Según Méndez (3), una investigación se encuentra teóricamente justificada cuando promueve la reflexión crítica y la discusión académica del conocimiento existente, contrasta resultados o somete a examen los fundamentos de una teoría.

Preocupación e identificar los sitios propensos, formando así la base adecuada para construir la escollera. De manera similar, se realizará un estudio hidrológico que involucrará el caudal de diseño, la lluvia máxima, la velocidad actual y otras variables para estudiar el río en condiciones extremas.

Luego, el diseño hidráulico debe ser formulado y se deben especificar detalles como la altura de la barrera, la pendiente y el ancho de la parte superior, para lograr una estructura eficiente donde se mitigue la erosión y se proteja el área adyacente. Por último, se describiría el esquema estructural del enrocado incorporando características como la profundidad y el grosor del pie, el tipo de material, la aplicación de geotextil y la vida útil de la estructura, con el fin de proporcionar solidez y durabilidad al material. Este enfoque en combinación permitirá la formulación de un diseño técnicamente factible destinado a la preservación de la ribera del río Lucre y, por lo tanto, la preservación de sus márgenes y la reducción del riesgo de inundación en la comunidad de Lucre.

1.4.2. Justificación Metodológica

Metodológicamente, el estudio adoptó un propósito descriptivo y empleó técnicas e instrumentos apropiados para levantar y analizar información hidráulica, geomorfológica y geotécnica del área de estudio; la observación directa, la revisión documental y las fichas técnicas de campo permitieron obtener datos estructurados y verificables. En consecuencia, el procedimiento desarrollado puede replicarse o adaptarse en otros proyectos de defensas fluviales, de modo que constituye una guía metodológica para estudios de ingeniería civil orientados al diseño de enrocados en ríos de características comparables. Conforme a Méndez (3), la justificación

metodológica se configura cuando la investigación propone un método o una estrategia que genera conocimiento válido y confiable.

1.4.3. Justificación Práctica

En el plano práctico, los resultados de la investigación sustentan una propuesta de diseño de enrocado orientada a mejorar la defensa ribereña del río Lucre y a reducir el riesgo por erosión y desborde; el producto constituye un insumo técnico para las autoridades locales y las entidades competentes en la planificación y ejecución de obras de protección, por cuanto favorece la seguridad de la población, la protección de las áreas colindantes y la preservación del entorno, y podrá incorporarse en futuros proyectos de infraestructura hidráulica. Según Méndez (3), la justificación práctica se verifica cuando el estudio se orienta a resolver un problema concreto o propone una estrategia cuya aplicación contribuye a su solución.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

En Ecuador, Fernández Galarza, Alarcón Loor y Reyes Zambrano, 2025 (4), desarrollaron el "Análisis hidráulico de la socavación del puente: caso de estudio puente Arturo Sandez, en Girón, Ecuador" Su **objetivo general** analizar los efectos de la socavación en la infraestructura del puente y proponer medidas correctivas para prevenir colapsos integrando el levantamiento topográfico con equipos RTK, la modelación hidrológica en HEC-HMS y la simulación hidráulica del cauce. Su **metodología** desarrollada es los estudios técnicos integrados para analizar la socavación hidráulica del puente Arturo Sandez, abordando aspectos clave como la topografía, hidrología, hidráulica e interacción agua-estructura. Los r**esultados** determinaron las profundidades de socavación asociadas a distintos periodos de retorno y demostraron que la combinación de información de campo de precisión con modelación numérica reduce la incertidumbre del diseño de las obras de protección. Este antecedente resulta pertinente porque valida, en un contexto andino comparable al del río Lucre, la secuencia metodológica topografía–hidrología, hidráulica empleada en la presente investigación

En Colombia, Cárdenas, 2022 (5), en la tesis "Estudios y diseños de las obras de protección de orillas en la margen izquierda del río Cauca en el sector Candelaria, en el distrito de riego Roldanillo–La Unión–Toro", tienen como **Objetivo general** desarrolló los estudios técnicos y el diseño de obras de protección con la finalidad de reducir la erosión fluvial y resguardar la infraestructura hidráulica y las áreas agrícolas próximas al cauce. La **metodología** integró análisis hidrológicos, hidráulicos, topográficos y geotécnicos. Los **resultados** se identificaron los sectores de la margen izquierda con mayor grado de erosión, se determinaron los parámetros hidráulicos de dimensionamiento y se

definieron las características geométricas y constructivas de las estructuras más adecuadas. El autor **concluyó** que las obras de protección de orillas correctamente diseñadas disminuyen la erosión lateral y mejoran la estabilidad de las riberas, y que los estudios hidrológicos e hidráulicos detallados resultan imprescindibles para garantizar su eficacia.

En **Bolivia, Huanacu y Mendoza, 2023** (6), en el estudio "Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño en obras de protección contra inundaciones en proximidades del puente Bating en la provincia de Caranavi". Su **objetivo general** de realizar el estudio hidrológico e hidráulico en donde propusieron identificar los puntos críticos del tramo donde se producen las inundaciones mediante el análisis hidrológico e hidráulico del cauce. Su **metodología** empleada se enfoca en la económico-social de tipo costo-beneficio que consideró costos directos e indirectos y beneficios tangibles e intangibles. Los **resultados** permitieron delimitar las secciones más susceptibles a inundación y caracterizar las condiciones hidráulicas del flujo durante eventos extremos, con la determinación de los caudales máximos del tramo evaluado; en consecuencia, los autores concluyeron que el análisis hidrológico e hidráulico del cauce es fundamental para localizar las zonas críticas y diseñar soluciones de protección eficientes, y recomendaron implementar estructuras de defensa con materiales disponibles en la zona a fin de reducir los efectos de las crecidas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En Huánuco, Tuanama Carmen, 2024 (7), en la tesis "Diseño de enrocado para mejorar la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Aspuzana, del caserío Milano, distrito de Pucayacu, provincia Leoncio Prado, región Huánuco – 2024" tiene como **objetivo** Diseñar el enrocado para mejorar la defensa ribereña en el margen izquierdo del rio Aspuzana. La **metodología** de tipo cuantitativo para describir característica de los resultados.

Sus **resultados** fueron identificar los tramos críticos del cauce y determinó las características óptimas de la estructura: diámetro medio de rocas de 0.50 m apoyadas sobre un dique trapezoidal, enrocado de 3.20 m de altura y uña de 2.30 m para una altura total de 5.50 m con base trapezoidal de 3.40 m, dimensionamiento orientado a evitar socavaciones futuras que comprometan el diseño. Este antecedente resulta directamente pertinente por compartir el objeto de estudio y la línea de investigación de la presente tesis.

En Huánuco, Pablo, 2022 (8), en la tesis "Sistema de gaviones y enrocado como estructuras de defensa ribereña, mediante simulación de modelo numérico computarizado, en el río Supte del centro poblado Santa Rosa de Shapajilla – 2021", tiene como **objetivo** comparar dos sistemas de defensa ribereña el enrocado y gaviones en función de la resistencia a la erosión, la estabilidad del muro y la relación costo-beneficio. La **metodología** de investigación aplicada de enfoque mixto. Los **resultados** de simulación hidráulica permitieron identificar los sectores con mayor riesgo de erosión y desborde, y evidenció que ambas estructuras disminuyen la velocidad del flujo, disipan la energía hidráulica y reducen la socavación de riberas; no obstante, el autor **concluyó** que el sistema de gaviones ofrece mayor resistencia que el enrocado, por cuanto la malla galvanizada aporta un factor de resistencia adicional.

En Huánuco, Saromo Tocto, 2022 (9), en la tesis "Diseño de defensas ribereñas para el modelamiento hidráulico del río Bella, localidad de Bella, Huánuco, 2022", tiene como objetivo principal de la investigación fue elaborar el diseño de un sistema de enrocado para mejorar la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Aspuzana, en el caserío Milano, con la finalidad de reducir los procesos de erosión y proteger las áreas cercanas al cauce frente a posibles inundaciones. La metodología se elaboró bajo un enfoque cuantitativo y de tipo aplicado el diseño de un sistema de enrocado

sustentado en estudios topográficos, hidrológicos y de mecánica de suelos. Los resultados de estudio a partir de la caracterización hidráulica y geomorfológica del cauce identificaron los sectores del margen con mayor vulnerabilidad a erosión y socavación, y determinó las dimensiones del enrocado y la configuración geométrica necesarias para resistir las fuerzas hidráulicas. **Concluyó** que el enrocado constituye una alternativa adecuada de defensa ribereña y que la correcta determinación de los parámetros hidrológicos, hidráulicos y geotécnicos es condición para la eficiencia y durabilidad de este tipo de obras.

2.1.3. Antecedentes locales

En Apurímac, Córdova 2025 (10), en su tesis "Diseño de muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña en el río Antabamba, sector Masupampa, distrito de Tapayrihua, provincia de Aymaraes, Departamento de Apurímac–2025" tiene como **objetivo** Diseñar el muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña en el río Antabamba, sector Masupampa, distrito de tapayrihua, provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac – 2025. La **metodología** fue tipo descriptivo de nivel cuali-cuantitativo, con un diseño transversal no experimental. Como resultado se identificaron las áreas de riesgo y propensas a afectaciones en el cauce del río, lo que permitió elaborar el diseño de la defensa ribereña. **En conclusión**, el análisis técnico sustentó la proyección de un muro de gaviones tipo caja con malla de doble torsión (10 x 12 cm), fabricado con alambre galvanizado de bajo carbono, idóneo para resistir una exposición continua.

En Apurímac, Alarcón 2022 (11), en su tesis "Análisis fluvial y geomorfológico en la erosión del río Apurímac, para la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc-Curahuasi, 2019" tienen como **objetivo:** Evaluar los efectos fluviales y geomorfológicos en la erosión del río Apurímac para formular el diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc-Curahuasi. La **Metodología** Bajo una metodología descriptiva, y

como **resultados**: se procesó la información hidrológica del SENAMHI mediante el método estadístico Log-Pearson Tipo III. Se determinó un caudal de diseño de 3057.27 m³/s para un periodo de retorno de 100 años, tomando como referencia las pautas estándar para avenidas de diseño.

En Apurímac, Herrera 2023 (12), en su tesis "Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023" tiene como objetivo Evaluar el muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023. La metodología de investigación nivel exploratorio, tipo aplicada y diseño no experimental con técnicas de observación directa y encuesta. Como **resultado** se identificó la rotura de la malla galvanizada en el colchón Reno (60 cm x 40 cm), compuesto por rocas de entre 5 cm y 60 cm. El geotextil quedó expuesto al final del gavión tipo caja (sección triangular de 1 m x 2 m), mientras que en el colchón Reno fue arrastrado a lo largo de 24 metros debido a la socavación del agua. Asimismo, se registraron dos asentamientos en el segundo nivel del gavión caja por el desprendimiento de piedras pequeñas y un deficiente acomodo de las rocas. En contraste, la vegetación ha comenzado a integrarse paulatinamente a la estructura.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Defensa ribereña

Centro Nacional de Estimación (13) nos dice que la protección de las riberas debe percibirse como el conjunto de medidas técnicas adoptadas para salvaguardar las orillas de los procesos de erosión, socavación e inundación. Con las acciones mencionadas anteriormente, intentaremos mantener la estabilidad del lecho del río, minimizar el riesgo para la población y proteger la

infraestructura cercana al río. Proteger las riberas en la costa de los ríos de Perú es sumamente esencial debido a la variabilidad del flujo y la ocurrencia de eventos hidrológicos extremos.



Figura 01: Defensa Ribereña Río Chalhuanca
Fuente: Red de comunicación regional (RCR)

2.2.1.1. Objetivos de la defensa ribereña

Según el Instituto Geológico y Minero de España (14), la defensa ribereña persigue tres objetivos concurrentes: limitar la erosión lateral de las márgenes, estabilizar los taludes del cauce y reducir la probabilidad de desborde durante los periodos de avenida; en consecuencia, las obras protegen simultáneamente a la población, a la infraestructura vial y a las áreas productivas emplazadas en zonas expuestas.

2.2.1.2.Importancia de la defensa ribereña

El Instituto Geológico y Minero de España (14) sostiene que, en ausencia de medidas adecuadas, los procesos erosivos derivados del comportamiento natural del río ocasionan pérdidas económicas, riesgos para la vida y daños ambientales; por consiguiente, la defensa ribereña reduce la vulnerabilidad de las áreas ribereñas y promueve un desarrollo territorial seguro.

2.2.1.3.Clasificación de la defensa ribereña

Rocha F.(15) clasifica las defensas ribereñas en estructurales y no estructurales, según el tipo de intervención sobre el cauce y sus márgenes: las primeras consisten en obras físicas construidas para resistir la acción del agua y controlar la erosión —enrocados, muros de contención, espigones y diques— y se emplean preferentemente en zonas de alto riesgo de erosión y socavación; las segundas comprenden medidas de gestión, zonificación y manejo de la faja marginal que reducen la exposición sin modificar físicamente el cauce.

A. Defensas ribereñas estructurales

Las defensas estructurales consistirán en obras físicas construidas para resistir la acción del agua y controlar la erosión. Estas incluirán enrocados, muros de contención, espigones y diques. Debido a su alta capacidad de protección, este tipo de defensa se desplegará principalmente en regiones con alto riesgo de erosión y socavación. (16)

B. Defensas ribereñas no estructurales

Incluyen medidas de gestión y planificación como la reforestación de riberas, la planificación del uso del suelo y las restricciones de uso del suelo en áreas propensas a inundaciones serán defensas no estructurales. Estas acciones servirán para apoyar las defensas estructurales y así reducir el riesgo de desastres de manera preventiva.

2.2.1.4.Enrocado

Para la Autoridad Nacional del Agua (2), el enrocado constituye una de las soluciones estructurales de mayor empleo en la protección de riberas, por cuanto la disposición de rocas de gran tamaño sobre el talud disipa la energía del flujo, resiste el esfuerzo tractivo de la corriente y se adapta a los asentamientos del terreno sin pérdida de

funcionalidad. Su empleo como medida estructural de control de la erosión se enmarca en los lineamientos de la Autoridad Nacional del Agua para el tratamiento de cauces y en la guía HEC-23 de la Federal Highway Administration para contramedidas de estabilidad fluvial (2, 37).



Figura 02: Enrocado
Fuente: Diariocorreo.pe

2.2.1.5.Definición de enrocado

El MTC (17) define el enrocado como una capa de fragmentos de roca de tamaño y gradación controlados, colocada sobre el talud o el pie de una margen fluvial con el propósito de resistir la acción erosiva del flujo, proteger el material de fundación y garantizar la estabilidad de la estructura frente a las solicitaciones hidráulicas.

En el contexto del río Lucre, el enrocado se empleará como una alternativa técnica adecuada para mejorar la defensa ribereña, considerando las características hidráulicas del río y la disponibilidad de materiales pétreos en la zona.

2.2.1.6.Función del enrocado en la defensa ribereña

Según Colque (18), la función principal del enrocado consiste en interponer una coraza resistente entre el flujo y el material erosionable de la margen, de modo que la

energía de la corriente se disipe sobre las rocas y se interrumpa el mecanismo de arranque y transporte de partículas que origina el retroceso del talud.

Además, el enrocado contribuirá a mantener la geometría del cauce, evitando desplazamientos laterales del río que puedan afectar a la población o a la infraestructura cercana.

2.2.1.7. Importancia del enrocado en ríos costeros

La ANA (2) destaca que, en los ríos costeros del Perú —caracterizados por crecidas violentas y de corta duración—, el enrocado ha demostrado ser la protección más eficaz y de menor costo de mantenimiento, dado que soporta las variaciones bruscas de caudal y los procesos de socavación asociados a los eventos El Niño.

El uso del enrocado permitirá una respuesta efectiva frente a estos eventos, reduciendo los daños ocasionados por la erosión ribereña y mejorando la seguridad de las zonas vulnerables.

2.2.1.8. Ventajas del enrocado

Tuanama Carmen (7) atribuye al enrocado ventajas técnicas y económicas concurrentes: flexibilidad frente a asentamientos diferenciales, facilidad constructiva y de reparación, empleo de materiales locales, permeabilidad que alivia las presiones hidrostáticas y durabilidad elevada cuando la roca cumple los requisitos de calidad.

Otra ventaja relevante será la posibilidad de realizar mantenimientos sencillos, reemplazando únicamente los bloques que presenten desplazamientos o daños.

2.2.1.9. Tipos de enrocado

De acuerdo con Tuanama Carmen (7), el enrocado puede clasificarse según su configuración en enrocado simple y enrocado con filtro, en función de la susceptibilidad del material de base frente al lavado de finos.

A. Enrocado simple

El enrocado simple está conformado únicamente por la capa de rocas colocada sobre el talud y resulta aplicable cuando el material de base no es susceptible de lavado (7).

B. Enrocado con filtro granular

El enrocado con filtro interpone una capa granular o un geotextil entre la roca y el suelo de fundación, con la finalidad de impedir la migración de finos y garantizar la estabilidad interna del sistema, configuración recomendable en suelos aluviales erosionables como los del presente estudio (7).

Este tipo de enrocado se considerará esencial en ríos donde el suelo del talud sea fino o poco cohesivo, ya que reducirá el riesgo de fallas internas y asentamientos.

C. Enrocado con geotextil

El enrocado con geotextil se caracterizará por la colocación de una manta geotextil entre el terreno natural y el enrocado. Este material sintético actuará como elemento filtrante y separador, permitiendo el paso del agua y evitando la pérdida de material del talud. Este tipo de enrocado ofrecerá ventajas en términos de rapidez constructiva y control de erosión interna, siendo recomendado en proyectos donde se requiera una solución eficiente y de fácil instalación.

D. Enrocado lanzado

El enrocado lanzado consistirá en la colocación de piedras directamente sobre el cauce o la ribera, sin un orden específico, generalmente mediante equipos mecánicos. Este tipo de enrocado se empleará como una solución rápida para la protección de zonas erosionadas o en situaciones de emergencia. Si bien el

enrocado lanzado presentará menor control geométrico, permitirá reducir temporalmente la erosión y estabilizar sectores críticos del río.

E. Enrocado estructurado

El enrocado estructurado se dispondrá de manera ordenada, siguiendo una geometría definida y criterios técnicos específicos de diseño. Este tipo de enrocado proporcionará mayor estabilidad frente a velocidades altas de flujo y procesos severos de socavación.

El enrocado estructurado será recomendado para zonas con alto riesgo de erosión, como curvas del río o sectores cercanos a infraestructura importante, donde se requiera una defensa ribereña más robusta.

2.2.2 Diseño del enrocado

El diseño del enrocado se realizará considerando criterios técnicos hidráulicos, hidrológicos y geotécnicos, con la finalidad de garantizar la estabilidad del talud y la eficiencia de la defensa ribereña frente a los procesos erosivos del río. Estos criterios permitirán definir las características geométricas, el tamaño de las piedras y las condiciones constructivas adecuadas para el comportamiento del flujo.

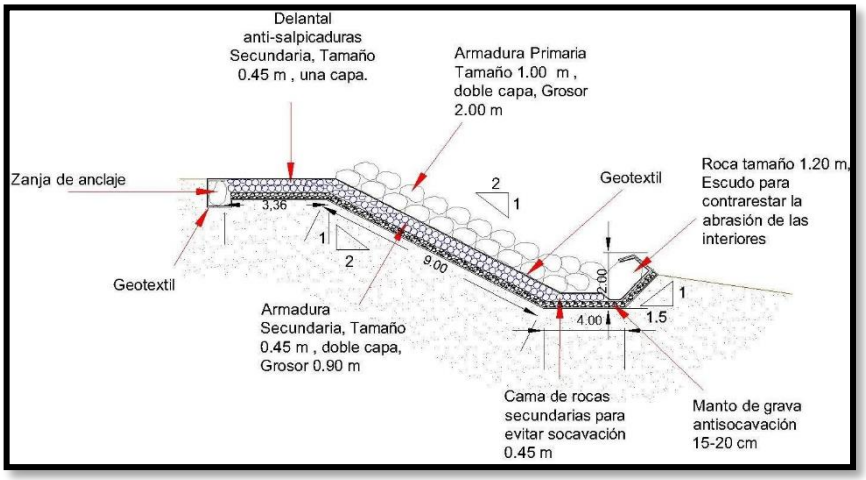


Figura 03: Sección típica de enrocado
Fuente: Universidad de Guayaquil(portal.amelica.org)

2.2.2.1. Zonas vulnerables

Según el CENEPRED (13), las zonas vulnerables son aquellas áreas que, debido a sus características físicas, geomorfológicas y ambientales, presentan mayor susceptibilidad a sufrir daños por procesos de erosión, socavación e inundación; su identificación constituye la primera etapa del diseño, por cuanto delimita los sectores donde la intervención resulta prioritaria. En el Perú, su evaluación se rige por el «Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales» (2.ª versión) del CENEPRED, aprobado por Resolución Jefatural N.° 112-2014-CENEPRED/J (13).



Figura 04: Zona vulnerable rio Chalhuanca
Fuente: Andina (Agencia Peruana de Noticias)

2.2.2.2. Nivel de erosión de talud

Según González (19), el nivel de erosión del talud describe el grado de pérdida de material que experimenta la superficie inclinada de la margen por acción del flujo y de la escorrentía; su evaluación considera la exposición del material, la presencia de cárcavas o desprendimientos y la cobertura vegetal, y se expresa en categorías ordinales

(bajo, medio, alto) que orientan la intensidad de la protección requerida. Su cuantificación puede apoyarse, asimismo, en modelos informáticos de evaluación de la erosión hídrica.



Figura 05: Erosión de talud rio Chalhuanca-vía Interoceánica
Fuente: Andina (Agencia Peruana de Noticias)

- **Esfuerzo cortante**

  El esfuerzo cortante es una de las variables fundamentales de la hidráulica de canales abiertos, por cuanto representa la fuerza por unidad de área que el flujo ejerce sobre el lecho y las paredes del cauce y gobierna los procesos de erosión, transporte de sedimentos y estabilidad de las obras hidráulicas; desde el punto de vista físico se origina en la fricción entre el fluido y el contorno, y su magnitud depende de las características del flujo, de la geometría de la sección y de la rugosidad del material del lecho.

  Formula:

$$\tau = \gamma . R . S \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Donde:

τ: Esfuerzo cortante (N/m2)

γ: Peso específico del agua (N/m3)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente de la línea de energía (adimensional)

- **Criterio de inicio de movimiento (criterio de Shields)**

  La condición de erosión en un cauce natural se presenta cuando las fuerzas ejercidas por el flujo superan la resistencia de las partículas del lecho, umbral que define el inicio del movimiento de sedimentos y que puede desencadenar procesos de socavación, inestabilidad del cauce y afectación de las estructuras hidráulicas (criterio de Shields). Para la cuantificación del transporte de fondo asociado, la formulación de Meyer-Peter y Müller mantiene plena vigencia, con límites de aplicabilidad revisados y ampliados por la literatura reciente (33, 38).

  Formula

  $$\tau > \tau_c \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

  τ: Esfuerzo cortante del flujo (N/m2)

  τc: Esfuerzo cortante crítico del material (N/m2)

- **Cálculo del transporte de sedimentos del fondo**

  Uno de los métodos más utilizados es la fórmula de Meyer-Peter y Muller, aplicada al transporte de fondo:

  Formula

  $$q_s = 8(\tau_* - \tau_{*c})^{\frac{3}{2}}\sqrt{(s-1)gD^3} \ldots\ldots\ldots (3)$$

- **Parámetros hidráulicos asociados**

  El transporte de sedimentos está directamente

relacionado con parámetros hidráulicos del flujo:

Formula

$$\tau = y * R * S \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

- **Velocidad crítica de arrastre**

  La velocidad necesaria para movilizar partículas depende del tamaño del sedimento. Valores típicos:

  Tabla 01: Tipo de material de arrastre

Tipo de material	**Velocidad crítica (m/s)**
Arena fina	0.2 – 0.4
Arena gruesa	0.4 – 0.6
Grava	0.6 – 1.2
Enrocado	Mayor a 1.5

2.2.2.3. Estabilidad de talud

Según el IGME (14), la estabilidad de talud se refiere al equilibrio entre las fuerzas resistentes del terreno y las fuerzas actuantes que tienden a producir su desplazamiento; la presencia de pendientes pronunciadas, materiales poco cohesivos, saturación y escasa cobertura vegetal reduce dicho equilibrio e incrementa el riesgo de deslizamiento o colapso de la margen.

2.2.2.4. Profundidad de socavación

El MTC (17) indica que la profundidad de socavación es el descenso del nivel del lecho producido por la acción erosiva del flujo, parámetro que define la estabilidad del talud, la profundidad de cimentación de la protección y el riesgo de falla de la estructura; en la presente investigación, la estimación definitiva de la socavación general se efectúa mediante el método de Lischtvan-Levediev para suelos granulares no cohesivos, de uso extendido en el país.



Figura 06: Estructura afectada por socavación puente Cuycua en Chalhuanca
Fuente: Noticias Yo Abancay

Tipos de Socavación:

- Socavación general: Es la degradación progresiva del lecho a lo largo de un tramo del río, asociada a cambios en el régimen hidráulico o en el transporte de sedimentos. (13)

  Formula:

  $$dS = K \,.\, y \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

- Socavación por contracción: Ocurre cuando se reduce el ancho efectivo del cauce (por obras o condiciones naturales), aumentando la velocidad del flujo y su capacidad erosiva.
- Socavación local: Se presenta en torno a estructuras (pilas, estribos, diques), donde se generan vórtices y turbulencias que intensifican la erosión en zonas específicas.

  Formula: Profundidad de socavación

  $d_S = K \,.\, V2$……..(6)

  Donde:

  d_S: Profundidad de socavación (m)

  V: Velocidad de flujo (m/s)

  K: Coeficiente empírico

2.2.2.5. Estado de la ribera

La ANA (2) señala que el estado de la ribera describe la condición física de la franja de contacto entre el cauce y el

terreno adyacente, valorada a partir de la integridad del talud, de la cobertura vegetal y de la evidencia de procesos erosivos; su clasificación (bueno, regular, malo) integra la matriz de vulnerabilidad que orienta la priorización de la intervención.

2.2.2.6. Río

Según Rocha (15), los ríos son cuerpos de agua dulce que fluyen por gravedad a lo largo de un cauce natural, transportando agua y sedimentos desde las zonas altas de la cuenca hacia su desembocadura; su comportamiento resulta de la interacción entre el caudal, la pendiente, la carga sólida y la resistencia del contorno.



Figura 07: Río Lucre
Fuente: Elaboración propia

2.2.2.7. Ríos y dinámica fluvial

Rocha (15) explica que la dinámica fluvial comprende los procesos de erosión, transporte y sedimentación mediante los cuales el río modela continuamente su cauce; en consecuencia, las márgenes constituyen elementos móviles cuyo retroceso o avance responde al balance entre la capacidad de arrastre del flujo y la resistencia del material, de modo que toda obra de defensa debe concebirse dentro de esta lógica de equilibrio dinámico.

Como se ha mencionado anteriormente, el caudal cambia

con el paso del tiempo (a través de los meses, debido a las estaciones, de un año a otro, tras una lluvia, etc.), y también varía en distintas partes a lo largo de su trayecto (dependiendo de la forma y área de la sección del río...).

El caudal de una cuenca determinada está determinado, en gran medida, por el clima (precipitaciones y evaporación), la vegetación (intercepción y transpiración) y el suelo (capacidad de infiltración y almacenamiento). A lo largo de su recorrido, el caudal va incrementándose de manera gradual desde su origen hasta su desembocadura, debido a las contribuciones de aguas tanto superficiales como subterráneas.

2.2.2.8. Topografía

El IGN (16) define la topografía como la ciencia que mide distancias, elevaciones y ángulos sobre la superficie terrestre para representar su configuración; en el diseño de defensas ribereñas proporciona la geometría del cauce y de las márgenes sobre la cual se desarrollan los cálculos hidráulicos y el emplazamiento de la obra.



Figura 08: Topografía
Fuente: Instituto ICI

- **Tipo de pendiente**

  El tipo de pendiente corresponde a la inclinación del terreno respecto de la horizontal y se clasifica en suave, moderada y pronunciada (16).

- **Elevación del terreno**

  La elevación se refiere a la altura de un punto de la superficie respecto del nivel de referencia adoptado (16).

- **Perfil del terreno**

  El perfil de terreno es la representación de la variación altimétrica a lo largo de un alineamiento, que en el presente estudio se materializa en el perfil longitudinal del tramo km 6+000 – km 6+700 (16).

2.2.2.9. Características del suelo

Según la FAO (20), el suelo está constituido por agua, aire, materia mineral y materia orgánica, cuya proporción determina su comportamiento mecánico e hidráulico; en el diseño de defensas ribereñas interesan especialmente la resistencia, la permeabilidad y la susceptibilidad a la erosión del material de fundación.

Se trata de una delgada capa que se ha creado a lo largo de los siglos, mediante la descomposición de las rocas superficiales por el viento, las variaciones térmicas y el agua. Los organismos microscópicos descomponen las plantas y los animales que nacen y mueren en el suelo y sobre él, convirtiéndolos en materia orgánica e integrándolos al terreno.

2.2.2.10. Tipo de suelo

La FAO (20) indica que el tipo de suelo se refiere a la clasificación del material según su granulometría y plasticidad; los cauces fluviales están conformados típicamente por depósitos aluviales granulares —gravas,

arenas y limos— transportados por el agua, cuya identificación en el presente estudio se efectúa conforme al sistema SUCS previsto en la Norma E.050. La clasificación se realiza mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), conforme a la Norma Técnica E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones y a la Norma Técnica Peruana NTP 339.134.

2.2.2.11. Granulometría del suelo

El MTC (17) señala que la granulometría describe la distribución de tamaños de las partículas del suelo y se determina mediante el análisis por tamizado; en el diseño del enrocado gobierna la estimación de la socavación (a través del diámetro medio Dm), el dimensionamiento del filtro y la verificación del inicio de movimiento del lecho.



Figura 09: Granulometría del suelo
Fuente: Geode Laboratorio

2.2.2.12. Permeabilidad del suelo

Según la FAO (20), la permeabilidad es la propiedad del suelo de permitir el paso del agua a través de sus vacíos; en las defensas ribereñas condiciona el régimen de presiones intersticiales del talud y, en consecuencia, el diseño del

sistema de filtro y drenaje de la estructura.

2.2.2.13. Capacidad portante del suelo

El SGM (21) define la capacidad de carga como la aptitud del suelo para soportar las solicitaciones transmitidas por una estructura sin experimentar falla por corte ni asentamientos excesivos; su verificación se efectúa mediante la formulación clásica de capacidad portante, con el factor de seguridad prescrito por la Norma E.050. En el marco nacional, la verificación se efectúa conforme a la Norma Técnica E.050 «Suelos y Cimentaciones» del Reglamento Nacional de Edificaciones, que prescribe el número mínimo de exploraciones, los ensayos de laboratorio y el factor de seguridad aplicable.

Si la capacidad de soporte es insuficiente, existen dos maneras de mejorar el terreno: aumentando su área para distribuir la carga o mejorándolo. Esto permitirá que la tensión aplicada al suelo disminuya a un valor inferior a su capacidad portante, lo cual es aceptable.

Formula:

$$q_d = i_q * \gamma_1 * D_f * N_q + 0.5\, S_\gamma * i_\gamma * \gamma_2\, B' N_y \ldots\ldots (7)$$

Donde:

q_d: Capacidad de carga.

i_q: Coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la sobrecarga ($\gamma\ Df$).

γ_1 : Peso unitario volumétrico de suelo ubicado sobre el nivel de cimentación.

γ_{Df} : Sobrecarga.

