

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Análisis técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565  
del río Anapiari para mitigar las inundaciones del poblado Boca Kimari

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**AUTORA**

Maryit Madelei Inga Ñaupa

**ASESOR**

Maiquel López Silva

Lima, Perú  
2023

**METADATOS COMPLEMENTARIOS****Datos del autor**

Nombres	MARYIT MADELEI
Apellidos	INGA ÑAUPA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	73444029
Número de Orcid (opcional)	

**Datos del asesor**

Nombres	MAIQUEL
Apellidos	LOPEZ SILVA
Tipo de documento de identidad	Pasaporte
Número del documento de identidad	J448546
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-0946-6160

**Datos del Jurado****Datos del presidente del jurado**

Nombres	VICTOR
Apellidos	GARCES DIAZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	32860015

**Datos del segundo miembro**

Nombres	DAYMA SADAMI
Apellidos	CARMENATES HERNANDEZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	49086915

**Datos del tercer miembro**

Nombres	EDWIN JHON
Apellidos	AQUISE DUEÑAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71461245

**Datos de la obra**

Materia*	hidráulica fluvial, defensa ribereña, máxima avenida, muro de gaviones, muro tipo colchón, impacto ambiental
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a>
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	732016

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ACTA N° 070-2023-UCSS-FI/TPICIV**

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL  
SEDE: LIMA**

**Los Olivos, 20 de diciembre del 2023**

Siendo las 12:30 horas del 20 de diciembre del 2023, utilizando los recursos para la videoconferencia disponibles en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

**Análisis técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para mitigar las inundaciones del poblado Boca Kimari**

Por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

**INGA ÑAUPA, MARYIT MADELEI**

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Mgtr. GARCÉS DÍAZ, Víctor

Dra. CARMENATES HERNANDEZ, Dayma Sadami

Mg. AQUISE DUEÑAS, Edwin Jhon

Presidente

Secretario

Miembro

Siendo las 13:30 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

**APROBADO**

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller INGA ÑAUPA, MARYIT MADELEI el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

En señal de conformidad firmamos,

.....  
Mg. AQUISE DUEÑAS, Edwin Jhon  
Miembro

.....  
Dra. CARMENATES HERNANDEZ, Dayma Sadami  
Secretario

.....  
Mgtr. GARCÉS DÍAZ, Víctor  
Presidente

**Anexo 2**

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Lima, 12 de febrero de 2024

Señor VICTOR GARCES DIAZ  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad Ingeniería UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: Análisis técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para mitigar las inundaciones del poblado Boca Kimari, presentado por INGA ÑAUPA, MARYIT MADELEI código de estudiante 2016100383 y DNI 73444029 para optar el título profesional de Ingeniero Civil ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para su publicación.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 13 %** (trece por ciento).\* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



---

LOPEZ SILVA, MAIQUEL  
PAS J448546  
ORCID: 0000-0002-0946-6160  
Facultad de Ingeniería - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8º, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8º. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## **DEDICATORIA**

Esta investigación está dedicada a mi querida madre Amanda Ñaupá Allica, gracias por acompañarme en esta travesía, sin tu apoyo y aliento constante no habría sido posible. Tu sacrificio y amor a lo largo de mi vida, es la inspiración y motivación para cumplir cada uno de mis sueños. Esta tesis es uno de los logros de la meta que tengo, agradecerte por ser mi guía y la inspiración para esforzarme día a día. Tu amor, la perseverancia y tu gratitud es el motor que me impulsa a superar cada obstáculo.

A mi padre y hermano, por el apoyo y comprensión que han tenido en el transcurso del desarrollo de esta investigación. Mi papá, gracias por los consejos sabios y amor incondicional. Mi hermano por el apoyo constante en cada paso que daba y la paciencia que talvez no tienes y que gracias a mí estas aprendiendo a tener, serás grande hermano.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por cada día de vida, salud, fortaleza y brindarme sabiduría a lo largo de este viaje académico. Agradezco a Dios por la capacidad de aprender, crecer y superar obstáculos en este camino.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación. Alma máter de mi educación universitaria, el cual me brindo conocimientos necesarios para poder desempeñarme como una buena profesional. También agradecer por los apoyos que brindan a los egresados de instituciones públicas alejadas da la ciudad. Estoy orgullosa de haber sido parte de esta comunidad educativa y agradezco sinceramente la oportunidad que me han brindado.

A mi asesor, quiero reconocer al Dr. Maiquel, López Silva, a quien admiro bastante como persona, profesional que es, quien me brindó orientación experta y valiosos comentarios a lo largo del proceso de desarrollo de la investigación. Sus conocimientos, experiencia y compromiso fueron fundamental para el logro de esta tesis, quien estuvo dispuesto a escuchar y retroalimentar mis inquietudes y brindarme retroalimentación valiosa. Estoy muy agradecida sinceramente con usted y por haber tenido la fortuna de contar con usted como mi asesor. Gracias por ser un mentor excepcional.

A mis amigos, colegas que me inspiraron y apoyaron en cada situación adversa que se presentaba, por brindarme esa motivación que necesitaba cada que decaía. Gracias a cada uno de ustedes por estar siempre presente.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar el aspecto técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para la mitigación de las inundaciones del poblado Boca Kimari. La metodología de la investigación fue de enfoque cuantitativo. Se utilizó una serie historia de precipitaciones de 22 años, analizadas por 12 funciones estadísticas de consistencia y 7 de bondad de ajustes para un periodo de retorno de 140 años. Se aplicó modelos empíricos y numéricos para la obtención de variables hidrológicas e hidráulicas y estructurales. Como herramientas computacionales de precisión se usó el ArcGIS 10.8, HEC-HMS, HEC-RAS, Gawac3.0 y las normas Técnicas Peruanas E0.30 y E050.

Los principales resultados fueron que el suelo clasificó como tipo GP con un ángulo de fricción y capacidad portante media de  $34.75^\circ$  y  $2.41 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente. La hidrología presentó una intensidad de las precipitaciones de  $60 \text{ mm/h}$  que generó una máxima avenida de  $68.25 \text{ m}^3/\text{s}$ . El análisis hidráulico proporcionó un tirante de agua que osciló entre  $1.11 \text{ m}$  a  $2.47 \text{ m}$  con velocidades de flujo de  $1.50$  a  $3.67 \text{ m/s}$  y número de Froude de subcríticos a supercríticos. Por otro lado, las dimensiones del muro gavión fueron de  $3.00 \text{ m}$  de base y  $3.50 \text{ m}$  de altura con inclinación de  $6^\circ$  y una cubierta de geotextil tejido. El costo total de la estructura, fue de S/  $1,623,245.36$  para un impacto ambiental cuantitativo de  $74\%$  poco y moderadamente significativo positivo en la construcción del muro tipo gavión.

**Palabras claves,** hidráulica fluvial, defensa ribereña, máxima avenida, muro de gaviones, muro tipo colchón, impacto ambiental.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to analyze the technical and economic aspect of a gabion wall in section 25+565 of the Anapiari River for flood mitigation in the Boca Kimari town. The research methodology was quantitative in approach. A 22-year rainfall history series was used, analyzed by 12 statistical consistency functions and 7 goodness-of-fit functions for a return period of 140 years. Empirical and numerical models were applied to obtain hydrological, hydraulic and structural variables. ArcGIS 10.8, HEC-HMS, HEC-RAS, Gawac3.0 and the Peruvian Technical Standards E0.30 and E050 were used as precision computational tools.

The main results were that the soil classified as GP type with a friction angle and average bearing capacity of  $34.75^\circ$  and  $2.41 \text{ Kg/cm}^2$  respectively. The hydrology presented a rainfall intensity of  $60 \text{ mm/h}$  that generated a maximum flood of  $68.25 \text{ m}^3/\text{s}$ . The hydraulic analysis provided a water depth that ranged from  $1.11 \text{ m}$  to  $2.47 \text{ m}$  with flow velocities of  $1.50$  to  $3.67 \text{ m/s}$  and Froude number from subcritical to supercritical. On the other hand, the dimensions of the gabion wall were  $3.00 \text{ m}$  base and  $3.50 \text{ m}$  high with a  $6^\circ$  inclination and a woven geotextile cover. The total cost of the structure was S/  $1,623,245.36$  for a quantitative environmental impact of  $74\%$ , little and moderately significant positive in the construction of the gabion-type wall.

Keywords, river hydraulics, riverside defense, maximum flood, gabion wall, cushion wall, environmental impact.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Formulación del problema .....	3
1.1.1. Problema principal.....	3
1.1.2. Problemas secundarios.....	3
1.2. Objetivos de investigación.....	3
1.2.1. Objetivo principal .....	3
1.2.2. Objetivos secundarios .....	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación .....	4
1.4. Justificación práctica.....	4
1.5. Justificación social .....	4
1.6. Justificación ambiental.....	5
1.7. Importancia .....	5
1.8. Delimitación de la investigación.....	6
1.9. Limitaciones de la investigación.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Antecedentes de investigación.....	8
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	10

2.2.	Bases teóricas .....	12
2.3.	Definición de términos básicos.....	37
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....		38
3.1.	Hipótesis principal .....	38
3.2.	Hipótesis específica .....	38
3.3.	Variable e indicadores.....	38
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....		40
4.1.	Diseño de ingeniería .....	40
4.2.	Métodos y técnicas del proyecto .....	40
4.3.	Diseño estadístico .....	41
4.4.	Técnicas y herramientas estadísticas .....	42
4.5.	Matriz de consistencia.....	42
CAPÍTULO V: DESARROLLO EXPERIMENTAL.....		44
5.1.	Hidrología .....	44
5.2.	Consideraciones hidráulicas.....	49
5.3.	Análisis Estructural.....	50
5.4.	Costo – Beneficio.....	51
5.5.	Impacto ambiental Matriz De Leopold .....	53
CAPITULO VI: RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		54
6.1.	Resultados .....	54
6.1.1.	Levantamiento topográfico .....	54
6.1.2.	Análisis de suelos.....	57
6.1.3.	Parámetros hidrológicos.....	58
6.1.4.	Variables hidráulicas.....	71
6.1.5.	Análisis estructural.....	76

6.1.6. Análisis de Costos.....	86
6.1.7. Análisis del impacto ambiental.....	89
6.2. Análisis de resultados .....	94
6.3. Contratación de hipótesis .....	102
6.4. Conclusiones.....	104
6.5. Recomendaciones .....	106
BIBLIOGRAFÍA .....	107
ANEXOS .....	115

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1	<i>División de una cuenca hidrográfica: Subcuenas y microcuenas</i> .....	15
Figura 2	<i>Análisis de doble masa para determinar la estación base</i> .....	16
Figura 3	<i>Sección transversal de un río y sus unidades morfológicas asociadas</i> .....	20
Figura 4	<i>El sistema fluvial</i> .....	21
Figura 5	<i>Descripción de un río-Thalweg</i> .....	22
Figura 6	<i>Representación de la geometría del valle de un río</i> .....	23
Figura 7	<i>Representación esquemática de la sinuosidad y sus grados</i> .....	24
Figura 8	<i>Sección transversal típica de un río</i> .....	25
Figura 9	<i>Relaciones topográficas entre diferentes lechos</i> .....	26
Figura 10	<i>Tipos de ríos según su geometría</i> .....	27
Figura 11	<i>Hidrograma Unitario Triangular del SCS</i> .....	29
Figura 12	<i>Esquema de gavión tipo caja</i> .....	30
Figura 13	<i>Gavión tipo saco</i> .....	31
Figura 14	<i>Flujograma de diseño de ingeniería</i> .....	40
Figura 15	<i>Flujograma del desarrollo investigativo</i> .....	44
Figura 16	<i>Coeficientes y exponentes según la región de Perú</i> .....	48
Figura 17	<i>Mapa de regionalización de las avenidas del Perú</i> .....	49
Figura 18	<i>Levantamiento topográfico</i> .....	55
Figura 19	<i>Detalle de levantamiento topográfico</i> .....	56
Figura 20	<i>Excavación con maquinaria para calicata C-2</i> .....	57
Figura 21	<i>Delimitación de cuenca Anapiari</i> .....	58
Figura 22	<i>Delimitación de cuenca Anapiari - curva número de cuenca Anapiari</i> .....	60
Figura 23	<i>Precipitaciones de la estación Pichanaki</i> .....	61
Figura 24	<i>Comportamiento de las precipitaciones entre valores extremos</i> .....	63
Figura 25	<i>Histograma de la función de Pearson III</i> .....	65
Figura 26	<i>Curva IDF para 140 años</i> .....	65
Figura 27	<i>Hietograma de frecuencia en 140 años</i> .....	66
Figura 28	<i>Histograma de frecuencia del Tc</i> .....	68

Figura 29 <i>Hidrograma de máxima avenida</i> .....	69
Figura 30 <i>Hidrograma del método SCS</i> .....	70
Figura 31 <i>Hidrograma del método de Clark</i> .....	70
Figura 32 <i>Hidrograma de método de Snyder</i> .....	71
Figura 33 <i>Vista tridimensional de inundación del río Anapiari</i> .....	71
Figura 34 <i>Comportamiento de la profundidad de inundación</i> .....	72
Figura 35 <i>Comportamiento de las velocidades del flujo en el río</i> .....	73
Figura 36 <i>Sección transversal más crítica inundada</i> .....	73
Figura 37 <i>Perfil de las velocidades en el río</i> .....	74
Figura 38 <i>Comportamiento hidrodinámico del río</i> .....	74
Figura 39 <i>Perfil longitudinal de la socavación general del cauce</i> .....	75
Figura 40 <i>Características de caja gavión</i> .....	78
Figura 41 <i>Geometría del muro en análisis estático</i> .....	79
Figura 42 <i>Estado límite de servicio (Gabion Serviceability Coefficient)</i> .....	80
Figura 43 <i>Geometría del muro en análisis estático con inclinación de 6°</i> .....	80
Figura 44 <i>Estado límite de servicio (Gabion Serviceability Coefficient)</i> .....	82
Figura 45 <i>Geometría del muro en análisis pseudoestático con inclinación de 0°</i> .....	82
Figura 46 <i>Estado límite de servicio (Gabion Serviceability Coefficient)</i> .....	84
Figura 47 <i>Geometría del muro en análisis estático con inclinación de 6°</i> .....	84
Figura 48 <i>Estado límite de servicio (Gabion Serviceability Coefficient)</i> .....	86
Figura 49 <i>Matriz cualitativa</i> .....	91
Figura 50 <i>Clasificación directa o indirecta</i> .....	92
Figura 51 <i>Rango de Niveles de Significación</i> .....	92
Figura 52 <i>Matriz cuantitativa</i> .....	92
Figura 53 <i>Detalles de muro Gavión</i> .....	97
Figura 54 <i>Perfil longitudinal de río Anapiari, cota de terreno, rasante y agua</i> .....	97
Figura 55 <i>Características de gavión tipo colchón</i> .....	98
Figura 56 <i>Características de malla de gavión tipo colchón</i> .....	98
Figura 57 <i>Ubicación de los muros tipo Polimac 80 gavión y colchón</i> .....	99
Figura 58 <i>Los costos y partidas del muro gavión</i> .....	100
Figura 59 <i>Distribución de los impactos directos e indirectos</i> .....	101

Figura 60 *Distribución del impacto cuantitativo* ..... 101

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 <i>Matriz de consistencia</i> .....	42
Tabla 2 <i>Puntos topográficos del río Kimari.</i> .....	54
Tabla 3 <i>Parámetros de suelo</i> .....	57
Tabla 4 <i>Curva número de cuenca Anapiari</i> .....	60
Tabla 5 <i>Estadística de datos dudosos</i> .....	62
Tabla 6 <i>Consistencia de las 12 funciones</i> .....	63
Tabla 7 <i>Función de mejor ajuste hidrológico</i> .....	64
Tabla 8 <i>Tabla de ecuaciones de tiempo de concentración.</i> .....	67
Tabla 9 <i>Resultados estadística del Tc</i> .....	67
Tabla 10 <i>Caudales de la máxima avenida</i> .....	69
Tabla 11 <i>Comportamiento hidrodinámico del río</i> .....	75
Tabla 12 <i>Parámetros de suelo para el diseño de muro con software</i> .....	76
Tabla 13 <i>Resultado de estado limite último externo</i> .....	79
Tabla 14 <i>Resultado de estado limite último interno</i> .....	79
Tabla 15 <i>Resultado de estado limite último externo</i> .....	81
Tabla 16 <i>Resultado de estado limite último interno</i> .....	81
Tabla 17 <i>Resultado de estado limite último externo</i> .....	83
Tabla 18 <i>Resultado de estado limite último interno</i> .....	83
Tabla 19 <i>Resultado de estado limite último externo</i> .....	85
Tabla 20 <i>Resultado de estado limite último interno</i> .....	85
Tabla 21 <i>Presupuesto general del muro tipo gavión</i> .....	86
Tabla 22 <i>Resultado general de parámetros de verificación</i> .....	96
Tabla 23 <i>Detalles de muro Gavión</i> .....	96

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Matriz de operacionalización de variables</i> .....	115
Anexo 2 <i>Factor de Lacey</i> .....	117
Anexo 3 <i>Factor de corrección (Ksa)</i> .....	117
Anexo 4 <i>Ensayo de Suelos</i> .....	118
Anexo 5 <i>Resultados del análisis estático con inclinación de 0°</i> .....	130
Anexo 6 <i>Resultados del análisis estático con inclinación de 6°</i> .....	134
Anexo 7 <i>Resultados del análisis pseudodinámico con inclinación de 0°</i> .....	138
Anexo 8 <i>Resultados del análisis pseudodinámico con inclinación de 6°</i> .....	142
Anexo 9 <i>Planos topografía, delimitación área y curva número</i> .....	146
Anexo 10 <i>Sección transversal de muro gavión</i> .....	149

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), los años 2021 y 2022 han experimentado un notable aumento en las precipitaciones extremas e inundaciones, fenómenos directamente atribuibles a los cambios climáticos, esta institución identifica siete indicadores para definir el cambio climático, destacando entre ellos los eventos de precipitaciones y sequías extremas. En estos últimos años, este fenómeno ha tenido un fuerte impacto, particularmente en el sur de India y Pakistán, regiones que han sufrido inundaciones considerables. La OMM (2022) señala que, en los Estados Unidos, estas catástrofes han resultado en pérdidas económicas valuadas en cientos de miles de millones de dólares. Además del impacto económico, han cobrado un elevado número de vidas humanas y han tenido un grave impacto en el bienestar de las personas. Asimismo, han alterado profundamente la seguridad alimentaria y hídrica y han exacerbado los desplazamientos de población. A nivel nacional los problemas de inundaciones y las máximas avenidas en los ríos viene azotando fuertemente los últimos años en la costa, sierra y selva de Perú. A la fecha el 54% del país se encuentra en estado de emergencia aproximadamente 1056 distritos, siendo la región norte las más afectada, debido al calentamiento del agua del Pacífico. (OCHA, 2023)

Los huaycos e inundaciones, han generado pérdidas, tanto económico y social para los pobladores que viven en las franjas marginales de los ríos, de este modo, las obras hidráulicas son escasas en las zonas rurales, en especial las defensas ribereñas, siendo el costo de inversión de esta estructura menor que respecto a otras en el ámbito de estructuras hidráulicas.

En Pichanaqui, denominada el corazón de la selva central, la principal actividad económica es la agricultura, en los últimos 5 años se ha incrementado las incidencias climáticas a 103 casos, siendo las más relevantes: lluvias intensas, inundaciones, derrumbes, deslizamientos, huaycos, friaje, precipitaciones de granizo (INDECI, 2023). En el presente año 2023, en el distrito se han incrementado la pérdida en el sector infraestructura de la zona (6 puentes parcialmente afectados, 8 puentes destruidos, 5852 caminos rurales afectados, 715 caminos rurales destruidos), sector agrícola (67 áreas de cultivos afectadas y 45 áreas de cultivo en pérdida). Por otro lado, la población de Belén Anapiari, fue uno de los centros poblados más afectados por las inundaciones debido a que se encuentra cerca de la franja marginal del río, lo mismo sucede con el poblado de

Boca Kimari, en épocas de inviernos están propensos a sufrir inundaciones por el incremento del caudal del río Anapiari. (INDECI, 2023). A consecuencia, las infraestructuras de los puentes, se ha visto afectado por la socavación, inundaciones en las zonas aledañas, por el cual es necesario la protección con muros de contención.

En el primer capítulo, denominado "Problemática de la Investigación", se detallan los componentes esenciales tanto del problema en su conjunto como de sus aspectos particulares. Además, se han formulado los objetivos, tanto generales como específicos. Igualmente, se ha presentado la justificación en términos teóricos, sociales y ambientales, que de manera global sustenta y demuestra la importancia y necesidad de llevar a cabo esta investigación.

El segundo capítulo, titulado "Marco Teórico", incluye una exposición de los antecedentes relevantes de la investigación, junto con la exposición de las bases teóricas científicas necesarias para llevar a cabo el estudio. Además, se proporcionan definiciones de los términos que representan las teorías y las herramientas avanzadas fundamentales para el análisis técnico económico de muros de gavión.

En el tercer capítulo, "Hipótesis y Variables de la Investigación", se plantean las hipótesis que se proponen confirmar o refutar, las cuales sirven como punto de partida para la investigación, partiendo de la identificación de las variables independientes y dependientes.

El cuarto capítulo, "Diseño de la Investigación", presenta de manera lógica y cronológica el enfoque de ingeniería del estudio, así como los métodos y técnicas necesarios para su realización, lo cual incluye el diseño estadístico, el uso de herramientas y técnicas estadísticas.

El quinto capítulo, "Desarrollo Experimental", abarca la ejecución de la investigación, destacando los procedimientos relacionados con el levantamiento topográfico, los análisis estadísticos y el modelado del sistema hidrológico. Además, se explica el criterio de coste-efectividad del muro de gavión según la propuesta de mejora.

Finalmente, en el sexto capítulo, "Resultados, Conclusiones y Recomendaciones", se presentan los resultados significativos del proyecto de investigación, junto con su correspondiente fundamentación teórica, práctica y científica en relación a investigaciones previas sobre la misma temática. Del mismo modo, se detallan las conclusiones con respecto a los problemas planteados, y se ofrecen recomendaciones académicas para futuras líneas de investigación.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Formulación del problema**

#### **1.1.1. Problema principal**

¿Cómo realizar el análisis técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para mitigar las inundaciones el poblado Boca Kimari?

#### **1.1.2. Problemas secundarios**

- ¿Cuáles son las condiciones hidrológicas e hidráulicas del río Anapiari para la obtención de las máximas avenidas y zonas de inundaciones?
- ¿Como realizar el diseño estructural del muro de gavión y el análisis técnico-económico para la viabilidad del proyecto?
- ¿Cómo evaluar el impacto ambiental por la implementación del muro de gavión para posible mitigación del fenómeno antrópico?

### **1.2. Objetivos de investigación**

#### **1.2.1. Objetivo principal**

Analizar el aspecto técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para la mitigación de las inundaciones del poblado Boca Kimari.

#### **1.2.2. Objetivos secundarios**

- Determinar las condiciones hidrológicas e hidráulicas del río Anapiari para la obtención de las máximas avenidas y zonas de inundaciones.
- Realizar el diseño estructural del muro de gavión del análisis técnico y económico para la viabilidad del proyecto.
- Evaluar el impacto ambiental por la implementación del muro de gavión para posible mitigación del fenómeno antrópico.

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

El investigador pretende dimensionar económicamente posible, con los softwares HEC-HMS V 4.4.1, HEC-RAS V.5.0.7, GawacWin2003, GAWAC 3.0 y la Norma Técnica Peruana E.050 Suelos y Cimentaciones. De este modo diseñar una estructura económica, duradera y de fácil proceso constructivo. Esto conllevará, a un ahorro económico por falla del puente o por la inundación al poblado de Boca Kimari. En cuanto a las pérdidas económicas, si el puente llegara al fallo por la socavación o el colapso el monto a ascender en la construcción aproximadamente sería S/ 1 087 274,88 y con respecto a la pérdida de vidas humanas serían las afectadas los 150 pobladores de la zona. En cambio, si realizamos la comparación con el costo del muro gavión este sería más económico; que la reparación o construcción del puente, o la irrecuperable de pérdidas de vidas humanas.

### **1.4. Justificación práctica**

Es importante proporcionar de forma física los planos que previamente se realizarán del levantamiento topográfico. Estudios de suelos obtenidos en base a las calicatas que se realizarán en cada margen del río para conocer las características físicas, geológicas, la secuencia litológica, las diferentes capas y su espesor. Además, la profundidad del nivel del agua subterránea y hasta la capacidad de resistencia del suelo. Igualmente, se generarán una serie de tablas y figuras estadísticas de las precipitaciones, caudales y tirante máximo del río por modelos numéricos según el periodo de retorno de la estructura hidráulica. Finalmente, el modelo estructural con dimensiones económicas y viables. Los resultados de la investigación serán proporcionados a la municipalidad, agente municipal o alguna autoridad competente, para gestionar y viabilizar su posible construcción o tomar acciones a corto, mediano y largo plazo.

### **1.5. Justificación social**

La investigación en primer lugar, estima beneficiar 7 centros poblados, Villa Virgen de Kimari, Centro Anapiari, Chinchaysuyo, Río Blanco, San Juan Centro Autiki, Belén Anapiari y el mayor beneficiario Boca Kimari, siendo el puente Kimari la principal infraestructura que une los centros poblados. En segundo lugar, a todos los transportistas, pobladores y agricultores que día a día transitan llevando sus productos al distrito siendo un aproximado de 1000 beneficiarios y por último Boca Kimari. El principal beneficiario contando con más de 150 pobladores en la zona, ya

que se encuentra a 15 metros de la franja marginal del río Anapiari. Por otro lado, aguas arriba y abajo del río Anapiari ha tenido incidencias de inundaciones en terrenos cultivados por café, maíz, frijol, plátanos, etc. Por todo lo expuesto, se justifica en toda su extensión social, la importancia de proteger a la sociedad frente a los fenómenos hidrometeorológicos.

### **1.6. Justificación ambiental**

El investigador propondrá una construcción lo más ecológica posible con los materiales locales que existan en el poblado o distrito con la finalidad de acondicionar y no modificar el ecosistema en la zona de estudio. Se pretende implementar una cama vegetativa que contribuya a reducir aún más la velocidad del flujo y brinde a los seres vivos del ecosistema una fuente de alimentación, reproducción, protección y alimenticia. Además, que el muro de gavión sea enrocado, protegiendo y mitigando las inundaciones al poblado, al implementar estos tipos de muros contribuye a la conservación del suelo y ecosistema, por ende, reducir el impacto ambiental.

### **1.7. Importancia**

La principal importancia de la investigación es atender la necesidad que sufre el poblado de Boca Kimari y para ello es necesario realizar estudios de ingeniería para proponer una solución técnica a los problemas de inundación que presenta el poblado.

Los beneficiarios son alrededor de 1000 personas que transitan por el puente Kimari y 150 personas del centro poblado que vive en la franja marginal del río. Esta investigación se da a raíz de la máxima avenida del río Anapiari, hace 5 años en la época de invierno (diciembre, enero, febrero) hubo pérdidas de terrenos, cultivos y puentes artesanales que los mismos pobladores realizaban; a consecuencia de ello pérdida de vidas humanas. Con esta investigación científica se pretende proponer un sistema de alerta temprana o mapas de inundación como medidas de prevención para el poblado Boca Kimari. Que conduce a prevenir y disminuir las pérdidas económicas y propondrá una construcción ecológica a partir de los materiales locales para no modificar el ecosistema en la zona de estudio. Los estudios a realizar serán de utilidad para las personas que deseen ampliar su investigación en la zona. Sin embargo, tendrá mayor relevancia para la autoridad competente de la zona para así generar o solicitar los perfiles técnicos o expedientes técnicos producto a la propuesta técnica económica y ecológica, que, por consiguiente, permitirá la ejecución inmediata.

## **1.8. Delimitación de la investigación**

1. Ubicación Geográfica: El estudio se enfoca exclusivamente en el tramo 25+565 del río Anapiari y su influencia directa en el poblado Boca Kimari. Otros tramos del río no están incluidos en este análisis.

2. Tipo de Estructura: La investigación se centra en el análisis de un muro de gavión como medida de protección contra inundaciones, otras soluciones o tipos de infraestructuras no están dentro del alcance de este estudio.

3. Perspectiva Técnica: Se abordará en detalle el diseño, construcción y mantenimiento del muro de gavión. Se incluirá un análisis de su efectividad en términos de control de inundaciones.

4. Perspectiva Económica: Se evaluarán los costos asociados con la implementación y mantenimiento del muro de gavión, incluyendo materiales, mano de obra, equipo y otros gastos relevantes. Asimismo, se considerarán los posibles beneficios económicos derivados de la reducción de daños por inundaciones.

## **1.9. Limitaciones de la investigación**

Limitaciones de Datos: Disponibilidad y acceso a datos precisos y actualizados sobre el tramo del río, condiciones hidrológicas, registros de inundaciones previas, y otros detalles relevantes.

Condiciones Geográficas y Ambientales Cambiantes: Cambios en las condiciones del río y su entorno a lo largo del tiempo, que podrían no ser completamente capturados en el estudio.

Variabilidad Climática: Cambios en los patrones climáticos que podrían influir en el comportamiento del río y en el riesgo de inundaciones.

Presupuesto y Recursos: Limitaciones financieras o de recursos que podrían afectar la extensión y profundidad del presente estudio, así como la implementación del muro de gavión.

Efectos Secundarios no Anticipados: Posibles impactos sociales, ambientales o económicos que no fueron completamente previstos en el diseño original del estudio.

Limitaciones de Escala: El estudio se centra en un tramo específico del río y no puede generalizarse completamente a otras áreas o condiciones geográficas.

Cambios en la Tecnología o Métodos de Construcción: Avances tecnológicos o cambios en los métodos de construcción que podrían afectar la viabilidad técnica y económica del muro de gavión.

Factores Sociales y Políticos: Consideraciones sociales y políticas que pueden influir en la implementación del muro, como apoyo comunitario, regulaciones gubernamentales y consideraciones de propiedad.

Preservación Ambiental: Consideraciones sobre la preservación del ecosistema y hábitat acuático que deben ser cuidadosamente evaluadas al implementar cualquier estructura en un río.

Limitaciones Temporales: La investigación se basa en condiciones y datos actuales, lo que significa que los resultados pueden no ser aplicables en el futuro si las condiciones cambian.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de investigación**

#### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Hosseinzadeh & Yasi (2023), en su artículo de “Análisis Comparativo del Rendimiento y Estabilidad entre Muros de Contención de Hormigón y Gaviones en la Protección de Riberas Fluviales”, tuvo como objetivos evaluar el desempeño y la estabilidad de dos tipos diferentes de muros de contención en términos de estabilidad y desempeño, muros de contención de hormigón y muros de contención de gaviones con casi las mismas condiciones. En cuanto a la metodología, se ha utilizado el método de Morgenstern-Price y se determinó el equilibrio de fuerzas y anclajes para tramos deslizantes, y por método de entrada y salida se determinó el factor de seguridad, se investigaron diferentes factores como el tipo de muro y materiales del lecho del río, la profundidad del agua en el río, el tipo de materiales del muro de contención, la pendiente del muro de contención y la adherencia del suelo. Para comparar los resultados, el muro de contención se diseñó y modeló en condiciones de espejo, es decir, la parte vertical del muro en la orilla del río y la parte de la escalera del muro debajo del suelo.

Los resultados mostraron que el muro de contención en condiciones de espejo tiene un mejor desempeño que otros modelos en términos de factor de seguridad. Además, el muro en posición vertical, a una profundidad de 4 metros, que es la altura total del muro desde el lecho del río, tiene el factor de seguridad más bajo. Por último se concluyó que; tras examinar la estabilidad y el rendimiento de dos tipos de muros de contención de hormigón y gaviones con el software SLOPE/W en condiciones de río similares, a través de 24 modelos que utilizaron dos tipos de material (grava y arena), dos pendientes de los muros de contención y tres profundidades de agua de río; los resultados indicaron que el material de grava producen un nivel más bajo de presión de poro, lo que a su vez resulta en valores más bajos de fuerza activa y torque en un 11% en comparación con el material de arena.

Pasha et al. (2022), en su artículo de “Análisis del Diseño de Muros de Contención en la Carretera Sukabumi (Baros)-Sagaranten Km BDG 115+200”, tuvo como objetivo principal evaluar el diseño de muros de contención para caminos complementarios en carretera Sukabumi como una solución alternativa que pueda mejorar la movilidad del transporte. La metodología del

estudio se realizó en base a las necesidades de datos, en general las etapas contenidas en esta investigación incluyen; en primer lugar, el establecimiento de los lugares de investigación, seguida de la recopilación de datos; tercero se realizó el análisis de datos y, por último, la comparación de los resultados del análisis.

El autor después de la comparación de los muros llegó a la siguiente conclusión: Primero, el diseño del muro de contención existente presenta daños causados por el suelo; el cual, es inestable y tiene un alto contenido de agua lo que se evidencia en los resultados del análisis del corte que no cumple con el valor mínimo de Factor de Seguridad (FS). También, se concluyó que otra causa de la falla del diseño actual son los muros de contención de mampostería de piedra ya que, no puede drenar el agua subterránea adecuadamente, lo que hace que el agua se acumule y se asiente causando que el suelo se sature y resulte en fuertes fuerzas de corte y vuelco en la estructura existente. Adicionalmente, se concluyó que el muro de contención adecuado para esta ubicación es un muro de contención de gaviones porque tiene poros grandes para que pueda drenar el agua del suelo que se identifica como proveniente de los campos de arroz de los residentes. Se tuvo como conclusión final que los resultados del análisis del diseño existente demostraron que no se cumplía con los requisitos mínimos de FS, mientras que el plan de diseño de muros de contención de tipo gavión había cumplido los requisitos mínimos de FS para las fuerzas de vuelco, fuerzas, y suelo.

Chikute & Sonar (2019), en su artículo de “Comparativa Tecnoeconómica entre Muros de Contención de Gaviones y Muros de Contención Convencionales”, tuvo como objetivo principal abordar un análisis tecnoeconómico comparativo de diversos muros de contención convencionales (muro de gravedad de mampostería de escombros, el muro voladizo de hormigón armado (RCC) y el muro de contrafuerte de RCC) con el muro de gavión. La metodología que empleó tuvo como primer paso el análisis de estabilidad y método de diseño, se realizó las secciones transversales finales del análisis, y finalmente, se analizó los costos.

El autor concluyó que el RCC de escombros, el muro voladizo RCC, el muro de contrafuerte de RCC y el muro de contención de grava es 0,3%, 54,12%, 10,72%, 9,56% menos respectivamente; aunque la variación del costo de construcción entre el muro de gravedad de mampostería de escombros y el muro de gaviones es muy baja (0,3%), el muro de gaviones será preferible debido al trabajo rápido y al uso de materiales disponibles en la localidad. Además, para

un trabajo rápido, el muro de gavión es la mejor opción, ya que no requiere un período de curado y es más adecuado para sitios congestionados, como áreas montañosas, ríos, bancos de nala, entre otros. Por último, el muro de gavión es ideal para áreas remotas donde es difícil disponer de mano de obra calificada, maquinaria avanzada y material

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Vara (2018), en la investigación “Comparación Técnico-Económica del Diseño de Muros de Contención Tipo Gavión y Mampostería en el Río Parco, Centro Poblado de Parco, 2017”, tuvo como objetivo principal realizar un análisis técnico económico comparativo del diseño de muro de contención tipo gavión y mampostería en el río Parco, Centro Poblado de Parco- Piscobamba 2017, la metodología usada por el autor fue la no experimental-cuantitativa y el estudio fue de tipo descriptivo. Por otra parte, la población en esta investigación fue el km 0+000 hasta 1+ 122 km en el río Parco, ubicado en el Centro Poblado de Parco, Distrito de Fidel Olivas Escudero y la muestra fueron los tramos más vulnerables que se identificaron 0+000 km. hasta 0+485 km.

En consecuencia, la técnica que uso el autor fue la observación directa y documental. Asimismo, los instrumentos que utilizo fueron las hojas de cálculo de Excel, datos hidrológicos, fichas técnicas de laboratorio, programas computacionales HEC RAS 5.0.3, s10, CIVIL 3D y estación total, carta nacional.

Finalmente, el autor llegó a la conclusión que el levantamiento topográfico fue de mucha importancia para la representación gráfica, se llegó a identificar el caudal máximo de avenida siendo  $48.50 \text{ m}^3/\text{s}$ , para un periodo de retorno de 25 años. Adicional a ello se concluyó que el muro tipo gavión tiene mejor comportamiento mecánico y económico frente a cargas laterales como defensa ribereña teniendo un presupuesto de S/ 751,980.61 a comparación del muro tipo de mampostería con un presupuesto de S/ 792,047.08.

Meza (2019), en su tesis de “Diseño Hidráulico y Estructural para la Protección de Riberas en el Río Tarma, en Santo Domingo-Tarma”, tuvo como objetivo principal realizar el diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en el sector de Santo Domingo- Palca-Tarma. En esta investigación se desarrolló el enfoque cuantitativo, el tipo de investigación fue de tipo aplicativo y de nivel correlacional. Por otro lado, el autor tomó como población al río Tarma de toda la cuenca en investigación que colecta las aguas de los riachuelos, Río Tarma, Río Palcamayo y Río Tapo.

Con respecto a la muestra se identificó la longitud de 320 m., zona afectada por las máximas avenidas o máximos eventos. La técnica que usaron fueron la evaluación hidrológicos de la cuenca y las herramientas que usaron fueron la estación total, trípode, prisma, GPS, wincha y cámara fotográfica. Con respecto a los materiales usaron Registros de la precipitación de la estación meteorológica, carta geográfica, plano topográfico y softwares para la ejecución de la investigación.

Los resultados que se obtuvieron fueron los estudios de suelos, la base de datos del levantamiento topográfico, identificación de zonas inundadas y máximas avenidas. A continuación, concluyeron que para el muro gavión el caudal fue de  $219.60 \text{ m}^3/\text{s}$ , en un periodo de retorno de 100 años, los cuales se propuso 6 muros con una dimensión de 1.00 m. X 1.5 m., con una sobrecarga de diseño de  $2.2 \text{ tn/m}^2$ . Y con respecto a la propuesta del muro de gravedad con una sobrecarga, de  $2.2 \text{ t/m}^2$ , las dimensiones fueron: altura de sobrecarga 1.22 m, pie 0.30 m., talón 0.40 m, base 2.25 m., altura de la base 0.70 m, corona 0.45, altura de muro 3.00. Después de la comparación económica, el autor llegó a la conclusión que el muro gavión es mucho más económico a comparación del muro de gravedad, para la defensa ribereña y recomienda realizarlo.

Rios y Solari (2021), en su tesis de “Estudio hidráulico y estructural de un muro de contención en la margen del río Santa Eulalia, Callahuanca”, tuvieron como objetivo principal analizar las variables hidráulicas y estructurales de un muro de contención en el margen del río Santa Eulalia en el distrito de Callahuanca.

Se desarrolló a partir de un enfoque cuantitativo siendo secuencial y probatorio, de manera que se buscó profundizar el estudio y diseño de un muro de contención, utilizando conceptos hidrológicos e hidráulicos del río Santa Eulalia. Además, la investigación tuvo una metodología de alcance descriptivo, de modo que busco recopilar información de manera individual o en conjunto de acuerdo a sus variables. La población con la que se trabajó la investigación fue el cauce del río Santa Eulalia y la muestra fue 500 m. del margen derecho del río Santa Eulalia en el distrito de Callahuanca.

La técnica que utilizó fueron la observación directa y las entrevistas a los afectados por la inundación, con respecto a los instrumentos se utilizó la estación total, mira, cinta métrica, base de

datos del levantamiento topográfico, carta de datos meteorológicos, ficha técnica de estudios de suelos, cronometro, laptop y softwares para el diseño.

Los autores en esta investigación llegaron a obtener los siguientes resultados, con respecto a la topografía encontraron el terreno con una pendiente del 5.7%, el suelo pobremente gradado con aren. Por otro lado, también se evidenció el hallazgo el caudal máximo siendo  $106.5 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 140 años, y el tirante máximo fue de 1.46 m, con estos resultados procedieron a diseñar el muro gavión y voladizo, teniendo ambas estructuras 3m de altura libre y un largo de 500 m. Después de realizar la comparación entre el muro gavión y voladizo llegaron a la conclusión que el muro gavión es mucho más económica que el muro en voladizo.

## **2.2. Bases teóricas**

### ***2.2.1. Importancia de las defensas ribereñas***

Estas infraestructuras fluviales ejercen un papel crucial como salvaguardias ante la amenaza de las inundaciones, desempeñando una labor de control y orientación del flujo hídrico para prevenir desbordamientos y proteger las áreas urbanas y las edificaciones colindantes, su acción en esta vertiente reviste un carácter de contención y canalización, mitigando el impacto potencialmente devastador de eventos pluviales extremos (Fracassi, 2019).

Además, las defensas ribereñas constituyen una barrera eficaz en la protección de las áreas adyacentes contra procesos erosivos, manteniendo la estabilidad de las riberas fluviales; lo cual, es de vital importancia para la preservación de terrenos agrícolas, espacios residenciales y otros activos inmuebles ubicados en las inmediaciones de los cuerpos de agua; y contribuyen a la salvaguardia de la vegetación ribereña, promoviendo la integridad de los ecosistemas acuáticos y terrestres (Marrugo & Fernández, 2017).

En adición a su labor defensiva, estas estructuras ribereñas fomentan un entorno propicio para el desarrollo económico, ya que reducen los riesgos inherentes a las inundaciones y la erosión, generan un ambiente favorable para la inversión y el progreso en las zonas colindantes a los cauces fluviales, incidiendo directamente en la promoción del crecimiento socioeconómico en dichas áreas (Campos & Crespo, 2018).

### ***2.2.2. Topografía***

La topografía es la disciplina que se encarga de describir y representar gráficamente la forma, la elevación y las características físicas de la superficie terrestre, incluyendo detalles como montañas, valles, colinas, ríos, lagos, edificios y otros elementos naturales y artificiales. La palabra "topografía" proviene del griego, donde "topos" significa lugar y "grapho" significa escribir o describir, por lo que se refiere a la descripción y representación de la tierra y su relieve. (Jiménez, 2019)

Según Hernández et al. (2020), la topografía se utiliza en una variedad de campos y aplicaciones, incluyendo: “Ingeniería: Los ingenieros utilizan la topografía para diseñar y planificar proyectos de construcción, como carreteras, puentes, represas, edificios y sistemas de drenaje. Los mapas topográficos detallados son esenciales para comprender la superficie de la tierra en el lugar de trabajo”.

La topografía se realiza utilizando instrumentos como teodolitos, estaciones totales, niveles y receptores GPS, y se representan los datos recopilados en mapas topográficos, planos y modelos digitales del terreno. Estos datos son esenciales para la toma de decisiones en muchas disciplinas y contribuyen a la planificación y el desarrollo sostenible de las áreas geográficas (Gil, 2020).

### ***2.2.3. La cuenca hidrográfica***

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de aguas conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, lago o mar (Castillo & Medrano, 2023).

También conocida como cuenca de drenaje o cuenca fluvial, es una región geográfica delimitada por líneas de división topográfica en la que todas las aguas superficiales y subterráneas fluyen hacia un único río principal, arroyo, lago o mar. En otras palabras, es un área de tierra en la que todas las precipitaciones, escorrentías, y flujos de agua convergen hacia un punto común de salida, como un río principal o un lago (Sotomayor & Paz, 2021).

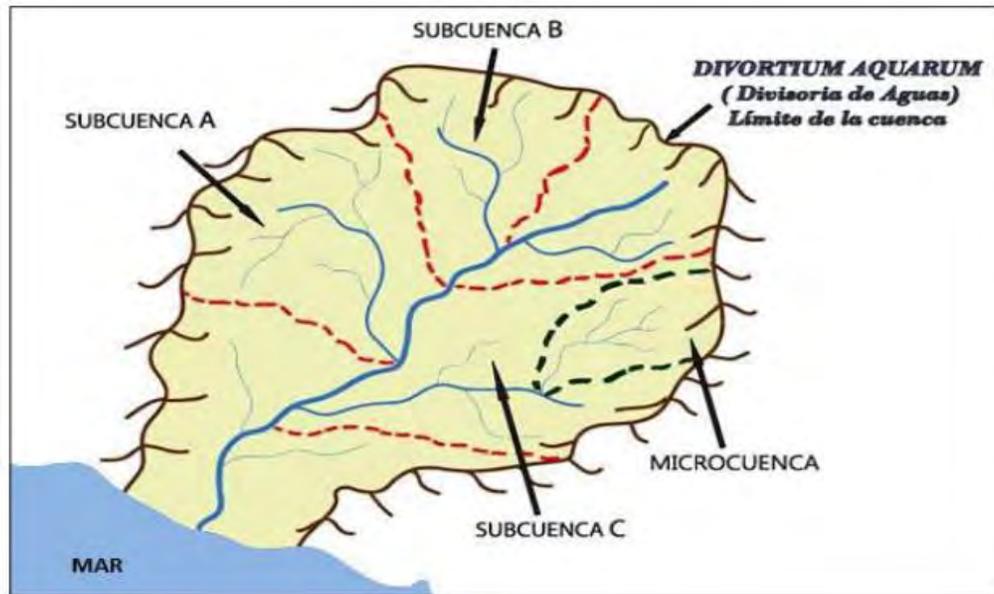
Las cuencas hidrográficas son una unidad fundamental en la gestión y estudio de los recursos hídricos y el ciclo del agua. Estas áreas son importantes porque lo que sucede en una cuenca puede tener un impacto significativo en la calidad y cantidad del agua disponible en el río o lago principal (Martínez & Villalejo, 2018). Algunos puntos clave sobre las cuencas hidrográficas son:

- Delimitación natural: Las cuencas hidrográficas se delimitan naturalmente por las elevaciones de la topografía. Las cimas de las montañas y las crestas de las colinas forman las divisiones entre diferentes cuencas (Vargas, 2020).
- Red de drenaje: En el interior de una cuenca, existe una red de ríos y arroyos más pequeños que transportan el agua hacia el cuerpo de agua principal. Estos ríos y arroyos se ramifican y convergen a medida que fluyen hacia abajo en la cuenca (Vargas, 2020).
- Recopilación de agua: Las cuencas hidrográficas recopilan agua de diversas fuentes, como precipitación pluvial, nieve derretida, aguas subterráneas y manantiales. Toda esta agua fluye hacia el río principal (Vargas, 2020).
- Importancia ambiental y humana: Las cuencas hidrográficas son vitales para el ciclo del agua y tienen un gran impacto en la vida silvestre y la vegetación de la región. Además, son cruciales para el suministro de agua potable, la agricultura, la generación de energía hidroeléctrica y la navegación, entre otros usos humanos (Vargas et al, 2020).

La gestión adecuada de las cuencas hidrográficas es esencial para garantizar la disponibilidad y la calidad del agua en una región determinada. También se utiliza para prevenir inundaciones, controlar la erosión y preservar los ecosistemas acuáticos y terrestres dentro de una cuenca (Moreira, 2020).

## Figura 1

*División de una cuenca hidrográfica: Subcuencas y microcuencas*



*Nota.* Se denomina cuenca >50 miles de has, sub cuenca 5-50 miles de has, micro cuenca <50 miles de has. Fuente: Manejo y Gestión de cuencas hidrográficas. Asbalón (2016).

### **2.2.4. Análisis de consistencia de datos hidrológicos**

El análisis de consistencia en hidrología es un proceso fundamental para evaluar la calidad y la coherencia de los datos hidrológicos utilizados en investigaciones y proyectos relacionados con el ciclo del agua, la gestión de recursos hídricos y la predicción de eventos hidrológicos extremos, como inundaciones y sequías (García, 2018).

