



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA**

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

## **TESIS**

DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE  
DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLÍVAR,  
BARRANCA - 2022

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO CIVIL

**PRESENTADO POR:**

BACH. CHÁVEZ CASIMIRO MELANIE DIANE

BACH. GANTU LOARTE JANETH ELIZABETH

**BARRANCA – PERÚ**

**2024**



PRESIDENTE



MIEMBRO



MIEMBRO



ASESOR



Barranca, 07 de diciembre de 2024

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Los integrantes del Jurado Evaluador

Presidente: Dr. SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA
Miembro : Mg. CHRISTHIAN BENAVENTE LEON
Miembro : Mg. DANTE DOLORES ANAYA
Asesor : Dr. ARÍSTIDES RAMÓN SERRUTO COLQUE

Se reúnen para evaluar la sustentación de la tesis titulada:

“DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RÍO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLÍVAR, BARRANCA - 2022”

Presentado por los graduados:

**Gantu Loarte Janeth Elizabeth**

**Chavez Casimiro Melanie Diane**

Para optar el Título Profesional de INGENIERO CIVIL

Luego de haber evaluado la sustentación de la tesis, concluye en calificar a:

Gantu Loarte Janeth Elizabeth Chavez Casimiro Melanie Diane			Nota: 12	
Sobresaliente ( )	Muy bueno ( )	Bueno ( )	Regular (X)	Desaprobado ( )

Los miembros del Jurado Evaluador firman en señal de conformidad

Presidente

Miembro

Miembro

Asesor

## 07 OKK final TESIS GANTU Y CHAVEZ.pdf

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>18%</b>	<b>2%</b>	<b>8%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unab.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uladech.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.peru.generadordeprecios.info</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## **DEDICATORIA**

A mis padres, quienes me dieron la fortaleza para afrontar situaciones difíciles y nunca rendirme, porque siempre hay un mañana diferente; a mis hermanos Fabiana, Marcos, Manuel y Luis, quienes son mi guía y fortaleza.

**Janeth Elizabeth Gantu Loarte**

A mis padres Edith y Sergio, por inculcarme valores y sembrar en mí el interés por estudiar; a mi hermana Lesslie, por siempre confiar en mí.

**Melanie Diane Chávez Casimiro**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos en especial a nuestro asesor el Dr. Arístides Ramón Serruto Colque, quien nos guío y orientó.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras: Chavez Casimiro Melanie Diane, identificada con DNI: 72180044 y Gantu Loarte Janeth Elizabeth, identificada con DNI: 76412628 , bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y autoras de la tesis titulada: **“DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLÍVAR, BARRANCA – 2022”** , para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, declaramos en honor a la verdad que, el presente estudio es de nuestra autoría y se ha citado diversas referencias bibliográficas, considerando la propiedad intelectual de los autores.

De tal manera que, nosotras nos responsabilizamos de las consecuencias y sanciones ante cualquier perjuicio, plagio o apropiación ajena.



---

Firma

Melanie Diane Chavez Casimiro



---

Firma

Janeth Elizabeth Gantu Loarte

## ÍNDICE

I. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1.1 Título del proyecto .....	1
1.2 Autores .....	1
1.3 Asesor .....	1
1.4 Tipo de investigación .....	1
1.5 Programa y línea de investigación vigente .....	1
1.6 Duración de Proyecto .....	1
1.7 Localización del Proyecto .....	1
II. RESUMEN .....	2
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
3.1 Situación del problema .....	4
3.2 Formulación del Problema.....	6
IV. JUSTIFICACIÓN.....	7
V. ANTECEDENTE Y/O ESTADO DEL ARTE.....	14
VI. HIPÓTESIS Y VARIABLE DE ESTUDIO .....	56
6.1 Hipótesis .....	56
6.2 Variable de estudio .....	56
6.3 Operacionalización de variables .....	57
VII. OBJETIVOS .....	59
7.1 Objetivo general .....	59
7.2 Objetivos específicos .....	59
VIII. METODOLOGÍA.....	60
8.1 Diseño metodológico.....	60
8.1.1 Tipo de investigación.....	60
8.1.2 Diseño de investigación.....	60
8.1.3 Enfoque de investigación.....	60
8.2 Población y muestra .....	61

8.2.1 Población.....	61
8.2.2 Muestra.....	61
8.3 Unidad de Análisis .....	61
8.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	62
8.5.1 Técnicas a emplear.....	62
8.5.2 Descripción de instrumentos .....	62
8.5.3 Procesamiento de la información.....	63
8.5.3.1. Trabajo en campo. ....	65
8.5.3.2. Trabajo en gabinete. ....	65
8.5.3.3. Procedimiento de análisis. ....	65
8.5.3.4. Aplicación del procedimiento.....	65
8.5.3.5. Identificación del área de estudio. ....	66
8.5.3.6. Definición del punto de fluencia. ....	67
8.5.3.7. Delimitación de la cuenca hidrológica. ....	68
8.5.3.8. Modelado de la cuenca hidrológica.....	70
8.5.3.9. Selección de Estaciones y registros.....	70
8.5.3.10. Pruebas estadísticas y Selección de pruebas estadísticas .....	73
8.5.3.11. Tormenta de Diseño.....	74
8.5.3.12. Obtención del hidrograma de salida de la Cuenca. ....	75
8.5.3.13. Obtención del modelo de superficie del rio DEM.....	77
8.5.3.14. Cálculo de la llanura de inundación. ....	83
IX. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	86
X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	88
10.1. Resultados.....	88
10.1.1 Determinar las características hidráulicas del rio Pativilca en zonas aledañas al puente Bolívar, Barranca - 2022.....	88
10.1.2 Determinar las áreas de posible inundación utilizando software Hec – ras para mitigar riesgos de desborde del rio Pativilca en el puente Bolívar, Barranca – 2022.....	93

<i>10.1.3 Establecer las dimensiones adecuadas para la estructura de protección con el fin de reducir los riesgos de desbordamiento del Rio Pativilca en el Puente Bolívar, Barranca - 2022.</i> .....	100
10.1.3.1 Muro de Enrocado .....	101
10.1.3.2 Muro de Gaviones .....	104
10.1.3.3 Muro de Concreto Armado.....	110
10.2. Discusión .....	130
XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	134
11.1 Conclusiones.....	134
11.2 Recomendaciones .....	135
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136
XIII. ANEXO .....	141
13.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	142
13.2 PANEL FOTOGRÁFICO .....	144
13.3 ENSAYOS DE LABORATORIOS .....	150
13.4 PLANOS.....	192

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación de los ríos</i> .....	21
Tabla 2. <i>Clasificación de los fenómenos de inundaciones</i> .....	22
Tabla 3. <i>Daños por desborde de ríos</i> .....	23
Tabla 4. <i>Clasificación hidráulica del agua</i> .....	26
Tabla 5. <i>Clasificación de estructuras de protección</i> .....	30
Tabla 6. <i>Predimensionamiento de un gavion</i> .....	34
Tabla 7. <i>Características Geomorfológicas de la cuenca</i> .....	53
Tabla 8. <i>Variable dependiente</i> .....	57
Tabla 9. <i>Variable independiente</i> .....	58
Tabla 10. <i>Precipitaciones máximas anuales en mm</i> .....	72
Tabla 11. <i>Estimaciones de Precipitaciones</i> .....	73
Tabla 12. <i>Tormenta de Diseño</i> .....	74
Tabla 13. <i>Factores de forma de cuencas</i> .....	78
Tabla 14. <i>Contenido de humedad</i> .....	92
Tabla 15. <i>Ensayo de Corte Directo</i> .....	92
Tabla 16. <i>Deficiencias de muros de enrocados por autores</i> .....	103
Tabla 17. <i>Presupuesto de armado de Gaviones</i> .....	109
Tabla 18. <i>Estimacion del Costo de Gaviones</i> .....	110
Tabla 19. <i>Estimacion del Costo de muro de contencion</i> .....	116
Tabla 20. <i>Estimacion de Encofrado de muros de contencion</i> .....	117
Tabla 21. <i>Estimacion del costo de muro de concreto</i> .....	117
Tabla 22. <i>Momentos y Diseño de Muro</i> .....	128
Tabla 23. <i>Descripcion de viga</i> .....	129
Tabla 24. <i>Indices de refuerzo</i> .....	129
Tabla 25. <i>Varilas de acero</i> .....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Partes de un Rio</i> .....	22
Figura 2. <i>Partes de la cuenca</i> .....	27
Figura 3. <i>Partes de defensas Vivas-Naturales</i> .....	29
Figura 4. <i>Plantaciones Ejemplos</i> .....	30
Figura 5. <i>Partes de un gavión</i> .....	32
Figura 6. <i>Partes de un gavión tipo cajón</i> .....	33
Figura 7. <i>Partes de un gavión tipo colchoneta</i> .....	33
Figura 8. <i>Partes de un gavión tipo saco</i> .....	34
Figura 9. <i>Partes de un enrocado</i> .....	35
Figura 10. <i>Ciclo del Agua</i> .....	38
Figura 11. <i>Proceso Hidrológico</i> .....	40
Figura 12. <i>Localización del tramo de estudio del rio Pativilca</i> .....	53
Figura 13. <i>Cuenca hidrográfica</i> .....	54
Figura 14. <i>Diagrama de flujo</i> .....	64
Figura 15. <i>Puente Bolívar Ubicación</i> .....	67
Figura 16. <i>Clasificación hidráulica del agua</i> .....	71
Figura 17. <i>Numero de Curva según el uso de suelo</i> .....	76
Figura 18. <i>Caudal del río Pativilca (Q)</i> .....	88
Figura 19. <i>Velocidad del flujo (v)</i> .....	89
Figura 20. <i>Sedimentación y erosión (volumen acumulado de sedimentos)</i> .....	89
Figura 21. <i>Cohesión y Angulo de fricción</i> .....	90
Figura 22. <i>Delimitado de Cuenca</i> .....	93
Figura 23. <i>Modelado de Cuenca con Hec Hms</i> .....	93
Figura 24. <i>Topografía Aguas Abajo</i> .....	94
Figura 25. <i>TIN del modelo Hidrológico</i> .....	94
Figura 26. <i>Curvas de Nivel Proyecto</i> .....	94
Figura 27. <i>DEM proyecto</i> .....	95
Figura 28. <i>Calculo de los valores finales</i> .....	96
Figura 29. <i>Zona de inundación</i> .....	97
Figura 30. <i>Zonas afectadas</i> .....	98
Figura 31. <i>Flujo del Agua en el Tiempo</i> .....	99
Figura 32. <i>Muro enrocado</i> .....	103

Figura 33. <i>Dimensiones propuestas del Gavión</i> .....	105
Figura 34. <i>Gaviones existentes N°1</i> .....	108
Figura 35. <i>Gaviones existentes N°2</i> .....	108
Figura 36. <i>Muro de Contención de Concreto Armado</i> .....	115
Figura 37. <i>Modelo de Muro</i> .....	119
Figura 38. <i>Propiedades del concreto</i> .....	119
Figura 39. <i>Curva Esfuerzo Deformación Concreto</i> .....	120
Figura 40. <i>Acero Grado 60</i> .....	120
Figura 41. <i>Curva Esfuerzo Deformación</i> .....	121
Figura 42. <i>Seccion de muro</i> .....	121
Figura 43. <i>Presion Lateral</i> .....	122
Figura 44. <i>Propuesta de muro de 15 cm</i> .....	122
Figura 45. <i>Propuesta de muro de 20 cm</i> .....	123
Figura 46. <i>Propuesta de muro de 25 cm</i> .....	124
Figura 47. <i>Propuesta de muro de 30 cm</i> .....	124
Figura 48. <i>Deformación en la pantalla del muro</i> .....	125
Figura 49. <i>Momentos Flectores M11</i> .....	126
Figura 50. <i>Momentos Flectores M22</i> .....	126
Figura 51. <i>Combinaciones de cargas</i> .....	127

# I. INFORMACIÓN GENERAL

## 1.1 Título del proyecto

Determinación de estructura para mitigar riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca - 2022

## 1.2 Autores

Bach. Chávez Casimiro Melanie Diane

Bach. Gantu loarte Janeth Elizabeth

## 1.3 Asesor

Dr. Arístides Ramón Serruto Colque

## 1.4 Tipo de investigación

Aplicada

## 1.5 Programa y línea de investigación vigente

- **Área:** Ingeniería y Tecnología
- **Línea de Investigación:** Hidráulica y saneamiento urbano y rural.

## 1.6 Duración de Proyecto

Inicio: enero 2023

Culminación: octubre 2023

## 1.7 Localización del Proyecto

Departamento de Lima, provincia de Barranca y distrito de Pativilca

## II. RESUMEN

La investigación analiza las características hidráulicas del río y las áreas de posible inundación utilizando herramientas de software especializada (Hec-ras), la problemática radica en el crecimiento desordenado del cauce y la falta de una infraestructura adecuada para contener y guiar el flujo del río han incrementado la vulnerabilidad ante futuros eventos extremos. Su objetivo fue determinar el tipo de estructura de protección más óptimo para mitigar riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca – 2022. La hipótesis general contempló el tipo de estructura de protección más óptimo para mitigar riesgo de desborde en el río Pativilca es el muro de concreto armado. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental y tipo de investigación aplicada. La población estuvo conformada por 26.2 km de longitud del río Pativilca, mientras que la muestra abarcó 3.3 km de dicha longitud. Se empleó la técnica de observación utilizando como herramienta la ficha de observación. Se identificó un caudal máximo de 1138.5 m<sup>3</sup>/s de diseño y un mínimo caudal estacionario de 51,61 m<sup>3</sup>/s, lo cual presenta un desafío para la mitigación de desbordes. El estudio propone la elección de un muro de concreto armado como solución óptima para mitigar los riesgos de desborde del río Pativilca, descartando los muros de gaviones y enrocados debido a su menor durabilidad, a pesar de ser más económicos. Esta decisión se basó en factores como el volumen de agua y la velocidad del flujo, asegurando una solución eficiente y duradera para los próximos años. Se realizó un análisis de eventos extremos en la cuenca superior del río, considerando un periodo de retorno de 50 años, lo que permitió diseñar un muro perimetral de 5 metros de altura, con 25 cm de espesor y refuerzos de acero. Además, se recomendó mejorar la sección transversal del río para evitar el embalsamiento que eleva el nivel del agua.

**Palabras claves:** Estructuras, muros, inundación, y estudio hidrológico.

## ABSTRACT

The research analyzes the hydraulic characteristics of the river and the areas of possible flooding using specialized software tools (Hec- ras), the problem lies in the disorderly growth of the riverbed and the lack of adequate infrastructure to contain and guide the flow of the river have increased vulnerability to future extreme events. Its objective was to determine the most optimal type of protection structure to mitigate the risk of overflowing of the Pativilca river at the Bolivar bridge, Barranca - 2022. The general hypothesis was that the most optimal type of protection structure to mitigate the risk of overflowing of the Pativilca river is the reinforced concrete wall. The study adopted a quantitative approach, with a quasi-experimental design and applied research. The population consisted of 26.2 km of the Pativilca River, while the sample covered 3.3 km of this length. The observation technique was used, using the observation sheet as a tool. A maximum design flow of 1138.5 m<sup>3</sup>/s and a minimum stationary flow of 51.61 m<sup>3</sup>/s were identified, which presents a challenge for overflow mitigation. The study proposes the choice of a reinforced concrete wall as the optimal solution to mitigate the overflow risks of the Pativilca River, discarding gabion and rockfill walls due to their lower durability, despite being more economical. This decision was based on factors such as water volume and flow velocity, ensuring an efficient and durable solution for the coming years. An analysis of extreme events in the upper basin of the river was carried out, considering a return period of 50 years, which allowed the design of a perimeter wall 5 meters high, with 25 cm thickness and steel reinforcements. In addition, it was recommended that the cross section of the river be improved to avoid damming, which raises the water level.