Nq: Coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la sobrecarga ($\gamma\ D_f$).

s_γ: Coeficiente de corrección por la forma de la cimentación

2.2.2.14. Estudio Hidrológico

Según la ANA (2), el estudio hidrológico es el análisis del comportamiento del agua en la cuenca —precipitación, escorrentía, caudales y frecuencia de eventos extremos— a partir de registros climáticos e hidrométricos y de las características físicas del territorio; su importancia en los proyectos de ingeniería hidráulica radica en que proporciona el caudal de diseño y la predicción del comportamiento del río, insumos del dimensionamiento de estructuras como defensas fluviales, puentes o canales.

2.2.2.15. Caudal de diseño

El MTC (17) establece que el caudal de diseño es la magnitud de flujo adoptada para el dimensionamiento de una obra hidráulica, correspondiente al volumen máximo que el cauce puede conducir durante un evento asociado a un periodo de retorno predeterminado; su estimación emplea variables hidrológicas como la escorrentía, la precipitación y los registros de caudales históricos. En el ordenamiento peruano, su determinación se sujeta al «Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje» del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobado por Resolución Directoral N.° 20-2011-MTC/14, que fija los criterios de análisis de frecuencia, la selección del periodo de retorno según el riesgo admisible y la vida útil de la obra —para defensas ribereñas, n = 40 años— (17).

Formula:

$$Q = A * V \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

2.2.2.16. Radio Hidráulico

El radio hidráulico es el parámetro hidráulico que relaciona el área de flujo de un canal abierto con su perímetro mojado (17), y se define matemáticamente como:

Formula:

$$R_h = \frac{A}{P} \text{.....(9)}$$

2.2.2.17. Número de Froude

El número de Froude es un parámetro adimensional que clasifica el régimen de flujo en canales abiertos como la relación entre la velocidad media y la celeridad de las ondas superficiales; cuando Fr < 1 el flujo es subcrítico, cuando Fr = 1 es crítico y cuando Fr > 1 es supercrítico (15).

Cuando Fr < 1 el flujo es subcrítico, Fr = 1 crítico y Fr > 1 supercrítico (15).

Formula:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g * y}} \text{.....(10)}$$

Donde: _ Fr: número de Froude

V: velocidad (m/s)

y: tirante hidráulico (m)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s2)

2.2.2.18. Energía específica

La energía específica en un canal abierto se define como la energía por unidad de peso del agua referida al fondo del canal, igual a la suma del tirante hidráulico y de la carga de velocidad del flujo (15).

Formula:

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \text{.....(11)}$$

Donde:

y: Es el tirante hidráulico o profundidad del flujo (m)

v: Es la velocidad media del flujo (m/s)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s2)

2.2.2.19. Pendiente hidráulica

La pendiente hidráulica representa la variación de la carga

hidráulica por unidad de longitud en la dirección del flujo; en condiciones de flujo uniforme coincide con la pendiente del fondo y con la de la línea de energía, y expresa la pérdida de energía por fricción con el lecho y las paredes del cauce, factor determinante de la velocidad y, por tanto, de los procesos de erosión y transporte de sedimentos (15). Formula:

$$S = \frac{\Delta h}{L} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

Donde: S: Pendiente hidráulica (adimensional)

Δh: Pérdida de carga hidráulica (m)

L: Longitud del tramo considerado (m)

- **Relación con la ecuación de Manning**

  En flujo uniforme, la pendiente hidráulica es equivalente a la

  pendiente de energía utilizada en la ecuación de Manning:

  Ecuación 7: Velocidad media del flujo

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} * S^{\frac{1}{2}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

  Donde:

  V: Velocidad media del flujo (m/s)

  n: Coeficiente de rugosidad de Manning

  R: Radio hidráulico (m)

  S: Pendiente hidráulica (adimensional)

2.2.2.20. Precipitación máxima

Según el SENAMHI (22), la precipitación máxima corresponde a la mayor lámina de lluvia registrada en un intervalo determinado (una hora, un día o una tormenta); su análisis de frecuencia permite asociar magnitudes de precipitación a periodos de retorno y constituye, junto con los registros de caudales, la base del estudio hidrológico de

diseño.

2.2.2.21. Velocidad de flujo

Según el SGM (21), la velocidad de flujo es la rapidez con que el agua se desplaza a lo largo del cauce; gobierna la capacidad de arrastre de la corriente y, en consecuencia, el tamaño de roca requerido para la protección, por lo que constituye la variable de entrada crítica del diseño del enrocado.

2.2.2.22. Hidrología aplicada al diseño de ríos

Según el SENAMHI (22), la hidrología aplicada permite trasladar el conocimiento del régimen de la cuenca al diseño de las obras fluviales, por cuanto vincula la precipitación, la escorrentía y los caudales extremos con las solicitaciones que la estructura deberá resistir a lo largo de su vida útil.

2.2.2.23. Ciclo hidrológico

Según Maidment (23), el ciclo hidrológico describe la circulación continua del agua entre la atmósfera, la superficie y el subsuelo mediante los procesos de evaporación, condensación, precipitación, infiltración y escorrentía; su comprensión permite anticipar los periodos de mayor disponibilidad y exceso hídrico que incrementan el riesgo de erosión y desbordes.

En el ámbito del diseño de defensas ribereñas, el conocimiento del ciclo hidrológico permitirá anticipar las variaciones del caudal del río Lucre, especialmente durante periodos de lluvias intensas, cuando se incrementará el riesgo de erosión y desbordes.

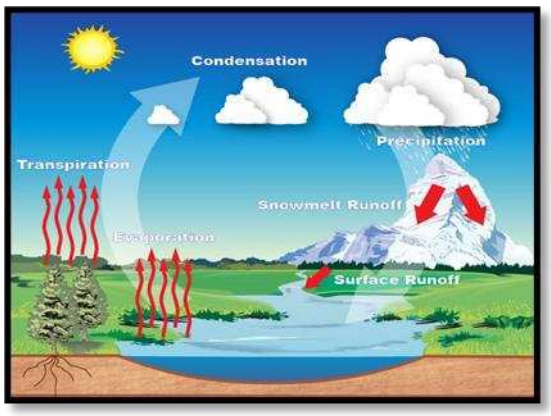


Figura 10: Ciclo Hidrológico del Agua
Fuente: Instituto de ciencias de la atmosfera

2.2.2.24. Importancia de la hidrología en el diseño del enrocado

La Federal Highway Administration (24) subraya que la hidrología proporciona la magnitud y la frecuencia de los eventos de diseño que gobiernan el dimensionamiento del enrocado; una estimación deficiente del caudal conduce a subdimensionar el tamaño de roca y la profundidad de la protección del pie, causas frecuentes de falla de los revestimientos.

2.2.3 Diseño hidráulico

El MTC (17) establece que el diseño hidráulico del enrocado define, a partir de las condiciones reales del flujo, la geometría de la sección de defensa —altura, talud y ancho de corona— de manera que la estructura conduzca la avenida de diseño con borde libre suficiente y sin comprometer su estabilidad. El procedimiento se desarrolla conforme al capítulo de hidráulica fluvial y socavación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC (R.D. N.° 20-2011-MTC/14), que adopta el método de Lischtvan-Levediev para la socavación general en cauces aluviales (17).

2.2.3.1. Altura de la defensa ribereña

Según la ANA (2), la altura de la defensa ribereña es la dimensión vertical de la estructura medida desde el nivel de cimentación hasta la corona, determinada como la suma del tirante de diseño y del borde libre, este último función de la carga de velocidad del flujo.

2.2.3.2. Talud del enrocado

La ANA (2) indica que el talud del enrocado es la inclinación de la cara de la estructura expuesta al flujo, expresada como relación vertical-horizontal; taludes más tendidos incrementan la estabilidad de las rocas frente al arrastre, y su verificación al deslizamiento se efectúa mediante el factor de seguridad correspondiente.

- **Estabilidad de talud**

  Dada la extraordinaria variedad de factores y de procesos que pueden ser causantes del origen de los deslizamientos, como regla general, la estabilidad de los taludes no puede determinarse por medio de análisis teóricos. En la práctica, los cálculos de estabilidad sirven para volver a proyectar taludes que se han derrumbado, o bien para determinar, antes de iniciar la obra, los ángulos de talud adecuados a los requerimientos de seguridad especificados.

  Formula:

$$FS_S = \frac{C' + \sigma' * Tan\theta'}{C' + \sigma' * \tan\theta\, d} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

2.2.3.3. Ancho de corona

Para el MTC (17), el ancho de corona es la dimensión horizontal de la parte superior del dique; debe permitir el tránsito de la maquinaria de construcción y mantenimiento, por lo que usualmente se adopta entre valores mínimos constructivos y los requeridos por la operación del equipo de

compactación.

2.2.4 Diseño del enrocado

Para la ANA (2), el diseño del enrocado es el proceso técnico mediante el cual se determinan el tamaño de la roca, el espesor de la capa, la geometría de la uña y el sistema de filtro, sobre la base de los parámetros hidráulicos y geotécnicos del sitio, con el propósito de garantizar la estabilidad de la protección durante su vida útil.

2.2.4.1 Tamaño de la roca

Según Chow (25), el diámetro medio de roca (D50) es el parámetro central del diseño, por cuanto define la resistencia de la coraza frente al esfuerzo tractivo del flujo; su determinación se efectúa mediante formulaciones empíricas función de la velocidad y del tirante del flujo de diseño.

Formula:

$$D_{50} = \frac{V^2}{K * (S_s - 1) * g} \dots\dots\dots\dots\dots (15)$$

Donde:

D_{50}: Tamaño medio de la roca

V: Velocidad del flujo

S_s: Gravedad específica del material

g: Aceleración de la gravedad

K: Coeficiente considera la condición hidráulica

- **Espesor de enrocado**

  Formula:

  $$e = 1.5\ D_{50} \dots\dots\dots\dots\dots . (16)$$

  Diseño de filtros

  En esta sección se tratará acerca del filtro de material granular, el cual se coloca como un "cama de apoyo" entre el material base y el enrocado, es una grava que previene el flujo a través de los intersticios del enrocado. La función del filtro es no

permitir la migración de finos del material subyacente (material base) ni pasar a través de la capa superior (enrocado), para asegurar esto, se deben cumplir las siguientes relaciones: (12)

Formula:

$$\frac{d_{15(filtro)}}{d_{85(base)}} < 5 < \frac{d_{15(filtro)}}{d_{85(base)}} < 40\frac{d_{50f}}{d_{50b}} \ldots\ldots\ldots (17)$$

Además:

$$\frac{d_{50(filtro)}}{d_{50(base)}} < 40 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (18)$$

2.2.4.2 Espesor del enrocado

Para el MTC (17), el espesor del enrocado es la distancia normal al talud ocupada por la capa de rocas, y se adopta en función del diámetro medio de diseño conforme al criterio usual e = 1.5·D50.

2.2.4.3 Profundidad de uña

El MTC (17) indica que la profundidad de uña es la dimensión vertical de empotramiento del pie de la estructura por debajo del nivel del lecho, la cual debe exceder la profundidad de socavación de cálculo afectada por un factor de seguridad, a fin de impedir el descalce de la protección.

2.2.4.4 Ancho de uña del enrocado

Según la ANA (2), el ancho de uña es la dimensión horizontal de la base de empotramiento; proporciona la masa y el apoyo necesarios para que el pie de la estructura conserve su posición ante la socavación y el empuje del flujo.

2.2.4.5 Aplicación del diseño del enrocado a la defensa ribereña

La aplicación del enrocado a la defensa ribereña articula los parámetros de diseño en un sistema estructural integral

orientado a proteger la margen frente a la erosión lateral y el desborde: la coraza de roca resiste la acción tractiva del flujo, la uña de cimentación impide el descalce del pie, el sistema de filtro asegura la estabilidad interna y el borde libre controla el riesgo de rebase, de modo que cada componente cumple una función específica dentro del conjunto.

2.2.4.6 Materiales utilizados en el enrocado

Según el MTC (17), los materiales del enrocado comprenden la roca de coraza, el material granular de filtro o transición y, cuando corresponde, el geotextil; todos deben satisfacer requisitos de calidad, durabilidad y gradación verificables en obra.

2.2.4.7 Piedra para enrocado

El INDECI (26) recomienda emplear piedras sanas, densas y resistentes a la abrasión y a la intemperie, de forma preferentemente angulosa para favorecer la trabazón entre fragmentos, y con peso específico suficiente para resistir el arrastre del flujo de diseño. Los requisitos de calidad de la roca —peso específico, absorción, abrasión Los Ángeles y durabilidad al sulfato— se verifican conforme a las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 del MTC, aprobadas por Resolución Directoral N.° 22-2013-MTC/14.

2.2.4.8 Material de filtro

El material de filtro se dispone entre el suelo natural y el enrocado con una doble función: retener las partículas finas de la base, impidiendo su migración a través de los vacíos de la coraza por efecto del flujo y de las fluctuaciones del nivel del agua, y permitir el drenaje del talud aliviando las presiones intersticiales; en consecuencia, su correcta gradación garantiza la

integridad de la cubierta de la ribera a largo plazo (26).

2.2.4.9 Capa de transición

La capa de transición se interpone entre el filtro y la coraza cuando existe una diferencia considerable entre los tamaños de partícula de ambos, por cuanto compatibiliza granulométricamente el sistema, distribuye adecuadamente las cargas y evita la pérdida de material fino a través de los vacíos del enrocado (27).

2.2.4.10 Geotextil (cuando sea necesario)

Según el INVIAS (27), cuando las condiciones del suelo de fundación no permiten conformar un filtro granular estrictamente gradado, el geotextil no tejido constituye una alternativa eficaz de retención y drenaje, siempre que se especifiquen su gramaje, su resistencia y su correcta colocación y traslape.

2.2.4.11 Criterios de selección de los materiales

La selección de los materiales del enrocado se rige por criterios técnicos, constructivos y ambientales concurrentes —resistencia, durabilidad, gradación y disponibilidad-economía—, cuya verificación conjunta asegura que la protección de la ribera se desempeñe adecuadamente durante toda su vida útil.

2.2.4.12 Criterio de resistencia

Conforme al criterio de resistencia, los materiales se seleccionan por su capacidad de soportar el impacto, la abrasión y el desgaste generados por el flujo continuo del río y por el transporte de sedimentos, de manera que la coraza conserve su integridad frente a las solicitaciones hidráulicas de diseño (17).

- **Deslizamiento:** la falla por deslizamiento se produce cuando las fuerzas horizontales actuantes —principalmente el empuje hidráulico y el peso del agua— superan la resistencia al corte movilizable

en la base de la estructura; su verificación exige que el factor de seguridad correspondiente satisfaga el mínimo normativo (17).

Formula:

$$FS = \frac{Fuerza\ resistentes}{Fuerzas\ actuantes} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (19)$$

En dicha verificación, las fuerzas resistentes provienen de la fricción y la cohesión del suelo de fundación, mientras que las fuerzas actuantes corresponden a los empujes hidráulicos y a las cargas externas; complementariamente, la estabilidad al volteo se comprueba comparando los momentos resistentes con los momentos volcantes respecto del pie de la estructura.

$$FS \geq 1.5 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots . (20)$$

Volteo:

$$FS = \frac{Momentos\ estabilizadores}{Momentos\ volcantes} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (21)$$

Para garantizar la estabilidad:

$$FS \geq 2.0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots . (22)$$

2.2.4.13 Criterio de durabilidad

El criterio de durabilidad evalúa la respuesta del material frente a los ciclos de humedecimiento y secado, al intemperismo y a la desintegración física; un material durable incrementa la vida útil de la estructura y reduce las necesidades de mantenimiento correctivo.

2.2.4.14 Criterio granulométrico

El criterio granulométrico exige optimizar la gradación del material para las condiciones hidráulicas del sitio, dado que una distribución adecuada de tamaños promueve el entrelazamiento entre fragmentos, reduce los vacíos de la coraza y mejora la estabilidad del conjunto frente al arrastre (12).

2.2.4.15 Criterio de disponibilidad y economía

El criterio de disponibilidad y economía prioriza el empleo de materiales de canteras próximas que satisfagan los requisitos técnicos, por cuanto el transporte de la roca constituye el componente dominante del costo del enrocado; esta decisión reduce los plazos y el costo total de la obra sin comprometer su calidad.

2.2.5 Criterio ambiental

En el plano ambiental, la selección de materiales minimiza los impactos sobre el entorno, evitando la explotación indiscriminada de canteras, respetando la dinámica natural del río y conservando, en lo posible, la vegetación ribereña que complementa la protección estructural.

2.2.6 Vida útil de las defensas ribereñas

Según la ANA (2), la vida útil de una defensa ribereña corresponde al periodo durante el cual la estructura cumple su función de protección con un mantenimiento razonable; su definición condiciona el periodo de retorno del caudal de diseño y los requisitos de durabilidad de los materiales. Asimismo, el emplazamiento de la obra debe respetar la faja marginal del cauce, delimitada conforme a la Ley de Recursos Hídricos, Ley N.° 29338, su Reglamento y el «Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales» aprobado por Resolución Jefatural N.° 332-2016-ANA (2).

2.2.7 Mantenimiento de defensas ribereñas

El MTC (17) precisa que el mantenimiento comprende las actividades periódicas de inspección, reposición de rocas desplazadas, limpieza del cauce y control de la vegetación, cuya ejecución oportuna —en particular después de cada avenida importante— preserva la capacidad de protección de la estructura.

2.3 Hipótesis

En el presente trabajo de investigación no se formula hipótesis, por corresponder al nivel descriptivo. Según Bernal (30), el nivel descriptivo no contiene hipótesis porque reseña, narra, describe o identifica hechos, situaciones y características del objeto de estudio, sin proponer explicaciones causales de los fenómenos observados.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada con enfoque mixto, por cuanto integró los componentes cuantitativo y cualitativo para alcanzar una comprensión completa de la problemática: el componente cuantitativo permitió recopilar y procesar los datos numéricos hidráulicos, geotécnicos y geométricos requeridos por el diseño del enrocado, mientras que el componente cualitativo sustentó la descripción e interpretación de las condiciones del área de estudio mediante la observación directa y la evaluación técnica de campo; la integración de ambos enfoques fundamentó el diseño del enrocado como alternativa de mejora de la defensa ribereña del margen izquierdo del río Lucre. Según Hernández Sampieri (31), la investigación mixta integra de manera sistemática los enfoques cualitativo y cuantitativo dentro de un mismo estudio, con el propósito de contrastar y complementar los resultados y obtener una comprensión más completa del problema.

3.1.2. Nivel de investigación

El estudio correspondió al nivel descriptivo, dado que se orientó a detallar y caracterizar las condiciones hidráulicas y geomorfológicas del río Lucre, así como los factores que gobiernan la estabilidad de la ribera, con el propósito de establecer los parámetros técnicos del diseño del enrocado. Conforme a Hernández Sampieri (31), los estudios descriptivos tienen la finalidad de especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades o de cualquier fenómeno sometido a análisis, recolectando información de manera independiente o conjunta sobre las variables consideradas.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño fue no experimental y de corte transversal, por cuanto las variables no fueron manipuladas deliberadamente, sino observadas y medidas tal como se presentan en su contexto natural, y la

información se recolectó en un único periodo. Según Hernández Sampieri et al. (31), el diseño no experimental analiza las variables sin manipulación intencional, y el corte transversal implica que los datos se recogen y analizan en un momento determinado. El esquema del diseño es el descriptivo simple M → O, donde M representa la muestra (margen izquierdo del río Lucre, tramo km 6+000 – km 6+700, distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026) y O la observación y medición de las variables de estudio (diseño del enrocado y mejoramiento de la defensa ribereña).



Donde:

Mi: Defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, comunidad Lucre, distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.

Xi: Diseño del enrocado en el río Lucre, distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.

Oi: Resultados obtenidos del diseño.

Yi: Mejora de defensa ribereña.

3.2. Población

3.2.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por el margen izquierdo del río Lucre, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac. Según López (32), la población es el conjunto finito o infinito de personas u objetos con características comunes acerca de las cuales se desea conocer algo en una investigación y a las cuales se extienden las conclusiones.

3.2.2. **Muestra**

La muestra estuvo conformada por el margen izquierdo del río Lucre, tramo km 6+000 – km 6+700, seleccionado mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, en atención a que dicho sector presenta el mayor grado de vulnerabilidad frente a los procesos de erosión ribereña; el tramo constituye la unidad de análisis sobre la cual se desarrollan los estudios hidrológicos, hidráulicos y el diseño del enrocado. Como indica López (32), la muestra permite observar una porción reducida de unidades y obtener conclusiones semejantes a las que se lograrían del estudio del universo completo.

3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 02: Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: DISEÑO DE ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA, EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026					
VARIABLE	**DEFINICIÓN OPERATIVA**	**DIMENSIONES**	**INDICADORES**	**ESCALA DE MEDICIÓN**	**CATEGORÍAS O VALORACIÓN**
Variable 1 Diseño del enrocado	El diseño del enrocado para la protección ribereña se evaluó analizando sus características geométricas y técnicas a partir de los parámetros topográficos, hidrológicos, geotécnicos e hidráulicos del área. La medición abarcó variables como pendiente, elevación, perfil del terreno, precipitación máxima, caudal de diseño, velocidad del flujo, tipo de suelo y granulometría, así como la geometría de la estructura (altura, talud, ancho de corona, dimensión de roca, espesor y dimensiones de la uña). La información se recabó mediante observación directa, análisis documental y cálculos hidráulicos simplificados, consolidándose en una ficha de observación técnica para confirmar la viabilidad del proyecto	Identificación de zonas vulnerables	Nivel de erosión de talud	Ordinal	Bajo, Medio, Alto
			Estabilidad de talud	Ordinal	Estable, moderadamente estable, inestable
			Profundidad de socavación	Ordinal	Baja, Media, Alta
			Estado de la ribera	Ordinal	Bueno, regular, malo
		Topografía	Tipo de pendiente	Ordinal	Suave, moderada, pronunciada
			Elevación del terreno	Ordinal	Baja, media, alta
			Perfil del terreno	Ordinal	Regular o uniforme, Irregular moderado, Muy irregular
		Características del suelo	Tipo de suelo	Ordinal	Adecuado, Medianamente adecuado, No adecuado
			Capacidad portante del suelo	Ordinal	Bajo, Medio, Alto
			Granulometría del suelo	Ordinal	Bajo, Medio, Alto
		Estudio Hidrológico	Caudal de diseño	Razón	m^3/s
			Precipitación máxima	Razón	mm
			Velocidad de flujo	Razón	m/s
		Diseño hidráulico	Altura de la defensa ribereña	Razón	m
			Talud del enrocado	Intervalo	1:1.5 – 1:2
			Ancho de corona	Intervalo	1m – 3m
		Diseño del enrocado	Tamaño de la roca	Intervalo	30 – 60 cm

			Espesor del enrocado	Intervalo	1 – 1.5 m
			Profundidad de uña	Razón	m
			Ancho de uña del enrocado	Intervalo	1.00 m – 2.5 m
Variable 2 Mejoramiento de la defensa ribereña	El mejoramiento de la defensa ribereña se evaluó mediante la percepción de la población del centro poblado de Lucre respecto a las condiciones de protección de las márgenes del río frente a los procesos de erosión e inundación. La información se obtuvo mediante la aplicación de una encuesta estructurada dirigida a los pobladores del área de estudio. La medición de la variable se realizó mediante indicadores sobre la protección fluvial, la disminución del riesgo de inundación, la estabilidad de las riberas y la seguridad de las viviendas colindantes. Tras registrar, procesar y analizar la información obtenida, se determinó el grado de mejora de la defensa ribereña en el área evaluada.	Percepción social	Opinión de los encuestados	Nominal	Bueno/ Regular/ Malo

Fuente: Elaboración propia (2026)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se emplearon las técnicas de observación directa y de encuesta, las cuales permitieron recopilar información confiable y pertinente para el diseño del enrocado en el tramo de estudio: la primera sustentó el levantamiento de las condiciones físicas del cauce y de sus márgenes, mientras que la segunda registró la percepción de la población respecto del mejoramiento de la defensa ribereña. Según Tamayo (33), la técnica de la encuesta se utiliza para recolectar datos en la investigación científica y consiste en obtener información de un grupo de personas con el fin de alcanzar el objetivo del estudio.

Según, Tamayo (33), nos dice que "la técnica de la encuesta se utiliza para recolectar datos en un trabajo de investigación científica e implica obtener información de un grupo de personas lo que va a permitir al investigador alcanzar el objetivo de tu estudio".

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos empleados fueron la ficha técnica de observación y el cuestionario de encuesta. La ficha técnica registró las características topográficas, hidrológicas, geotécnicas e hidráulicas del área, así como la geometría del cauce —ancho, profundidad, pendiente, configuración del talud y características del lecho—, información que sustentó el análisis y el dimensionamiento del enrocado; por su parte, el cuestionario se aplicó a los pobladores del área de estudio para conocer su percepción sobre la protección de las márgenes, la reducción del riesgo de inundación, la estabilidad del cauce y la seguridad de las viviendas próximas. Según Tamayo (33), los instrumentos de recolección tienen el propósito de obtener información mediante procedimientos sistemáticos y verificables.

Según, Tamayo (33), Se indica que los instrumentos de recolección de datos tienen el propósito de obtener información a través de varios métodos.

3.5. Método de análisis de datos

El análisis de datos se desarrolló mediante procedimientos técnicos, hidráulicos y geotécnicos propios de la ingeniería civil, con la finalidad de evaluar la estabilidad y la eficiencia del diseño propuesto. En primer término, la información de las encuestas se organizó en una base de datos en Microsoft Excel y se tabuló para determinar las frecuencias y porcentajes de respuesta de cada indicador de la variable mejoramiento de la defensa ribereña, resultados que se presentaron mediante tablas y gráficos estadísticos. Seguidamente, los datos de las variables técnicas parámetros topográficos, hidrológicos, hidráulicos y geotécnicos, se procesaron mediante cálculos de ingeniería hidráulica conforme a los criterios de los manuales y de la literatura especializada, con lo cual se determinaron las dimensiones y características del enrocado. Finalmente, los resultados se analizaron de manera descriptiva, contrastando la situación actual de la defensa ribereña con la propuesta de diseño, a fin de valorar su aporte a la estabilidad de las márgenes y a la reducción del riesgo de erosión e inundación en la zona de estudio.

3.6. Aspectos éticos

a. **Respeto y protección de los derechos de los intervinientes:** durante el desarrollo de la investigación se respetaron y protegieron los derechos de las personas y entidades vinculadas directa o indirectamente con el área de estudio, garantizando un trato digno y responsable; la información proporcionada por autoridades, pobladores e instituciones se utilizó exclusivamente con fines académicos, con resguardo de la confidencialidad y del uso adecuado de los datos.

b. **Cuidado del medio ambiente:** el trabajo de campo se limitó a actividades de observación y recolección de datos, sin efectuar modificaciones significativas en el cauce, la vegetación ribereña ni el suelo del área de estudio, de manera que se preservó el equilibrio ambiental del entorno.
c. **Libre participación por propia voluntad:** la participación de los intervinientes fue voluntaria y sin coerción alguna; se brindó información clara y oportuna sobre los objetivos, alcances y finalidad académica de la investigación, respetando en todo momento la decisión de colaborar o no en el proceso.
d. **Beneficencia y no maleficencia:** la investigación se orientó a generar beneficios para la población mediante una alternativa técnica de protección ribereña, evitando cualquier acción que pudiera ocasionar daños físicos, sociales o ambientales durante su desarrollo.
e. **Integridad y honestidad:** en todas las etapas se aseguró la veracidad y objetividad de la información recopilada, analizada y presentada; asimismo, se respetaron los derechos de autor y la propiedad intelectual mediante la correcta citación de las fuentes, evitando toda forma de plagio o manipulación de datos.
f. **Justicia:** el estudio garantizó un trato equitativo y no discriminatorio a las personas y comunidades involucradas, y los resultados se presentaron de manera imparcial, procurando que los beneficios del diseño del enrocado contribuyan al bienestar colectivo sin favorecer intereses particulares.

IV. RESULT ADOS

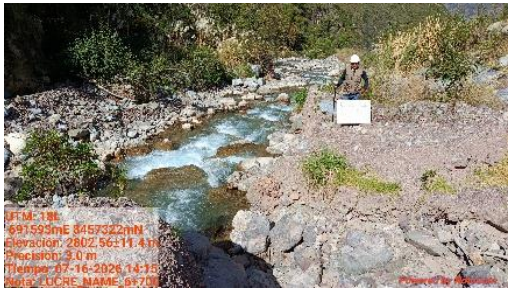
4.1 Dando respuesta a mi primer objetivo

- Identificar las zonas vulnerables de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.

Tabla 03 : Zonas vulnerables de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre.