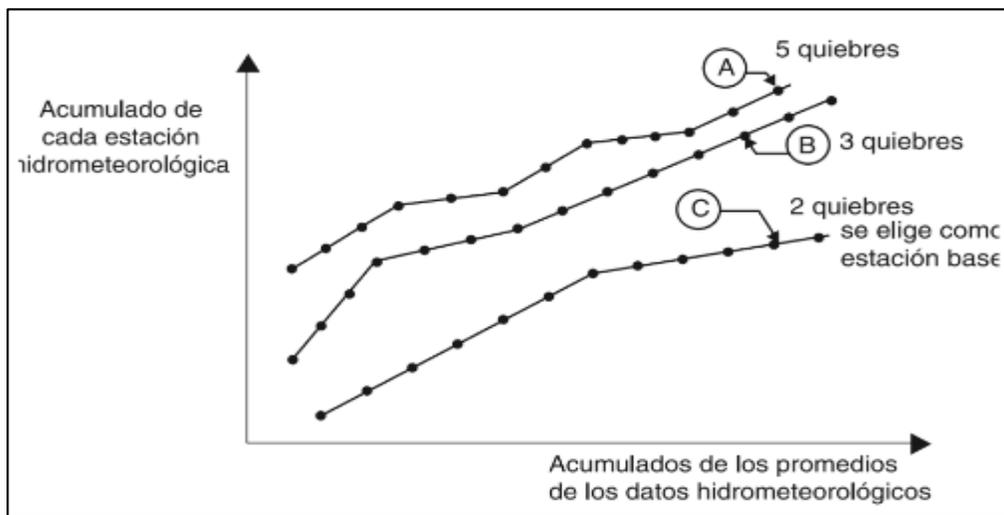
En ese sentido, el análisis de Doble Masa es una técnica común en hidrología que se utiliza para evaluar la consistencia de los datos registrados en estaciones meteorológicas a lo largo del tiempo, siendo su objetivo principal identificar posibles cambios en la calidad de los datos, como errores instrumentales, cambios en la ubicación de la estación o cambios en la metodología de medición que puedan afectar la precisión y la coherencia de los registros de datos (Vargas A, 2021).

En este enfoque, se acumulan los promedios de volúmenes anuales de todas las estaciones y se plotean en el eje de las abscisas (X), mientras que los volúmenes anuales acumulados de cada estación individual se plotean en el eje de las ordenadas (Y). La interpretación se basa en la

tendencia de los puntos en el gráfico: una relación 1:1 indica una buena consistencia entre las estaciones y la cuenca, desviaciones de esta relación sugieren inconsistencias o cambios hidrológicos (Liendo & Neyra, 2019).

## Figura 2

*Análisis de doble masa para determinar la estación base*



Nota. En el gráfico se determina que el punto C es la estación base ya que tiene la menos cantidad de quiebre. Fuente: Hidrología Estadística. Villón (2006).

### 2.2.5 Análisis de la bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste son herramientas estadísticas utilizadas para evaluar si un conjunto de datos observados se ajusta adecuadamente a una distribución de probabilidad específica, como la distribución uniforme, exponencial, normal, de Poisson o cualquier otra. Estas pruebas se basan en pruebas de hipótesis y se utilizan para determinar si los datos observados se pueden considerar como una muestra de una población que sigue la distribución teórica propuesta (Flores & Flores, 2023).

- **La prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS).** Es una prueba de bondad de ajuste que se utiliza para determinar si un conjunto de datos observados se ajusta a una distribución de probabilidad teórica específica.

$$D = \sum_{i=1}^n [|F(x)_i - F'(x)_i|]$$

Donde:

D = máxima ordenada

F(x) = probabilidad acumulada hipotética

F'(x) = probabilidad acumulada asociada

- **La prueba Chi cuadrado.** Es una prueba estadística utilizada para determinar si una distribución de probabilidad teórica se ajusta adecuadamente a un conjunto de datos observados en forma de frecuencias de categorías o intervalos. El estadígrafo muestral que se utiliza en esta prueba es:

$$x^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$$

Donde:

O<sub>j</sub> = número de eventos observados en el jésimo intervalo.

E<sub>j</sub> = número de eventos observados que se esperan según la distribución teórica

k = número de intervalos

n = número de parámetros de la distribución

Ahora, se debe considerar que es recomendable buscar intervalos con igual P<sub>i</sub> “probabilidad de que la variable aleatoria se encuentre en cada uno de los intervalos”, especialmente, cuando se trata de variables continuas. En ese sentido, la ecuación se transforma en:

$$x^2 = \frac{k}{n} \left[ \sum_{i=1}^n O_j^2 - n \right]$$

Entonces, para obtener el estadígrafo muestral se resume los siguientes pasos:

1. Seleccionar el número de intervalos de clase

$$Si \begin{cases} n \leq 20 & k = 3 \\ 20 < n \leq 40 & k = 5 \\ n > 40 & k = 1 + 3.3 \ln n \end{cases}$$

2. Encontrar los límites de intervalos de clase

- En distribución normal:

$$LC = a + z_T b; \quad \text{"a" y "b": son parámetros de ubicación y escala}$$

$z_T$ : desviación estándar normal

- En lognormal de 2 parámetros:

- 

$$LC = \exp(\mu_y + z_T \sigma_y); \quad \text{"}\mu_y\text{" y "}\sigma_y\text{"}: \text{son parámetros de ubicación y escala}$$

- En lognormal de 3 parámetros:

- 

$$LC = a_L + \exp(\mu_L + \sigma_L z_T); \quad \text{"}a_L\text{"}, \text{"}\mu_L\text{" y "}\sigma_L\text{"}: \text{ubicación, escala y forma}$$

En Gumbel:

$$LC = a - c (\ln(-\ln(1 - 1/T))); \quad \text{"a" y "c": son parámetros de escala y ubicación}$$

En Pearson tipo III:

$$LC = T + \alpha \left[ \frac{1}{\beta^{1/3}} - \frac{1}{9\beta^{2/3}} + \frac{z_T}{3\beta^{1/6}} \right]^3; \quad \text{"}\alpha\text{"}, \text{"}\beta\text{" y "T": escala, forma y ubicación}$$

En Log Pearson tipo III:

$$LC = \exp(\mu_y + \sigma_y k); \quad \text{"}\mu_y\text{"}, \text{"}\sigma_y\text{" y "k": ubicación, escala y forma}$$

#### 2.2.4.1. Origen de ríos

En el campo de la hidro geomorfología, la conceptualización de un río ha evolucionado significativamente al incorporar cuatro dimensiones o gradientes distintos, conocidos como longitudinales, transversales, verticales y temporales. Cada una de estas dimensiones desempeña un papel fundamental en la comprensión de los sistemas fluviales (Ortiz, 2021).

La dimensión longitudinal se refiere al gradiente que se extiende desde las fuentes de agua hasta los grandes colectores fluviales, siguiendo el curso de la corriente, en esta dimensión,

generalmente se identifican tres zonas distintas: las cabeceras, donde nace el río; la zona de transferencia, donde ocurren importantes intercambios de agua y sedimentos; y la zona de deposición, donde se acumulan sedimentos y materiales. La dimensión transversal se centra en las interacciones entre el río y las zonas ribereñas, que incluyen una variedad de ecosistemas interconectados, como los canales principales y secundarios, los brazos muertos, los antiguos cauces, las áreas pantanosas, los bosques ribereños y los ecosistemas terrestres en las islas fluviales y las planicies de inundación, entre otros. La dimensión vertical se relaciona con la estratificación de los ecosistemas en la superficie terrestre, los acuíferos y las aguas subterráneas en los acuíferos aluviales, esta dimensión captura la complejidad vertical de los sistemas fluviales y su interacción con los recursos hídricos subterráneos. Por último, la dimensión temporal abarca todos los cambios que ocurren en diversas escalas de tiempo, tanto aquellos de origen natural como aquellos causados por impactos directos o indirectos de actividades humanas, esta dimensión reconoce la dinámica en constante cambio de los sistemas fluviales a lo largo del tiempo (Hernández & Nélide, 2018)..

#### ***2.2.4.2. Partes de un río***

En una sección transversal de un río se definen las siguientes unidades morfológicas y ecosistemas asociados: el cauce donde se contempla el margen y la orilla, la ribera y la planicie inundable. En primer lugar, el cauce o vega es la forma de relieve construida y dimensionada por el sistema fluvial para el transporte eficiente del caudal hídrico y sólido que puede ser simple o múltiple, rectilíneo o sinuoso, con mayor o menor tendencia meandriforme; además, presenta cierto encajamiento que permite su delimitación, sus caracteres son el resultado de la interacción entre las condiciones geomorfológicas del terreno concreto y las características del flujo. En los ríos permanentes, estos taludes se ven sustentados y protegidos por vegetación hidrófila con requerimientos elevados de humedad y especialmente adaptada para resistir o sobrevivir a los embates de las aguas. Por otro lado, la orilla es el borde permanente de un curso de agua situado por encima del nivel normal del agua que se caracteriza por su forma transversal (orilla en pendiente suave, orilla abrupta), su composición (arenosa, margosa) y su vegetación (Hernández & Nélide, 2018).

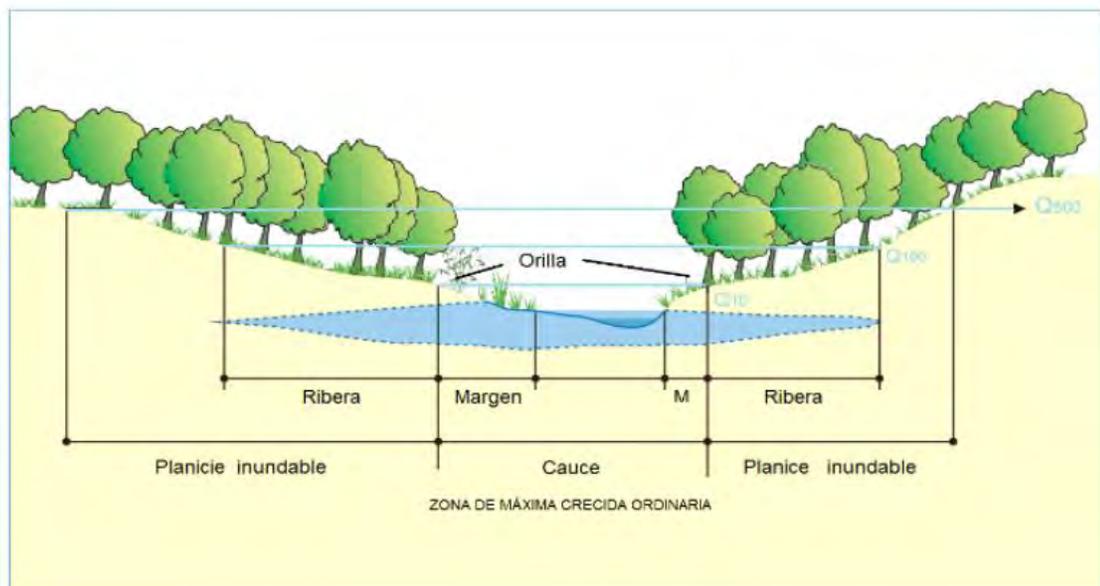
Las riberas son las zonas laterales al cauce, por fuera de las orillas, donde el nivel freático del curso fluvial permite sustentar la presencia de una vegetación propia de las zonas húmedas que está conformada por la franja lateral de los cursos fluviales que se extiende por las terrazas y

llanuras aluviales inmediatas al cauce y sus márgenes. En términos generales, el concepto de ribera se asocia al espacio de transición (o ecotono) entre el medio acuático y el medio terrestre adyacente., su delimitación física y ecológica cambia de unos sistemas fluviales a otros, y depende de las características del régimen hidrológico del río y de su interacción con los suelos ribereños y con las formaciones vegetales que estos sustentan. Entre los factores que inciden en el desarrollo y la estructura de las riberas destacan el tipo de sustrato, el régimen hidrológico y la recurrencia de los episodios de crecida e inundación lateral, que condicionan los fenómenos de erosión y deposición, así como las aportaciones o el lavado de nutrientes y la evolución de la vegetación de ribera (Basile, 2018).

Por último, la planicie inundable o llanura de inundación corresponde al fondo de valle adyacente a un curso de agua inundado de forma periódica por las crecidas, además, es una forma de relieve construida por la corriente fluvial en su régimen de crecidas, de topografía básicamente llana, casi siempre ligeramente cóncava, aunque en cursos bajos puede ser levemente convexa si el cauce menor se ha elevado en sus propios sedimentos, quedando enmarcado por diques naturales (Moreno, 2020).

### Figura 3

*Sección transversal de un río y sus unidades morfológicas asociadas*



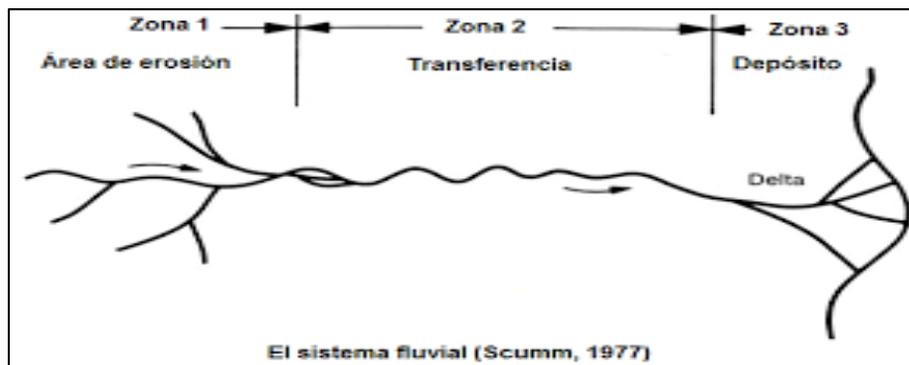
*Nota.* Tomado de Hernández y Nélida (2018)

### 2.2.5. Ríos (Hidráulica Fluvial)

Un río está dentro del dominio del sistema fluvial, que consiste de la cuenca de drenaje y de los reservorios, lagos u océanos ubicados aguas abajo; el cual, se ha dividido en tres partes, como se muestra en la Fig. 3, donde zona 1 incluye las partes altas de las cuencas, y en este lugar los ríos se forman por erosión de las rocas y el cauce se encañona progresivamente; la zona 2, tiene un cierto equilibrio entre la capacidad de transporte del flujo y los aportes de sedimento; y en la zona 3, los sedimentos se depositan por falta de capacidad de transporte, en deltas o en estuarios (Vásquez, 2018).

#### Figura 4

*El sistema fluvial*



*Nota.* Hidráulica Fluvial, tomada de Apacla (2014)

El patrón morfológico de los cauces se refiere a las características físicas y geomorfológicas que describen la forma y estructura de un cauce, estas propiedades son importantes para comprender la dinámica y el comportamiento de los ríos (Pantevis & Torres, 2020).

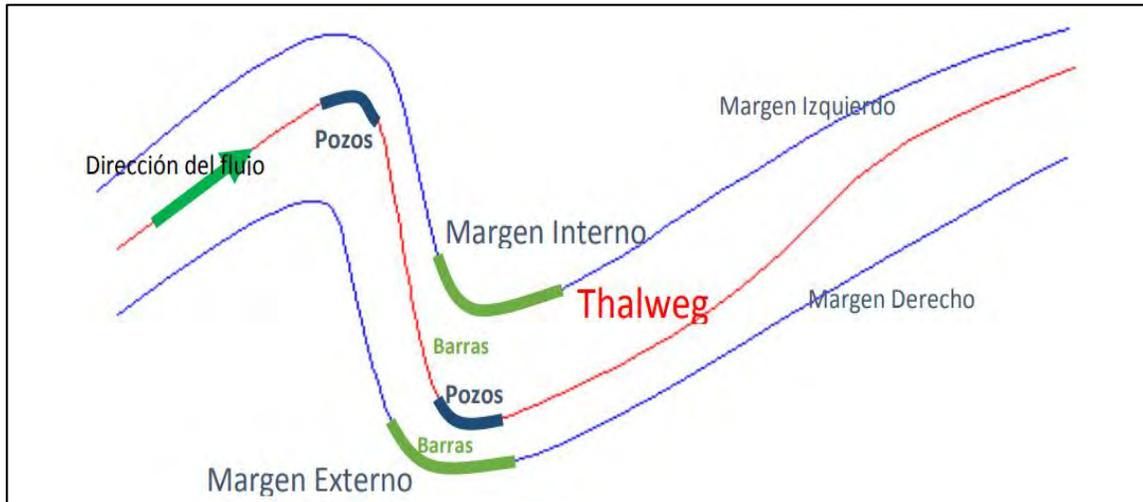
#### – Thalweg

El término "thalweg" se utiliza para referirse a la línea imaginaria que conecta los puntos más profundos de la sección transversal de un río, esta línea generalmente coincide con la trayectoria del flujo de agua más rápido en el río. Asimismo, es una característica importante en la hidrología de los ríos, ya que repercute en la dinámica de cómo el agua fluye y transporta sedimentos (Ramírez & Pardo, 2018).

Es importante destacar que el thalweg no es una línea fija en el lecho del río, sino que puede cambiar de posición en respuesta a cambios en el caudal, la topografía del lecho y otros factores. Por tal razón, puede moverse de un margen a otro del río a medida que el río se erosiona y deposita sedimentos, creando meandros y curvas en su curso (Silva & Dávila, 2022).

### Figura 5

Descripción de un río-Thalweg



*Nota.* La línea roja ilustra el Thalweg que une las máximas profundidades de la sección transversal del río. Fuente: Tomado de Olivares (2016)

#### – Sinuosidad

La sinuosidad es una medida que describe cuán curvado o sinuoso es el curso de un río a lo largo del valle en relación con su longitud total, esto se calcula utilizando la relación entre la longitud del thalweg; es decir, la línea imaginaria que conecta los puntos más profundos a lo largo del río, y la longitud total del valle a lo largo del cual fluye el río (Ramírez & Pardo, 2018). La sinuosidad se expresa típicamente con las siguientes ecuaciones:

$$S_v = \frac{L_V}{L_{VR}} \dots (1)$$

$$S_R = \left( \frac{L_R}{L_{VR}} \right) \times \frac{1}{S_V} \dots (1)$$

Donde:

$S_v$ : Sinuosidad del valle

$S_R$ : Sinuosidad del río

$L_V$ : Longitud del eje del valle

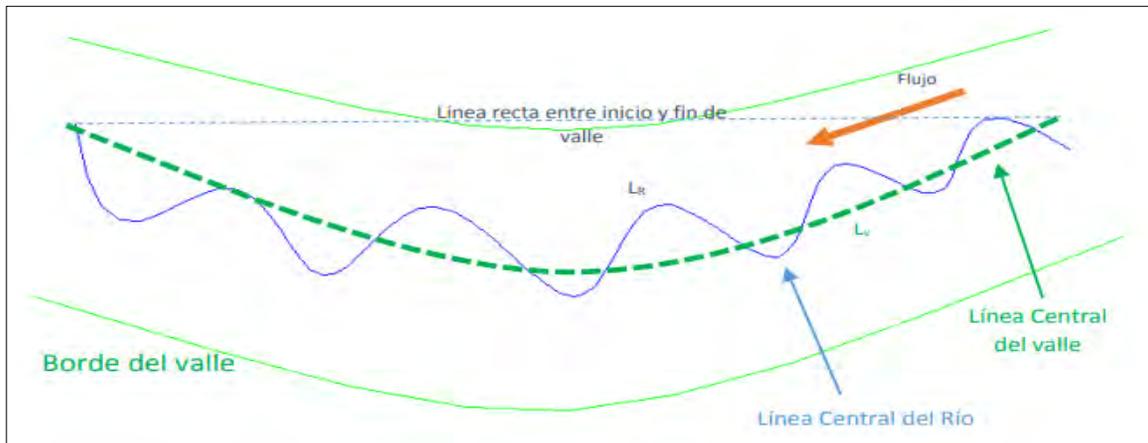
$L_R$ : Longitud del eje del río

$L_{VR}$ : Longitud de inicio y fin de tramo del valle

Asimismo, la sinuosidad puede variar de 1 a un valor cercano a 4; de modo que, el valor de 1 indica que el río es completamente recto, mientras que valores mayores indican una mayor curvatura o sinuosidad en el curso del río (Ramírez & Pardo, 2018).

## Figura 6

*Representación de la geometría del valle de un río*



*Nota.* Tomado de Olivares (2016)

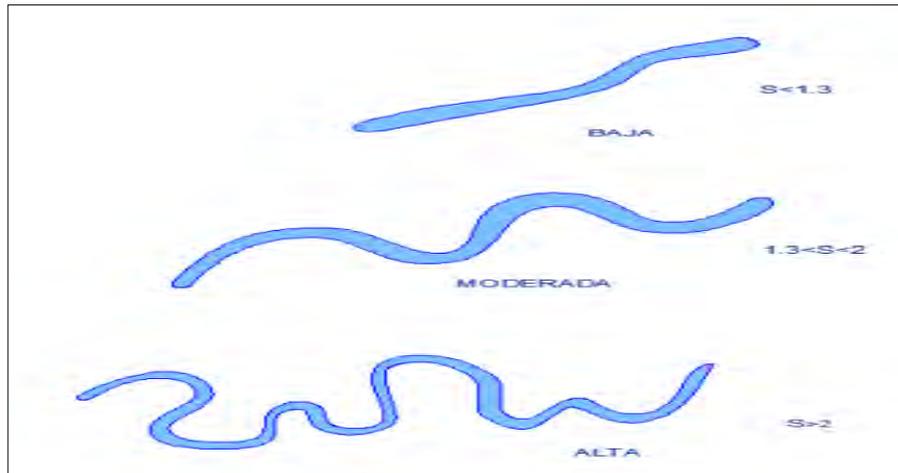
Según Sandoval et al. (2020) los valores de sinuosidad de los ríos pueden ser clasificados en tres categorías principales:

1. Baja Sinuosidad ( $S < 1.3$ ): Los ríos con baja sinuosidad son aquellos que tienen un curso relativamente recto y no presentan muchas curvas o meandros a lo largo de su longitud.
2. Moderada Sinuosidad ( $1.3 < S < 2$ ): Los ríos con moderada sinuosidad tienen un grado intermedio de curvatura en su curso. Presentan algunas curvas y meandros, pero no son excesivamente sinuosos.
3. Alta Sinuosidad ( $S > 2$ ): Los ríos con alta sinuosidad son aquellos que tienen un curso altamente curvado y meandriforme, estos ríos presentan muchas curvas y giros en su trayecto, lo que les confiere una forma serpenteante. Suelen ser característicos de áreas de

llanura aluvial y depósitos sedimentarios, donde la erosión y la sedimentación a lo largo del tiempo han contribuido a crear un curso altamente sinuoso.

### Figura 7

*Representación esquemática de la sinuosidad y sus grados*



*Nota.* Sinuosidad-Tomado de Olivares (2016)

#### - Barras

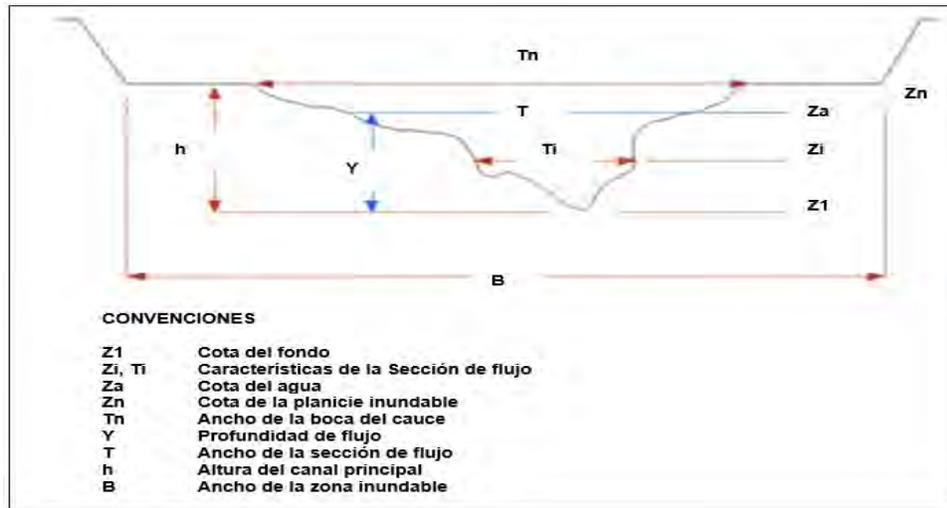
Los depósitos de sedimentos adyacentes a las orillas o dentro del cauce de un río se conocen como barras fluviales; las cuales, son formaciones geomorfológicas importantes que se desarrollan debido a la deposición de sedimentos transportados por el río (Cristoforo & Salas, 2023). Según Salazar (Salazar, 2019), las barras fluviales pueden variar en forma y ubicación, y se pueden clasificar de la siguiente manera: barras longitudinales, barras transversales, barras diagonales, espolones (Point Bars), barras laterales y anexas.

#### - Sección transversal

En los cauces naturales de los ríos, las secciones transversales suelen ser irregulares y cambiantes debido a la dinámica fluvial, la erosión, la sedimentación y otros factores; por lo cual, para medir y caracterizar estas secciones transversales, se utilizan levantamientos batimétricos, que son técnicas de medición específicas para cuerpos de agua, para obtener información detallada sobre la profundidad, la topografía del lecho y otras características geométricas de la sección transversal de un río (Basile, 2018).

**Figura 8**

*Sección transversal típica de un río*



*Nota.* Tomado de Olivares (2016)

- **Pendiente:** La medición de la pendiente longitudinal en cauces naturales se realiza a lo largo de la línea del agua, y no en el fondo del río, debido a varias razones importantes; como la inestabilidad e irregularidades del fondo (Dunkerley, 2020). Además, esta pendiente puede variar con el caudal, especialmente en ríos con flujos variables.

- **Pendiente media del cauce:** Es una medida que describe la inclinación promedio de un río a lo largo de su longitud, se calcula como la relación entre el desnivel altitudinal del cauce; es decir, la diferencia de altura entre dos puntos en el cauce, y la longitud total del cauce entre esos dos puntos (Dunkerley, 2020). La fórmula general para calcular la pendiente media del cauce es:

$$j = \frac{h}{l}$$

Donde:  $j$ =pendiente media del cauce,  $h$ =desnivel altitudinal (km) y  $l$ =longitud del cauce (km).

- **Pendiente media o promedio de la cuenca:** Es una medida que se utiliza para caracterizar la inclinación promedio de toda la cuenca hidrográfica. En otras palabras, considera la topografía de toda la cuenca y se calcula como una media ponderada de las pendientes locales (Dunkerley, 2020). La fórmula general para calcular la pendiente media o promedio

de la cuenca es:

$$J = 100 \frac{\sum Li * E}{A}$$

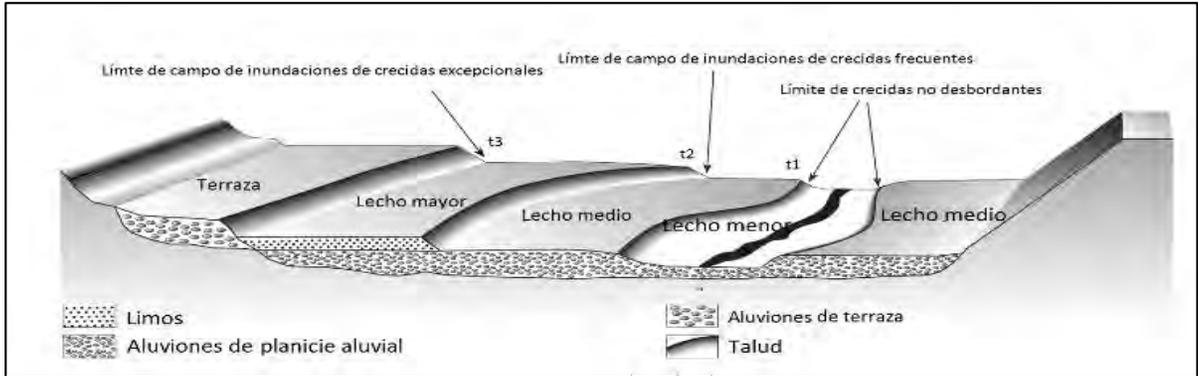
Donde: J=pendiente media del cauce, Li=longitud de cada una de las curvas de nivel (Km), E=Equidistancia de las curvas de nivel (Km) y A=superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

- **Tipo de lecho:** El lecho fluvial es la parte del fondo de un valle o cauce de un río a través del cual fluyen las aguas del río; es decir, es la superficie del canal que está en contacto directo con el agua y está sujeta a la acción del flujo del río. Además, el lecho fluvial puede estar compuesto por diversos materiales, como rocas, gravas, arena, limo o sedimentos, y su composición puede variar a lo largo del río y con el tiempo debido a la erosión y la sedimentación (Basile, 2018).

- Cauce menor: El cauce menor, también conocido como cauce principal, es la parte del cauce de un río por donde fluye agua de manera continua a lo largo de todo el año, independientemente de las condiciones estacionales o climáticas. Este cauce siempre tiene agua corriente y no se seca durante los períodos de sequía, lo que lo diferencia de otros segmentos del río que pueden experimentar estiajes estacionales o secarse por completo en ciertas épocas (Basile, 2018).
- Cauce mayor: También conocido como llanura de inundación o planicie de inundación, que está diseñada para contener las crecidas periódicas del río y es inundada durante eventos de alta escorrentía; además, tiene un papel importante en la dinámica de los ríos y en la protección contra inundaciones (Basile, 2018).

## Figura 9

*Relaciones topográficas entre diferentes lechos*

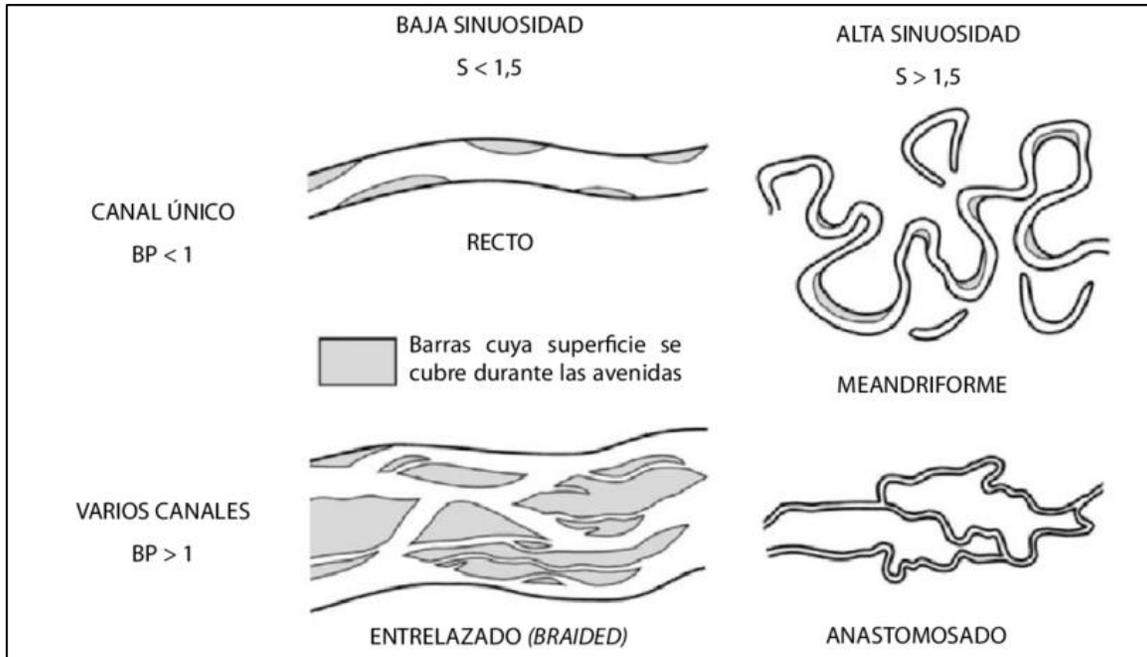


*Nota.* Tomado de Hernández (2018)

En la naturaleza, los ríos adoptan tres formas principales: rectos, trezados y meandreantes. Los ríos rectos siguen una línea recta, apareciendo en áreas con baja velocidad del agua o en pendientes pronunciadas que impiden la formación de curvas, aunque su rareza es notable. Por otro lado, los ríos trezados se componen de canales entrelazados separados por barras de sedimento y generalmente se hallan en pendientes relativamente fuertes, formándose debido a la deposición de sedimentos durante inundaciones importantes, donde suelen surgir barras con vegetación. Por último, los ríos meandreantes se caracterizan por sus curvas serpenteantes y una sinuosidad mayor a 1.5; su forma y tamaño varían según las condiciones de las márgenes y la evolución en el tiempo, pero la relación entre el radio de curvatura y el ancho del cauce tiende a mantenerse en un rango específico (Hernández & Nélica, 2018).

### **Figura 10**

Tipos de ríos según su geometría



*Nota.* S: sinuosidad, BP: Multiplicidad. Tomado de linkedin

#### - Hidrograma sintético triangula del SCS

Este hidrograma guarda relación con la separación de la lluvia neta y las abstracciones, así como el uso de un hidrograma unitario para propagar el volumen generado a través del río. Don el tiempo de recesión ( $t_r$ ) puede aproximarse al valor de:

$$t_r = 1.67T$$

Como el área bajo el hidrograma unitario debe ser igual a una escorrentía de 1 cm, puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{2.08A}{T_p}$$

Donde: A: área de drenaje ( $\text{Km}^2$ ) y  $T_p$ : tiempo de ocurrencia del pico (hr).

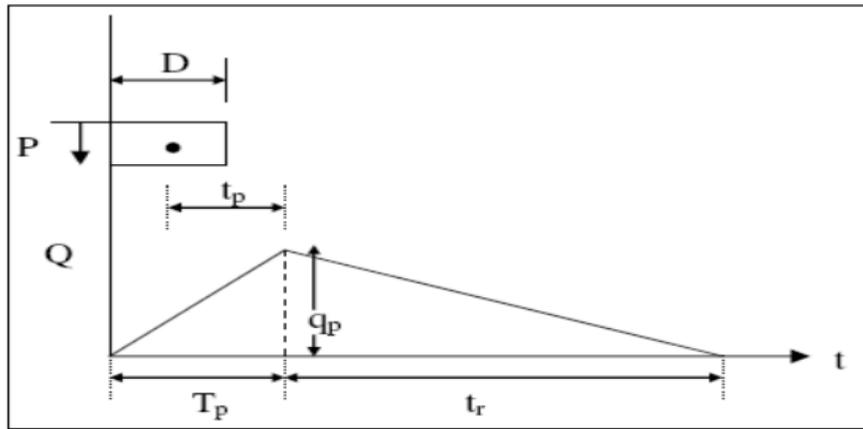
Adicionalmente,  $t_p = 0,6t_c$ ; donde  $t_p$ : tiempo de retardo y  $t_c$ : tiempo de concentración de la cuenta.

Por tal razón, el tiempo de ocurrencia pico ( $T_p$ ):

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p; \text{ donde } D: \text{Duración de la lluvia}$$

**Figura 11**

*Hidrograma Unitario Triangular del SCS*



*Nota.* Tomado de Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2012).

### **2.2.6. Máximas avenidas**

El concepto de las "máximas avenidas" son los niveles más altos de una crecida de río durante un evento de inundación; estas máximas avenidas son la consecuencia de precipitaciones fuerte, deshielo y diferentes factores, llegando a causar inundaciones por activaciones de algún río o arroyo. Además, se refiere a la mayor cantidad de precipitación pluvial que puede ocurrir en un área geográfica determinada durante un período de tiempo específico. Estas máximas avenidas son eventos extremos de lluvia que pueden resultar en inundaciones significativas y representan un riesgo importante para la seguridad pública y la infraestructura (Muñoz et al., 2021).

Las máximas avenidas se calculan utilizando datos históricos de lluvia y métodos estadísticos para determinar la cantidad máxima de precipitación que se ha registrado o que se podría esperar en una región en un período de tiempo dado, como 24 horas o 100 años. Estos cálculos son esenciales para el diseño y la planificación de infraestructuras hidráulicas y sistemas de control de inundaciones, como diques, presas y sistemas de drenaje pluvial (Gonza, 2022).

Es importante tener en cuenta que el cambio climático y otros factores pueden influir en la intensidad y frecuencia de las máximas avenidas, lo que hace que la revisión y actualización periódica de estos cálculos sea fundamental para garantizar la seguridad y resiliencia de las comunidades frente a eventos climáticos extremos (Ventura, 2022).

- Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder

El método de Snyder es una técnica hidrológica utilizada para estimar las máximas avenidas en función de datos hidrológicos y meteorológicos, se basa en un enfoque estadístico y utiliza una serie de registros históricos de caudales y precipitación para desarrollar modelos matemáticos que permitan predecir las avenidas futuras (Santillan, 2022).

$$t_p = 0.75C_t(L.L_c)^{0.3}$$

Donde:  $C_t$ : parámetro que está acorde al valor de las características geográficas de la cuenca,  $L$ : Longitud del curso más largo (Km) y  $L_c$ : Distancia del cauce principal hasta el punto de análisis.

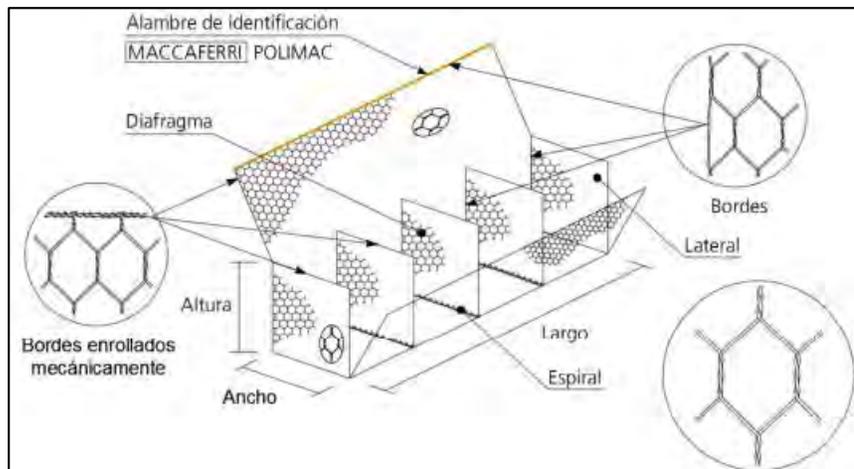
### 2.2.7. Muros de contención

- Tipos de muros

- **Gavión tipo caja:** Este estilo de gavión se caracteriza por ser una estructura prismática, que puede ser rectangular o cuadrada; el cual, se construye utilizando un solo trozo de malla metálica que se utiliza tanto para crear la base como la tapa, además de las paredes frontal y laterales. Además, es necesario llenar este tipo de gavión con material pétreo que tenga un diámetro medio mayor que la dimensión más pequeña de la malla de alambre utilizada en su construcción. En la práctica, se observa que se emplean diversos tipos de mallas para la fabricación de estos gaviones, como las de doble y triple torsión, malla eslabonada e incluso malla electrosoldada. La elección entre estas disposiciones de malla depende del proyecto específico en el que se utilizará el gavión. Comúnmente, se utiliza la malla de triple torsión para construir estos gaviones (Bolívar, 2018).

### Figura 12

*Esquema de gavión tipo caja*

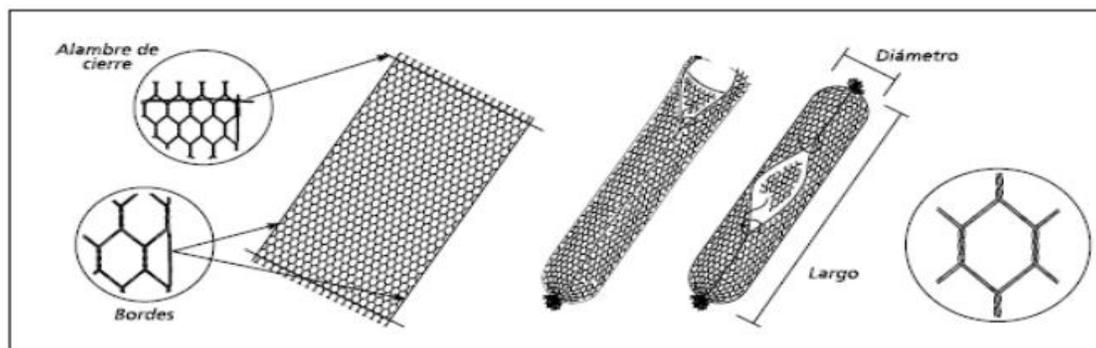


*Nota.* Tomado de catálogo de Maccaferri

- **Gavión tipo saco:** Son estructuras metálicas con forma de cilindro que se componen de un solo paño de malla de torsión, en los bordes libres de esta malla, se encuentra un alambre especial que se enhebra de manera alternada entre las mallas para permitir su montaje en el sitio de la obra; lo cual, permite que sea extremadamente versátil debido a su forma cilíndrica. Por lo general, se utilizan como elementos de apoyo en estructuras de contención en áreas donde hay presencia de agua o en suelos con baja capacidad de soporte, ya que se pueden instalar con facilidad. Esto los convierte en un componente fundamental en proyectos de obras de emergencia, ya que su llenado puede llevarse a cabo de manera rápida, ya sea por un extremo o por el costado (Bolívar, 2018).

**Figura 13**

*Gavión tipo saco*



*Nota.* Tomado de Almeida (2010)

Un muro de contención es aquella estructura que proporciona soporte lateral para una pendiente vertical o casi vertical del suelo; la cual, es comúnmente utilizada en proyectos de construcción, estas estructuras de contención son principalmente aplicables en casos de discontinuidad del suelo causada por una excavación debajo de la superficie natural del suelo, como cuando se excavan caminos en terrenos geográficos difíciles con pendientes pronunciadas (Alexiou, 2020).

También, los muros de contención son estructuras que se utilizan para retener tierra o cualquier otro material, en una posición donde el nivel del suelo cambia abruptamente, los muros pueden ser de muchos tipos como muro de gravedad, muro voladizo, muro de contrafuerte y muro de contrafuerte, entre otros (Ren, 2018).

La principal fuerza que actúa sobre el muro de contención es la fuerza lateral debido al empuje del suelo que tiene tendencia a doblarlo, deslizarlo y volcarlo, la base para determinar la magnitud y dirección de la presión del suelo son los principios de la mecánica de suelos. El comportamiento de la presión lateral del suelo es similar al de un fluido, con su magnitud de presión aumentando casi linealmente al aumentar la profundidad “h” para profundidades moderadas debajo de la superficie (Kalemci y otros, 2020).

$$p = K\gamma_e h$$

Donde “ $\gamma_e$ ” es el peso unitario de la tierra y “K” es un coeficiente que depende de sus propiedades físicas, y de si la presión es activa o pasiva. En ese sentido, el coeficiente que se emplea cuando la presión es activa tiene la nomenclatura de “ $K_a$ ”, y el coeficiente de presión pasiva de “ $K_p$ ” (Alexiou y otros, 2020).

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}$$

Donde “ $\theta$ ” es el ángulo de resistencia al corte. No obstante, cuando el relleno tiene pendiente, la expresión de “ $K_a$ ” debe modificarse de la siguiente manera:

$$K_a = \left[ \frac{\cos \theta - \sqrt{(\cos \sigma^2 - \cos \theta^2)}}{\cos \theta + \sqrt{(\cos \sigma^2 + \cos \theta^2)}} \right] x \cos \theta$$

### 2.2.8. Modelos y simulaciones numéricas

La modelización hidrológica es fundamental para la gestión del agua y la toma de decisiones (Cherif et al., 2023). Estos modelos permiten simular escenarios y procesos hidrológicos. Los modelos hidrológicos simplifican procesos y utilizan parámetros calibrados para mejorar la precisión (Oyebode & Strech, 2019). Los cuales, tienen cinco componentes clave: sistema hidrológico, entradas, ecuaciones, condiciones iniciales y resultados (Grieger & Harrison, 2021).

Los modelos hidrológicos se clasifican en físicos, conceptuales y empíricos según cómo representan los procesos (Maskey, 2022). En ese sentido, los modelos físicos utilizan ecuaciones diferenciales para el equilibrio hídrico y energético, y los modelos conceptuales simplifican procesos con ecuaciones algebraicas; por otro lado, los empíricos se basan en datos observacionales (Wortmann et al., 2019).

#### - Ecuación de Saint Venant Unidimensional

Las ecuaciones de Saint Venant son un conjunto de ecuaciones en la teoría de aguas fluviales que se derivan de las leyes fundamentales de la física, incluyendo las leyes de conservación de la masa y la cantidad de movimiento, así como las primeras y segundas leyes de la termodinámica. Estas ecuaciones son utilizadas para describir el flujo del agua en canales abiertos, como ríos y arroyos, y son fundamentales en la hidrología y la ingeniería hidráulica. A continuación, se exponen las ecuaciones tradicionales en el campo de la hidráulica, que con frecuencia resultan adecuadas para describir de manera precisa el flujo no estacionario en superficies libres de cursos de agua, tanto naturales como artificiales, producto de la notoria unidimensionalidad que caracteriza a estos sistemas (Ochoa et al., 2016).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \dots (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA(S_0 - S_f) \dots (2)$$

Donde:

x: Escala del eje longitudinal

h: calado del agua

A: Área de la sección mojada

S<sub>0</sub>: Pendiente de fondo

Q: Caudal circulante

S<sub>f</sub>: Pendiente motriz

g: Aceleración

- Ecuación de Saint Venant Bidimensional

Estas ecuaciones son aplicadas en una gran cantidad de flujos en superficies libres, particularmente en situaciones relacionadas con la propagación de inundaciones en ríos, en donde las variables experimentan cambios insignificantes en una misma dirección vertical a lo largo de las llanuras de inundación. Esta observación lleva a la posibilidad de simplificar las ecuaciones de Reynolds de tres dimensiones a un enfoque bidimensional mediante el promedio vertical de las ecuaciones tridimensionales. Para lograr esta simplificación, se aplican las siguientes suposiciones; en primer lugar, la profundidad del agua es considerablemente menor en comparación con las otras dimensiones del problema; como segunda consideración, la distribución de las presiones en la dirección vertical sigue una variación hidrostática, y por último, la pendiente del lecho del río es mínima. De modo que, se obtienen las ecuaciones bidimensionales que rigen el flujo en superficie libre, conocidas como las ecuaciones de Saint-Venant bidimensionales (Ochoa et al., 2016).

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \dots (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial(h + z_0)}{\partial x} - \frac{\tau_{0x} + \tau_{sx}}{\rho} + fhv + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(hT_{xx})}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial x}$$

... (2)

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial(h + z_0)}{\partial y} - \frac{\tau_{0y} + \tau_{sy}}{\rho} + fhu + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(hT_{yy})}{\partial x}$$

... (3)

Donde:

t: escala de tiempo, x, y: escalas de longitud en dirección de los ejes en el plano cartesiano, z: escala de longitud en el eje vertical perpendicular al plano de referencia xy, u: velocidades de flujo en dirección del plano x, v: velocidades de flujo en dirección del plano y, h: calado de agua, z<sub>0</sub>: cota de fondo, g: aceleración de la gravedad, τ<sub>0x</sub>: tensiones de fondo que actúan en la dirección x, τ<sub>0y</sub>: tensiones de fondo que actúan en la dirección y, τ<sub>Sx</sub>: tensiones en la superficie que actúan en la dirección x, τ<sub>Sy</sub>: tensiones en la superficie que actúan en la dirección y, ρ: densidad de fluido y f: coeficiente de Coriolis.

### 2.2.9. Costos y presupuestos

#### - Costos unitarios

Los costos unitarios se definen como la secuencia metódica de los montos asociados a cada una de las labores a realizarse en la obra, conforme con la unidad de medida establecida según las directrices de cuantificación. En esta perspectiva, el presupuesto de una obra se origina en un catálogo que detalla la unidad de medida, la cantidad de recursos y materiales destinados a cada partida. Además de ello, se incorpora el valor unitario de dicha partida y se lleva a cabo su multiplicación recíproca, obteniendo, como resultado, el monto total correspondiente a la mencionada partida (Gastezzi & Díaz, 2023).