**Keywords:** Structures, walls, flooding, and hydrological study

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 Situación del problema

A nivel internacional ocurren muchos fenómenos naturales, entre los más comunes las inundaciones, huaicos y socavaciones. En Ecuador, existe un área urbana que lleva el nombre de Sogamosa en el cual sus pobladores están asentados aledañas a un río que lleva por nombre Chiquito debido a que la mayoría son familias de escasos recursos económicos, por ello la calidad de vida de estos pobladores se ve afectada por el desborde del río en tiempos de invierno y largas precipitaciones (Gómez y Pérez, 2021). Así mismo las inundaciones son uno de los desastres naturales más frecuentes y devastadores a nivel mundial, afectando tanto a países desarrollados como en vías de desarrollo. Estas ocurren debido a fenómenos como lluvias intensas, huracanes, ciclones y el deshielo de los glaciares, que saturan los sistemas de drenaje naturales y artificiales. Entre los problemas más destacados están la pérdida de vidas humanas, la destrucción de infraestructura, daños a la agricultura, y la contaminación del agua potable (Martínez y López, 2020).

En regiones como el sudeste asiático, particularmente en países como India y Bangladesh, las lluvias monzónicas y ciclones provocan inundaciones masivas que desplazan a millones de personas cada año. En América del Norte, el huracán Katrina (2005) demostró el impacto devastador de las tormentas en áreas urbanas, donde los sistemas de protección y diques fallaron, causando daños económicos estimados en más de 100 mil millones de dólares. En Europa, países como Alemania y Bélgica enfrentaron inundaciones severas en 2021, exacerbadas por el cambio climático y la insuficiente capacidad de los sistemas de drenaje. Además, el aumento del nivel del mar, impulsado por el calentamiento global, representa una amenaza a largo plazo para las zonas costeras de todo el mundo. Esto está afectando particularmente a islas del Pacífico, donde los residentes ya están planeando reubicaciones debido a la intrusión del agua. En África, las inundaciones son una amenaza recurrente en países como Nigeria y Mozambique, donde las infraestructuras débiles agravan el impacto de estos desastres (García y Chen, 2022). Las inundaciones continúan siendo un desafío global, y la adaptación a través de infraestructura adecuada, políticas de prevención y alerta temprana son clave para mitigar sus efectos devastadores.

El Perú es un país en desarrollo debido a que tiene muchas deficiencias para asumir estos riesgos provocados por los ríos, y que a su vez tiene un alto porcentaje de huaicos, es por ello al realizar un modelamiento hidráulico mediante software (Hec-ras) se permitirá

conocer los puntos de riesgo de inundación y a su vez implementando las estructuras de protección dentro de la prevención de riesgo de inundación se podrá prevenir muchos desastres que en las regiones del país se han visto afectados mayormente las viviendas y las principales fuentes de producción agrícola (Martínez y Ruiz, 2023). También, en nuestro país en las regiones de la sierra y selva las lluvias son intensas provocando el desborde de los ríos, los principales afectados son las estructuras (viales e hidráulicas) y a los habitantes cerca de la ribera. Según el SENAMHI a inicios del año 2017 en las diferentes regiones de Perú se registró aumento de caudales, causando pánico a nivel nacional sobre todo a las zonas que son vulnerables. En los años de 1997 a 1998, el Perú tuvo uno de los más grandes desastres ocurrido por el fenómeno “El niño”, debido a la variación climatológica de la época. Azotó al país con tal fuerza que, “dejo un saldo de 366 personas fallecidas, 42 mil viviendas destruidas y 5180 hectáreas todos destruidos; con respecto a las infraestructuras destruyó 59 puentes, 84 kilómetros de carretera, 511 establecimientos de salud” (Perú21, 2017). Las zonas más afectadas fueron Piura, La Libertad, Lambayeque, Tumbes, Ica y Loreto. Los pobladores sobrevivientes de aquellos años nunca olvidaran el suceso ocurrido, debido a la falta de interés del gobierno y de implementar un plan de prevención ante riesgos naturales (Sánchez y Torres, 2022).

En el ámbito local, el río Pativilca, ubicado en la región de Barranca, enfrenta serias amenazas de desbordamiento, especialmente en las áreas aledañas al Puente Bolívar. Estos desbordamientos no solo ponen en riesgo la infraestructura vial y habitacional, sino que también afectan la seguridad y calidad de vida de las comunidades cercanas. En épocas de avenidas máximas, el caudal del río incrementa significativamente, causando inundaciones que resultan en pérdidas materiales y humanas. La problemática principal radica en el crecimiento desordenado del cauce del río y la falta de infraestructura adecuada para contener y guiar su flujo. Esta situación ha incrementado la vulnerabilidad de la zona ante eventos climáticos extremos, como lluvias intensas y fenómenos meteorológicos adversos. La ausencia de un sistema de protección eficaz ha llevado a la erosión de las orillas y a un embalsamiento del agua, lo que a su vez eleva el riesgo de desbordes. A pesar de la importancia de implementar medidas de mitigación, hasta la fecha no se ha realizado un estudio exhaustivo que permita determinar el tipo de estructura de protección más óptima para abordar esta problemática. Es fundamental llevar a cabo un análisis hidráulico y un estudio de las características del río y su entorno para identificar y diseñar una solución efectiva que garantice la seguridad de la población y la integridad de la infraestructura. Por

lo tanto, el presente estudio tiene como finalidad la determinación de una estructura adecuada para mitigar los riesgos de desborde del río Pativilca en el Puente Bolívar, contribuyendo a la prevención de inundaciones y a la protección de las áreas vulnerables en Barranca, apoyado en un modelamiento hidráulico con un software (Hec Ras) e implementando estructuras de protección que cumplan y sean aptos con las características del lugar.

### **3.2 Formulación del Problema**

El río Pativilca enfrenta serios desafíos de desbordamiento que afectan la infraestructura y la seguridad de las comunidades cercanas. Con el objetivo de prevenir inundaciones y mejorar la resiliencia de la región, es esencial identificar una solución estructural eficaz.

#### ***3.2.1 Problema general***

PG: ¿Cuál es la estructura de protección más adecuada para minimizar los riesgos de desbordamiento del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca -2022?

#### ***3.2.2 Problema específico***

PE1: ¿Cuáles son las características hidráulicas del río Pativilca en zonas aledañas al puente Bolívar, Barranca - 2022?

PE2: ¿Cuáles son las áreas de posible inundación utilizando el software Hec – ras para mitigar riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca - 2022?

PE3: ¿Cuáles son las dimensiones de las estructuras de protección necesarias para mitigar los riesgos de desbordamiento del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca – 2022?

## **IV. JUSTIFICACIÓN**

### **4.1 Justificación teórica**

El estudio de esta investigación nace de la necesidad de conocer cómo mitigar riesgos de desborde de ríos, mediante un modelamiento hidráulico, pretendemos aportar nuevos conocimientos en el campo de prevención de riesgos y desastres naturales como un aspecto adicional a la carrera de ingeniería civil. La justificación teórica de esta investigación radica en la necesidad de abordar de manera efectiva los riesgos de desbordamiento del río Pativilca, proporcionando un marco que integre principios hidráulicos, normativas vigentes y un enfoque sostenible hacia la infraestructura urbana. Se fundamenta en diversas teorías contemporáneas y datos empíricos que reflejan la creciente complejidad de la gestión de recursos hídricos en un contexto de cambio climático y urbanización acelerada. La teoría de Resiliencia en Infraestructura: Esta teoría destaca la importancia de diseñar infraestructuras que no solo sean eficientes en condiciones normales, sino que también puedan adaptarse y recuperarse rápidamente tras eventos extremos. La elección de un muro de concreto armado, en lugar de soluciones más económicas como los muros de gaviones o enrocados, se justifica a partir de la necesidad de crear estructuras más resilientes que puedan soportar el aumento de caudales y evitar daños a largo plazo. Teoría de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH): Esta teoría propone un enfoque holístico para la gestión de aguas, considerando no solo las características físicas del río, sino también los aspectos sociales, económicos y ambientales. La GIRH aboga por la colaboración entre diferentes sectores y actores sociales para desarrollar estrategias sostenibles que reduzcan la vulnerabilidad ante inundaciones. De tal manera que la investigación es de gran utilidad para futuras investigaciones debido a la importancia de crear una alternativa de solución sobre el serio problema de erosiones a causa de las inundaciones en ríos.

### **4.2 Justificación práctica**

Para la realización de los procedimientos relacionados con la determinación de estructuras para mitigar riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar, radica en la necesidad de prevenir daños tanto a la infraestructura vial como a las áreas circundantes, especialmente en épocas de lluvias intensas o fenómenos naturales que puedan aumentar el caudal del río. El procedimiento para implementar una estructura que mitigue riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar debe incluir varias fases técnicas, desde la planificación hasta la construcción y monitoreo. Entre ellos se inicia con el estudio y

diagnóstico del área, para luego realizar la recolección de datos geotécnicos e hidrológicos específicamente se realiza un estudio del cauce del río, su historial de crecidas y caudales, así como las características del suelo alrededor del puente, incluyendo las márgenes del río y la infraestructura cercana. Posterior a ello realizar trabajos de gabinete donde se realiza el diseño de la estructura de mitigación también referir lo cálculos estructurales donde se considera las fuerzas hidráulicas, el material del suelo y los niveles de agua máxima. Garantizar que la estructura sea capaz de soportar eventos extremos sin sufrir fallos. Así mismo en la planificación y permisos es necesario realiza un detalle de presupuesto y solicitar los permisos legales correspondientes a las entidades autoridades que lo regulan mediante el proceso administrativo. Este procedimiento asegura una implementación efectiva de las estructuras para mitigar los riesgos de desborde del río Pativilca y proteger tanto el puente Bolívar como las áreas circundantes.

#### **4.3 Justificación metodológica**

La justificación metodológica para la determinación de una estructura que mitigue los riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar se basa en la necesidad de aplicar un enfoque técnico y científico que garantice la eficacia de las medidas implementadas. El enfoque cuantitativo permite realizar mediciones precisas de los riesgos asociados al desborde del río mediante la recolección de datos hidrológicos, geotécnicos, caudal del río, frecuencia y magnitud de crecidas históricas, capacidad de carga de las estructuras propuestas. También incluye la utilización de modelos hidráulicos y simulaciones computacionales que permiten predecir cómo se comportará el río. Se justifica el uso de un diseño experimental que permita manipular las variables del estudio, tales como los materiales de construcción (concreto) y las dimensiones de las estructuras, para evaluar su efectividad. Mediante ensayos en condiciones controladas, se podrán determinar las combinaciones óptimas para cada parámetro, asegurando así la viabilidad técnica del proyecto. La justificación radica en la importancia de contar con datos reales que aseguren que las soluciones sean contextualizadas y efectivas en función de las características locales del río y su entorno.

#### **4.4 Justificación social**

La justificación social para la implementación de estructuras que mitiguen los riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar está profundamente vinculada al bienestar de la comunidad local y su entorno. Esta investigación no solo busca proteger la

infraestructura, sino que tiene como objetivo primordial mejorar la calidad de vida de las personas que dependen directa e indirectamente de esta vía de comunicación. En primer lugar, el puente Bolívar es una conexión vital para los habitantes de Barranca y alrededores, facilitando el tránsito diario de personas y bienes. Un desborde del río, sin la debida mitigación, podría provocar el colapso de esta infraestructura, afectando la movilidad de la población, interrumpiendo actividades económicas esenciales como el transporte de productos agrícolas y comerciales, y limitando el acceso a servicios básicos como salud y educación. Por lo tanto, este proyecto busca garantizar la seguridad y continuidad de la vida cotidiana en la región. Asimismo, la zona circundante al río está habitada por familias que han enfrentado, en ocasiones anteriores, los efectos destructivos de inundaciones, poniendo en riesgo sus hogares y medios de subsistencia. La implementación de estructuras de protección no solo reducirá el riesgo de inundaciones, sino que aumentará la sensación de seguridad entre los habitantes, contribuyendo a la estabilidad social y emocional de la comunidad. Otro aspecto relevante es que el proyecto puede generar empleo local durante su fase de construcción y mantenimiento, ofreciendo oportunidades laborales a los habitantes de la zona, lo que representa un beneficio económico directo. Además, este tipo de intervención promueve una mayor conciencia social y ambiental. Al implementar soluciones sostenibles que protejan tanto a las personas como al entorno natural, se fomenta la responsabilidad colectiva sobre la preservación de los recursos hídricos y se promueve una cultura de prevención frente a desastres naturales.

#### **4.5 Justificación económica**

La justificación económica para la implementación de estructuras destinadas a mitigar los riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar se basa en el impacto positivo que estas medidas tendrán en la estabilidad financiera de la región y la optimización de recursos a largo plazo. En primer lugar, la construcción de estas estructuras permitirá prevenir daños significativos a la infraestructura vial, una inversión clave para el desarrollo económico de Barranca y sus alrededores. El puente Bolívar es una arteria fundamental para el transporte de bienes y personas, y su interrupción o destrucción podría generar costos de reparación elevados, además de afectar gravemente la actividad comercial. Al reducir el riesgo de desbordes, se protegen los recursos destinados a emergencias y reconstrucción; además, la protección de la infraestructura vial asegura la continuidad de las actividades económicas locales, evitando pérdidas para los agricultores, comerciantes y transportistas que dependen de este puente para mover sus productos. La interrupción del comercio por

inundaciones no solo afecta a los negocios locales, sino que también tiene un impacto negativo en los ingresos de las familias que dependen de estas actividades. Al garantizar la funcionalidad continua del puente, se favorece el flujo comercial y, en consecuencia, el crecimiento económico de la región. Otro aspecto clave es la reducción de costos asociados a planes de emergencia, como la evacuación de poblaciones, la asistencia médica y el alojamiento temporal, que suelen implicar gastos elevados en situaciones de desborde. Invertir en medidas preventivas es más económico a largo plazo, ya que se minimizan estos gastos imprevistos y se optimiza el uso de los recursos públicos. Asimismo, este proyecto tiene el potencial de incrementar la valorización de las propiedades cercanas. Al disminuir el riesgo de inundaciones, las zonas aledañas se vuelven más atractivas para inversionistas y residentes, lo que aumenta su valor en el mercado inmobiliario y genera beneficios para los propietarios locales. Por último, la generación de empleo durante la fase de construcción y mantenimiento de las estructuras es otro factor económico relevante. Al emplear mano de obra local y utilizar recursos de la región, se impulsa la economía local de manera directa, creando oportunidades laborales y fomentando un flujo económico que beneficiará a la comunidad.