<table>
<tr><td colspan="6">TITULO DE LA TESIS: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026</td></tr>
<tr><td colspan="6">FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES</td></tr>
<tr><td>Responsable</td><td>Eder Onton Enciso</td><td>Fecha</td><td colspan="3">16/07/2026</td></tr>
<tr><td colspan="6">INFORMACIÓN GENERAL</td></tr>
<tr><td>Nombre de río</td><td>Lucre</td><td>Margen</td><td colspan="3">Izquierdo</td></tr>
<tr><td>Centro poblado</td><td>Lucre</td><td>Distrito</td><td colspan="3">Lucre</td></tr>
<tr><td>Provincia</td><td>Aymaraes</td><td>Región</td><td colspan="3">Apurímac</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Progresiva</td><td colspan="4">INDICADORES</td><td rowspan="2">Foto</td></tr>
<tr><td>Nivel de erosión de talud</td><td>Estabilidad de talud</td><td>Profundidad de socavación</td><td>Estado de la ribera</td></tr>
<tr><td>6+000 - 6+100</td><td>Alto: Se observa erosión lateral activa, desprendimiento de material o afectación evidente de la estabilidad del talud.</td><td>Inestable: Presenta pendiente pronunciada, erosión activa, escasa cobertura vegetal o evidencia de desprendimientos.</td><td>Baja: No existe socavación o es menor a un valor previamente definido (por ejemplo, < 0.30 m).</td><td>Malo: Presenta erosión, pérdida de material o condiciones que comprometen su estabilidad.</td><td>
Identificación de zona vulnerable, progresiva 6+000-6+100</td></tr>
</table>

6+100 - 6+200	Medio: Se clasificó como alta debido a que el margen presentó material granular y presencia de rocas pequeñas, condiciones que evidenciaron vulnerabilidad frente a procesos erosivos; sin embargo, no se identificó erosión lateral activa o pérdida significativa del talud.	Moderadamente estable: Se consideró moderadamente estable porque, aunque la presencia de material granular y escasa vegetación reducen la capacidad de estabilización del terreno, se evidenciaron fallas, desprendimientos o inestabilidad severa del margen.	Baja Se asignó esta categoría debido a que no se evidenció presencia de socavación durante la inspección del tramo evaluado.	Malo: Se determinó como regular porque la ribera presentó condiciones vulnerables asociadas al material granular y la escasa cobertura vegetal, pero con daños severos o pérdida considerable de estabilidad.	 Identificación de zona vulnerable, progresiva 6+100-6+200
6+200 - 6+300	Medio: Se clasificó como medio debido a que el margen presentó material granular compuesto por suelo suelto y presencia de piedras de tamaño pequeño y mediano, condiciones que favorecen la pérdida progresiva de material por acción del flujo del río; sin embargo, no se evidenció una erosión lateral severa.	Inestable: Se determinó como inestable porque el tramo presentó suelo suelto y ausencia de vegetación, factores que reducen la capacidad de confinamiento del terreno y disminuyen la estabilidad del talud frente a procesos erosivos.	Baja: Se clasificó como baja debido a que la socavación registrada fue de 10 cm de profundidad (0.10 m), valor considerado reducido y que no representa una afectación significativa de la base del margen.	Malo: Se estableció como regular debido a que, aunque la ribera presentó condiciones vulnerables por la presencia de suelo suelto y falta de vegetación, la socavación observada fue mínima y no comprometió severamente la estabilidad del margen.	 Identificación de zona vulnerable, progresiva 6+200-6+300

6+300 - 6+400	Alto: Se clasificó como alto debido a que el flujo del agua se encontró en contacto directo con el margen del río, generando una condición favorable para la erosión lateral; además, la presencia de material suelto incrementó la susceptibilidad del talud frente a la acción del flujo.	Inestable: Se determinó como inestable debido a la presencia de material suelto y escasa vegetación, factores que redujeron la capacidad de protección y cohesión natural del margen, aumentando la posibilidad de pérdida de estabilidad.	Baja: Se consideró baja debido a que la profundidad de socavación registrada fue de 10 cm (0.10 m), valor que representó una afectación superficial del margen.	Malo: Se estableció como malo porque el contacto directo del flujo con la margen, sumado al material suelto y la poca cobertura vegetal, evidenció una condición vulnerable frente a procesos erosivos.	 Identificación de zona vulnerable, progresiva 6+300-6+400
6+400 - 6+500	Alto: Se clasificó como alto debido a que el flujo del agua se encontró en contacto directo con el borde del talud, generando un desgaste progresivo del margen y aumentando la susceptibilidad del terreno frente a procesos erosivos.	Inestable: Se determinó como inestable debido a la presencia de material suelto, el cual presenta menor resistencia frente a la acción erosiva del flujo, favoreciendo la pérdida gradual de material y la reducción de la estabilidad del margen.	Baja: Se consideró baja debido a que no se identificó una profundidad significativa de socavación durante la evaluación del tramo (manteniendo la condición registrada de ausencia o socavación superficial).	Malo: Se clasificó como malo porque la combinación de material suelto y contacto directo del agua con el talud evidencia una condición vulnerable y un proceso activo de deterioro de la margen.	 Identificación de zona vulnerable, progresiva 6+400-6+500

6+500 - 6+600	Medio: Se clasificó como medio debido a que el talud presentó suelo granular y presencia de rocas pequeñas, materiales susceptibles a ser removidos por la acción del flujo del agua; sin embargo, no se evidenció una erosión lateral activa o pérdida considerable del margen.	Moderadamente estable: Se determinó como moderadamente estable porque, aunque el material granular presenta vulnerabilidad frente a procesos erosivos, la presencia de rocas pequeñas contribuye parcialmente a la resistencia del margen, sin evidenciarse fallas o desprendimientos importantes.	Baja: Se clasificó como baja debido a que la profundidad de socavación registrada fue de 8 cm (0.08 m), representando una afectación superficial que no compromete significativamente la estabilidad del talud.	Malo: Se estableció como regular debido a que el margen presentó condiciones vulnerables por la composición granular del terreno y su facilidad de erosión, aunque sin daños severos identificados durante la inspección.	 Identificación de zona vulnerable, progresiva 6+500-6+600
6+600 - 6+700	Alto: Se clasificó como alto debido a que el talud presentó material suelto expuesto directamente a procesos erosivos, condición que facilita la pérdida progresiva de partículas por acción del flujo del río.	Inestable: Se determinó como inestable debido a la presencia de un talud pronunciado, acompañado de material suelto y escasa vegetación, factores que reducen la capacidad de protección natural y favorecen la pérdida de estabilidad del margen.	Baja: Se clasificó como baja debido a que la profundidad de socavación registrada fue de 16 cm (0.16 m), considerada una afectación superficial que no representa una socavación profunda del talud.	Malo: Se estableció como malo debido a la combinación de condiciones desfavorables como pendiente pronunciada, material expuesto a erosión y escasa cobertura vegetal, evidenciando vulnerabilidad del margen frente a la acción del agua.	 Identificación de zona vulnerable, progresiva 6+600-6+700

Fuente: Elaboración propia (2026)

Interpretación: Los resultados evidenciaron que todo el tramo km 6+000 y 6+700 presentó la clasificación general de daño alto, determinada por la concurrencia de un nivel de erosión alto, un talud inestable y un estado de la ribera malo; la socavación superficial observada durante la inspección, de 1.97 m, se mantiene en un nivel bajo y de afectación únicamente superficial, pero evidencia el inicio del mecanismo de degradación del pie de talud. Estas condiciones estuvieron asociadas a la presencia de un talud pronunciado, material suelto y escasa cobertura vegetal, factores que incrementaron la vulnerabilidad del margen izquierdo frente a los procesos erosivos; dado que la socavación esperable bajo el caudal de diseño (1.97 m) supera en un orden de magnitud a la observada, se justificó la implementación preventiva de un diseño de enrocado para mejorar la defensa ribereña.

4.2 Dando respuesta a mi segundo objetivo especifico

- Realizar el diseño del enrocado en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.

Tabla 04 : Diseño del enrocado en el margen izquierdo del río Lucre.

TITULO DE LA TESIS: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026			
FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES			
Responsable	Eder Onton Enciso	**Fecha**	16/07/2026
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de río	Lucre	**Margen**	Izquierdo
Centro poblado	Lucre	**Distrito**	Lucre
Nombre de río	Aymaraes	**Región**	Apurímac
Progresiva	6+000		6+700
Determinar el caudal de diseño			
Parámetro	**Resultado**		**Unidad**
Periodo de retorno (T)	140		años
Caudal de diseño adoptado	173.90		m3/s
Velocidad del Flujo (V)	5.46		m/s
Radio hidráulico (R)	1.24		m
Longitud del enrocado	700		m
Altura de la defensa ribereña	3.50		m
Talud del enrocado	1V : 1.5H		-
Ancho de corona	2.00		m
Espesor del enrocado	1.25		m
Diámetro de roca (D50)	0.825		m
Ancho de uña	2.50		m
Profundidad de uña	2.50		m
Tipo de roca	Granito (o la roca seleccionada en el diseño)		-
Tipo de estructura	Enrocado		-
Margen protegida	Izquierda		-
Tramo de intervención	Km 6+000 – Km 6+700		-

Fuente: Elaboración propia (2026)

Interpretación:

Del **análisis hidrológico** se puede precisar que la determinación del caudal de diseño considerando un periodo de retorno T=140 años este valor es según el riesgo admisible establecido por el MTC para obras de protección/defensa ribereña: un riesgo de falla del 25% durante una vida útil de 40 años, resultando consistentemente en 140 años.

Finalmente, la transformación lluvia-escorrentía se realizó mediante el hidrograma

unitario del SCS, implementado en el software HEC-HMS, obteniéndose un caudal máximo de avenida de **Q=173.90 m3/s para T=140 años**, adoptado como caudal de diseño para el dimensionamiento hidráulico y estructural del enrocado.

Del **análisis hidráulico** se puede aclarar que partiendo del caudal de diseño establecido en la sección anterior (Q=173.90 m³/s, T=140 años), se determinaron las condiciones hidráulicas del tramo del río Lucre correspondiente al margen izquierdo en estudio.

La **geometría del cauce** es naturalmente variable a lo largo del tramo, se adoptó una sección trapezoidal promedio representativa (Ancho b=20 m, Talud z=1.75, pendiente S=5.61%, rugosidad de Manning n=0.050, característica de un río natural con gravas, cantos rodados y vegetación ligera).

En cuanto a la **geometría del enrocado**, se aplicó el criterio empírico de bordo libre en función del caudal de diseño (coeficiente de mayoración ç=1.10, para caudales entre 100-500 m³/s), obteniéndose una altura total H=3.07 m, adoptada en 3.50 m por razones constructivas. Se definió un ancho de coronamiento mínimo de 2.00 m (dentro del rango recomendado por USACE), taludes de 1V:1.50H aguas arriba y 1V:1.00H aguas abajo, y un ancho de base de 13.75 m, conformando así la sección transversal completa de la estructura.

La protección en el pie del enrocado se dimensionó en función de la profundidad de socavación previamente estimada (ds=1.92 m), aplicando un factor de empotramiento de 1.25, lo que resultó en una profundidad de empotramiento de **2.50 m**.

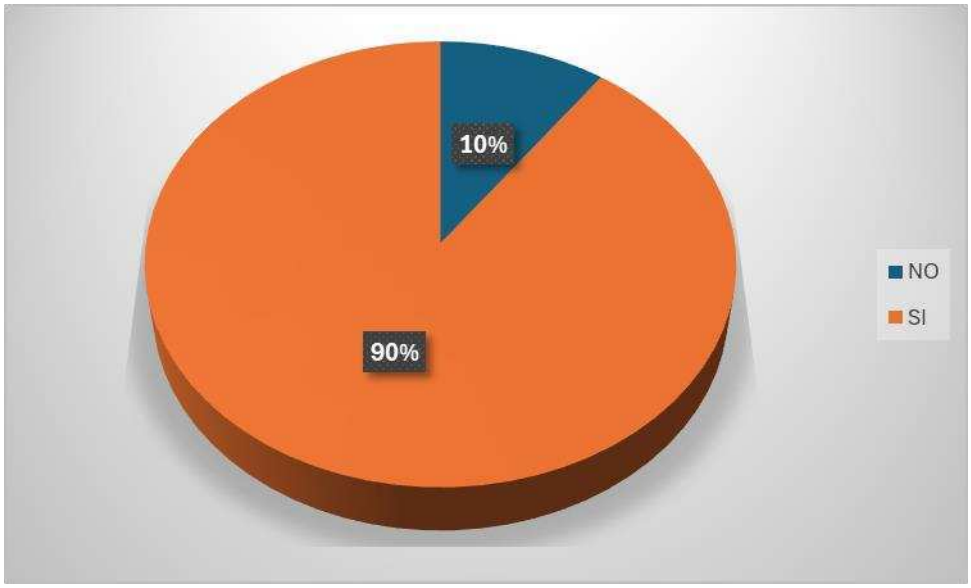
Finalmente, los resultados del estudio sirvieron de base para elaborar el diseño del enrocado destinado a proteger la margen izquierda del río Lucre en el tramo que va del km 6+000 El diseño final considera una intervención de 700 m lineales, con una altura de 3.50 m, talud 1V:1,5H, un espesor de enrocado de 1.25 m, rocas con diámetro medio de 0.80 m, una corona de 2.00 m de ancho y una cimentación tipo uña de 2.50 m por 2.50 m. Estas dimensiones fueron definidas con el fin de garantizar la estabilidad ante los esfuerzos generados por el río y minimizar los efectos erosivos sobre la orilla, consolidándose como una propuesta técnicamente viable para fortalecer la defensa ribereña en el sector evaluado.

4.3 Dando respuesta a mi tercer objetivo específico.

- Proponer la mejora de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.

  Resultado de encuestas:

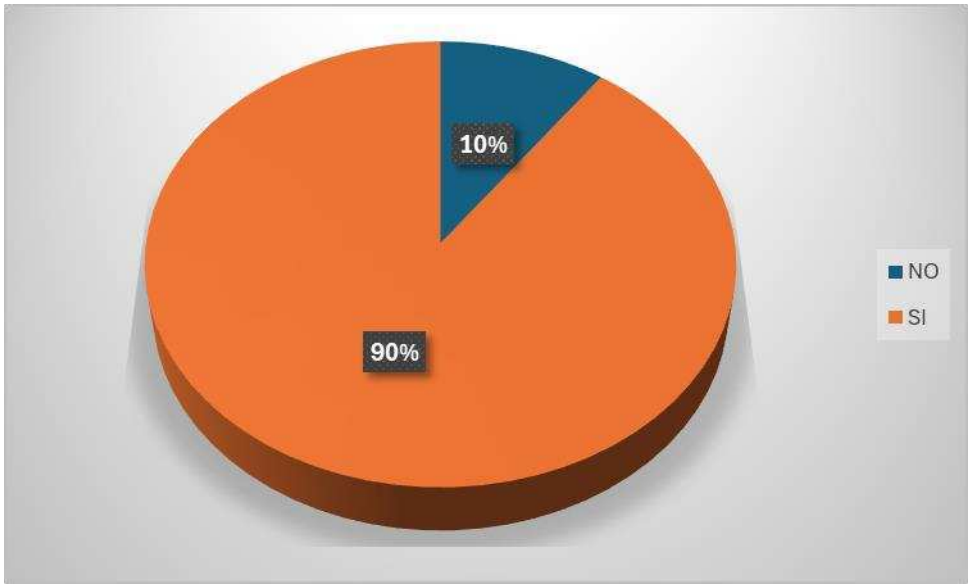
  Gráfico 01: ¿Cree Ud. que el diseño del enrocado para la defensa ribereña evitará el desborde del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?



Fuente: Elaboración propia (2026)

Interpretación: El 90 % de los pobladores encuestados estimó que el diseño del enrocado evitaría el desborde del río Lucre en el tramo comprendido entre los km 6+000 y km 6+700, resultado que evidencia una percepción mayoritariamente favorable sobre la eficacia de la propuesta para reducir el riesgo de desbordamiento y proteger la margen izquierda del cauce. En contraste, el 10 % restante manifestó reservas respecto de la suficiencia del diseño, lo que revela la existencia de una minoría con dudas sobre su efectividad; esta percepción residual refuerza la conveniencia de socializar los alcances técnicos de la obra durante su implementación.

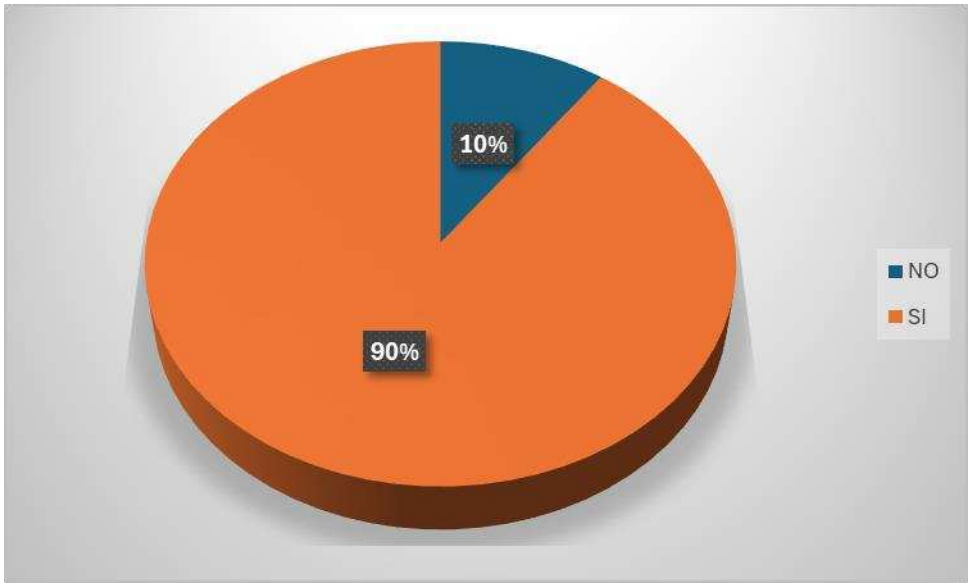
Gráfico 02: ¿Cree Ud. que, con el diseño del enrocado para la defensa ribereña, se evitará los daños a los terrenos de cultivos y a las viviendas colindantes ante el desborde del Río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?



Fuente: Elaboración propia (2026)

Interpretación: El 90 % de los encuestados consideró que el diseño del enrocado contribuiría a evitar daños en los terrenos de cultivo y en las viviendas próximas al río Lucre ante un eventual desborde, lo que refleja la confianza de la mayoría de la población en la capacidad protectora de la defensa ribereña frente a los procesos de erosión e inundación. Por el contrario, el 10% respondió negativamente, proporción que indica la persistencia de incertidumbre en un sector minoritario respecto de los beneficios del diseño para la protección de sus bienes; dicha brecha de percepción es atribuible a la ausencia histórica de intervenciones estructurales en el sector.

Gráfico 03: ¿Cree Ud. que el diseño del enrocado mejorará la defensa ribereña del Río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?



Fuente: Elaboración propia (2026)

Interpretación: El 90% de los pobladores estimó que el diseño del enrocado mejoraría la defensa ribereña del río Lucre en el tramo km 6+000 – km 6+700, lo que indica que la mayoría de la población percibe la propuesta como una alternativa adecuada para incrementar la estabilidad de la margen izquierda y reducir los efectos de la erosión fluvial. No obstante, el 10 % expresó una opinión desfavorable, proporción que evidencia que un sector de la población aún no deposita plena confianza en que el diseño logre mejorar las condiciones actuales de la defensa; en consecuencia, la validación social de la obra deberá acompañarse de mecanismos de información y participación comunitaria.

El resumen del presupuesto de diseño del enrocado para mejorar la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 – km 6+700, distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026. Se detalla de la siguiente manera.

Tabla 05. Resumen del presupuesto de diseño de enrocado

RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE DISEÑO DE ENROCADO	
DECRIPCIÓN	RESULTADOS
MODALIDAD	CONTRATA
PLAZO DE EJECUCIÓN	110 DIAS CALENDARIOS
COSTOS DIRECTOS S/.	S/ 1,866,508.00
Gastos generales (10%)	S/ 186,650.80
Utilidades (8%)	S/ 149,320.64
sub Total	S/ 2,202,479.44
I.G.V.(18%)	S/ 396,446.30
Costo de obra	S/ 2,598,925.74
Gastos de Supervisión 3%	S/ 77,967.77
TOTAL	**S/ 2,676,893.51**

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: el diseño del enrocado para mejorar la defensa ribereña presenta un presupuesto de s/ 2,676,893.51 con una modalidad de contrata en un plazo de 100 días calendarios

V. DISCUSIÓN

Respecto del **primer objetivo específico**, la evaluación de campo determinó que todo el tramo concentró la máxima clasificación de daño (alto), caracterizado por erosión intensa, talud inestable, ribera en mal estado y socavación significativa. Estas condiciones están vinculadas a la naturaleza suelta del terreno, la pendiente fuerte y la vegetación escasa, que potencian la acción erosiva del río. Este hallazgo concuerda con Huanacu y Mendoza (6), quienes demostraron que la evaluación hidrológica e hidráulica del cauce permite localizar los sectores críticos donde deben priorizarse las obras de protección. Este enfoque es consistente con el marco del CENEPRED (13), que define la vulnerabilidad como la susceptibilidad física del elemento expuesto antes de la materialización del daño, y con el IGME (14), que atribuye la inestabilidad de taludes al desequilibrio entre fuerzas resistentes y actuantes, agravado aquí por la pendiente pronunciada y la escasa cobertura vegetal. Como aporte, la investigación delimitó con precisión todo el tramo crítico

Según el **segundo objetivo específico**, realizar el diseño del enrocado en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, los resultados evidencian que el tramo presenta un caudal de diseño de 173.90 m³/s (T=140 años), una velocidad ajustada de 7.75 m/s, un esfuerzo cortante ajustado de 1374 N/m² y una profundidad de socavación de 1.92 m, clasificándose como un sector de riesgo hidráulico alto. Estas condiciones demuestran una elevada capacidad erosiva del flujo, la cual confirma que el cauce se encuentra en un estado de erosión activa severa. Por ello, fue necesario plantear el diseño de un dique enrocado de alta intensidad, con un tamaño de roca D50=0.825 m determinado mediante el criterio de Isbash, una altura de 3.50 m, un empotramiento de 2.50 m en el pie del talud, un colchón anti-socavación de 1.65 m de espesor, taludes estables de 1V:1.5H, y un sistema de filtro granular que permite controlar la erosión lateral y mejorar la estabilidad de la ribera. Asimismo, las verificaciones de estabilidad estructural (deslizamiento, volteo y socavación) confirman que la estructura propuesta cumple satisfactoriamente los tres modos de falla evaluados, evidenciando que el diseño geotécnico y el diseño hidráulico convergen consistentemente en la misma profundidad de cimentación (2.50 m), lo cual refuerza la confiabilidad del dimensionamiento final.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Cárdenas (5), quien concluyó que el diseño de obras de protección de orillas debe sustentarse en estudios hidrológicos e

hidráulicos que permitan determinar los parámetros necesarios para controlar la socavación y estabilizar las márgenes del río. Asimismo, son concordantes con la investigación desarrollada por Tuanama (7), quien determinó las dimensiones óptimas del enrocado considerando las condiciones hidráulicas del cauce, estableciendo la altura, la uña y el diámetro de roca necesarios para garantizar la estabilidad de la defensa ribereña; en el presente estudio, estos tres parámetros fueron determinados a partir de la velocidad ajustada por curvatura y la profundidad de socavación calculada, siguiendo una lógica de diseño equivalente. De igual manera, los resultados guardan relación con lo señalado por Saramo Tocto (9), quien concluyó que el diseño del enrocado constituye una alternativa adecuada para reducir los procesos de erosión, siempre que el dimensionamiento se base en parámetros hidrológicos, hidráulicos y geotécnicos obtenidos durante la evaluación del río, tal como se desarrolló en las secciones precedentes del presente estudio, donde cada parámetro de diseño (D50, altura, empotramiento) se derivó directamente de los resultados hidrológicos, hidráulicos, de erosión y geotécnicos previamente calculados.

Desde el punto de vista teórico, los resultados se sustentan en lo señalado por la Autoridad Nacional del Agua (2), que indica que el diseño del enrocado debe considerar variables como el caudal, la velocidad del flujo, la pendiente, las características del suelo y la profundidad de socavación para garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura de protección; en el presente estudio, cada una de estas variables fue determinada de manera secuencial e integrada, desde la determinación del caudal de diseño mediante modelamiento hidrológico hasta la evaluación de la magnitud de los procesos de socavación y erosión lateral. Asimismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (17) sostiene que el diseño hidráulico del enrocado debe prever las condiciones reales del flujo, definiendo el tamaño de las rocas, el espesor de la protección y la profundidad de la uña, con el propósito de evitar fallas estructurales ocasionadas por la acción erosiva del agua; criterio que se refleja en el presente diseño mediante la incorporación explícita de la velocidad ajustada por curvatura (V_{aj}=7.75 m/s) y el esfuerzo cortante ajustado (τ_{aj}=1374 N/m²) como variables de entrada para el dimensionamiento del enrocado, en lugar de emplear únicamente las condiciones hidráulicas del tramo recto.

La comparación entre los antecedentes, las bases teóricas y los resultados obtenidos

evidencia que el diseño del enrocado debe fundamentarse en parámetros hidráulicos confiables, ya que estos permiten dimensionar adecuadamente la estructura para resistir las fuerzas generadas por el flujo, disminuir la socavación y garantizar la estabilidad de la defensa ribereña. Como aporte de esta investigación, se desarrolló un diseño técnico de enrocado adaptado a las condiciones hidráulicas específicas del río Lucre, considerando un caudal de 173.90 m³/s, una velocidad ajustada de 7.75 m/s por efecto de la curvatura del cauce (Rc/b=3.75, Kb=1.42) y un riesgo hidráulico alto, proporcionando una alternativa técnicamente sustentada para mejorar la protección del margen izquierdo y reducir los procesos erosivos en el tramo comprendido entre las progresivas 6+000 y 6+700.

En el marco del **tercer objetivo específico**, proponer la mejora de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, se formuló un diseño de enrocado que contempla 700 m de longitud, 3,50 m de altura, talud 1V:1,5H, espesor mínimo de 1,25 m, diámetro de roca de 0,825 m, corona de 2,00 m de ancho y una uña de cimentación de 2,50 m × 2,50 m, con un plazo estimado de ejecución de 110 días calendario.

La viabilidad de la propuesta fue respaldada por la percepción comunitaria: el 90 % de los encuestados consideró que el diseño contribuirá a prevenir desbordes del río y a resguardar viviendas y terrenos de cultivo, mientras que el 10 % manifestó que el enrocado mejorará sustancialmente la defensa ribereña del sector.

Estos hallazgos coinciden con los reportes de Tuanama (7), quien concluyó que un enrocado con dimensiones técnicamente adecuadas representa una alternativa eficiente para el reforzamiento de la ribera y la reducción de la erosión y socavación. De igual modo, se alinean con la investigación de Saromo Tocto (9), quien determinó que el diseño sustentado en parámetros hidrológicos, hidráulicos y geotécnicos favorece la estabilidad de las orillas y protege las zonas vulnerables. Asimismo, son consistentes con los resultados de Cordova (10), quien demostró que la evaluación técnica y la implementación del enrocado mejoran notablemente la estabilidad del talud y constituyen una solución eficaz para mitigar la erosión marginal.

Desde la perspectiva teórica, los resultados se apoyan en lo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (2), que señala que el diseño del enrocado debe definir parámetros como altura, espesor, diámetro de roca, talud y profundidad de uña para

garantizar la estabilidad estructural ante la acción hidráulica. Complementariamente, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (17) sostiene que un diseño hidráulico adecuado permite disipar la energía del flujo, controlar la erosión y extender la vida útil de la defensa mediante la selección apropiada de materiales y dimensiones constructivas.

La contrastación entre antecedentes, marco teórico y resultados propios evidencia que la propuesta de mejora a través de un diseño técnico de enrocado constituye una solución viable para incrementar la estabilidad de la margen izquierda del río Lucre, atenuar la erosión y socavación, y disminuir el riesgo sobre la población, viviendas y áreas agrícolas. Como contribución original de esta investigación, se ha formulado una propuesta técnica integral, respaldada por criterios hidráulicos y geotécnicos, con una longitud de 700 m y un cronograma de 110 días calendario, brindando una solución técnicamente fundamentada para fortalecer todo el tramo en estudio.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que todo el tramo de 700 m de la margen izquierda del río Lucre concentró la mayor vulnerabilidad, al alcanzar una calificación de daño de nivel alto. Esta condición estuvo asociada a una erosión de magnitud considerable, un talud sin estabilidad, un estado deficiente de la ribera, evidenciando un riesgo erosivo significativo que fundamenta la necesidad de implementar una estructura de protección en todo el tramo.
- Se diseñó el enrocado de protección para el margen izquierdo del río Lucre (km 6+000 - km 6+700), determinándose un enrocado con roca de D50=0.825 m, altura de 3.50 m, empotramiento de 2.50 m y colchón anti-socavación mínimo de 1.65 m, dimensionado a partir de la velocidad ajustada por curvatura (Vaj=7.75 m/s) y la profundidad de socavación estimada (ds=1.92 m). Las verificaciones de estabilidad al deslizamiento, volteo y socavación confirman que la estructura cumple satisfactoriamente los tres modos de falla evaluados, constituyendo una solución técnicamente estable y adecuada para controlar los procesos de erosión activa severa ($C_a/C_c \approx 18.9$) identificados en todo el tramo.
- Como solución al problema de erosión en el margen izquierdo del río Lucre,de una longitud de 700m, se planteó la implementación de un enrocado diseñado con criterios técnicos que avalan su viabilidad para controlar la socavación y el deterioro de la ribera. La propuesta fue bien acogida por la comunidad, reflejándose en que el 90% de los encuestados cree que evitará desbordes y protegerá sus viviendas y tierras de cultivo, mientras que el 10 % confía en que mejorará sustancialmente la defensa ribereña.

VII. RECOMENDACIONES

- A partir de los resultados y del diagnóstico técnico obtenido, se determina como prioritaria la implementación del diseño de enrocado propuesto para la defensa ribereña del río Lucre (margen izquierda, progresivas 6+000 a 6+700). La singular vulnerabilidad de este sector frente a dinámicas de erosión hídrica e inundación exige una pronta ejecución con el fin de mitigar el riesgo de desastre y garantizar la seguridad territorial del distrito Lucre.
- Ejecutar el diseño del enrocado conforme a las especificaciones técnicas establecidas, considerando una longitud de 700 m, altura de 3.50 m, talud 1V:1.5H, espesor mínimo del enrocado de 1.25 m, diámetro de roca de 0.825 m, ancho de corona de 2.00 m y uña de 2.50 m × 2.50 m, incorporando un sistema de filtro y materiales de calidad que garanticen la estabilidad estructural de la defensa ribereña frente a las condiciones hidráulicas del río Lucre.

- Implementar la propuesta de mejora de la defensa ribereña mediante la construcción del enrocado diseñado, programando su ejecución en un plazo de 110 días calendario y un presupuesto de S/ 2,676,893.51 y desarrollando un adecuado control técnico durante todas las etapas constructivas, con la finalidad de reducir los procesos de erosión y socavación, fortalecer la protección de la margen izquierda del río Lucre y atender la necesidad identificada por la población respecto a la prevención de desbordes y daños a viviendas y terrenos de cultivo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ollero Alfredo. Espacio para el rio y para la inundación: Adaptación y resiliencia. Valencia 2025.Disponible en:https://doi.org/10.7203/CGUV.114-15.31754
2. Autoridad Nacional del Agua - ANA. Tratamiento de cauce para el control de inundaciones en los ríos priorizados en la AAA Jequetepeque - Zarumilla: Olmos 2016. Disponible en: https://sinia.minam.gob.pe/documentos/tratamiento-cauce-control-inundaciones-rios-priorizados-aaa
3. Méndez Álvarez CE. Metodología: diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales. 4a ed. México: Limusa; 2012 [citado el 2 de mayo de 2026]. Disponible en: https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/30068
4. Fernández Galarza L, Alarcón Loor J, Reyes Zambrano J. Análisis hidráulico de la socavación en puentes: caso de estudio puente Arturo Sandez en Girón, Ecuador. Adv Build Educ. 2025;9(1):39–50. doi:10.20868/abe.2025.1.5452
5. Cárdenas. Estudios y diseños de las obras de protección de orillas en la margen izquierda del río Cauca, sector Candelaria, distrito de riego Roldanillo–La Unión–Toro [tesis de pregrado]. Valle del Cauca, Colombia; 2022.
6. Huanacu J, Mendoza A. Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño en obras de protección contra inundaciones en proximidades del puente Bating, provincia de Caranavi [tesis de pregrado]. Caranavi, Bolivia; 2023.
7. Tuanama Carmen NP. Diseño de enrocado para mejorar la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Aspuzana del caserío Milano, distrito de Pucayacu, provincia Leoncio Prado, región Huánuco – 2024 [tesis de pregrado]. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2024 [citado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.13032/37965
8. Pablo J. Sistema de gaviones y enrocado como estructuras de defensa ribereña mediante simulación de modelo numérico computarizado en el río Supte del centro poblado Santa Rosa de Shapajilla – 2021 [tesis de pregrado]. Huánuco: Universidad de Huánuco; 2022 [citado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en: https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3774
9. Saromo Tocto JR. Diseño de defensas ribereñas para el modelamiento hidráulico del río Bella, localidad de Bella, Huánuco, 2022 [tesis de pregrado]. Huánuco: Universidad de Huánuco; 2023 [citado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en: https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/3998

10. Cordova poma, yosmelito L. Diseño de muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña en el río Antabamba, sector Masupampa, distrito de Tapayrihua, provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac – 2025 [tesis de pregrado]. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2025.
11. Alarcón Huillca, E. y Alarcón Huillca, R. Análisis fluvial y geomorfológico en la erosión del río Apurímac, para la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc-Curahuasi, 2019[tesis de pregrado]. Abancay: Universidad tecnológica de los Andes; 2022.
12. Herrera Porras E. Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023. [tesis de pregrado]. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2023.
13. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales [Internet]. Lima: CENEPRED; 2014 [citado el 5 de mayo de 2026]. Disponible en: https://www.cenepred.gob.pe
14. Instituto Geológico y Minero de España. Estabilidad de taludes [Internet]. Madrid: IGME; s.f. [citado el 5 de mayo del 2026]. Disponible en: https://info.igme.es/
15. Rocha Felices A. Introducción a la hidráulica fluvial. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería; 1998.
16. Instituto Geográfico Nacional del Perú. Conceptos básicos de cartografía y topografía [Internet]. Lima: IGN; s.f. [citado el 5 de mayo del 2026]. Disponible en: https://www.ign.gob.pe/
17. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Lima: MTC; 2011 (aprobado por R.D. N.° 20-2011-MTC/14) [citado el 5 de mayo del 2026]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manual_hidrologia_hidraulica_drenaje.pdfhttps://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manu al_hidrologia_hidraulica_drenaje.pdf
18. Colque. Evaluación del enrocado para la mejora de la defensa ribereña, Áncash [tesis de pregrado]. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2024.