#### - Costo directo

El costo directo abarca a las materias primas que se vuelven parte del producto terminado y se pueden rastrear física y convenientemente, siendo el importe de estos materiales aquel determinado por el coste de adquisición, es decir, desde la compra hasta los costes que se pueden utilizar en el proceso de producción (Triwidatin, 2022). Por tanto, los costos directos están relacionados directamente, con los materiales, mano de obra y equipos.

$$\text{Costo Directo (C.D.)} = \frac{\text{Presupuesto Ofertado}}{1 + \frac{\% \text{Costo indirecto}_{\text{ofertado}}}{100}}$$

#### - Costo indirecto

Los costos indirectos son costos incurridos por materiales que respaldan el éxito del proceso de producción pero que no se convierten en una parte integral (Wahidi et al., 2020). Además, estos costos lo constituyen las erogaciones que no son ni materia prima directa ni mano

de obra directa, pero que son necesarias para completar el proceso de producción y tener el producto listo para su venta; por ejemplo, los arriendos, la mano de obra indirecta, la materia prima indirecta, los servicios públicos, el impuesto predial, entre otros (Guarnizo y Cárdenas, 2020).

$$\text{Costo indirecto (C.I.)} = \frac{\% \text{Costo indirecto}_{\text{ofertado}}}{100} \times \text{Costo directo}$$

### - Presupuesto

El presupuesto de obra es un valor propuesto calculado con antelación considerable al inicio de la obra y calcula al sumar todos los costos tanto directos como indirectos de las distintas tareas a realizarse (Jia, 2022). Respecto a su cálculo, primero, se tiene la ecuación (1) que forma el presupuesto total. Luego, para calcular el costo indirecto, se utiliza la ecuación (2). Para determinar el costo directo, se sustituye la ecuación (2) en la ecuación (1) y se despeja en la ecuación (3). Posteriormente, se recalcula el porcentaje del costo indirecto mediante la ecuación (6), y finalmente se obtiene el valor real del costo indirecto total al sumar este valor al costo obtenido, más los imprevistos, el financiamiento, las fianzas y comúnmente la utilidad mediante la ecuación (7) (Gavilanes & Romero, 2023).

$$\text{Presupuesto} = \text{Costo Directo} + \text{Costo Indirecto} \dots (1)$$

$$\text{Costo indirecto (C.I.)} = \frac{\% \text{Costo indirecto}_{\text{ofertado}}}{100} \times \text{Costo directo} \dots (2)$$

$$\text{Costo Directo (C.D.)} = \frac{\text{Presupuesto Ofertado}}{1 + \frac{\% \text{Costo indirecto}_{\text{ofertado}}}{100}} \dots (3)$$

$$\%Ci1 = \frac{\text{Costo indirecto de campo u obra}}{\text{Costo directo}} \times 100 \dots (4)$$

$$\%Ci2 = \frac{\text{Costo indirecto de oficina central}}{\text{Costo directo}} \times 100 \dots (5)$$

$$\%Ci = \%Ci1 + \%Ci2 \dots (6)$$

$$\%Ci \text{ Total} = \%Ci + \%Imprevistos + \%Financiamiento + \%Utilidad + \%Finanzas \dots (7)$$

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Diseño hidráulico:** Proceso de planificar y calcular sistemas hidráulicos para mejorar el flujo y eficiencia en estructuras como canales y bombas.
- **Duración de lluvia:** Tiempo durante el cual una lluvia continua supera un umbral, importante en eventos de precipitación intensa.
- **Área de inundación:** Se refiere a la extensión de terreno que se encuentra cubierta por agua durante un evento de inundación, la cual se determina mediante análisis hidráulicos y modelado de inundaciones.
- **Escorrentía:** Se refiere al flujo de agua que se desplaza sobre la superficie terrestre debido a la precipitación pluvial o al deshielo.
- **Planos de arquitectura:** Mapa detallado que los constructores siguen cuidadosamente para llevar a cabo la obra.
- **Planos de ingeniería:** Documento técnico con todos los componentes esenciales del proyecto, como las dimensiones, la disposición de los espacios, entre otros.
- **Planos sanitarios:** Representaciones gráficas y documentación técnica para describir y detallar los sistemas y componentes del abastecimiento de agua potable y la gestión de aguas.
- **Planos eléctricos:** Documento técnico sobre la distribución de energía eléctrica, la ubicación de puntos de conexión, los circuitos eléctricos, los componentes eléctricos, entre otros.
- **Construcción:** Proceso de crear infraestructuras y edificaciones para satisfacer las necesidades de la sociedad.

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Hipótesis principal**

La construcción de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari tendrá un impacto positivo en la mitigación de inundaciones en el poblado Boca Kimari al reducir significativamente el riesgo de desbordamiento del río durante eventos de crecida, proporcionando así una mayor seguridad y protección para la comunidad y sus bienes.

### **3.2. Hipótesis específica**

A través de un estudio exhaustivo de las condiciones hidrológicas e hidráulicas del río Anapiari, será posible cuantificar las máximas avenidas, así como definir las áreas propensas a inundaciones.

A partir de un análisis técnico detallado y una evaluación económica rigurosa, será posible determinar el diseño óptimo del muro de gavión.

La implementación del muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari tendrá un impacto amigable con el medio ambiente que generará un equilibrio con el ecosistema de la zona de estudio.

### **3.3. Variable e indicadores**

La variable independiente de este estudio es el "Aspecto técnico y económico de un muro de gavión". Esta variable se divide en dos aspectos principales. En primer lugar, se considera el aspecto técnico, que engloba las dimensiones y especificaciones técnicas del muro de gavión, incluyendo su diseño, materiales utilizados y métodos de construcción. En segundo lugar, se analiza el aspecto económico, que comprende los costos asociados a la planificación, ejecución y mantenimiento de esta estructura.

La variable dependiente se refiere a la "Mitigación de las inundaciones" y abarca tres dimensiones clave. En primer lugar, se evaluarán las "precipitaciones máximas" registradas en la zona de estudio, considerando su intensidad y duración, para comprender el riesgo de inundaciones. En segundo lugar, se analizará el "caudal máximo" de los cuerpos de agua cercanos, por último, se utilizará un "mapa de inundaciones" para identificar las áreas vulnerables y

visualizar el alcance de las inundaciones en diferentes escenarios climáticos, lo que permitirá evaluar la efectividad del muro de gavión en la mitigación de estos eventos.

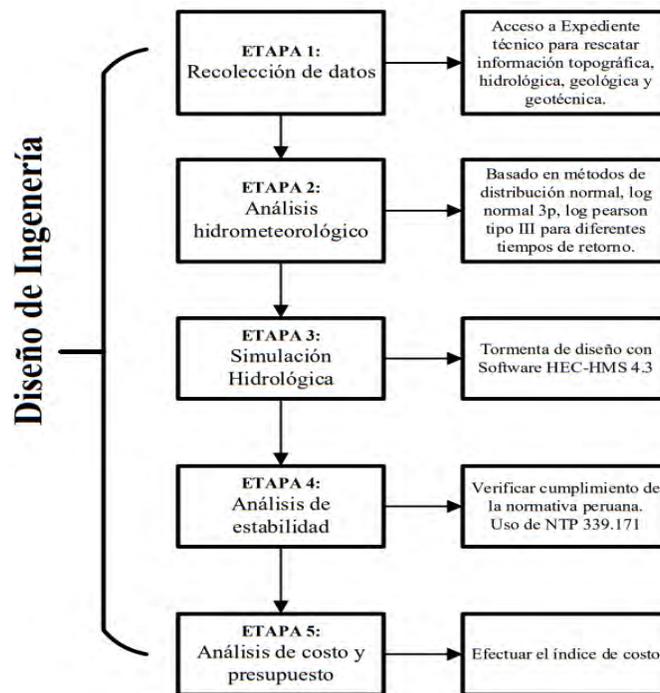
## CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Diseño de ingeniería

El diseño de ingeniería propuesto en el estudio se compone de cinco etapas esenciales. En la figura 14, se exhibe el diagrama de flujo del diseño de ingeniería. En la primera etapa, se realizó la recolección de datos, la segunda etapa implicó el análisis hidrometeorológico, en la tercera etapa, se llevó a cabo la simulación hidrológica, en la cuarta etapa, se hizo en análisis de estabilidad, y, por último, en la quinta etapa se realizó el análisis de costo y presupuesto.

**Figura 14**

*Flujograma de diseño de ingeniería*



*Nota:* Elaboración propia

### 4.2. Métodos y técnicas del proyecto

#### 4.2.1. Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo, se define como una aproximación de investigación que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos y que se enfoca en la medición de variables para responder preguntas de investigación (Carrasco, 2019). En este caso, se empleó el enfoque

cuantitativo porque permite la recopilación de datos numéricos, lo que es esencial para realizar análisis precisos en términos de costos, beneficios, y rendimiento del muro de gavión.

#### ***4.2.2. Alcance de investigación***

En una investigación con un alcance descriptivo-aplicativo, se busca no solo describir y comprender exhaustivamente un fenómeno o una realidad particular, sino también aplicar ese conocimiento de manera práctica para resolver problemas o mejorar situaciones en el mundo real (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2018). Bajo esa premisa, se trabajó con el alcance descriptivo-aplicativo porque permite una investigación profunda y exhaustiva sobre el muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari y su aplicación para proteger Boca Kimari, ya que se cuenta con el expediente técnico del muro de gavión en estudio el cual contiene los estudios y ensayos necesarios para comprender las variables de carácter cuantitativo; lo cual, faculta un análisis completo de las características técnicas del muro, incluyendo dimensiones, materiales, diseño y métodos de construcción.

#### ***4.2.3. Diseño de investigación***

El diseño no experimental transversal se caracteriza por su naturaleza observacional y su objetivo de recolectar datos en un momento específico en el tiempo, sin la manipulación deliberada de variables independientes; lo cual, resulta útil cuando se busca comprender la situación actual o describir una población o un fenómeno en un momento determinado (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2018). Por lo tanto, se elaboró el estudio bajo este tipo de diseño ya que permite recopilar datos del contexto actual sin intervenir en el entorno, y evaluar aspectos técnicos y económicos del muro de gavión contra inundaciones en Boca Kimari.

### **4.3. Diseño estadístico**

#### ***4.3.1. Población***

La población se define como el conjunto total de elementos, individuos, objetos o casos que comparten una característica común y son objeto de estudio en una investigación, a la cual se pretende generalizar los resultados de una investigación (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2018). La presente tesis tiene como población a la inundación del río Anapiari, donde se evaluó los aspectos técnicos que se centran en describir cómo el muro afecta la inundación, y los aspectos

económicos que involucra los costos y beneficios de la protección contra inundaciones de manera integral.

#### **4.3.2. Muestra**

La muestra se define como un subconjunto representativo de la población que se selecciona con el propósito de llevar a cabo una investigación; es decir, es un grupo más pequeño de elementos, individuos o casos tomados de la población total, y se utiliza como base para realizar observaciones, mediciones y análisis (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2018). El estudio tiene como muestra a 90 m aguas arriba y aguas abajo en el río Anapiari para obtener datos relevantes a fin de evaluar la efectividad técnica y económica del muro de gavión en un área crítica para la protección contra inundaciones en Boca Kimari.

### **4.4. Técnicas y herramientas estadísticas**

#### **4.4.1. Técnica de la investigación**

La técnica de investigación se define como un procedimiento o método específico utilizado para obtener información, datos o evidencia en el proceso de investigación, que permiten recopilar, registrar y analizar datos de manera sistemática y estructurada con el propósito de responder a las preguntas de investigación o alcanzar los objetivos planteados en un estudio (Carrasco, 2019). En ese sentido, se empleará la entrevista no estructurada que permite obtener datos ricos y detallados, así como profundizar en aspectos inesperados o no anticipados del tema de investigación (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2018).

#### **4.4.2. Instrumento de la investigación**

Los instrumentos de recolección de datos se definen como herramientas o medios específicos utilizados en una investigación para recopilar información, observaciones o evidencia de manera sistemática y estructurada (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2018). Bajo esa premisa, en la investigación se empleó la ficha de campo, registro de campo y cuaderno de notas para anotar datos y detalles sobre eventos y situaciones en el campo.

### **4.5. Matriz de consistencia**

#### **Tabla 1**

*Matriz de consistencia*

<b>Preguntas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Alcance</b>	<b>Técnica e Instrumento</b>	<b>Muestra</b>
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>			
¿Cómo realizar el análisis técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para mitigar las inundaciones el poblado Boca Kimari?	Analizar el aspecto técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para la mitigación de las inundaciones del poblado Boca Kimari.	La construcción de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari tendrá un impacto positivo en la mitigación de inundaciones en el poblado Boca Kimari al reducir significativamente el riesgo de desbordamiento del río durante eventos de crecida, proporcionando así una mayor seguridad y protección para la comunidad y sus bienes,		<b>Técnica</b> Entrevista no estructurada <b>Instrumentos</b> Ficha de campo Registro de campo Cuaderno de notas	
<b>Específicas</b>	<b>Específicas</b>	<b>Específicas</b>			90 m
¿Cuáles son las condiciones hidrológicas e hidráulicas del río Anapiari para la obtención de las máximas avenidas y zonas de inundaciones?	Determinar las condiciones hidrológicas e hidráulicas del río Anapiari para la obtención de las máximas avenidas y zonas de inundaciones.	A través de un estudio exhaustivo de las condiciones hidrológicas e hidráulicas del río Anapiari, será posible cuantificar las máximas avenidas, así como definir las áreas propensas a inundaciones.	Aplicada Descriptiva		aguas arriba y aguas abajo en el río Anapiari.
¿Como realizar el diseño estructural del muro de gavión y el análisis técnico-económico para la viabilidad del proyecto?	Realizar el diseño estructural del muro de gavión del análisis técnico y económico para la viabilidad del proyecto.	A partir de un análisis técnico detallado y una evaluación económica rigurosa, será posible determinar el diseño óptimo del muro de gavión.			
¿Cómo evaluar el impacto ambiental por la implementación del muro de gavión para posible mitigación del fenómeno antrópico?	Evaluar el impacto ambiental por la implementación del muro de gavión para posible mitigación del fenómeno antrópico.	La implementación del muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari tendrá un impacto amigable con el medio ambiente que generará un equilibrio con el ecosistema de la zona de estudio.			

*Nota:* Elaboración propia

## CAPÍTULO V: DESARROLLO EXPERIMENTAL

En la siguiente figura 15, muestra el flujograma que representa la formulación del desarrollo experimental que se ejecutaran en la presente investigación. Lo cual, está constituido por la variables dependientes, independientes e intervinientes. En su formato general, se especifica las áreas temáticas como la hidrología, hidráulica, estructural, aspectos económicos y medio ambientales.

**Figura 15**

*Flujograma del desarrollo investigativo*

<b>Hidrología</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cuenca hidrográfica, Precipitaciones, Análisis de consistencia, Prueba de bondad y ajuste, Curvas IDF, Tiempo de concentración y Máxima Avenida</li></ul>
<b>Hidráulica</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modelo hidráulico (HHEC-RAS), Tirante del río, velocidades del flujo, Número de Reynolds, Régimen del flujo, Velocidad Crítica, Socavación General</li></ul>
<b>Estructural</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Normas ASTM D-6711, ASTM A-641, ASTM A-856, ASTM A-974. Manual Técnico de Maccaferri, Software GAWAC 3.0.</li></ul>
<b>Económico</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Indicadores técnicos económicos, Costo-Beneficio</li></ul>
<b>Impacto Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Matriz de Leopold (cualitativa y cuantitativa)</li></ul>

*Nota.* Elaboración propia

### 5.1. Hidrología

#### *Análisis estadístico de las precipitaciones*

Obtenida la serie histórica de las precipitaciones de 50 años por medio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) se procedió al análisis estadístico de las precipitaciones. Inicialmente, se aplicó el método de datos faltantes de regresión simple de acuerdo a la estación vecina de Satipo. este enfoque se destaca como uno de los más comúnmente empleados para la estimación de datos mensuales y anuales. La metodología implica la creación

de una regresión y correlación lineal utilizando una estación patrón consistente, a través de la formulación de una ecuación lineal de dos variables.

$$y = ax + c$$

Donde: Y es el valor estimado de la precipitación para la estación carente (mm), X el valor de precipitación registrado en la estación patrón (mm) y a, c Constantes de regresión.

### **Datos dudosos**

Se aplicó el análisis de datos dudosos de acuerdo a la metodología de Center for Research in Water Resources (1974). Los valores atípicos hidrológicos se identificaron según la existencia o no de puntos de datos que se apartan significativamente de la tendencia de los datos restantes. La selección de este procedimiento de detección de valores atípicos se basó en el ensayo de varios procedimientos en un logaritmo simulado log-Pearson Tipo III. La primera expresión detecta los datos dudosos y la segunda expresión los datos atípicos dudosos altos y bajos:

$$x_H = \bar{X} \pm k_N \cdot S$$

Donde:  $x_H$  es el alto umbral atípico en unidades de registro,  $\bar{X}$  el logaritmo medio de los picos sistemáticos (X's), excluyendo los eventos cero, los picos por debajo de la base del medidor y los valores atípicos detectados anteriormente,  $S$  la desviación estándar de X's,  $k_N$  el valor K para el tamaño de la muestra N según la Hidrología Aplicada," Ven Te Chow.

### ***Análisis de consistencia***

El análisis de constancia en la serie histórica de precipitaciones se realizó por medio de la herramienta TREND, el cual consta de 12 pruebas estadísticas, que permite la visualización de la homogeneidad de la serie, aleatoriedad, rasgo de tendencia y saltos, lo que permitió que un análisis mal de funciones paramétricas y no paramétricas. La herramienta fue desarrollada por Grayson et al. (1996) basadas en el Taller de expertos de la OMM/UNESCO y el Centro de investigación cooperativa para hidrología de cuencas de Australia.

### ***Análisis de distribución por bondad de ajuste y Curvas IDF***

La distribución probabilística de bondad de ajuste se realizó mediante el software Hydrognomon V.4.0.3. Inicialmente, se determinó la vida útil, riesgo y el periodo de retorno de

acuerdo al manual de hidrología e hidráulica de carretera (MTC-2018). La siguiente ecuación expresa la relación que existe entre vida útil y el periodo de retorno y su repercusión en el riesgo de falla de la estructura.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde R es el riesgo de falla admisible, T el período de retorno y n la vida útil de la estructura en años.

En segundo lugar, se procesó la serie histórica de precipitaciones en el Hydrognomon V.4.0.3 por las funciones Normal, Log Normal, Gamma, Log Pearson Tipo III, Gumbel Max, Gumbel Min y Pearson III.

Respecto a la Intensidad de Frecuencia y Duración (IDF) se determinó por el modelo de Dick y Peschke (1978) y el método de Aparicio (1997). Estas ecuaciones se muestran a continuación:

Modelo de Dick y Peschke (1978)

$$Pd = P24h \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

Método de Aparicio (1997)

$$I = \frac{K \cdot T^m}{D^n}$$

Donde: I es intensidad (mm/h); T es el periodo de retorno (años); D es duración de la lluvia(min); K, m y n son parámetros de ajuste.

Por último, se desarrolló el hietograma de frecuencia mediante el método de bloques alternos según el MTC (2012).

### ***Tiempo de concentración***

Para el tiempo de concentración se aplicaron varios métodos para tomar el que más se ajusta a la cuenca hidrográfica en estudio. Los mismo fueron los que se mencionan a continuación y propuesto por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2012).

a) Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde: Tc el tiempo de concentración (minutos), L es la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m), S es la pendiente promedio de la cuenca (m/m).

b) Fórmula de California Culverts Practice

$$T_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde: Tc el tiempo de concentración (minutos), L es la longitud del curso de agua más largo (m), H la diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m).

c) Fórmula de Federal Aviation Administration (1970)

$$T_c = 0.7035 \frac{(1.1 - C)L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Donde: Tc el tiempo de concentración (minutos), C es el Coeficiente de escorrentía del método racional, L la longitud del flujo superficial (m), S la pendiente de la superficie, m/m.

d) Ecuación de retardo SCS

$$T_c = \frac{0.0136 * L^{0.8} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

Donde: Tc el tiempo de concentración (minutos), CN el Número de curva SCS, L la longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria (m), S la pendiente promedio de la cuenca (m/m).

La Curva Número (CN) se determinó por base de datos hidroinformáticos desde Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y en GEO GPS PERÚ E.I.R.L. La información se procesó en el software ArcGis ArcMap 10. 8 y la ponderada de CN en la cuenca hidrográfica.

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^k CN_i A_i}{\sum_{i=1}^k A_i}$$

Donde: CN es la curva número, A el área de la curva número i (km<sup>2</sup>), i número de áreas i que integran las CN.

### **Máximas Avenidas**

Las transformaciones de las escorrentías se analizaron por el modelo empírico del Método creager adaptado a Perú por Trau y Gutiérrez (1998). Mientras que, los modelos hidrológicos fueron por el modelo de Snyder, modelo de Clark y el modelo SCS implementados en la herramienta computacional HEC-HMS. El Método creager tiene como expresión matemática la siguiente expresión.

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) \text{Log}(T) A^{m A^{-n}}$$

Donde  $Q_{max}$  es el caudal máximo para un periodo de retorno T seleccionado, (m<sup>3</sup>/s). A el área de la cuenca (km<sup>2</sup>). T: periodo de retorno. C1, C2: coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas.

La figura 16 muestra los valores de coeficientes y exponentes de acuerdo a la región correspondiente mostrada en la figura 17.

### **Figura 16**

*Coefficientes y exponentes según la región de Perú*

Región	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.1	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

*Nota.* Tomado de Traus (1979).

### Figura 17

*Mapa de regionalización de las avenidas del Perú.*



*Nota.* Tomado de Traus (1979).

## 5.2. Consideraciones hidráulicas

### *Ancho de encausamiento*

El ancho encausamiento fue definido según los métodos propuestos por el programa River, en consideración de las características del lecho del río, en particular se utilizaron los de Simons y Henderson, Petit, Blench y Altunin y por último el método de Manning y Strickler

### ***Socavación general***

La socavación general del tramo del río se determinó, por el método de Lacy, acompañado con los métodos numéricos. La expresión matemática se indica a continuación.

$$D_s = 1.35 \left( \frac{q^2}{f} \right)^{1/3}$$

$$D_{sa} = K_{sa} * D_s$$

$$dsa = D_{sa} - Y$$

Donde:  $D_s$  es la profundidad de socavación por debajo de la superficie del agua en la máxima avenida (m),  $q$  es el caudal unitario ( $m^3/s/m$ ),  $f$  el factor propuesto por Lacey,  $D_{sa}$  es la profundidad de socavación por debajo de la superficie del agua ajustada (m),  $K_{sa}$  factor de corrección según características del río,  $D_{sa}$  la profundidad de socavación por debajo del lecho del río (m),  $Y$  es el tirante máximo del agua que proporciona el HEC-RAS (m).

### ***Tirante máximo, velocidades número de Reynolds del río***

Los parámetros hidráulicos tirante máximo, velocidades número de Reynolds del se determinó según los modelos numéricos implementado en el software HEC-RAS. El mismo, parte del ancho de encausamiento, el sistema ubicación geográfico formulado desde el modelo digital de terreno (DEM) como estructura que representa la distribución espacial del relieve. En la sección de Ras Mapper del HEC RAS, se trazó las secciones transversales del río que permite obtener la información de los parámetros hidráulicos.

### **5.3. Análisis Estructural**

La componente estructural se analizó mediante el software Gawac 3.0 desarrollado por Maccaferri. Es considerado un método preciso y eficaz, el mismo utiliza el límite de equilibrio y las teorías de Rankine, Coulomb, Meyerhof, Hansen y Bishop para comprobar la estabilidad global del suelo/estructura. Además, incluye una escala que permite visualizar el comportamiento de los factores de seguridad al vuelco, deslizamiento y sismicidad que son expresados según señala Das (2012).

Respecto al factor de seguridad contra deslizamiento se consideró 1.5 según Cochachin, (2014). La ecuación se describe a continuación.

$$F.S = \frac{F_r}{EaH}$$

Donde: F.S es el factor de seguridad, Fr la Fuerza resistente, EaH el Empuje activo horizontal.

La verificación al volcamiento el valor mínimo para el coeficiente de seguridad fue de 1.5.

(Maccaferri, 2013). La ecuación se describe a continuación.

$$F.S = \frac{M_E}{M_y}$$

Donde: F.S el factor de seguridad contra volteo, ME el momento estabilizante, Mv el momento de volteo.

#### **5.4. Costo – Beneficio**

Para la obtención del costo beneficio inicialmente se planteó diferentes procesos como: El metrado que de acuerdo a Eyzaguirre (2010). “se debe de contar primero con planos estructurales para determinar las cantidades de materiales que se utilizaran” (p. 35). Elemento necesario para determinar la mano de obra necesaria y calcular los costos directos (Ramos, 2015).

En segundo lugar, las partidas, que normalmente, son los servicios que se separan y subdivide el proyecto.

En tercer lugar, se procedió al análisis de costos subdivididos en, costos unitarios, costos directos y costos indirectos. Los costos unitarios fueron determinados por las partidas detalladas en los recursos que utilizará el proyecto, como núcleo central de todo el presupuesto.

Los costos directos contemplaron los costos por mano de obra, que fueron el pago de los salarios de todos los trabajadores, operarios y maquinistas que intervienen en el desarrollo y gestión de la obra. Este costo, incluye el costo hora hombre (HH), establecidas por ley para los trabajadores (Medina et al., 2020) como se definida por la siguiente ecuación:

$$Mo = \frac{Sr}{R}$$

Donde: Mo el Costo por mano de obra (S/), Sr el salario real de personal, por costo de HH, R el rendimiento, correspondiente a la cantidad de trabajo en una jornada de ocho horas.

En los costos directos también se estableció los costos por materiales a utilizar referido a unidades de medidas comerciales, metros, kilogramos, sacos de cemento, metros cúbicos entre otros que contemplo el porcentaje de perdidas. Por último, en cuanto al aspecto analizado fueron los costos de equipos y herramientas de forma temporal o permanente. Que, de acuerdo a Ramos, (2015) se determina por la siguiente ecuación:

$$Hm = hxM$$

Donde: Hm es el costo inmediato de la herramienta en partida, h un coeficiente de utilización de la herramienta en la partida estimada en 1 a 5%, M el costo inmediato en mano de obra en la partida para un jornal básico de trabajo.

En quinto lugar, se determinó los costos indirectos conformado por gastos generales y utilidad en un intervalo de 5% al 20% de los costos directos de acuerdo a la normativa peruana (Eyzaguirre, 2010).

En sexto lugar, se determinó el presupuesto total del proyecto, resultado del análisis de los metrados, costos directos, costos indirectos e impuesto a la renta.

En séptimo lugar, se determinó la relación Beneficio-Costo de una medida de seguridad de los bienes que reportará el proyecto en función de sus costos de inversión y operación, usando para la equivalencia mínima de la tasa retorno prefijada, la misma se obtiene de la siguiente ecuación:

$$R_{bc} = \frac{V_{pb}}{V_{pc}}$$

Donde:  $R_{BC}$  es la relación beneficio costo,  $V_{pb}$  valor presente neto del proyecto,  $V_{pc}$  el valor presente de costo.

No obstante, por abordar la temática de proyecto social el indicador beneficio-costo la ecuación matemática debe relacionar la población beneficiada, según se muestra en la siguiente ecuación:

$$VAC = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+i)^t}$$
$$CE = \frac{VAC}{IE}$$

Donde: VAC el valor actual de los costos sociales netos (S/),  $i$  la tasa de descuento del inversionista por el proyecto, CE la ratio costo efectividad (S/hab), IE el indicador de efectividad (hab),  $C_t$  los costos asociados a la ejecución del proyecto en el periodo  $t$ .

### **5.5 Impacto ambiental Matriz De Leopold**

La evaluación del impacto ambiental se determinó para verificar las alternativas de la defensa ribereña que menos influya en el medio ambiente, de esta forma comparan alternativas viables y eficientes (Garmendia et al., 2005). La matriz de Leopold fue la herramienta óptima elaborada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América para la evaluación de los inputs ambientales elaborado por Leopold et al. (1971).

Producto a su complejidad y laboriosidad de tener dos listas una de 100 acciones y una lista de 88 elementos ambientales, se trabajó por la propuesta por Conesa (2010). El autor, planteó una matriz cualitativa y cuantitativa para indicar el impacto del proceso constructivo de las obras. La matriz cualitativa se planteó con serie de pasos para la calificación del impacto que generan las actividades de un proyecto en el ámbito físico, biótico y socioeconómico. Mientras que, la matriz cuantitativa reflejó los procesos constructivos el aire, agua, suelo, flora, fauna, paisaje y población que proporcionaría el índice de significancia.

## CAPITULO VI: RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Resultados

#### 6.1.1. Levantamiento topográfico

En el levantamiento topográfico del tramo del río Anapiari, con una longitud de asimétrica y un ancho de 40 metros, genero un área de 5 417.712 m<sup>2</sup>. En la tabla 02 se muestra los puntos topográficos obtenidos con la estación total LEICA TS, y nivel topográfico. Se observa que los puntos oscilaron desde 798.8057 msnm a 800.2744 msnm.

**Tabla 2**

*Puntos topográficos del río Kimari.*

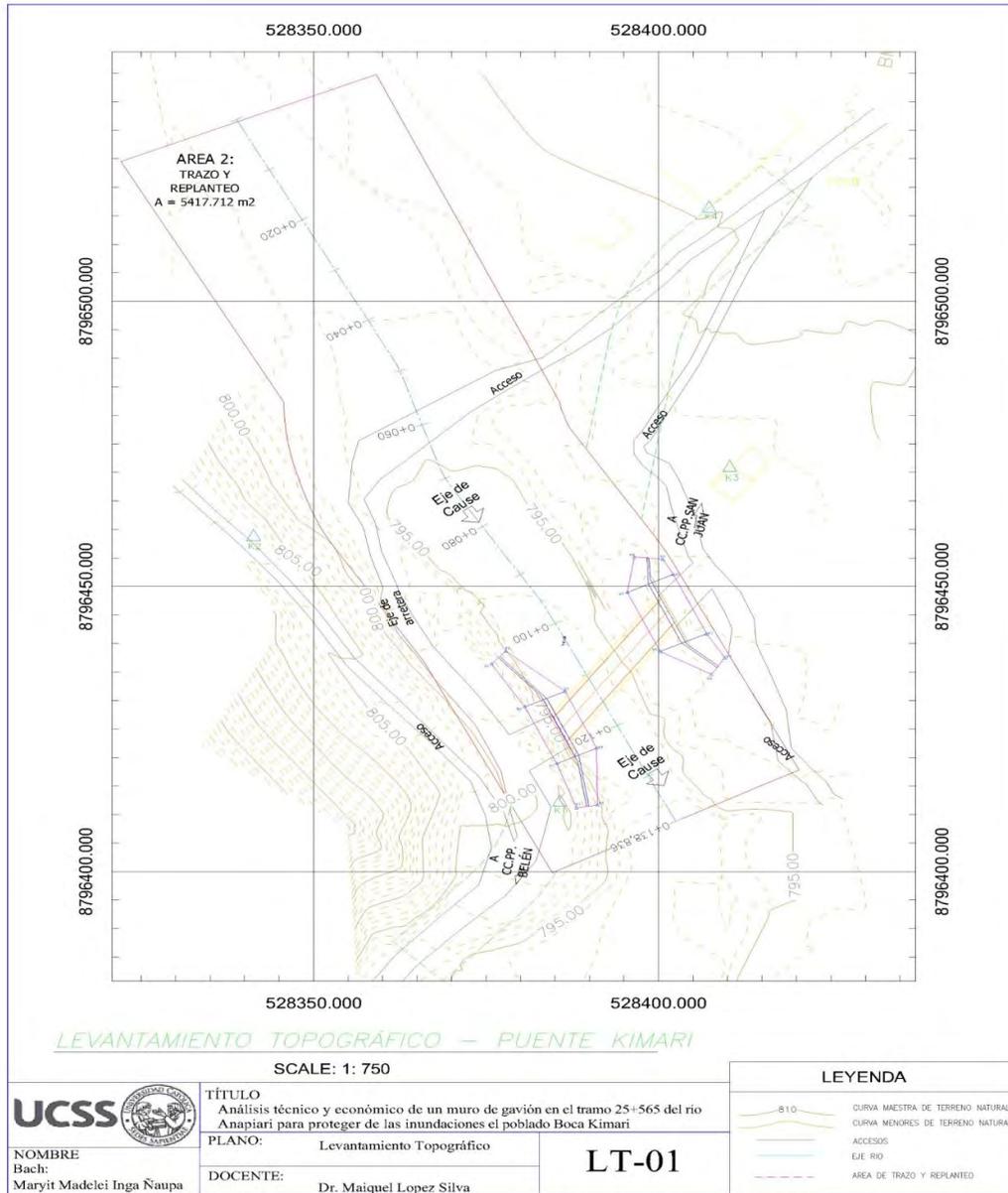
Punto	Norte	Este	Cota
K1	8796412.558	528385.679	800.004
K2	8796459.023	528341.317	807.546
K3	8796471.129	528410.269	798.806
K4	8796516.599	528407.321	800.274
Puntos de estribo derecho del puente			
V1	8796436.393	528375.765	
V2	8796428.910	528380.608	
V3	8796418.961	528385.223	
V4	8796411.193	528388.072	
V5	8796411.689	528391.132	
V6	8796421.654	528391.029	
V7	8796431.603	528386.414	
V8	8796438.684	528377.856	
Puntos de estribo izquierdo del puente			
PUNTO	NORTE	ESTE	
V1	8796454.809	528400.567	
V2	8796452.100	528402.13	
V3	8796441.737	528406.937	
V4	8796437.506	528409.581	
V5	8796434.589	528407.64	
V6	8796438.623	528400.224	
V7	8796448.986	528395.417	
V8	8796455.185	528396.484	

*Nota. Elaboración Propia*

La elaboración del plano topográfico se ejecutó en el AutoCAD civil 3d como se muestra en la figura 18. Las curvas de nivel principales se reflejaron con el anaranjado y las secundarias con ocre, las mismas equidistantes cada 5 metros. Desde el punto de vista topográfico se logró confirmar que el cauce del río es propicio a inundaciones en la zona de estudio.

**Figura 18**

*Levantamiento topográfico*

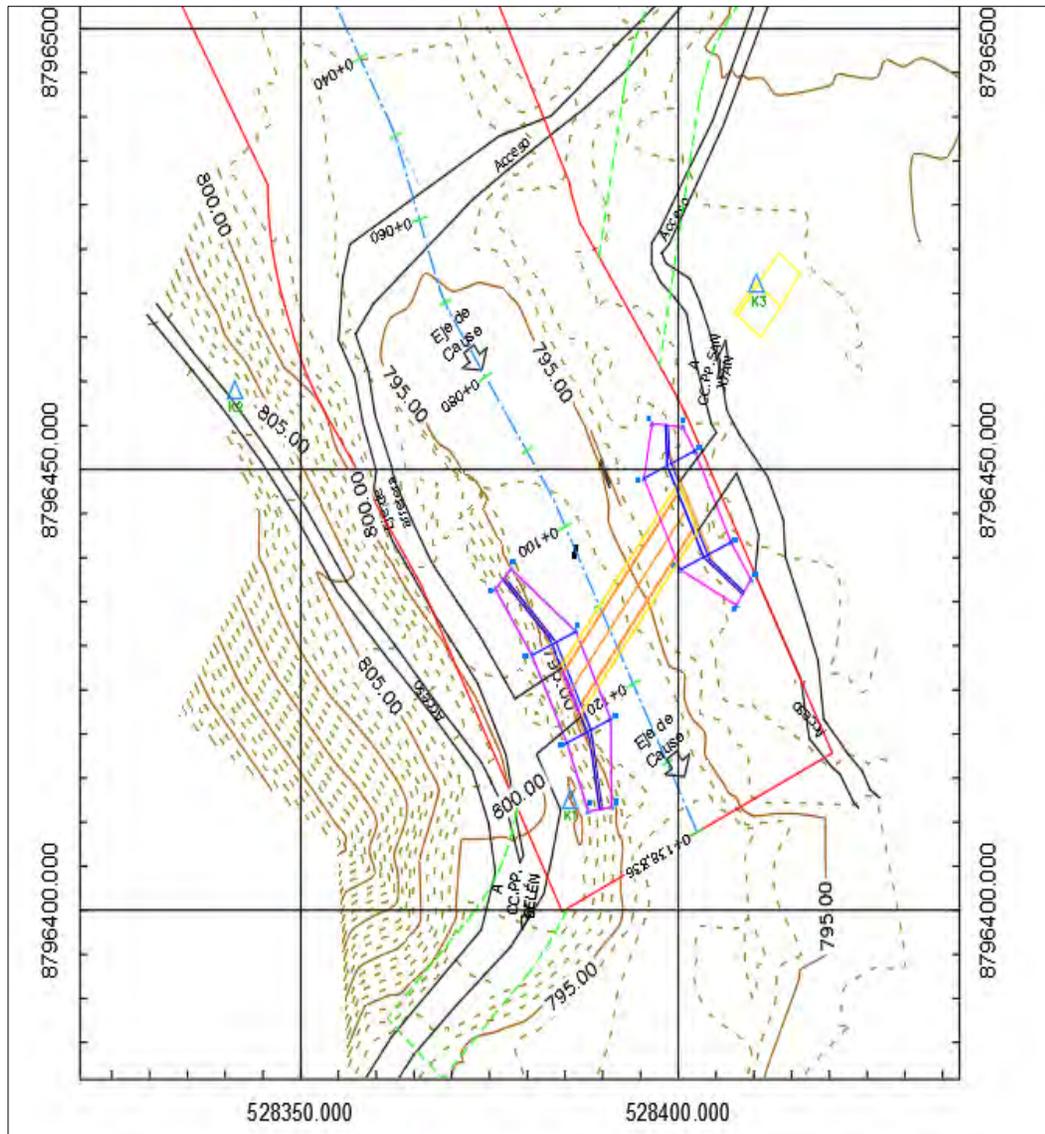


*Nota. Elaboración Propia*

En la siguiente figura 19, se observa los detalles del levantamiento topográfico, con la siguiente leyenda: Curvas maestra de terreno natural de color anaranjado, curvas menores de color amarillo ocre, área de trazo y levantamiento de color rojo, eje del cauce de color celeste, la delimitación de los accesos a Belén Anapiari, Centro Anapiari, Rio Blanco Chinchaysuyo, Villa Virgen de Kimari, Unión Andahuaylas y Alto Belén con color negro, estribos de estribos del puente Kimari de color rosada, puntos y vértices de levantamiento de color celeste en triángulos.

**Figura 19**

*Detalle de levantamiento topográfico*



*Nota. Elaboración Propia*

### 6.1.2. Análisis de suelos

El resultado del análisis del suelo se ejecutó a partir de 4 calicatas, a una profundidad de 1.20-1.80 m, que se realizó en el margen derecho e izquierdo del río Anapiari. En la figura 20, se refleja la elaboración de la calicata C-2 y su posterior toma de muestra de suelo.

**Figura 20**

*Excavación con maquinaria para calicata C-2*



*Nota. Elaboración Propia*

En la siguiente tabla 3, se observa diferentes parámetros del suelo en las 4 calicatas ejecutadas (C1, C2, C3, C4), necesarios para el análisis estructural del muro gavión. En particular el ángulo de fricción interna que oscilo desde 34.4° - 35.1°, la cohesión desde 0.03 – 0.05 y la capacidad portante desde 2.30 – 2.52

**Tabla 3**

*Parámetros de suelo*

<b>Parámetros de suelo</b>	<b>Und.</b>	<b>C-1</b>	<b>C-2</b>	<b>C-3</b>	<b>C-4</b>	<b>Valor Min.</b>	<b>Valor Max.</b>	<b>Valor Prom.</b>
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.95-1.98	1.98-2.00	1.87-1.91	1.94-1.98	1.91	1.98	1.95
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	2.10-2.13	2.12-2.15	2.01-2.05	2.08-2.13	2.01	2.15	2.08
Profundidad	m	1.50	1.50	1.60	1.60	1.50	1.60	1.55
Ángulo de fricción		34.7°	34.4°	35.1°	34.8°	34.4°	35.1°	34.75°
Cohesión	Kg/cm <sup>2</sup>	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04

Capacidad portante	Kg/cm <sup>2</sup>	2.30	2.29	2.52	2.28	2.29	2.52	2.41
Grava mal graduada mezcla grava - arena, pocos finos o sin finos							<b>GP</b>	

*Nota.* Elaboración Propia

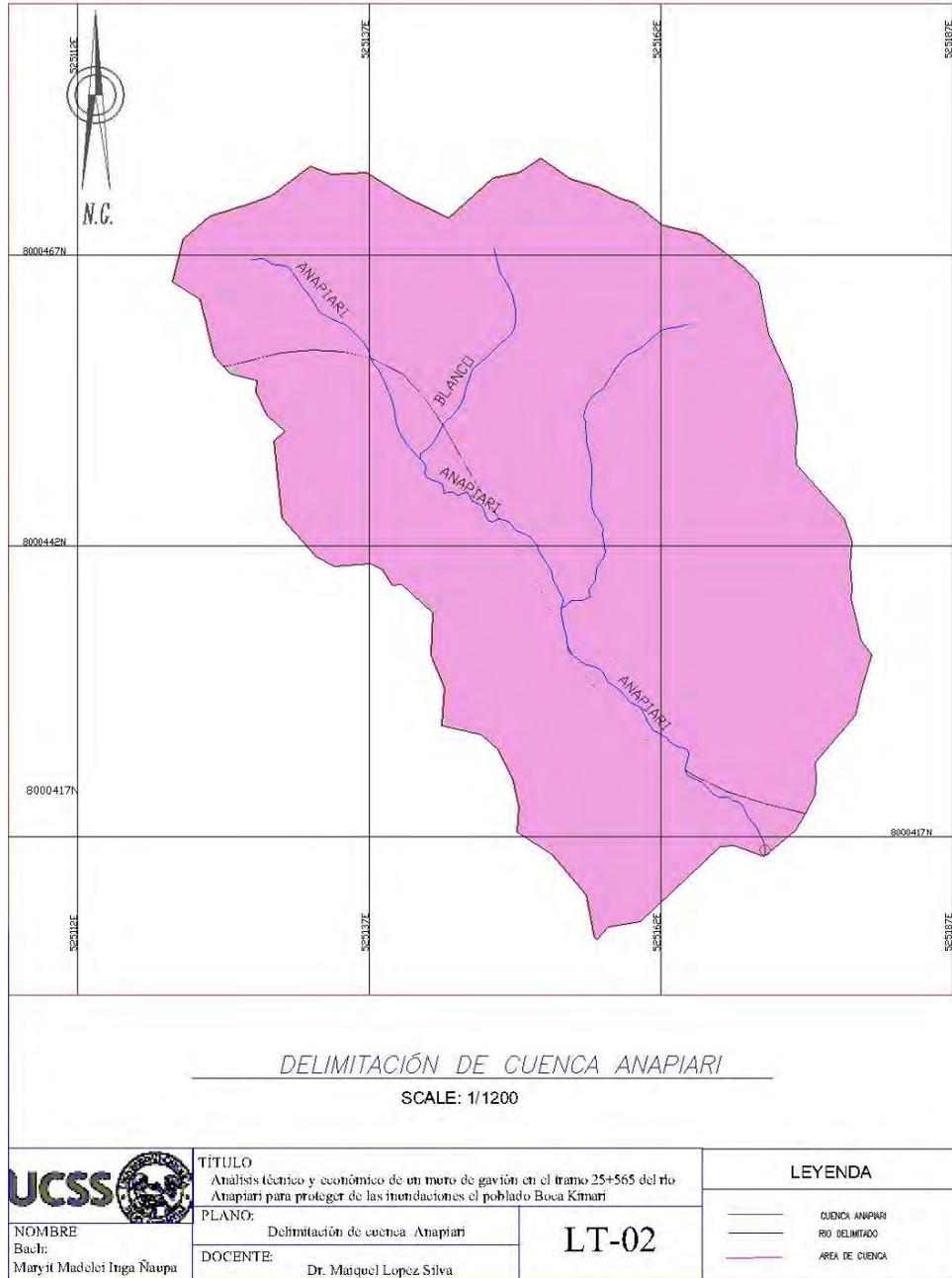
### 6.1.3. Parámetros hidrológicos

#### **Delimitación de la subcuenca hidrográfica Anapiari**

En la figura 21 se muestra la superficie de la cuenca Anapiari. La delimitación de la cuenca Anapiari a partir del punto de aforo en estudio arrojó un área total de la cuenca de 31.15 km<sup>2</sup>. Además, se determinó el perímetro, longitud del río y pendiente de 24.37 km, 9.89 km, 0.061% respectivamente. La cuenca es clasificada como exorreica y dentro de sus parámetros de forma casi redonda a oval-redonda, con un índice de compacidad de 1.20. Además, cuenta con elevaciones que oscilan de 846 a 2026 msnm para una altura media de 1440.00 msnm. También se identificó 2 ramificaciones al mostrar la red de drenaje.

#### **Figura 21**

*Delimitación de cuenca Anapiari*



*Nota.* Elaboración Propia

En la siguiente tabla 4 se muestra el parámetro hidrológico de curva número (CN) el cual permite caracterizar el potencial de escorrentía en la cuenca hidrográfica. Se observa que la cuenca intercepta 2 curva número en condiciones normales. La A1 con CN = 58 que presento un área de 21.62 km<sup>2</sup>, sombreado de color rosado; mientras que el A2 con CN = 83.5 posee un área 9.53 km<sup>2</sup>, sombreado de color verde. En general, la curva número ponderada de la cuenca fue de 65.80. En la siguiente figura se muestra la superficie espacial de la cuenca Anapiari.

**Tabla 4**

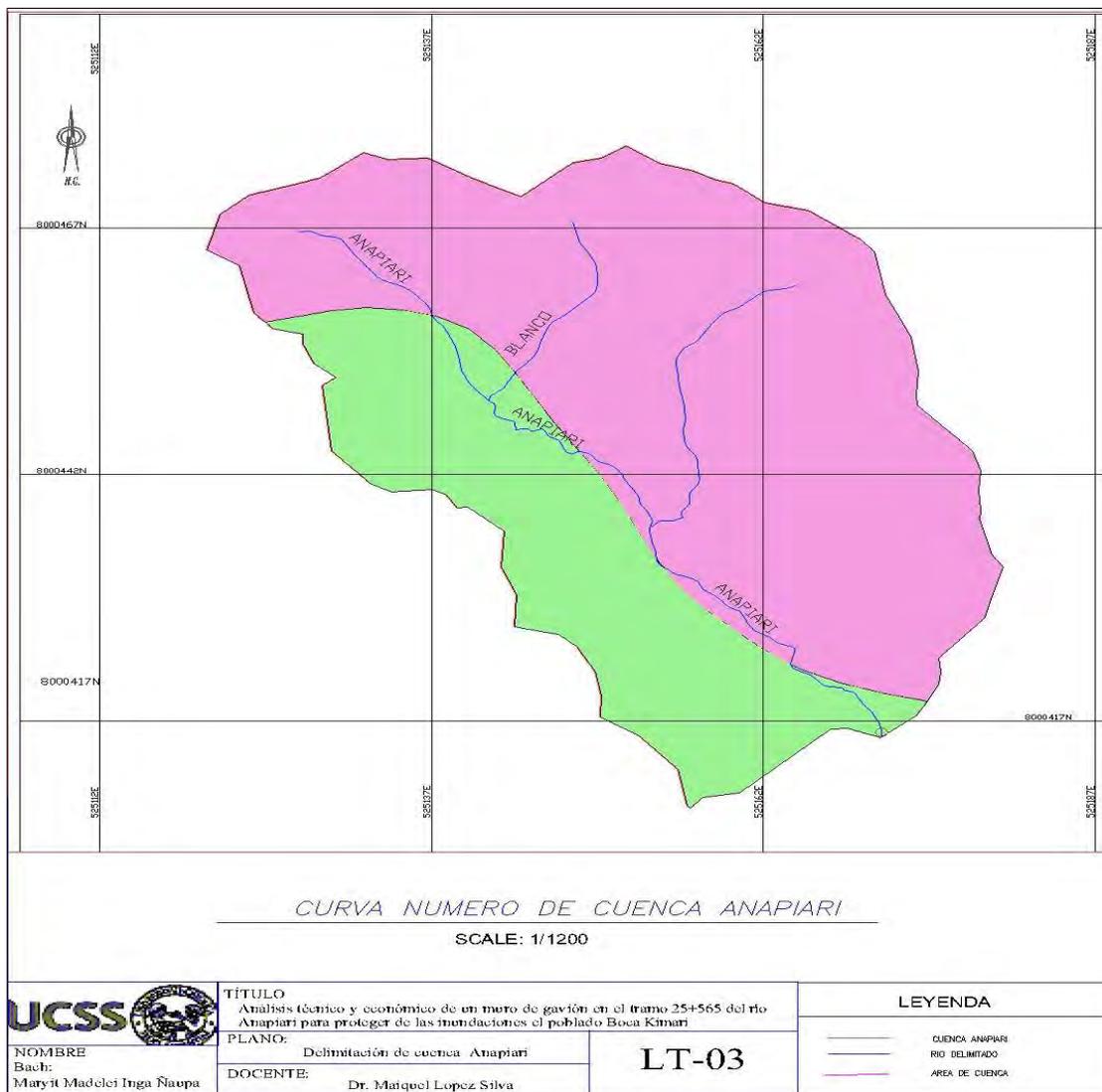
*Curva número de cuenca Anapiari*

CURVA NUMERO COND. HÚMEDAS DE CUENCA ANAPIARI						
Descripción	Rango	Áreas (km <sup>2</sup> )	Área total (km <sup>2</sup> )	CN1	CN2	CN DISEÑO
A1	43-73	21.62	31.15	58		<b>65.80</b>
A2	81-86	9.53			83.5	

*Nota. Elaboración Propia*

**Figura 22**

*Delimitación de cuenca Anapiari - curva número de cuenca Anapiari*



*Nota. Elaboración Propia*

- **Precipitaciones máximas diarias y análisis estadístico**

A partir de la información proporcionada de SENAMIH, de las precipitaciones diarias en 24 horas de la estación meteorológica Pichanaki, desde el año 1995 al 2022. Dicha serie histórica se le completo los datos faltantes desde la estación meteorológica vecina de Satipo a 53 km de distancia. En la siguiente figura 23 se muestra la serie histórica de precipitaciones completada. Los meses de mayores láminas de precipitaciones se identifican en diciembre, enero, febrero y marzo. Mientras que, con menor lluvia se presentan en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre. Como conclusión en la región persiste durante todo el año lluvias máximas y mínimas.