#### **4.6 Justificación ambiental**

La justificación ambiental para la implementación de estructuras que mitiguen los riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar se fundamenta en la necesidad de proteger los ecosistemas circundantes y garantizar un manejo sostenible de los recursos hídricos de la región. Los desbordes no solo ponen en peligro la infraestructura y las comunidades locales, sino que también provocan efectos adversos en el entorno natural, como la erosión del suelo, la destrucción de hábitats y la contaminación de cuerpos de agua. En primer lugar, las estructuras de mitigación como muros de contención, bien diseñadas, tienen el objetivo de controlar y redirigir el flujo del agua de manera que se reduzcan los impactos ambientales negativos. Estas intervenciones no solo evitan la erosión de las riberas y protegen las tierras agrícolas adyacentes, sino que también preservan los hábitats naturales de especies de flora y fauna que dependen del equilibrio ecológico del río. Al estabilizar los márgenes del río y evitar que el agua arrastre grandes cantidades de sedimentos y contaminantes, se mejora la calidad del agua y se mantiene la biodiversidad local. Además, al prevenir inundaciones que puedan afectar áreas pobladas, también se evitan situaciones en las que los residuos sólidos y contaminantes industriales o domésticos sean arrastrados hacia el cauce del río, lo que podría generar graves problemas de contaminación y afectar

tanto a los ecosistemas acuáticos como a la salud humana. De esta manera, la mitigación del riesgo de desbordes contribuye al mantenimiento de la calidad ambiental y al cuidado de los recursos hídricos, vitales para el bienestar de las comunidades. Otro aspecto importante es que este proyecto debe estar orientado hacia la sostenibilidad, utilizando materiales y técnicas de construcción que minimicen el impacto ambiental durante su implementación. El uso de técnicas de ingeniería ecológica, como la bioingeniería, puede integrar soluciones basadas en la naturaleza, que además de controlar el riesgo de desborde, restauren y protejan los ecosistemas ribereños. Asimismo, la prevención de desastres naturales mediante estas estructuras también ayuda a evitar deforestaciones incontroladas y otras intervenciones humanas que podrían agravar la situación ambiental. Al tener un control más eficiente sobre el flujo del río, se reduce la necesidad de realizar acciones de emergencia que pudieran alterar el paisaje natural de manera irreversible.

#### **4.7 Justificación científica**

La justificación científica para la implementación de estructuras que mitiguen los riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar se basa en principios sólidos de hidrología, geotecnia e ingeniería civil, que permiten identificar y diseñar soluciones efectivas para la protección de infraestructuras críticas y la reducción de riesgos asociados a desastres naturales. La ciencia ofrece herramientas para comprender las dinámicas fluviales y los procesos de erosión, sedimentación e inundación, permitiendo proponer intervenciones basadas en datos empíricos y modelos predictivos. Los estudios científicos sobre el comportamiento de los ríos durante eventos de lluvias intensas, especialmente en áreas propensas a inundaciones, demuestran la importancia de intervenir con estructuras de mitigación. La acumulación de agua en los cauces y su desbordamiento en periodos de crecida está directamente relacionada con la geomorfología del río, la capacidad de drenaje del suelo, y los cambios en el uso del suelo en las cuencas altas y bajas. Estos estudios permiten modelar el comportamiento del río Pativilca en diferentes escenarios y establecer el tipo y diseño óptimo de las estructuras, como diques, canalizaciones o muros de contención. Desde el punto de vista de la geotecnia, la implementación de estas estructuras está respaldada por estudios del comportamiento mecánico de los suelos en la zona. Un análisis geotécnico adecuado puede determinar la estabilidad de las riberas y la capacidad de los suelos para soportar las cargas estructurales necesarias. Estos estudios garantizan que las soluciones propuestas no solo sean seguras, sino también duraderas y eficientes, adaptándose a las condiciones geológicas y climatológicas locales. La ingeniería hidráulica

también juega un papel clave en la justificación científica, al permitir simular el flujo del agua y predecir los efectos de diferentes eventos hidrometeorológicos en el área del puente Bolívar. Con el uso de software especializado y técnicas avanzadas, los ingenieros pueden determinar la capacidad del río para transportar caudales extremos y, en consecuencia, diseñar estructuras que controlen el flujo y disipen la energía del agua, reduciendo así la probabilidad de desbordes. Además, el estudio del proyecto se justifica científicamente al integrar el concepto de resiliencia frente al cambio climático. Estudios climáticos indican que los fenómenos extremos, como lluvias intensas y crecidas de ríos, serán más frecuentes y severos en el futuro. La construcción de infraestructuras resilientes y adaptadas a estos escenarios se basa en investigaciones sobre los efectos del cambio climático en los regímenes hidrológicos y la capacidad de los sistemas naturales para adaptarse.

#### **4.8 Justificación tecnológica**

La justificación tecnológica para la implementación de estructuras que mitiguen los riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar se apoya en el uso de tecnologías avanzadas en el diseño, construcción y monitoreo de soluciones de ingeniería. El empleo de herramientas tecnológicas de vanguardia permite optimizar el proceso de planificación y ejecución de las obras, garantizando mayor precisión, eficiencia y sostenibilidad. El uso de tecnologías de modelado y simulación hidráulica es fundamental para entender el comportamiento del río y prever diferentes escenarios de crecidas y desbordes. A través de software especializado como HEC-RAS o SWMM, es posible realizar simulaciones digitales que replican el flujo de agua en diversas condiciones hidrológicas, permitiendo visualizar los puntos más vulnerables y calcular con precisión el caudal que debe ser controlado. Estas simulaciones son esenciales para diseñar estructuras de mitigación, como diques o muros de contención, con base en datos precisos que garantizan su eficacia. La utilización de tecnologías avanzadas de sensores y monitoreo en tiempo real es clave para la gestión del riesgo. Sistemas de monitoreo hidrológico equipados con sensores de nivel de agua, flujo y precipitaciones permiten recolectar datos en tiempo real, lo que ayuda a detectar cambios en las condiciones del río y activar medidas preventivas antes de que se produzcan desbordes. Este enfoque basado en la tecnología de monitoreo permite tomar decisiones más informadas y reducir la probabilidad de que los eventos extremos causen daños mayores. En cuanto a la fase de construcción, el uso de maquinaria y técnicas de construcción modernas, como la ingeniería asistida por drones y el escaneo láser 3D, proporciona una mayor precisión en la ejecución de las obras. Los drones permiten realizar inspecciones detalladas de las áreas

vulnerables, cartografiar el terreno y evaluar el progreso de la construcción con un alto grado de detalle. De igual manera, el escaneo 3D facilita la reconstrucción digital del entorno, permitiendo una planificación más precisa y adaptada a las condiciones reales del terreno. Por otro lado, el desarrollo y uso de materiales de construcción innovadores también respalda la justificación tecnológica. Los avances en la tecnología de materiales, como el concreto de alta resistencia y las geoestructuras reforzadas, permiten construir infraestructuras más duraderas y resilientes. Estos materiales están diseñados para soportar condiciones extremas de presión y flujo de agua, minimizando el deterioro y aumentando la vida útil de las estructuras. Además, el uso de materiales sostenibles que generen menor impacto ambiental forma parte de las nuevas tendencias tecnológicas que se alinean con la protección del entorno natural. Asimismo, la implementación de sistemas de gestión inteligente del agua y estructuras con tecnología de control automático de caudales permite regular de manera eficiente el flujo del río, distribuyendo el agua en periodos de crecida y evitando desbordamientos. Estas tecnologías hacen posible un control preciso y dinámico, ajustando la respuesta de las estructuras a las condiciones cambiantes del entorno.

## V. ANTECEDENTE Y/O ESTADO DEL ARTE

### 5.1 Antecedentes

#### 5.1.1 Antecedentes nacionales

Acuña (2020) realizó una investigación en la Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrión con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil para ello el estudio se tituló “*Diseño de dique enrocado y defensa ribereña del sector baños de fierro tramo km 102+080 a 202+435, distrito de andajes - oyon - lima*” plantea el objetivo para indicar aquel vínculo entre el diseño del sistema de enrocado y la defensa ribereña puesto que diversas parcelas se encuentran aledaña y esto podría perjudicar la producción agrícola de los moradores, así mismo el método que utiliza es de tipo transversal, de enfoque cuantitativo, el diseño es básico entonces la población adquirida es de 282 beneficiarios y la muestra es tomada en general porque realizo un cuestionario donde indican las diversas falencias cada uno de los moradores, en tal sentido luego de la recaudación de información procedió a obtener los resultados, en ello indica que; el diseño propuesto previene las posibles inundaciones basado en un desbordamiento amplio de agua, los resultados del cuestionario estuvieron enlazados a una escala de Likert el cual contuvo los ítems siguientes “en disconformidad” respondieron 4, “ni disconforme ni conforme” respondieron 66, “conforme respondieron 180”, “Muy conforme respondieron 32”, entonces el autor llega a una conclusión reforzando su respuesta con el estadístico de Tau de Kendl obteniendo un resultado de 67,7% y rho de spearman de 72,9% en tal sentido indica que posee una correlación moderada – alta.

Zeña y Santamaría (2021), realizó una investigación en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil para ello el estudio se tituló “*Diseño de una defensa ribereña mediante enrocado en los ríos Corral del medio y La Gallega, longitud 4.0 km. Distrito y provincia de Morropón, región Piura*”, basado en diversas activaciones del cauce e incremento de caudales de ríos y quebradas durante el fenómenos del niño se ha visto afectado producto del desbordamiento varias parcelas, en tal sentido presenta el objetivo de estudio para diseñar una adecuada defensa riverieña mediante el sistema de enrocado puesto que existe mayor certeza para mitigar y contrarrestar el impacto, el no permite perdidas de terrenos agrícolas y tampoco socavación de terrenos de cultivos de los pobladores que se encuentran en las riberas del ríos, así mismo propone el método de desarrollo de tipo descriptivo observacional, realizado en un periodo

de tiempo puntual por lo tanto es transversal, de enfoque cuantitativo, la población y muestra del estudio es el río de 4 km de longitud donde se determinó los parámetros geomorfológicos, levantamiento topográfico y mecánica de suelo, entonces se procesa los resultados mediante cálculos hidráulicos, Medrado y especificaciones que converge el proyecto, tiene el perímetro de la cuenta de 118.9 km, coeficiente de compacidad es de 1,3 factor forma 0.4, también cuantifico el sistema de drenaje considerando el grado de ramificación siendo 4, densidad 0,5 perteneciendo a la clase baja, escurrimiento superficial 0,4 y frecuencia 0.18, manteniendo una pendiente 150 m y 1400 m, luego concluye el estudio iniciando con una descolmatación el cual consiste en el adecuado alineamiento del cauce de río considerando un ancho de 60 m con una longitud a intervención de 3600 m protegiendo el margen derecho porque sufre mayor debilitación con posible inundación.

Yamo (2023), presentó una investigación en la Católica los Angeles de Chimbote con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil para ello el estudio se tituló “*Diseño del dique enrocado para prevenir inundaciones del río Tumbes*”, plantea el objetivo del estudio con la finalidad de mantener un diseño idóneo para mitigar desbordes e inundaciones de río en tal sentido mantiene la ideología del sistema de enrocado porque mitiga con mejor garantía la socavación de las riberas del río evitando daños y perjuicios a las parcelas aledañas, beneficiando a los moradores, motivo por el cual planteo el problema buscando la mejora de la defensa ribereña, así mismo propone el método a seguir en su desarrollo el cual le permite realizar cálculos, demostrar mediante gráficos todos los detalles que refuerzan el estudio, todo ello en un periodo de tiempo corto entonces se dice que fue transversal, así mismo como posee datos numéricos se inclina por un enfoque cuantitativa, como nivel de investigación es no experimental pero descriptivo, estudio posee una población y muestra considerada en el estudio a las progresivas a intervenir iniciando en el kilómetro 1+260 a 1+917, recaba información para proceder a dar solución mediante diversos ensayos iniciando por mecánica de suelo, buscando la adecuada estratificación de suelo para iniciar con el diseño así mismo tipo de suelo, comportamiento en su profundidad, resultando una predominancia de los suelos granulares el cual no tiene cohesión y las capacidades de carga idónea para el estudio brindando una base sólida para la conformación de dique, entonces concluye el estudio afirmando que el diseño de dique enrocado si mitiga el desborde e inundación del río evitando el perjuicio de las parcelas aledañas y terrenos agrícolas con sembrío de productos.

Medina y Serrano (2020), presentó una investigación en la Universidad Señor de Sipan con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil para ello el estudio se tituló “*Propuesta de una defensa ribereña en río La Leche, Lambayeque*”, la investigación abordada se encuentra propuesta basado en la identificación del problema con finalidad de brindar la mejor solución que beneficie a la población aledaña puesto que sufren de diversos desbordes e inundaciones del río La Leche, entonces planteó el objetivo de diseñar una defensa ribereña que mantenga el encausamiento del río evitando perjuicios a las viviendas y parcelas aledañas que a su paso causen desastres naturales basado en fuertes precipitaciones el cual incremento la escorrentía pluvial en las cuencas con pérdidas económicas, materiales y de vidas, así mismo refuerza el estudio manteniendo el lineamiento donde el estudio topográfico mantiene las secciones identificadas como débiles para considerar en el diseño, entonces como resultado del estudio indica el desarrollo iniciando por las evaluaciones hidráulicas con el software HEC RAS, para ello el diseño contempla los dos márgenes del río, así mismo el sistema calcula automáticamente el caudal máximo y mínimo de acuerdo a las consideraciones solicitadas numéricamente, modelando se puede obtener un volumen de inundación en caso existiera mayores desbordes de tal manera que se identifiquen las áreas que posiblemente fueran afectadas, luego procede a recopilar estudios anteriores los cuales respalden sus resultados, así mismo teniendo como referencia el tipo de suelo, rocas y materiales granulares se inicia el diseño elegido como defensa ribereña reforzando con el software RIVER, para luego evaluar los resultados, pero la estabilidad se mantuvo evaluando en el software SLIDE.

Martínez (2023), ostentó una investigación en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil para ello el estudio se tituló “*Diseño de la defensa ribereña en el cauce del río Sisa en el tramo Getsemaní a San Rafael del distrito San Rafael, departamento San Martín 2020*”, en el presente estudio el autor plantea el objetivo con la intención de responder al problema identificado y buscando brindar la posible solución, propone diseñar y luego analizar toda la defensa ribereña del río Sisa en aquellos tramos específicos puesto que el tramo de estudio afecta con frecuencia los desbordes del caudal ocasionando perjuicio a los terrenos que se ubican próximos al río, así misma utiliza la metodología de tipo descriptiva desarrollada en un periodo de tiempo corto con la finalidad de recopilar información certera, la población y muestra fue el río que afecta a los beneficiarios, se ha desarrollado y recopilado información iniciando por estudios de topografía, estudio de mecánica de suelo, también hidrología e

impacto ambiental, en ello se han desarrollado los resultados pendientes que no se encuentran por encima del 1% con material de baja plasticidad puesto que es una arcilla arenosa, con coloración Marrón claro (CL) por ello se diseña el dique de tipo enrocado puesto que posee mayor propiedades y resulta beneficioso para todos los usuarios y junta de regantes puesto que consideran mayor tiempo de utilidad, concluye el estudio donde el ancho del cauce el cual aplica 5 métodos para un adecuado caudal 1169,7 m<sup>3</sup>/s, con tiempo de retorno de 140, posee una altura de 7 m, ancho de cresta de 3 m, con una profundidad de una 1 metro, con ancho estable de 50 m, el presupuesto total fue de 14394904, 00 soles en un plazo de 150 días calendarios para cumplir con la entrega.