19. González Galindo J. Erosión en taludes [Internet]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid; 2017 [citado el 3 de mayo del 2026]. Disponible en: https://blogs.upm.es/disfrutandogeotecnia/2017/05/16/erosion-en-taludes/

20. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Propiedades físicas del suelo [Internet]. Roma: FAO; s.f. [citado el 5 de mayo del 2026]. Disponible en: https://www.fao.org/soils-portal/es/
21. Servicio Geológico Mexicano. Mecánica de suelos: propiedades y comportamiento del suelo [Internet]. México: SGM; s.f. [citado el 5 de mayo del 2026]. Disponible en: https://www.sgm.gob.mx/
22. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Precipitación y variabilidad climática en el Perú [Internet]. Lima: SENAMHI; s.f. [citado el 5 de mayo del 2026]. Disponible en: https://www.senamhi.gob.pe/
23. Maidment DR, editor. Handbook of hydrology. New York: McGraw-Hill; 1993. Disponible en :https://es.scribd.com/document/490845587/Hidrologia-aplicada-Ven-Te-Chow-Maidment-Mays-pdf.
24. Chow VT. Hidrología aplicada. New York: McGraw-Hill; 1959. Disponible en: https://www.academia.edu/105588091/Ven_Te_Chow_Hidrologia_Aplicada.
25. Brown SA, Clyde ES. Design of riprap revetment. Hydraulic Engineering Circular No. 11 (FHWA-IP-89-016). Washington DC: Federal Highway Administration; 1989 [citado el 5 de mayo de 2026]. Disponible en: https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/library_arc.cfm?pub_number=11 https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/hif12026.pdf
26. Instituto Nacional de Defensa Civil. Manual básico para la gestión del riesgo de desastres [Internet]. Lima: INDECI; 2018 [citado el 5 de mayo de 2026]. Disponible en: https://www.indeci.gob.pe
27. Mayhua Escobar, Y, Salazar Achata, G Defensas ribereñas y encauzamiento para proteger y estabilizar los estribos del puente Dueñas. [Internet]. Universidad Ricardo Palma - URP; 2023 [citado el 5 de mayo de 2026] Disponible en: https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/2fb02ca9-dc46-4596-9f76-de4d7cf47e21

28. Regoyos Sainz M. Metodología para la evaluación de la erosión hídrica con modelos informáticos: aplicación del modelo Geowepp a dos pequeñas cuencas en Madrid

[tesis doctoral]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid; 2013 [citado el 5 de febrero de 2026]. Disponible en: https://oa.upm.es/450/1/02200329.pdf

29. Instituto Nacional de Vías. Manual de drenaje para carreteras [Internet]. Bogotá: INVIAS; 2009 [citado el 10 de mayo del 2026]. Disponible en: https://www.invias.gov.co/
30. Bernal CA. Metodología de la investigación. 3a ed. España: Pearson Educación; 2010.
31. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 6a ed. México: McGraw-Hill; 2018.
32. López PL. Población, muestra y muestreo. Rev Paceña Med Fam. 2004;9:1-6 [citado el 23 de mayo de 2026]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf
33. Tamayo y Tamayo M. El proceso de la investigación científica. 4a ed. México: Limusa; 2003.

ANEXOS

Anexo 1. Carta de recojo de datos

Chimbote, 16 de julio del 2026

CARTA N° 0000000758- 2026-VI-DIP-ULADECH CATÓLICA

Señor/a:

SANTOS PORTILLO HUAMANI
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LUCRE - AYMARAES

Presente.-

A través del presente reciba el cordial saludo a nombre del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, asimismo solicito su autorización formal para llevar a cabo una investigación titulada DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026, con la LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN LOS RÍOS Y EN CANALES, que involucra la recolección de información/datos en DEFENZA RIBEREÑA DEL RIO LUCRE, a cargo de EDER ONTON ENCISO, perteneciente al PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL, con DNI N° 71759213, durante el período de 28-04-2026 al 07-08-2026.

La investigación se llevará a cabo siguiendo altos estándares éticos y de confidencialidad y todos los datos recopilados serán utilizados únicamente para los fines de la investigación.

Es propicia la oportunidad para reiterarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente.

Dr. Q.F. Edison Vásquez Corales
UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO (E)

www.uladech.edu.pe/

Email: direccion_investigacion_posgrado@uladech.edu.pe
Cel: 952105294
Jr. Tumbes N° 247 - Centro Comercial y Financiera - Chimbote, Perú

Chimbote, 16 de julio del 2026

CARTA N° 0000000758- 2026-VI-DIP-ULADECH CATÓLICA

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LUCRE
AYMARAES - APURIMAC
MESA DE PARTES
Fecha: 16-07-26 Hora: 9:36am
N° Registro: 1188 Folios: 01
Firma:

Señor/a:

SANTOS PORTILLO HUAMANI
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LUCRE - AYMARAES

Presente.-

A través del presente reciba el cordial saludo a nombre del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, asimismo solicito su autorización formal para llevar a cabo una investigación titulada DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026, con la LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN LOS RÍOS Y EN CANALES, que involucra la recolección de información/datos en DEFENZA RIBEREÑA DEL RIO LUCRE, a cargo de EDER ONTON ENCISO, perteneciente al PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL, con DNI N° 71759213, durante el período de 28-04-2026 al 07-08-2026.

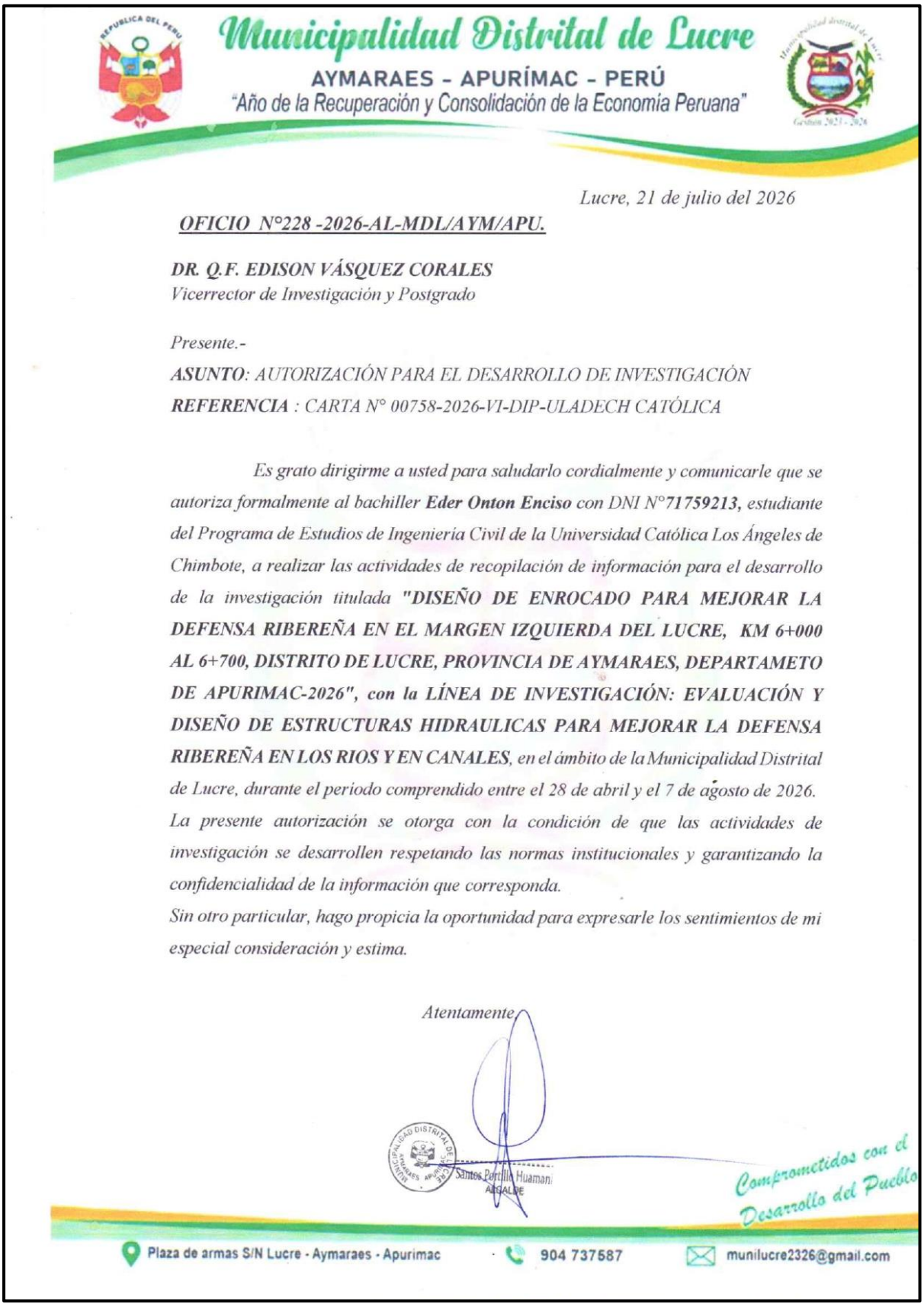
La investigación se llevará a cabo siguiendo altos estándares éticos y de confidencialidad y todos los datos recopilados serán utilizados únicamente para los fines de la investigación.

Es propicia la oportunidad para reiterarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente.

Dr. Q.F. Edison Vásquez Corales
UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO (E)

Anexo 2. Documento de autorización y aceptación para el desarrollo de la investigación (Ley N°29733)



Municipalidad Distrital de Lucre

AYMARAES - APURÍMAC - PERÚ

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

Lucre, 21 de julio del 2026

OFICIO N°228 -2026-AL-MDL/AYM/APU.

DR. Q.F. EDISON VÁSQUEZ CORALES
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Presente.-

***ASUNTO**: AUTORIZACIÓN PARA EL DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN*

***REFERENCIA** : CARTA N° 00758-2026-VI-DIP-ULADECH CATÓLICA*

*Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y comunicarle que se autoriza formalmente al bachiller **Eder Onton Enciso** con DNI N°**71759213,** estudiante del Programa de Estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, a realizar las actividades de recopilación de información para el desarrollo de la investigación titulada **"DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDA DEL LUCRE, KM 6+000 AL 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, DEPARTAMETO DE APURIMAC-2026", con la LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN LOS RIOS Y EN CANALES**, en el ámbito de la Municipalidad Distrital de Lucre, durante el periodo comprendido entre el 28 de abril y el 7 de agosto de 2026.*

La presente autorización se otorga con la condición de que las actividades de investigación se desarrollen respetando las normas institucionales y garantizando la confidencialidad de la información que corresponda.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

Santos Perrilla Huamani
ALCALDE

Comprometidos con el Desarrollo del Pueblo

Plaza de armas S/N Lucre - Aymaraes - Apurimac · 904 737587 munilucre2326@gmail.com

Anexo 3. Declaración jurada de integridad científica y conflictos de interés

Anexo 3

Declaración Jurada de Integridad Científica y Conflictos de Interés

Yo, EDER ONTON ENCISO, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad (DNI) N.º 71759213, con domicilio en COMUNIDAD CAYHUACHAHUA - LUCRE - AYMARAES - APURIMAC, en mi condición de Investigador responsable vinculado al proyecto de investigación titulado: "DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026"

DECLARO BAJO JURAMENTO lo siguiente:

I. DECLARACIÓN DE INTEGRIDAD CIENTÍFICA

1. Que el proyecto de investigación presentado ha sido elaborado respetando los principios de honestidad, veracidad, rigor metodológico, transparencia y responsabilidad científica, conforme al Reglamento de Integridad Científica de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.
2. Que los datos, resultados, fuentes bibliográficas, instrumentos y procedimientos metodológicos declarados en el proyecto son auténticos y verificables, y no han sido fabricados, falsificados ni manipulados.
3. Que me comprometo a ejecutar la investigación conforme a lo aprobado por el Comité de Ética de la Investigación (CEI), absteniéndome de realizar modificaciones sustanciales sin la autorización previa correspondiente.
4. Que respeto y respetaré los derechos de autor, la propiedad intelectual y las normas de citación académica vigentes, evitando toda forma de plagio, autoplagio o apropiación indebida.
5. Que conozco que cualquier infracción a los principios de integridad científica será evaluada conforme al Reglamento de Integridad Científica y demás normativa institucional aplicable.

II. DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS

6. Que declaro haber evaluado la existencia de conflictos de interés reales, potenciales o aparentes que pudieran influir en el diseño, ejecución, análisis o difusión de los resultados de la investigación.
7. En relación con el proyecto de investigación señalado:

☐ NO PRESENTO conflictos de interés.

☐ SÍ PRESENTO conflictos de interés, los cuales describo a continuación:

.....

(indicar la naturaleza del conflicto: económico, laboral, institucional, académico, personal u otro)

8. Que me comprometo a informar oportunamente al Comité de Ética de la Investigación cualquier situación sobreviniente que pudiera constituir un conflicto de interés durante el desarrollo de la investigación.

III. DECLARACIÓN FINAL

9. Que la información consignada en la presente declaración jurada es verdadera, completa y fidedigna, y que soy consciente de las responsabilidades administrativas, académicas y legales que se derivan de una declaración falsa u omisión deliberada.
10. Que autorizo al Comité de Ética de la Investigación y a las instancias competentes de la universidad a verificar la información declarada, en el marco de sus funciones.

Lugar y fecha: LUCRE 16 DE JULIO DEL 2026

Firma del declarante: .....

Nombres y apellidos: EDER ONTON ENCISO

DNI: 71759213

Nota: La presente Declaración Jurada deberá ser incorporada obligatoriamente como anexo del Proyecto de investigación y constituye requisito indispensable para la evaluación ética del proyecto por parte del Comité de Ética de la Investigación

1

Anexo 4. Formato de consentimiento informado

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 – KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - 6+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a... IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a... RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será... 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

2

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. LOS DATOS SERAN ALMACENADOS EN UNA BASE DE DATOS PROTEGIDA Y RESGUARDADOS EN DISPOSITIVOS CON ACCESO RESTRINGIDO, ASEGURANDO SU CONFIDENCIALIDAD.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular.... 986127088 ..... correo :.... Antonenuso10@gmail.com

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: .....
Fecha: 16 / 07 / 2026
Firma del investigador: .....
Fecha: 16 / 07 / 2026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - 6+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a... IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a... RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será... 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACION DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. LOS DATOS SERAN ALMACENADOS EN UNA BASE DE DATOS PROTEGIDA Y RESGUARDADOS EN DISPOSITIVOS CON ACCESO RESTRINGIDO, ASEGURANDO SU CONFIDENCIALIDAD.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador número de celular: 986127088 correo: ontoneraso10@gmail.com

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo e en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: Orson Rojas C.
Fecha: 16.07.2026
Firma del investigador: Edwin
Fecha: 16.07.2026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - 6+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a... IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a... RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será... 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. LOS DATOS SERAN ALMACENADOS EN UNA BASE DE DATOS PROTEGIDA Y RESGUARDADOS EN DISPOSITIVOS CON ACCESO RESTRINGIDO, ASEGURANDO SU CONFIDENCIALIDAD.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular 986122088 correo : antonenciso10@gmail.com

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: .....
Fecha: 16/01/2026
Firma del investigador: .....
Fecha: 16/01/2026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 61+000 - KM 61+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 61+000 - 61+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. LOS DATOS SERAN ALMACENADOS EN UNA BASE DE DATOS PROTEGIDA Y RESGUARDADOS EN DISPOSITIVOS CON ACCESO RESTRINGIDO, ASEGURANDO SU CONFIDENCIALIDAD.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular 986127088 correo : ontonenciso10@gmail.com

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: .....
Fecha: 16/07/2026
Firma del investigador: .....
Fecha: 16/07/2026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - 6+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a... IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a... RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será... 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. Los datos serán almacenados en una base de datos protegida y resguardados en dispositivos con acceso restringido, asegurando su confidencialidad.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular: 986121088 correo: antonenciso10@gmail.com

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: .....
Fecha: 16/07/2026
Firma del investigador: .....
Fecha: 16/07/2026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - 6+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a... IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a... RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será... 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. LOS DATOS SERAN ALMACENADOS EN UNA BASE DE DATOS PROTEGIDA Y RESGUARDADOS EN DISPOSITIVOS CON ACCESO RESTRINGIDO, ASEGURANDO SU CONFIDENCIALIDAD.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular 986122088 correo : antonenciso10@gmail.com

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: .....
Fecha: 16/07/2026
Firma del investigador: .....
Fecha: 16/07/2026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - 6+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a... IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a... RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será... 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. Los datos serán almacenados en una base de datos protegida y resguardados en dispositivos con acceso restringido, asegurando su confidencialidad.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular.... 986127088 ..... correo :... antonenciso10@gmail.com .....

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: Benito Anton.
Fecha: 16.1.01.12026
Firma del investigador: .....
Fecha: 16.1.01.12026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - 6+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a... IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a... RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será... 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. Los datos serán almacenados en una base de datos protegida y resguardados en dispositivos con acceso restringido, asegurando su confidencialidad.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular: 986127088 correo: antonenciso10@gmail.com

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: Tello Moscoso Gilberto

Fecha: 16/01/2026

Firma del investigador:

Fecha: 16/01/2026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 61+000 - KM 61+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 61+000 - 61+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. LOS DATOS SERAN ALMACENADOS EN UNA BASE DE DATOS PROTEGIDA Y RESGUARDADOS EN DISPOSITIVOS CON ACCESO RESTRINGIDO, ASEGURANDO SU CONFIDENCIALIDAD.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular 986127088 correo : antonenaiso10@gmail.com

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: Mario Anto. C
Fecha: 16/01/2026
Firma del investigador:
Fecha: 16/01/2026

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 4

Formato de consentimiento informado u otros que corresponda a la investigación

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026

Investigador responsable: EDER ONTON ENCISO

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE

Correo electrónico de contacto: ontonenciso10@gmail.com

Teléfono de contacto: 986127088

1. Objetivo de la investigación

Este estudio tiene como objetivo DISEÑAR EL ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE KM 6+000 - 6+700 DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURIMAC - 2026.

La participación en este estudio contribuirá a... IDENTIFICAR LAS ZONAS VULNERABLES Y REALIZAR EL DISEÑO DEL ENROCADO PARA FORTALECER LA DEFENSA RIBEREÑA PARA MITIGAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA Y ZONA AGRICOLA DEL DISTRITO DE LUCRE.

2. Descripción de la participación

- **Procedimientos**: Si decide participar en este estudio, usted será invitado a... RESPONDER UNA ENCUESTA, LA CUAL BUSCA CONOCER SU OPINIÓN SOBRE SI EL DISEÑO DE ENROCADO MEJORARÁ LA DEFENSA RIBEREÑA

  La duración aproximada de su participación será... 5 minutos
- **Frecuencia**: LA PARTICIPACIÓN DE ESTE ESTUDIO SERÁ DE UNA SOLA VEZ

3. Posibles beneficios

No se garantiza que usted reciba un beneficio directo por participar en esta investigación. Sin embargo, los resultados del estudio pueden proporcionar información valiosa sobre EL DISEÑO DE ENROCADO EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, PERMITIRÁ LA MEJORA DE LA DEFENSA RIBEREÑA PROTEGIENDO LA INFRAESTRUCTURA, VIVIENDA, ZONAS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE LUCRE Y AYUDAR A PREVENIR POSIBLES DESBORDES DEL RIO LUCRE.

4. Posibles riesgos o molestias

La participación en este estudio no conlleva riesgos significativos, pero es posible que experimente UNA LEVE INCOMODIDAD EN LA ENCUESTA, SI SE CONSIDERA QUE EL TEMA ES SENSIBLE O NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL ENROCADO.

En caso de que se sienta incómodo o desee interrumpir su participación en cualquier momento, puede hacerlo sin ninguna consecuencia negativa.

5. Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán codificadas y los datos personales no serán divulgados en ningún momento. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados para publicaciones científicas, pero los datos se presentarán de manera anónima. LOS DATOS SERAN ALMACENADOS EN UNA BASE DE DATOS PROTEGIDA Y RESGUARDADOS EN DISPOSITIVOS CON ACCESO RESTRINGIDO, ASEGURANDO SU CONFIDENCIALIDAD.

6. Participación voluntaria

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a:

- Decidir si desea participar o no.
- Interrumpir su participación en cualquier momento sin ninguna consecuencia.
- Hacer preguntas en cualquier momento y recibir respuestas claras sobre cualquier aspecto de la investigación.

7. Compensación

- No habrá compensación financiera por su participación en este estudio. Su colaboración es completamente voluntaria y contribuirá al desarrollo de conocimientos que puede beneficiar a la comunidad y a la gestión de la defensa ribereña.

8. Derechos del participante

Usted tiene derecho a:

- Solicitar más información sobre la investigación.
- Retirarse en cualquier momento sin que esto afecte su relación con los investigadores o la institución.
- Preguntar sobre el manejo de la información obtenida y cómo será utilizada.

9. Consentimiento

Si tiene alguna duda o pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal al número de celular 986171088 correo: antonenciso10@gmail.com.

Por favor, lea cuidadosamente este documento antes de tomar una decisión. Si está de acuerdo en participar en este estudio, firme a continuación:

Firma del participante: Huga Carbajal

Fecha: 16/01/2016

Firma del investigador: .....

Fecha: 16/01/2016

Este formato debe adaptarse según el tipo de investigación y el tipo de participantes involucrados

Anexo 5. Matriz de consistencia y operacionalización

Tabla 07: Matriz de consistencia

TITULO: DISEÑO DE ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA, EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
Problema general ¿El diseño del enrocado, mejorará la defensa ribereña, el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?	**Objetivo general** Diseñar el enrocado, para la mejora la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026. **Objetivos específicos** • Identificar las zonas vulnerables de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026. • Realizar el diseño del enrocado en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026. • Proponer la mejora de la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026.	En el presente trabajo de investigación no se formula hipótesis, por corresponder al nivel descriptivo. Según Bernal (28), el nivel descriptivo no contiene hipótesis porque reseña, narra, describe o identifica hechos, situaciones y características del objeto de estudio, sin proponer explicaciones causales de los fenómenos observados.	**Variable 1** Diseño del enrocado **Dimensiones** • Identificación de zonas vulnerables • Topografía • Características del suelo • Estudio hidráulico • Diseño Hidráulico • Diseño del enrocado **Variable 2** Mejoramiento de la defensa ribereña **Dimensión** • Percepción Social	**Tipo de Investigación** La investigación fue de tipo aplicada con enfoque mixto, por cuanto integró los componentes cuantitativo y cualitativo para alcanzar una comprensión completa de la problemática: el componente cuantitativo permitió recopilar y procesar los datos numéricos hidráulicos, geotécnicos y geométricos requeridos por el diseño del enrocado, mientras que el componente cualitativo sustentó la descripción e interpretación de las condiciones del área de estudio mediante la observación directa y la evaluación técnica de campo; la integración de ambos enfoques fundamentó el diseño del enrocado como alternativa de mejora de la defensa ribereña del margen izquierdo del río Lucre. Según Hernández Sampieri (29), la investigación mixta integra de manera sistemática los enfoques cualitativo y cuantitativo dentro de un mismo estudio, con el propósito de contrastar y complementar los resultados y obtener una comprensión más completa del problema. **Nivel de Investigación** El nivel de investigación fue descriptivo **Diseño de Investigación** No experimental **Población y muestra** La población de estudio estará constituida por el margen izquierdo del río Lucre, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac. La muestra estará conformada por el margen izquierdo del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac. **Técnica e instrumentos** **Técnicas de recolección de datos** Observación directa y encuestas **Instrumentos de recolección de datos** Fichas de evaluación

Fuente: Elaboración propia (2026)

Tabla 02: Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: DISEÑO DE ENROCADO, PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA, EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DEL DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026					
VARIABLE	**DEFINICIÓN OPERATIVA**	**DIMENSIONES**	**INDICADORES**	**ESCALA DE MEDICIÓN**	**CATEGORÍAS O VALORACIÓN**
Variable 1 Diseño del enrocado	El diseño de enrocado se evaluó mediante el análisis de las características técnicas y geométricas de la estructura de protección ribereña, considerando los parámetros topográficos, hidrológicos, geotécnicos e hidráulicos del área de estudio. Su medición se realizó a través de indicadores como el tipo de pendiente, la elevación y el perfil del terreno, la precipitación máxima, el caudal de diseño, la velocidad del flujo, el tipo de suelo, la granulometría, la altura de la defensa ribereña, el talud del enrocado, el ancho de corona, el tamaño de roca, el espesor del enrocado, el ancho de uña y la profundidad de uña. Estos datos se obtuvieron mediante observación directa, revisión documental y cálculos hidráulicos simplificados, registrándose en una ficha de observación técnica que permitió determinar la viabilidad del diseño de enrocado para la protección de la margen del río.	Identificación de zonas vulnerables	Nivel de erosión de talud	Ordinal	Bajo, Medio, Alto
			Estabilidad de talud	Ordinal	Estable, moderadamente estable, inestable
			Profundidad de socavación	Ordinal	Baja, Media, Alta
			Estado de la ribera	Ordinal	Bueno, regular, malo
		Topografía	Tipo de pendiente	Ordinal	Suave, moderada, pronunciada
			Elevación del terreno	Ordinal	Baja, media, alta
			Perfil del terreno	Ordinal	Regular o uniforme, Irregular moderado, Muy irregular
		Características del suelo	Tipo de suelo	Ordinal	Adecuado, Medianamente adecuado, No adecuado
			Capacidad portante del suelo	Ordinal	Bajo, Medio, Alto
			Granulometría del suelo	Ordinal	Bajo, Medio, Alto
		Estudio Hidrológico	Caudal de diseño	Razón	m^3/s
			Precipitación máxima	Razón	mm
			Velocidad de flujo	Razón	m/s
		Diseño hidráulico	Altura de la defensa ribereña	Razón	m
			Talud del enrocado	Intervalo	1:1.5 – 1:2
			Ancho de corona	Intervalo	1m – 3m
		Diseño del enrocado	Tamaño de la roca	Intervalo	30 – 60 cm

			Espesor del enrocado	Intervalo	1 – 1.5 m
			Profundidad de uña	Razón	m
			Ancho de uña del enrocado	Intervalo	1.00 m – 2.5 m
Variable 2 Mejoramiento de la defensa ribereña	El mejoramiento de la defensa ribereña se evaluó mediante la percepción de la población del centro poblado de Lucre respecto a las condiciones de protección de las márgenes del río frente a los procesos de erosión e inundación. La información se obtuvo mediante la aplicación de una encuesta estructurada dirigida a los pobladores del área de estudio. La variable se midió a través de indicadores relacionados con el nivel de protección del río, la reducción del riesgo de inundación, la estabilidad de las márgenes y la seguridad de las viviendas cercanas al cauce. Las respuestas fueron registradas, procesadas y analizadas, lo que permitió determinar el nivel de mejoramiento de la defensa ribereña en la zona de estudio.	Percepción social	Opinión de los encuestados	Nominal	Bueno/ Regular/ Malo

Fuente: Elaboración propia (2026)

Anexo 6. Validación de instrumento

CARTA DE PRESENTACIÓN

Magíster / Doctor: Mg. Rodriguez Morales Alex Guido

Presente. -

Tema: PROCESO DE VALIDACIÓN A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Ante todo, saludarlo cordialmente y agradecerle la comunicación con su persona para hacer de su conocimiento que yo, **EDER ONTON ENCISO** egresado del programa académico de **Ingeniería Civil de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote**, debo realizar el proceso de validación de mi instrumento de recolección de información, motivo por el cual acudo a Ud. para su participación en el Juicio de Expertos.

Mi proyecto se titula: **"DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026"** y envío a Ud. el expediente de validación que contiene:

- Ficha de identificación de experto para proceso de validación
- Carta de presentación
- Matriz de operacionalización de variables
- Matriz de consistencia
- Ficha de validación

Agradezco anticipadamente su atención y participación, me despido de usted.

Atentamente,

DNI: 71759213

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Apurímac - Huaraz
RODRIGUEZ MORALES ALEX GUIDO
CIP. N° 186390
INGENIERO CIVIL

Ficha de Identificación del Experto para proceso de validación

Nombres y Apellidos: ALEX GUIDO RODRIGUEZ MORALES

N° DNI / CE: 46305382 Edad: 35

Teléfono / celular: 944978565 Email: aguirono@hotmail.com

Título profesional:

INGENIERO CIVIL

Grado académico: Maestría X Doctorado _____

Especialidad: CIENCIAS E INGENIERIA MENCION EN INGENIERIA ESTRUCTURAL

Institución que labora: INDEPENDIENTE

Título:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026

Autor:
EDER ONTON ENCISO

Programa Académico:

Ingeniería Civil

Programa académico: INGENIERIA CIVIL

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Consejo Departamental Ancash - Huaraz
RODRIGUEZ MORALES ALEX GUIDO
CIP. N° 186390
INGENIERO CIVIL

Firma

Huella digital

FICHA DE VALIDACIÓN

Título: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC-2026

N°	Variable / Dimensión / Indicadores	Relevancias		Pertinencia		Claridad		Observaciones
		Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	
	Variable 1: Diseño del enrocado							
	Dimensión: Identificación de zonas vulnerables							
1	Nivel de erosión de talud	X		X		X		
2	Estabilidad de talud	X		X		X		
3	Profundidad de socavación	X		X		X		
4	Estado de la ribera	X		X		X		
	Dimensión: Topografía							
5	Tipo de pendiente	X		X		X		
6	Elevación del terreno	X		X		X		
7	Perfil del terreno	X		X		X		
	Dimensión: Características del suelo							
8	Tipo de suelo	X		X		X		
9	Capacidad portante del suelo	X		X		X		
10	Granulometría del suelo	X		X		X		
	Dimensión: Estudio Hidrológico							
11	Caudal de diseño	X		X		X		
12	Precipitación máxima	X		X		X		
13	Velocidad de flujo	X		X		X		
	Dimensión: Diseño hidráulico							
14	Altura de la defensa ribereña	X		X		X		
15	Talud del enrocado	X		X		X		
16	Ancho de corona	X		X		X		
17	Ancho de uña	X		X		X		
18	Profundidad de uña	X		X		X		
	Dimensión: Diseño del enrocado							
19	Tamaño de la roca	X		X		X		
20	Espesor del enrocado	X		X		X		
	Variable 2: Mejoramiento de la defensa ribereña							
	Dimensión: Percepción social							
21	Opinión de los encuestados	X		X		X		

Recomendaciones:.....

Opinión de experto: Aplicable (X) Aplicable después de modificar ( ) No aplicable ( )

Nombres y Apellidos de experto: Dr / Mg ..... Mg. Rodriguez Morales Alex Guido ..... DNI 46305382

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash - Huaraz

RODRIGUEZ MORALES ALEX GUIDO
CIP. N° 186390
INGENIERO CIVIL

Firma



Huella digital

CARTA DE PRESENTACIÓN

Magíster / Doctor: Mg. Carlos Hugo Olaza Henostroza

Presente. -

Tema: PROCESO DE VALIDACIÓN A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Ante todo, saludarlo cordialmente y agradecerle la comunicación con su persona para hacer de su conocimiento que yo, **EDER ONTON ENCISO** egresado del programa académico de **Ingeniería Civil de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote**, debo realizar el proceso de validación de mi instrumento de recolección de información, motivo por el cual acudo a Ud. para su participación en el Juicio de Expertos.

Mi proyecto se titula: **"DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026"** y envío a Ud. el expediente de validación que contiene:

- Ficha de identificación de experto para proceso de validación
- Carta de presentación
- Matriz de operacionalización de variables
- Matriz de consistencia
- Ficha de validación

Agradezco anticipadamente su atención y participación, me despido de usted.