**Figura 23**

*Precipitaciones de la estación Pichanaki*

ESTACIÓN:	PICHANAKI/000476/DZ11		ALT: 546 MSNM		LAT: 10° 57' 56"		LONG: 74° 49' 57"		DPTO: JUNIN			
PRECIPITACIONES (mm)												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1995	53.4	84.9	36.2	42.3	4	6.5	2.8	17.4	44.7	30	54.7	19
1996	45.8	22.2	40.8	37.5	16.7	7.8	26	13.4	17.5	73	33.2	32.8
1997	47	27.1	46.8	41	39.2	25.4	8.5	24.3	28.9	50.9	35.7	63.4
1998	29.9	80.6	73.4	8.7	56	21.8	11	23.6	31.1	30.5	25.8	58.8
1999	42.1	81.6	47.2	21.1	13.4	16.4	4	31.8	31.2	23.3	71.7	50.4
2000	78.9	65	50.6	28	32	15	26	21.2	36.6	28	22.7	35
2001	50.2	43.1	36.5	32.6	5.5	7.7	29.3	14.6	36.1	9.3	20	42.1
2002	57.1	60.2	56	18.1	11.1	7.2	27.7	11.2	34.5	40.9	24.6	97.9
2003	56	23.8	54.4	32	73	15.6	41.4	33.8	10.8	43.2	44.3	68.5
2004	25.7	44.7	52.5	18.3	57.2	10.9	45.7	12.2	7.5	41.6	40.5	53.6
2005	104.8	80.3	39.4	34.7	7.2	23.5	11.9	9.7	26	77.8	58.4	41.2
2006	33.2	28.4	35	30.5	25	4.1	25.6	7.6	29.5	70	27.2	66.4
2007	68.8	48.2	55	34.7	27	0	6	18.9	34.7	25.8	22.7	33.4
2008	38	107.2	25.6	30.7	3.7	7.4	16.8	5.8	11.9	23	44.4	31.7
2009	45.8	51.9	26.6	63	19.4	31.7	62.2	24	66.6	26.5	19.3	71.8
2010	77.4	42.1	20.6	23.7	25.2	12	0.7	25.9	5.3	15.5	50.5	61.1
2011	45.6	52.2	68.4	35.6	19.3	12.7	34	81	20	40.5	22.5	56.2
2012	56.5	63.8	27.8	25.5	18.7	6.6	16.2	16	14.4	7.7	48.3	72.3
2013	41	51.7	64.7	11.6	34	33.2	3.7	21.2	35.4	41.2	57.1	65.1
2014	56.9	40.1	38.4	26.5	31	36.7	18.5	18.6	47.1	37.2	21.7	48.8
2015	56.6	41.2	34.2	19.3	29.4	11.5	11.4	28.5	23.5	29.5	39.2	34.6
2016	51.5	35.7	42.8	5.6	13.4	8.6	21.8	12.8	38.5	68	26.3	91.7
2017	65	33.9	30.7	48.6	34.3	38.4	13.5	24.2	42.3	57.7	54.1	65.3
2018	44.5	62.4	32.2	41.2	15.4	40.7	27.5	27.8	23.6	62	50	2.3
2019	69.9	45.8	36	35.3	42.7	15	16.6	20.5	11	52.4	29.4	54.3
2020	68.2	78.4	22.8	49.7	59	15.6	6.8	3.4	18	26.3	37.2	39.8
2021	24.6	36.2	36.7	37.6	8.5	8.5	17	26.5	38.7	34.1	45	49.8
2022	83	56.6	52.1	33.5	41.2	39.2	3.7	50.7	85.9	13	9.7	23.5

*Nota. Elaboración Propia*

### Proceso del análisis de los datos dudosos

Se realizó el análisis de datos dudosos (Outlier) en las Precipitaciones Máxima de 24 horas de la estación Pichanaki según Center for Research in Water Resources (1974). La tabla 5 muestra los resultados estadísticos de los datos dudosos. Para lo cual, se demostró la no existencia de datos dudosos altos como tampoco bajos de la muestra. Para  $K_n$  de 2.534 el  $XH$  fue de 2.08 que generó un  $PH$  de 199.66 mm. Luego el valor máximo es mayor que  $PH$ , por tanto, no existen datos dudosos alto de la muestra. No obstante,  $XL$  fue de 1.63 para  $PL$  de 4.83 que generó el valor mínimo mayor a  $PL$ , por tanto, no existen datos dudosos mínimo de la muestra.

**Tabla 5**

*Estadística de datos dudosos*

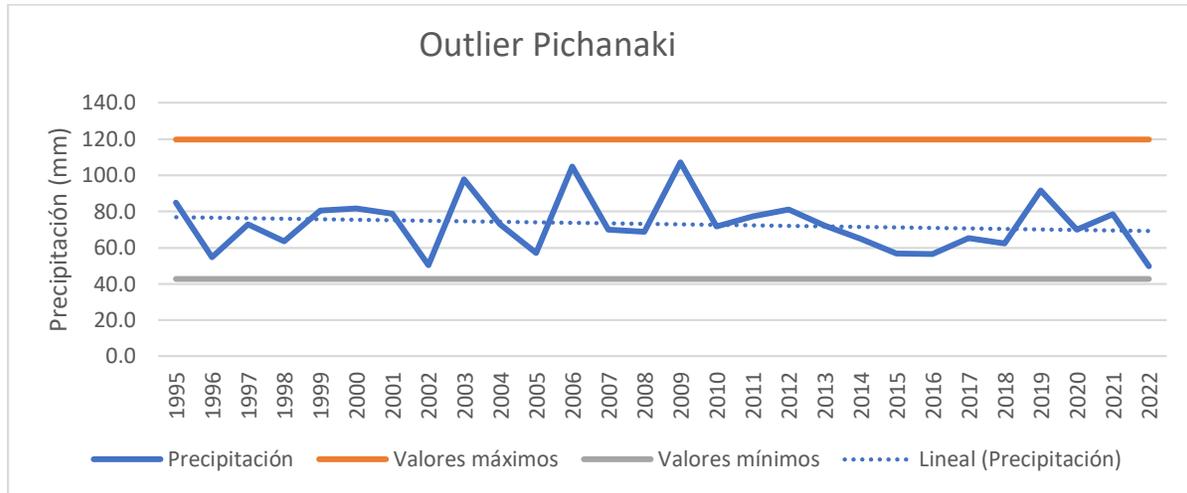
<b>Parámetros estadísticos</b>	<b>P24hr</b>	<b>Log(P24hr)</b>
Número de datos (N)	28.00	28.000
Sumatoria	2044.80	51.935
Valor Máximo	107.20	2.030
Valor Mínimo	49.80	1.697
Media	73.03	1.855
Varianza	226.16	0.008
Desviación Estándar	15.04	0.088
Coficiente Variación	0.21	0.047
Coficiente de Sesgo	0.60	0.1223

*Nota.* Elaboración Propia

Se examinó la precipitación máxima registrados en la cuenca de estudio a través del método de datos dudosos con el fin de determinar la existencia de valores atípicos debido a errores de medición, y su posible corrección de datos. La figura 24 refleja el intervalo de la serie histórica con un comportamiento entre sus valores extremos estadísticos y una media cercana a los 80 mm de precipitaciones. Se determinó que los datos no requieren de corrección y se puede proceder a los cálculos de la máxima avenida. No obstante, se generó previo a ello un análisis de consistencia de los datos por 12 funciones estadísticas.

**Figura 24**

*Comportamiento de las precipitaciones entre valores extremos*



*Nota. Elaboración Propia*

**Análisis de consistencia de los datos**

A partir del análisis estadístico de 12 funciones paramétricas y no paramétricas se demuestra la consistencia de los datos en 8 funciones como muestra la tabla 6. El P valor con un nivel de significación del 5% es mayor al valor Z ( $P_{valor} > Z$ ); por tanto, se rechaza la hipótesis alternativa (H1) y se acepta la hipótesis nula (H0), los primeros test estadísticos son homogéneo sin saltos. Lo cual se puede proceder a las transformaciones de las precipitaciones en caudales.

**Tabla 6**

*Consistencia de las 12 funciones*

Test statistic	Z	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Result
Mann-Kendall	0.51	1.64	1.96	2.58	NS
Spearman's Rho	0.55	1.64	1.96	2.58	NS
Linear regression	0.29	1.65	1.98	2.61	NS
Cusum	22	22.36	24.93	29.88	S (0.1)
Cumulative eviation	0	1.18	1.31	1.57	NS
Worsley likelihood	2.33	2.87	3.15	3.79	NS
Rank Sum	-0.93	1.64	1.96	2.58	NS
Student's t	-0.55	1.65	1.98	2.61	NS

Median Crossing	4.21	1.64	1.96	2.58	S (0.01)
Turning Point	-2.29	1.64	1.96	2.58	S (0.05)
Rank Difference	-5.84	1.64	1.96	2.58	S (0.01)
Auto Correlation	5.54	1.64	1.96	2.58	S (0.01)

*Nota.* Elaboración Propia

### ***Análisis de curvas IDF de precipitaciones***

De acuerdo al Manual de Hidrología e Hidráulica de Carretera (2018) se consideró para el muro de gavión como defensas ribereñas un riesgo admisible de 25% y una vida útil de 40 años lo que generó un periodo de retorno de 140 años.

En el análisis de distribución por bondad de ajuste por el método de Kolmogorov – Smirnov implementado en la herramienta Hydrognomon, proyectó que la función que mejor se ajusta es Pearson III. Que presentó el mayor porcentaje de puntos sobre la curva, así como el  $D_{max}$  es menor al  $D_{tabulado}$ . La tabla 7 muestra los resultados de las funciones analizadas. A partir del periodo de retorno y la función Pearson III se estimó que la máxima lámina de precipitación caída en 140 años será de 116.31 mm. Pero, según OMM para datos registrados diarios se aplica un valor de corrección por tanto se incrementa la lámina registrada en 131.43 mm.

**Tabla 7**

*Función de mejor ajuste hidrológico*

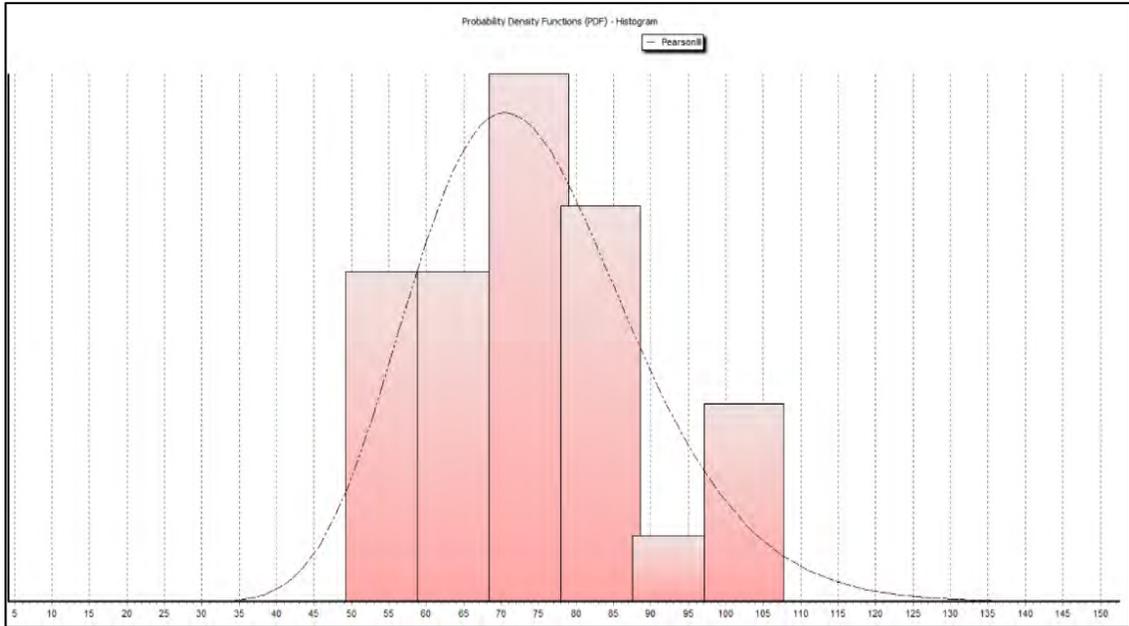
<b>Función de Distribución</b>	<b>Alcanzado</b>	<b><math>D_{max}</math></b>	<b><math>D_{tabulado}</math></b>
Normal	97.50%	0.08253	0.257
Log Normal	99.94%	0.06026	0.257
<b>Pearson III</b>	<b>99.98%</b>	0.05566	0.257
Log Pearson III	99.95%	0.0596	0.257
Gumbel Max	96.69%	0.08527	0.257
Gumbel Min	45.89%	0.15313	0.257
Weibul	83.29%	0.10936	0.257

*Nota.* Elaboración Propia

En la figura 25 se muestra el histograma de la función de Pearson III como mejor densidad de ploteo por debajo de la curva de distribución.

**Figura 25**

*Histograma de la función de Pearson III*



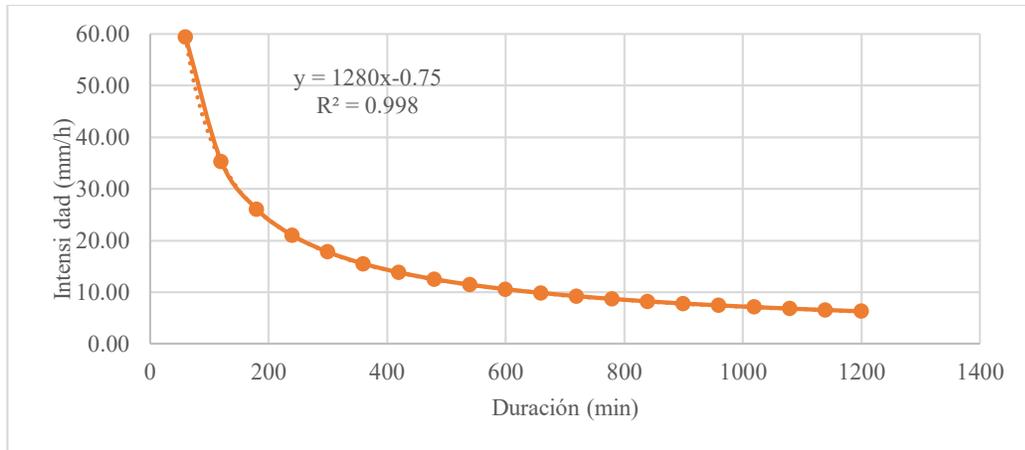
*Nota.* Elaboración Propia

La curva IDF que representa las precipitaciones para el periodo de retorno de 140 años se muestra en la figura 26, alcanzando una intensidad máxima de 60 mm/h, mientras que la descripción del modelo matemático se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$I = \frac{0.999T^{1.448}}{D^{0.750}}$$

**Figura 26**

*Curva IDF para 140 años*

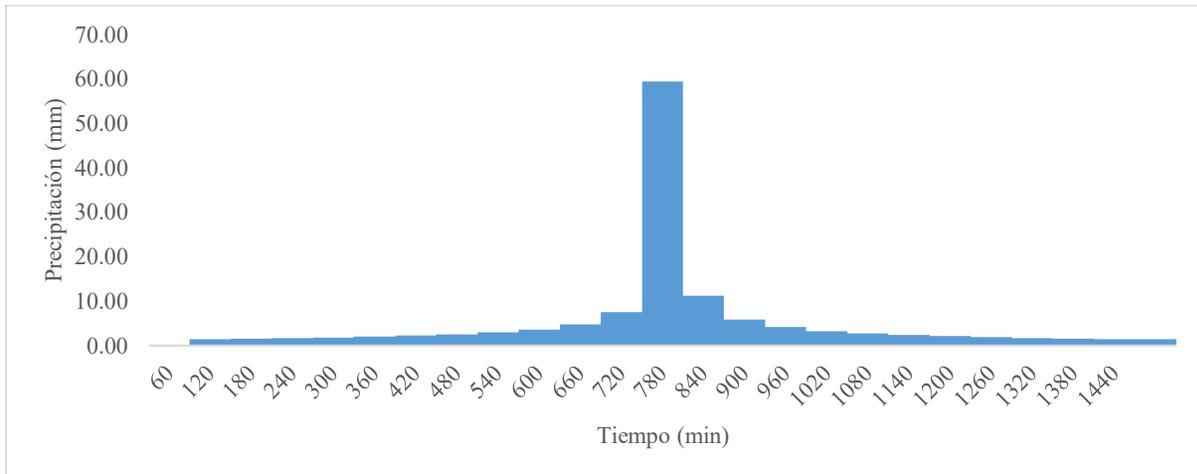


*Nota.* Elaboración Propia

Hietograma de frecuencia de las precipitaciones de determinó mediante el método de bloque alternos como se muestra en la figura 27.

**Figura 27**

*Hietograma de frecuencia en 140 años*



*Nota.* Elaboración Propia

**Tiempo de concentración**

El tiempo de desplazamiento de la máxima avenida en la cuenca delimitada hasta el punto de desfogue de acuerdo a los métodos aplicados fue desde 1.14 a 6.97 hora. En la tabla 8 se refleja los valores del tiempo de concentración. Para la selección optima se aplicó la estadística

descriptiva, en la misma se analizaron los 6 métodos y posterior se eliminó los valores extremos como fue el caso de retardo SCS.

**Tabla 8**

*Tabla de ecuaciones de tiempo de concentración.*

<b>Ecuación</b>	<b>Tiempo de concentración (h)</b>
Kirpich	1.14
Chow	1.70
Corps of Engineers	1.84
California Culverts Practice	1.14
Yoon	1.43
Retardo SCS	6.97

*Nota.* Elaboración Propia

La tabla 9, muestra los resultados estadísticos para el tiempo de concentración. Se demostró que el método de retardo de SCS fue un valor extremo. Su exclusión proporciono resultados favorables con una desviación estándar, varianza y error estándar de 0.32; 0.10;0.14 respecto a la media respectivamente. Por tanto, el tiempo de concentración que más se ajusta a la cuenca es de **1.45** hora y la ecuación es la **Yoon**.

**Tabla 9**

*Resultados estadística del Tc*

<b>Parámetros</b>	<b>Todos Tc</b>	<b>Excluido Tc</b>
Número de datos	6	5
Media	2.37	1.45
Error estándar de la media	.92811975	.14381186
Mediana	1.5636099	1.4278707
Moda	1.13544 <sup>a</sup>	1.13544 <sup>a</sup>
Desv. Desviación	2.27341980	.32157310
Varianza	5,168	0,103
Asimetría	2,362	0,209
Error estándar de asimetría	,845	,913
Curtosis	5,666	-2,481

Error estándar de curtosis	1,741	2,000
Rango	5.83	.70911
Mínimo	1.13	1.13544
Máximo	6.97	1.84455
Suma	14.22012	7.24679

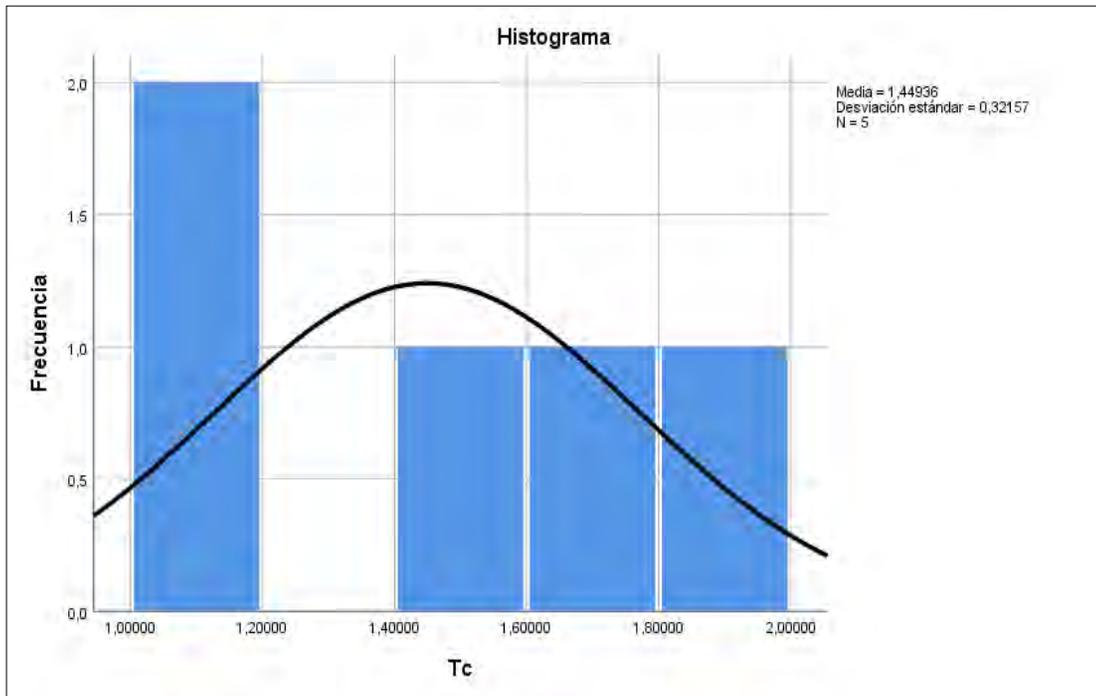
Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

*Nota.* Elaboración Propia

En la figura 28, se muestra el histograma de frecuencia de tiempo de concentración. En el que se demuestra la validez del tiempo de concentración de 1.45 hora.

**Figura 28**

*Histograma de frecuencia del Tc*



*Nota.* Tomado del análisis estadístico en el SPSS v.26

### **Análisis de la máxima avenida**

La estimación de la máxima avenida ocurrida en un periodo de retorno de 140 años se determinó por el modelo empírico Creager adaptado a Perú por Trau y Gutiérrez (1998) y los modelos hidrológicos SCS, Clark y Sanyder como se muestra en la tabla 10. El método creager se identificó en la región 6 según Traus (1979). Mientras que, en el modelo SCS el tiempo de desfase

en punta (Lag Time) se utilizó 60% del tiempo de concentración (Duque, 2019; Sultan et al., 2022). A diferencia del modelo Clark, el coeficiente de almacenamiento se le aplicó los criterios de Russell (1979), Sabol (1988) y criterio del Manual HEC-HMS para obtener el valor óptimo.

Los resultados de los métodos hidrológicos se muestran en la figura 29, los valores de las máximas avenidas oscilan desde 13.1 a 71.4 m<sup>3</sup>/s. Por otra parte, el modelo creager mostró 43.83 m<sup>3</sup>/s. De acuerdo a las condiciones climáticas, edafológicas y geográficas las caudales previos existentes según experiencias de especialistas de SENAMHI y Ministerio de la Agricultura y Riego superan los 50 m<sup>3</sup>/s. Por tanto, se ha considerado el modelo SCS y Snyder con un valor medio de 68.25 m<sup>3</sup>/s.

**Tabla 10**

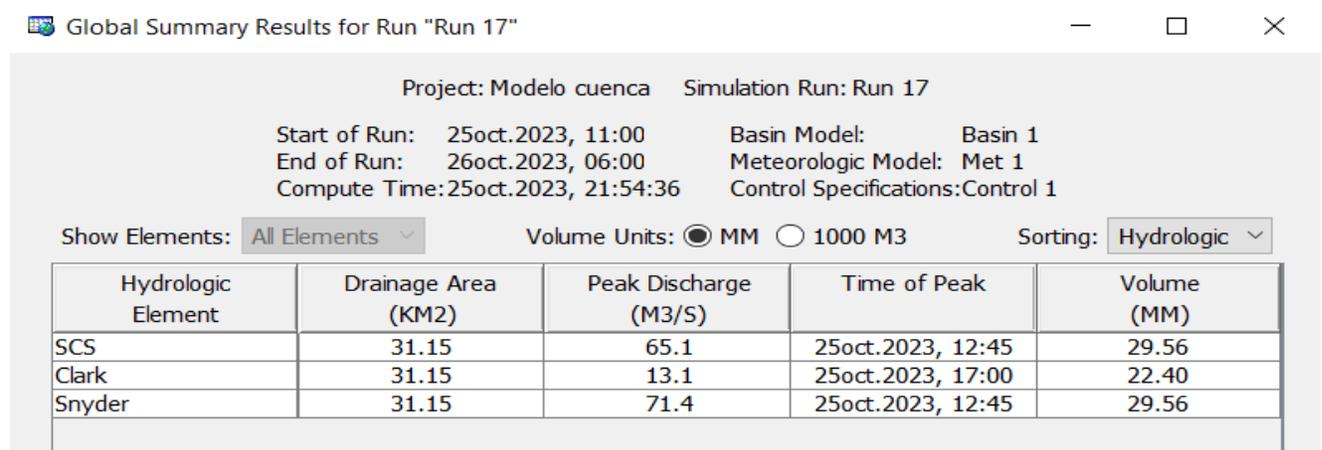
*Caudales de la máxima avenida*

Modelo	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Creager	43.83
SCS	65.1
Clark	13.10
Snyder	71.40

*Nota.* Elaboración Propia

**Figura 29**

*Hidrograma de máxima avenida*

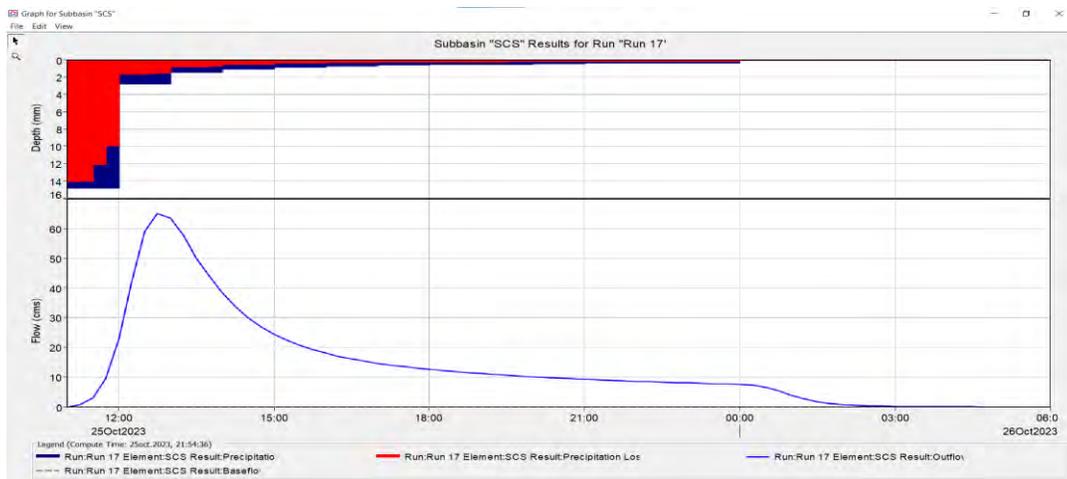


*Nota.* Tomada de la modelación del software HEC-RAS

En las figuras 30, 31 y 32 se muestran los hidrogramas de los métodos hidrológicos SCS, Clark y Snyder. Se observa que la máxima avenida es proporcionada por el modelo de Snyder con  $71.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , en comparación con el modelo de Clark que alcanza solo  $13.1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Además, se refleja según la escala de colores rojo la concordancia de la presencia de un suelo semi permeable de acuerdo a la curva número de 65.80 y la zona de color azul, representa el caudal que genera escorrentía.

**Figura 30**

*Hidrograma del método SCS*



*Nota.* Tomada de la modelación del software HEC-RAS

**Figura 31**

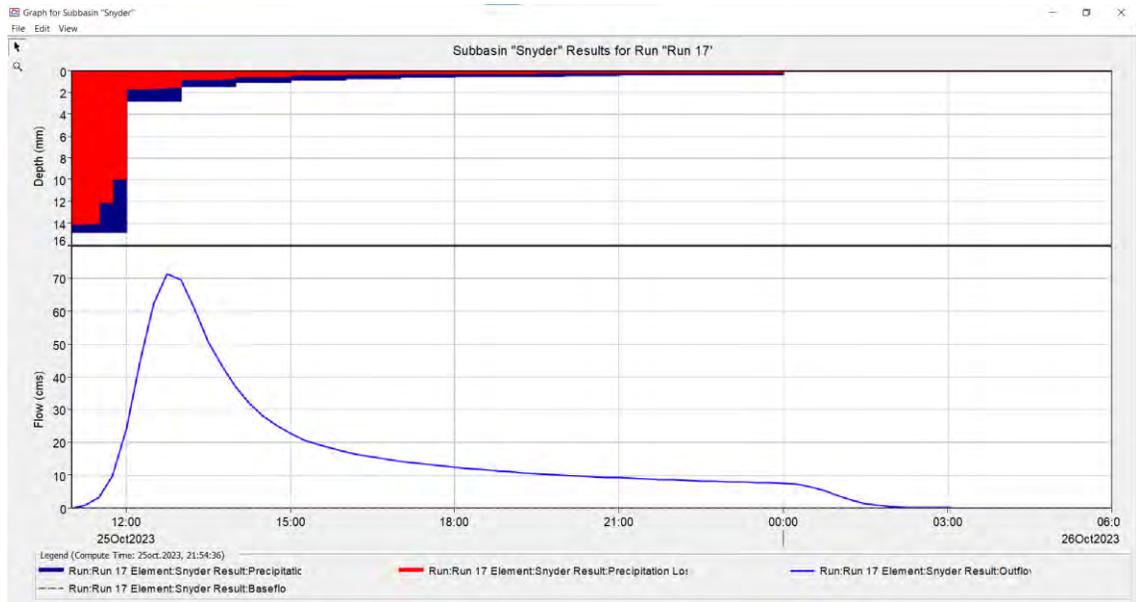
*Hidrograma del método de Clark*



*Nota.* Tomada de la modelación del software HEC-RAS

**Figura 32**

*Hidrograma de método de Snyder*



*Nota.* Tomada de la modelación del software HEC-RAS

#### 6.1.4. Variables hidráulicas

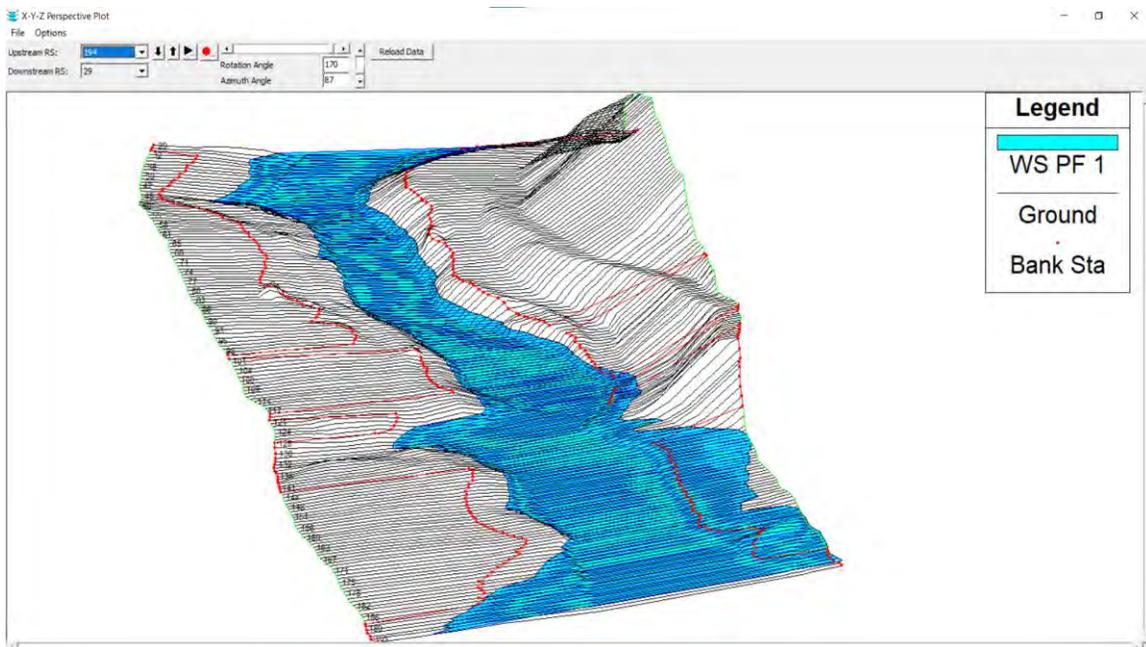
- **Tirante de agua con HEC – RAS V.5.0.7**

La profundidad de inundación en la zona de estudio se muestra en la figura 33.

El análisis hidráulico del río Anapiari. se ejecutó a partir del software HEC RAS. La figura 36 refleja la vista tridimensional de inundación del río. Además, se aplicó el sistema RAS Mapper que tiene la capacidad de generar un mapeo de inundación y perfiles de la superficie del agua como es mostrada en las figuras 34 y 35. Las mismas, refleja el comportamiento de la profundidad de inundación que alcanzó tirantes que oscilaron entre 1.1 a 2.48 m, mientras que las velocidades fueron de 1.50 a 3.67 m/s.

**Figura 33**

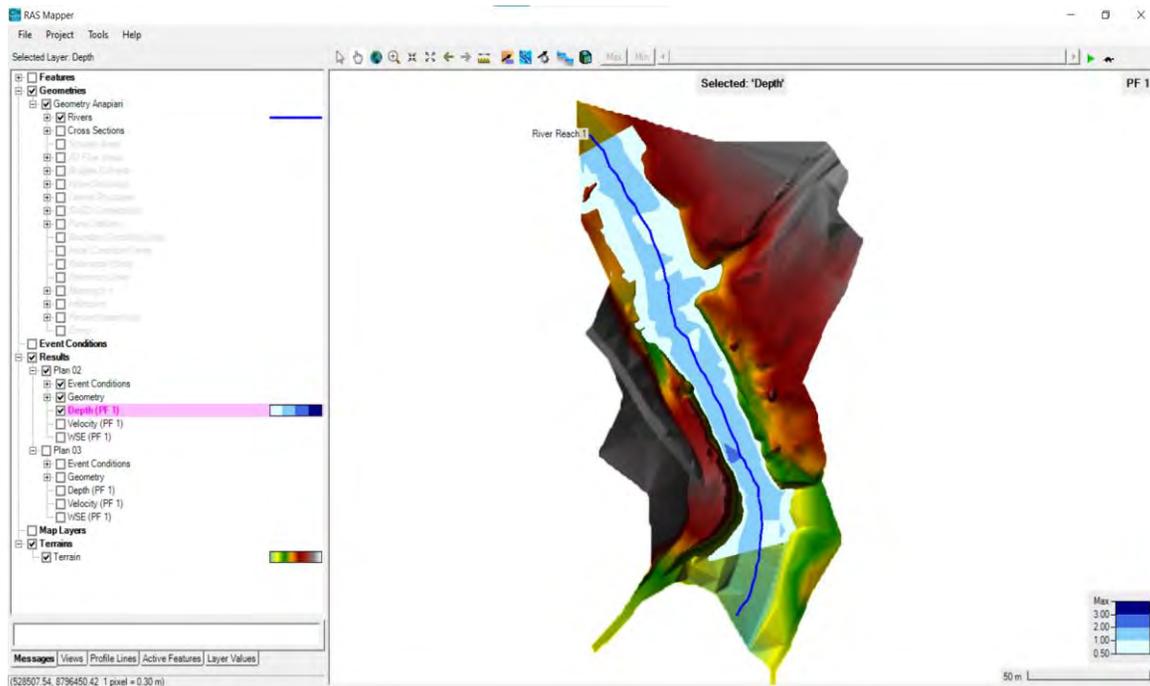
*Vista tridimensional de inundación del río Anapiari*



*Nota.* Tomado de la modelación en software HEC RAS

**Figura 34**

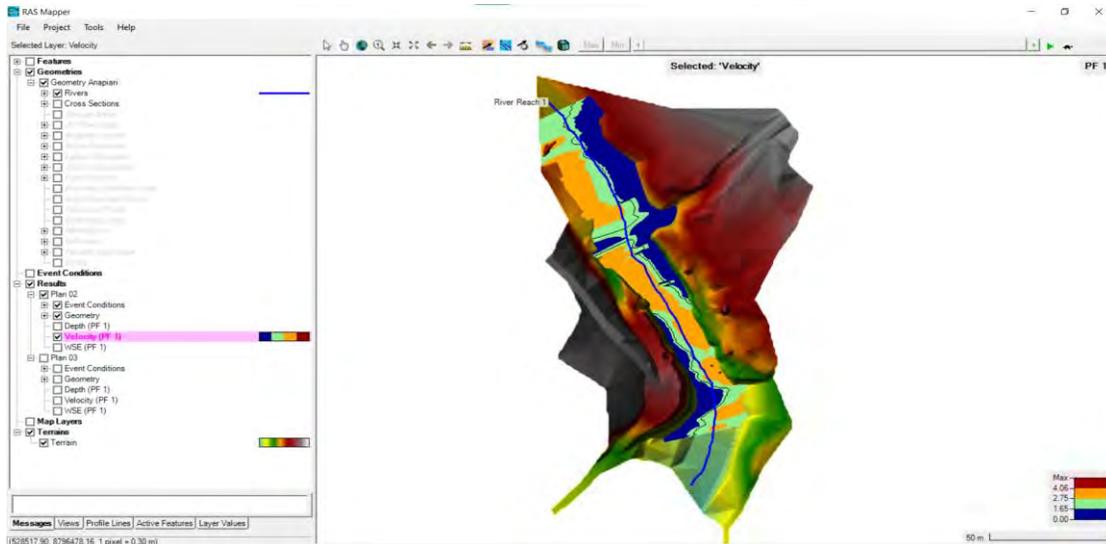
*Comportamiento de la profundidad de inundación*



*Nota.* Tomado de la modelación en la herramienta RAS Mapper

**Figura 35**

*Comportamiento de las velocidades del flujo en el río*

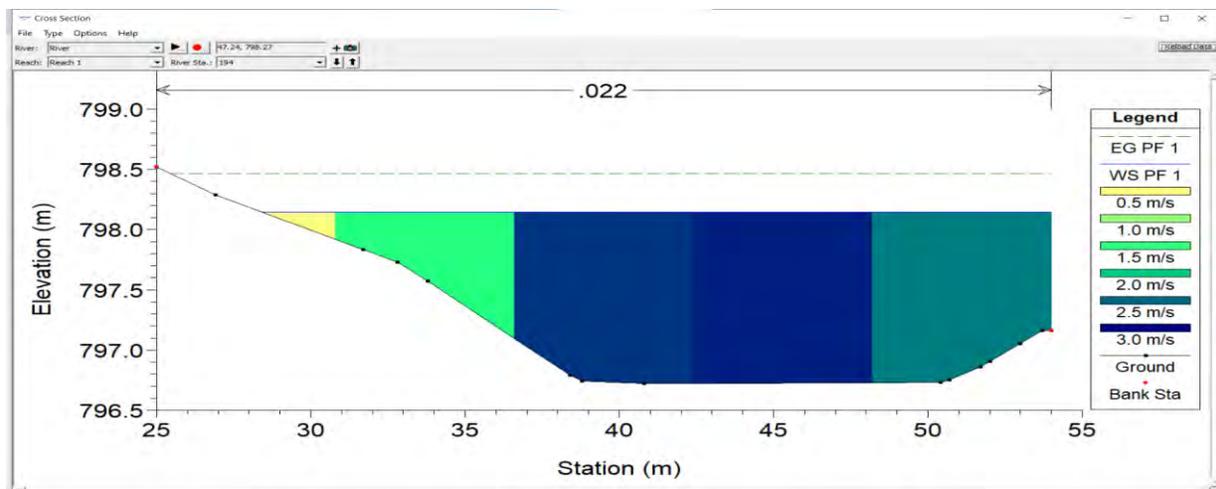


*Nota.* Tomado de la modelación en la herramienta RAS Mapper

La sección más crítica se muestra en la figura 36. Esta, presenta, las máximas velocidades en su escala de colores desde 0.5 hasta ser cercanas a 3 m/s. Además, refleja la zona de escaso talud natural que permite contener el volumen escurrido en el tramo del río. Lo que evidencia la necesidad urgente de colocación de una estructura hidráulica

**Figura 36**

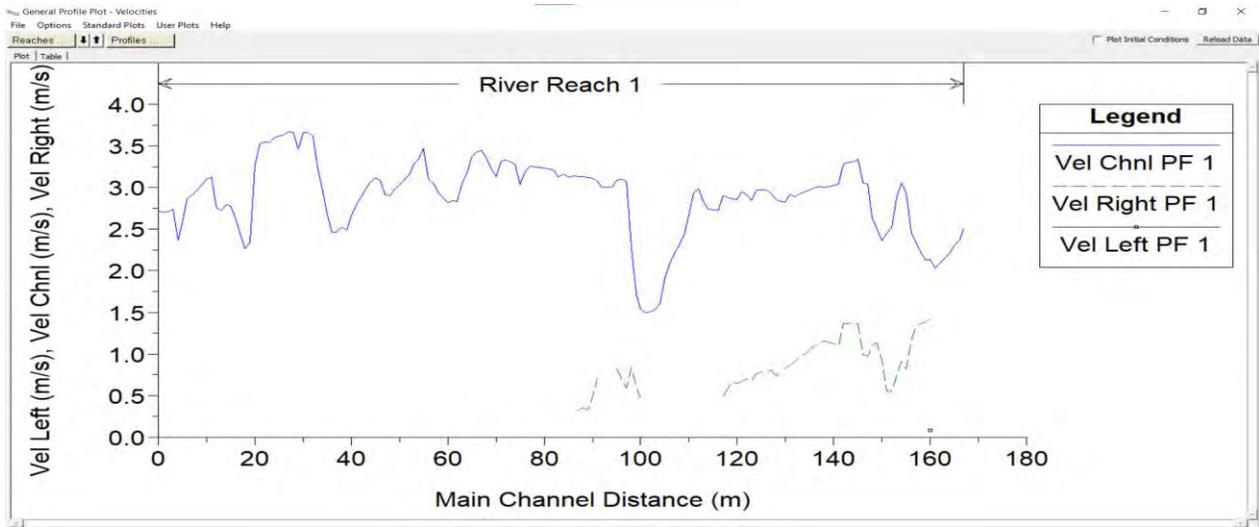
*Sección transversal más crítica inundada*



*Nota.* Tomado de la modelación en software HEC RAS

**Figura 37**

*Perfil de las velocidades en el río*

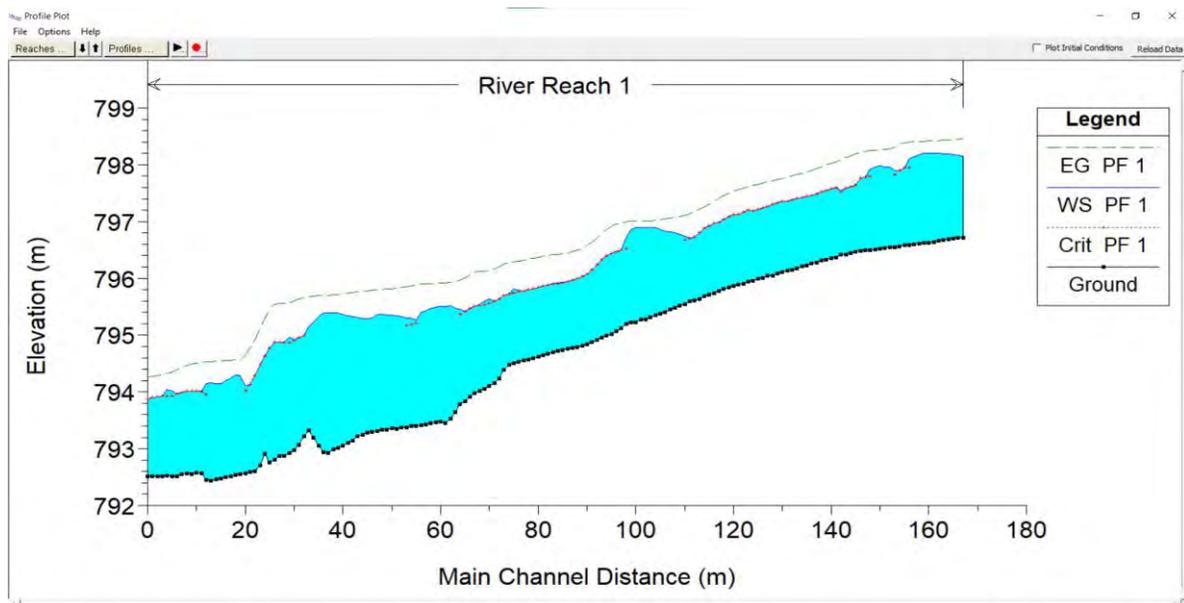


*Nota.* Tomado de la modelación en software HEC RAS

El comportamiento hidrodinámico del río, figura 38, muestra la permanencia en casi todas sus secciones de un flujo que varía entre crítico a subcrítico. Lo que propicia la permanencia de mayor tiempo la inundación sobre el cause por las bajas velocidades que este genera.

**Figura 38**

*Comportamiento hidrodinámico del río*



*Nota.* Tomado de la modelación en software HEC RAS

- **Socavación:**

La estimación de la socavación del cauce fluctuó en todo el tramo del río analizado. En la tabla 11 se muestra los análisis estadísticos de los parámetros hidráulicos obtenidos de la modelación numérica. En anexo se encuentra la matriz de datos de las 168 secciones transversales.