Lucas (2020), presentó una investigación en la Universidad Nacional Agraria con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil para ello el estudio se tituló “*Identificación e implementación de medidas de protección y prevención de inundaciones en tramos de los ríos Santa Eulalia y Rimac*”, el objetivo principal fue planteado con la finalidad de analizar y presentar los elementos técnicos y la contribución aportada al proyecto para la identificación e implementación de medidas de protección y prevención ante inundaciones en sectores de los ríos Santa Eulalia y Rímac. Cuenta con una metodología de investigación no experimental de tipo cualitativa. Además, el nivel de la investigación es descriptivo básico, y la población y muestra se llevaron a cabo en los márgenes del río. Los resultados del estudio propusieron una solución técnica y económicamente viable para mitigar el desborde e inundación causados por las crecidas máximas de los ríos Santa Eulalia y Rímac, así como prevenir los procesos erosivos que convierten estas áreas en zonas de riesgo permanente para los habitantes, las estructuras hidráulicas y la producción agrícola. Se identificaron ocho tramos donde se planificó la construcción de 12 diques (5,579.91 metros lineales). El presupuesto inicial fue de S/.14,622,783.20, actualizado a S/.18,083,231.69 en el expediente técnico para su ejecución. Esta solución se fundamentó en estudios de campo y gabinete, resultado del trabajo conjunto entre el consultor y la Oficina de Estudios y Proyectos.

### **5.1.2 Antecedentes internacionales**

Farfán et al., (2023) en su trabajo de investigación (artículo científico) aborda el título de investigación “*Gestión de Riesgo de Desbordes de Ríos ante el Fenómeno El Niño*” realizada en la Universidad Ciencias Latinas publicada en la Revista Científica Multidisciplinar, así mismo el objetivo que planteó fue examinar la gestión del riesgo de desbordes de ríos frente al Fenómeno de El Niño. La gestión del riesgo de inundaciones

causadas por el desborde de ríos se basa en un enfoque que integra diversas estrategias estructurales y no estructurales. Estas permiten manejar las inundaciones, promover el desarrollo sostenible del sistema fluvial y reducir el impacto sobre sus componentes naturales y los servicios ecosistémicos. El estudio concluye indicando que el Perú, debido a su ubicación geomorfológica y geológica, está altamente expuesto a diversos eventos y riesgos, como inundaciones provocadas por el fenómeno El Niño y terremotos que impactan gravemente la vida de los habitantes. Se concluye que las instituciones estatales deben actuar de forma coordinada y preventiva, mediante una planificación estratégica que, en un 80%, involucre de manera participativa a la población que reside en las zonas de riesgo identificadas.

Vitale (2023) presentó un artículo científico publicada en la revista *Environmental Science and Policy*, el título fue denominado, *“Comprender el cambio hacia un enfoque basado en el riesgo en la gestión del riesgo de inundaciones”* (traducido al español) se realizó un estudio de caso comparativo de tres ríos italianos, plantea el objetivo principal para evaluar las fuentes de financiamiento separadas, el conocimiento y los recursos diferentes, así como las diversas escalas espaciales y horizontes temporales, hacen que los ámbitos de gestión del riesgo de inundaciones y la planificación territorial sean difíciles de integrar en la práctica. La metodología de la investigación posee un enfoque es respaldado por el modelo basado en riesgos, el cual, a diferencia del enfoque tradicional basado en estándares, pone énfasis en la necesidad de considerar tanto la probabilidad como las consecuencias de las inundaciones, destacando la importancia de la cooperación entre los planificadores urbanos y los gestores de recursos hídricos en la gestión de riesgos. Los resultados de la investigación están basados en el estudio donde aplica el marco politizado de Análisis y Desarrollo Institucional (IAD) como una herramienta para analizar de manera estructurada la interacción entre factores discursivos, institucionales y contextuales que facilitan o dificultan la transición hacia un enfoque basado en riesgos en las políticas de gestión de inundaciones de las ciudades metropolitanas de Nápoles y Milán. Las similitudes observadas y los patrones recurrentes en ambos casos revelan tres problemas clave de gobernanza que obstaculizan este cambio: la falta de coordinación entre los distintos niveles de gobierno, los actores involucrados y las áreas de políticas el 75% de la población es afectada cuando el fenómeno hidráulico es activado así mismo el 40% de ellos posee pérdidas totales de sus bienes. El artículo finaliza con una serie de recomendaciones para los

responsables políticos sobre cómo enfrentar estos desafíos de gobernanza y lograr una adaptación eficaz ante las inundaciones.

Bibi et al., (2023) presentó un artículo científico publicada en la revista *City and Environment Interactions*, el título fue denominado, “*Evaluación del desempeño de los sistemas de drenaje en respuesta a escenarios futuros y medidas de mitigación de inundaciones utilizando el modelo de gestión de aguas pluviales*” (traducido al español), el objetivo principal fue planteado con la finalidad de determinar el rendimiento de los sistemas de drenaje se puede evaluar utilizando modelos de simulación, como el modelo de simulación de gestión de aguas pluviales (SWMM). En este estudio, se evaluaron los posibles impactos de las lluvias de diseño futuras en el rendimiento de los sistemas de gestión de aguas pluviales, alterando un hidrograma derivado de las curvas de intensidad y duración de la lluvia de tres modelos climáticos. Cuenta con una metodología de investigación no experimental de tipo cualitativa. Además, el nivel de la investigación es descriptivo básico, y la población y muestra se llevaron a cabo en los márgenes del río. El resultado del estudio se simuló los efectos de la urbanización continua en los sistemas al cambiar el porcentaje de impermeabilidad de las condiciones actuales de uso del suelo. Según los hallazgos, los sistemas de drenaje existentes no pueden gestionar los riesgos de inundación esperados causados por un ligero cambio en la intensidad de la lluvia futura según cada modelo climático. Como resultado del desarrollo urbano, el aumento de la relación de impermeabilidad del 10% al 70% ha incrementado la escorrentía máxima de 51.3 a 82.4 m<sup>3</sup>/s, el volumen de inundación se amplió de 24,320.5 x 10<sup>3</sup> a 33,647.4 x 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> (representando un 38.4% del aumento), y el número de nodos inundados aumentó de 64 a 196 (representando un aumento del 67.12%). En general, se identificaron las ubicaciones y magnitudes de las inundaciones, mientras que los sistemas de drenaje no lograron conducir de manera segura el escurrimiento superficial en condiciones normales, lo que implica que las inundaciones futuras serán más intensas. Por lo tanto, se deben considerar estrategias de mitigación seleccionadas para aliviar los riesgos de inundación que interrumpen el entorno socioeconómico y las significativas pérdidas de propiedades y vidas resultantes en Dodola, Etiopía.

Espejo et al., (2023) presentó una investigación en la revista *Journal of Hydrology*, el título fue denominado, “*Medida estructural de “amortiguación” de bajo costo para la reducción del riesgo de inundaciones en embalses de riego*” (traducido al español), el objetivo principal fue reducir el riesgo asociado a las inundaciones por ruptura de IRs en

estanques de riego a través de una medida estructural novedosa y de bajo costo, denominada “buffer”, que se incluye en el elemento de riesgo. Esto garantiza una laminación máxima de las inundaciones en caso de ruptura, así como la minimización del pico del hidrograma. Por lo tanto, se produce una reducción del peligro potencial asociado a estos eventos indeseados. La metodología comienza con la identificación de las causas que generan el peligro de inundación; luego, se realiza un marco de simulación hidráulica numérica detallado y exhaustivo a través de modelos sintéticos de IRs, con un análisis basado en eventos de ruptura y umbrales de “buffer” de pendiente. Finalmente, se desarrolla la etapa de toma de decisiones. Esta etapa crucial implica la simulación, adaptación y optimización tanto del IR como del “buffer” hacia la ubicación de menor riesgo. El resultado del estudio inspira y se apoya en la implementación de un enfoque de Gemelo Digital de ruptura de IRs que involucra la modelización de los eventos de ruptura más probables con y sin la solución de “buffer”. De este modo, se logra el diseño óptimo del “buffer” como solución estructural completamente adaptada al sitio del IR. Así, es posible diseñar una medida eficaz y económica para el peligro identificado. Así mismo concluye en el enfoque ha sido ejemplificado en dos grandes IRs españoles (aproximadamente 320,000 y 201,000 m<sup>3</sup>). Se ha encontrado que la eficiencia general de la solución de “buffer” es del 20 % en la reducción del riesgo de inundación, con una pendiente longitudinal máxima de solo el 0.50 % (terreno llano) y sin necesidad de implementar medidas estructurales adicionales. Este enfoque puede considerarse como una solución de ingeniería suave y adaptativa para el diseño óptimo y seguro de los IRs.

## **5.2 Bases teóricas**

### **5.2.1 Definición de las variables**

#### **5.2.1.1 Variable Independiente: Riesgo de desborde.**

“Se refiere a un fenómeno natural donde los ríos sufren daño a causa de avenidas máximas, huaicos, factor tropical, lluvias, huracanes y factor humano los cuales producen desbordes de los márgenes de los ríos” (Rocha, 1998)

#### **5.2.1.2 Variable Dependiente: Tipos de estructuras de protección.**

“Los tipos de estructura de protección son gaviones, enrocados, muro de contención, etc. Las cuales son construidas para proteger de las crecidas máximas de los ríos a las áreas aledañas de tal manera que permiten evitar los procesos de erosiones” (Pachas, 2017, p. 5)

### 5.2.2 Geomorfología del río

Según Rocha (1998) “un río puede definirse como un sistema de canales naturales (cursos de agua) por medio de los cuales se descarga el agua de la cuenca”

**Tabla 1**

*Clasificación de los ríos.*

<b>Ríos jóvenes</b>	<b>Ríos maduros</b>	<b>Ríos viejos</b>
- Tienen forma de V	- Pendientes menores	- Se ancha el valle cada vez mas
- Irregulares	- Formación de meandros	- Deltas en las desembocaduras
- El delta está en proceso de formación	- Existe obras de encauzamiento	- Baja pendiente a causa de los meandros

*Nota.* Rocha (1998), esta tabla muestra las diferentes clasificaciones de los ríos.

#### **a. Curso de Agua**

Según Terán (1998) afirma que:

El curso del agua en los ríos se refiere a la dirección y flujo del agua a lo largo del cauce del río. Está determinado por la pendiente del terreno y la fuerza de gravedad, que hacen que el agua fluya desde áreas más altas hacia áreas más bajas.

El curso del agua en los ríos generalmente sigue una trayectoria curva o sinuosa, conocida como meandro. A medida que el agua fluye, puede moverse en curvas amplias o ajustadas debido a la topografía del terreno. Los meandros pueden cambiar con el tiempo debido a la erosión y deposición de sedimentos, lo que da lugar a la formación de nuevas curvas y al abandono de las antiguas.

Además de los meandros, el curso del agua en los ríos puede incluir otros elementos, como rápidos, cascadas, remansos y desembocaduras. Estos elementos pueden influir en la velocidad y la dirección del flujo del agua.

Es importante tener en cuenta que el curso del agua en los ríos puede variar dependiendo de diversos factores, como las estaciones del año, las precipitaciones, la geología del terreno y la intervención humana. Los seres humanos a menudo han

modificado el curso de los ríos mediante la construcción de presas, canales y diques para diversos fines, como el suministro de agua, la generación de energía hidroeléctrica o la prevención de inundaciones.

### Figura 1

*Partes de un río.*



*Nota.* Terán, 1998.

### 5.2.3 El fenómeno de las inundaciones

Según INDECI (2011) nos indica que “generalmente se trata de la presencia de agua en lugar donde no se tiene presencia de agua, lugares secos. Las inundaciones consiguen suceder por dos razones trascendentales: el desbordamiento de grandes cantidades de agua que se encuentran en lagos, lagunillas y así vez por la acción de la lluvia intensa.”

De las cuales se clasifica en varios tipos, se mencionará a continuación:

#### Tabla 2

*Clasificación de los fenómenos de inundaciones.*

Según su duración	Según el mecanismo de generación
- Inundaciones dinámicas o rápidas	- Inundaciones pluviales
	- Inundaciones fluviales
- Inundaciones lentas o estáticas	- Inundaciones por operaciones incorrectas de obras de infraestructura hidráulica o rotura

*Nota.* INDECI (2011), esta tabla muestra las clasificaciones de los fenómenos de inundaciones.

### **5.2.3.1 Daños causados por inundación.**

El cálculo de los daños por inundaciones es un tema que le concierne a la norma peruana OS 0.60 y ANA respectivamente, el primero Norma OS 0.60 habla de los drenajes urbanos, protecciones en ciudad y sistemas de agua y desagüe, por ello esta norma no es aplicable en este caso, por otro lado el ANA cuenta con manuales y guías de diseño donde propone el uso de lluvias e inundaciones para periodo de retornos de 50 años, lo cual se puede verificar en “Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas”, en las secciones 1.3.7. Consideración de caudales máximos y periodos de retorno en zonas urbanas, rurales y agrícolas, se propone utilizar 25,50,100 años en zonas urbanas, por otro lado para zonas rurales se recomienda usar 10, 25 a 50 años, esto debido a la gran cantidad de agua y la dificultad de inundar una zona, siendo fácil inundar zonas rurales debido a que no tienen protección, mientras que las zonas urbanas tienen protección propia, como impermeabilización de la superficie y efectos similares, lo cual dificulta aún más su inundación, por otro lado el ANA en el documento de “La Regulación de las Fajas Marginales” en el artículo 9 En los cauces naturales con estructuras de encauzamiento o defensas ribereñas, sugiere utilizar un periodo de retorno de 50 años para el cálculo de inundaciones y diseño de tramos del curso de agua, es por ello que se utiliza 50 años para el periodo de retorno.

Mayormente las planicies son los lugares con más asentamientos humanos, para realizar actividades socioeconómicas. Debido a esta mala práctica cuando ocurren inundaciones se generan cuantiosas pérdidas, incluyendo vidas humanas (INDECI, 2011).

Las inundaciones por causa del desborde del río dejan daños irreparables ya sea pérdida de vida y materiales, por la cual en la siguiente tabla se menciona los daños más probables a causa de inundaciones:

### **Tabla 3**

*Daños por desborde de ríos.*

---

### **Daños por inundación**

---

- Aumento de tasa de mortandad
  - Pérdida de materiales hidráulica (puentes, carreteras, estructuras de protección, viviendas, terrenos agrícolas y entre otros.
  - Pérdida económica.
  - Pobreza en zona afectada por el desborde del río.
- 

*Nota.* INDECI (2011).

#### **5.2.4 Parámetros hidrológicos**

Según Villón (2002) “la hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución de la superficie terrestre, sus propiedades químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”

##### **a. Caudal de diseño**

Según Barboza (2018) alega que:

El caudal se define como un conjunto volumétrico de líquido que fluctúa por una sección variable en un determinado instante, pero cuando se estima un caudal de diseño se toma de referencia al caudal máximo medido en dicho cauce con el fin de diseñar obras hidráulicas o puentes. En la hidrología el caudal de diseño o avenida máxima comprende el caudal que se utiliza para realizar cálculos hidráulicos como dimensiones de canales, cálculos de socavación, obras de captación, entre otros. (p. 31)

Así mismo “Se puede realizar cálculos estadísticos respecto al caudal máximo anual de diseño instantáneo mediante información de aforos con volumetría en importe apto respecto a una ubicación asignada. Después se calculan estos caudales para tiempos o retornos de interés (10, 50, 100, 500 años como rangos estándar)” (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012, p. 48)

El cálculo de caudal máximo de diseño está representado por la siguiente fórmula:

$$Q=0.278CIAK$$

Q = Caudal máximo de Diseño (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de Escorrentía para el intervalo en que se produce I.

I = Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A = Área de la cuenca en (km<sup>2</sup>)

K = Coeficiente de uniformidad

**b. Máximas avenidas**

Villón (2002) “indica que los caudales máximos nos permiten diseñar: las dimensiones de un cauce, sistemas de drenaje, muros de encauzamiento para proteger ciudades y plantaciones, alcantarillas, vertedores de demasías, luz de puentes. Se debe calcular o estimar el caudal de diseño, que, para esos casos, son los caudales máximos”

**c. Periodo de retorno**

Villón (2002), “La capacidad del gasto de diseño está en función directamente asociado al tiempo de retorno para el cual se designe, y que a su vez se relaciona con la vida de utilidad de la obra y su importancia o riesgo”. (p. 241)

$$P = 1/T$$

P = probabilidad de excedencia

T = período de retorno (años)

**5.2.5 Parámetros Hidráulicos**

**5.2.5.1 Clasificación del flujo.**

Se clasifican según su permanencia y el número de Froude.

**5.2.5.1.1 Flujo permanente y no permanente.**

Si los parámetros como el tirante, velocidad, área, etc., no se alteran respecto al tiempo se le conoce como Flujo Permanente, caso contrario es Flujo no Permanente (Heidari, 2021)

Matemáticamente se representa de la siguiente forma:

Flujo permanente

$$\frac{\partial y}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial v}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial A}{\partial t} \neq 0$$

Flujo no permanente

$$\frac{\partial y}{\partial t} = 0; \frac{\partial v}{\partial t} = 0; \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

### 5.2.5.1.2 Flujo gradualmente variado y flujo uniforme y variado.

Varkey y Philip (2022) nos menciona que, “se considera un flujo gradualmente variado al intermedio de un flujo uniforme y variado, este se da cuando los parámetros varían en forma gradual a lo largo del recorrido del canal o tubería”

(Raadgever y Hegger, 2018) nos dice “si las características hidráulicas como la presión, velocidad, área, etc. Son las mismas en cualquier sección del recorrido de una tubería o cana, se considera que es un flujo uniforme”

Frente al tema Villon (2007) nos menciona que, si las características hidráulicas cambian por completo en instantes o sea distancias muy pequeñas, se considera un flujo variado.

También se puede clasificar, de la siguiente manera:

**Tabla 4**

*Clasificación hidráulica del agua.*

Velocidad	Número de Reynolds	Número de Froude
- Flujo unidimensional	- Flujo laminar Siguen trayectorias separadas definidas.	- Flujo crítico F=1
- Flujo bidimensional	- Flujo turbulento Se mueven sin tener un orden, con trayectorias erráticas.	- Flujo subcrítico F>1
- Flujo Tridimensional	Expresión para el cálculo del número de Reynolds: <b>Re=VLp/v</b>	- Flujo supercrítico F<1 Expresión para el cálculo del número de Froude: <b>Fr=VI√gy</b>

*Nota.* Se muestra los distintos tipos de clasificaciones del flujo del agua.

### 5.2.6 Cuenca

### 5.2.6.1 Parámetros de forma de una cuenca.

“Si la diferencia de altura varía de 0 a 2500 m.s.n.m. se diferencia tres partes, pero si la diferencia es de 0 a 1000 m.s.n.m. se diferenciarán solo dos partes y si la cuenca es casi plana no se puede establecer partes” (Hernández, 2016).

**Figura 2**

*Partes de la cuenta.*



*Nota.* Hernández, 2016.

### 5.2.7 Modelamiento Hidráulico para los ríos

Para el modelamiento hidrológico existen varios programas, las cuales se mencionarán a continuación:

#### a. HEC RAS

Brunner (2016) nos menciona que es el Sistema de Análisis de Ríos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos que tiene la capacidad de realizar enrutamiento hidrodinámico bidimensional dentro del análisis de flujo inestable de HEC-RAS, los usuarios pueden realizar un modelo bidimensional no estacionario, así como una combinación de enrutamiento de flujo inestable 1D y 2D.

#### b. ARCGIS

El software ArcGIS es una plataforma geoespacial desarrollada por Esri que proporciona herramientas para capturar, gestionar, analizar y visualizar datos geográficos. Algunas de las tareas que se pueden realizar con ArcGIS son las siguientes:

Captura y almacenamiento de datos geospaciales: ArcGIS permite la captura y almacenamiento de datos geográficos en diferentes formatos, como mapas, imágenes, datos de sensores, datos GPS y datos tabulares. Estos datos se pueden organizar en bases de datos geospaciales para facilitar su gestión.

Análisis espacial: ArcGIS proporciona una amplia gama de herramientas de análisis espacial que permiten realizar consultas, búsquedas y análisis de datos geográficos. Estas herramientas permiten identificar patrones, realizar cálculos, realizar análisis de proximidad, superponer capas de datos y realizar análisis de redes, entre otros.

Creación de mapas y visualización: ArcGIS permite crear mapas temáticos y visualizaciones personalizadas utilizando capas de datos geográficos. Se pueden aplicar simbología, etiquetas y estilos personalizados para representar los datos de manera efectiva. Además, se pueden crear mapas interactivos y compartirlos en diferentes formatos, como impresiones, archivos PDF o aplicaciones web.

Geoprocesamiento: ArcGIS ofrece un conjunto de herramientas de geoprocesamiento que permiten realizar operaciones avanzadas en datos geográficos. Estas herramientas incluyen operaciones de superposición espacial, análisis de redes, interpolación, análisis de terrenos, modelado espacial y más. El geoprocesamiento permite automatizar tareas y realizar análisis complejos en grandes conjuntos de datos.

Gestión de datos y edición: ArcGIS proporciona herramientas para gestionar y editar datos geospaciales. Esto incluye la creación y edición de geometrías, la actualización de atributos, la validación de topología, la georreferenciación de imágenes y la administración de bases de datos geospaciales.

Estas son solo algunas de las tareas principales que se pueden realizar con ArcGIS. La plataforma es muy versátil y se utiliza en una amplia gama de industrias, como planificación urbana, gestión de recursos naturales, telecomunicaciones, logística, análisis de mercado, gestión de emergencias y muchas otras ESRI (2002).

### **5.2.8 Medidas de prevención y control de erosión en las riberas de los ríos**

Según Terán (1998), las medidas de prevención de la erosión de ríos son acciones y técnicas que se implementan para proteger las riberas y los cauces fluviales contra la erosión y el desgaste causados por el flujo del agua. Estas medidas pueden incluir:

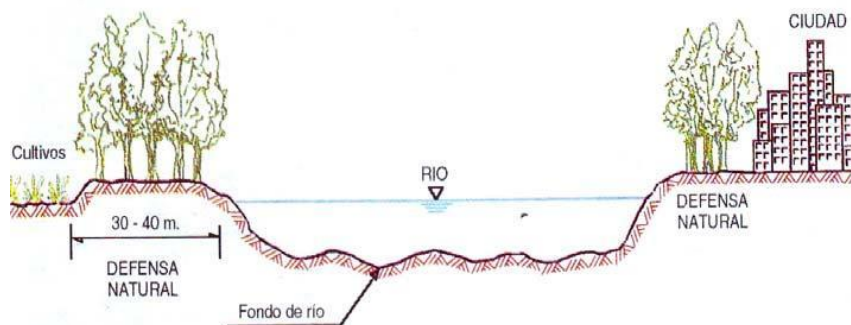
**Protección vegetal:** La vegetación juega un papel crucial en la prevención de la erosión de los ríos. La plantación de árboles, arbustos y pastos a lo largo de las riberas ayuda a estabilizar el suelo, ya que las raíces actúan como anclajes y retienen los sedimentos. Además, la vegetación proporciona una barrera física que reduce la velocidad del agua y protege las riberas contra el impacto directo de las corrientes.

**Terrazas fluviales:** La construcción de terrazas fluviales consiste en crear escalones o plataformas a lo largo de las riberas del río. Estas terrazas ayudan a reducir la velocidad del agua, permitiendo la retención de sedimentos y evitando la erosión. También se utilizan para controlar la dirección del flujo del agua y redirigirla hacia áreas donde la erosión no sea un problema.

**Estabilización de las riberas:** Se pueden utilizar diversas técnicas para estabilizar las riberas de los ríos y evitar su erosión. Esto puede incluir la construcción de muros o enrocados a lo largo de las riberas para protegerlas de la acción del agua. También se pueden utilizar técnicas de bioingeniería, como la instalación de estructuras hechas de materiales orgánicos y mallas, que ayudan a fortalecer y proteger las riberas mientras permiten el crecimiento de la vegetación.

### Figura 3

*Partes de defensas vivas – naturales.*



*Nota.* Terán, 1998.

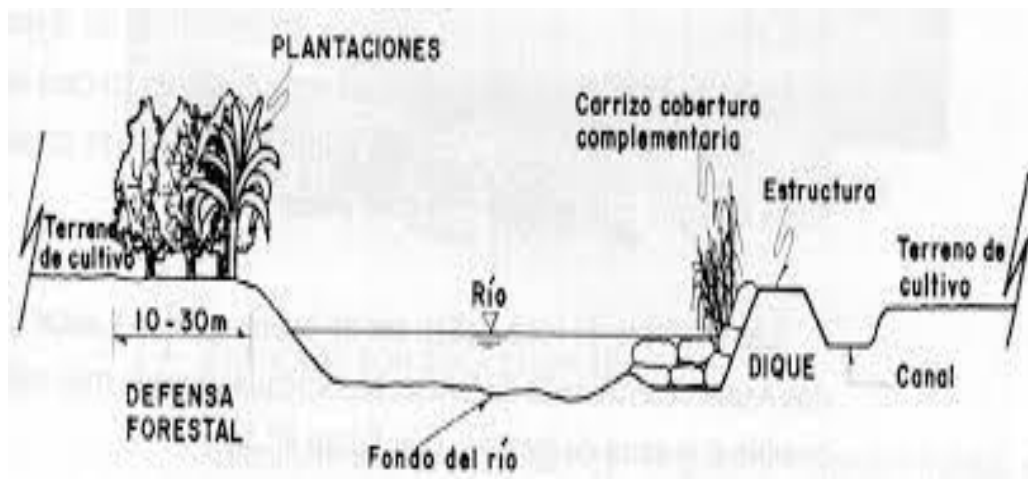
**Control de la escorrentía:** El control de la escorrentía es fundamental para prevenir la erosión de los ríos. Se pueden implementar técnicas para reducir el flujo de agua superficial, como la construcción de canales de desviación y zanjas de infiltración, que ayudan a disminuir la cantidad de agua que llega al cauce principal del río. Esto ayuda a evitar la concentración de flujo y reduce la erosión.

Gestión de cuencas hidrográficas: La gestión integral de las cuencas hidrográficas es esencial para prevenir la erosión de los ríos. Esto implica implementar prácticas de conservación del suelo, reforestación, control de incendios forestales y regulación de la actividad humana en la cuenca para minimizar la erosión y la sedimentación.

Estas son solo algunas de las medidas de prevención de la erosión de ríos. La elección de las medidas a implementar dependerá de las características específicas de cada río y de las necesidades locales. Es importante considerar aspectos ambientales, sociales y económicos al diseñar estrategias de prevención de la erosión fluvial.

**Figura 4**

Plantaciones ejemplos.



Nota. Terán, 1998.

Las cuales se clasifican en dos grupos, permanentes y temporales.

**Tabla 5**

*Clasificación de estructuras de protección.*

Permanentes	Temporales
Gaviones	Espigones
Diques enrocados	Rayado o terraplenes
Enrocados con roca al volteo	Caballos – abarcados

Nota. Terán (1998), clasifica las estructuras de protección en dos grupos.

### 5.2.9 Hidráulica fluvial

Cuando se requiere construir una defensa ribereña debemos de considerar muchos factores, que cumplan con la resistencia, impermeabilidad y durabilidad. Mayormente se utilizan los gaviones, diques y muros de contenciones.

#### **5.2.9.1 Gaviones.**

Los gaviones, según Barboza (2018) alega que:

Son bloques con una geometría rectangular diseñados con materiales como mallas de alambre de acero galvanizado y plastificado por motivos de corrosión y además aumentar su resistencia. El proceso de armado empieza con el llenado de las canastillas de malla de acero de forma hexagonal del material de relleno generalmente gravas de canto rodado con tamaños específicos que superen la abertura de las mallas para que así no haya algunas piedras salidas o muy sueltas sin llenar completamente la canastilla, sin necesidad de mano de obra calificada, flexible y resistente a deformaciones, económico y tiene armonía con la estética de la zona. (p. 37)

Así mismo, los muros de gaviones son estructuras de contención construidas con cestas o cajas de alambre metálico rellenas de piedras u otros materiales granulares. Estas cestas o gaviones se disponen en capas y se unen entre sí para formar una estructura sólida y resistente.

Los gaviones se utilizan comúnmente para la estabilización de taludes, riberas de ríos, protección contra la erosión costera y construcción de muros de contención en áreas donde el suelo es inestable o propenso a deslizamientos. También se emplean en proyectos de control de inundaciones.

La construcción de muros de gaviones implica los siguientes pasos:

**Diseño y planificación:** Se realiza un estudio del terreno y se determina la necesidad de un muro de contención. Se diseña el muro de gaviones teniendo en cuenta factores como la altura requerida, el tipo de suelo, el caudal de agua, entre otros.

**Preparación del terreno:** Se limpia y nivelan las áreas donde se construirá el muro de gaviones. Se eliminan obstáculos y se realiza una excavación adecuada para la cimentación.

Montaje de los gaviones: Se ensamblan las cestas de alambre metálico formando unidades rectangulares. Estas cestas se colocan en su posición correspondiente de acuerdo con el diseño. Las unidades se fijan entre sí mediante alambre o grapas para formar una estructura continua.

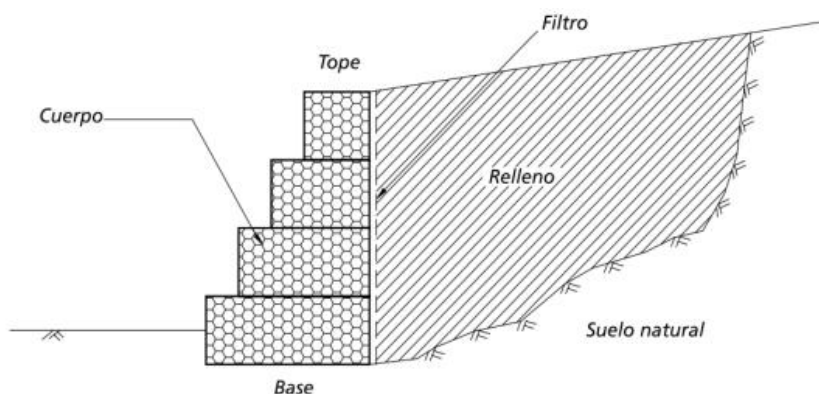
Relleno de los gaviones: Los gaviones se llenan con piedras u otros materiales granulares de tamaño adecuado. El llenado debe realizarse de manera uniforme y compacta para garantizar la estabilidad de la estructura.

Acabado y protección: Se pueden instalar elementos adicionales, como geotextiles, en la parte trasera del muro de gaviones para evitar la erosión y filtración de suelo. También se pueden colocar elementos de protección superficial, como bloques de concreto, en la parte superior del muro para proporcionar una mayor resistencia y estabilidad.

Los muros de gaviones ofrecen ventajas como la permeabilidad al agua, la flexibilidad ante movimientos del suelo y la resistencia a la erosión. Además, son relativamente rápidos de construir y requieren menos mano de obra y maquinaria en comparación con otros tipos de muros de contención. Sin embargo, es importante destacar que su eficacia puede variar dependiendo de las condiciones específicas del terreno y los requerimientos del proyecto. (Terán, 1998, p. 17)

### Figura 5

*Partes de un gavión.*



*Nota.* Las partes de un gavión, Terán, 1998.