Atentamente,

DNI: 71759213

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
ING. Carlos Hugo Olaza Henostroza
C.I.P. 68080
INGENIERO CIVIL

Ficha de Identificación del Experto para proceso de validación

Nombres y Apellidos: Mg. Carlos Hugo Olaza Henostroza

N° DNI / CE: 31633291 Edad: 60

Teléfono / celular: 951869351 Email: OLAZAHUGO@GMAIL.COM

Título profesional:

INGENIERO CIVIL

Grado académico: Maestría X Doctorado ____

Especialidad: CIENCIAS E INGENIERIA MENCION EN INGENIERIA

Institución que labora: UNMSM – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Título:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026

Autor:
EDER ONTON ENCISO

Programa Académico:

Ingeniería Civil

Programa académico: INGENIERÍA CIVIL

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
ING. Carlos Hugo Olaza Henostroza
C.I.P. 68080
INGENIERO CIVIL

Firma

Huella digital

FICHA DE VALIDACIÓN

Título: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC-2026

N°	Variable / Dimensión / Indicadores	Relevancias		Pertinencia		Claridad		Observaciones
		Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	
	Variable 1: Diseño del enrocado							
	Dimensión: Identificación de zonas vulnerables							
1	Nivel de erosión de talud	X		X		X		
2	Estabilidad de talud	X		X		X		
3	Profundidad de socavación	X		X		X		
4	Estado de la ribera	X		X		X		
	Dimensión: Topografía							
5	Tipo de pendiente	X		X		X		
6	Elevación del terreno	X		X		X		
7	Perfil del terreno	X		X		X		
	Dimensión: Características del suelo							
8	Tipo de suelo	X		X		X		
9	Capacidad portante del suelo	X		X		X		
10	Granulometría del suelo	X		X		X		
	Dimensión: Estudio Hidrológico							
11	Caudal de diseño	X		X		X		
12	Precipitación máxima	X		X		X		
13	Velocidad de flujo	X		X		X		
	Dimensión: Diseño hidráulico							
14	Altura de la defensa ribereña	X		X		X		
15	Talud del enrocado	X		X		X		
16	Ancho de corona	X		X		X		
17	Ancho de uña	X		X		X		
18	Profundidad de uña	X		X		X		
	Dimensión: Diseño del enrocado							
19	Tamaño de la roca	X		X		X		
20	Espesor del enrocado	X		X		X		
	Variable 2: Mejoramiento de la defensa ribereña							
	Dimensión: Percepción social							
21	Opinión de los encuestados	X		X		X		

Recomendaciones:.....

Opinión de experto: Aplicable (X) Aplicable después de modificar ( ) No aplicable ( )

Nombres y Apellidos de experto: Dr / Mg Mg. Carlos Hugo Olaza Henostroza DNI 31633291

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
ING. Carlos Hugo Olaza Henostroza
C.I.P. 68080
INGENIERO CIVIL

Firma

Huella digital

CARTA DE PRESENTACIÓN

Magíster / Doctor: Mg. SAUL HEYSEN LAZARO DIAZ

Presente. -

Tema: PROCESO DE VALIDACIÓN A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS

Ante todo, saludarlo cordialmente y agradecerle la comunicación con su persona para hacer de su conocimiento que yo, **EDER ONTON ENCISO** egresado del programa académico de **Ingeniería Civil de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote**, debo realizar el proceso de validación de mi instrumento de recolección de información, motivo por el cual acudo a Ud. para su participación en el Juicio de Expertos.

Mi proyecto se titula: **"DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026"** y envío a Ud. el expediente de validación que contiene:

- Ficha de identificación de experto para proceso de validación
- Carta de presentación
- Matriz de operacionalización de variables
- Matriz de consistencia
- Ficha de validación

Agradezco anticipadamente su atención y participación, me despido de usted.

Atentamente,

DNI: 71759213

Ing. Mtro. Saul Heysen Lazaro Diaz
CIP N° 115965

Ficha de Identificación del Experto para proceso de validación

Nombres y Apellidos: SAUL HEYSEN LAZARO DIAZ

N° DNI / CE: 31674068 Edad: 49

Teléfono / celular: 943036700 Email: saulhld@gmail.com

Título profesional:

INGENIERO CIVIL

Grado académico: Maestría X Doctorado ____

Especialidad: Maestro en Educación, Con Mención Currículo e Investigación

Institución que labora: PERITO DEL PODER JUDICIAL - ANCASH

Identificación del Proyecto de Investigación o Tesis

Titulo:
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026

Autor:
EDER ONTON ENCISO

Programa Académico:

Ingeniería Civil

Programa académico: INGENIERÍA CIVIL

Ing. Mtro. Saul Heysen Lazaro Diaz

Firma



Huella digital

FICHA DE VALIDACIÓN

Título: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGION APURIMAC-2026

N°	Variable / Dimensión / Indicadores	Relevancias		Pertinencia		Claridad		Observaciones
		Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	
	Variable 1: Diseño del enrocado							
	Dimensión: Identificación de zonas vulnerables							
1	Nivel de erosión de talud	X		X		X		
2	Estabilidad de talud	X		X		X		
3	Profundidad de socavación	X		X		X		
4	Estado de la ribera	X		X		X		
	Dimensión: Topografía							
5	Tipo de pendiente	X		X		X		
6	Elevación del terreno	X		X		X		
7	Perfil del terreno	X		X		X		
	Dimensión: Características del suelo							
8	Tipo de suelo	X		X		X		
9	Capacidad portante del suelo	X		X		X		
10	Granulometría del suelo	X		X		X		
	Dimensión: Estudio Hidrológico							
11	Caudal de diseño	X		X		X		
12	Precipitación máxima	X		X		X		
13	Velocidad de flujo	X		X		X		
	Dimensión: Diseño hidráulico							
14	Altura de la defensa ribereña	X		X		X		
15	Talud del enrocado	X		X		X		
16	Ancho de corona	X		X		X		
17	Ancho de uña	X		X		X		
18	Profundidad de uña	X		X		X		
	Dimensión: Diseño del enrocado							
19	Tamaño de la roca	X		X		X		
20	Espesor del enrocado	X		X		X		
	Variable 2: Mejoramiento de la defensa ribereña							
	Dimensión: Percepción social							
21	Opinión de los encuestados	X		X		X		

Recomendaciones:.....

Opinión de experto: Aplicable (X) Aplicable después de modificar ( ) No aplicable ( )

Nombres y Apellidos de experto: Dr / Mg ...SAUL HEYSEN ZAZARO DIAZ... DNI ...31674068...

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL ANCASH HUARAZ
Ing. Mtro. Saul Heysen Lázaro Díaz
CIP N° 115963

Firma

Huella digital

Instrumento de evaluación

TITULO DE LA TESIS: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES

Responsable		Fecha	
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de río		Margen	
Centro poblado		Distrito	
Provincia		Región	

Progresiva	INDICADORES				Observaciones
	Nivel de erosión de talud	Estabilidad de talud	Profundidad de socavación	Estado de la ribera	
6+000 - 6+100					
6+100 - 6+200					
6+200 - 6+300					
6+300 - 6+400					
6+400 - 6+500					
6+500 - 6+600					
6+600 - 6+700					

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash - Huaraz
RODRIGUEZ MORALES ALEX GUIDO
CIP. N° 186390
INGENIERO CIVIL

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Ing. Mtro. Saul Heysen Lázaro Díaz

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
ING. Carlos Hugo Olaza Henostroza
C.I.P. 68080
INGENIERO CIVIL

TITULO DE LA TESIS: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026			
FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES			
Responsable		**Fecha**	
INFORMACION GENERAL			
Nombre de río		**Margen**	
Centro poblado		**Distrito**	
Nombre de río		**Región**	
Progresiva			
1.1. Determinar el caudal de diseño			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
1.1.1.	Caudales máximos anuales (Q)		m3/s
1.1.2.	Número de años (n) (1978 - 2008)		
1.1.3.	Periodo de retorno (T)		años
1.1.4.	Pendiente hidráulica		
1.2. Método Gumbel			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
1.2.1.	$\frac{\sum x_i}{n}$		m3/s
1.2.2	$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n-1}}$		-
1.2.3.	Probabilidad de excedencia (P): P=1/T		-
1.2.4.	Variable reducida (Y):		-
1.2.5.	Factor de frecuencia (K)		-
1.2.6	$Q_{100} = \bar{x} + K * S$		m3/s
1.3 Cálculos			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
1.3.1.	Promedio de caudales (Q)		m3/s
1.3.2.	Desviación estándar (S)		-
1.3.3.	Factor de frecuencia (Gumbel)		-
1.3.4.	Caudal de Diseño (Q_{100})		m3/s
1.4 Resultado			
1.4.1.	Caudal de Diseño (Qd)		m3/s
OE01: Determinar las condiciones hidráulicas			
1.1. Datos de entrada			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
1.1.1	Caudal (Q)		m3/s
1.1.2.	Ancho del río (b)		m
1.1.3.	Pendiente (S)		
1.1.4.	Rugosidad de Manning (n) (Río natural con gravas y vegetación ligera)		-
Cálculo			
Fórmula de Manning			
Expresiones geométricas: (Para sección rectangular)			
Sustitución completa sin simplificar			
Simplificación de constantes			
Resultados			
1.3.1.	Área hidráulica	m2	
1.3.2.	Velocidad del Flujo	v	
1.3.3.	Radio hidráulico	m	
1.3.4.	Esfuerzo Cortante	C	
1.3.5.	Perímetro mojado	m	
1.3.6.	Tirante hidráulico	y	
1.3.7.	Pendiente (S)	S	
1.3.8.	Caudal	Q	

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Ancash - Huaraz
RODRIGUEZ MORALES ALEX GUIDO
CIP. N° 186390
INGENIERO CIVIL

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
ING. Carlos Hugo Olaza Henostroza
C.I.P. 68080
INGENIERO CIVIL

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Ing. Mtro. Saul Heysen Lazaro Diaz

Pregunta	Si	No
¿Cree Ud., que el diseño del enrocado para la defensa ribereña evitará el desborde del río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?	( )	( )
¿Cree Ud., que, con el diseño del enrocado para la defensa ribereña, se evitará l a los terrenos de cultivos y a las viviendas colindantes ante el desborde del Río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?	( )	( )
¿Crees que el diseño del enrocado mejorará la defensa ribereña del Río Lucre, km 6+000 - km 6+700, del distrito de Lucre, provincia de Aymaraes, región Apurímac-2026?	( )	( )

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Andahuaylas - Abancay
RODRIGUEZ MORALES ALEX GUIDO
CIP. N° 186390
INGENIERO CIVIL

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Ing. Mtro. Saul Heysen Lázaro Díaz

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
ING. Carlos Hugo Olaza Henostroza
C.I.P. 68080
INGENIERO CIVIL

PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen N°1: Interacción con la población.



Imagen N°2: Recopilación de datos in situ sobre defensa ribereña.



Imagen N°3: Recolección de información de la población, acerca de la defensa ribereña.



Imagen N°4: Aplicación de cuestionario a la población.



Imagen N°5: Preparación del dron para el levantamiento fotogramétrico en el margen izquierdo del Río Lucre.

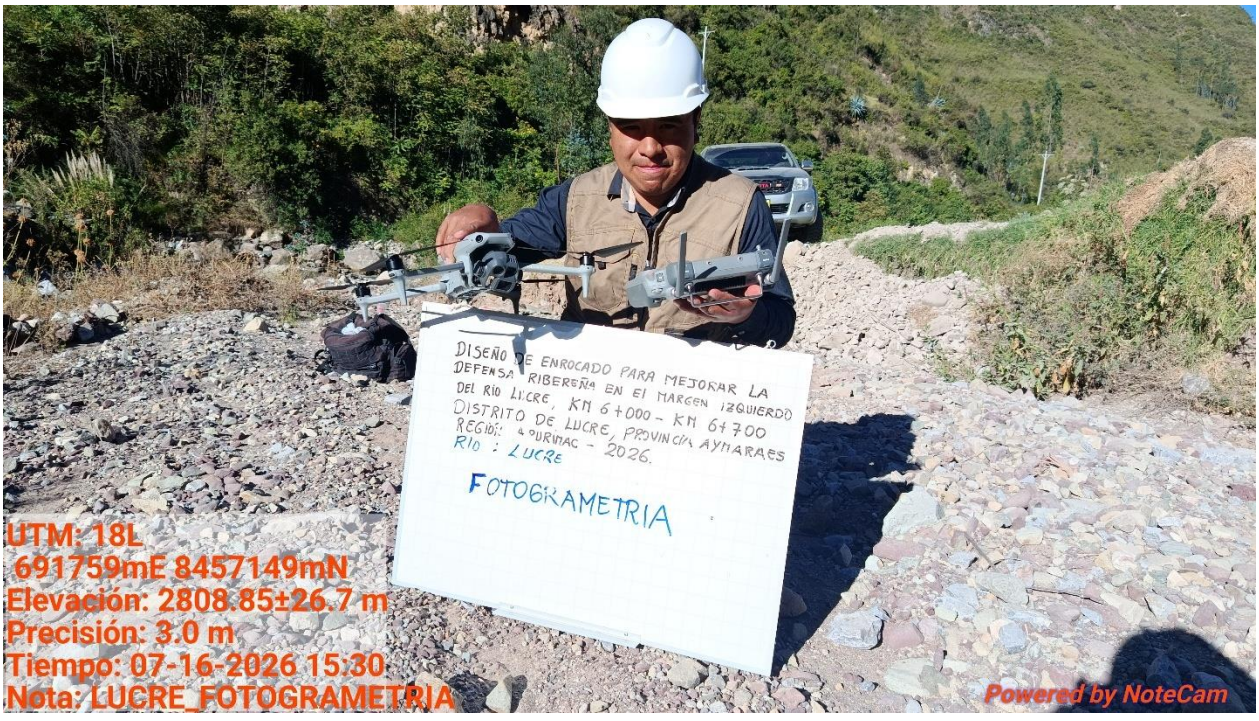


Imagen N°6: Punto de control y panel informativo para el inicio del vuelo fotogramétrico con dron en el Río Lucre.



Imagen N°7: Inspección visual del cauce del Río Lucre y evaluación del estado actual de erosión en el margen izquierdo.



Imagen N°8: Identificación de tramos vulnerables a la socavación lateral y pérdida de sección en la ribera del río.



Imagen N°9: Levantamiento topográfico con GPS diferencial para determinar la altura crítica de inundación en el margen izquierdo.



Imagen N°10: Levantamiento topográfico de la sección transversal del río para delimitar la faja marginal en el margen izquierdo.



Imagen N°11: Levantamiento topográfico de control en el talud del margen izquierdo para la delimitación de la faja marginal.



Imagen N°12: Levantamiento topográfico de control en el talud del margen izquierdo para la delimitación de la faja marginal.

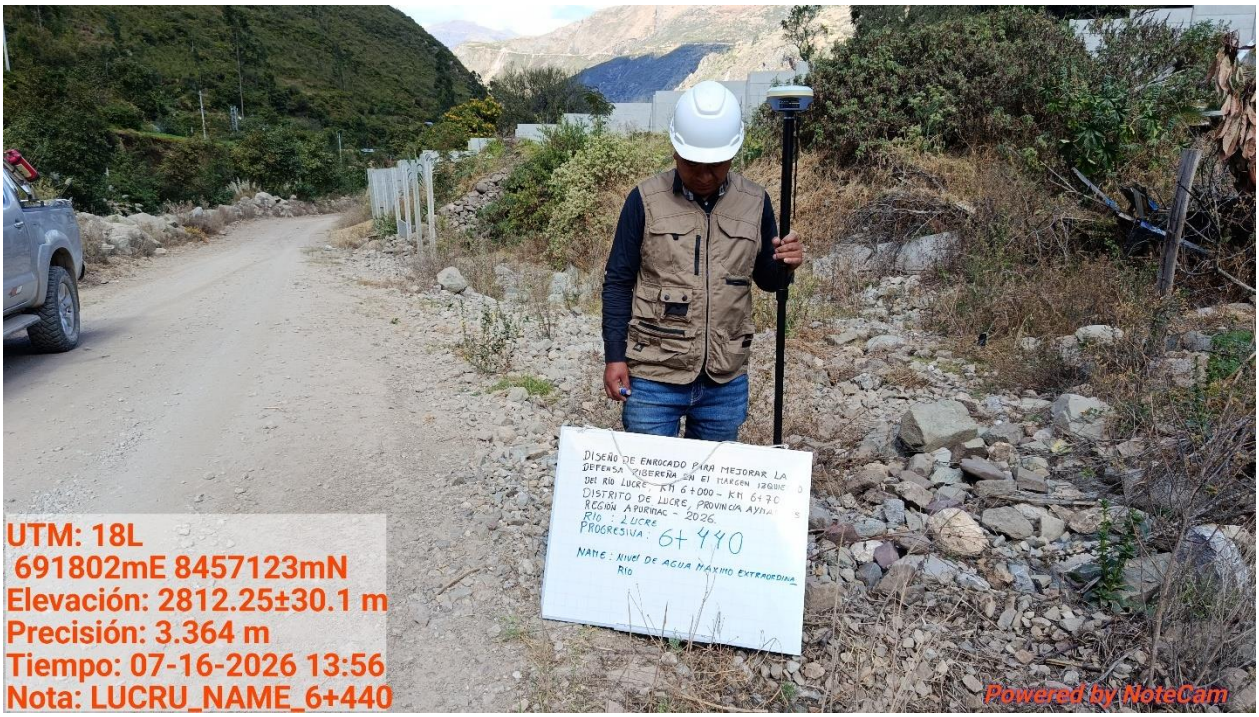


Imagen N°13: Georreferenciación de la huella del Nivel de Agua Máximo Extraordinario (NAME) mediante GPS diferencial en la progresiva 6+440.



Imagen N°14: Trabajos de batimetría en zona de flujo activo del Río Lucre.



Imagen N°15: Toma de puntos de fondo en zona de corriente activa para determinar la profundidad y geometría del lecho menor.



Imagen N°16: Levantamiento de datos batimétricos en zona de corriente del Río Lucre.

Tabla 04: Diseño del enrocado en el margen izquierdo del río Lucre.

TITULO DE LA TESIS: DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026			
FICHA DE DISEÑO DEL ENROCADO			
Responsable	Eder Onton Enciso	**Fecha**	16/07/2026
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de río	Lucre	**Margen**	Izquierdo
Centro poblado	Lucre	**Distrito**	Lucre
Nombre de río	Aymaraes	**Región**	Apurímac
Progresiva	6+000		6+700
1. Determinación del caudal de diseño			
1.1. Datos de entrada			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
1.1.1.	Precipitaciones máximas anuales de 24 h (PPmax24h)	Tabla	mm
1.1.2.	Número de años (n) (1987 - 2024)	38	años
1.1.3.	Periodo de retorno (T)	140	años

1.1.4.	Área de la cuenca	106.66	Km2
1.1.5.	Tiempo de concentración (Tc)	1.79	h
1.1.6.	Duración de la tormenta de diseño (D)	2.00	h
1.2. Distribución Gamma de 3 parámetros (Gamma 3P) – Pearson Tipo III			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
1.2.1.	$\bar{x} = \frac{\sum x_1}{n}$	43.64	mm
1.2.2.	$S = \sqrt{\frac{\sum (x_1 - \bar{x})^2}{n-1}}$	8.55	mm
1.2.3.	Coeficiente de asimetría (C_s)	0.2721	-
1.2.4.	Parámetro de forma (α)	54.071	-
1.2.5.	Parámetro de escala (β)	1.1632	mm
1.2.6.	Parámetro de ubicación (γ)	19.257	mm
1.2.7.	Probabilidad de excedencia (P): P=1/T	0.0071	-
1.2.8.	Probabilidad de no excedencia ($F = 1 - P$)	0.9929	-

1.2.9	**$P24h$,140 (T=140 años)**	**66.50**	**mm**

1.3. Conversión de la precipitación de 24 h a la duración de diseño			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
1.3.1.	Precipitación máxima de 24 h para T=140 años	66.50	mm
1.3.2.	Duración de la tormenta de diseño.	2.00	horas
1.3.3.	Método de reducción de duración	Dyck-Peschke	-
1.3.4.	Precipitación máxima de 2 h para T=140 años	36.55	mm
1.3.5.	Intensidad media de precipitación	18.28	mm/h
1.4 Distribución temporal de la tormenta de diseño			
1.4.1.	Duración de la tormenta	2.00	h
1.4.2.	Precipitación total de diseño	36.55	mm
1.4.3.	Intervalo de discretización	0.1667 (10min)	h
1.4.4.	Distribución temporal de la precipitación	Hietograma de diseño	mm
1.5. Determinación de la precipitación efectiva – Método SCS-CN			
1.5.1	Número de curva de escorrentía (CN)	74	-
1.5.2	Retención potencial máxima: $S = \frac{25400}{\mathrm{CN}} - 254$	89.24	mm
1.5.3	Abstracción inicial: $Ia = 0.2S$	17.85	mm
1.5.4	Precipitación acumulada	36.56	
1.5.5	Precipitación efectiva acumulada	17.16	mm
1.5.6	Precipitación efectiva incremental	3.24	mm
1.6. Transformación lluvia–escorrentía			

1.6.1	Área de la cuenca	106.66	Km2
1.6.2	Tiempo de concentración (Tc)	1.79	h
1.6.3	Tiempo de retardo: $Tlag = 0.60Tc$	1.07	h
1.6.4	Duración de la tormenta	2.00	h
1.6.5	Precipitación efectiva	11.57	mm
1.7. Resultado			
1.7.1.	Hidrograma de avenida para T=140 años	Tabla/Gráfico	m3/s
1.7.2.	Caudal máximo de avenida	173.90	m3/s
1.7.3.	Caudal de diseño adoptado	173.90	m3/s

2. Determinación de las condiciones hidráulicas			
2.1. Datos de entrada			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
2.1.1	Caudal (Q)	173.90	m3/s
2.1.2.	Ancho del río promedio (b)	20	m
2.1.3.	Pendiente (S)	0.0561	m/m
2.1.4.	Talud (z)	1.75	-
2.1.5.	Rugosidad de Manning (n) (Río natural con gravas, cantos rodados y vegetación ligera)	0.050	-

2.2. Expresiones matemáticas para el cálculo	
Fórmula de Manning	$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$
Expresiones geométricas: (Para sección trapezoidal)	$A = (b + zy)\mathrm{y};\ \mathrm{P} = \mathrm{b} + 2\mathrm{y}\sqrt{1 + z^2};\ R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$
Sustitución completa sin simplificar	$173.90 = \frac{1}{0.050}[(20 + 1.75y)y]\left(\frac{(20 + 1.75y)y}{20 + 2y\sqrt{1 + 1.75^2}}\right)^{2/3} (0.0561)^{1/2}$
Simplificación de constantes para la resolución por iteración	$\frac{1}{n} = 20;\ \ S^{1/2} = 0.2368;\ \ \frac{1}{n} S^{1/2} = 4.736$ $[(20 + 1.75y)y]\left(\frac{(20 + 1.75y)y}{20 + 4.0311y}\right)^{2/3} = 36.72$

2.3. Resultados				
2.3.1.	Área hidráulica (A)		31.84	m2
2.3.2.	Velocidad del Flujo (V)		5.46	m/s
2.3.3.	Radio hidráulico (R)		1.24	m
2.3.4.	Esfuerzo Cortante (C)		681.48	N/m2
2.3.5.	Perímetro mojado (P)		25.71	106.4
2.3.6.	Tirante hidráulico (y)		1.42	3.2
2.3.7.	Número de Froude (Fr)		1.54	-
2.3.8.	Tipo de flujo		Supercrítico	-
2.4. Consideración por curvatura del cauce				
	Nuevos resultados			
Ítem	**Parámetro**	**Símbolo**	**Valor**	**Unidad**
2.4.1.	Velocidad media	V	5.46	m/s
2.4.2.	Velocidad ajustada	Vaj	7.75	m/s
2.4.3.	Esfuerzo cortante ajustado	$C_{ajustado}$	1374	N/m2

3. Evaluar la magnitud de los procesos de socavación y erosión lateral				
3.1. Datos de entrada obtenido de fichas previas				
Ítem	**Parámetro**	**Símbolo**	**Valor**	**Unidad**
3.1.1.	Esfuerzo cortante ajustado	C	1374	N/m2
3.1.2.	Esfuerzo cortante crítico	C_c	72.70	N/m2
3.1.3.	Tirante hidráulico	y	1.42	m
3.1.4.	Velocidad del flujo	v	7.75	m/s
3.1.5.	Peso específico del agua		9810	N/m3
3.1.6.	Radio Hidráulico	R_h	1.24	m
3.1.7.	Pendiente hidráulica (de acuerdo con ríos de llanura aluvial)	S_h	0.0561	m/m
3.1.8.	Factor de curvatura	-	1.42	-
3.2. Resultados				

Ítem	Parámetro	Valor
3.2.1.	Esfuerzo cortante ajustado Ƈ_a	1374
3.3. Evaluación del inicio de movimiento, erosión (criterio de Shields)		
Ítem	**Comparación**	**Interpretación**
3.3.1.	SI Ƈ_a < Ƈ_c	No hay erosión
3.3.2.	Si Ƈ_a = Ƈ_c	Inicio de movimiento
3.3.3.	Si Ƈ_a > Ƈ_c	Erosión activa
Cálculo		
3.4. Resultados		

Ítem	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
3.4.1.	Esfuerzo cortante actuante	C_a	1374	N/m2
3.4.2	Esfuerzo crítico	C_c	72.70	N/m2

Ítem	Evaluación	Resultado
3.4.3.	Condición del lecho	Inestable (erosión activa)
3.4.4.	Nivel de erosión	Severa (arranque de partículas, transporte de sedimentos, degradación del lecho, erosión lateral). La orilla exterior de la curva requiere **protección estructural robusta**, diseñada específicamente para soportar velocidades de hasta ~7.75 m/s.
3.5. Evaluación de la socavación		
Cálculo		
Profundidad de socavación (ds) en la margen externa (define la estabilidad del talud, profundidad de cimentación del enrocado, y el riesgo de falla). Se usa un criterio empírico: K= (1.0-1.2) tramo recto, (1.2-1.5) curva moderada, (1.5-2.0) curva pronunciada.		
3.5.1. Profundidad de socavación (ds)	$d_s = K * y$	
3.6. Resultados		
Ítem	**Evaluación**	**Resultado**
3.6.1.	ds	1.92
Ítem	**Clasificación (nivel)**	**Rango**
3.6.2.	Baja	< 0.50 m
3.6.3.	Media	0.5 - 1.5 m
3.6.4	Alta	> 1.5 m

Nivel de socavación		Alta
3.7. Diagnóstico de los tramos		
Ítem	**Aspectos evaluados**	**Rango**
3.7.1.	Erosión lateral	Erosión activa de nivel alto, pérdida progresiva de terreno El flujo tiene capacidad de arrancar y transportar el material.
3.7.2.	Socavación	Socavación general y local de nivel alto, debilitamiento del pie del talud, riesgo de colapso.
Condición de la ribera		Ribera en condición inestable
3.8. Nivel de riesgo hidráulico		
Ítem	**Nivel**	**Criterios**
3.8.1.	Bajo	Sin erosión ni socavación significativa.
3.8.2.	Medio	Erosión moderada o socavación media
3.8.3.	Alto	Erosión activa y socavación profunda
Nivel de riesgo		Alto
3.9. Criterios de diseño derivados		
Ítem	**Descripción**	**Criterios**
3.9.1.	¿Se requiere protección?	Si
3.9.2.	Tipo de protección	Dique enrocado
3.9.3.	Intensidad de protección	Alta
3.9.4.	Recomendaciones Técnicas	El diseño debe considerar: _Roca grande, espesor considerable, protección del pie, estabilidad en talud, filtro adecuado.
4. Características del suelo		
4.1. Fuente de información		
Ítem	**Fuente**	**Descripción**
4.1.1	Estudios previos (Geotecnia)	
4.1.2	Normativa técnica	E.050 (16)
4.1.3	Observaciones de campo	Inspección directa, identificar condiciones físicas reales
4.2. Identificación del tipo de suelo		
Ítem	**Parámetro**	**Descripción**

4.2.1.	Tipo de suelo predominante			Los suelos de causes fluviales son típicamente, depósitos aluviales granulares (15) (Grava/Arena/Limo)
4.2.2.	Clasificación (SUCS) (E.050)			Grava arenosa, grava mal gradada con arena GP-GM
4.2.3.	Origen			Coluvial-aluvial (depósito fluvio-torrencial de alta montaña)
4.2.4.	Condición			Suelo granular no cohesivo, alta permeabilidad e inestable ante el flujo.
4.3. Parámetros geotécnicos referenciales				
Ítem	**Parámetro**	**Unidad**	**Valor adoptado**	**Rango típico**
4.3.1.	Ángulo de fricción	°	32	28° - 40°
4.3.2.	Cohesión	Kpa	0	0-25
4.3.3.	Peso unitario	kN/m3	18.93	17-21
4.4. Capacidad portante (estimada)				
Ítem	**Parámetro**	**Valor**		**Unidad**
4.4.1.	Cohesión	0		kPa
4.4.2.	Peso específico	18.93		kN/m3
4.4.3.	Profundidad	2.50		m
4.4.4.	Ancho de la base	3		m
4.4.5.	FS (E.050)	3		-
4.5. Cálculo				
Método simplificado de Terzaghi				
4.6. Resultados				
Ítem	**Parámetro**	**Valor**		**Unidad**
4.6.1.	Capacidad portante admisible (q_a)	724.80		kPa
4.7. Evaluación Geotécnica				
Ítem	**Criterio**			**Clasificación**
4.7.1.	Resistencia del suelo: Depende de la fricción, comportamiento no cohesivo.			Media

4.7.2.	Capacidad portante: Buena capacidad de carga, suelo muy bueno.	Alta
4.7.3.	Condición de fundación: Aunque el suelo resiste más, sigue existiendo pérdida de soporte, socavación domina el comportamiento.	Desfavorable
4.8. Influencia en el diseño del dique		
Ítem	**Aspecto**	**Evaluación**
4.8.1.	Estabilidad al deslizamiento: Resistencia moderada al deslizamiento	Baja/ Desfavorable
4.8.2.	Necesidad de mejoramiento: No el suelo, si la protección hidráulica como el enrocado, el colchón anti socavación. El problema no es que el suelo sea débil, es q	Si
4.8.3.	Recomendaciones técnicas	En base a los resultados obtenidos, se recomienda no considerar únicamente la capacidad portante del suelo como criterio de diseño, ya que, si bien el terreno de fundación presenta una capacidad portante admisible adecuada (q_a = 724.80 kPa), la estabilidad del dique enrocado se encuentra condicionada principalmente por los procesos de socavación y erosión fluvial. Por tal motivo, se recomienda implementar medidas de protección hidráulica complementarias, tales como la colocación de un enrocado de protección en el pie del dique, así como el diseño de un colchón anti socavación. Asimismo, se sugiere que el diseño del dique enrocado considere las condiciones críticas de flujo en curva, incrementando los factores de seguridad y adoptando criterios conservadores.