**Tabla 11**

*Comportamiento hidrodinámico del río*

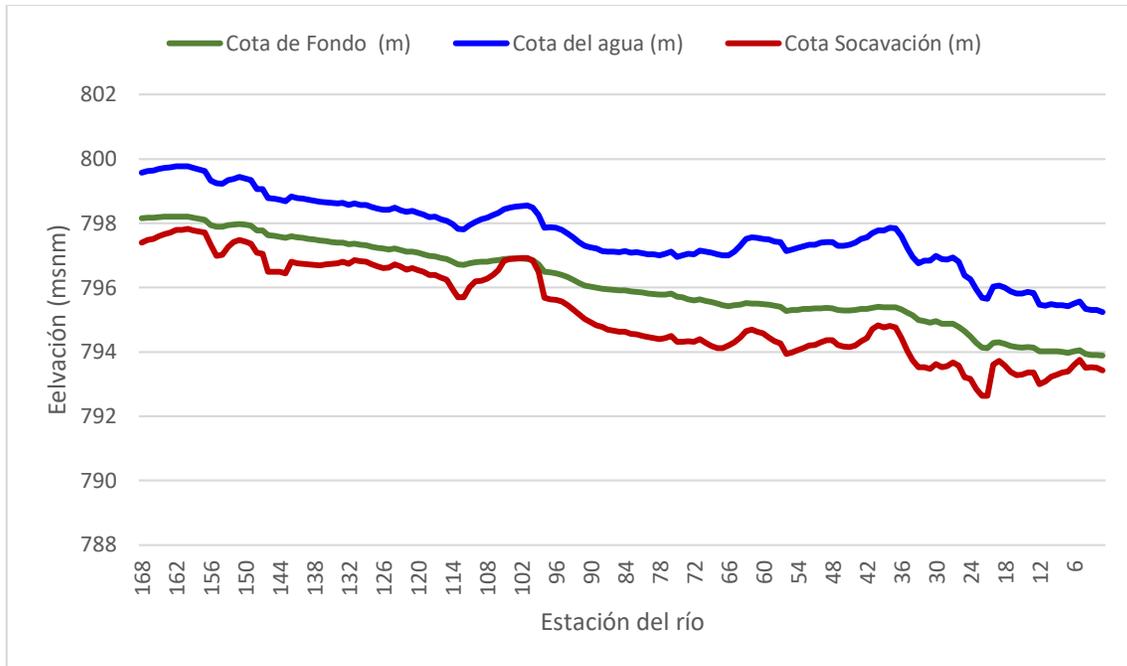
	<b>E.G.</b>	<b>Vel</b>	<b>Flow</b>	<b>Top</b>	<b>Froude</b>	<b>Max</b>	<b>dsa</b>	<b>Altura</b>
	<b>Slope</b>	<b>Chnl</b>	<b>Área</b>	<b>Width</b>	<b># Chl</b>	<b>Chl</b>	<b>m</b>	<b>de</b>
						<b>Dpth</b>		<b>Muro</b>
	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)		(m)	(m)	(m)
<b>Máximo</b>	0,0055	3,67	45,62	40,85	1,03	2,47	1,51	3,37
<b>Mínimo</b>	0,0009	1,50	18,59	13,32	0,44	1,11	0,03	1,60
<b>Media</b>	0,0038	2,88	24,83	24,33	0,87	1,54	0,86	2,39
<b>Varianza</b>	0,0000	0,20	25,86	59,41	0,02	0,11	0,13	0,28
<b>Des.</b>								
<b>Estándar</b>	0,0012	0,45	5,09	7,71	0,15	0,33	0,37	0,53
<b>Coef.</b>								
<b>Variación</b>	0,3259	0,16	0,20	0,32	0,17	0,22	0,43	0,22

*Nota.* Elaboración Propia

El perfil longitudinal de la socavación general del cauce se muestra la figura 39. Se estimó que existirá una socavación máxima de 1.51 m para un promedio de 0.85 m. En particular, solo la sección transversal 101 y 102 no mostró socavación general. Por tanto, considerando la altura máxima de inundación en los márgenes izquierdo y derecho del cauce, la socavación general y un borde libre del muro gavión generó una altura del gavión de 3.5 m de altura.

**Figura 39**

*Perfil longitudinal de la socavación general del cauce*



*Nota.* Elaboración Propia

### 6.1.5. Análisis estructural

Una vez realizado el análisis hidrológico e hidráulico del río Anapiari se procedió al diseño estructural de los gaviones para la protección de los márgenes del río frente al fenómeno de la socavación e inundaciones del poblado Boca Kimari. En la siguiente Tabla 12 se muestra los datos iniciales de sobre el dimensionamiento del muro Gavión. La misma está compuesta como elementos más relevantes el ángulo de fricción interna, capacidad portante del suelo, cohesión, tirante máximo del río para un periodo de retorno de 140 años. Como normas esenciales para el diseño de la estructura muro gavión y colchón gavión fueron norma ASTM A975 y la norma EN 60229. Se considero según especificaciones técnicas por Macafferri. Resaltar que dichas normas abarcan desde las características de la roca, tipo de alambre, tipo de malla y dimensiones del gavión.

**Tabla 12**

*Parámetros de suelo para el diseño de muro con software*

Peso específico del suelo	$\gamma = 1.35$	$t/m^3$
Peso específico de la piedra	$\gamma = 2,70$	$t/m^3$
Ángulo de fricción interna del suelo	$\phi = 34.75^\circ$	

Cohesión del suelo	C:	0,04	kg/cm <sup>2</sup>
Capacidad admisible del suelo	$\sigma =$	2.41	kg/cm <sup>2</sup>
Tirante de agua	T	2.48	m
Caudal de diseño	Q=	68.25	m <sup>3</sup> /s
Altura libre de diseño	H=	3.50	m
Vida útil del gavión		40 años	
Zona sísmica	Z=	2	
Factor sísmico horizontal		0.25	
Factor sísmico vertical		0	

---

*Nota. Elaboración Propia*

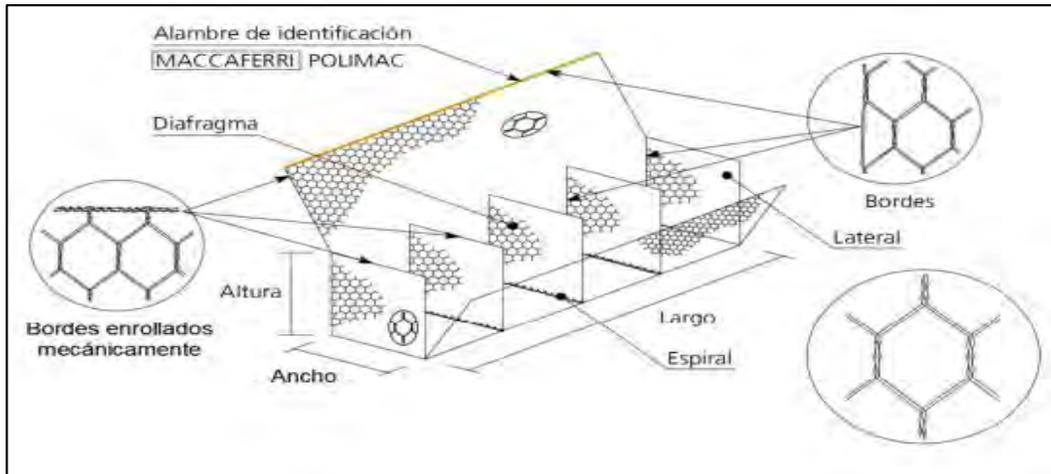
### **Diseño de muro gavión**

En la figura 40 se muestra la geometría del muro de acuerdo a los datos suministrados en la herramienta Gawac3.0. Donde la base definida del gavión fue de 3.00 m y la altura de 3.50 m. En la misma se consideró, las fuerzas hidrostáticas y las fuerzas de empuje producto a la carga del suelo sobre la estructura.

Para la estabilidad de los gaviones e impermeabilidad de la estructura se consideró una malla hexagonal de doble torsión con Polimac tipo caja 80/410 normas NMX-B-85-CANACERO-2005 y EN 10223-3, que este certificado con la norma ISO 9001. Las propiedades de desempeño del Polimac a partir del análisis GSC (Gabion Serviceability Coefficient) según especificaciones técnicas el diámetro de 3.7, el coeficiente de servicio gavión alcanza el valor de 489 en función a la resistencia al punzonado, según ensayos de la norma ASTM A975 y la norma EN 60229. Se considero según especificaciones técnicas por Macafferri con fecha del 12 de abril del 2019, que las los gaviones Polimac tipo caja 80, las conexiones se realizaran con diámetros de 3.2 mm. En particular este tipo de gavión Polimac tipo 80, permite dimensiones desde 1.5 a 5 m de largo, altura de 0.5 a 1.00 m y un ancho de 1.00 m

## Figura 40

### Características de caja gavión



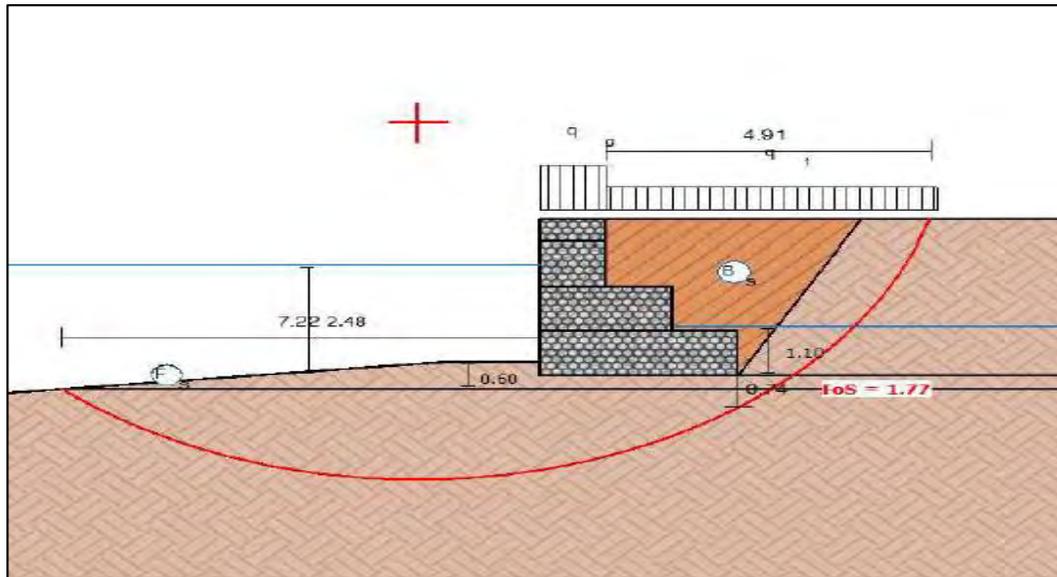
*Nota.* Tomado del catálogo Polimac™ tipo caja 80 - Maccaferri

### Resultados del análisis estático con inclinación de 0°

A continuación, se muestran los resultados adquiridos del software Gawac3.0 considerando el análisis estático y con una inclinación de 0°, tabla 13. Se aprecia que el factor al vuelco, el factor al deslizamiento por seguridad de la estructura adquirió un valor de 4.73 y 3.26 respectivamente, los mismos son superiores a 1.2 como valor mínimo según la normatividad E 030 y criterios de Maccaferri. No obstante, la estabilidad global proporcionó un valor de 1.77. Sin embargo, se muestran indicios de sobredimensionamiento al factor al vuelco y deslizamiento.

**Figura 41**

*Geometría del muro en análisis estático*



*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Tabla 13**

*Resultado de estado limite último externo*

Factor Seguridad	Vuelco	Deslizamiento	Tensión de la Base Izq.	Tensión de la Base Der.	Global
<b>FoS</b>	4.73	3.26	10.38	21.24	1.77

*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Tabla 14**

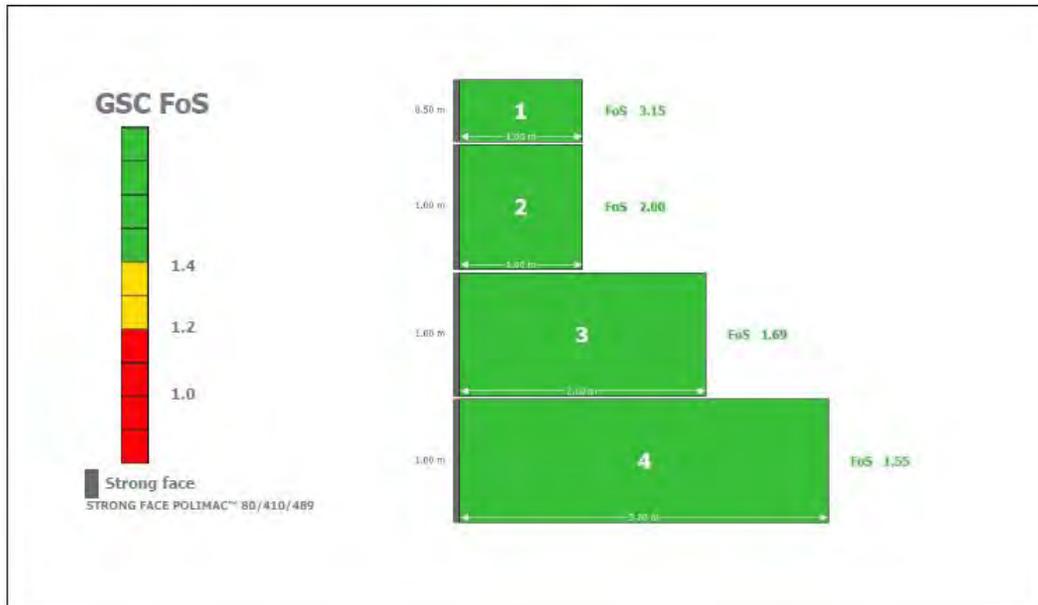
*Resultado de estado limite último interno*

Camada	H (m)	N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN/m x m)	$\tau_{M\acute{a}x.}$ (kN/m)	$\tau_{All}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau_{FoS}$	$\sigma_{Max}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{All}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{FoS}$
1	0.50	9.19	0.67	4.70	0.67	32.23	48.10	8.98	580.79	64.68
2	1.50	29.06	6.49	13.63	6.49	43.28	6.67	30.98	580.79	18.75
3	2.50	91.74	23.64	82.28	11.82	60.09	5.08	51.14	580.79	11.36

*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Figura 42**

*Estado límite de servicio (Gabion Serviceability Coefficient)*



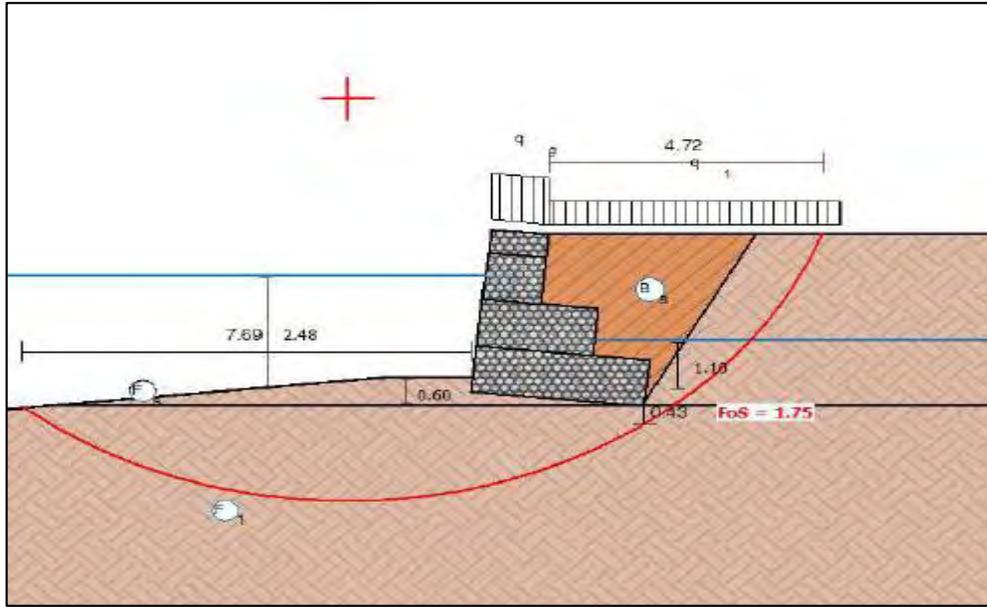
*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

### **Resultados del análisis estático con inclinación de 6°**

A continuación, se muestran los resultados adquiridos del software Gawac3.0 considerando el análisis estático y con una inclinación de 6°, en la tabla 15. Se aprecia que el factor al vuelco, el factor al deslizamiento por seguridad de la estructura que adquirió un valor de 5.63 y 4.13 respectivamente, los mismos son superiores a 1.2 como valor mínimo según la normatividad E 030 y criterios de Maccaferri. No obstante, la estabilidad global proporciono un valor de 1.75. Sin embargo, se muestran indicios de sobredimensionamiento al factor al vuelco y deslizamiento.

**Figura 43**

*Geometría del muro en análisis estático con inclinación de 6°*



Nota. Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Tabla 15**

Resultado de estado limite último externo

Factor Seguridad	Vuelco	Deslizamiento	Tensión de la Base Izq.	Tensión de la Base Der.	Global
FoS	5.63	4.13	13.36	19.29	1.75

Nota. Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Tabla 16**

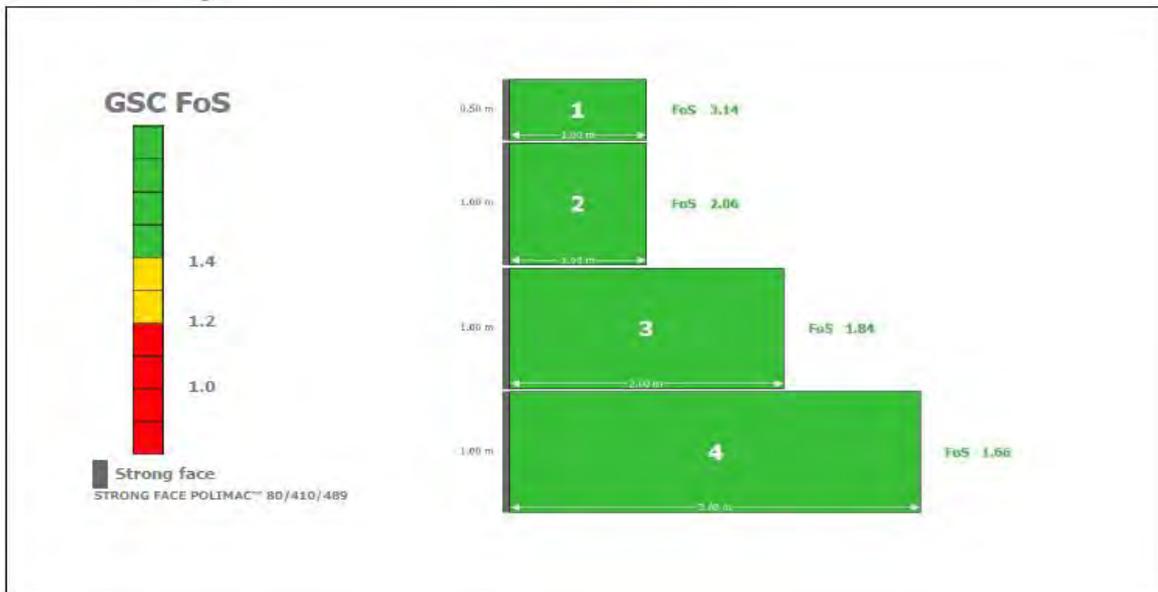
Resultado de estado limite último interno

Camada	H (m)	N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN/m x m)	$\tau_{Máx.}$ (kN/m)	$\tau_{All}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau_{FoS}$	$\sigma_{Max}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{All}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{FoS}$
1	0.50	8.84	-0.71	4.68	-0.71	31.88	44.90	8.34	580.79	69.64
2	1.49	27.06	1.35	15.14	1.35	41.28	30.58	24.19	580.79	24.01
3	2.59	84.31	12.83	81.67	6.41	56.37	8.79	43.52	580.79	13.35

Nota. Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

## Figura 44

*Estado límite de servicio (Gabion Serviceability Coefficient)*



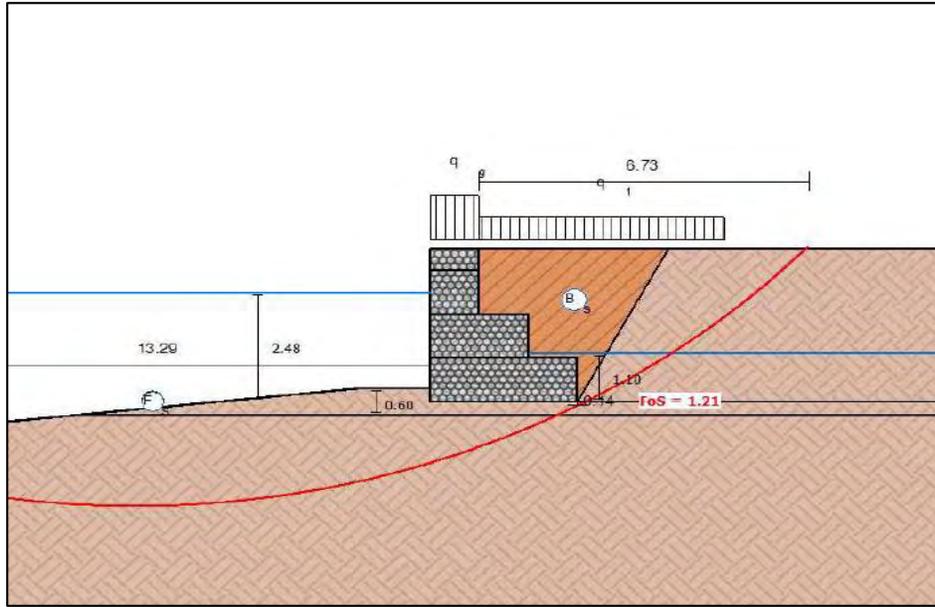
*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

### **Resultados del análisis Pseudoestático con inclinación de 0°**

A continuación, se muestran los resultados adquiridos del software Gawac3.0 considerando el análisis pseudoestático y con una inclinación de 0°, en la tabla 17. Se aprecia que el factor al vuelco, el factor al deslizamiento por seguridad de la estructura adquirió un valor de 1.77 y 1.97 respectivamente, los mismos son superiores a 1.2 como valor mínimo según la normatividad E 030 y criterios de Maccaferri. No obstante, la estabilidad global proporcionó un valor de 1.21. Sin embargo, se muestran indicios de sobredimensionamiento al factor al vuelco y deslizamiento.

## Figura 45

*Geometría del muro en análisis pseudoestático con inclinación de 0°*



*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Tabla 17**

*Resultado de estado limite último externo*

Factor Seguridad	Vuelco	Deslizamiento	Tensión de la Base Izq.	Tensión de la Base Der.	Global
<b>FoS</b>	1.77	1.97	3.61	-	1.21

*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Tabla 18**

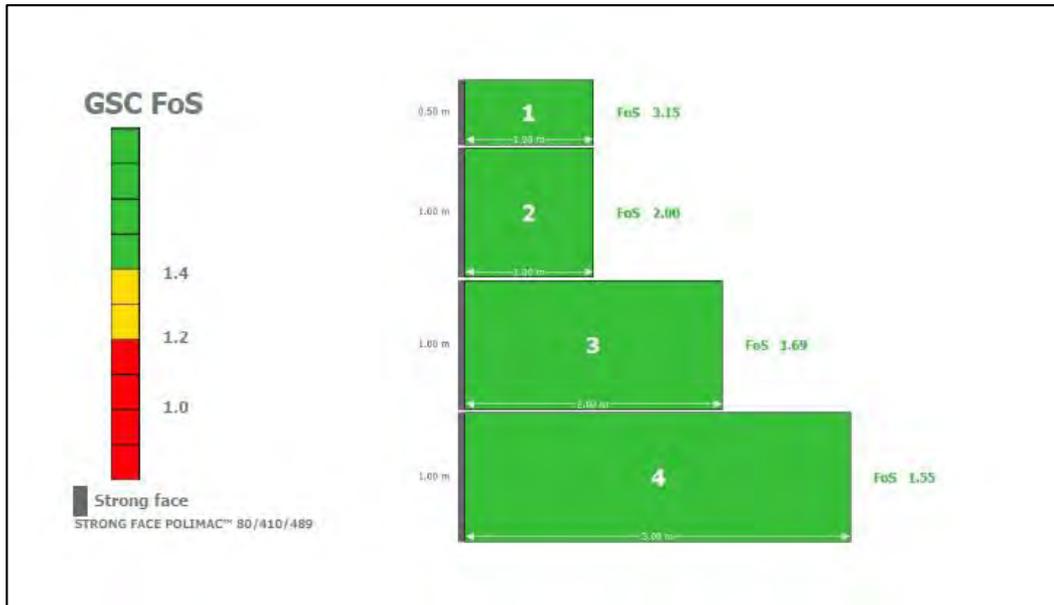
*Resultado de estado limite último interno*

Camada	H (m)	N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN/m x m)	$\tau_{M\acute{a}x.}$ (kN/m)	$\tau_{All}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau_{FoS}$	$\sigma_{Max}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{All}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{FoS}$
1	0.50	29.34	8.09	11.66	8.09	52.38	6.47	36.90	580.79	15.74
2	1.50	50.22	19.49	8.40	19.49	64.44	3.31	150.08	580.79	3.87
3	2.50	114.91	45.43	43.04	22.72	71.68	3.15	153.39	580.79	3.79

*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Figura 46**

*Estado límite de servicio (Gabion Serviceability Coefficient)*



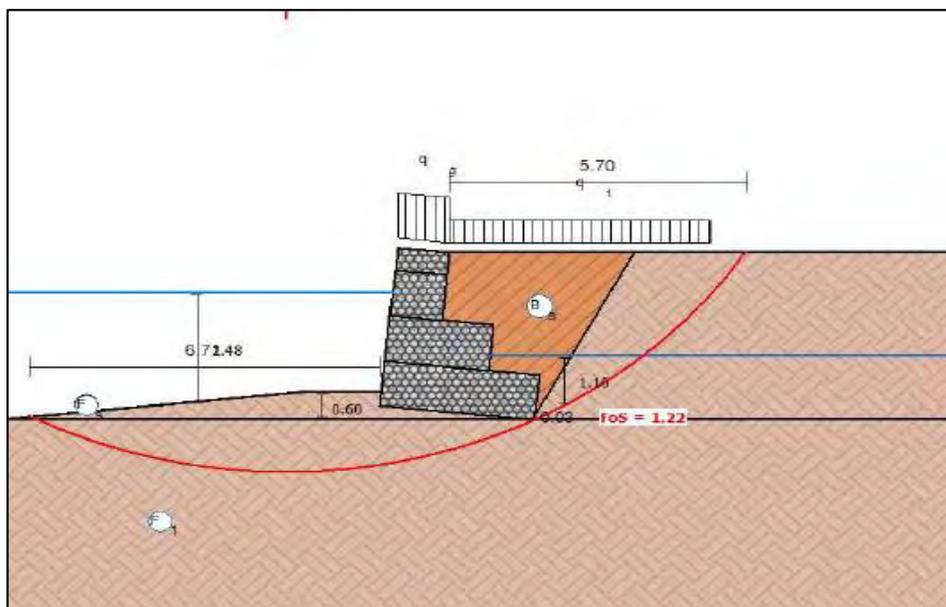
*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

- **Resultados del análisis Pseudoestático con inclinación de 6°**

A continuación, se muestran los resultados adquiridos del software Gawac3.0 considerando el análisis pseudoestático y con una inclinación de 6°, en la tabla 19. Se aprecia que el factor al vuelco, el factor al deslizamiento por seguridad de la estructura adquirió un valor de 1.83 y 2.28 respectivamente, los mismos son superiores a 1.2 como valor mínimo según la normatividad E 030 y criterios de Maccaferri. No obstante, la estabilidad global proporciono un valor de 1.22. Sin embargo, se muestran indicios de sobredimensionamiento al factor al vuelco y deslizamiento.

**Figura 47**

*Geometría del muro en análisis estático con inclinación de 6°*



Nota. Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Tabla 19**

Resultado de estado limite último externo

Factor Seguridad	Vuelco	Deslizamiento	Tensión de la Base Izq.	Tensión de la Base Der.	Global
FoS	1.83	2.28	4.08	-	1.22

Nota. Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

**Tabla 20**

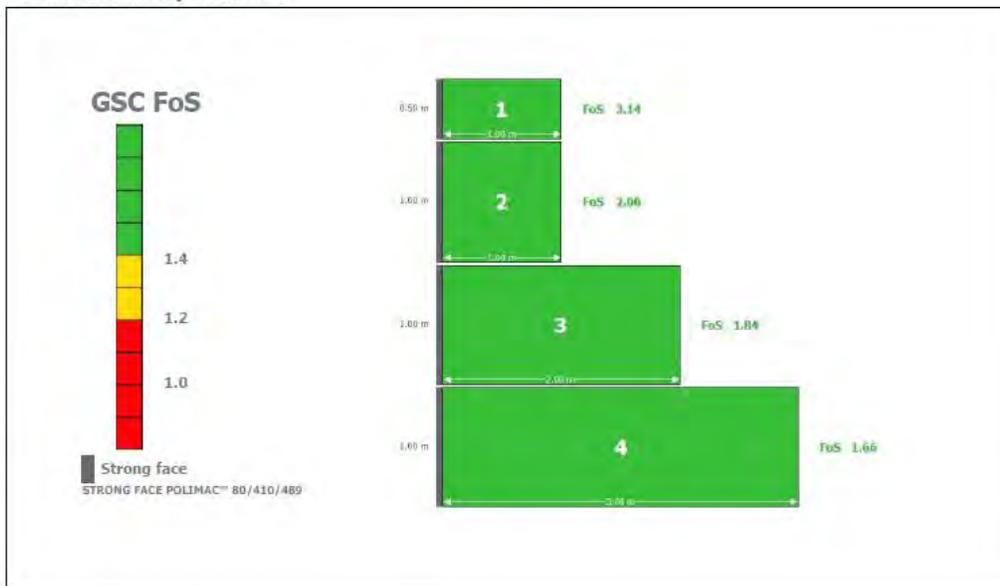
Resultado de estado limite último interno

Camada	H (m)	N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN/m x m)	$\tau_{\text{Máx.}}$ (kN/m)	$\tau_{\text{All}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau_{\text{FoS}}$	$\sigma_{\text{Max}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{\text{All}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{\text{FoS}}$
1	0.50	29.63	4.58	12.27	4.58	52.67	11.50	35.76	580.79	16.24
2	1.49	49.41	12.35	13.96	12.35	63.63	5.15	87.44	580.79	6.64
3	2.59	109.59	32.46	51.54	16.23	69.01	4.25	116.51	580.79	4.98

Nota. Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

## Figura 48

*Estado límite de servicio (Gabion Serviceability Coefficient)*



*Nota.* Tomado de la modelación ejecutada en el software Gawac 3.0

Además, se implementó para la protección del puente frente a los fenómenos de erosión y socavación, gaviones tipo colchón. Específicamente, el área del río que interactúa con el puente, ósea el fondo y los estribos. De acuerdo a las especificaciones técnicas del muro tipo colchón de la empresa Almasa se determinó la utilización del colchón tipo 0.17 x 4.00 x 2.00.

### 6.1.6. Análisis de Costos

Después del análisis de muro tipo gavión en el programa Gawac 3.0, se procedió a la elaboración del presupuesto referencial. En la tabla siguiente, se muestra el presupuesto general, donde el costo directo asciende a un valor de S/ 1,185,980.35, mientras que el presupuesto general fue de S/ 1,623,245.36 (Un millón seiscientos veintitrés mil doscientos cuarenta y cinco con 36/100 soles)

#### Tabla 21

*Presupuesto general del muro tipo gavión*

PRESUPUESTO	
AUTOR:	BACH. MARYIT MADELEI INGA ÑAUPA
UBICACIÓN:	BOCA KIMARI- BELEN ANAPIARI - PICHANAQUI - CHANCHAMAYO - JUNIN
FECHA	04/10/2023
BASE:	

MONEDA: SOLES

Item	Partida	Unidad	Metrado	CU	Parcial
<b>1</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>8,705.75</b>
1.1	Alquiler de oficina, almacén, caseta/ inc. Servicios	MES	2.00	1,500.00	3,000.00
1.2	Cartel de identificación de obra 3.60m x 2.40m	GLB	1.00	705.75	705.75
1.3	Transporte de material, equipo y herramientas	GLB	1.00	5,000.00	5,000.00
<b>2</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>11,015.20</b>
2.1	Limpieza manual de terreno	M2	980.00	1.56	1,528.80
2.2	Trazo y replanteo	M2	980.00	9.68	9,486.40
<b>3</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</b>				<b>19,626.34</b>
3.1	Elaboración, implementación y administración del plan de seguridad y salud en el trabajo	GLB	1.00	3,000.00	3,000.00
3.2	Capacitación en seguridad y salud	MES	1.00	800.00	800.00
3.3	Equipos de protección individual	UND	50.00	211.00	10,550.00
3.4	Señalización temporal de seguridad	UND	1.00	2,550.00	2,550.00
3.5	Señalización temporal en acopio de materiales	GLB	1.00	965.34	965.34
3.6	Recurso para respuesta ante emergencias en seguridad y salud durante el trabajo	GLB	1.00	1,600.00	1,600.00
3.7	Implementación de módulo de limpieza	UND	1.00	161.00	161.00
<b>4</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				<b>122,370.71</b>
4.1	Encauzamiento del río	M3	900.00	13.54	12,186.00
4.2	Perfilado de subrasante y compactado con maquinaria y equipo	M2	900.00	62.32	56,088.00
4.3	Excavación para estructuras en material compactado bajo agua	M3	1,573.20	15.76	24,793.63
4.4	Relleno con material de préstamo seleccionado	M2	525.00	22.88	12,012.00
4.5	Relleno y compactación con material propio	M3	1,233.20	9.49	11,703.07
4.6	Eliminación de material excedente y su tratamiento	M3	441.74	12.65	5,588.01
<b>5</b>	<b>EXTRACCIÓN Y SELECCIÓN DE PIEDRA A OBRA</b>				<b>181,311.82</b>
5.1	Extracción y selección de piedra de río de 6" - 10"	M3	1,534.72	94.95	145,721.66
5.2	Carguío y transporte de piedra seleccionada desde cantera hasta la obra d=10 km volquete de 15 m <sup>3</sup>	M3	1,534.72	23.19	35,590.16
<b>6</b>	<b>SISTEMA DE MURO GAVIÓN</b>				<b>809,293.01</b>
6.1	Suministro de geotextil tejido nt250 200gr/cm <sup>2</sup> (rollo 4x120m)	M2	1,293.60	9.45	12,224.52
6.2	Instalación de geotextil tejido nt250 200gr/cm <sup>2</sup> (rollo 4x1.20m)	M2	1,293.60	5.02	6,493.87
6.3	Tubo de drenaje d=4" PVC	ML	588.00	14.11	8,296.68
<b>6.4</b>	<b>PRIMER NIVEL</b>				<b>188,491.24</b>
6.4.1	Suministro del elemento gavión tipo caja de 3.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	450.00	88,200.00

6.4.2	Instalación del elemento gavión tipo caja de 3.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	405.94	79,564.24
6.4.3	Llenado de piedras del elemento gavión tipo caja de 3.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	105.75	20,727.00
<b>6.5</b>	<b>2 NIVEL</b>				<b>148,283.80</b>
6.5.1	Suministro del elemento gavión tipo caja de 2.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	300.00	58,800.00
6.5.2	Instalación del elemento gavión tipo caja de 2.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	362.55	71,059.80
6.5.3	Llenado de piedras del elemento gavión tipo caja de 2.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	94.00	18,424.00
<b>6.6</b>	<b>3 NIVEL</b>				<b>108,380.16</b>
6.6.1	Suministro del elemento gavión tipo caja de 1.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	160.60	31,477.60
6.6.2	Instalación del elemento gavión tipo caja de 1.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	323.42	63,390.32
6.6.3	Llenado de piedras del elemento gavión tipo caja de 1.00 x 1.00 x 1.00 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	68.94	13,512.24
<b>6.7</b>	<b>4 NIVEL</b>				<b>101,480.96</b>
6.7.1	Suministro del elemento gavión tipo caja de 1.00 x 1.00 x 0.50 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	160.60	31,477.60
6.7.2	Instalación del elemento gavión tipo caja de 1.00 x 1.00 x 0.50 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	303.86	59,556.56
6.7.3	Llenado de piedras del elemento gavión tipo caja de 1.00 x 1.00 x 0.50 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	53.30	10,446.80
<b>6.8</b>	<b>BASE DE GAVIONES</b>				<b>173,510.96</b>
6.8.1	Suministro del elemento gavión tipo colchón reno de 3.00 x 1.00 x 0.30 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	496.80	97,372.80
6.8.2	Instalación del elemento gavión tipo colchón reno de 3.00 x 1.00 x 0.30 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	303.86	59,556.56
6.8.3	Llenado de piedras del elemento gavión colchón reno de 3.00 x 1.00 x 0.30 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	196.00	84.60	16,581.60
<b>6.9</b>	<b>COLCHON DE ESTRIBOS DE PUENTE</b>				<b>62,130.82</b>
6.9.1	Suministro del elemento gavión tipo colchón reno de 4.00 x 2.00 x 0.17 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	62.00	650.00	40,300.00
6.9.2	Instalación del elemento gavión tipo colchón reno de 4.00 x 2.00 x 0.17 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	62.00	267.51	16,585.62

6.9.3	Llenado de piedras del elemento gavión colchón reno de 4.00 x 2.00 x 0.17 (malla 8x10 d=3.2mm/ 3zn+pvc)	UND	62.00	84.60	5,245.20
<b>7</b>	<b>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>				<b>25,648.00</b>
7.1	Redirección del río	M3	450.00	13.54	6,093.00
7.2	Restauración de caminos vecinales	GLB	1.00	3,000.00	3,000.00
7.3	Suministro de contenedor de residuos sólidos de 120 l/ incluido logo	UND	1.00	120.00	120.00
7.4	Mantenimiento del puente Kimari	GLB	1.00	2,500.00	2,500.00
7.5	Plantones, suministro y colocación	UND	300.00	43.84	13,152.00
7.6	Limpieza general de la obra	M2	900.00	0.87	783.00
<b>8</b>	<b>FLETE TERRESTRE</b>				<b>0.00</b>
8.1	Flete terrestre de materiales Lima-boca Kimari	GLB	1.00	7,000.00	7,000.00
<b>9</b>	<b>VARIOS</b>				<b>1,009.52</b>
9.1	Placa recordatoria mármol inc./instalación	UND	1.00	1,009.52	1,009.52
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>1,185,980.35</b>
GASTOS GENERALES 5.9911%					71,053.27
UTILIDAD 10%					118,598.04
<b>SUB TOTAL</b>					<b>1,375,631.66</b>
IGV 18%					247,613.70
<b>TOTAL, PRESUPUESTO</b>					<b>1,623,245.36</b>

**Costo total: Un millón seiscientos veintitrés mil doscientos cuarenta y cinco con 36/100 soles**

*Nota.* Tomado del análisis del software PRESUPUESTOS.PE

### 6.1.7. Análisis del impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental (EIA) es uno de los requisitos fundamental para la aprobación de cualquier proyecto en la ingeniería civil. Y establecido en la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y la Ley N° 29338, de Recursos Hídricos. Como herramienta esencial se utilizó la matriz de Leopold que se desarrolló en 1971 por el servicio geológico de los Estados Unidos de América del Norte. La misma, ha sido mejorada a través de los años y adaptada al tipo de estructura civil como fue expuesto por Conesa (2010) como consultora que evalúa impacto ambiental, así como, DOMUS y Envirotec que son Empresas especializada en Consultoría Ambiental Integral. En la evaluación preliminar, como sistema del ambiental, se consideró las condiciones Físicas, Bióticas y Socioeconómicas de la zona de estudio. Mientras que, en el componente ambiental el Atmosférico, Suelo, Flora, Social y Economía. Respecto a los factores ambientales todos aquellos identificados que podrían incurrir en la

construcción de la estructura del muro de gavión. Por tanto, la matriz cualitativa de identificación de impactos directos e indirectos se muestra en la figura 48. Se estableció que los impactos directos influyen de forma continua hacia esa condición ambiental de forma particular (sin sinergia) o sea se producen durante el período de ejecución del proyecto. Mientras que, de forma indirecta aquellos que puedan generar otros impactos definido como sinérgicos con otras palabras, efectos que se derivan de las actividades.

En la figura 49 se refleja el comportamiento cualitativo del impacto directo e indirecto de la construcción del muro gavión. Se observa que la mayor incidencia de los directos negativos se encuentra en el movimiento de tierra y transporte de materiales y los indirectos en las condiciones demográficas del muro y acondicionamiento del cauce y obras civiles. La clasificación según la escala de colores se muestra en la figura 50.



## Figura 50

### Clasificación directa o indirecta

Leyenda	Descripción	Signo
D	Impacto negativo directo	-1
I	Impacto negativo indirecto	-1
D	Impacto positivo directo	+1
I	Impacto positivo indirecto	+1

*Nota.* Tomado de Domus, Consultora Ambiental (s/f)

La cuantificación del impacto ambiental a partir de una escala de colores dado por el índice de significancia (S) según DOMUS (s/f). La escala de clasificación del impacto ambiental cuantitativo se presenta en la figura 51, mientras que los resultados en la figura 52. Se refleja según su valor cuantitativo que el índice de significancia oscilo entre -37 a 40 abarcando los rangos de impactos positivos y negativos, pero en ambos casos pocos significativos.

## Figura 51

### Rango de Niveles de Significación

IMPACTOS POSITIVOS		
Símbolo	Nivel de Significación	Rango
PS	Poco significativo	- 13 a - 25
MoS	Moderadamente significativo	- 26 a - 50
MuS	Muy significativo	- 51 a - 75
AS	Altamente significativo	- 76 a - 100
IMPACTOS NEGATIVOS		
ps	Poco significativo	13 a 25
mos	Moderadamente significativo	26 a 50
mus	Muy significativo	51 a 75
as	Altamente significativo	76 a 100

*Nota.* Tomado de Domus, Consultora Ambiental (s/f)

## Figura 52

### Matriz cuantitativa

PROCESO CONSTRUCTIVO (PIPE BURSTING)	ASPECTOS AMBIENTALES	CALIFICACIÓN DEL IMPACTO DE LA DEFENSA RIBEREÑA												
		Signo	(IN) 1-2,4	(EX) 1-2,4	(MO) 1-3	(PE) 1-3	(RV) 1-3	(SI) 1-2, 4	(AC) 1,4	(EF) 1,4	(PR) 1-2, 4	(MC) 2-4, 8	(S)	
Señalización zona de trabajo	Transito (Puente)	-1	1	1	1	3	2	2	1	4	1	4	-23	
	Accesibilidad peatonal (Puente)	-1	1	1	1	3	2	2	1	4	1	4	-23	
Desvío de cause, Corte, Exavación y movimiento de tierra, Relleno y compactación	Ruido	-1	2	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-25	
	Vibración	-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
	Polvo	-1	2	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-25	
	Modificación del relieve	-1	4	2	1	3	2	2	1	1	1	4	-31	
	Contaminación	-1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-19	
	Cobertura Vegetal	-1	2	2	1	3	2	2	1	1	1	4	-25	
	Molestias	-1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-22	
	Salud e higiene	-1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	4	-18	
	Bienestar de la población	-1	4	1	1	3	2	4	1	1	1	4	-31	
	Accesibilidad peatonal	-1	1	1	1	3	2	4	1	1	1	4	-22	
	Transito	-1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-19	
	Zona comercial	-1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-19	
	Uso de Maquinaria	Turismo	-1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-19
Aire		-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
Ruido		-1	2	2	1	3	2	1	1	4	1	4	-27	
Vibración		-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
Humo y Gases		-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
Polvo		-1	4	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-31	
Accesibilidad peatonal		-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
Transito		-1	4	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-31	
Ruido		-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
Vibración		-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
Construcción de los gaviones in situ	Polvo	-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
	Molestias	-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
	Salud e higiene	-1	1	1	1	3	2	1	1	4	1	4	-22	
	Bienestar de la población	-1	1	4	1	3	2	1	1	4	1	4	-28	
	Accesibilidad peatonal	-1	1	4	1	3	2	1	1	4	1	4	-28	
	Transito	-1	1	4	1	3	2	1	1	4	1	4	-28	
	Turismo	-1	1	4	1	3	2	1	1	4	1	4	-28	
	Ruido	-1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-22	
	Vibración	-1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-22	
	Polvo	-1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-22	
Colocación de los Gaciones	Molestias	-1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-22	
	Salud e higiene	-1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-19	
	Bienestar de la población	-1	4	4	1	3	2	1	1	4	1	4	-37	
	Transito	-1	1	4	1	3	2	1	1	4	1	4	-28	
	Turismo	-1	1	4	1	3	2	1	1	4	1	4	-28	
	Ruido	-1	2	1	1	3	1	1	1	1	1	4	-21	
	Vibración	-1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-22	
	Humo y Gases	-1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	4	-18	
	Polvo	-1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-22	
	Molestias	-1	4	1	1	3	2	1	1	1	1	4	-28	
Reposición de río en su curso, Relleno y forestación (árboles - hierva)	Salud e higiene	1	1	1	1	3	2	1	4	4	4	4	28	
	Bienestar de la población	1	4	1	1	3	2	4	4	4	4	4	40	
	Accesibilidad peatonal	1	1	4	1	3	2	1	4	4	4	4	34	
	Transito	1	1	4	1	3	2	4	4	4	4	4	37	
	Zona comercial	1	1	4	1	3	2	4	4	4	4	4	37	
	Turismo	1	1	4	1	3	2	4	4	4	4	4	37	

Nota. Elaboración propia

## 6.2. Análisis de resultados

Como componentes básicos de las estructuras de gaviones se realizó el estudio topográfico y geotécnico de la zona. Desde el aspecto topográfico se logró levantar 20 puntos en el tramo de estudio del río Kimari con cotas que oscilaron desde 798.8057 msnm a 800.2744 msnm para un desnivel prácticamente de 2 msnm. El área de levantamiento topográfico fue constituida por 5 417.712 m<sup>2</sup>, que clasificó como un área pequeña. Lo cual repercutió de forma favorable para la generación del perfil longitudinal, así como procesos constructivos y de costo.

Respecto al estudio de suelo se realizó una eficaz distribución de calicata que permitió la identificación efectiva del tipo de suelo. El número de calicata estuvo constituido por 4 (C-1, C-2, C-3 y C-4). El suelo fue clasificado de acuerdo a la norma SUCS de tipo GP, que no son más que, grava mal graduada mezcla grava - arena, pocos finos o sin finos. Además, como parámetros fundamentales se determinó densidad seca, densidad húmeda, Profundidad, Ángulo de fricción, Cohesión y capacidad portante con valores promedio de 1.95 g/cm<sup>3</sup>, 2.08 g/cm<sup>3</sup>, 1.55 m, 34.75°, 0.04 Kg/cm<sup>2</sup>, 2.41 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Respecto a las condiciones hidrológicas de la cuenca Anapiari posee un área de 31.15 km<sup>2</sup>, esta clasifica como microcuenca pequeña, dando lugar a máximas avenidas de baja magnitud y por consiguiente estructuras con dimensiones relativamente pequeñas. En efecto, el perímetro, longitud del río y pendiente del río fueron relativamente bajos de 24.37 km, 9.89 km, 0.061% respectivamente. Las precipitaciones en la región presento valores promedios hiperanuales de 73 mm, logrando alcanzarse valores anuales máximos hasta 107,2 mm y mínimos de 49.8. Lo antes mencionado presento concordancia con las características morfométricas de la cuenca y precipitaciones de la región según el ANA y Senamhi.

Según el potencial de escorrentía en la cuenca hidrográfica Anapiari en condiciones húmedas el valor ponderado de la curva número (CN) fue de 68.50. Indicativo que, el valor de CN se interpreta como un área que genera facilidades para la infiltración de la lluvia, producto a que esta próximo al valor medio de CN=50. Los resultados de este potencial de escorrentía poseen coherencia porque el tipo de suelo se clasificó como grava mal graduada mezcla grava - arena, pocos finos o sin finos.

Se demostró que la serie histórica de precipitaciones de 28 años desde el 1995 al 2022, una vez completada por el método de regresión lineal fue consistente según los resultados estadísticos que generó el software Trend 2.0. Los resultados estadísticos se presentaron en la tabla 6. Mientras que el análisis de funciones de mejor ajuste hidrológico por la herramienta hydromog según la tabla 7 presentó la mejor condición Pearson III para una exactitud de 99.98%. Por consiguiente, la lámina máxima para el periodo de retorno de 140 años fue de 131.43 mm. Por tanto, la intensidad frecuencia y duración de la lluvia fue de 60 mm/h de acuerdo al tiempo de concentración ajustado de 1.45 hora.