Cumple la función de:

- Permeabilidad

- Economía
- El impacto ambiental es positivo
- El acabado

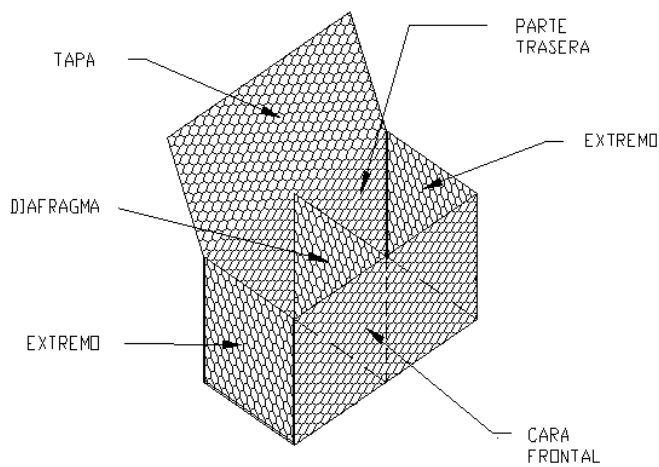
### 5.2.9.1.1 Tipos de muro de gavión

Existen 3 tipos de muros de gaviones, son las siguientes:

#### Gavión tipo cajón

**Figura 6**

*Partes de un gavión tipo cajón.*

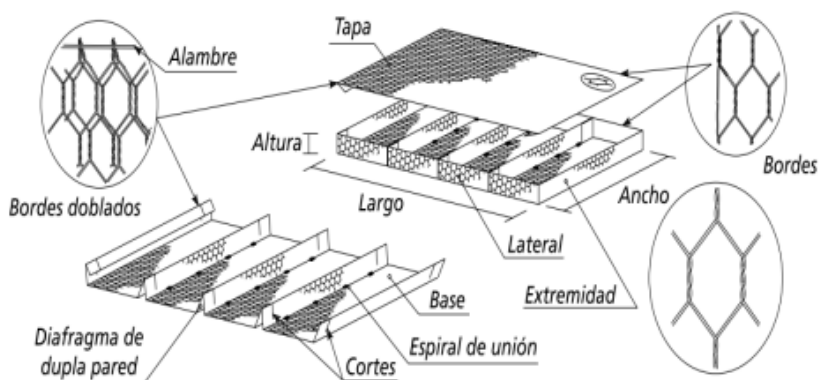


*Nota.* Son de forma rectangular y los alambres son de forma hexagonal de doble torsión, De Almeida, 2005.

#### Gavión tipo colchoneta

**Figura 7**

*Partes de un gavión tipo colchoneta.*



*Nota.* Son de forma paralelepípedo y los alambres son de forma hexagonal de doble torsión. (De Almeida, 2005)

### Gavión tipo saco

#### Figura 8

*Partes de un gavión tipo saco.*



*Nota.* Son de forma cilíndrico y los alambres son de forma hexagonal de doble torsión. (De Almeida, 2005)

#### Tabla 6

*Predimensionamiento de un gavión.*

Predimensionamiento del gavión	
	$H_g = BL + Y$
<b>Altura</b>	$H_g =$ Altura total del gavión (m)
	$Y =$ Tirante máximo (m)
	$BL =$ Borde libre
	$B \geq 1/2 (1 + H_g)$
<b>Base</b>	$L_c = (1.50 \text{ a } 2.00) * \Delta S$
	$\Delta S =$ Profundidad de socavación (m)
<b>Material de relleno</b>	Abaco

*Nota.* Esta tabla muestra el predimensionamiento de un gavión.

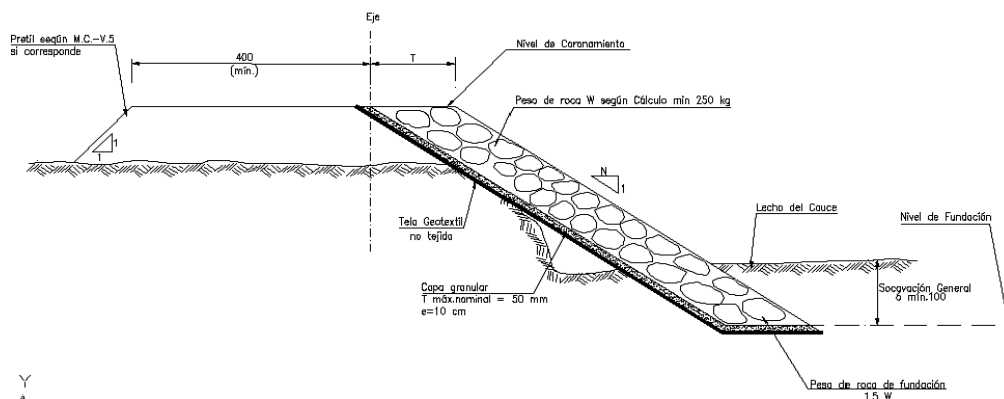
### 5.2.9.2 Enrocados.

Los enrocados, según Barboza (2018) alega que:

El enrocado de piedras consiste en una mezcla bien graduada de piedras, concreto roto u otro material colocado para prevenir la erosión, socavación o desprendimiento del terraplén de una estructura. Las rocas son puestas o colocadas por medio de maquinaria pesada como cargadores frontales, tractores, retroexcavadoras, excavadoras o grúas; con el fin de preservar los taludes al evitar la socavación o deslice del mismo. De esta manera este material sirve de “tope” en el pie del talud, en lugares vulnerables donde su uso se ubique en función a la supervisión. (p. 41)

### Figura 9

*Partes de un enrocado.*



*Nota.* El enrocado está compuesto por piedras bien graduados, Terán (1998).

### 5.2.9.3 Muros de contención.

Un muro de contención es una estructura construida para retener o contener el suelo, el agua u otros materiales en una determinada área. Su objetivo principal es proporcionar estabilidad y prevenir el deslizamiento o colapso del terreno.

Los muros de contención se utilizan en una variedad de situaciones, incluyendo:

**Terraplenes:** En áreas donde se necesita elevar el nivel del terreno para construir carreteras, vías férreas u otras infraestructuras, se construyen muros de contención para mantener el suelo en su lugar y evitar que se deslice hacia abajo.

Protección contra la erosión: Los muros de contención pueden ser utilizados para proteger las riberas de los ríos, las costas y las laderas de montañas contra la erosión causada por el agua o la acción del viento.

Control de inundaciones: En zonas propensas a inundaciones, los muros de contención se construyen para retener y controlar el flujo del agua, evitando que se desborde y cause daños a las áreas habitadas.

Estabilización de taludes: En terrenos con pendientes pronunciadas, los muros de contención se utilizan para evitar el colapso o deslizamiento del suelo, proporcionando un soporte estructural que retiene el material en su lugar.

Los muros de contención pueden construirse con una variedad de materiales, como hormigón, piedra, ladrillo, madera o materiales prefabricados. También existen diferentes tipos de muros de contención, como muros de gravedad, muros de hormigón armado, muros de gaviones, muros de tierra reforzada y muros de pantalla, entre otros. La elección del tipo de muro de contención depende de factores como las características del suelo, la altura del muro, el propósito de la estructura y las condiciones del entorno. (MTC, 2013).

#### **5.2.9.3.1 Muros de Gravedad.**

Braja (2011) menciona que se construyen con concreto simple o con mampostería de piedra. Su estabilidad depende de su propio peso y de cualquier suelo que repose sobre la mampostería. Este tipo de construcción no es económica para muros altos. En muchos casos, se puede emplear una cantidad pequeña de acero para la construcción de muros de gravedad, minimizando así el tamaño de las secciones de los muros. (p. 375)

#### **5.2.9.3.2 Muros de retención en voladizo.**

“Están hechos de concreto reforzado y consisten en un cuerpo o alzado delgado y una losa de base. Este tipo de muro es económico hasta una altura de aproximadamente 8 m” (Braja, 2011, p. 375)

#### **5.2.9.3.3 Muro de retención con contrafuertes.**

“Tienen losas de concretos verticales delgadas conocidas como contrafuertes, que anclan entre sí el muro y la base. El propósito de los contrafuertes es reducir los momentos cortante y flexionante” (Braja, 2011, p. 375)

### **5.2.10 Modelado de Cuencas**

Para el modelado hidrológico es necesario conocer una serie de elementos, los cuales dan origen al modelo como tal, estos elementos son:

- Métodos de Pérdida o Infiltración
- Métodos de Transformación
- Métodos de Flujo Base
- Métodos de Transito de Hidrogramas

Para cada uno de estos métodos hay varias técnicas para tratar el problema, en este proyecto nos centraremos en algunas técnicas en específico, lo cual se detallará en la siguiente sección, sin embargo, es necesario también entender como este procedimiento funciona y su analogía con el ciclo del agua, lo cual también es necesario entender antes de comenzar a modelar cuencas hidrológicamente.

#### **5.2.10.1 El Ciclo del Agua.**

El ciclo del agua, también conocido como ciclo hidrológico, es el proceso continuo por el cual el agua se mueve y se transforma en la Tierra. Este ciclo implica una serie de etapas interrelacionadas que permiten que el agua se redistribuya entre la atmósfera, la superficie terrestre y los cuerpos de agua.

El ciclo del agua consta de las siguientes etapas principales:

**Evaporación:** El proceso comienza cuando el calor del sol hace que el agua de los océanos, ríos, lagos y otros cuerpos de agua se evapore y pase de estado líquido a gaseoso en forma de vapor de agua. También se produce evaporación directamente desde el suelo y las plantas en un proceso llamado transpiración.

**Condensación:** El vapor de agua en la atmósfera se enfría a medida que asciende y se convierte en gotas de agua líquida. Este proceso se llama condensación. Las gotas de agua se agrupan para formar nubes.

**Precipitación:** Cuando las gotas de agua en las nubes se vuelven lo suficientemente grandes, caen a la superficie terrestre en forma de precipitación, que puede ser lluvia, nieve, granizo o llovizna. La precipitación es una parte vital del ciclo del agua, ya que repone los suministros de agua en la superficie de la Tierra.

Escorrentía: Una vez que la precipitación llega a la superficie terrestre, puede seguir diferentes caminos. Parte del agua se absorbe en el suelo y se convierte en agua subterránea, mientras que otra parte fluye sobre la superficie en arroyos, ríos y hacia los cuerpos de agua (Vitale, 2023)

Infiltración: El agua que no es absorbida por las plantas o no fluye como escorrentía superficial se infiltra en el suelo. Esta agua se filtra a través de las capas de suelo y puede almacenarse en acuíferos subterráneos, que son importantes fuentes de agua dulce.

Transpiración: Las plantas absorben agua del suelo a través de sus raíces y la liberan a la atmósfera a través de pequeños poros en sus hojas en un proceso llamado transpiración. Esta agua se convierte en vapor de agua y se suma al contenido de agua en la atmósfera. El ciclo del agua es un proceso continuo y no tiene un comienzo o final definido.

La interacción entre estas etapas asegura la circulación constante del agua en la Tierra, manteniendo los ecosistemas y el suministro de agua dulce para los seres vivos (Raadgever y Hegger, 2018).

**Figura 10**

*Ciclo del agua.*



*Nota.* El ciclo del agua explica cómo se genera toda el agua del proyecto (Raadgever y Hegger, 2018).

#### **5.2.10.2 Modelo Hidrológico de Cuencas.**

Según Liew et al., (2021) indica, el modelado hidrológico de cuencas es un proceso que utiliza técnicas y herramientas para simular y predecir el comportamiento del ciclo del agua en una cuenca hidrográfica. Consiste en la representación matemática y computacional de los procesos hidrológicos que ocurren en una cuenca, como la precipitación, la evaporación, la infiltración, la escorrentía y el almacenamiento de agua. El modelado hidrológico de cuencas se utiliza con el fin de comprender y predecir el comportamiento del agua en una cuenca, evaluar la disponibilidad y calidad del agua, gestionar los recursos hídricos, diseñar infraestructuras hidráulicas como presas y embalses, y evaluar el impacto de diferentes escenarios, como el cambio climático o el uso del suelo, en el sistema hídrico. El proceso de modelado hidrológico de cuencas generalmente implica los siguientes pasos:

**Recopilación de datos:** Se recopilan datos sobre la cuenca, como información topográfica, datos climáticos, datos de precipitación, datos de caudal y datos de uso del suelo. Estos datos son fundamentales para desarrollar un modelo preciso y representativo de la cuenca.

**Preparación de datos:** Los datos recopilados se procesan y preparan para su uso en el modelo. Esto implica realizar correcciones, filtrados y homogeneizaciones para eliminar errores y asegurar la calidad de los datos.

**Selección del modelo:** Existen diferentes modelos hidrológicos disponibles, desde modelos simples hasta modelos más complejos y basados en procesos físicos. La elección del modelo depende de los objetivos del estudio, la disponibilidad de datos y los recursos disponibles.

**Calibración del modelo:** Una vez seleccionado el modelo, se ajustan los parámetros del modelo utilizando datos observados para que el modelo reproduzca de manera precisa los procesos hidrológicos en la cuenca. Esto implica realizar comparaciones entre los datos observados y los resultados simulados por el modelo y ajustar los parámetros hasta que haya una concordancia aceptable.

Validación del modelo: Después de la calibración, se verifica la capacidad del modelo para simular eventos hidrológicos independientes utilizando datos distintos de los utilizados en la calibración. Esto asegura que el modelo sea válido y confiable para su uso en la evaluación de escenarios futuros.

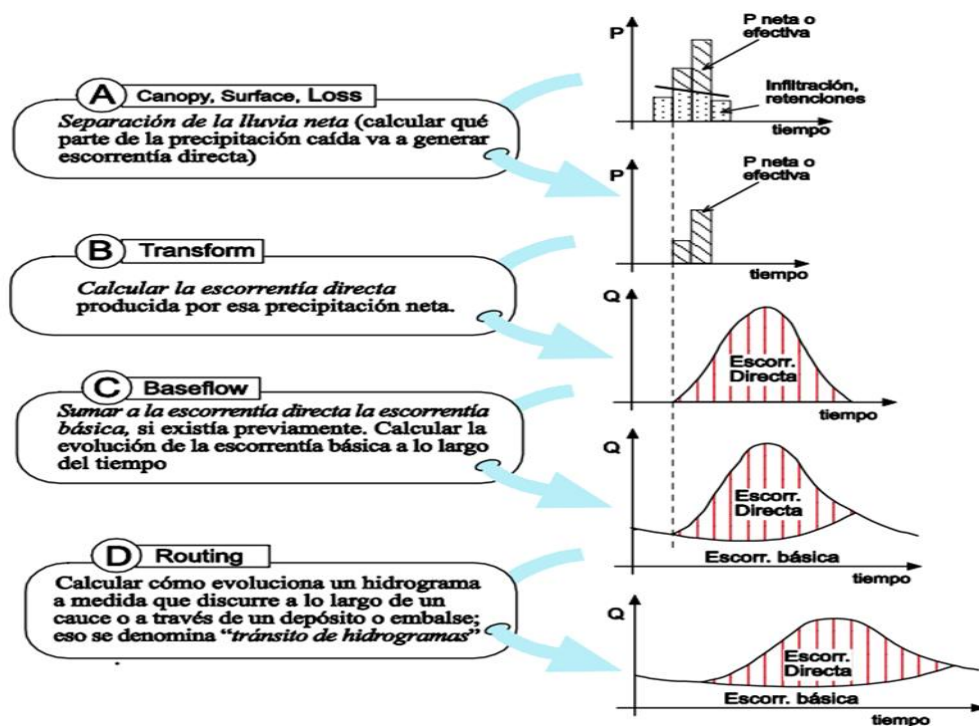
Aplicación y análisis de escenarios: Una vez validado, el modelo puede utilizarse para evaluar diferentes escenarios, como cambios en el uso del suelo, la implementación de medidas de conservación del agua o el impacto del cambio climático en la cuenca. Estos análisis pueden proporcionar información importante para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos. Es importante destacar que el modelado hidrológico de cuencas es una simplificación del sistema real y está sujeto a incertidumbres inherentes. Sin embargo, proporciona una herramienta invaluable para comprender y planificar el manejo de los recursos hídricos en una cuenca hidrográfica.