5. Diseño del enrocado			
5.1. Datos de entrada (de fichas previas)			
Ítem	**Indicadores**	**Valor**	**Unidad**
5.1.1.	Caudal de diseño	173.90	m3/s
5.1.2.	Velocidad (V)	7.75	m/s
5.1.3.	Tirante hidráulico (v)	1.42	m
5.1.4.	Esfuerzo hidráulico (C̄)	1374	N/m2

5.1.5.	Ángulo de fricción	32	°
5.1.6.	Peso unitario del suelo	18.93	kN/m3
5.2 Diseño del tamaño de roca (Criterio Isbash)			
Ítem	**Aspecto**		**Evaluación**
5.2.1.	Velocidad del flujo (Va)		7.75
5.2.2.	Densidad relativa del material (Sr)		2.65
5.2.3.	Aceleración de la gravedad (g)		9.81
5.2.4.	Coeficiente considera la condición hidráulica (K)		1.5 - 2.0
5.2.1. Cálculo			
$$D_{50} = \frac{Va^2}{2g(S_r - 1)K^2}$$ K menor (≈1.5) → condición de alta turbulencia (zonas de curva, cerca de obstáculos, roca expuesta) → resulta en mayor D50 (más conservador) K mayor (≈2.0) → condición de baja turbulencia (tramo recto, flujo uniforme) → resulta en menor D50			
4.4. Resultados			
5.2.2. Resultados			
Ítem	**Parámetro**		**Valor**
5.2.2.1.	Tamaño de la roca $D50$		0.825 m
5.2.2.2.	Espesor mínimo del enrocado		1.25 m
5.3. Diseño de talud			
Ítem	Tipo de material		Talud recomendado
5.3.1.	Enrocado estable		1V: 1.5H
5.3.2.	Enrocado convencional		1V: 2H (Mínimo)
5.3.3.	**Resultados**		
Ítem	**Talud adoptado**		
5.3.4.	1V:1.5H		
5.4. Diseño de filtros			
ítem	Criterio de retención	Criterio de permeabilidad	

	$\frac{d_{15(filtro)}}{d_{85(base)}} \leq 5$ (Evita que el suelo base se lave)		$\frac{d_{15(filtro)}}{d_{15(base)}} \geq 4$ (Permite drenaje)		
5.4.1. Calculo					
No tenemos $d15$ y $d85$ usamos valores típicos para suelos aluviales:					
e_filtro	0.3 m	d_15	0.5 mm	d_85	5 mm
Valor del $d15$ para el filtro propuesto (controla permeabilidad y retención): d_15 =10mm					
Rango permitido para el $d15$ del filtro:					
Límite inferior (C. permeabilidad)	$d_{15(f)} \geq 4 * 0.5mm$				2 mm
Límite superior (C. retención)	$d_{15(f)} \leq 5 * 5mm$				25 mm
Coeficiente de uniformidad	$Cu \geq 6$: recomendable por USACE				
Se toma valores representativos en función del rango típico de suelos aluviales y ausencia de curva granulométrica:					
0.005m ≤ Df ≤ 0.05m	$D_{fmínimo} = 0.005m = 5\ mm$		$D_{fmáximo} = 0.05m = 25mmm$		$Cu = \frac{d_{60}}{d_{10}}$
5.4.2. Resultados					
Ítem	**Parámetro**				**Valor**
5.4.2.1.	Espesor de filtro: Debido a que no cuento con granulometría exacta del suelo, se adopta un filtro típico para suelos aluviales (gravas + arenas), sirve para retener finos del dique y permitir el drenaje.				0.30 m
5.4.2.2.	Rango del espesor: 0.12 m ≤ df ≤ 0.80 m				Cumple
5.4.2.3.	Tipo de material				Granular
5.4.2.4.	Gradación material (Cu) (Cu ≥ 3)				Moderadamente bien graduado
5.4.2.5.	Rango de tamaños (Criterio práctico). Propuesta de graduación del filtro: 0.005 m ≤ Df ≤ 0.05 m				Cumple
5.4.2.6.	Interpretación				Arena gruesa: transición Grava fina: drenaje
5.4.2.7.	Distribución (mezcla)				5–10 mm: 30% 10–25 mm: 40% 25–50 mm: 30%
5.4.2.8.	Colocación				Capa única

5.5. Geometría del dique		
Concepto	**Expresión**	**Resultado**
Tirante	y	1.42
Velocidad media del flujo	V	5.46
Coeficiente de mayoración según el caudal de diseño	ç= 1.1 (para caudales máximos entre 100 a 500m3/s)	1.10
Carga de velocidad	$V^2/2g$	1.50
Altura (criterio empírico según caudal de diseño)	$H = y + BL = y + çV^2/2g$	$H = 1.42\,m + 1.1 * 1.50m = \mathbf{3.07\,m}$
Ancho de coronamiento (criterio USACE)	B = 2.0 a 4.0 m	Se adopta $\boldsymbol{B = 2.00\,m}$

Resultados			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
5.5.1	Altura del dique	3.00	m
5.5.2	Ancho de corona	2.00	m
5.5.3	Talud aguas arriba	1V:1.50H	-
5.5.4	Talud aguas abajo	1V:1.00H	-
5.5.5	Ancho de base	8.00	m

5.6. Protección en el pie		
Concepto	**Cálculo**	**Resultado**
Profundidad de empotramiento	Criterio: de ≥ 1.2 a 1.5 × ds → de = 1.25× 1.92	de = 2.40 m → **de = 2.50 m**

5.7. Longitud del colchón		
Concepto	**Criterio**	**Resultado**
Longitud del colchón	L = 1.5 a 2.0 × ds	L = 1.95 × 1.92 = **3.74 m**
Espesor del colchón	$e = 1.5\ a\ 2.0 \times D_{50}$	$e = 2.0 \times 0.825 = \mathbf{1.65\,m}$
Resultados		

Ítem	Elemento	Recomendación
5.7.1	Profundidad de empotramiento mínimo	2.50 m
5.7.2	Pie del dique	Colchón de enrocado
5.7.3	Espesor mínimo del colchón	1.65 m

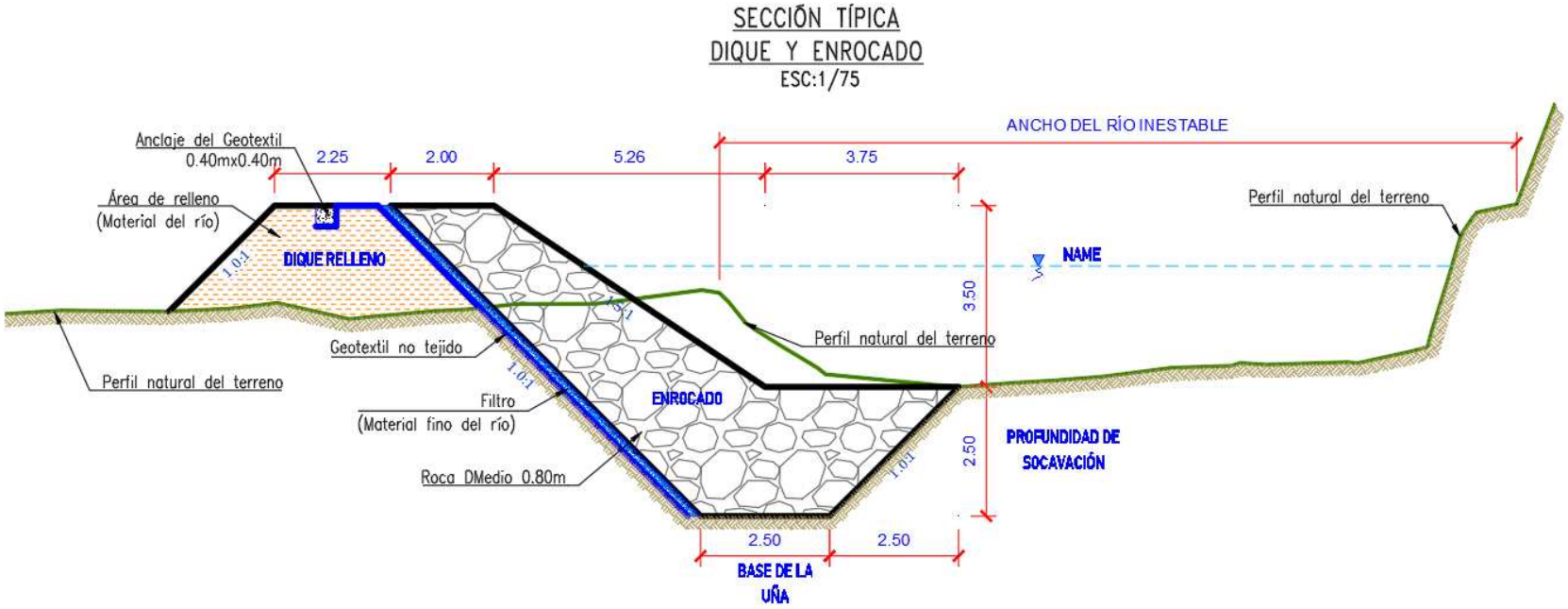
5.8 Evaluación del diseño		
Ítem	**Criterio**	**Resultado**
5.8.1	Estabilidad hidráulica	Cumple
5.8.2	Protección contra erosión	Adecuada
5.8.3	Compatibilidad geotécnica	Adecuada

5.9 Indicadores asociados		
Ítem	**Indicadores**	**Unidad**
5.9.1	Factor de seguridad al deslizamiento (FSd)	-
5.9.2	Factor de seguridad al volteo (FSv)	-
5.9.3	Estabilidad frente a socavación	-

5.9.1. Datos de entrada				
Ítem	**Parámetro**	**Símbolo**	**Valor**	**Unidad**
5.9.1.1	Velocidad	V	7.75	m/s
5.9.1.2	Esfuerzo cortante ajustado	C̄	1374	N/m²
5.9.1.3	Peso unitario del enrocado	γs	23.93	kN/m³
5.9.1.4	Peso unitario del agua	γw	9.81	kN/m³
5.9.1.5	Ángulo de fricción	φ	38	°
5.9.1.6	Altura del dique	H	3.00	m
5.9.1.7	Ancho de la base	B	8.00	m

5.10. Verificación de estabilidad al deslizamiento	
Ítem	**Descripción**
5.10.1	$F_{Sd} = \frac{(Fuerzas\ resistentes)}{Fuerzas\ actuantes}$

5.10.2	Expresión simplificada: $F_{Sd} = (W \times tan\,\varphi)/Fh$		
Datos			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
5.10.3	Peso del dique (W)	362.79	kN
5.10.4	Ángulo de fricción (φ)	32	°
5.10.5	Fuerza hidráulica (Fh)	9.89	kN
Resultados			
Ítem	**Parámetro**		**Valor**
5.10.6	Factor de seguridad al deslizamiento (FSd)		22.92
5.11. Verificación de estabilidad al volteo			
Ítem	**Fórmula**		
5.11.1.	$FSv = \frac{Momentos\ resistentes}{Momentos\ volcantes}$		
Datos			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
5.11.2.	Momento resistente (Mr)	922.84	kN·m
5.11.3.	Momento volcante (Mv)	15.21	kN·m
Resultados			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	
5.11.4.	FSv	60.67	
5.11.5.	Criterio ($FSv \geq 2.0$)	Altamente estable	
5.12. Verificación de estabilidad por socavación			
Ítem	**Parámetro**	**Valor**	**Unidad**
5.12.1.	Profundidad de socavación (ds)	1.92	m
5.12.2.	Profundidad de empotramiento	2.50	m
Cálculo			
Parámetro		**Resultado**	
$FS = \frac{demp}{ds}$		**1.30**	

Resultados		
Ítem	**Evaluación**	**Resultado**
5.12.3.	Protección del pie	Adecuada
Interpretación		Aceptable
5.13. Verificación global de estabilidad		
Ítem	**Tipo de falla**	**Resultado**
5.13.1	Deslizamiento	Cumple
5.13.2	Volteo	Cumple
5.13.3	Socavación	Cumple
Imagen		

Fuente: Elaboración propia (2026)

Tabla 08: Descarga máxima anual

CAUDALES MAXIMOS GENERADOS CON EL PROGRAMA HEC-HMS

Tiempo de Retorno	Caudales de máxima avenida el el punto de control del CP Lucre			
	Río Lucre	Probabilidad	Riesgo de falla	Confiabilidad
Tr (Años)	Qmax (m3/s)	P	R	C
10	67.94	0.100	93%	7%
25	95.28	0.040	64%	36%
50	122.26	0.020	40%	60%
100	155.10	0.010	22%	78%
140	**173.90**	**0.007**	**16%**	**84%**
200	195.51	0.005	12%	88%
500	261.27	0.002	5%	95%
1000	322.25	0.001	2%	98%

Tabla 09: Registro de precipitaciones máximas de 24 horas de las estaciones cercanas a la zona del proyecto.

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS-GENERADO

nº	Año	Chilcayoc	Vilcas Huamán	Paucaray	Huancapi	Andahuaylas	Chalhuanca	PP maxima (mm)	PP diseño (mm)
1	1987	20.0	26.0	7.0	26.9	19.5	20.1	**26.9**	**30.4**
2	1988	20.9	33.1	25.0	47.1	23.5	23.1	**47.1**	**53.2**
3	1989	20.9	30.4	28.5	27.6	29.8	15.4	**30.4**	**34.4**
4	1990	24.0	29.2	24.4	38.2	24.4		**38.2**	**43.2**
5	1991	26.2	34.6	32.0	40.3	23.8		**40.3**	**45.5**
6	1992	18.0	22.7	24.5	36.4	32.0		**36.4**	**41.1**
7	1993	25.8	35.2	37.0	41.2	22.5		**41.2**	**46.6**
8	1994	23.2	32.6	41.4	28.8	22.2	19.1	**41.4**	**46.8**
9	1995	22.2	34.2	28.6	24.5	32.7	19.6	**34.2**	**38.6**
10	1996	25.6	27.6	27.1	32.5	23.8	29.8	**32.5**	**36.7**
11	1997	19.3	25.2	25.1	29.1	30.5	27.2	**30.5**	**34.5**
12	1998	29.3	22.6	52.6	33.0	25.8	29.6	**52.6**	**59.4**
13	1999	35.7	18.3	37.2	25.3	24.8	28.6	**37.2**	**42.0**
14	2000	47.0	24.6	31.9	39.3	25.7	27.9	**47.0**	**53.1**
15	2001	44.0	20.5	27.8	43.4	19.9	41.5	**44.0**	**49.7**
16	2002	31.7	33.2	36.2	38.0	35.3	29.6	**38.0**	**42.9**
17	2003	34.7	26.8	21.7	29.3	43.3	33.3	**43.3**	**48.9**
18	2004	28.4	27.7	39.2	37.1	29.2	40.4	**40.4**	**45.7**
19	2005	28.9	48.4	38.2	49.0	23.5	27.3	**49.0**	**55.4**
20	2006	35.4	27.3	27.2	44.6	22.2	55.6	**55.6**	**62.8**

21	2007	35.5	28.0	22.3	37.4	36.3	38.3	**38.3**	**43.3**
22	2008	23.3	21.5	42.2	33.6	28.1	50.6	**50.6**	**57.2**
23	2009	27.7	40.4	29.7	26.3	29.3	24.8	**40.4**	**45.7**
24	2010	36.5	36.0	36.2	20.1	40.2	38.9	**40.2**	**45.4**
25	2011	33.7	26.8	29.3	31.5	31.3	30.8	**33.7**	**38.1**
26	2012	37.3	45.1	26.5	29.3	19.9	30.4	**45.1**	**51.0**
27	2013	30.2	31.5	29.4	32.3	30.8	29.1	**32.3**	**36.5**
28	2014	36.0	41.2	38.9	19.0	31.8	40.0	**41.2**	**46.6**
29	2015	32.1	28.1	25.3		22.5		**32.1**	**36.3**
30	2016	19.6		22.9	28.4	21.0		**28.4**	**32.1**
31	2017	33.9	26.0	30.5	25.7	25.7		**33.9**	**38.3**
32	2018	26.6	27.6		25.6	25.0		**27.6**	**31.2**
33	2019	26.4	39.0					**39.0**	**44.1**
34	2020	29.4	21.0			32.6		**32.6**	**36.8**
35	2021	35.1	40.4			39.0		**40.4**	**45.7**
36	2022	29.9	50.0					**50.0**	**56.5**
37	2023	23.0	24.6					**24.6**	**27.8**
38	2024	28.8	30.8					**30.8**	**34.8**

factor de corrección 1.13; según lo recomendado por (Weiss,1984) para calcular las precipitaciones máximas de 24 h caída sobre la tierra.

Tabla 10: Metrado

Metrado							
Ítem	**Descripción**	**Largo (m)**	**Ancho (m)**	**Alto/Espesor (m)**	**Cantidad**	**Unidad**	**Metrado**
1	**OBRAS PROVISIONALES**						
1.01	Cartel de obra	-	-	-	1	und	1
1.02	Implementación de seguridad y salud	-	-	-	1	glb	1
1.03	Señalización temporal	-	-	-	1	glb	1
2	**TRABAJOS PRELIMINARES**						
2.01	Limpieza y desbroce del terreno	700	10	-	1	m²	7,000.00
2.02	Trazo, nivelación y replanteo	700	-	-	1	m	700
3	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**						
3.01	Excavación para uña	700	2.5	2.5	1	m³	4,375.00
3.02	Eliminación de material excedente	700	2.5	2.51	1	m³	4,375.00
3.03	Perfilado y conformación del talud	700	5.41	-	1	m²	3,787.00
4	**ENROCADO**						
4.01	Colocación de geotextil	700	5.41	-	1	m²	3,787.00
4.02	Colocación de roca para enrocado	700	11.66	1	1	m³	8,162.00
4.03	Conformación y acomodo de roca	700	11.66	1	1	m³	8,162.00
5	**OBRAS COMPLEMENTARIAS**						
5.01	Limpieza final de obra	-	-	-	1	glb	1

Tabla 11: Costos y presupuestos

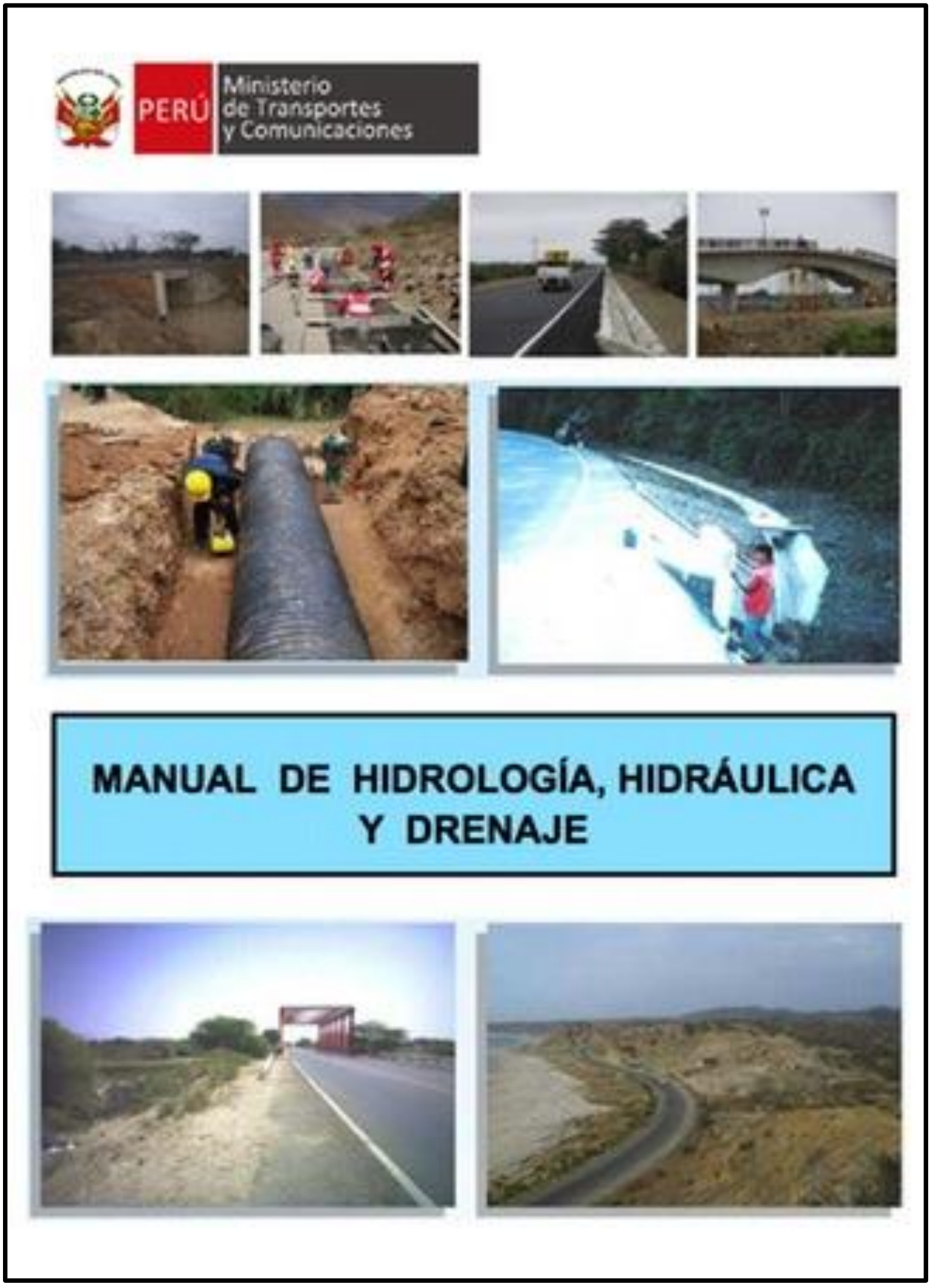
Presupuesto					
Ítem	**Descripción**	**Unidad**	**Metrado**	**P.U. (S/.)**	**Parcial (S/.)**
1	**OBRAS PROVISIONALES**				
1.01	Cartel de obra	und	1	850	850
1.02	Implementación de seguridad y salud ocupacional	glb	1	5,500.00	5,500.00
1.03	Señalización temporal	glb	1	2,000.00	2,000.00
	Subtotal Obras Provisionales				**8,350.00**
2	**TRABAJOS PRELIMINARES**				
2.01	Limpieza y desbroce del terreno	m²	7,000.00	2.2	15,400.00
2.02	Trazo, nivelación y replanteo	m	700	4.5	3,150.00
	Subtotal Trabajos Preliminares				**18,550.00**
3	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**				
3.01	Excavación para uña del enrocado	m³	4,375.00	32	140,000.00
3.02	Eliminación de material excedente	m³	4,375.00	24	105,000.00
3.03	Perfilado y conformación del talud	m²	3,787.00	8	30,296.00

	Subtotal Movimiento de Tierras				**275,962.00**
4	**CONSTRUCCIÓN DEL ENROCADO**				
4.01	Suministro e instalación de geotextil	m²	3,787.00	18	68,166.00
4.02	Suministro y colocación de roca para enrocado	m³	8,162.00	165	1,346,730.00
4.03	Conformación y acomodo manual del enrocado	m³	8,162.00	18	146,916.00
	Subtotal Enrocado				**1,561,812.00**
5	**OBRAS COMPLEMENTARIAS**				
5.01	Limpieza final de obra	glb	1	2,500.00	2,500.00
	Subtotal Obras Complementarias				**2,500.00**
	Costo Directo				1,866,508.00
	Gastos Generales (10.00%)				186,650.80
	Utilidad (8.00%)				149,320.64
	Sub-Total				2,202,479.44
	Impuesto General a las Ventas (18.00%)				396,446.30
	Valor Referencial				**2,598,925.74**

Tabla 12: Cronograma de actividades

Actividades	Sem.1	Sem.2	Sem.3	Sem.4	Sem.5	Sem.6	Sem.7	Sem.8	Sem.9	Sem.10	Sem.11	Sem.12	Sem.13	Sem.14	Sem.15
Instalación de obra															
Limpieza del terreno															
Trazo y replanteo															
Excavación de la uña															
Eliminación de material															
Perfilado del talud															
Colocación de geotextil															
Transporte de roca															
Colocación del enrocado															
Acabados															
Limpieza final															

Normas y reglamentos



3.12 ESTIMACIÓN DE CAUDALES

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log normal, log pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc., según el ítem 3.7

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q. cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial.

A continuación se presentan algunas metodologías:

3.12.1 Método IILA

Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe bastante dispersión en los datos. Con el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T (en años), es:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T) t^{n-1} \qquad (24)$$

Y la precipitación $P_{t,T}$ tiene la siguiente relación:

$$P_{t,T} = a(1 + K \log T) t^{n} \qquad (25)$$

Se recomienda que el valor estimado para la profundidad de socavación potencial total, sea consecuente con lo observado en la etapa de campo, respecto a los materiales que subyacen en el lecho del cauce y sobre la base de los ensayos de laboratorio de las muestras extraídas de las calicatas, pozos exploratorios y de la información obtenida de sondeos geofísicos. Esto, debido a que la estimación de la profundidad de socavación, se realiza mediante métodos empíricos que conllevan en algunos casos a obtener resultados que no son reales.

La profundidad de socavación parte de suponer que ésta depende de variables que caracterizan al flujo, al material presente en el lecho del cauce y a la geometría del puente. Por ello, existe mucha incertidumbre sobre el uso de las ecuaciones y sobre que ecuación representa mejor las condiciones reales del curso natural y del puente.

Existe poca información sobre modelos teóricos para estimar la profundidad de socavación, debido al alto grado de incertidumbre y a la complejidad de las variables involucradas, por ello, se recurre a los resultados de investigaciones experimentales de laboratorio basadas en el análisis dimensional, que como se ha mencionado anteriormente, dan resultados muchas veces muy conservadores y contradictorios. Las ecuaciones disponibles en la actualidad son envolventes a resultados obtenidos a modelos físicos de laboratorio.

El software HEC RAS versión 3.1.1 (2003) además de permitir realizar la hidráulica en la zona del puente también permite realizar la estimación de la profundidad de socavación en el puente, por contracción y la socavación local en pilares y estribos usando las ecuaciones recomendadas en HEC-18, 2001. Sin embargo, se deja establecido que la obtención de la sección hidráulica del puente y la estimación de la socavación en sus apoyos, especialmente en nuestro medio no se debe limitar al uso del HEC RAS y debe aplicarse en forma responsable luego de ser calibrado, donde el juicio y criterio ingenieril prevalecen.

3.2) Enrocado para pie de talud

En el pie de talud, el ángulo λ es aproximadamente igual a cero, debido a que el lecho del río fuerza a las líneas de corriente a discurrir en forma paralela al mismo.

Haciendo $\lambda = 0$, las relaciones anteriores se simplifican:

$$\eta_0 = \frac{0.3V_r^2}{(S_s - 1)gd_{50}} \qquad (111)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left\{\frac{\eta_0 \tan\phi}{2sen\theta}\right\} \qquad (112)$$

$$\eta_1 = \eta_0\left(\frac{1 + sen\beta}{2}\right) \qquad (113)$$

$$SF_0 = \frac{\cos\theta \tan\phi}{\eta_1 \tan\phi + sen\theta\cos\beta} \qquad (114)$$

3.3) Diseño del filtro

En esta sección se tratará acerca del filtro de material granular, el cual se coloca como un "cama de apoyo" entre el material base y el enrocado, es una grava que previene el flujo a través de los intersticios del enrocado.

La función del filtro es no permitir la migración de finos del material subyacente (material base) ni pasar a través de la capa superior (enrocado), para asegurar esto, se deben cumplir las siguientes relaciones:

$$\frac{d_{15}(Filtro)}{d_{85}(Base)} < 5 < \frac{d_{15}(Filtro)}{d_{15}(Base)} < 40$$

Además:

$$\frac{d_{50}(Filtro)}{d_{50}(Base)} < 40$$

Asimismo, existen filtros constituidos por geotextil cuyas especificaciones se presentan en las Especificaciones Generales

socavación tanto en lecho móvil como en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce principal o no y para flujo concentrado en el cauce principal o combinado con flujo sobre las zonas de inundación.

a) Socavación en agua clara y en lecho móvil

La ecuación de Froehlich que a continuación se expone es muy utilizada en los Estados Unidos de América.

$$\frac{y_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.43} F_{ev}^{0.61} + 1 \qquad (110)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

h_e : Profundidad media del flujo (profundidad hidráulica) en la zona de inundación obstruida por el estribo aguas arriba del puente (m).

K_f : Coeficiente que depende de la forma del estribo. Tabla Nº 27, Figura Nº 23.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo. Ecuación (111), Figura Nº 24.

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua proyectada normalmente al flujo (m).

F_e : Número de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo.

TABLA N° 27: Coeficiente por forma del estribo K_f. Método de Froehlich

socavación en un estribo localizado en un cauce compuesto. Este valor es muy conservador especialmente para el caso de estribos largos.

Conclusiones al Método de Melville

Finalmente, considerando todas las limitaciones en la cuantificación de ciertos factores existentes hasta la fecha de realización de las investigaciones, B. W. Melville, propone las siguientes ecuaciones de diseño que corresponden a envolventes de los datos de laboratorio. Por las razones anteriores, los resultados de su aplicación son bastante conservadores.

- Estribos cortos (L<h)

$$y_s = 2K_f L$$

$$y_s máx = 2L$$

Las anteriores ecuaciones consideran que el ángulo de ataque del flujo pierde importancia para el caso de estribos cortos.

- Estribos de longitud intermedia (h ≤ L ≤ 25h)

En este caso, la forma y la longitud del estribo, el ángulo de ataque y la profundidad de flujo, tienen importancia sobre la profundidad de socavación, tal como reflejan las siguientes ecuaciones:

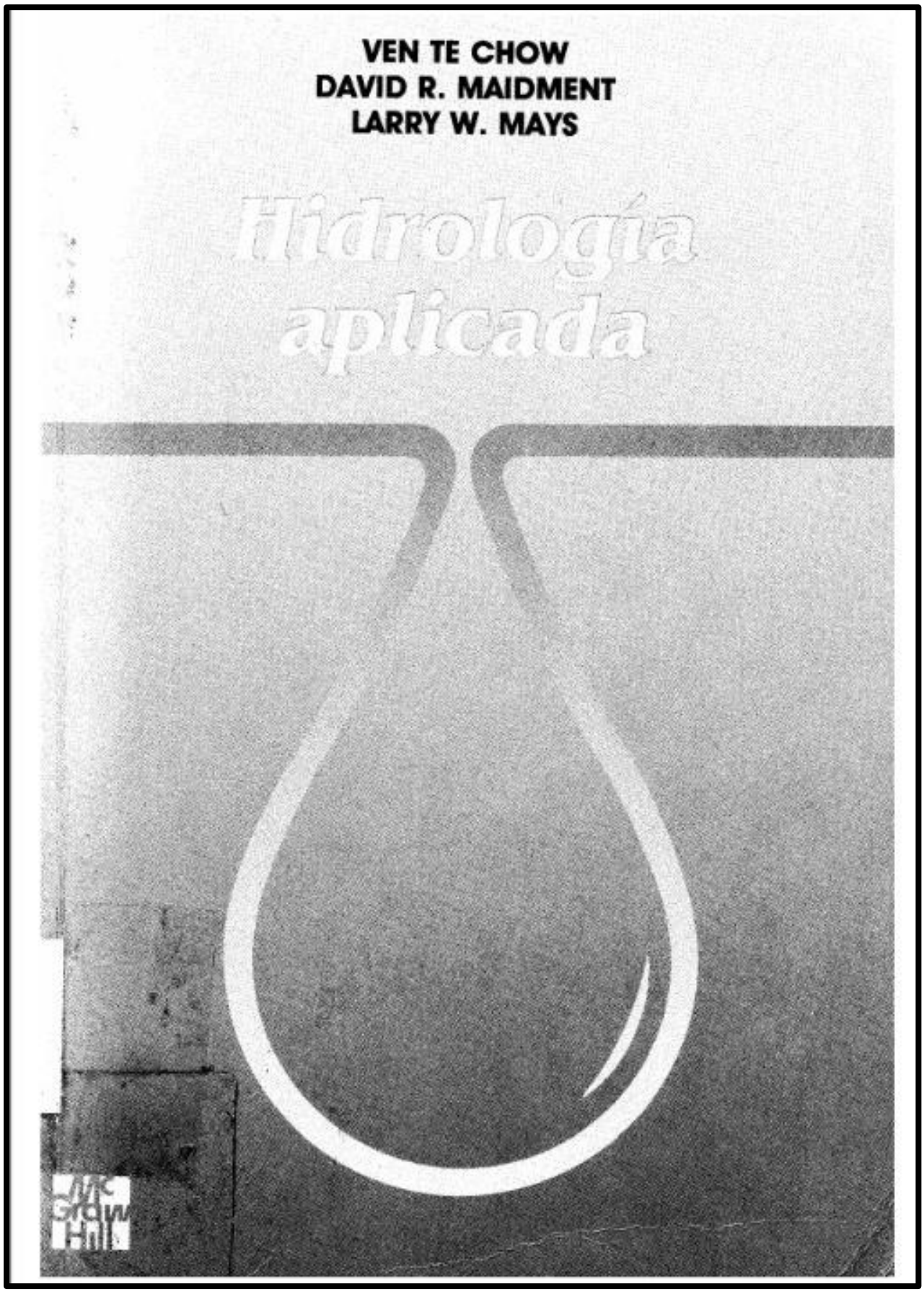
$$y_s = 2K_f^* K_\theta^* (hL)^{0.5}$$

$K_f^* = K_f$, para $L \le 10h$

$K_f^* = K_f + (1 - K_f)(0.1\left(\frac{L}{h}\right) - 1.5)$, para $10h < L < 25h$

$K_f^* = 1.0$, para $L \ge 25h$

$K_\theta^* = K_\theta$, para $L \ge 3h$


VEN TE CHOW
DAVID R. MAIDMENT
LARRY W. MAYS
Hidrología aplicada
Mc Graw Hill

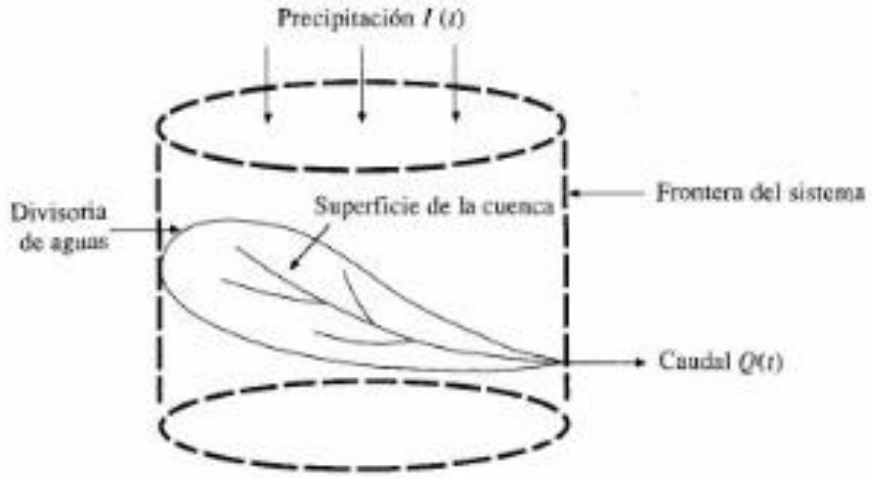


FIGURA 1.2.3
La cuenca como un sistema hidrológico.