La estimación de la máxima avenida por el método empírico Trau y Gutierrez (1998) y modelos hidrológicos modelos de Snyder, Clark y SCS implementados en la herramienta computacional HEC-HMS existió disimilitud en los resultados. Por tanto, se recurrió al análisis estadístico, experiencia de medición de algunos ministerios y la población propia, llegando como conclusión que la máxima avenida más probable es de 68.25 m<sup>3</sup>/s.

Las condiciones hidráulicas determinadas en el río Anapiari mediante el HEC-RAS mostró condiciones desfavorables porque existen secciones en el cual la máxima avenida sobrepasa el talud natural del río y genera inundaciones. Lo cual evidencia la realidad de la problemática en la comunidad de Boca Kimari. A su vez, se reafirma la implementación de una estructura que mitigue las inundaciones. Los tirantes de agua en el río según el modelo numérico alcanzaron valores entre 1.11 a 2.47 m y velocidades de flujo entre 1.50 a 3.67 m/s. Por consiguiente, en la zona el modelo de Lacey demostró socavación general desde 0.03 a 1.51, con una varianza de 0.13. A partir de los valores obtenidos se define que la altura recomendada del muro de gavión sea de 3.5 m.

El dimensionamiento del muro de gavión tipo Polimac<sup>TM</sup> 80 se analizó para condiciones estáticas y pseudoestáticas así como considerando el muro con inclinación y sin inclinación. La tabla 22 muestra un resumen de los parámetros de verificación. Se observa que en las condiciones estáticas para las dimensiones del muro de gavión de 3 m de ancho y 3.5 m de altura generó una estabilidad global adecuada próximo a 1.7 en ambos casos de inclinación y sin inclinación del muro. Sin embargo, al analizar la verificación del deslizamiento y al vuelco proporcionan valores superiores al 3.26 hasta 5.63, los mismos son indicativos de un sobredimensionamiento de la estructura. Pero, al analizar la estructura dentro de la zona sísmica N°2 en Perú, el estado

pseudoestático muestra resultados satisfactorios. En otras palabras, para condiciones reales de la región cuando se generan fuerzas horizontales, la estabilidad global, la verificación al vuelco y deslizamiento si proporciona que las dimensiones de la estructura son las óptimas. Los valores obtenidos son los más cercanos a los de verificación entre 1.21 y 2.28. Aunque se consideró el más viable el muro con inclinación de 6° porque el mismo, proporciona mayor estabilidad y amplitud de la sección transversal del río. A consecuencia, aumenta el área mojada del río que repercute en una disminución del tirante mojado y velocidades moderadas para la circulación de las máximas avenidas.

**Tabla 22**

*Resultado general de parámetros de verificación*

Parámetros	Estático		Pseudoestático	
	Sin	Con	Sin	Con
	Inclinación	Inclinación	Inclinación	Inclinación
Estabilidad global	1.77	1.75	1.21	<b>1.22</b>
Verificación de deslizamiento	3.26	4.13	1.97	<b>2.28</b>
Verificación de vuelco	4.73	5.63	1.77	<b>1.83</b>
Tensión de la Base Izq.	10.38	13.36	3.61	<b>4.08</b>
Tensión de la base Derecha	21.24	19.29	-	-

*Nota.* Elaboración Propia

Una vez que se definió las condiciones estructurales del muro de gavión se procedió a cuantificar los gaviones según la sección transversal, figura 53 y el perfil longitudinal figura 54. En general se cuantifico 752 gaviones de diferentes dimensiones como se muestra en la tabla 23.

**Tabla 23**

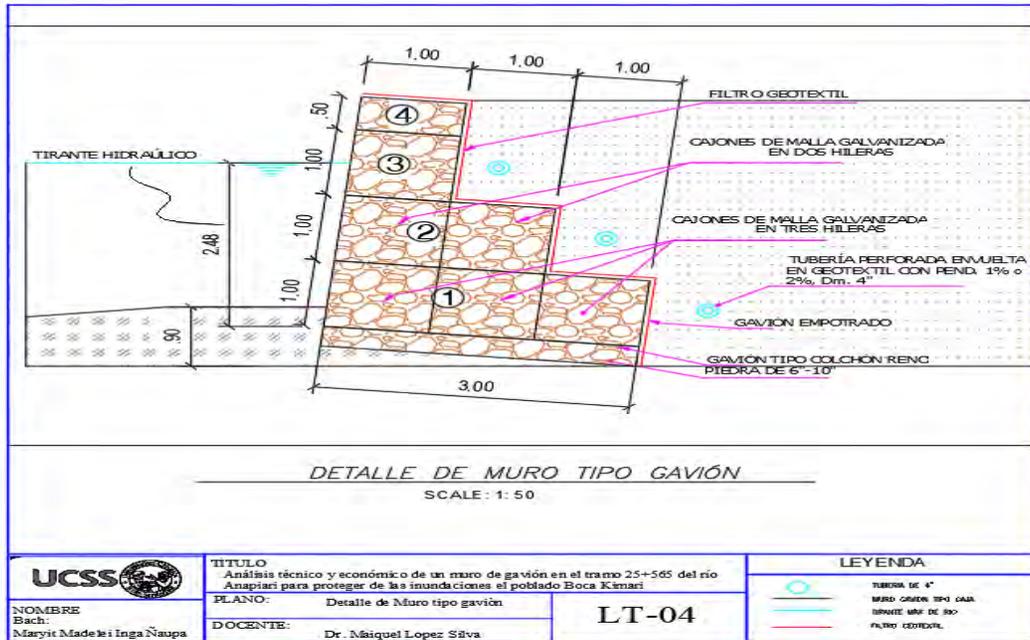
*Detalles de muro Gavión*

Cantidad	Largo	Ancho	Altura	Margen Der e Iz.	Total, de cajas de gaviones	Nº Paquete	Total, por paquetes
98	3	1	1	2	196	5	40
98	2	1	1	2	196	5	40
98	1	1	1	2	196	5	40
98	1	1	0.5	2	196	5	40

*Nota.* Elaboración Propia

**Figura 53**

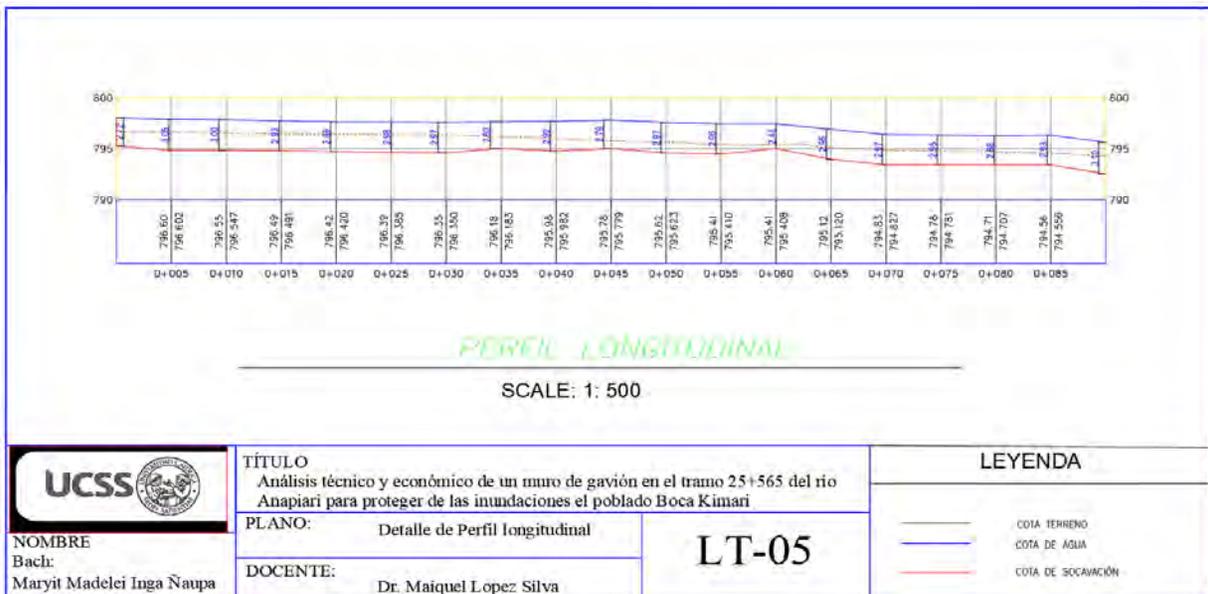
*Detalles de muro Gavión*



Nota. Elaboración Propia

**Figura 54**

*Perfil longitudinal de río Anapiari, cota de terreno, rasante y agua*

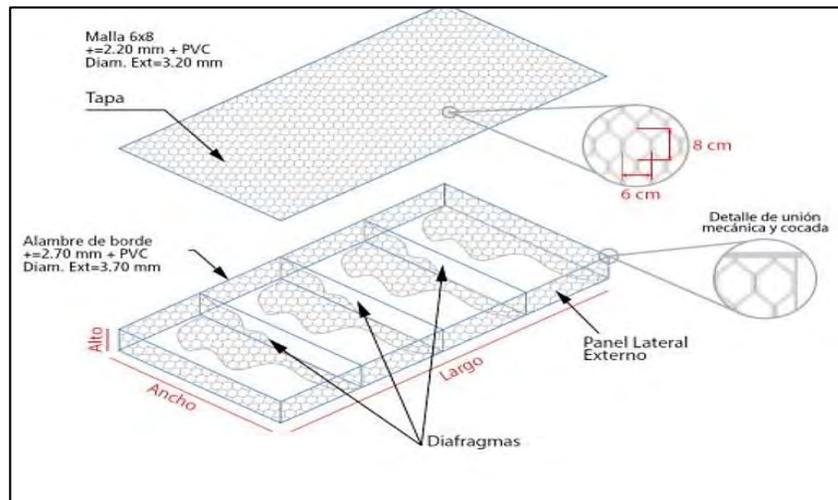


Nota. Elaboración Propia

Además de la utilización de los muros de gavión Polimac™ 80 se empleó muro de gavión tipo colchón, para generar mejores condiciones hidrodinámicas en el tramo del río analizado. En particular, se cubrió el área debajo del puente y estribos para mitigar posibles procesos de erosión y socavación de la zona. En efecto se utilizó 258 unidades de muros de gavión tipo colchón con dimensiones de 4.00 m X 2.00 m, con un espesor de 0.17 m. La siguiente figura 55 muestra las dimensiones adecuadas y recomendadas por la empresa Adn Industrial.

**Figura 55**

*Características de gavión tipo colchón*



*Nota.* Tomado de ficha técnica de empresa Adn Industrial.

En la figura 56 se muestra las características de malla de gavión tipo colchón. El diámetro del alambre seleccionado para la malla 8x10 cm, se consideró el bezinal + PVC por proporcionar mayor seguridad y durabilidad de la estructura.

**Figura 56**

*Características de malla de gavión tipo colchón*

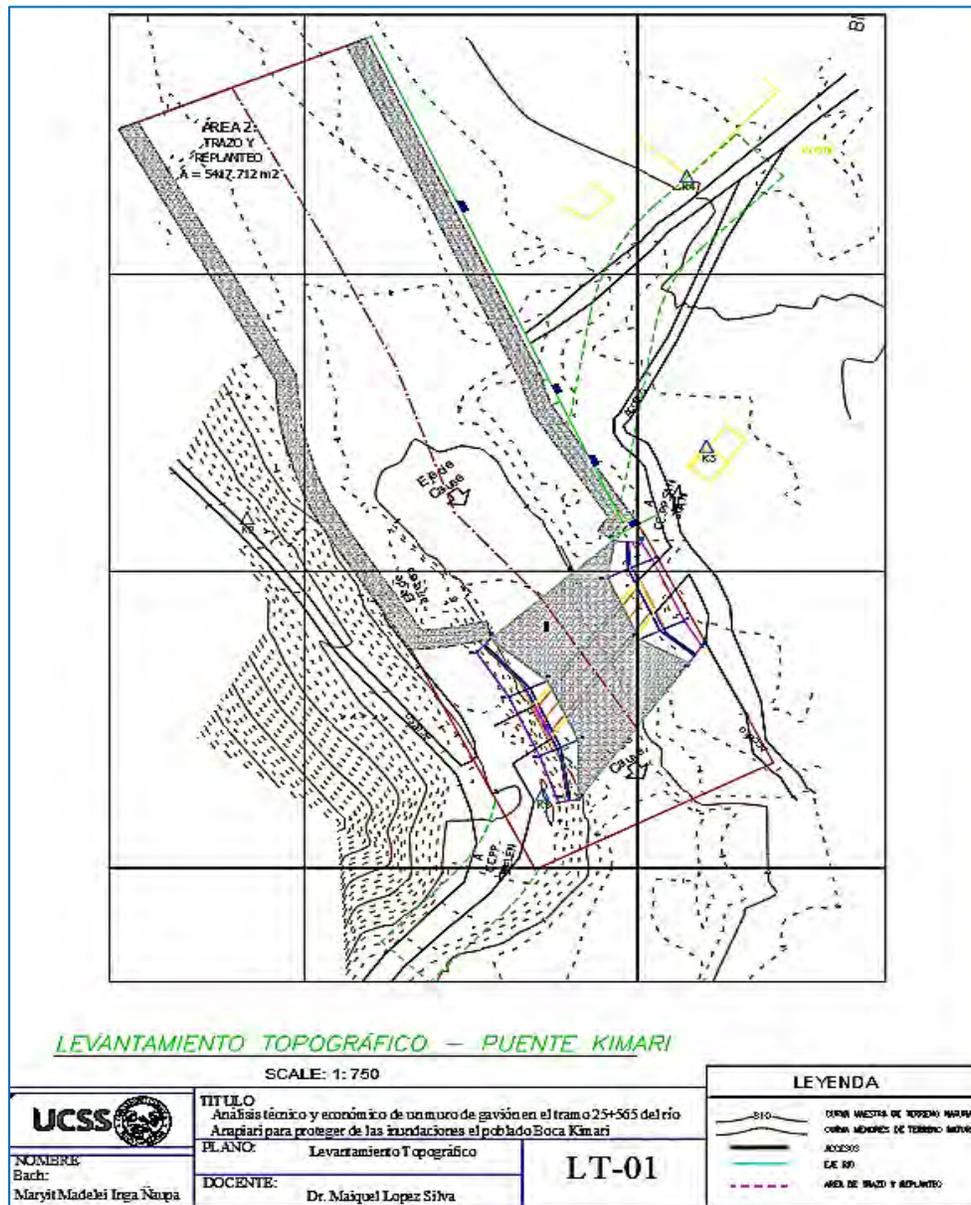
DIÁMETROS DEL ALAMBRE		
Descripción	3ZN o Bezinal	3ZN o Bezinal + PVC
TIPO DE MALLA	6 x 8 cm o 8 x 10 cm	6 x 8 cm o 8 x 10 cm
TIPOS DE ALAMBRES	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO (mm)
Alambre de malla	2.2/2.4/2.7	3.2/3.4/3.7
Alambre de Borde	2.7/3.0/3.4	3.7/4.0/4.4
Alambre para amarres y tensores	2.2	3.2

*Nota.* Tomado de ficha técnica de empresa Adn Industrial.

En la siguiente figura 57 se muestra el plano de ubicación del muro gavión tipo Polimac™ 80. Como se observa se colocó el muro gavión en ambos márgenes del río y aguas arriba del puente. Además, se colocó muro colchón en el fondo del cauce y estribos del puente para mitigar la socavación en el tramo del río y disipar la energía del flujo mediante el incremento de la macro rugosidad por las paredes del gavión.

**Figura 57**

*Ubicación de los muros tipo Polimac 80 gavión y colchón*

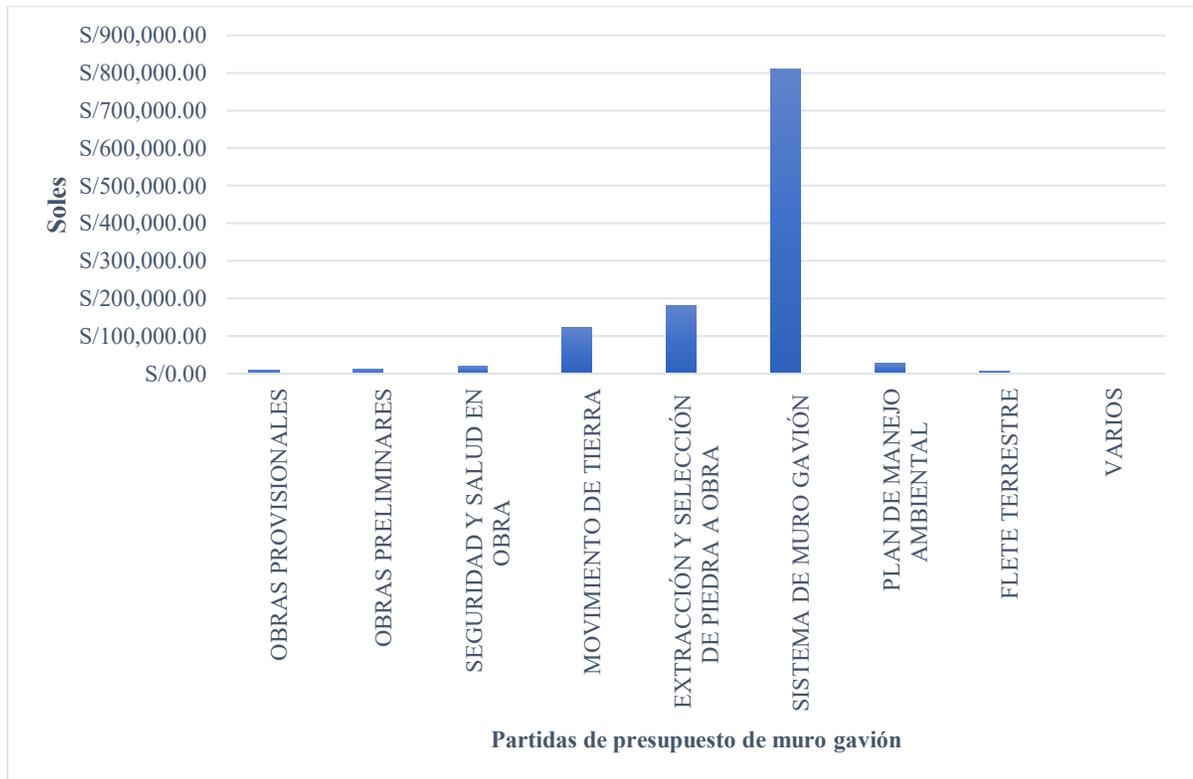


*Nota. Elaboración Propia*

En la siguiente figura 58 se muestra los costos directos de cada una de las 9 partidas realizadas. Donde la partida con mayor costo directo fue la partida de sistema muro gavión, el segundo significativo fue la partida extracción y selección de piedra a obra y por último el significativo fue el movimiento de tierra, con un valor de S/ 809,293.01, S/ 181,311.82, S/122,370.71, respectivamente. Sin embargo, el presupuesto del proyecto asciende a un costo total de S/ 1,623,245.36 (Un millón seiscientos veintitrés mil doscientos cuarenta y cinco con 36/100 soles). Por otro lado, el presupuesto tiene ese valor debido a las partidas incluidas como: Seguridad y salud en obra, plan de manejo ambiental, movilización, desmovilización de equipos y flete terrestre. Estas dos últimas partidas son muy importantes, debido a que el traslado de materiales y equipos al poblado Boca Kimari, se encuentra a 25+565 km del distrito de Pichanaqui. En otro sentido se estimó que los materiales serán trasladados desde la capital de Lima hasta Boca Kimari, producto a la disminución de los costos fijos de los materiales.

**Figura 58**

*Los costos y partidas del muro gavión*

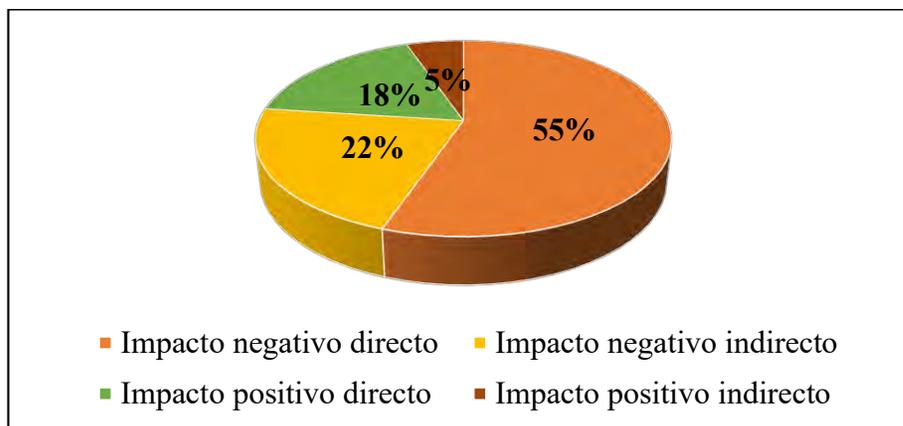


*Nota. Elaboración Propia*

La distribución de los impactos directos e indirectos de la matriz cualitativa son expuestos en la figura 59. Se observa que, el mayor impacto en la construcción del muro gavión es definido por el impacto negativo directo de 55% y en comparación, en menor porcentaje de 5% es generado por impactos positivos directos de 5%. Una vez, identificados los impactos con el fin de minimizarlos se debe proceder a diseños ecoeficientes y amigables que permita el equilibrio con la flora y fauna existente en los en la zona, así como el incremento de la reforestación. Sin embargo, en el índice de significancia se alcanzó para la matriz cuantitativa de -16.18 como impacto positivo y poco significativo. Y en la figura 60 se muestra la distribución del impacto cuantitativo con el mayor valor porcentual de 62% de Poco significativo en el rango Positivo

### Figura 59

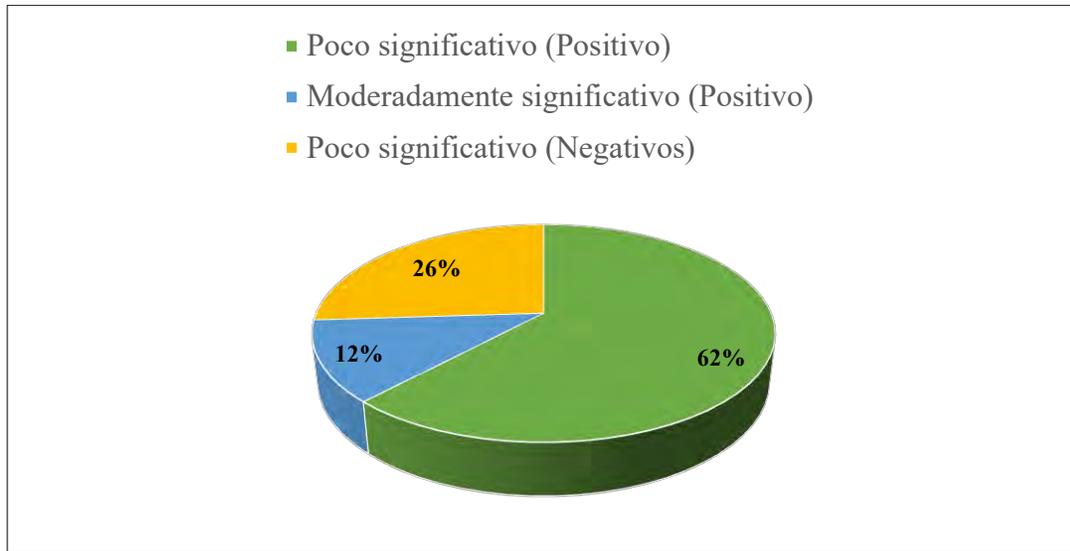
*Distribución de los impactos directos e indirectos*



*Nota. Elaboración Propia*

### Figura 60

*Distribución del impacto cuantitativo*



*Nota.* Elaboración Propia

### 6.3. Contrastación de hipótesis

#### Contrastación de hipótesis general

Referente a la hipótesis general, A partir de los estudios básicos, hidrológicos e hidráulicos se identificó las zonas de inundaciones del cauce del río producto a la incapacidad de la sección hidráulica para una máxima avenida en un periodo de retorno de 140 años. Por consiguiente, se logró el diseño estructural del muro tipo gavión y tipo colchón en la herramienta de Gawac 3.0. El modelo numérico reflejó resultados óptimos de las dimensiones de la estructura considerando el factor sísmico horizontal de acuerdo a la zona 2 de la NTP (E030), de un factor al vuelco, factor al deslizamiento y global de 1.83, 2.28, 1.22 respectivamente. Dichos resultados confirman la seguridad y estabilidad de la estructura para evacuar las máximas avenidas y disminución de la erosión en el cauce y estribos del puente. Por tanto, se demuestra el cumplimiento total de la hipótesis general.

#### Contrastación de hipótesis específicas

Referente a la hipótesis específica I, se determinó las condiciones hidrológicas e hidráulicas del río Anapiari, para las cuales proporcionó la cuantificación del problema en la zona de estudio. Los parámetros hidrológicos reflejaron que existe una cuenca oval redonda con condiciones favorables a generar inundaciones producto a las precipitaciones medias anuales de 131.43 mm, para una intensidad de 60 mm/h. Además, la caracterización del potencial de escorrentía con una curva número ponderada de 65.8, en

un periodo de retorno de 140 años provocó una máxima avenida de  $68.25 \text{ m}^3/\text{s}$ . En relación, a la hidráulica el modelo numérico proporcionó un tirante de agua valores entre 1.11 a 2.47 m, velocidad media de flujo 1.50 a 3.67 m/s y número de Froude que osciló entre 0.17 y 1.03. Todo lo cual, permitió que se identificaran las áreas de inundaciones en el tramo de estudio del río Anapiari. Por tanto, se demuestra el cumplimiento total de la hipótesis I.

Referente a la hipótesis específica II. El análisis técnico del muro de gavión se desarrolló según las condiciones geotécnicas, topográficas, hidrológicas, hidráulicas. El dimensionamiento de la estructura partió de una longitud base de 3.00 m y altura de 3.50 m, con gaviones de  $1 \text{ m}^3$  a excepción de la cuarta camada de  $0.5 \text{ m}^3$ . A través del modelo numérico Gawac 3.0, se realizó el diseño óptimo acorde a la normativa vigente E030 y criterios de la empresa d Maccaferri. Se identificó la necesidad de utilizar el geotextil tejido de NT250  $200 \text{ gr}/\text{cm}^2$ , 3 drenes de 4" y cajas de gaviones para la extracción de la humedad del talud de tierra y mitigación de la socavación en la sección transversal del puente respectivamente. Todo lo cual conllevó a utilizar 1372 cajas de gaviones y 258 cajas tipo colchón que generó un costo total de la estructura hidráulica de S/ 1,623,245.36 (Un millón seiscientos uno mil novecientos sesenta y ocho con 22/100 soles), en 9 partidas. Por tanto, se demuestra el cumplimiento total de la hipótesis II.

Referente a la hipótesis específica III. A partir del análisis cualitativo y cuantitativo de la construcción del muro de gavión el cálculo del impacto ambiental mostró resultados favorables. La matriz cualitativa identificó la existencia de un elevado porcentaje de daños al medio ambiente que es característico de todas las obras en la ingeniería civil. Sin embargo, la matriz cuantitativa mostró un mayor equilibrio con el medio ambiente, así como elevados beneficios a la comunidad de Boca Kimari. En particular, a lo cuantitativo existirá un 26% poco significativo negativo, que se disminuirá el mismo con modelos sostenibles y ecológicos de muro de gaviones verdes y una amplia reforestación de la flora local.

#### 6.4. Conclusiones

Se determinó las características geotécnicas y topográficas del área en estudio. Se evidenció que existen parámetros del suelo favorables para la construcción de una estructura hidráulica a partir de 4 calicatas analizadas. El suelo se clasificó como GP (grava mal graduada mezcla grava - arena, pocos finos o sin finos) y un ángulo de fricción, Cohesión y capacidad portante con valores promedio de  $34.75^\circ$ ,  $0.04 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $2.41 \text{ Kg/cm}^2$ . Mientras que, la topografía también fue favorable con una pendiente de cauce  $0.062 \text{ m/m}$  y cotas topográficas que oscilaron desde  $798.8057 \text{ msnm}$  a  $800.2744 \text{ msnm}$  en un área de  $5\,417.712 \text{ m}^2$ .

Se determinó las condiciones hidrologías e hidráulicas del río Anapiari, con los datos de precipitaciones que proporcionó SENAMHI y el ANA. Se analizó el fenómeno hidrometeorológico para un periodo de retorno de 140 años, con precipitaciones medias anuales en la cuenca hidrográfica de  $131.43 \text{ mm}$  e intensidad de  $60 \text{ mm/h}$ . Además, la caracterización del potencial de escorrentía con una curva número ponderada de  $65.8$  y una máxima avenida de  $68.25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Por otro lado, el análisis hidráulico generó un tirante de agua promedio de  $1.11$  a  $2.47 \text{ m}$ , velocidad media de flujo de  $1.50$  a  $3.67 \text{ m/s}$ . Y número de Froude que osciló entre  $0.17$  y  $1.13$  que caracteriza flujo subcrítico y flujo supercrítico respectivamente. Todo lo cual, permitió que se visualizarán e identificaran las áreas de inundaciones en el tramo de estudio del río Anapiari.

El dimensionamiento del muro tipo gavión Polimac fue de  $3.00$  metros de base y  $3.50$  metros de altura. Se consideró en la base un gavión tipo colchón de  $0.30$  metros de altura e inclinación de  $6^\circ$ , para mayor seguridad y estabilidad de la estructura. Además, se implementó alrededor del muro gavión un geotextil tejido y drenes de  $4''$  con la finalidad de impermeabilizar, evitar posibles deslizamientos y asentamientos del material de relleno. Por otro lado, el aspecto económico del costo directo ascendió a un valor de  $\text{S/ } 1,185,980.35$ , mientras que el presupuesto general fue de  $\text{S/ } 1,623,245.36$  (Un millón seiscientos veintitrés mil doscientos cuarenta y cinco con  $36/100$  soles). El presupuesto contempló 9 partidas generales, el cual están compuestos por partidas importantes como: Seguridad y salud en obra, plan de manejo ambiental, movilización, desmovilización de equipos y flete terrestre.

El impacto ambiental en la construcción del muro tipo gavión en la zona de estudio, con el análisis cuantitativo y cualitativo brindó resultados satisfactorios. La matriz cualitativa identificó

la existencia de un elevado porcentaje de daños al medio ambiente 55% que es característico de las obras en la ingeniería civil. Sin embargo, la matriz cuantitativa mostró un mayor equilibrio con el medio ambiente, así como elevados beneficios a la comunidad de Boca Kimari. En particular, a la matriz cuantitativa se visualizó según la figura 51, como los impactos hacia el medio ambiente es revertido de forma poco-moderadamente significativo positivo en un 74% y solamente el 26% poco significativo negativo. Este último, se disminuirá a través de un plan de gestión ambiental muro de gaviones verdes y un equilibrio de la flora y fauna.

## 6.5. Recomendaciones

- Ampliar la investigación aguas abajo del puente debido a que existe una bifurcación del afluente del río Anapiari cuyas características y comportamiento hidráulico pueden modificarse por un perfil del remanso de agua y genera un impacto en la estabilidad o afectaciones al puente producto el escaso borde libre que posee. De modo que será posible evaluar con mayor detalle los patrones de flujo, la erosión potencial, y la carga de sedimentos en la confluencia de la bifurcación, lo que permitirá un diseño más seguro y eficiente del puente.
- Se recomienda ampliar la serie histórica de precipitaciones con el objetivo de obtener predicciones más precisas sobre las máximas avenidas utilizando modelos de hidrológicos de inteligencia artificial y, en consecuencia, mejorar la planificación y el diseño de infraestructura de manera más efectiva óptima.
- Se recomienda realizar un análisis comparativo de metodologías empíricas, numéricas e inteligencia artificial para definir de forma precisa las tendencias del tiempo de retardo, de concentración en la cuenca del río, así como la estimación de las máximas avenidas y en consecuencia, mejorar la planificación y el diseño de infraestructura de manera más efectiva óptima.
- Se recomienda para futuras investigaciones llevar a cabo una investigación exhaustiva que combine el uso de modelos hidráulicos físicos de campo y modelos numéricos MACRA Design, HEC-RAS, e IVER. El objetivo fundamental sería el enfoque de la hidrodinámica del río con análisis particulares del transporte de sedimentos, la dinámica de socavación y la evaluación de los patrones de erosión.
- Para futuras investigaciones se recomienda elaborar un análisis de riesgo en el poblado de Boca Kimari y puente Kimari, considerando un periodo de retorno hasta 500 años, teniendo en cuenta el peligro, vulnerabilidad y colapso de estructuras. Esto permitirá la identificación de medidas de mitigación de riesgos y mejoras en la infraestructura, planes de evacuación, sistema de alerta temprana entre otras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexiou, A., Zachos, D., Alamanis, N., Chouliaras, I., & Papageorgiou, G. (2020). Construction Cost Analysis of Retaining Walls. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(4), 1909-1915. [https://doi.org/https://www.researchgate.net/profile/Nikolaos-Alamanis/publication/343949031\\_Construction\\_Cost\\_Analysis\\_of\\_Retaining\\_Walls/links/5f495217458515a88b80dbcf/Construction-Cost-Analysis-of-Retaining-Walls.pdf](https://doi.org/https://www.researchgate.net/profile/Nikolaos-Alamanis/publication/343949031_Construction_Cost_Analysis_of_Retaining_Walls/links/5f495217458515a88b80dbcf/Construction-Cost-Analysis-of-Retaining-Walls.pdf)
- American Society for Testing And Materials (ASTM) Norma A-856/A 856M – 98, “Especificación Normativa para Alambres de acero carbono revestidos con Aleación de Zinc-5% Aluminio – Mischmetal 1”.
- Aparicio, F. (1997). Fundamentos de Hidrología de Superficie. México: Editorial Limusa, Balderas, pp. 303
- ASTM D4318. (2010). *Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter*. ASTM International. <https://es.scribd.com/document/426835382/ASTM-D4318-17#>
- Basile, P. (2018). *Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales*. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario.
- Bertero, C. (2022). *La enseñanza de la arquitectura*. Ediciones UNL. [https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/6674/ense%C3%B1anza\\_Arquitectura\\_AA.pdf](https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/6674/ense%C3%B1anza_Arquitectura_AA.pdf)
- Campos, G. (2022). *Dispersão e análise granulométrica em Latossolos sob plantio direto e vegetação nativa com e sem remoção da matéria orgânica*. Brasília: Universidade de Brasília. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/42925>
- Campos, G., & Crespo, J. (2018). Organización espacial de la pesca comercial ribereña en el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos, México. *Investigaciones Geográficas*, 1-21. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Manuel-Crespo-Guerrero/publication/324811118\\_Organizacion\\_espacial\\_de\\_la\\_pesca\\_comercial\\_riberen](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Manuel-Crespo-Guerrero/publication/324811118_Organizacion_espacial_de_la_pesca_comercial_riberen)

a\_en\_el\_Area\_de\_Proteccion\_de\_Flora\_y\_Fauna\_Laguna\_de\_Terminos\_Mexico/links/5aeb9e1fa6fdcc8508b6dce3/Organizacion-esp

Castillo, Z., & Medrano, O. (2023). Análisis geomorfológico de las subcuencas Usumacinta y Grijalva en el sureste de México. *Acta Universitaria* 33, 1-20. <https://doi.org/http://doi.org/10.15174.au.2023.3684>

Center for Research in Water Resources (1974). Guidelines for Determining Flood Flow Frequency," Revised Bulletin 17B of the Hydrology Committee, U.S. Water Resources Council. Office of Water Research and Technology, and University of Texas at Austin, United States.

Cherif, L., Bouteffeha, M., Gargouri, E., & Eslamian, S. (2023). Classification, calibration and validation of hydrological models. Em *Hydroinformatics manual* (pp. 155-168). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821961-4.00023-3>

Conesa, V. 2010. Guía Metodológica Para La Evaluación Del Impacto Ambiental,” Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid

Das, B. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Séptima edición. Ciudad de México, México: Thomson.

Demertzi, I., Detsikas, S., Tselka, I., Petropoulos, G., & Karymbalis, E. (2023). Deposition and erosion dynamics in Axios and Aliakmonas river deltas (Greece) with the use of Google Earth Engine and geospatial analysis tools. Em *Geoinformatics for Geosciences* (pp. 91-107).

Diez, G. (2022). *Diseño Estructural en Arquitectura*. Nobuko. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Oxo3EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=que+son+planos+de+arquitectura&ots=uXVHLdUq8x&sig=6z6BoWQCuGRhLTg-04-99J34\\_54#v=onepage&q=que%20son%20planos%20de%20arquitectura&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Oxo3EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=que+son+planos+de+arquitectura&ots=uXVHLdUq8x&sig=6z6BoWQCuGRhLTg-04-99J34_54#v=onepage&q=que%20son%20planos%20de%20arquitectura&f=false)

Dunkerley, D. (2020). Acquiring unbiased rainfall duration and intensity data from tipping-bucket rain gauges: A new approach using synchronised acoustic recordings. *Atmospheric Research*, 244. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105055>

Duque, Sarango, P., Patiño, D., López, X. (2019) Evaluation of the Hydrological Modeling System HEC-HMS for the Hydrological Simulation of a Tropical Andean Micro-basin

Envirotec (2014) *Estudio de impacto y plan de manejo ambiental del proyecto desarrollo y Producción de los campos: Tiputini y Tambococha*". Empresa especializada en Consultoría Ambiental Integral.

Eyzaguirre, Carlos. Costos y presupuestos para edificaciones 1era ed. lima: 2010 editora macro EIRL. ISBN978-612-4034-73-2.

Fracassi, G. (2019). *Defensas ribereñas con gaviones y geosintéticos*. Ediciones de la U. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TTSjDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=las+defensas+ribere%C3%B1as+constituyen+una+barrera+eficaz+en+la+protecci%C3%B3n+&ots=aqXEO8w7gJ&sig=zZFTbTsA6RYJt6mSvX9kxpF1Bi4#v=onepage&q&f=false>

Gastezzi, C., & Díaz, N. (2023). *Planificación de la obra construcción del coliseo fútbol sala en la Cda. El chófer en el cantón Babahoyo aplicando la metodología "Last planner system"*. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/68181>

Gil, L. (2020). *Levantamientos Topográficos*. Universidad Nacional de Colombia. [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11710/Levantamientos\\_Topograficos.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11710/Levantamientos_Topograficos.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Gómez, J. (2023). *Diseño de redes de potencia, acceso e iluminación para bloque de producción de líquidos de un laboratorio químico*. Universidad de Antioquía. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/36153>

Gonza, W. (2022). *Caudales de avenidas máximas para el diseño hidr-ulico del puente Lacramarca de la Vía Evitamiento de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Ancash*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/19184>

- Granados, A. (2022). *Los recursos hidrológicos en cuencas transfronterizas entre México y Estados Unidos: El Paso del Norte y la gobernanza binacional del agua*. Editoras UACH. [https://www.researchgate.net/profile/Josiah-Heyman/publication/361921445\\_Una\\_Plataforma\\_Bilingue\\_basada\\_en\\_web\\_para\\_el\\_Modelado\\_y\\_la\\_Visualizacion\\_de\\_Datos\\_para\\_la\\_Sustentabilidad\\_de\\_Recursos\\_Hidricos/links/62cce073d7bd92231fac2c2c/Una-Plataforma-Bilingue](https://www.researchgate.net/profile/Josiah-Heyman/publication/361921445_Una_Plataforma_Bilingue_basada_en_web_para_el_Modelado_y_la_Visualizacion_de_Datos_para_la_Sustentabilidad_de_Recursos_Hidricos/links/62cce073d7bd92231fac2c2c/Una-Plataforma-Bilingue)
- Grayson, R. B. et al. (1996). *Hydrological Recipes: Estimation Techniques in Australian Hydrology*. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia, p.125
- Grieger, S., & Harrison, J. (2021). Long-Term Disconnect Between Nutrient Inputs and Riverine Exports in a Semi-Arid, Agricultural Watershed: Yakima River Basin 1945–2012. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 126(9). <https://doi.org/10.1029/2020JG006072>
- Hernández, G., Camargo, C., Reyes, S., & Peña, J. (2020). *Análisis comparativo de levantamiento topográficos: tradicional vs GPS*. Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander. [https://www.researchgate.net/profile/Jean-Pierre-19/publication/347513798\\_ANALISIS\\_COMPARATIVO\\_DE\\_LEVANTAMIENTOS\\_TOPOGRAFICOS\\_TRADICIONAL\\_VS\\_GPS/links/5fdfeccc299bf140882f8224/ANALISIS-COMPARATIVO-DE-LEVANTAMIENTOS-TOPOGRAFICOS-TRADICIONAL-VS-GPS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jean-Pierre-19/publication/347513798_ANALISIS_COMPARATIVO_DE_LEVANTAMIENTOS_TOPOGRAFICOS_TRADICIONAL_VS_GPS/links/5fdfeccc299bf140882f8224/ANALISIS-COMPARATIVO-DE-LEVANTAMIENTOS-TOPOGRAFICOS-TRADICIONAL-VS-GPS.pdf)
- Hernández, V., & Nélide, C. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Terra Nueva Etapa*, 34(56), 1-40. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72157132006>
- Jia, H. (2022). Construction of Construction Project Budget Estimation. *Advances in Computer, Signals and Systems*, 6(3), 79-91. [https://doi.org/https://www.clausiuspress.com/assets/default/article/2022/09/05/article\\_1662427743.pdf](https://doi.org/https://www.clausiuspress.com/assets/default/article/2022/09/05/article_1662427743.pdf)
- Jiménez, G., Garzón, J., & Duque, J. (2019). *Topografía básica*. Elizcom. [https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Jimenez-Cleves/publication/350075807\\_TOPOGRAFIA\\_BASICA/links/604fe107458515e8344a5a22/TOPOGRAFIA-BASICA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Jimenez-Cleves/publication/350075807_TOPOGRAFIA_BASICA/links/604fe107458515e8344a5a22/TOPOGRAFIA-BASICA.pdf)

- Kalemci, E., Ikizler, S., Dede, T., & Angin, Z. (2020). Design of reinforced concrete cantilever retaining wall using Grey wolf optimization algorithm. *Structures*, 23, 245-253. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.09.013>
- Kelleher, J., & Tierney, B. (2020). *Ciencia de datos*. Ediciones UC. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=dkpQEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT11&dq=Este+proceso+implica+examinar+los+datos+brutos+para+identificar+valores+at%C3%ADpicos,+datos+faltantes+o+inconsistencias+evidentes&ots=tOIUqVWsfW&sig=HKpv7lA5ake44bW6pOcTnnyD888#v=o>
- Leopold, L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. E. Balsley. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C.
- Ley N° 27446, Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Ministerio del Ambiente
- Ley N° 29338, de Recursos Hídricos. Autoridad. Nacional del Agua (ANA).
- Marrugo, A., & Fernández, R. (2017). Matute Creek, Cartagena, Colombia: Deterioration of water quality by human impact. *Revista Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 209-215.
- Martínes, Y., & Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58-73. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_arttext&tlng=en)
- Maskey, S. (2022). *Catchment Hydrological Modelling*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818337-3.00001-5>
- Moreira, A., Mirándola, P., Pinto, A., Salinas, E., & De Oliveira, I. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- Moreno, Á. (2020). *Estudio morfodinámico del río Genil aguas abajo de la presa de Cordobilla*. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/handle/11441/105058>

- Muñoz, J. (2021). *Gestión, Institucionalidad y gobernanza de los recursos hídricos en la cuenca del río Vinces. Cantones Valencia, Quevedo y Mocache*. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5728>
- Muñoz, S., Torres, L., & Navarro, J. (2021). Revisión sistemática de las metodologías para tomar acciones que minimizan los efectos negativos ocasionados por las máximas avenidas de los ríos. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 88(25), 88-103. <https://doi.org/https://doi.org/10.33936/latécnica.v0i25.2912>
- (2018). *NTP 4000.37. AGREGADOS*. Agregados para concreto. Requisitos.
- Olimstad, G., Osvoll, M., & Finstad, H. (2018). Very low specific speed centrifugal pump: hydraulic design and physical limitations. *Journal of fluids Engineering*, 140(7). <https://doi.org/https://doi.org/10.1115/1.4039250>
- Ortiz, L. (2021). *Cuencas hidrográficas y ecología del paisaje: una guía conceptual y metodológica*. Editorial UD. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gXmiEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=En+el+campo+de+la+hidrogeomorfolog%C3%ADa,+la+conceptualizaci%C3%B3n+de+un+r%C3%ADo+ha+evolucionado+significativamente+al+incorporar+cuatro+dimensiones+o+gradientes+distintos&ots=iUQ>
- Oyebode, O., & Strech, D. (2019). Neural network modeling of hydrological systems: a review of implementation techniques. *Natural Resource Modeling*, 32(1), 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/nrm.12189>
- Quevedo, M., & Rojas, J. (2022). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando viruta de acero, Pucallpa - 2022*. Lima: Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96715>
- Ramos, J. (2015). *Costos y presupuestos en edificaciones*. Lima, Perú: Editorial Macro.
- Ren, F., Zhang, F., Wang, G., & Zhao, Q. (2018). Dynamic assessment of saturated reinforced-soil retaining wall. *Computers and Geotechnics*, 95, 211-230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2017.08.020>

- Rivera, O. (2018). *Diseño de un Plan Constructivo de una Vivienda Sismo Resistente de Dos Plantas ubicada en Ancón Cantón Santa Elena*. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29721>
- Sirisena, T., Maskey, S., Ranasinghe, R., & Babel, M. (2018). Effects of different precipitation inputs on streamflow simulation in the Irrawaddy River Basin, Myanmar. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 19, 265-278. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.10.005>
- Sitterson, J., Knightes, C., Parmar, R., Wolfe, K., Avant, B., & Muche, M. (2018). An Overview of Rainfall-Runoff Model Types. *International Congress on Environmental Modelling and Software*, 1-10. [https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2018/Stream-C/41?utm\\_source=scholarsarchive.byu.edu%2Fiemssconference%2F2018%2FStream-C%2F41&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2018/Stream-C/41?utm_source=scholarsarchive.byu.edu%2Fiemssconference%2F2018%2FStream-C%2F41&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages)
- Sotomayor, R., & Paz, S. (2021). *Estudio hidrológico del agua de riego de los sectores Totorapampa y San Marcos de la Microcuenca Pampahuasi en el distrito de Pataypampa Provincia de Grau-Apurimac*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes. <https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/277/1/Estudio%20hidrol%c3%b3gico%20del%20agua%20de%20riego%20de%20los%20sectores%20Totorapampa%20y%20San%20Marcos.pdf>
- Strike, J. (2018). *De la construcción a los proyectos*. Editorial Reverté. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ygWIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=%22construcci%C3%B3n%22+se+refiere+al+proceso+de+crear,+erigir+o+edificar+estructuras+f%C3%ADsicas,+como+edificios,+puentes,+carreteras,+represas,+infraestructuras+industriales+y+mu>
- Sultan, Dagnenet., Tsunekawa, Atsushi., Tsubo, Mitsuru., Haregeweyn, Nigussie., Adgo, Enyew., Tsegaye, Meshesha. D., Almaw, Fenta. A., Ebabu, Kindiye., Liyew, Berihun. M., Asamin, Setargie. T. (2002) Evaluation of lag time and time of concentration estimation methods in small tropical watersheds in Ethiopia, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 40, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101025>.