### 5.2.11 Procesos Hidrológicos

El modelado del proceso hidrológico se puede entender en la siguiente imagen:

**Figura 11**

*Proceso hidrológico.*



*Nota.* El proceso hidrológico en modelos en similar Liew et al., (2021).

Es por ello que se debe estudiar el proceso de modelado, con el fin de entender como el hietograma de precipitaciones se vuelve el hidrograma de escorrentía superficial.

#### **5.2.11.1 Métodos de Pérdida E infiltración.**

Dentro de los métodos de infiltración y pérdidas tenemos los siguientes:

##### **Green y Ampt:**

El método de pérdidas de infiltración de Green y Ampt es una técnica utilizada en el campo de la hidrología para estimar la infiltración de agua en el suelo durante un evento de lluvia. Este método se basa en la teoría del flujo no uniforme en el suelo y proporciona una aproximación rápida y sencilla para calcular las pérdidas por infiltración (Hoffman y Baird, 2001).

El método de Green y Ampt se compone de los siguientes pasos:

Determinar la capacidad de infiltración básica ( $K_s$ ): La capacidad de infiltración básica se refiere a la tasa máxima a la cual el suelo puede absorber agua en condiciones ideales. Puede estimarse a partir de datos de textura del suelo y otros parámetros utilizando tablas o ecuaciones empíricas.

Calcular la capacidad de almacenamiento inicial ( $S$ ): La capacidad de almacenamiento inicial representa la cantidad de agua que el suelo puede retener antes de que comience a infiltrarse. Se calcula como la diferencia entre la capacidad de campo y la humedad actual del suelo.

Determinar el tiempo de retardo ( $D$ ): El tiempo de retardo se refiere al tiempo necesario para que el agua acumulada en la superficie del suelo alcance la capacidad de infiltración básica. Puede estimarse a partir de la pendiente del terreno, la rugosidad del suelo y otros parámetros utilizando ecuaciones o tablas.

Calcular la tasa de infiltración instantánea ( $f$ ): La tasa de infiltración instantánea se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$f = K_s + (S / D)$$

donde  $f$  es la tasa de infiltración instantánea,  $K_s$  es la capacidad de infiltración básica,  $S$  es la capacidad de almacenamiento inicial y  $D$  es el tiempo de retardo.

Calcular la pérdida de infiltración (I): La pérdida de infiltración se calcula multiplicando la tasa de infiltración instantánea por el tiempo transcurrido desde el inicio de la lluvia.

$$I = f * t$$

donde I es la pérdida de infiltración, f es la tasa de infiltración instantánea y t es el tiempo transcurrido.

Es importante destacar que el método de Green y Ampt es una simplificación del proceso de infiltración en el suelo y puede introducir cierta incertidumbre en los cálculos. Se recomienda su uso en situaciones donde se requiere una estimación rápida y aproximada de las pérdidas de infiltración, pero es posible que se requieran métodos más precisos en análisis hidrológicos más detallados.

### **Exponencial:**

El método de pérdidas de infiltración exponencial, también conocido como método de Horton, es otra técnica utilizada en hidrología para estimar la infiltración de agua en el suelo durante un evento de lluvia. Este método se basa en la hipótesis de que la tasa de infiltración disminuye exponencialmente a medida que avanza el tiempo de lluvia (Horton, 1933).

El método de pérdidas de infiltración exponencial se compone de los siguientes pasos:

Determinar la capacidad de infiltración inicial (f0): La capacidad de infiltración inicial es la tasa máxima a la que el suelo puede absorber agua al comienzo del evento de lluvia. Puede estimarse a partir de datos de textura del suelo y otros parámetros utilizando tablas o ecuaciones empíricas.

Determinar el coeficiente de decaimiento (k): El coeficiente de decaimiento indica la rapidez con la que la tasa de infiltración disminuye a medida que avanza el tiempo de lluvia. Puede determinarse a partir de datos históricos o mediante ajuste empírico utilizando registros de lluvia e infiltración.

Calcular la tasa de infiltración en un momento dado (ft): La tasa de infiltración en un momento dado se calcula utilizando la siguiente ecuación exponencial:

$$f_t = f_0 * e^{(-kt)}$$

donde  $f_t$  es la tasa de infiltración en el tiempo  $t$ ,  $f_0$  es la capacidad de infiltración inicial y  $k$  es el coeficiente de decaimiento.

Calcular la pérdida de infiltración acumulada (I): La pérdida de infiltración acumulada se calcula integrando la tasa de infiltración a lo largo del tiempo:

$$I = \int f_t dt$$

donde  $I$  es la pérdida de infiltración acumulada y la integral se realiza desde el inicio hasta el tiempo final de la lluvia.

El método de pérdidas de infiltración exponencial proporciona una forma sencilla de estimar la infiltración en el suelo durante un evento de lluvia. Sin embargo, al igual que con otros métodos de estimación, es importante tener en cuenta las limitaciones y la incertidumbre asociada con las suposiciones simplificadoras. En situaciones donde se requiere una mayor precisión, pueden utilizarse modelos hidrológicos más complejos que consideren factores adicionales, como la capacidad de almacenamiento del suelo, la pendiente y la vegetación.

#### **5.2.11.2 Métodos de Transformación.**

En los métodos de transformación tenemos:

##### **Hidrograma Unitario de Clark**

El método de transformación de hidrograma unitario de Clark es una técnica utilizada en hidrología para estimar el hidrograma de salida de una cuenca a partir de un hidrograma de entrada conocido. Este método se basa en la idea de que el hidrograma de salida es proporcional y se puede obtener mediante la convolución del hidrograma de entrada con una función llamada hidrograma unitario.

El método de transformación de hidrograma unitario de Clark se compone de los siguientes pasos:

Obtener el hidrograma de entrada: El hidrograma de entrada es el hidrograma de lluvia o caudal que se conoce o se ha medido en la cuenca.

Definir el hidrograma unitario: El hidrograma unitario es una función que describe cómo la respuesta hidrológica de la cuenca cambia en el tiempo como resultado de una unidad de precipitación. Puede ser una función triangular,

rectangular, exponencial o cualquier otra forma que represente la respuesta típica de la cuenca.

Estimar la duración efectiva del hidrograma unitario ( $T_e$ ): La duración efectiva del hidrograma unitario representa la duración en la cual la respuesta hidrológica de la cuenca es significativa. Puede estimarse a partir de datos de caudal observados o mediante métodos empíricos basados en la forma y tamaño de la cuenca.

Desplazar y ajustar el hidrograma unitario: El hidrograma unitario se desplaza en el tiempo y se ajusta en magnitud para que coincida con el hidrograma de entrada. Esto se logra multiplicando el hidrograma unitario por el caudal pico del hidrograma de entrada y dividiendo por el caudal pico del hidrograma unitario.

Sumar los hidrogramas transformados: Se suman los hidrogramas transformados en diferentes intervalos de tiempo para obtener el hidrograma de salida estimado. Cada hidrograma transformado se multiplica por la fracción correspondiente del hidrograma de entrada.

El método de transformación de hidrograma unitario de Clark es una técnica simplificada pero ampliamente utilizada en hidrología para estimar la respuesta de una cuenca a una serie temporal de precipitación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este método asume linealidad y homogeneidad en la respuesta hidrológica de la cuenca, lo cual puede no ser válido en todas las situaciones. Por lo tanto, su aplicación y resultados deben interpretarse con precaución y considerar las características específicas de la cuenca y los datos disponibles (Clark, 1945).

### **Modelo de Onda Cinemática**

El método de transformación de onda cinemática es una técnica utilizada en hidrología para estimar el hidrograma de salida de una cuenca a partir del hidrograma de entrada conocido y la respuesta cinemática de la cuenca. Este método se basa en el principio de conservación de masa y utiliza la propagación de la onda cinemática a través de la cuenca para calcular la salida.

El método de transformación de onda cinemática se compone de los siguientes pasos:

Obtener el hidrograma de entrada: El hidrograma de entrada es el hidrograma de lluvia o caudal que se conoce o se ha medido en la cuenca.

Calcular el tiempo de concentración ( $t_c$ ): El tiempo de concentración representa el tiempo requerido para que el agua fluya desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de salida. Puede ser estimado utilizando diferentes métodos, como el método del tiempo de recorrido o el método del tiempo de concentración.

Estimar la velocidad de propagación ( $v$ ): La velocidad de propagación es la velocidad a la cual la onda cinemática se mueve a través de la cuenca. Puede ser estimada utilizando datos hidrológicos, características de la cuenca y fórmulas empíricas.

Calcular el tiempo de retardo ( $t_d$ ): El tiempo de retardo es el tiempo requerido para que el agua llegue al punto de salida después de su llegada al punto más alejado de la cuenca. Se calcula restando el tiempo de concentración ( $t_c$ ) del tiempo de viaje ( $t_v$ ), donde  $t_v$  es la distancia entre el punto más alejado y el punto de salida dividida por la velocidad de propagación ( $v$ ).

Transformar el hidrograma de entrada: El hidrograma de entrada se desplaza en el tiempo según el tiempo de retardo ( $t_d$ ). Se retrasa la llegada de la onda cinemática al punto de salida.

Ajustar el hidrograma transformado: Se ajusta el hidrograma transformado en magnitud para que coincida con el hidrograma de entrada. Esto se logra multiplicando el hidrograma transformado por un factor de ajuste, que es el cociente entre el caudal pico del hidrograma de entrada y el caudal pico del hidrograma transformado.

El método de transformación de onda cinemática es una técnica simplificada y se basa en varias suposiciones, como la linealidad en la respuesta hidrológica y la propagación de la onda cinemática. Su aplicación y resultados deben considerar las características específicas de la cuenca y los datos disponibles, y se recomienda validarlos con mediciones de campo cuando sea posible (Chow, 1994).

### **5.2.11.3 Modelo del SCS.**

El método de transformación del SCS (Servicio de Conservación de Suelos, por sus siglas en inglés) es una técnica utilizada en hidrología para estimar el

hidrograma de salida de una cuenca a partir de un hidrograma de lluvia conocido. Este método se basa en la metodología desarrollada por el SCS para la estimación de la escorrentía directa y se utiliza ampliamente en el diseño de obras hidráulicas y en el análisis de cuencas.

El método de transformación del SCS se compone de los siguientes pasos:

Obtener el hidrograma de lluvia: El hidrograma de lluvia representa la distribución temporal de la precipitación en la cuenca.

Calcular la escorrentía directa: El SCS utiliza la curva número (CN) como un parámetro para estimar la escorrentía directa. El CN representa la capacidad de infiltración del suelo y se basa en características del suelo, cobertura vegetal, condiciones de humedad y prácticas de manejo. Conocido el CN y el volumen de precipitación, se calcula la escorrentía directa mediante la ecuación del método SCS.

Calcular la escorrentía total: La escorrentía total se obtiene sumando la escorrentía directa y la escorrentía base. La escorrentía base se refiere a la contribución de la cuenca debido a la infiltración en el suelo y es una estimación de la escorrentía que ocurre incluso en ausencia de lluvia.

Transformar el hidrograma de lluvia en hidrograma de escorrentía: El hidrograma de lluvia se transforma al hidrograma de escorrentía utilizando la relación entre el tiempo de concentración de la cuenca y la forma del hidrograma de escorrentía. Se utilizan factores de tiempo y área para distribuir la escorrentía a lo largo del tiempo.

El método de transformación del SCS es ampliamente utilizado debido a su simplicidad y capacidad para estimar la escorrentía en diferentes condiciones de cuenca. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este método se basa en suposiciones simplificadas y puede requerir ajustes y correcciones según las características específicas de la cuenca y las condiciones climáticas. Además, el método SCS es más aplicable en cuencas pequeñas y con características hidrológicas similares a las utilizadas para su desarrollo original (USDA, 1986).

#### **5.2.11.4 Métodos de Flujo Base.**

Para el modelo de cálculo del flujo base se puede tener:

## **Pérdida constante Mensual**

El método de flujo de base de pérdida constante mensual es una técnica utilizada en hidrología para estimar el caudal de base en una corriente o río. El caudal de base se refiere al flujo de agua constante que ocurre en un río durante períodos de tiempo sin precipitación significativa.

El método de flujo de base de pérdida constante mensual se compone de los siguientes pasos:

**Recopilar datos de caudal:** Se requiere un registro de datos de caudal en el río o corriente para el período de tiempo de interés. Estos datos deben ser medidos regularmente y preferiblemente en intervalos diarios o mensuales.

**Seleccionar un período seco:** Seleccionar un período seco de tiempo durante el cual no se produzcan eventos de precipitación significativos y la corriente o río esté influenciado principalmente por el flujo de base.

**Calcular el caudal promedio diario o mensual:** Calcular el caudal promedio diario o mensual para el período seco seleccionado. Esto se puede hacer tomando el promedio de los valores de caudal durante ese período.

**Estimar el caudal de base:** El caudal de base se estima asumiendo que existe una pérdida constante de agua a través de procesos como la evaporación, la infiltración y la transpiración de las plantas. Este caudal de base se considera constante durante el período seco seleccionado y se estima restando un valor fijo de caudal al caudal promedio diario o mensual. El valor fijo de caudal a restar puede variar según la región y las condiciones locales, pero generalmente se encuentra entre el 10% y el 30% del caudal promedio.

Es importante tener en cuenta que el método de flujo de base de pérdida constante mensual es una simplificación y puede no ser aplicable en todas las situaciones. La estimación del caudal de base puede verse afectada por factores como la geología, la vegetación y las variaciones climáticas. Por lo tanto, se recomienda utilizar este método con precaución y considerar las características específicas de la cuenca y los datos disponibles.

## **Modelo de pérdida de reservorio lineal**

El método de flujo de base de pérdida de reservorio lineal es una técnica utilizada en hidrología para estimar el caudal de base en una corriente o río a partir de un análisis de la respuesta del sistema hidrológico en una cuenca. Este método se basa en la idea de que el caudal de base puede ser modelado como una respuesta lineal a los cambios en los niveles de almacenamiento en el reservorio subterráneo de la cuenca (Hewlett y Hibbert, 1967).

El método de flujo de base de pérdida de reservorio lineal se compone de los siguientes pasos:

**Recopilar datos de caudal:** Se requiere un registro de datos de caudal en el río o corriente para un período de tiempo significativo. Estos datos deben ser medidos regularmente y preferiblemente en intervalos diarios o mensuales.

**Calcular el nivel de almacenamiento del reservorio subterráneo:** El nivel de almacenamiento del reservorio subterráneo es la cantidad de agua almacenada en el suelo y las capas subterráneas de la cuenca. Puede ser estimado utilizando métodos como el balance hídrico, el análisis de humedad del suelo o modelos hidrológicos.

**Realizar un análisis de correlación:** Se realiza un análisis de correlación entre los datos de caudal y los niveles de almacenamiento del reservorio subterráneo. Esto implica buscar relaciones lineales o proporcionales entre estos dos conjuntos de datos.

**Ajustar una línea de regresión:** Utilizando técnicas de ajuste de curvas, se ajusta una línea de regresión a los datos de caudal y niveles de almacenamiento del reservorio subterráneo. Esta línea de regresión representa la relación lineal entre el caudal de base y los niveles de almacenamiento.