Si la superficie y el suelo de la cuenca se examinan en detalle, el número de caminos posibles resulta enorme. A lo largo de alguno de estos caminos, la forma, la pendiente y la rugosidad pueden cambiar continuamente y estos factores también pueden variar en el tiempo a medida que el suelo se humedece. De manera análoga, la precipitación varía aleatoriamente en el espacio y el tiempo. Debido a estas grandes complicaciones, no es posible describir algunos procesos hidrológicos a través de leyes físicas exactas. Si se utiliza el concepto de sistema, el esfuerzo se dirige hacia la construcción de un modelo que relacione entradas y salidas en lugar de llevar a cabo la extremadamente difícil tarea de una representación exacta de los detalles del sistema, los cuales pueden ser desconocidos o no significativos desde un punto de vista práctico. Sin embargo, el conocimiento de un sistema físico ayuda en el desarrollo de un buen modelo y en la determinación de su precisión.

1.3 MODELO DEL SISTEMA HIDROLÓGICO

El objetivo del análisis del sistema hidrológico es estudiar la operación del sistema y predecir su salida. Un modelo de sistema hidrológico es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas. Central a la estructura del modelo está el concepto de *transformación del sistema*.

Las entradas y las salidas pueden expresarse como funciones del tiempo, $I(t)$ y $Q(t)$ respectivamente, en donde t pertenece al rango de tiempo T en consideración. El sistema realiza una transformación de la entrada en la salida representada por

$$Q(t) = \Omega I(t) \tag{1.3.1}$$

la cual se conoce como *ecuación de transformación* del sistema. El símbolo Ω es una *función de transferencia* entre la entrada y la salida. Si esta relación puede representarse mediante una ecuación algebraica, entonces Ω es un operador algebraico. Por ejemplo, si

$$Q(t) = CI(t) \tag{1.3.2}$$

donde C es una constante, entonces la función de transferencia es el operador

$$\Omega = \frac{Q(t)}{I(t)} = C \tag{1.3.3}$$

Si la transformación es descrita por una ecuación diferencial, entonces la función de transferencia sirve como un *operador diferencial*. Por ejemplo, un *embalse lineal* tiene su almacenamiento S relacionado con su caudal de salida Q a través de

$$S = kQ \tag{1.3.4}$$

donde k es una constante que tiene dimensiones de tiempo. Por consiguiente, la tasa de cambio del almacenamiento con respecto al tiempo dS/dt es igual a la diferencia entre la entrada y la salida

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \tag{1.3.5}$$

Eliminando S en las dos ecuaciones y reordenando,

$$k\frac{dQ}{dt} + Q(t) = I(t) \tag{1.3.6}$$

luego

$$\Omega = \frac{Q(t)}{I(t)} = \frac{1}{1 + kD} \tag{1.3.7}$$

donde D es el operador diferencial d/dt. Si la ecuación de transformación ha sido determinada y puede ser resuelta, se encuentra la salida como función de la entrada. La ecuación (1.3.7) describe un sistema *lineal* si k es una constante. Si k es una función de la entrada I o de la salida Q, entonces (1.3.7) describe un *sistema no lineal* que es más difícil de solucionar.

1.4 CLASIFICACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS

Los modelos hidrológicos pueden dividirse en dos categorías: modelos *físicos* y modelos *abstractos*. Los primeros incluyen modelos a *escala* que representan el sistema en una escala reducida, tal como un modelo hidráulico del vertedero de una presa; y modelos *análogos*, que usan otro sistema físico con propiedades similares a las del prototipo. Por ejemplo el Hele-Shaw es un modelo análogo que usa el movimiento de un fluido viscoso entre dos placas paralelas muy cercanas para modelar el flujo a través de un acuífero o terraplén.

Los modelos abstractos representan el sistema en forma matemática. La operación del sistema se describe por medio de un conjunto de ecuaciones que relacionan las variables de entrada y de salida. Estas variables pueden ser funciones del espa-

$$\Delta H_3 = \frac{I\left(t_j + \frac{2\Delta t}{3}\right) - Q\left(H_j + \frac{2\Delta H_2}{3}\right)}{A\left(H_j + \frac{2\Delta H_2}{3}\right)} \Delta t$$

$$= \frac{(40 - 1.10)}{43,560} \times 600$$

$$= 0.54 \text{ pies}$$

Los valores de ΔH_1, ΔH_2 y ΔH_3 se encuentran en las columnas 3, 4 y 5 de la tabla 8.3.1. Luego, para el intervalo de tiempo completo de diez minutos, ΔH se calcula utilizando la ecuación (8.3.6):

$$\Delta H = \frac{\Delta H_1}{4} + \frac{3\Delta H_3}{4}$$

$$= \frac{0}{4} + \frac{3}{4}(0.54) = 0.40 \text{ pies}$$

Luego, H en 10 min está dado por $H_2 = H_1 + \Delta H_1 = 0 + 0.40 = 0.40$ pies (columna 6) y el caudal correspondiente para el tubo se interpola de la tabla 8.2.2 como $Q = 2.4$ cfs (columna 7).

Los cálculos de tránsito para periodos subsiguientes siguen el mismo procedimiento, y la solución extendida lo suficientemente lejos para cubrir el pico de caudal de salida, se presenta en la tabla 8.3.1. El resultado es muy similar al obtenido en el ejemplo 8.2.1 utilizando el método de tránsito de piscina nivelada. Igual que antes, el pico de entrada de 360 cfs en el minuto 60 se reduce a 270 cfs en el minuto 80.

8.4 TRÁNSITO HIDROLÓGICO EN RÍOS

El *método de Muskingum* es un método de tránsito hidrológico que se usa comúnmente para manejar relaciones caudal-almacenamiento variables. Este método modela el almacenamiento volumétrico de creciente en un canal de un río mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma (*véase* la figura 8.4.1). Durante el avance de la onda de creciente, el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida, siendo un almacenamiento de *cuña*. Durante la recesión, el caudal de salida

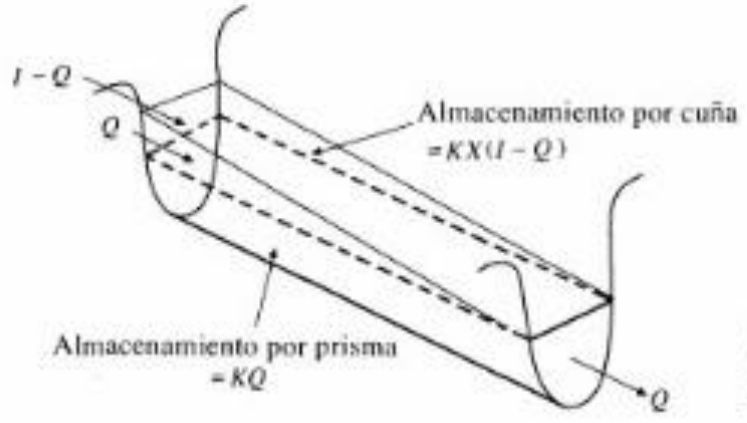


FIGURA 8.4.1
Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de un canal.

es mayor que el caudal de entrada resultando en una cuña negativa. Adicionalmente, existe un almacenamiento por *prisma* que está formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo de la longitud del canal prismático.

Suponiendo que el área de la sección transversal del flujo de creciente es directamente proporcional al caudal en la sección, el volumen de almacenamiento por prisma es igual a KQ donde K es un coeficiente de proporcionalidad, y el volumen de almacenamiento por cuña es igual a $KX(I - Q)$, donde X es un factor de ponderación dentro del rango $0 \leq X \leq 0.5$. El almacenamiento total es por consiguiente la suma de dos componentes,

$$S = KQ + KX(I - Q) \tag{8.4.1}$$

la cual puede reordenarse para dar la función de almacenamiento para el método de Muskingum

$$S = K[XI + (1 - X)Q] \tag{8.4.2}$$

y representa un modelo lineal para el tránsito de caudales en corrientes.

El valor de X depende de la forma de almacenamiento por cuña modelado. El valor de X varía desde 0 para un almacenamiento tipo embalse hasta 0.5 para una cuña completamente desarrollada. Cuando $X = 0$, no existe cuña y por consiguiente no existe curva de remanso; éste es el caso para un embalse de piscina nivelada. En este caso la ecuación (8.4.2) resulta en un modelo de embalse lineal $S = KQ$. En corrientes naturales, X se encuentra entre 0 y 0.3 con un valor medio cercano a 0.2. No se necesita una gran precisión en la determinación de X debido a que los resultados del método son relativamente insensibles al valor de este parámetro. El parámetro K es el tiempo de tránsito de una onda de creciente a través del tramo de canal. En el capítulo 9 se describe un procedimiento conocido como el método de *Muskingum-Cunge* para determinar los valores de K y X con base en las características del canal y la tasa de flujo en el canal. Para el tránsito hidrológico, los valores de K y X se suponen especificados y constantes para todo el rango de flujo.

Los valores de almacenamiento en el tiempo j y $j + 1$ pueden escribirse, respectivamente, como

$$S_j = K[XI_j + (1 - X)Q_j] \tag{8.4.3}$$

y

$$S_{j+1} = K[XI_{j+1} + (1 - X)Q_{j+1}] \tag{8.4.4}$$

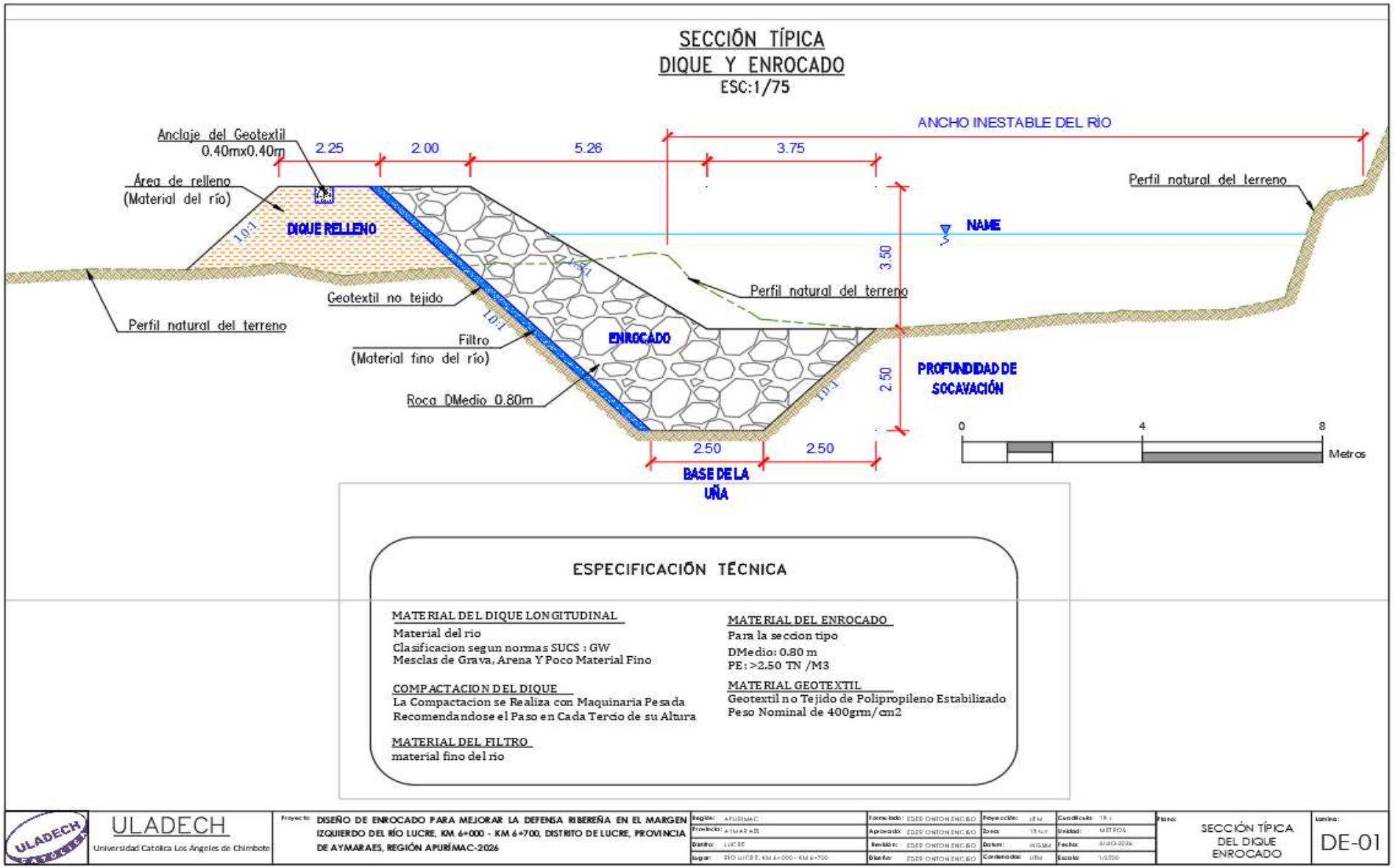
Utilizando las ecuaciones (8.4.3) y (8.4.4), el cambio del almacenamiento durante el intervalo de tiempo Δt (*véase* la figura 8.2.1) es

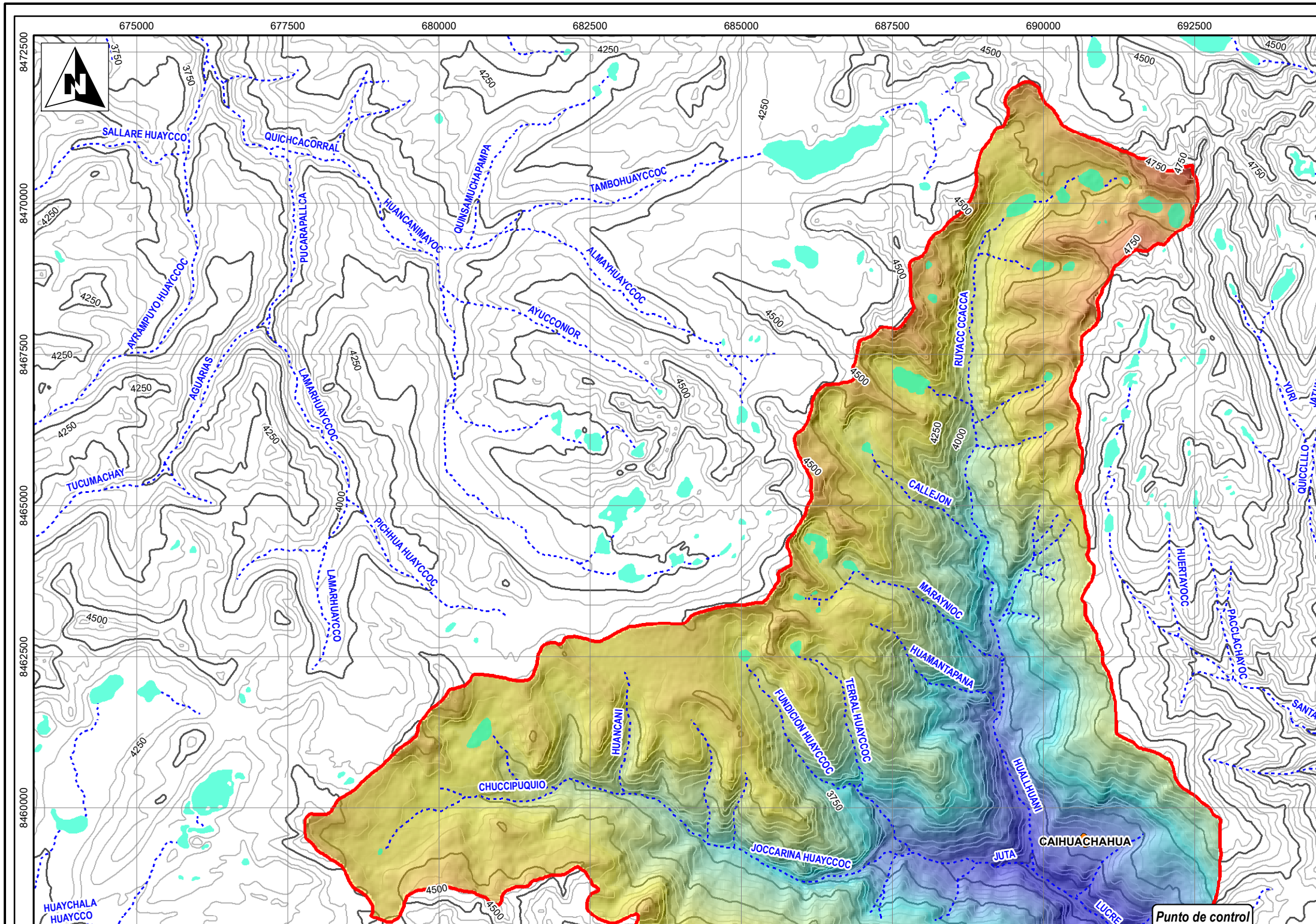
$$S_{j+1} - S_j = K\{[XI_{j+1} + (1 - X)Q_{j+1}] - [XI_j + (1 - X)Q_j]\} \tag{8.4.5}$$

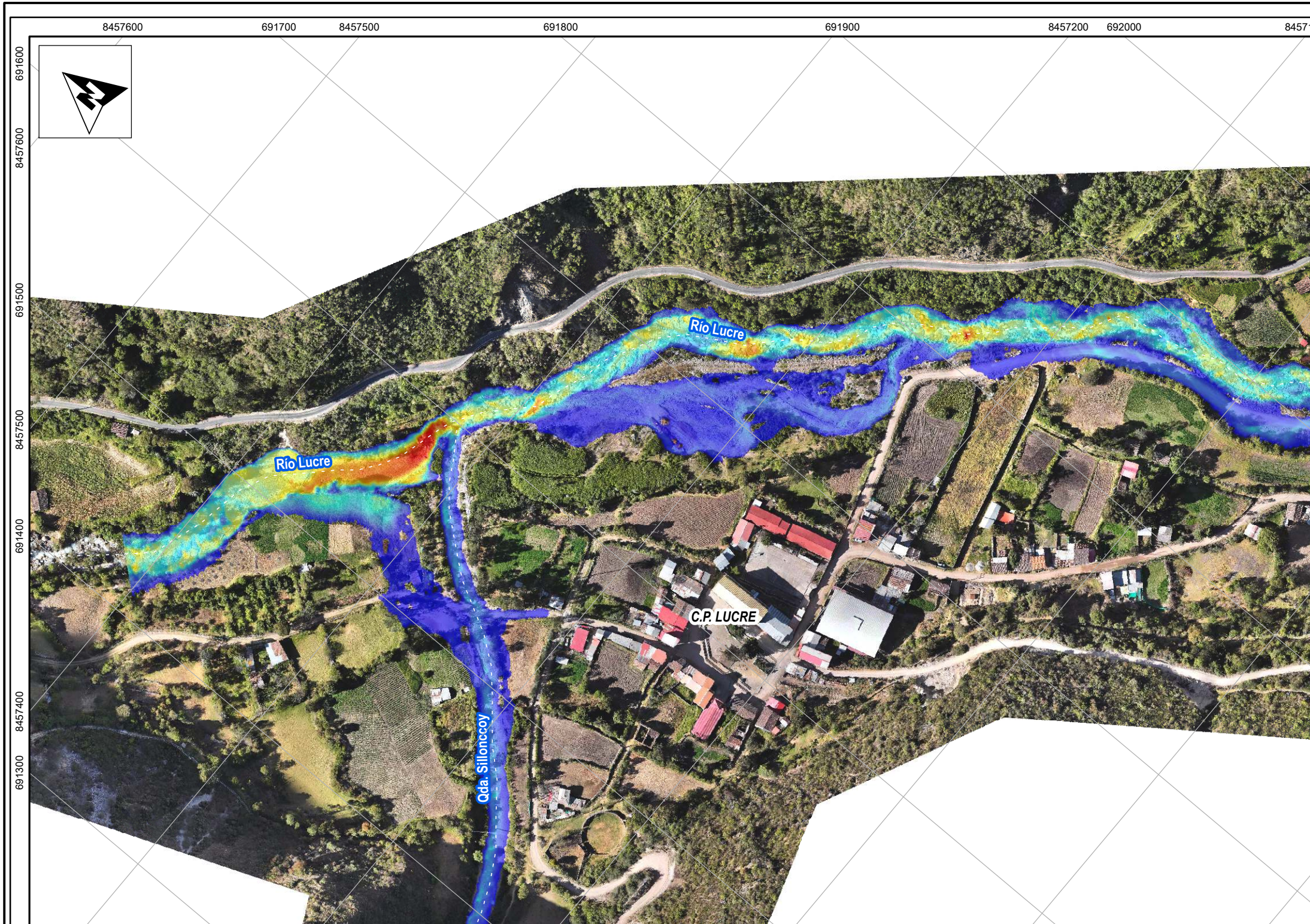
El cambio en el almacenamiento también puede expresarse, utilizando la ecuación (8.2.2), como

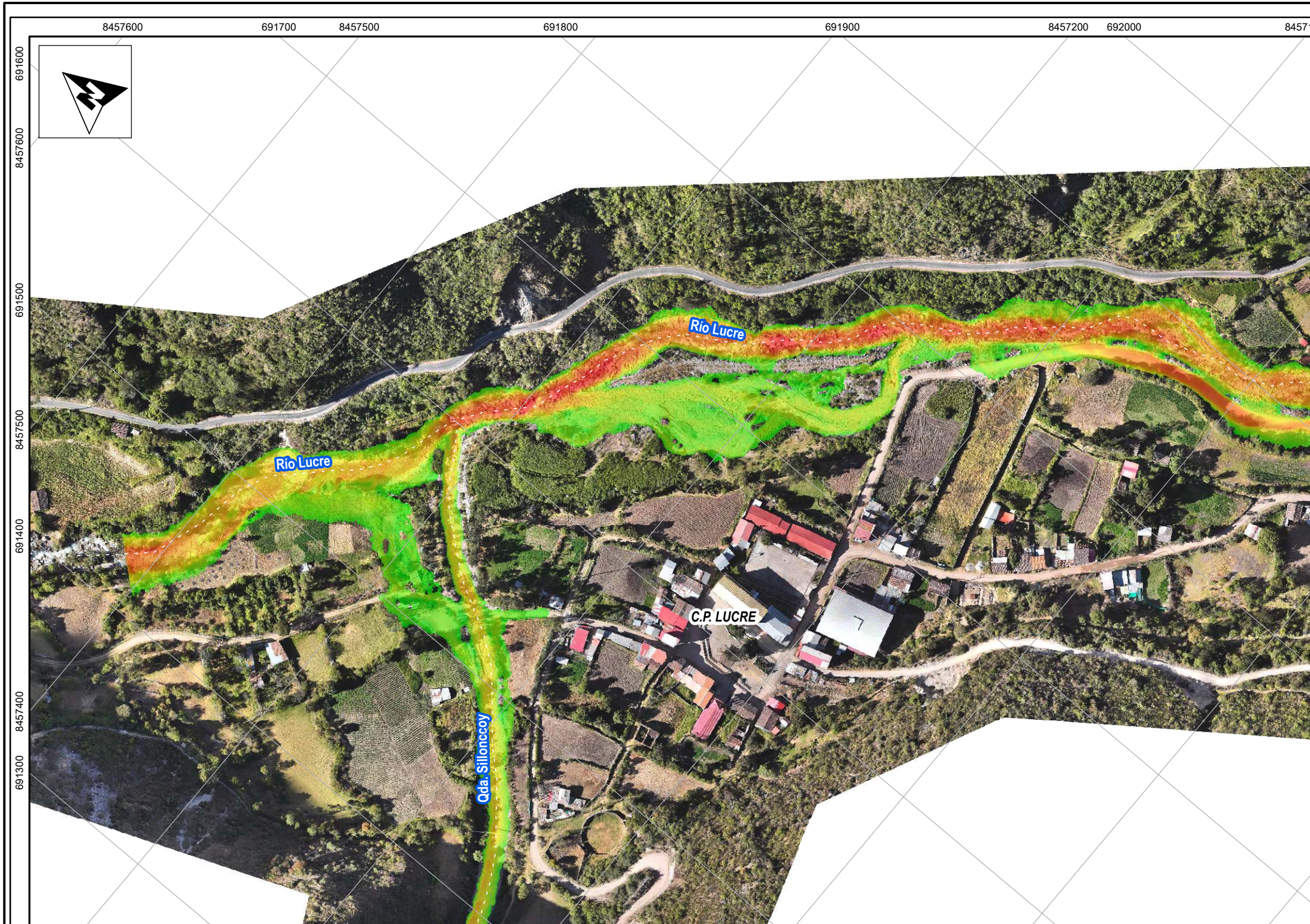
$$S_{j+1} - S_j = \frac{(I_j + I_{j+1})}{2}\Delta t - \frac{(Q_j + Q_{j+1})}{2}\Delta t \tag{8.4.6}$$

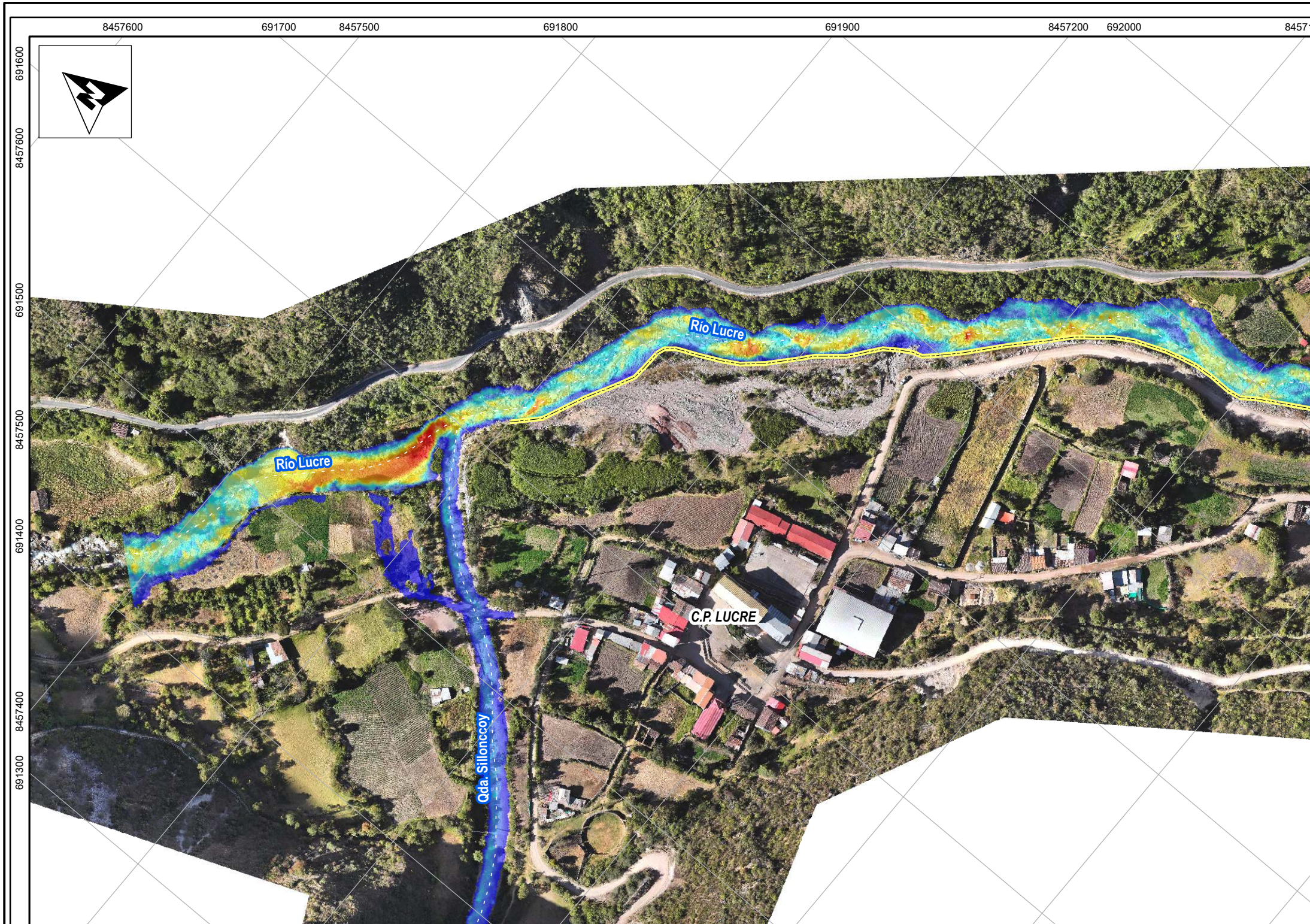
PLANOS

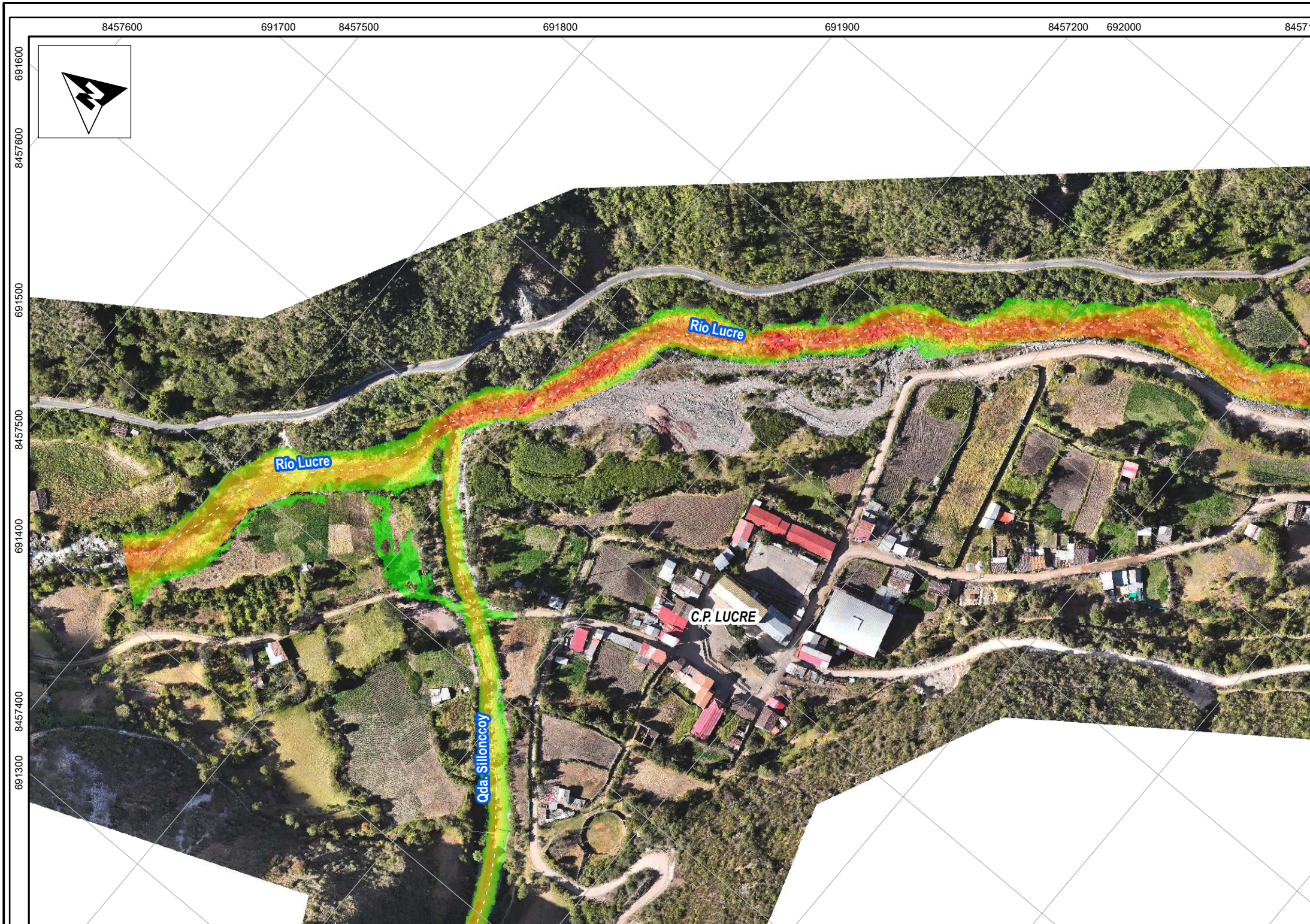

SECCIÓN TÍPICA
DIQUE Y ENROCADO
ESC:1/75
ANCHO INESTABLE DEL RÍO
Anclaje del Geotextil
0.40mx0.40m
2.25
2.00
5.26
3.75
Área de relleno
(Material del río)
DIQUE RELLENO
1.0:1
Perfil natural del terreno
NAME
3.50
Geotextil no tejido
Perfil natural del terreno
Filtro
(Material fino del río)
ENROCADO
Roca DMedio 0.80m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN
2.50
2.50
2.50
BASE DE LA UÑA
0
4
8
Metros
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
MATERIAL DEL DIQUE LONGITUDINAL
Material del rio
Clasificacion segun normas SUCS : GW
Mesclas de Grava, Arena Y Poco Material Fino
COMPACTACION DEL DIQUE
La Compactacion se Realiza con Maquinaria Pesada
Recomendandose el Paso en Cada Tercio de su Altura
MATERIAL DEL FILTRO
material fino del rio
MATERIAL DEL ENROCADO
Para la seccion tipo
DMedio: 0.80 m
PE: >2.50 TN /M3
MATERIAL GEOTEXTIL
Geotextil no Tejido de Polipropileno Estabilizado
Peso Nominal de 400grm/cm2
ULADECH
Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote
DISEÑO DE ENROCADO PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO LUCRE, KM 6+000 - KM 6+700, DISTRITO DE LUCRE, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC-2026
SECCIÓN TÍPICA DEL DIQUE ENROCADO
DE-01