- Triwidatin, Y. (2022). The Influence of Raw Materials and Direct Labor Costs on Profit Margin Ratio in UMKMAgan Cibinong, Bogor Regency. *Journal of Finance and Business Digital*, *1*(4), 311-324. <https://doi.org/https://10.0.218.119/jfbd.v1i4.2172>
- Vargas, M., Rothis, M., Esper, M., Perucca, L., & Vargas, N. (2020). Análisis morfométrico y morfotectónico de dos cuencas fluviales intermontanas colineales. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, *72*(1), 1-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.18268/BSGM2020v72n1a111019>
- Ventura, R. (2022). *Efectos del cambio climático en el riesgo a inundación del río Achamayo en la zona urbana del distrito de Ingenio – Huancayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Wortmann, M., Bolch, T., Buda, S., & Krysanova, V. (2019). An efficient representation of glacier dynamics in a semi-distributed hydrological model to bridge glacier and river catchment scales. *Journal of Hydrology*, *573*, 136-152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.006>
- Yolina, H., & Irwansyah, E. (2022). Modelling Flood Prone Area in North America with Geomorphic Flood Index Method. *International Conference on Informatics Electrical and Electronics (ICIEE)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ICIEE55596.2022.10010307>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Aspecto técnico y económico de un muro de gavión	<p>El aspecto técnico se refiere a las características y propiedades relacionadas con el diseño, construcción y funcionamiento de esta estructura de contención hecha a base de cestas o gaviones rellenos de material pétreo.</p> <p>En cuanto al aspecto económico se centra en los costos asociados con la planificación, construcción, mantenimiento y posibles beneficios derivados de la implementación del muro de gavión. (Casanova, 2002)</p>	<p>Los aspectos técnicos permiten a través de pruebas de carga y análisis de la capacidad de carga del muro de gavión bajo diferentes condiciones de carga y presión del agua.</p> <p>En cuanto a los aspectos económicos, se medirá si la propuesta es viable o no.</p>	<p>Aspectos técnicos (m<sup>2</sup>)</p> <p>Aspectos económicos (S/.)</p>	<p>Topográficos</p> <p>Hidrológicos</p> <p>Estudio de Mecánica de Suelos</p> <p>Metrados</p> <p>Costo Unitarios</p> <p>Costo Directo</p> <p>Costos Indirecto</p> <p>Presupuesto</p>	Nominal
Mitigación de las inundaciones	<p>Según Carrasco (2019) se refiere al conjunto de estrategias, medidas y acciones implementadas</p>	<p>Para limitar el avance del agua durante una inundación se puede construir un muro de gavión.</p>	<p>-</p> <p>Precipitaciones máximas (mm)</p> <p>-Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)</p> <p>-Mapa de inundaciones</p>	<p>Precipitaciones</p> <p>Estimación de caudal</p> <p>Áreas de inundación</p>	Razón

---

para reducir o prevenir los efectos adversos de las inundaciones en áreas propensas a este tipo de eventos, su objetivo principal es minimizar los daños a la vida humana, la propiedad, la infraestructura y el medio ambiente, a través de la implementación de prácticas y soluciones tanto naturales como estructurales.

---

*Nota.* Elaboración Propia

## Anexo 2

### Factor de Lacey

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Factor "f"</b>
Grandes pedrones y cantos rodados.	20
Piedras y cantos rodados	15
Piedra y grava	120.5
Piedras, cantos rodados y grava	10
Grava y gravilla	9
Gravilla	4.75
Gravilla y arena	2.75
Arena gruesa	2
Arena media	1.75
Limo común	1
Limo medio	0.85
Limo fino	0.6

*Nota.* Tomado de E050

## Anexo 3

### Factor de corrección (Ksa)

<b>Descripción</b>	<b>Ksa</b>
Tramo recto/curvas moderadas	1.5
Ángulos rectos/curvas pronunciadas	2
Aguas arriba de las pilas	2
Aguas arriba de deflectores	2.5

*Nota.* Tomado de libro hidrología superficial

# Anexo 4

## Ensayo de Suelos

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO		Código	AT-GT-2023F01
			Revisión	1
	ASTM D422		Aprobado	J. S. B.
			Fecha	12/03/2023
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>				
SOLICITANTE : Bach. Maryt Madelei Inga Ñaupá				N° DE INFORME: 1
PROYECTO : ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI				
UBICACIÓN : Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín				
				FECHA EMISIÓN INFORME: Marzo-2023
Exploración	: C-1	COORDENADAS		PROFUNDIDAD
Estrato	: E - 2	ESTE	NORTE	1.00-1.50 m
		528386 m	8796413 m	
Material	: Propio	Fecha de recepción de muestra: Marzo-2023		

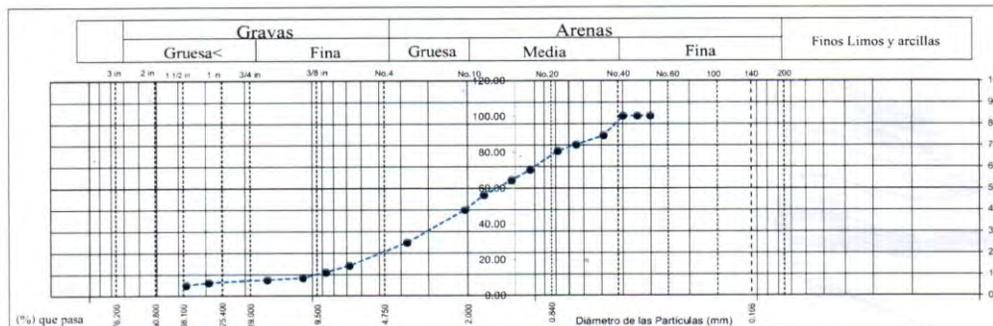
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	75.000	100.00	
2 1/2"	62.000	100.00	
2"	50.000	100.00	
1 1/2"	37.500	89.03	
1"	25.000	83.87	
3/4"	19.000	80.35	
1/2"	12.500	69.89	
3/8"	9.500	64.17	
1/4"	6.300	55.89	
N° 4	4.750	47.63	
N° 10	2.000	29.33	
N° 20	0.850	16.54	
N° 30	0.600	12.85	
N° 40	0.425	9.67	
N° 60	0.250	8.62	
N° 100	0.105	6.98	
N° 200	0.075	5.55	

% de contenido de humedad	7.30%
---------------------------	-------

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	—
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	—
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	—

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	52.37
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	42.08
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	5.55

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	GP-GM
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO Y ARENA



**OBSERVACIONES:**  
Muestra proporcionada por el personal de ALLPA TEST y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Revisado por:  
Firma:

J. S. B.

*Javier Carlos Argüelles Barrantes*  
ING. CIVIL  
R. CIP N° 182695

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO</b>	Código	AT-GT-2023F02
		Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023
ASTM D422			

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

		N° DE INFORME: 2	
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. Maryit Madelei Inga Ñaupá		
<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI		
<b>UBICACIÓN</b>	: Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junin		
		FECHA EMISIÓN INFORME: Marzo-2023	
<b>Exploración</b>	: C-2	<b>COORDENADAS</b>	
<b>Estrato</b>	: E - 1	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
<b>Material</b>	: Propio	528386 m	8796413 m
		PROFUNDIDAD: 1.60 m	
		Fecha de recepción de muestra: Marzo-2023	

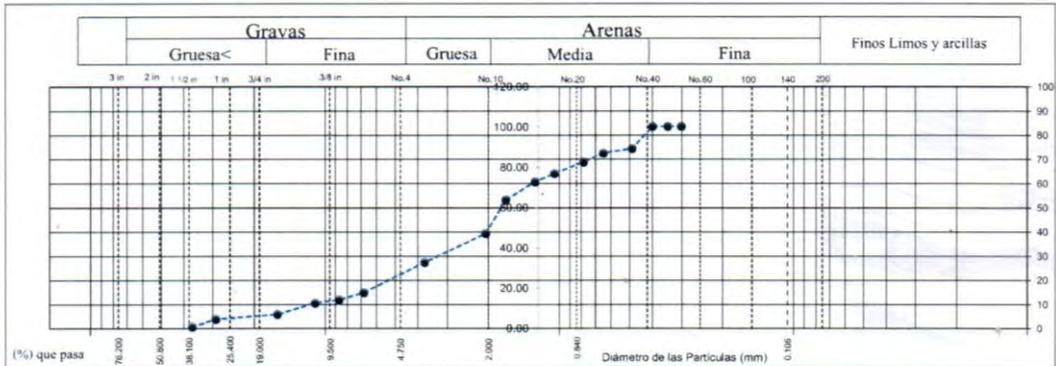
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	75.000	100.00	
2 1/2"	62.000	100.00	
2"	50.000	100.00	
1 1/2"	37.500	88.94	
1"	25.000	86.64	
3/4"	19.000	82.35	
1/2"	12.500	76.51	
3/8"	9.500	72.50	
1/4"	6.300	63.50	
Nº 4	4.750	46.80	
Nº 10	2.000	32.54	
Nº 20	0.850	17.52	
Nº 30	0.600	13.87	
Nº 40	0.425	12.30	
Nº 60	0.250	6.67	
Nº 100	0.105	4.29	
Nº 200	0.075	0.50	

% de contenido de humedad	10.43%
---------------------------	--------

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	—
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	—
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	—

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	53.20
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	46.30
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	0.50

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	GP
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA MAL GRADUADA MEZCLA GRAVA - ARENA, POCOS FINO O SIN FINOS



**OBSERVACIONES:**  
Muestra proporcionada por el personal de ALLPA TEST y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Realizado por:  
Revisado por:  
Firma:

J. S. B.  
*Javier Sigüenza*  
Javier Carlo Andree Sigüenza Barrantes  
ING. CIVIL  
R. CIP N° 182695

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTECNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
RUC 20607511901 - Av. Sebastian Barranca 2529 - La Victoria  
Teléfonos: 941370340 - 927289978, email: laboratorio@allpatest.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO</b>	Código	AT-GT-2023F03
		Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023
ASTM D422			
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>			
SOLICITANTE : Bach. Maryit Madelei Inga Naupa		N° DE INFOME: 3	
PROYECTO : ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONOMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI			
UBICACIÓN : Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junin		FECHA EMISIÓN INFORME: Marzo-2023	
Exploración : C-3	COORDENADAS		PROFUNDIDAD
Estrato : E - 2	ESTE	NORTE	1.50-1.60 m
Material : Propio	528396 m	8798413 m	
		Fecha de recepción de muestra: Marzo-2023	

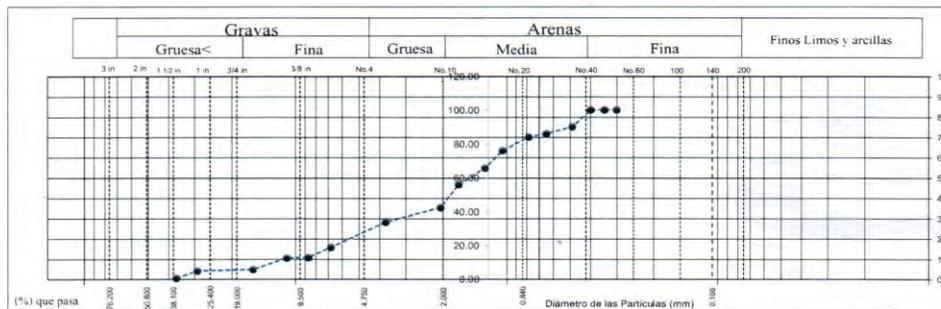
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	75.000	100.00	
2 1/2"	62.000	100.00	
2"	50.000	100.00	
1 1/2"	37.500	89.96	
1"	25.000	85.78	
3/4"	19.000	83.87	
1/2"	12.500	75.89	
3/8"	9.500	65.60	
1/4"	6.300	55.80	
Nº 4	4.750	42.24	
Nº 10	2.000	33.58	
Nº 20	0.850	18.64	
Nº 30	0.600	12.68	
Nº 40	0.425	12.35	
Nº 60	0.250	5.56	
Nº 100	0.105	4.68	
Nº 200	0.075	0.30	

% de contenido de humedad	7.30%
---------------------------	-------

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	—
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	—
METODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	—

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	57.76
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	41.94
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	0.30

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	GP
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA MAL GRADUADA MEZCLA GRAVA - ARENA. POCOS FINO O SIN FINOS



**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el personal de ALLPA TEST y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Realizado por:

Revisado por:  
Firma:

J. S. B.  
*Javier Sigurd*  
Javier Carlo Andree Sigurdias Barrantes  
ING. CIVIL  
R. CIP N° 182695

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTÉCNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
RUC 20607511901 - Av. Sebastian Barranca 2529 - La Victoria  
Teléfonos: 941370348 - 927289978, email: laboratorio@allpatest.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	Código	AT-GT-2023F04
		Revisión	1
	ASTM D422	Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>			
SOLICITANTE : Bach. Maryit Madelei Inga Ñaupá			N° DE INFORME: 4
PROYECTO : ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI			
UBICACIÓN : Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín			FECHA EMISIÓN INFORME: Marzo-2023
Exploración : C-4	COORDENADAS		PROFUNDIDAD
Estrato : E - 2	ESTE	NORTE	
Material : Propio	529341 m	8796459 m	1.50-1.60 m
Fecha de recepción de muestra:			Marzo-2023

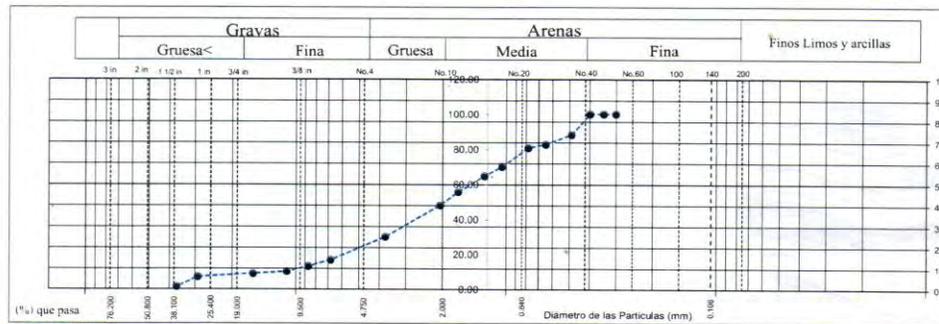
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	75.000	100.00	
2 1/2"	62.000	100.00	
2"	50.000	100.00	
1 1/2"	37.500	88.09	
1"	25.000	82.56	
3/4"	19.000	80.54	
1/2"	12.500	69.78	
3/8"	9.500	64.57	
1/4"	6.300	55.41	
N° 4	4.750	47.80	
N° 10	2.000	29.77	
N° 20	0.850	16.43	
N° 30	0.600	12.87	
N° 40	0.425	9.85	
N° 60	0.250	8.67	
N° 100	0.105	6.79	
N° 200	0.075	1.17	

% de contenido de humedad	7.30%
---------------------------	-------

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	—
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	—
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	—

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	52.20
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	46.63
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	1.17

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	GP
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA MAL GRADUADA MEZCLA GRAVA - ARENA. POCOS FINO O SIN FINOS



**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el personal de ALLPA TEST y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Realizado por:

Revisado por:  
Firma:

J. S. B.

Javier Carlo Andree Sigueñas Barrantes  
ING. CIVIL  
R. CIP N° 182695

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTÉCNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
RUC 29607511901 - Av. Sebastián Barrantes 2529 - La Victoria  
Teléfono: 941370340 - 927290076, email: laboratorio@allpatest.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO</b>	Código	AT-CD-2023F01
	<b>ASTM D3080</b>	Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

<b>SOLICITANTE</b> : Bach. Maryt Madelei Inga Naupa		<b>N° DE INFORME:</b> 1
<b>PROYECTO</b> : ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI		
<b>UBICACIÓN</b> : Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín		
		<b>FECHA EMISIÓN INFORME:</b> Marzo-2023
<b>Exploración</b> : C-1	<b>COORDENADAS</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
<b>Estrato</b> : E - 1	<b>ESTE</b> <b>NORTE</b>	1.00 - 1.50 m
	528386 m      8796413 m	
<b>Material</b> : Propio	<b>Fecha de recepción de muestra:</b>	Marzo-2023

**Clasificación SUCS Global** : GP (Grava pobremente gradada con arena)      **Clasificación <N°4** : - (-)

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm
Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.980	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.968	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.953	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	7.3	%	Humedad Inic.:	7.3	%	Humedad Inic.:	7.3	%
Esf. Normal :	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	1.00	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	2.01	kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0.37	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.74	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	1.42	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.09	0.23	0.41	0.15	0.18	0.41	0.24	0.15
0.82	0.14	0.34	0.82	0.24	0.30	0.82	0.36	0.23
1.23	0.18	0.46	1.23	0.34	0.42	1.23	0.47	0.29
1.64	0.20	0.51	1.64	0.41	0.51	1.64	0.56	0.35
2.46	0.23	0.58	2.46	0.51	0.63	2.46	0.67	0.41
3.28	0.25	0.61	3.28	0.57	0.70	3.28	0.77	0.47
4.10	0.27	0.65	4.10	0.61	0.75	4.10	0.86	0.52
4.92	0.28	0.68	4.92	0.66	0.79	4.92	0.95	0.57
5.74	0.30	0.71	5.74	0.69	0.83	5.74	1.05	0.63
6.56	0.30	0.71	6.56	0.71	0.84	6.56	1.12	0.66
7.39	0.31	0.73	7.39	0.71	0.84	7.39	1.19	0.70
8.21	0.33	0.77	8.21	0.71	0.83	8.21	1.28	0.74
9.03	0.34	0.77	9.03	0.72	0.83	9.03	1.31	0.76
9.85	0.35	0.79	9.85	0.73	0.83	9.85	1.33	0.76
10.67	0.35	0.79	10.67	0.73	0.83	10.67	1.35	0.76
11.49	0.36	0.81	11.49	0.74	0.83	11.49	1.38	0.78
12.31	0.36	0.79	12.31	0.73	0.81	12.31	1.39	0.77
13.13	0.36	0.79	13.13	0.74	0.81	13.13	1.40	0.77
13.95	0.36	0.79	13.95	0.74	0.81	13.95	1.41	0.77
14.77	0.36	0.79	14.77	0.73	0.79	14.77	1.41	0.76
15.59	0.37	0.79	15.59	0.73	0.78	15.59	1.41	0.75
16.41	0.37	0.79	16.41	0.72	0.76	16.41	1.42	0.75

**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el personal de ALLPA TEST y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo. Los tres especímenes de ensayo fueron remoldeados con suelo pasante el tamiz N°4 a densidad seca de 1.980 g/cm<sup>3</sup>



Realizado por:

Revisado por: J. S. B.  
Firma:

*Javier Carlos Andree Siguenas Barrantes*  
Javier Carlos Andree Siguenas Barrantes  
ING. CIVIL  
R. CIP N° 182695

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTÉCNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
RUC 20607511901 - Av. Sebastian Barranca 2529 - La Victoria  
Teléfonos: 941370348 - 927280078, email: laboratorio@allpatest.com

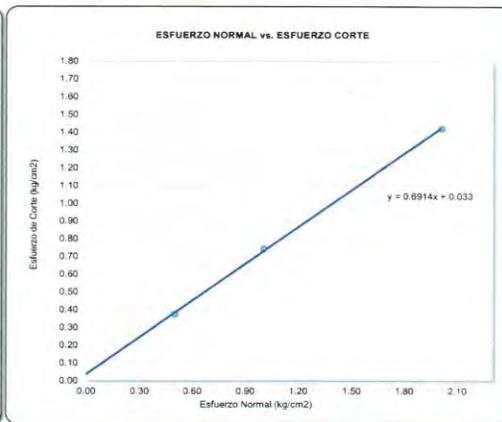
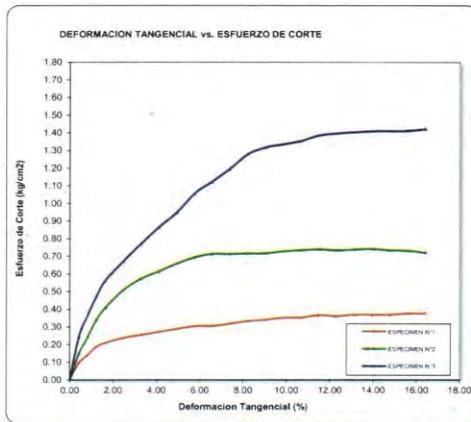
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO</b>	Código	AT-CD-2023F01
	<b>ASTM D3080</b>	Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

<b>SOLICITANTE</b>	: Bach, Maryit Madelei Inga Naupa	<b>N° DE INFORME: 1</b>
<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI	
<b>UBICACIÓN</b>	: Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín	
		<b>FECHA EMISIÓN INFORME:</b> Marzo-2023

<b>Código de Muestra</b>	: C-1	<b>COORDENADAS</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
<b>Estrato</b>	: E - 1	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
<b>Material</b>	: Propio	528386 m	8796413 m
		1.00 - 1.50 m	
		<b>Fecha de recepción de muestra:</b> Marzo-2023	

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS  
ASTM D3080**



**Resultados:**  
**Cohesión (c)** : 0,03 kg/cm<sup>2</sup>  
**Angulo de fricción (φ)** : 34,7°

**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el solicitante y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo

Realizado por: 0

Revisado por: Ing. Javier Sigüenas Barrante

Firma:



Javier Carlo Andree Sigüenas Barrantes  
**ING. CIVIL**  
**R. CIP N° 182695**

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTÉCNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
 RUC 20667511901 - Av. Sebastian Barranta 2529 - La Victoria  
 Telefonos: 941370340 - 927299978. email: laboratorio@allpatest.com

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO</b>	Código	<b>AT-CD-2023F02</b>
	<b>ASTM D3080</b>	Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>			<b>N° DE INFORME:</b>	<b>2</b>	
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. Maryit Madelei Inga Ñaupá				
<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI				
<b>UBICACIÓN</b>	: Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín				
		<b>FECHA EMISIÓN INFORME:</b>			Marzo-2023
<b>Exploración</b>	: C-2	<b>COORDENADAS</b>		<b>PROFUNDIDAD</b>	
<b>Estrato</b>	: E - 1	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	1.00 - 1.50 m	
		528386 m	8796413 m		
<b>Material</b>	: Propio				
		<b>Fecha de recepción de muestra:</b>			Marzo-2023

**Clasificación SUCS Global** : GP (Grava pobremente gradada con arena) **Clasificación <N°4** : - (-)

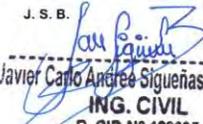
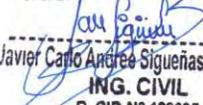
ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE			ESPECIMEN 2			0.5 mm/min			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm
Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	2.008	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.993	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.980	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.980	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.980	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	7.2	%	Humedad Inic.:	7.2	%	Humedad Inic.:	7.2	%	Humedad Inic.:	7.2	%	Humedad Inic.:	7.2	%
Esf. Normal :	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	1.00	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	2.01	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	2.01	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	2.01	kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0.37	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.74	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	1.41	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	1.41	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	1.41	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.09	0.22	0.41	0.15	0.19	0.41	0.24	0.15
0.82	0.13	0.33	0.82	0.24	0.30	0.82	0.36	0.22
1.23	0.18	0.44	1.23	0.34	0.42	1.23	0.47	0.29
1.64	0.20	0.50	1.64	0.41	0.51	1.64	0.55	0.34
2.46	0.23	0.57	2.46	0.51	0.63	2.46	0.67	0.41
3.28	0.25	0.61	3.28	0.58	0.71	3.28	0.77	0.47
4.10	0.26	0.63	4.10	0.64	0.77	4.10	0.88	0.53
4.92	0.28	0.68	4.92	0.67	0.81	4.92	0.96	0.58
5.74	0.29	0.69	5.74	0.69	0.83	5.74	1.06	0.63
6.56	0.30	0.71	6.56	0.71	0.84	6.56	1.12	0.66
7.39	0.31	0.73	7.39	0.71	0.83	7.39	1.18	0.69
8.21	0.33	0.76	8.21	0.71	0.83	8.21	1.29	0.75
9.03	0.34	0.78	9.03	0.72	0.83	9.03	1.33	0.77
9.85	0.35	0.79	9.85	0.73	0.83	9.85	1.33	0.76
10.67	0.35	0.81	10.67	0.73	0.83	10.67	1.36	0.77
11.49	0.37	0.82	11.49	0.74	0.83	11.49	1.39	0.78
12.31	0.35	0.79	12.31	0.74	0.82	12.31	1.39	0.77
13.13	0.36	0.80	13.13	0.74	0.81	13.13	1.40	0.77
13.95	0.36	0.79	13.95	0.74	0.81	13.95	1.41	0.77
14.77	0.36	0.79	14.77	0.73	0.79	14.77	1.41	0.76
15.59	0.37	0.79	15.59	0.74	0.79	15.59	1.41	0.75
16.41	0.37	0.79	16.41	0.72	0.77	16.41	1.41	0.75

**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el personal de ALLPA TEST y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo. Los tres especímenes de ensayo fueron remoldeados con suelo pasante el tamiz N°4 a densidad seca de 2.008 g/cm<sup>3</sup>.



Realizado por:   
 Revisado por: J. S. B.  
 Firma:   
**Javier Carlo Andrés Sigueñas Barrantes**  
**ING. CIVIL**  
**R. CIP N° 182695**

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTÉCNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
 RUC 20607511901 - Av. Sebastián Barranca 2529 - La Victoria  
 Teléfonos: 941370340 - 927286078, email: laboratorio@allpatest.com

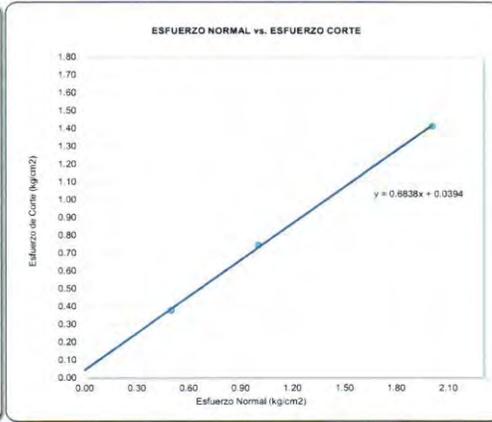
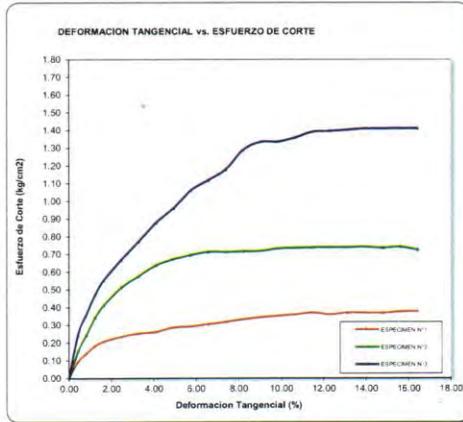
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO</b>	Código	AT-CD-2023F02
	<b>ASTM D3080</b>	Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

<b>SOLICITANTE</b>		N° DE INFORME: 2	
: Bach. Maryit Madelei Inga Ñaupá			
<b>PROYECTO</b>		: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI	
<b>UBICACIÓN</b>		: Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín	
		<b>FECHA EMISIÓN INFORME:</b> Marzo-2023	

<b>Código de Muestra</b>	: C-2	<b>COORDENADAS</b>		<b>PROFUNDIDAD</b>
<b>Estrato</b>	: E - 1	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	1.00 - 1.50 m
<b>Material</b>	: Propio	528386 m	8796413 m	
				<b>Fecha de recepción de muestra:</b> Marzo-2023

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS  
ASTM D3080**



**Resultados:**  
 Cohesión  $c$  : 0.04 kg/cm<sup>2</sup>  
 Angulo de fricción ( $\phi$ ) : 34.4°

**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el solicitante y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Revisado por: J. S. B.  
 Firma: *J. S. B.*  
 Javier Mario Andrés Sigüenza Barrantes  
 ING. CIVIL  
 R. CIP N° 182695

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTÉCNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
 RUC 20607511901 - Av. Sebastián Barrantes 2529 - La Victoria  
 Telefonos: 941370340 - 927280978, email: laboratorio@allpatest.com

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO</b>	Código	AT-CD-2023F03
	<b>ASTM D3080</b>	Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

<b>SOLICITANTE</b> : Bach. Marytt Madelei Inga Naupa		<b>N° DE INFORME:</b> 3
<b>PROYECTO</b> : ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI		
<b>UBICACIÓN</b> : Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junin		
<b>FECHA EMISIÓN INFORME:</b> Marzo-2023		
<b>Exploración</b> : C-3	<b>COORDENADAS</b>	
<b>Estrato</b> : E - 2	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
	528386 m	8796413 m
<b>Material</b> : Propio	<b>PROFUNDIDAD</b>	
	1.50-1.60 m	
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> Marzo-2023		

**Clasificación SUCS Global** : GP (Grava pobremente gradada con arena)      **Clasificación <N°4** : - (-)

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm
Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.873	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.912	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.901	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	7.3	%	Humedad Inic.:	7.3	%	Humedad Inic.:	7.3	%
Est. Normal:	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Normal:	1.00	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Normal:	2.01	kg/cm <sup>2</sup>
Est. Corte:	0.39	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Corte:	0.77	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Corte:	1.46	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (tfo)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (tfo)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (tfo)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.10	0.24	0.41	0.15	0.19	0.41	0.25	0.16
0.82	0.14	0.34	0.82	0.27	0.34	0.82	0.38	0.24
1.23	0.19	0.48	1.23	0.35	0.44	1.23	0.48	0.30
1.64	0.21	0.52	1.64	0.43	0.53	1.64	0.59	0.37
2.46	0.24	0.60	2.46	0.56	0.69	2.46	0.69	0.43
3.28	0.27	0.65	3.28	0.60	0.73	3.28	0.78	0.48
4.10	0.28	0.69	4.10	0.66	0.80	4.10	0.89	0.54
4.92	0.29	0.70	4.92	0.70	0.85	4.92	0.97	0.58
5.74	0.31	0.73	5.74	0.72	0.86	5.74	1.07	0.64
6.56	0.31	0.75	6.56	0.73	0.87	6.56	1.17	0.69
7.39	0.32	0.76	7.39	0.74	0.86	7.39	1.20	0.71
8.21	0.34	0.79	8.21	0.74	0.86	8.21	1.30	0.76
9.03	0.35	0.80	9.03	0.76	0.88	9.03	1.33	0.77
9.85	0.36	0.83	9.85	0.75	0.86	9.85	1.36	0.77
10.67	0.37	0.83	10.67	0.76	0.86	10.67	1.37	0.78
11.49	0.38	0.85	11.49	0.77	0.87	11.49	1.40	0.79
12.31	0.38	0.85	12.31	0.76	0.85	12.31	1.42	0.79
13.13	0.38	0.84	13.13	0.74	0.82	13.13	1.42	0.78
13.95	0.38	0.82	13.95	0.76	0.83	13.95	1.46	0.79
14.77	0.39	0.85	14.77	0.77	0.83	14.77	1.45	0.78
15.59	0.38	0.81	15.59	0.76	0.81	15.59	1.43	0.77
16.41	0.38	0.82	16.41	0.76	0.81	16.41	1.43	0.76

**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el personal de ALLPA TEST y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Revisado por: J. S. B.  
Firma:

*Javier Cario Andree Sigueñas Barranias*  
Javier Cario Andree Sigueñas Barranias  
ING. CIVIL  
R. CIP N° 182695

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTECNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
RUC 20607811901 - Av. Sebastian Barranca 2529 - La Victoria  
Teléfonos: 941370340 - 927286078, email: laboratorio@allpatest.com

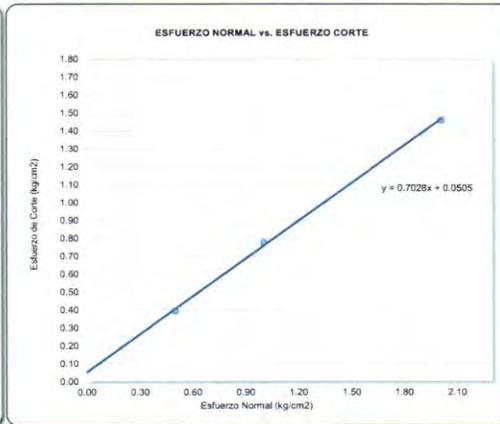
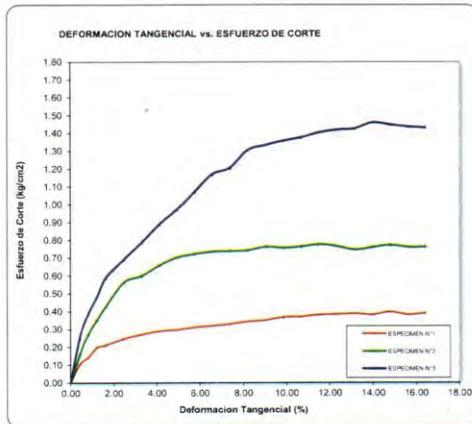
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO</b>	Código	AT-CD-2023F03
	<b>ASTM D3080</b>	Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. Maryit Madelei Inga Ñaupá	<b>N° DE INFORME:</b> 3
<b>PROYECTO</b>	: ANALISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI	
<b>UBICACIÓN</b>	: Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín	
		<b>FECHA EMISIÓN INFORME:</b> Marzo-2023

<b>Código de Muestra</b>	: C-3	<b>COORDENADAS</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
<b>Estrato</b>	: E - 2	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
<b>Material</b>	: Propio	528386 m	8796413 m
		1.50-1.80 m	
		<b>Fecha de recepción de muestra:</b> Marzo-2023	

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS  
ASTM D3080**



**Resultados:**  
**Cohesión (c)** : 0.05 kg/cm<sup>2</sup>  
**Angulo de fricción (φ)** : 35.1°

**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el solicitante y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Revisado por: J. S. B.  
 Firma:   
**Javier Cardo Antree Siguenas Barrantes**  
**ING. CIVIL**  
**R. CIP N° 182695**

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTECNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
 RUC 20607511901 - Av. Sebastian Barranca 2529 - La Victoria  
 Telefonos: 941370340 - 927280078, email: laboratorio@allpatest.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO</b>	Código	AT-CD-2023F04
	<b>ASTM D3080</b>	Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>		N° DE INFORME: 4										
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. Maryt Madelei Inga Naupa											
<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI											
<b>UBICACIÓN</b>	: Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín											
		FECHA EMISIÓN INFORME: Marzo-2023										
<b>Exploración</b>	: C-4	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">COORDENADAS</th> <th>PROFUNDIDAD</th> </tr> <tr> <th>ESTE</th> <th>NORTE</th> <td>1.50-1.60 m</td> </tr> <tr> <td>528341 m</td> <td>8796459 m</td> <td></td> </tr> </table>		COORDENADAS		PROFUNDIDAD	ESTE	NORTE	1.50-1.60 m	528341 m	8796459 m	
COORDENADAS				PROFUNDIDAD								
ESTE	NORTE	1.50-1.60 m										
528341 m	8796459 m											
<b>Estrato</b>	: E - 2											
<b>Material</b>	: Propio	Fecha de recepción de muestra: Marzo-2023										

Clasificación SUCS Global : GP (Grava pobremente gradada con arena)      Clasificación <N°4 : - (-)

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm	Lado de caja:	60.9	mm
Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.2	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.940	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.965	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.980	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	7.3	%	Humedad Inic.:	7.3	%	Humedad Inic.:	7.3	%
Esf. Normal :	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	1.00	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	2.01	kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0.38	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.75	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	1.44	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/c)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/c)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.09	0.23	0.41	0.15	0.19	0.41	0.24	0.15
0.82	0.13	0.34	0.82	0.26	0.33	0.82	0.38	0.24
1.23	0.19	0.47	1.23	0.34	0.43	1.23	0.47	0.30
1.64	0.20	0.51	1.64	0.41	0.52	1.64	0.58	0.36
2.46	0.24	0.59	2.46	0.54	0.67	2.46	0.68	0.42
3.28	0.26	0.64	3.28	0.58	0.71	3.28	0.77	0.47
4.10	0.28	0.68	4.10	0.64	0.77	4.10	0.87	0.53
4.92	0.29	0.69	4.92	0.68	0.82	4.92	0.96	0.58
5.74	0.30	0.72	5.74	0.70	0.83	5.74	1.05	0.63
6.56	0.31	0.73	6.56	0.71	0.84	6.56	1.15	0.68
7.39	0.32	0.75	7.39	0.71	0.84	7.39	1.19	0.70
8.21	0.33	0.77	8.21	0.72	0.84	8.21	1.28	0.75
9.03	0.34	0.78	9.03	0.74	0.85	9.03	1.31	0.76
9.85	0.36	0.81	9.85	0.73	0.84	9.85	1.34	0.76
10.67	0.36	0.81	10.67	0.74	0.84	10.67	1.35	0.77
11.49	0.37	0.83	11.49	0.75	0.84	11.49	1.38	0.77
12.31	0.37	0.83	12.31	0.74	0.83	12.31	1.40	0.78
13.13	0.38	0.83	13.13	0.72	0.80	13.13	1.40	0.77
13.95	0.37	0.81	13.95	0.74	0.80	13.95	1.44	0.78
14.77	0.38	0.83	14.77	0.75	0.81	14.77	1.42	0.77
15.59	0.37	0.79	15.59	0.74	0.79	15.59	1.41	0.76
16.41	0.38	0.80	16.41	0.74	0.78	16.41	1.41	0.75

**OBSERVACIONES:**  
Muestra proporcionada por el personal de ALLPA TEST y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Realizado por:   
Revisado por: J. S. B.   
Firma: *Javier Sigüenza*  
Javier Carlo Andree Sigüenza Barrantes  
ING. CIVIL  
R. CIP N° 182695

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTÉCNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
RUC 20607511901 - Av. Sebastián Barranca 2529 - La Victoria  
Teléfonos: 941370340 - 927280078, email: laboratorio@allpatest.com

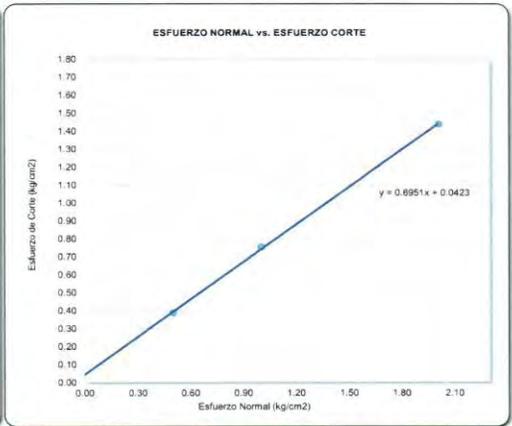
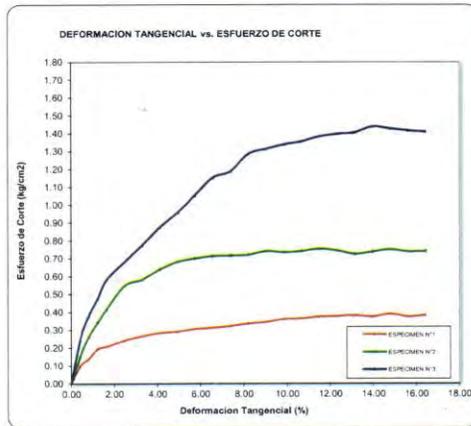
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO</b>	Código	AT-CD-2023F04
	<b>ASTM D3080</b>	Revisión	1
		Aprobado	J. S. B.
		Fecha	12/03/2023

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. Maryit Madelei Inga Naupa	<b>N° DE INFORME: 4</b>
<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MURO DE GAVIÓN EN EL TRAMO 25+565 DEL RÍO ANAPIARI PARA PROTEGER DE LAS INUNDACIONES EL POBLADO BOCA KIMARI	
<b>UBICACIÓN</b>	: Boca Kimari - Belén Anapiari - Pichanaqui - Chanchamayo - Junín	
<b>FECHA EMISIÓN INFORME:</b> Marzo-2023		

<b>Código de Muestra</b>	: C-4	<b>COORDENADAS</b>		<b>PROFUNDIDAD</b>
<b>Estrato</b>	: E - 2	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	1.50-1.60 m
		528341 m	8796459 m	
<b>Material</b>	: Propio	<b>Fecha de recepción de muestra:</b> Marzo-2023		

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS  
ASTM D3080**



**Resultados:**  
**Cohesión (c)** : 0.04 kg/cm<sup>2</sup>  
**Angulo de fricción (φ)** : 34.8°

**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el solicitante y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo



Revisado por : J. S. B.  
 Firma: *Javier Carlo Andree Siguenas Barrantes*  
**Javier Carlo Andree Siguenas Barrantes**  
**ING. CIVIL**  
**R. CIP N° 182695**

Los resultados solo aplican a las muestras ensayadas. Este reporte no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de ALLPA TEST S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Solicitante está de acuerdo en limitar la responsabilidad de ALLPA TEST S.A.C. de cualquier reclamo por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma de los responsables del laboratorio.

ALLPA TEST LABORATORIO GEOTÉCNICO Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
 RUC 20607511901 - Av. Sebastian Barranca 2529 - La Victoria  
 Telefonos: 941370340 - 927290078, email: laboratorio@allpatest.com

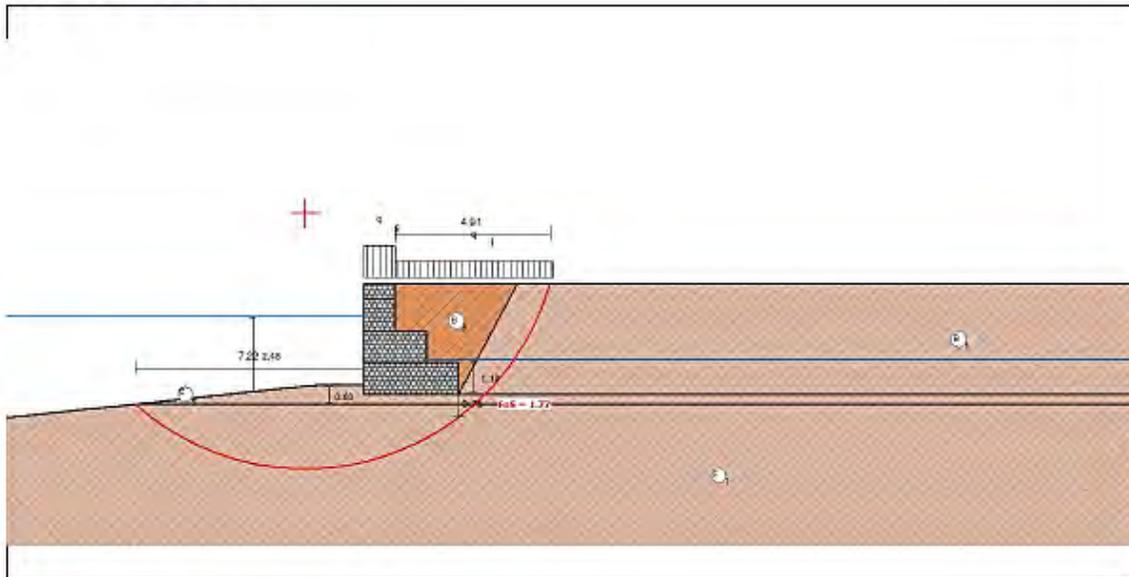


● **Resultados**

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1

**ELU Estado Límite Último**

**Geometría del Muro**



**Resultados de los Analisis de Estabilidad**

**Empuje Activo y Pasivo**

Empuje Activo [kN/m]	89.77
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	2.28
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	1.27
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	62.76
Empuje Pasivo [kN/m]	5.51
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	0.00
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.14
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	0.00

**Deslizamiento**

Fuerza normal en en la base [kN/m]	185.60
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	1.33
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.00
Fuerza actuante tangencial [kN/m]	41.09
Fuerza resistente tangencial [kN/m]	133.83
Deslizamiento	3.26

**Vuelco**

Momento Activo [kN/m x m]	58.16
Momento Resistente [kN/m x m]	274.97
Vuelco	4.73

**Tensiones Actuantes en la Fundación**

Excentricidad	0.17
Tensión normal a la izquierda [kN/m <sup>2</sup> ]	83.13
Tensión normal a la derecha [kN/m <sup>2</sup> ]	40.60
Tensión última de la fundación[kN/m <sup>2</sup> ]	862.58
Tension de la Base izq.	10.38
Tension de la Base der.	21.24

**Estabilidad Global | Bishop**

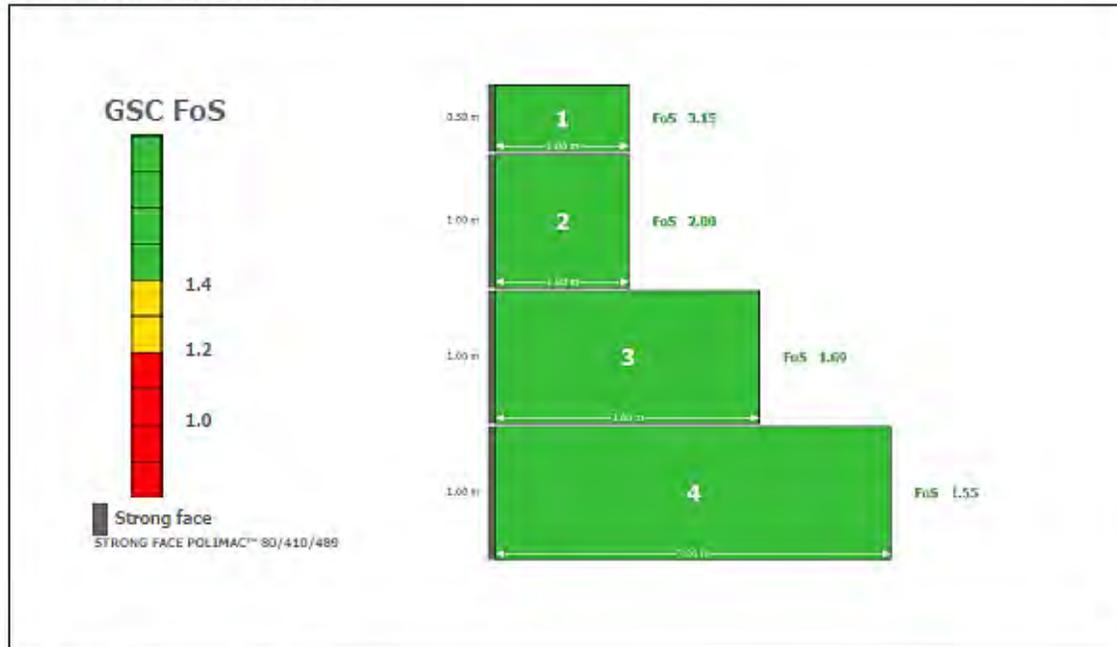
Centro del arco con referencia al eje X [m]	-1.84
Centro del arco con referencia al eje Y [m]	5.70
Global	1.77

### Resultados

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1

#### ELS Estado Limite de Servicio

Gabion Serviceability Coefficient



#### ELU Estado Limite Último

##### Externa

FS para Vuelco	FS para Deslizamiento	FS - Tension de la Base Izq.	FS - Tension de la Base der.	Global FS Global
FoS 4.73	FoS 3.26	FoS 10.38	FoS 21.24	FoS 1.77

##### Interna

Camada	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	$\tau_{Max}$ [kN/m]	$\tau_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\tau$ FoS	$\sigma_{Max}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma$ FoS
1	0.50	9.19	0.67	4.70	0.67	32.23	48.10	8.98	580.79	64.68
2	1.50	29.06	6.49	13.63	6.49	43.28	6.67	30.98	580.79	18.75
3	2.50	91.74	23.64	82.28	11.82	60.09	5.08	51.14	580.79	11.36

## ● Normativo

### *Eurocode 7 EN 1997-1 (EU)*

#### **DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1**

No Seismic Condition

#### *Factores Parciales*

		Vuelco	
Angulo de fricción	$\gamma\psi'$	1.00	1.25
Cohesión efectiva	$\gamma c'$	1.00	1.25
Cohesión no drenada	$\gamma c_u$	1.00	1.40
Carga permanente (G) Desfavorable	$\gamma G; unfav$	1.35	1.10
Carga permanente (G) Favorable	$\gamma G; fav$	1.00	0.90
Carga Variable (Q) Desfavorable	$\gamma Q; unfav$	1.50	1.50
Carga Variable (Q) Favorable	$\gamma Q; fav$	0.00	0.00
Resistencia de la fundación	$\gamma R_v$	1.00	1.00
Resistencia al deslizamiento	$\gamma R_h$	1.00	1.00
Resistencia al caucho	$\gamma R_m$	1.00	1.00
Resistencia interna al corte	$\gamma Re; intShear$	1.00	1.00
Resistencia interna a compresion	$\gamma Re; intComp$	1.00	1.00
Resistencia del suelo	$\gamma Re; overall$	1.00	1.00
Peso do muro	$\gamma G; Wall$	1.00	1.00
Empuxo da agua	$\gamma Water$	1.35	1.10

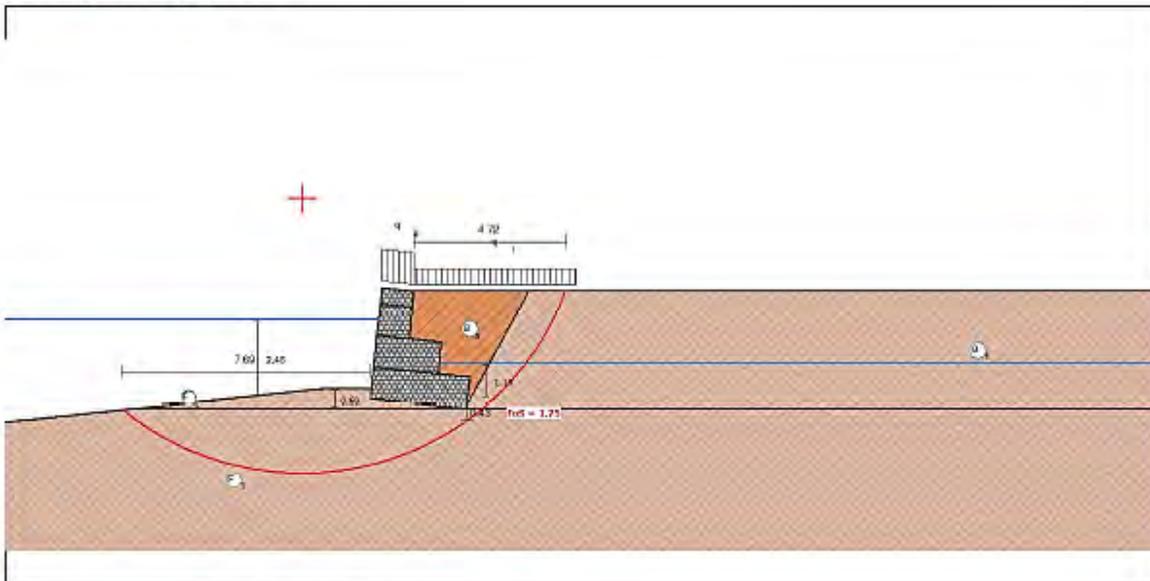


## ● Resultados

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1

### ELU Estado Limite Último

#### Geometría del Muro



### Resultados de los Analisis de Estabilidad

#### Empuje Activo y Pasivo

Empuje Activo [kN/m]	70.48
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	2.41
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.99
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	56.76
Empuje Pasivo [kN/m]	5.51
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	0.01
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.14
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	0.00

#### Deslizamiento

Fuerza normal en en la base [kN/m]	166.86
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	1.41
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	-0.15
Fuerza actuante tangencial [kN/m]	32.26
Fuerza resistente tangencial [kN/m]	133.22
Deslizamiento	4.13

#### Vuelco

Momento Activo [kN/m x m]	46.32
Momento Resistente [kN/m x m]	260.96
Vuelco	5.63

#### Tensiones Actuantes en la Fundación

Excentricidad	0.09
Tensión normal a la izquierda [kN/m <sup>2</sup> ]	66.17
Tensión normal a la derecha [kN/m <sup>2</sup> ]	45.83
Tensión última de la fundación[kN/m <sup>2</sup> ]	884.27
Tension de la Base izq.	13.36
Tension de la Base der.	19.29

#### Estabilidad Global | Bishop

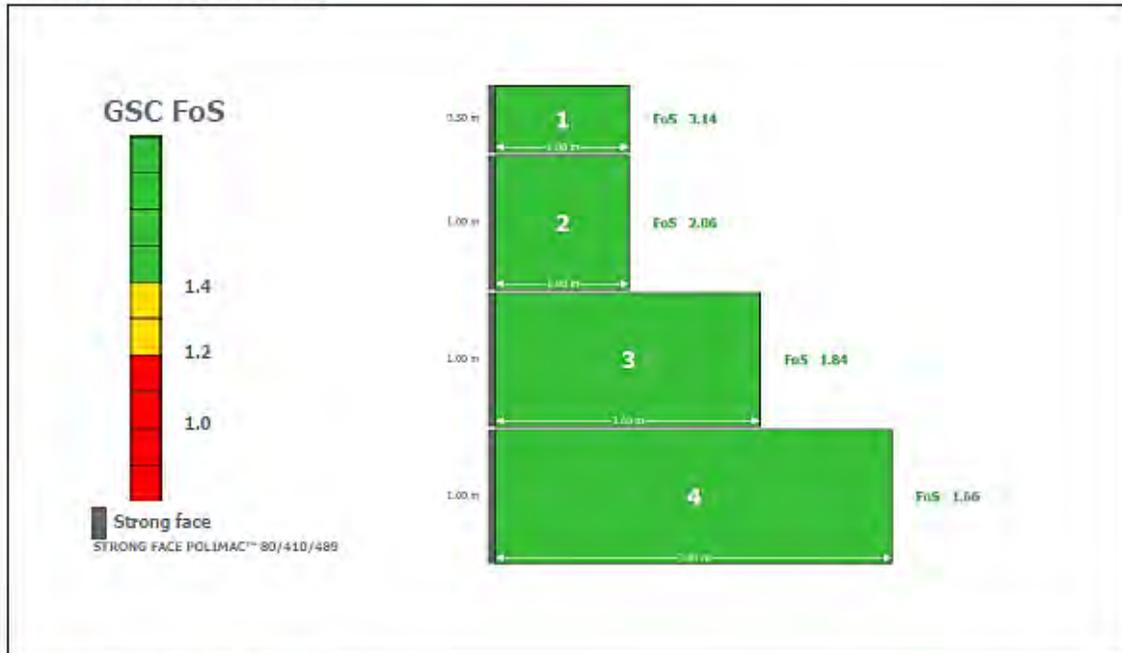
Centro del arco con referencia al eje X [m]	-2.10
Centro del arco con referencia al eje Y [m]	6.29
Global	1.75

### Resultados

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1

### ELS Estado Límite de Servicio

Gabion Serviceability Coefficient



### ELU Estado Límite Último

Externa

FS para Vuelco

FS para Deslizamiento

FS - Tension de la Base Izq.

FS - Tension de la Base der.

Global

FS Global

<b>FoS</b>	<b>5.63</b>	<b>FoS</b>	<b>4.13</b>	<b>FoS</b>	<b>13.36</b>	<b>FoS</b>	<b>19.29</b>	<b>FoS</b>	<b>1.75</b>
------------	-------------	------------	-------------	------------	--------------	------------	--------------	------------	-------------

Interna

Camada	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	$\tau_{Max}$ [kN/m]	$\tau_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\tau$ FoS	$\sigma_{Max}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma$ FoS
1	0.50	8.84	-0.71	4.68	-0.71	31.88	44.90	8.34	580.79	69.64
2	1.49	27.06	1.35	15.14	1.35	41.28	30.58	24.19	580.79	24.01
3	2.99	84.31	12.83	81.67	6.41	56.37	8.79	43.52	580.79	13.35

## ● Normativo

### *Eurocode 7 EN 1997-1 (EU)*

#### **DESIGN APPROACH 1: A1+M1+R1**

No Seismic Condition

#### *Factores Parciales*

			Vuelco
Angulo de fricción	$\gamma\phi'$	1.00	1.25
Cohesión efectiva	$\gamma c'$	1.00	1.25
Cohesión no drenada	$\gamma c_u$	1.00	1.40
Carga permanente (G) Desfavorable	$\gamma G_{unfav}$	1.35	1.10
Carga permanente (G) Favorable	$\gamma G_{fav}$	1.00	0.90
Carga Variable (Q) Desfavorable	$\gamma Q_{unfav}$	1.50	1.50
Carga Variable (Q) Favorable	$\gamma Q_{fav}$	0.00	0.00
Resistencia de la fundación	$\gamma R_v$	1.00	1.00
Resistencia al deslizamiento	$\gamma R_h$	1.00	1.00
Resistencia al caucho	$\gamma R_m$	1.00	1.00
Resistencia interna al corte	$\gamma Re; intShear$	1.00	1.00
Resistencia interna a compresion	$\gamma Re; intComp$	1.00	1.00
Resistencia del suelo	$\gamma Re; overall$	1.00	1.00
Peso do muro	$\gamma G; Wall$	1.00	1.00
Empuxo da agua	$\gamma Water$	1.35	1.10

## Anexo 7

### Resultados del análisis pseudodinámico con inclinación de 0°

# GAWAC 3.0

Gabion Wall Design Software

**MACCAFERRI**

www.maccferri.com

31/10/2023 pag. 1 / 4

## ● Informaciones del Proyecto

Título	ANÁLISIS TÉCNICO ECONOMICO DE MUROS GABIONACH. MARYTT INGA ÑAUPA	Descripción
Número	Diseñador	
		Comentarios

## ● Datos Iniciales

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: M1+R1±Kh±Kv

### Datos sobre el muro

Inclinación del muro	0.00
Peso esp. de las piedras [kN/m³]	25.00
Porosidad de los gaviones [%]	30.00
Geotextil en el terraplén	Si
Reducción en la fricción [%]	5.00
Geotextil en la base	Si
Reducción en la fricción [%]	5.00

### Datos sobre el suelo del terraplén

Inclinación del primer tramo [°]	0.00
Largo del primer tramo [m]	5.00
Inclinación del segundo tramo [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	13.50
Ángulo de fricción del suelo [°]	34.75
Cohesión del suelo [kN/m²]	4.00

Layer	Altura inicial [m]	Inclinación deg	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
1	-0.20	62.00	20.00	5.00	28.00

### Datos sobre la fundación

Profundidad de la fundación [m]	0.30
Largo horiz. en la fundación [m]	1.50
Inclinación de la de fundación [°]	6.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	13.50
Ángulo de fricción del suelo [°]	34.75
Cohesión del suelo [kN/m²]	4.00
Presión aceptable en la fundación [kN/m²]	
Nivel del agua [m]	2.48

Camada	Profundidad [m]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
1	0.30	13.50	4.00	34.75

### Datos sobre las cargas

#### Cargas distribuidas sobre el terraplén

Primer tramo [kN/m²]	Variable desfavorable	q1	10.00
Segundo tramo [kN/m²]	Variable desfavorable	q2	0.00

#### Cargas distribuidas sobre el muro

Carga [kN/m²]	Variable favorable	20.00
---------------	--------------------	-------

#### Línea de carga sobre el terraplén

Carga 1 [kN/m]	Variable desfavorable
Dist. al tope del muro [m]	
Carga 2 [kN/m]	Variable desfavorable
Dist. al tope del muro [m]	
Carga 3 [kN/m]	Variable desfavorable
Dist. al tope del muro [m]	

#### Línea de carga sobre el muro

Carga [kN/m]	Variable favorable	0.00
Dist. al tope del muro [m]		0.00

### Datos sobre la napa freática

Altura inicial [m]	1.10
Inclinación del primer tramo [°]	0.00
Largo del primer tramo [m]	0.00
Inclinación del segundo tramo [°]	0.00
Largo del segundo tramo [m]	0.00

### Datos sobre efectos sísmicos

Coefficiente Horizontal	0.25
Coefficiente Vertical	0.00

### Producto

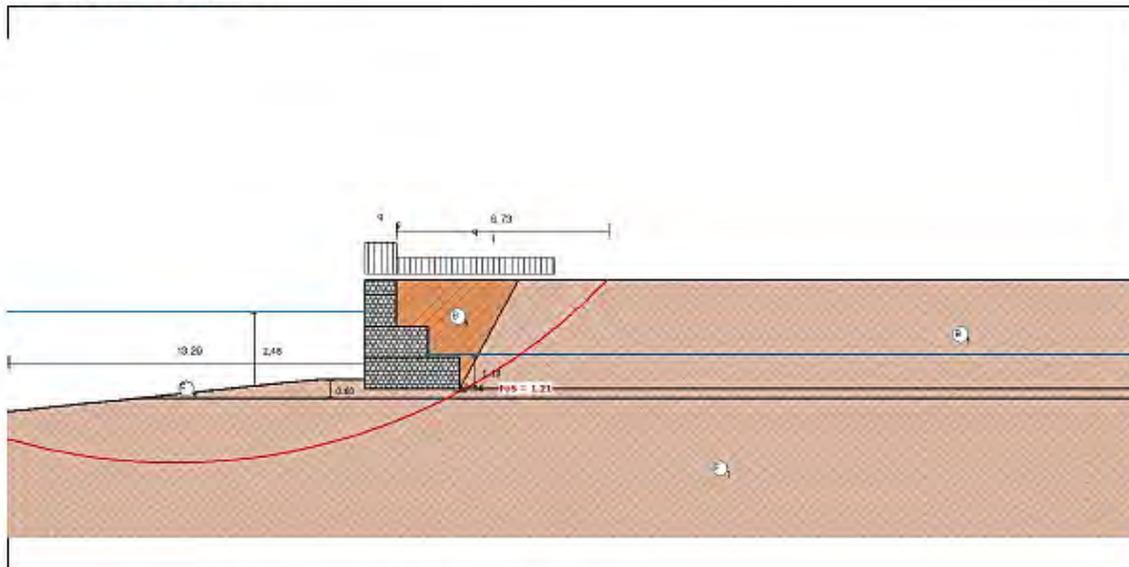
Ambiente	Baja Agresividad	
<b>Mesh</b>	<b>GSC 0.5</b>	<b>GSC 1.0</b>
Gabion POLIMAC™ 80/410	820	410
STRONG FACE POLIMAC™ 60/410/489	978	489

## ● Resultados

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: M1+R1±Kh±Kv

### ELU Estado Límite Último

#### Geometría del Muro



### Resultados de los Analisis de Estabilidad

#### Empuje Activo y Pasivo

Empuje Activo [kN/m]	103.00
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	1.88
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	1.95
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	62.76
Empuje Pasivo [kN/m]	5.51
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	0.00
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.14
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	0.00

#### Deslizamiento

Fuerza normal en en la base [kN/m]	217.36
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	0.68
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.00
Fuerza actuante tangencial [kN/m]	78.60
Fuerza resistente tangencial [kN/m]	154.76
Deslizamiento	1.97

#### Vuelco

Momento Activo [kN/m x m]	175.89
Momento Resistente [kN/m x m]	311.15
Vuelco	1.77

#### Tensiones Actuantes en la Fundación

Excentricidad	0.82
Tensión normal a la izquierda [kN/m <sup>2</sup> ]	211.75
Tensión normal a la derecha [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00
Tensión última de la fundación[kN/m <sup>2</sup> ]	763.89
Tension de la Base izq.	3.61
Tension de la Base der.	-

Cuidado!!: La base no es totalmente utilizada!

#### Estabilidad Global | Bishop

Centro del arco con referencia al eje X [m]	-5.98
Centro del arco con referencia al eje Y [m]	16.42
Global	1.21

### ● Resultados

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: M1+R1±Kh±Kv

#### ELS Estado Límite de Servicio

Gabion Serviceability Coefficient



#### ELU Estado Límite Último

Externa

FS para Vuelco	FS para Deslizamiento	FS - Tensión de la Base Izq.	FS - Tensión de la Base der.	Global FS Global
FoS 1.77	FoS 1.97	FoS 3.61	FoS -	FoS 1.21

Interna

Carrada	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	$\tau_{Max}$ [kN/m]	$\tau_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\tau$ FoS	$\sigma_{Max}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma$ FoS
1	0.50	29.34	8.09	11.66	8.09	52.38	6.47	36.90	580.79	15.74
2	1.50	50.22	19.49	8.40	19.49	64.44	3.31	150.08	580.79	3.87
3	2.50	114.91	45.43	43.04	22.72	71.68	3.15	153.39	580.79	3.79

## ● Normativo

### *Eurocode 7 EN 1997-1 (EU)*

#### **DESIGN APPROACH 1: M1+R1±Kh±Kv**

Seismic Condition

#### *Factores Parciales*

			Vuelco
Ángulo de fricción	$\gamma\psi'$	1.00	1.25
Cohesión efectiva	$\gamma c'$	1.00	1.25
Cohesión no drenada	$\gamma c_u$	1.00	1.40
Carga permanente (G) Desfavorable	$\gamma G; unfav$	1.00	1.00
Carga permanente (G) Favorable	$\gamma G; fav$	1.00	1.00
Carga Variable (Q) Desfavorable	$\gamma Q; unfav$	1.00	1.00
Carga Variable (Q) Favorable	$\gamma Q; fav$	1.00	1.00
Resistencia de la fundación	$\gamma R_v$	1.00	1.00
Resistencia al deslizamiento	$\gamma R_h$	1.00	1.00
Resistencia al caucho	$\gamma R_m$	1.00	1.00
Resistencia interna al corte	$\gamma Re; intShear$	1.00	1.00
Resistencia interna a compresión	$\gamma Re; intComp$	1.00	1.00
Resistencia del suelo	$\gamma Re; overall$	1.00	1.00
Peso do muro	$\gamma G; Wall$	1.00	1.00
Empujo da agua	$\gamma Water$	1.00	1.00

## Anexo 8

### Resultados del análisis pseudodinámico con inclinación de 6°

# GAWAC 3.0

Gabion Wall Design Software

**MACCAFERRI**

www.maccaferri.com

31/10/2023 pag. 1 / 4

## ● Informaciones del Proyecto

Título	ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE MUROS DE GABIONES	Descripción
Número	001	Diseñador
		Comentarios

## ● Datos Iniciales

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: M1+R1±Kh±Kv

### Datos sobre el muro

Inclinación del muro	6.00
Peso esp. de las piedras [kN/m³]	25.00
Porosidad de los gaviones [%]	30.00
Geotextil en el terraplén	Si
Reducción en la fricción [%]	5.00
Geotextil en la base	Si
Reducción en la fricción [%]	5.00

### Datos sobre el suelo del terraplén

Inclinación del primer tramo [°]	0.00
Largo del primer tramo [m]	5.00
Inclinación del segundo tramo [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	13.50
Ángulo de fricción del suelo [°]	34.75
Cohesión del suelo [kN/m²]	4.00

Layer	Altura inicial [m]	Inclinación deg	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
1	-0.20	62.00	20.00	5.00	28.00

### Datos sobre la fundación

Profundidad de la fundación [m]	0.30
Largo horiz. en la fundación [m]	1.50
Inclinación de la de fundación [°]	6.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	13.50
Ángulo de fricción del suelo [°]	34.75
Cohesión del suelo [kN/m²]	4.00
Presión aceptable en la fundación [kN/m²]	
Nivel del agua [m]	2.48

Cámbada	Profundidad [m]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
1	0.30	13.50	4.00	34.75

### Datos sobre las cargas

#### Cargas distribuidas sobre el terraplén

Primer tramo [kN/m²]	Variable desfavorable	q1	10.00
Segundo tramo [kN/m²]	Variable desfavorable	q2	0.00

#### Cargas distribuidas sobre el muro

Carga [kN/m²]	Variable favorable	20.00
---------------	--------------------	-------

#### Línea de carga sobre el terraplén

Carga 1 [kN/m]	Variable desfavorable
Dist. al tope del muro [m]	
Carga 2 [kN/m]	Variable desfavorable
Dist. al tope del muro [m]	
Carga 3 [kN/m]	Variable desfavorable
Dist. al tope del muro [m]	

#### Línea de carga sobre el muro

Carga [kN/m]	Variable favorable	0.00
Dist. al tope del muro [m]		0.00

### Datos sobre la napa freática

Altura inicial [m]	1.10
Inclinación del primer tramo [°]	0.00
Largo del primer tramo [m]	0.00
Inclinación del segundo tramo [°]	0.00
Largo del segundo tramo [m]	0.00

### Datos sobre efectos sísmicos

Coefficiente Horizontal	0.25
Coefficiente Vertical	0.00

### Producto

Ambiente	Baja Agresividad
----------	------------------

Mesh	GSC 0.5	GSC 1.0
Gabion POLIMAC™ 80/410	820	410
STRONG FACE POLIMAC™ 80/410/489	978	489

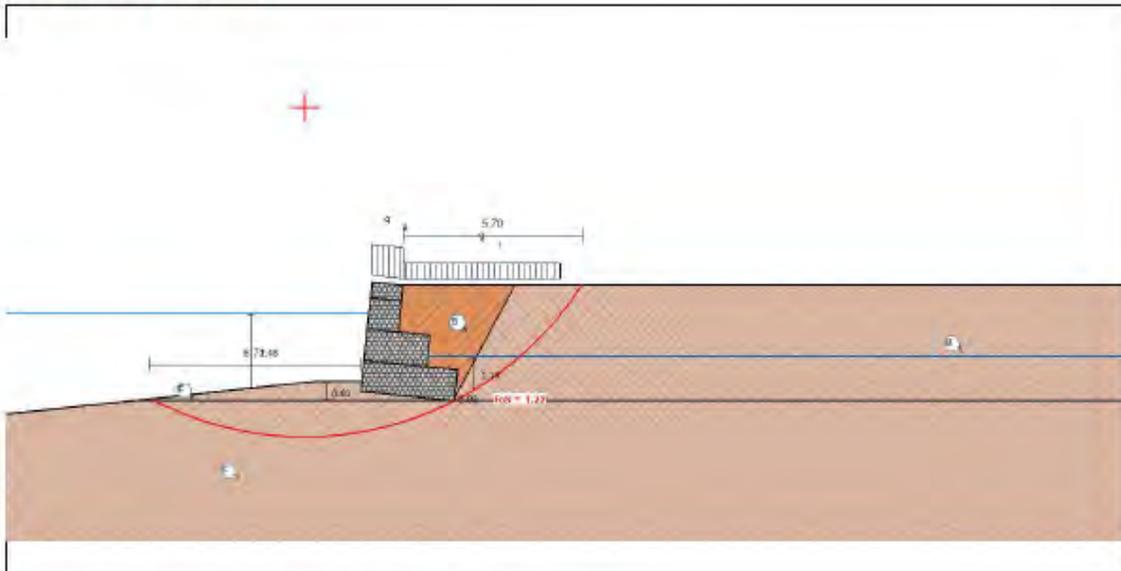
This report is automatically generated by the software GAWAC 3.0, so please refer to the general Terms and Condition of the DEVELOPER's software.  
GAWAC for Market Area: PERU

## ● Resultados

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: M1+R1±Kh±Kv

### ELU Estado Limite Último

#### Geometría del Muro



### Resultados de los Analisis de Estabilidad

#### Empuje Activo y Pasivo

Empuje Activo [kN/m]	84.24
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	1.98
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	1.96
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	56.76
Empuje Pasivo [kN/m]	5.51
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	0.01
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.14
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	0.00

#### Deslizamiento

Fuerza normal en en la base [kN/m]	202.27
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	0.71
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	-0.07
Fuerza actuante tangencial [kN/m]	69.73
Fuerza resistente tangencial [kN/m]	158.65
Deslizamiento	2.28

#### Vuelco

Momento Activo [kN/m x m]	167.17
Momento Resistente [kN/m x m]	305.74
Vuelco	1.83

#### Tensiones Actuantes en la Fundación

Excentricidad	0.79
Tensión normal a la izquierda [kN/m <sup>2</sup> ]	190.58
Tensión normal a la derecha [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00
Tensión última de la fundación[kN/m <sup>2</sup> ]	776.68
Tension de la Base izq.	4.08
Tension de la Base der.	-

Cuidado!!!: La base no es totalmente utilizada!

#### Estabilidad Global | Bishop

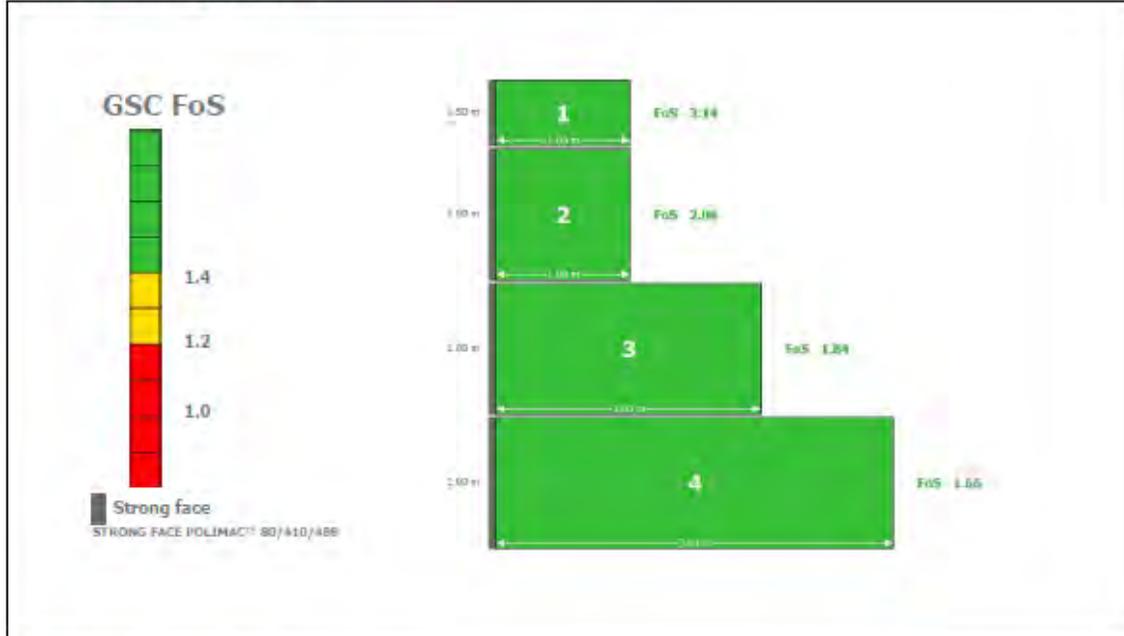
Centro del arco con referencia al eje X [m]	-1.78
Centro del arco con referencia al eje Y [m]	8.98
Global	1.22

## Resultados

Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: M1+R1±Kh±Kv

### ELS Estado Límite de Servicio

Gabion Serviceability Coefficient



### ELU Estado Límite Último

#### Externa

FS para Vuelco	FS para Deslizamiento	FS - Tensión de la Base Izq.	FS - Tensión de la Base der.	Global FS Global
FoS 1.83	FoS 2.28	FoS 4.08	FoS -	FoS 1.22

#### Interna

Camada	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	$\tau_{Max}$ [kN/m]	$\tau_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\tau$ FoS	$\sigma_{Max}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma$ FoS
1	0.50	29.63	4.58	12.27	4.58	52.67	11.50	35.76	580.79	16.24
2	1.49	49.41	12.35	13.96	12.35	63.63	5.15	87.44	580.79	6.64
3	2.99	109.59	32.46	51.54	16.23	69.01	4.25	116.51	580.79	4.98

## ● Normativo

### Eurocode 7 EN 1997-1 (EU)

#### DESIGN APPROACH 1: $M1+R1\pm Kh\pm Kv$

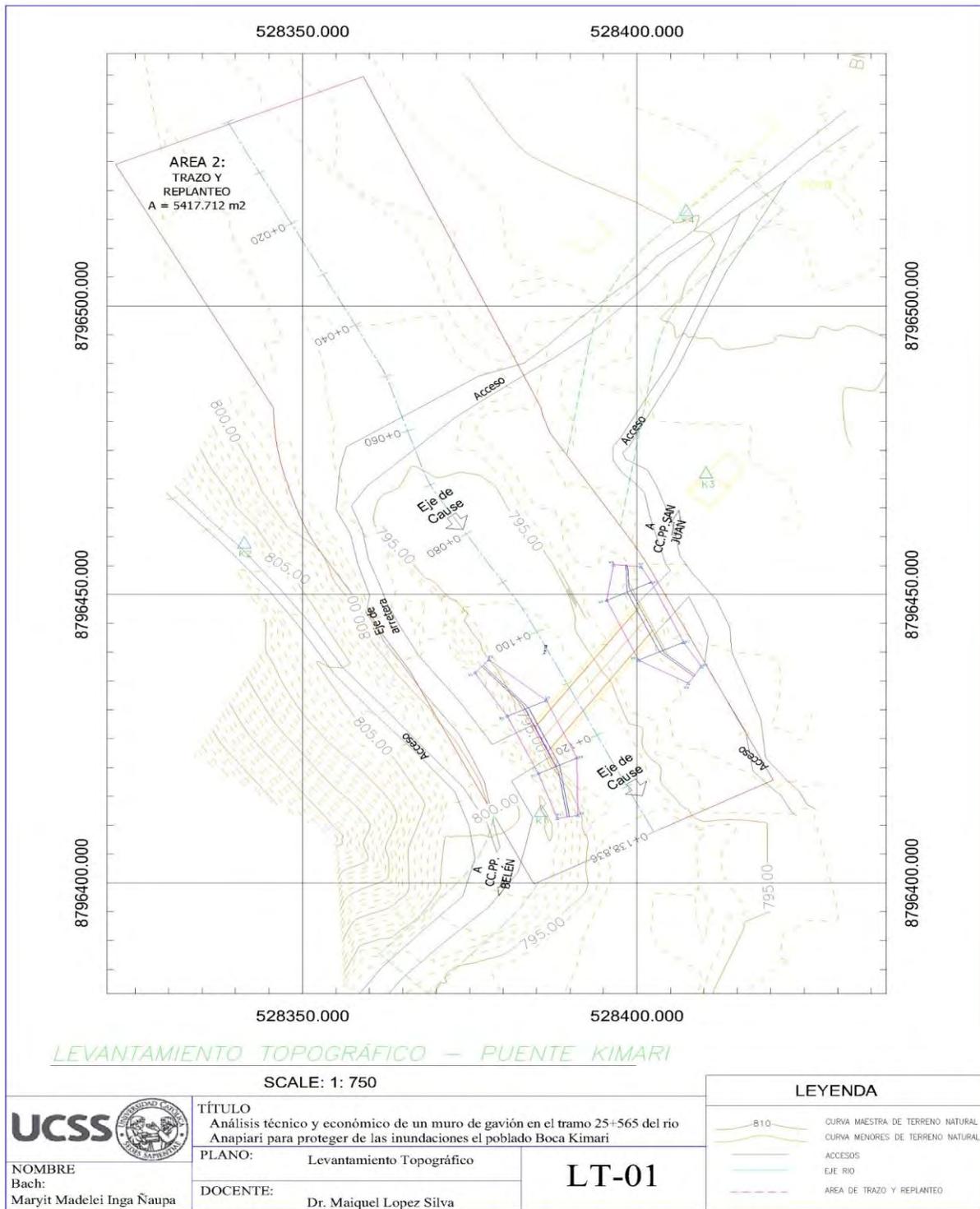
Seismic Condition

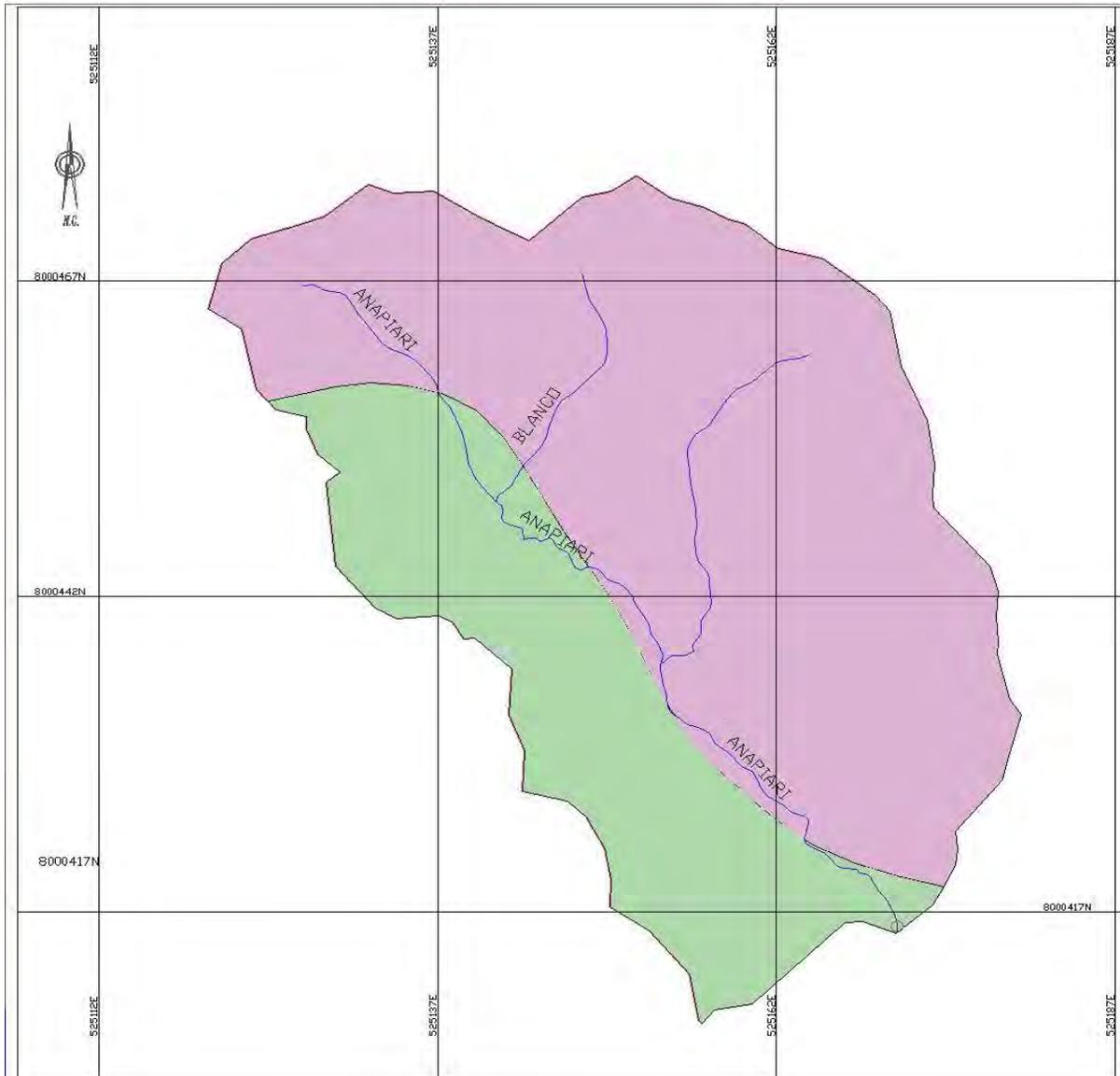
#### Factores Parciales

		Vuelco	
Ángulo de fricción	$\gamma\phi'$	1.00	1.25
Cohesión efectiva	$\gamma c'$	1.00	1.25
Cohesión no drenada	$\gamma cu$	1.00	1.40
Carga permanente (G) Desfavorable	$\gamma G; unfav$	1.00	1.00
Carga permanente (G) Favorable	$\gamma G; fav$	1.00	1.00
Carga Variable (Q) Desfavorable	$\gamma Q; unfav$	1.00	1.00
Carga Variable (Q) Favorable	$\gamma Q; fav$	1.00	1.00
Resistencia de la fundación	$\gamma Rv$	1.00	1.00
Resistencia al deslizamiento	$\gamma Rh$	1.00	1.00
Resistencia al caucho	$\gamma Rm$	1.00	1.00
Resistencia interna al corte	$\gamma Re; intShear$	1.00	1.00
Resistencia interna a compresión	$\gamma Re; intComp$	1.00	1.00
Resistencia del suelo	$\gamma Re; overall$	1.00	1.00
Peso do muro	$\gamma G; Wall$	1.00	1.00
Empuxo da agua	$\gamma Water$	1.00	1.00

# Anexo 9

## Planos topografía, delimitación área y curva número

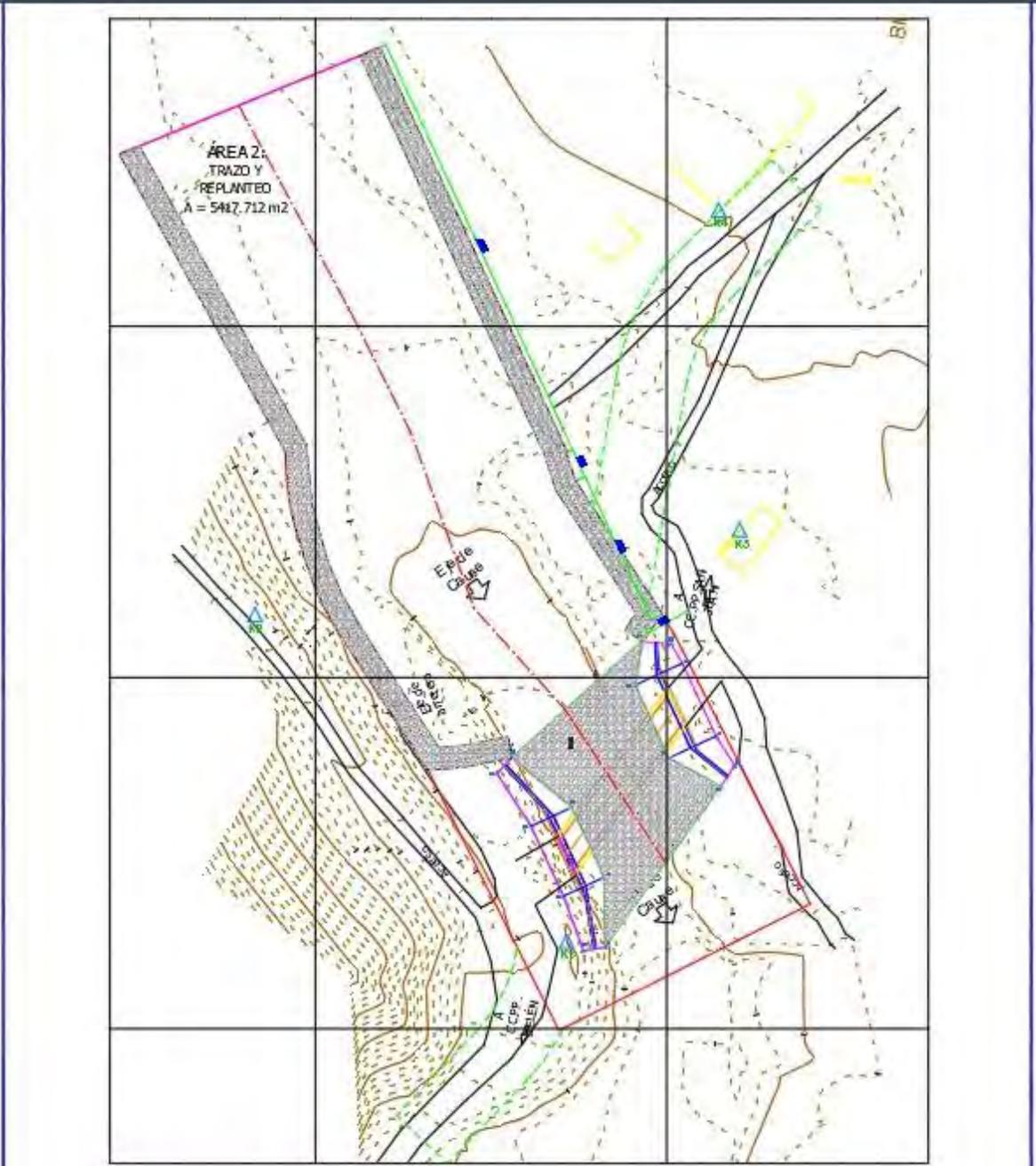




*CURVA NUMERO DE CUENCA ANAPIARI*

SCALE: 1/1200

	<b>TÍTULO</b> Análisis técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para proteger de las inundaciones el poblado Boca Kimari		<b>LEYENDA</b> 
	<b>NOMBRE</b> Bach: Maryit Madelei Inga Naupa	<b>PLANO:</b> Delimitación de cuenca Anapiari	
	<b>DOCENTE:</b> Dr. Maíquel Lopez Silva		



**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO – PUENTE KIMARI**

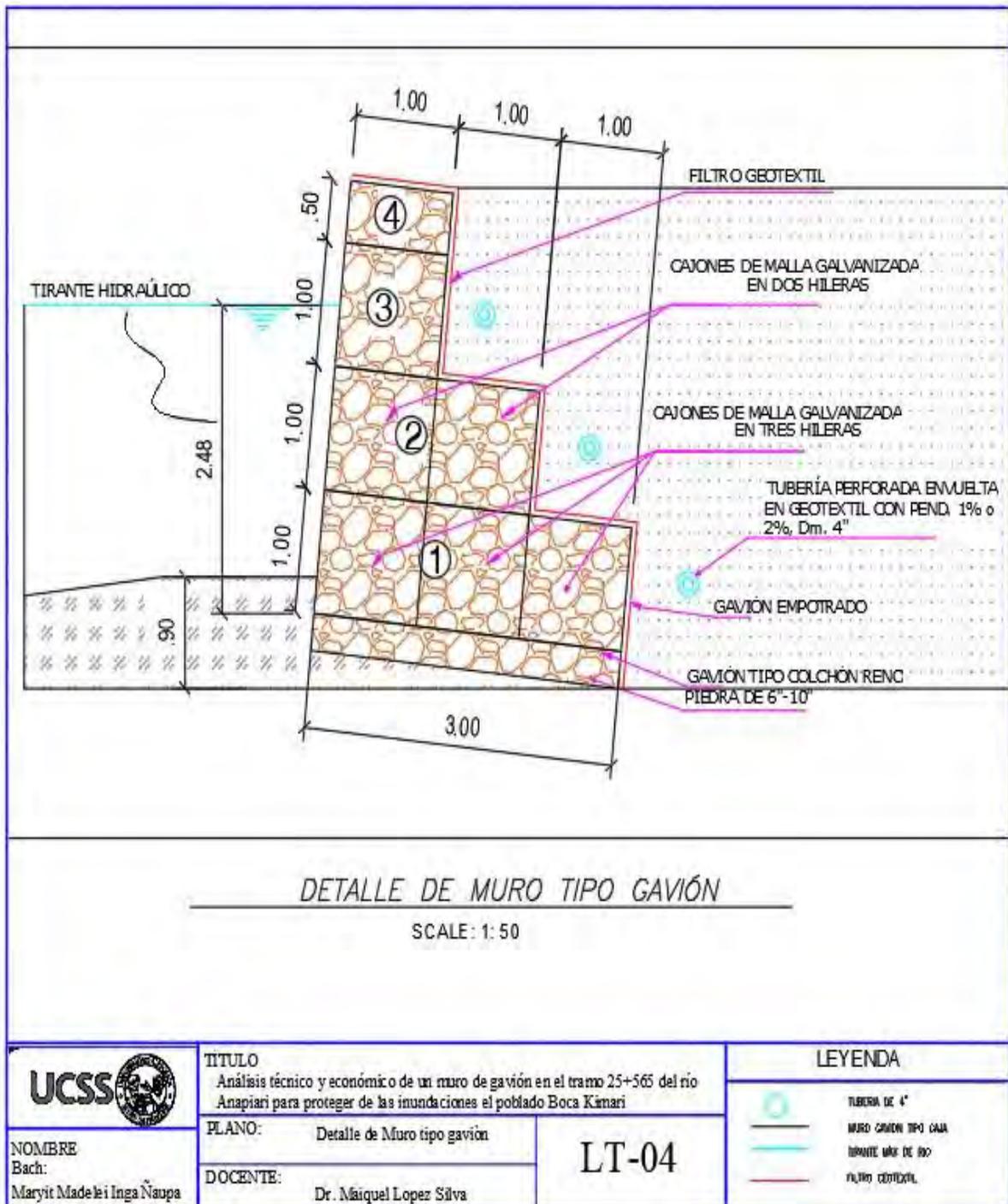
SCALE: 1: 750

	<b>TITULO</b> Análisis técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Ampari para proteger de las inundaciones el poblado Boca Kimari		<b>LEYENDA</b> 
	<b>PLANO:</b> Levantamiento Topográfico	<b>DOCENTE:</b> Dr. Maiquel Lopez Silva	
<b>NOMBRE</b> Bach: Maryit Madelei Inga Naupa			

Anexo 7

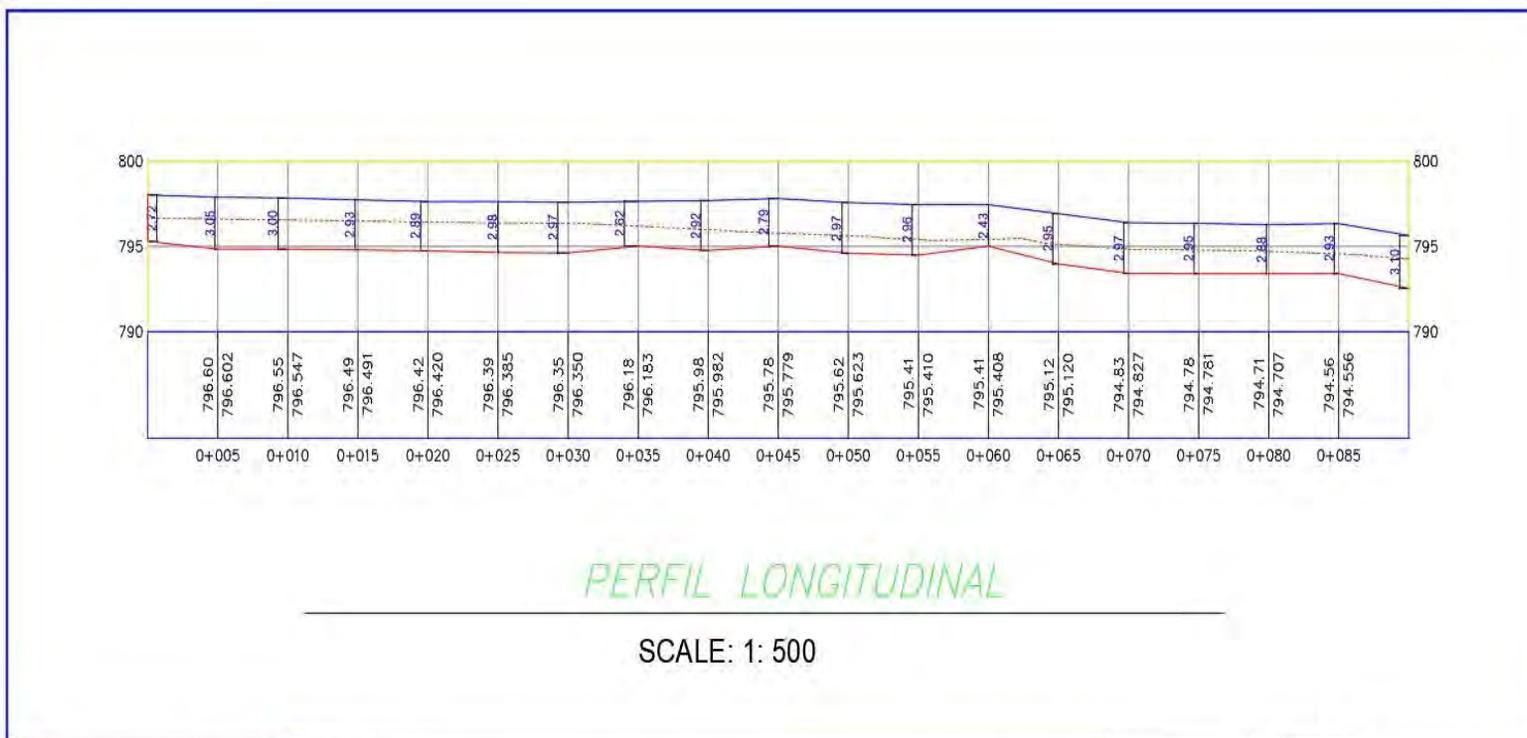
# Anexo 10

## Sección transversal de muro gavión



Anexo

Perfil longitudinal de río



PERFIL LONGITUDINAL

SCALE: 1: 500

	<b>TÍTULO</b> Análisis técnico y económico de un muro de gavión en el tramo 25+565 del río Anapiari para proteger de las inundaciones el poblado Boca Kimari		<b>LEYENDA</b> — COTA TERRENO — COTA DE AGUA — COTA DE SOCAVACIÓN
	<b>PLANO:</b> Detalle de Perfil longitudinal	<h1>LT-05</h1>	
<b>NOMBRE</b> Bach: Maryit Madelei Inga Ñaupa	<b>DOCENTE:</b> Dr. Maiquel Lopez Silva		