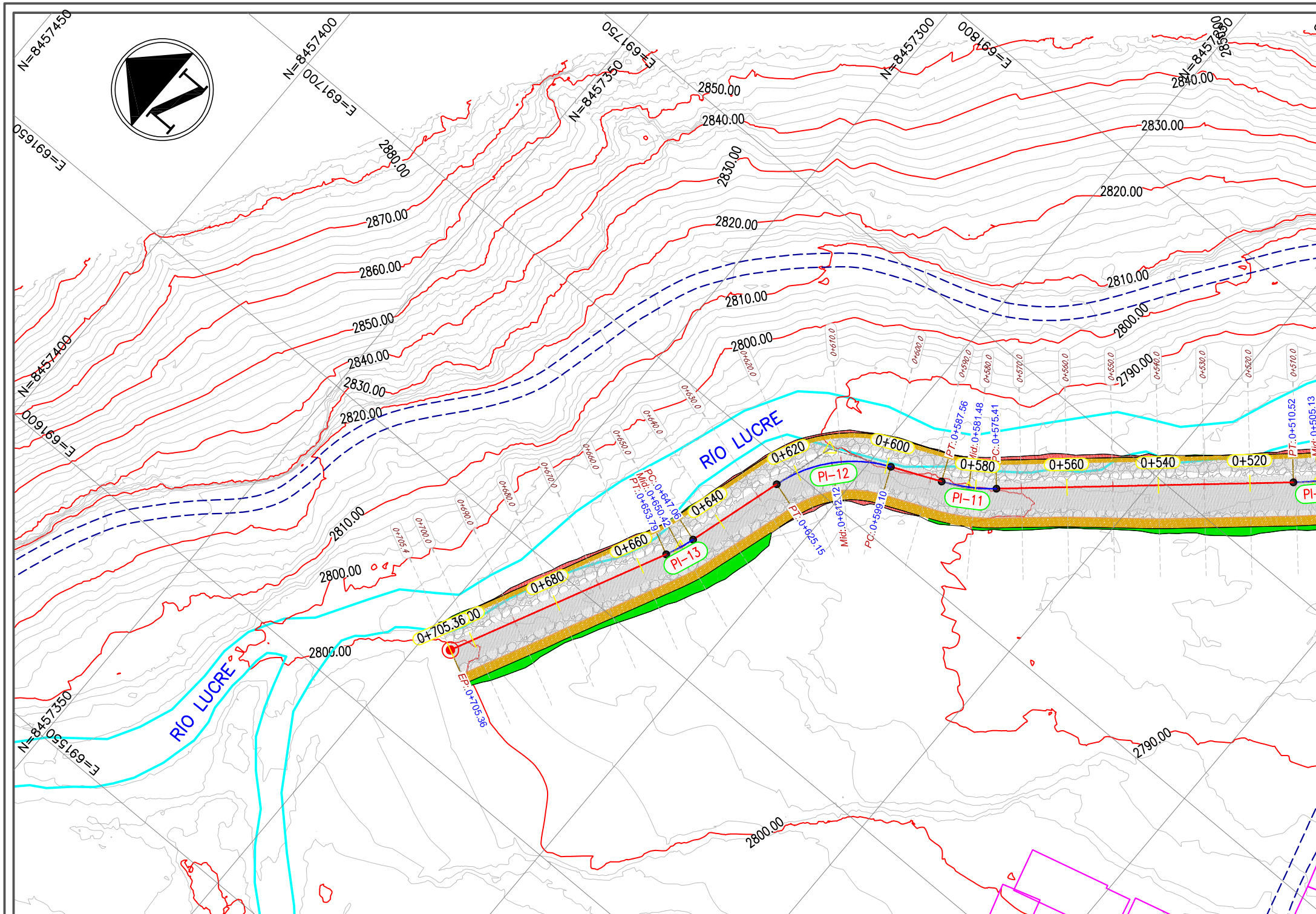

675000
677500
680000
682500
685000
687500
690000
692500
8472500
8470000
8467500
8465000
8462500
8460000
SALLARE HUAYCCO
QUICHCACORRAL
PUCARAPALLCA
HUANCANIMAYOC
QUINSAMUCHAPAMPA
TAMBOHUAYCCOC
ALMAYHUAYCCOC
AYUCCONIOR
AYRAMPUYO HUAYCCOC
AGUARIAS
LAMARHUAYCCOC
TUCUMACHAY
PICHHUA HUAYCCOC
LAMARHUAYCCO
RUYACC CCACCA
CALLEJON
MARAYNIOC
HUAMANTAPANA
TERRAL HUAYCCOC
FUNDICION HUAYCCOC
HUANCANI
CHUCCIPUQUIO
JOCCARINA HUAYCCOC
HUALLHUANI
JUTA
CAIHUACHAHUA
HUERTAYOCC
PACCLACHAYOC
YURI
QUICCLLLO
SANTA
HUAYCHALA HUAYCCO
LUCRE
Punto de control


8457600
691700
8457500
691800
691900
8457200
692000
691600
8457600
691500
8457500
691400
8457400
691300
Río Lucre
Río Lucre
C.P. LUCRE
Qda. Sillonccoy


8457600
691700
8457500
691800
691900
8457200
692000
691600
8457600
691500
8457500
691400
8457400
691300
Río Lucre
Río Lucre
C.P. LUCRE
Qda. Sillonccoy

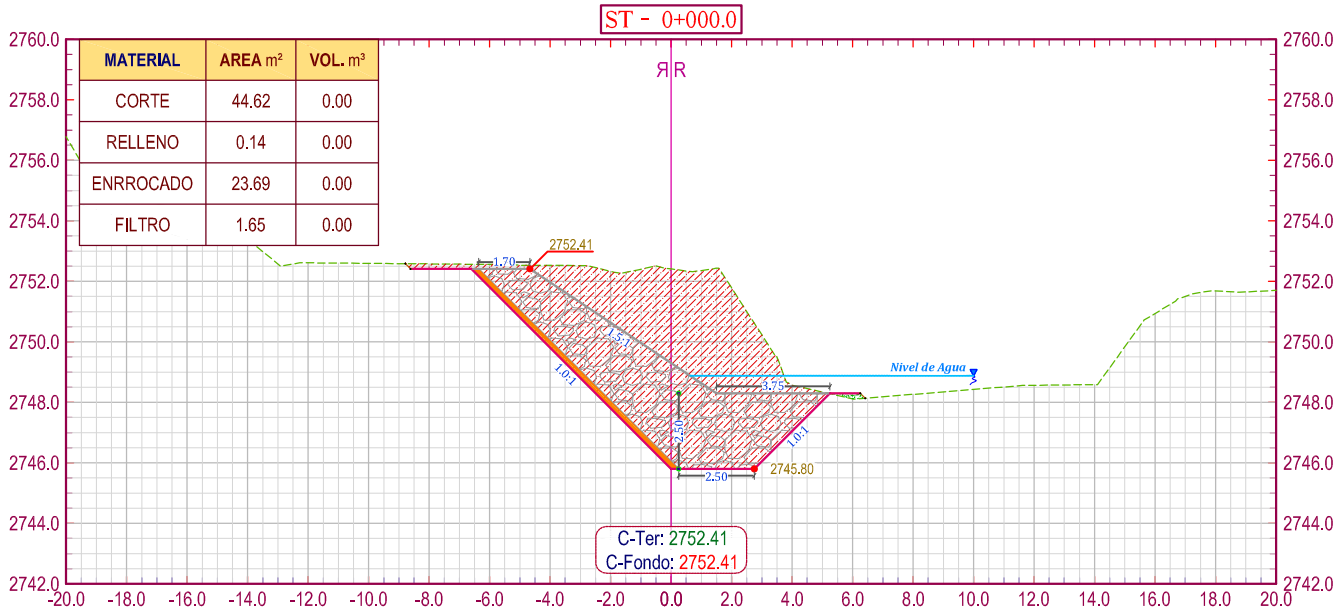

8457600
691700
8457500
691800
691900
8457200
692000
691600
8457600
691500
8457500
691400
8457400
691300
Río Lucre
Río Lucre
C.P. LUCRE
Qda. Sillonccoy


8457600
691700
8457500
691800
691900
8457200
692000
691600
8457600
691500
8457500
691400
8457400
691300
Río Lucre
Río Lucre
C.P. LUCRE
Qda. Sillonccoy


N=8457450
N=8457400
N=8457350
E=691750
E=691800
E=691700
E=691650
E=691600
E=691550
2850.00
2840.00
2830.00
2820.00
2810.00
2800.00
2790.00
2880.00
2870.00
2860.00
RÍO LUCRE
RÍO LUCRE
0+705.36.00
0+680
0+660
0+640
0+620
0+600
0+580
0+560
0+540
0+520
PI-13
PI-12
PI-11
EP: 0+705.36
PC: 0+647.06
PI: 0+650.42
PI: 0+653.79
PI: 0+625.15
Mid: 0+612.12
PC: 0+599.10
PT: 0+587.56
Mid: 0+581.48
PC: 0+575.41
PT: 0+510.52

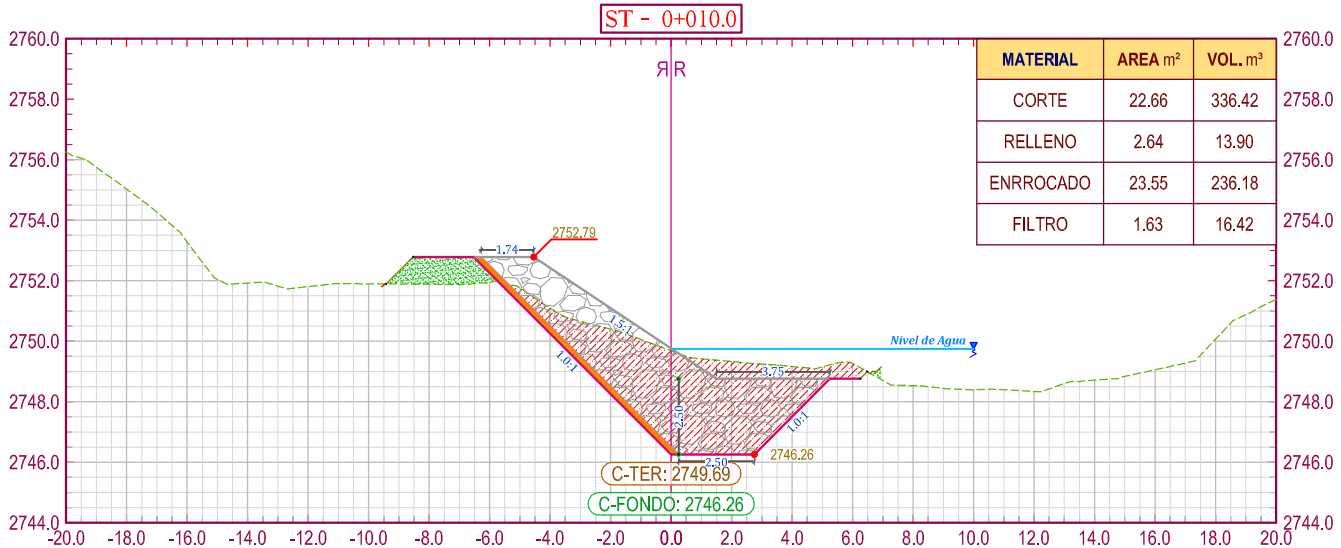
ST - 0+000.0

MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	44.62	0.00
RELLENO	0.14	0.00
ENRROCADO	23.69	0.00
FILTRO	1.65	0.00

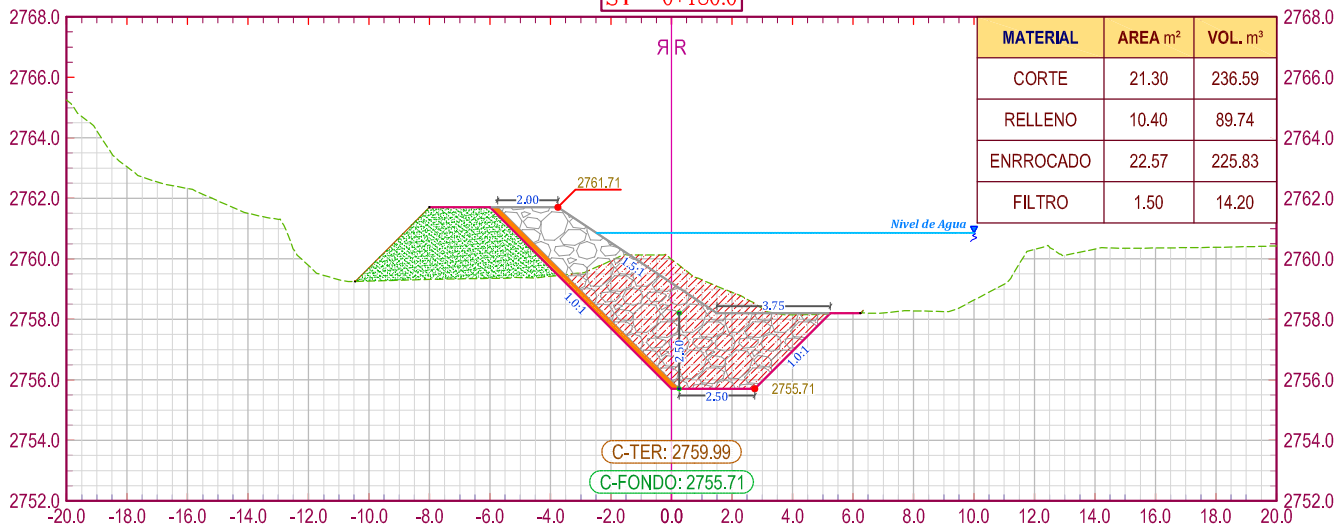


ST - 0+010.0

MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	22.66	336.42
RELLENO	2.64	13.90
ENRROCADO	23.55	236.18
FILTRO	1.63	16.42

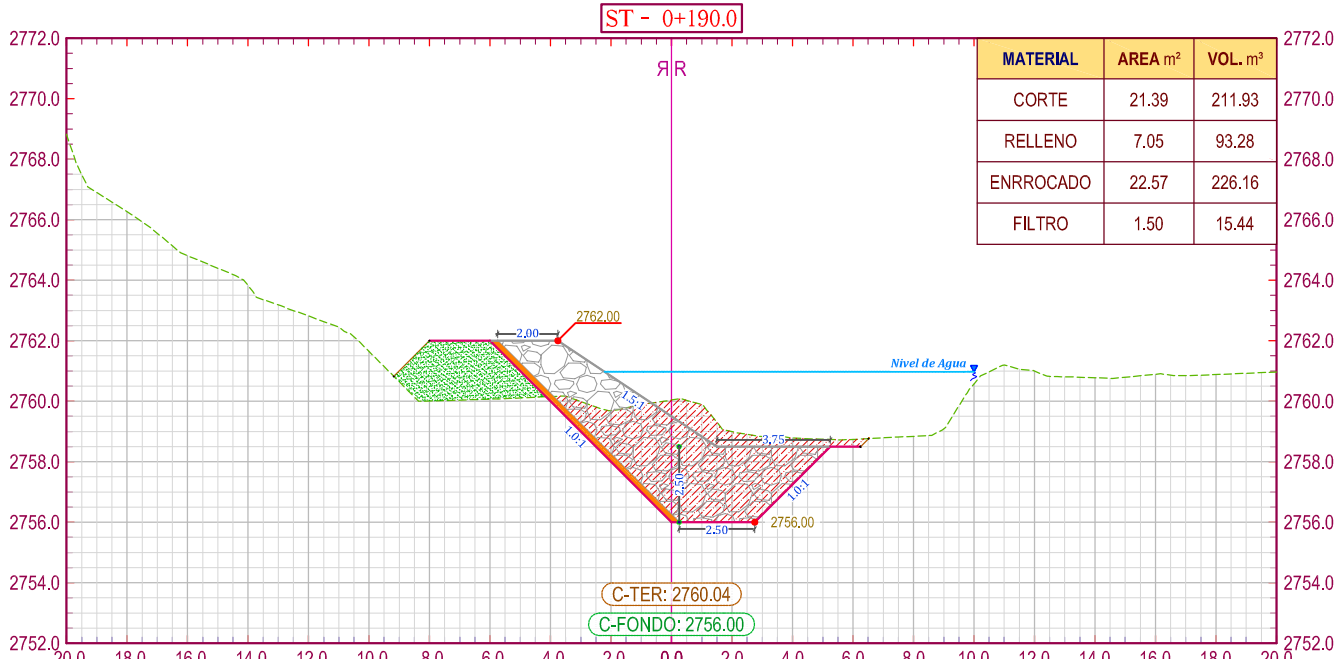


ST - 0+180.0

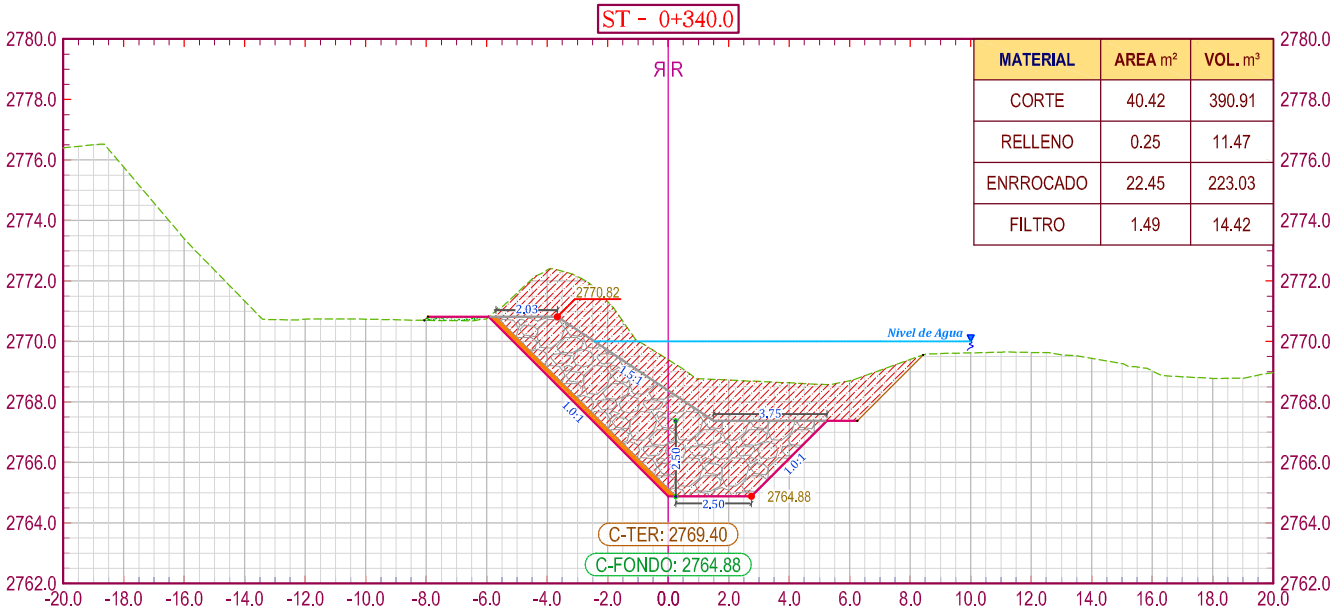


MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	21.30	236.59
RELLENO	10.40	89.74
ENRROCADO	22.57	225.83
FILTRO	1.50	14.20

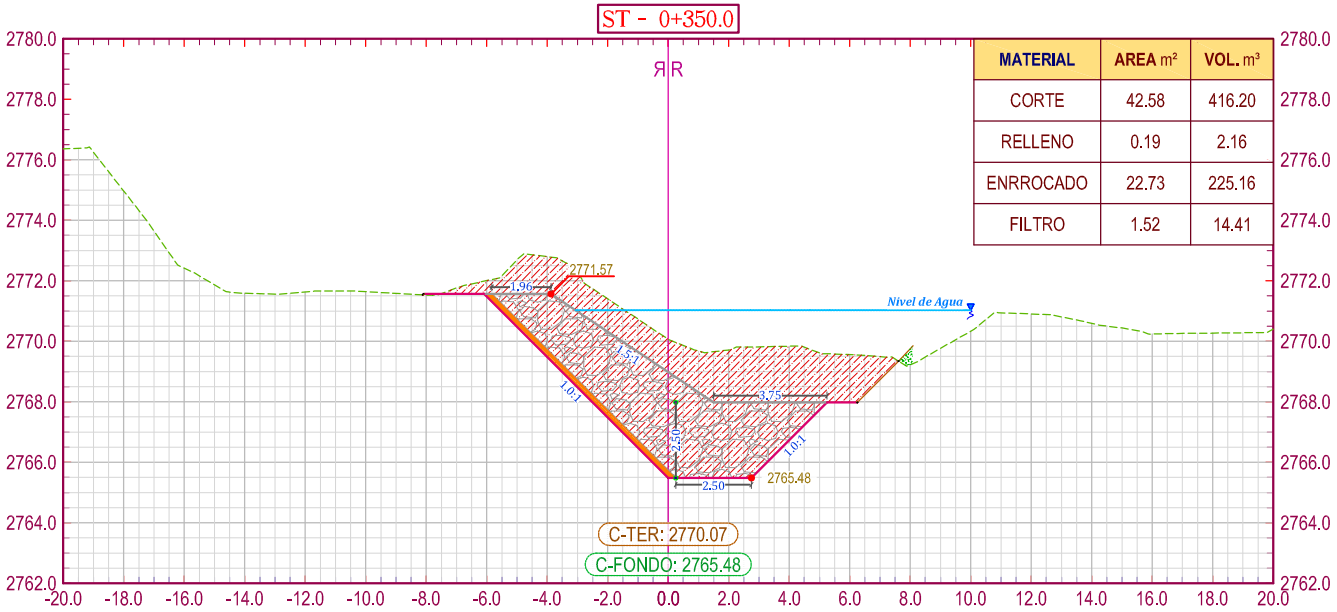
ST - 0+190.0



MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	21.39	211.93
RELLENO	7.05	93.28
ENRROCADO	22.57	226.16
FILTRO	1.50	15.44

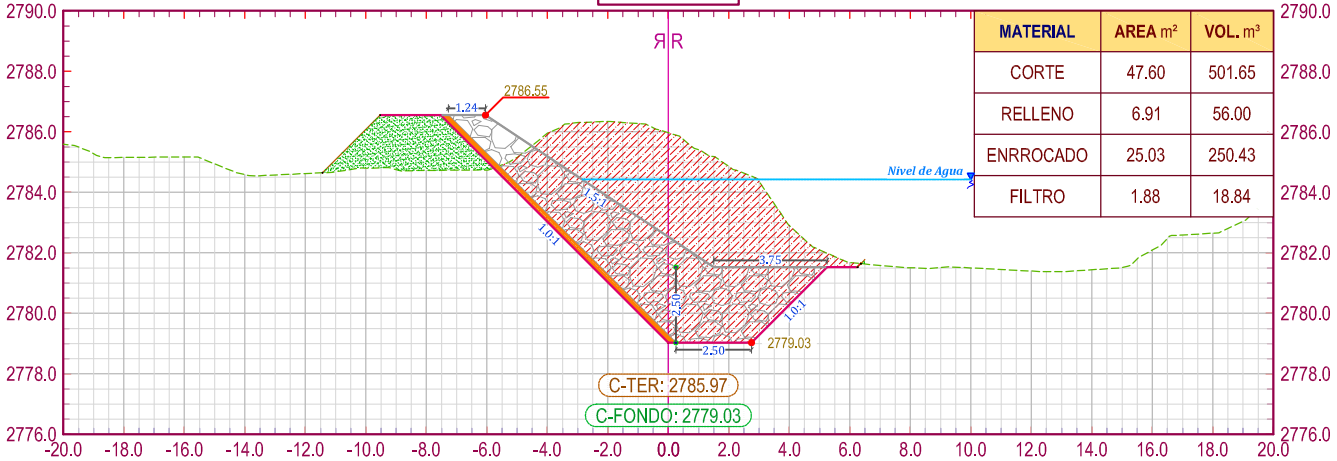


MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	40.42	390.91
RELLENO	0.25	11.47
ENRROCADO	22.45	223.03
FILTRO	1.49	14.42



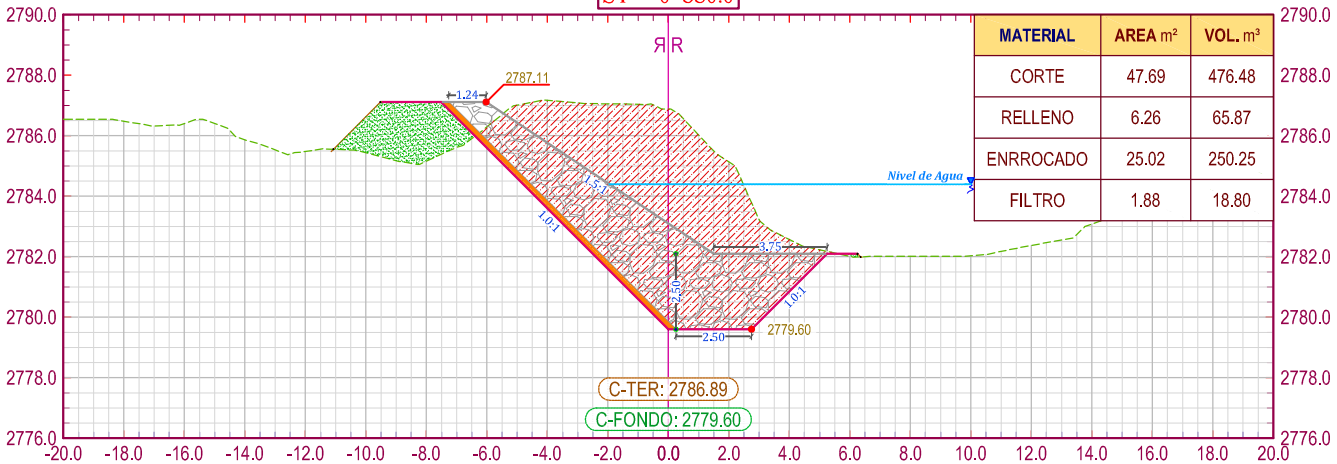
MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	42.58	416.20
RELLENO	0.19	2.16
ENRROCADO	22.73	225.16
FILTRO	1.52	14.41

ST - 0+520.0



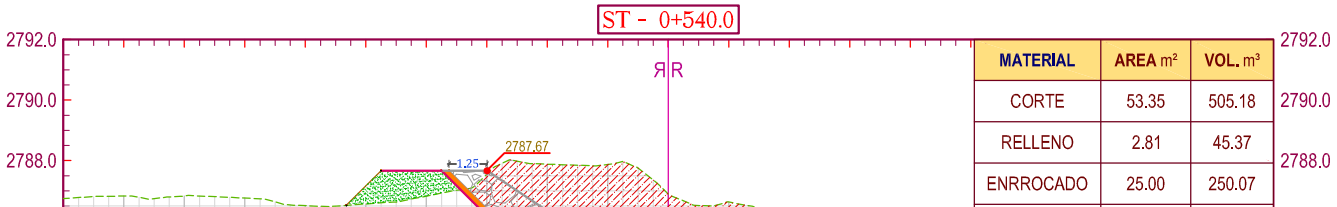
MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	47.60	501.65
RELLENO	6.91	56.00
ENRROCADO	25.03	250.43
FILTRO	1.88	18.84

ST - 0+530.0



MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	47.69	476.48
RELLENO	6.26	65.87
ENRROCADO	25.02	250.25
FILTRO	1.88	18.80

ST - 0+540.0



MATERIAL	AREA m²	VOL. m³
CORTE	53.35	505.18
RELLENO	2.81	45.37
ENRROCADO	25.00	250.07