**Estimar el caudal de base:** Utilizando la línea de regresión ajustada, se estima el caudal de base para períodos de tiempo en los que solo se tiene información sobre los niveles de almacenamiento del reservorio subterráneo. Esto se logra extrapolando o interpolando los valores de caudal de base en función de los niveles de almacenamiento correspondientes.

Es importante tener en cuenta que el método de flujo de base de pérdida de reservorio lineal también tiene sus limitaciones y suposiciones. La respuesta lineal entre el caudal de base y los niveles de almacenamiento del reservorio subterráneo

puede no ser válida en todas las situaciones y pueden existir otros factores que afecten la relación. Por lo tanto, se recomienda utilizar este método con precaución y considerar las características específicas de la cuenca, los datos disponibles y la validación con mediciones de campo cuando sea posible.

### **Modelo de pérdida de reservorio no lineal Boussinesq**

El método de flujo de base de pérdida de reservorio no lineal Boussinesq es una técnica utilizada en hidrología para estimar el caudal de base en una corriente o río. Este método se basa en la ecuación de Boussinesq, que describe el flujo de agua subterránea en un acuífero no confinado.

El método de flujo de base de pérdida de reservorio no lineal Boussinesq se compone de los siguientes pasos:

**Recopilar datos de caudal y niveles de agua:** Se requiere un registro de datos de caudal en el río o corriente, así como niveles de agua en pozos o puntos de medición en la cuenca. Estos datos deben ser medidos regularmente y preferiblemente en intervalos diarios o mensuales.

**Calcular la capacidad de almacenamiento del reservorio subterráneo:** La capacidad de almacenamiento del reservorio subterráneo es la cantidad máxima de agua que puede ser almacenada en el suelo y las capas subterráneas de la cuenca. Puede ser estimada utilizando métodos como el balance hídrico o modelos hidrológicos.

**Estimar la recarga neta al acuífero:** La recarga neta al acuífero es la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración en la cuenca. Puede ser estimada utilizando métodos hidrológicos y climáticos, considerando factores como la infiltración, la evaporación y la transpiración de las plantas (Scanlon et al., 2002).

**Resolver la ecuación de Boussinesq:** Utilizando la ecuación de Boussinesq, que describe el flujo de agua subterránea en un acuífero no confinado, se resuelve para obtener la descarga del flujo de base en función de los niveles de agua y la capacidad de almacenamiento del reservorio subterráneo (Dingman, 2002).

**Estimar el caudal de base:** Utilizando los resultados de la ecuación de Boussinesq y los datos de niveles de agua, se estima el caudal de base en la corriente

o río. Esto implica considerar la contribución del flujo de base al caudal total en diferentes puntos de medición en la cuenca (Winter et al., 1998).

Es importante tener en cuenta que el método de flujo de base de pérdida de reservorio no lineal Boussinesq requiere un análisis más detallado y el uso de modelos hidrológicos para resolver la ecuación de Boussinesq. Además, este método puede requerir datos precisos de niveles de agua y un buen entendimiento de las características hidrogeológicas de la cuenca. Por lo tanto, se recomienda utilizar este método con precaución y considerar las características específicas de la cuenca, los datos disponibles y la validación con mediciones de campo cuando sea posible (Fetter, 1994).

#### **5.2.11.5 Métodos de Transito de Hidrogramas.**

Los modelos de tránsito de hidrogramas fueron:

##### **Modelo Muskingum**

El método de tránsito de hidrogramas de Muskingum es una técnica utilizada en hidrología para modelar el flujo en una corriente o río. Este método se basa en el concepto de que el caudal en un punto de la corriente es una combinación ponderada de los caudales en ese punto y en los puntos aguas arriba (Muskingum, 1935).

El método de tránsito de hidrogramas de Muskingum se compone de los siguientes pasos:

Dividir la cuenca en secciones: La cuenca se divide en secciones o segmentos, desde la parte superior hasta la salida de la cuenca. Cada sección se considera como un tramo donde se modelará el tránsito del hidrograma.

Establecer los parámetros del método: Se deben establecer los parámetros del método de Muskingum, que son la constante de tiempo (K) y el coeficiente de almacenamiento (X). Estos parámetros son características hidráulicas que representan la respuesta de la cuenca y se determinan a partir del análisis de los datos y características de la cuenca (Haan et al., 1994).

Calcular los caudales en cada tramo: Utilizando los datos de caudal en cada punto aguas arriba de la cuenca, se calculan los caudales en cada tramo utilizando la

fórmula de Muskingum. Esta fórmula tiene en cuenta los caudales previos en el tramo, los caudales aguas arriba y los parámetros establecidos (Haan et al., 1994).

Calcular los caudales de salida: Utilizando los caudales calculados en cada tramo, se determinan los caudales de salida de la cuenca, que representan el hidrograma resultante en el punto de salida de la cuenca (Muskingum, 1935).

El método de tránsito de hidrogramas de Muskingum es ampliamente utilizado debido a su simplicidad y capacidad para representar el tránsito del flujo en una cuenca. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este método asume que el flujo en la cuenca se comporta de manera lineal y no tiene en cuenta factores como la heterogeneidad del terreno y las condiciones de flujo no uniformes. Por lo tanto, se recomienda utilizar este método con precaución y considerar las características específicas de la cuenca y la validez de los resultados obtenidos (Haan et al., 1994).

### **Modelo Muskingum Cunge**

El método de Muskingum-Cunge es una técnica utilizada para modelar el flujo en canales y ríos. Se basa en la ecuación de Saint-Venant para el flujo unidimensional en canales abiertos. Este método permite simular la propagación de un hidrograma de caudal a lo largo de un canal mediante el cálculo de los caudales y las alturas de agua en diferentes secciones del canal (Haan et al., 1994).

Por otro lado, el método de tránsito de hidrogramas de Muskingum es una técnica utilizada para modelar el tránsito del hidrograma a lo largo de una cuenca. Se basa en el concepto de que el caudal en un punto de la cuenca es una combinación ponderada de los caudales en ese punto y en los puntos aguas arriba. Este método permite simular el comportamiento del hidrograma a medida que se propaga a lo largo de la cuenca (Muskingum, 1935).

Es importante destacar que el método de Muskingum-Cunge se utiliza para modelar el flujo en canales y ríos, mientras que el método de tránsito de hidrogramas de Muskingum se utiliza para modelar el tránsito del hidrograma en una cuenca. Ambos métodos son útiles en diferentes aplicaciones y tienen fundamentos teóricos y enfoques de cálculo distintos.

## **5.2.12 Aspectos generales del lugar de estudio**

### **5.2.12.1 Ubicación geográfica.**

Región	:	Lima.
Provincia	:	Barranca.
Distrito	:	Pativilca.
Región Geográfica	:	Costa
Altitud	:	81 m.s.n.m.
Superficie	:	260.2 km <sup>2</sup>
Ubigeo	:	150203

#### **5.2.12.2 Limites geopolíticos.**

Norte	:	Distrito de Paramonga.
Noroeste	:	Distrito de San Pedro.
Este	:	Distrito Cochabamba.
Oeste	:	Océano Pacífico.
Sur	:	Distrito de Barranca.

### **5.2.13 Características generales del tramo de estudio del río Pativilca**

#### **5.2.13.1 Descripción.**

En el año 2014 el ANA realizó el estudio “Delimitación de faja marginal, de 7 km del río Pativilca en ambos márgenes al mar hasta el sector Potao” sin embargo actualmente se está teniendo problemas de inundaciones en las progresivas desde 0+500 hasta el 3+800 km por eso el área de estudio se encuentra ubicada en aldeaña al puente Bolívar, antigua Panamericana Norte Barranca.

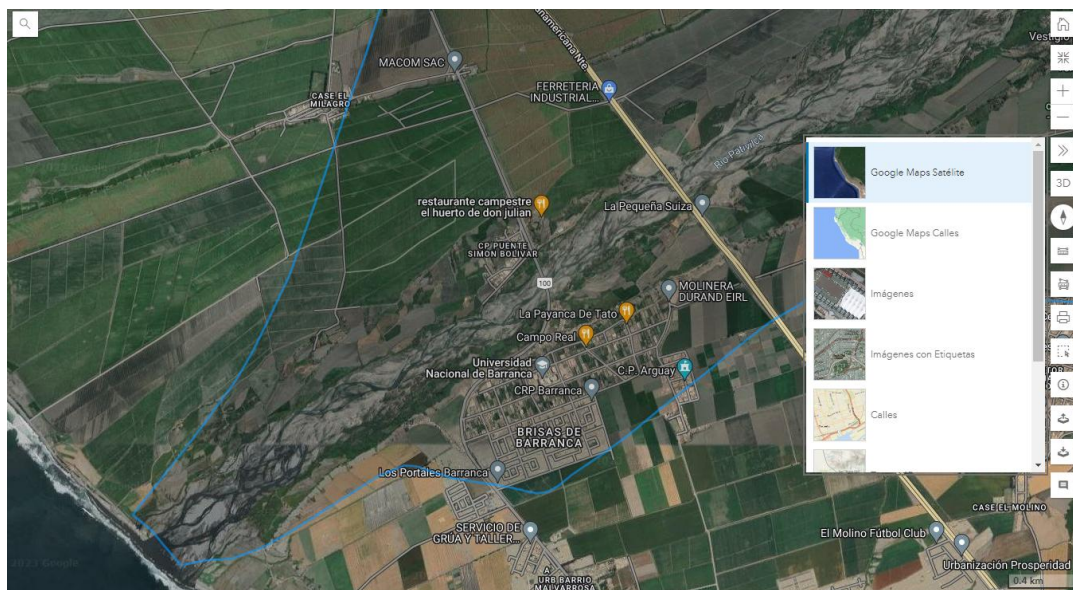
#### **5.2.13.2 Localización.**

Coordenadas UTM:

Este	:	196610.3 m E
Norte	:	8813465 m N
Altitud	:	81 m.s.n.m

**Figura 12**

*Localización del tramo de estudio del río Pativilca.*



*Nota.* La longitud del río nos muestra cómo se puede desbordar el río Pativilca.

### **5.2.13.3 Cuenca hidrográfica del río Pativilca.**

La cuenca hidrográfica de río Pativilca, está en la vertiente del pacifico y tiene un área total de 4,577.00 km<sup>2</sup>. Tiene una longitud aproximadamente de 178.44 km con pendiente de 2,74 %, nace en los nevados de Cajatambo y desemboca en el océano pacifico.

**Tabla 7**

*Características Geomorfológicas de la cuenta.*

<b>Características Geomorfológicas de la Cuenca</b>	<b>Valor</b>
Área (km <sup>2</sup> )	4,577.00
Perímetro (km)	441.37
Longitud de río (km)	178.44
Pendiente cauce principal (%)	2.74
Ancho Promedio (km)	25.65
Índice Compacidad o coeficiente de Gravelius (kc)	1.84

*Nota.* SNIRH, ANA (2023).



depositados sedimentos constituidos de arena, limo y arena arcillosa en proporciones variables.

Los depósitos aluviales de río están constituidos por capas de grava gruesa y fina, con elementos redondeados y asociados con capa de arena, limo y arena arcillosa en proporciones variables. Los depósitos aluviales de quebrada están constituidos con un material angular menos clasificado que los depósitos de río y con una mayor proporción de material impermeabilizado. Las nacientes de algunas de estas quebradas están al borde de las zonas de lluvia donde los huaycos contribuyen de una manera importante con los depósitos de quebrada.

## **VI. HIPÓTESIS Y VARIABLE DE ESTUDIO**

### **6.1 Hipótesis**

#### **6.1.1 Hipótesis general**

HG: El tipo de estructura de protección más óptimo para mitigar riesgo de desborde en el río Pativilca es el muro de concreto armado.

#### **6.1.2. Hipótesis específica**

HE1: Las características hidráulicas más importantes son tirante máximo y mínimo, hidrograma máximo y uso de suelo del río Pativilca.

HE2: Las áreas de posible inundación utilizando el Hec RAS 2D son las que tienen alto porcentaje de desbordamiento en el río Pativilca.

HE3: Las dimensiones de la estructuras de protección tendrán relación significativa al estudio hidrológico y características hidráulicas a fin de mitigar riesgos de desborde del río Pativilca.

### **6.2 Variable de estudio**

#### **6.2.1 Tipos de estructura de protección - Dependiente**

“Los tipos de estructura de protección son gaviones, enrocados, muro de contención, etc. Las cuales son construidas para proteger de las crecidas máximas de los ríos a las áreas aledañas de tal manera que permiten evitar los procesos de erosiones” (Pachas 2017, p. 5)

#### **6.2.2 Riesgos de desborde - Independiente**

“Se refiere a un fenómeno natural donde los ríos sufren daño a causa de avenidas máximas, huacos, factor tropical, lluvias, huracanes y factor humano los cuales producen desbordes de los márgenes de los ríos” (Rocha, 1998)

### 6.3 Operacionalización de variables

**Tabla 8**

*Variable dependiente.*

<b>Variables</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>
Tipos de estructuras de protección	Dependiente (Y)	“Los tipos de estructura de protección son gaviones, enrocados, muro de contención, etc. Las cuales son construidas para proteger de las crecidas máximas de los ríos a las áreas aledañas de tal manera que permitan evitar los procesos de erosiones” (Pachas 2017, p. 5)	Es la evaluación y diseño de las estructuras de defensa ribereña, las cuales estarán evaluados por sus respectivos indicadores.	Tipos	- Gaviones - Enrocados - Muro de contención	Ficha de recolección de datos

*Nota.* Fuente propia, variable dependiente (2022).

**Tabla 9***Variable independiente.*

<b>Variables</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>
Riesgos de desborde	Independiente (X)	“Se refiere a un fenómeno natural donde los ríos sufren daño a causa de avenidas máximas, huaicos, factor tropical, lluvias, huracanes y factor humano los cuales producen desbordamientos de los márgenes de los ríos” (Rocha, 1998)	Es el modelamiento hidráulico para prevenir el riesgo de desborde de los ríos, las cuales los estarán evaluados por sus respectivos indicadores.	Características hidráulicas  Área de inundación	- Velocidad - Caudal - Pendiente  - Coordenadas  - M2	Ficha de recolección de datos

*Nota.* Fuente propia, variable independiente (2022).

## **VII. OBJETIVOS**

### **7.1 Objetivo general**

OG: Evaluar los tipos de estructuras de protección más efectiva para mitigar los riesgos asociados con el desbordamiento del río Pativilca en el Puente Bolívar, Barranca – 2022.

### **7.2 Objetivos específicos**

OE1: Determinar las características hidráulicas del río Pativilca en zonas aledañas al puente Bolívar, Barranca - 2022.

OE2: Determinar las áreas de posible inundación utilizando software Hec – ras para mitigar riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca – 2022.

OE3: Establecer las dimensiones adecuadas para las estructuras de protección con el fin de reducir los riesgos de desbordamiento del Río Pativilca en el Puente Bolívar, Barranca - 2022.

## VIII. METODOLOGÍA

### 8.1 Diseño metodológico

#### 8.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, de acuerdo al tiempo de estudio se considera transversal ya que los datos recolectados son en un momento único.

Alvarez (2020), indica que la investigación aplicada es un tipo de investigación que se centra en la resolución de problemas prácticos o en la mejora de procesos específicos a través de la aplicación directa de conocimientos y teorías científicas.

González y Pérez (2022), indica que su principal objetivo es aplicar los resultados obtenidos en la investigación básica o teórica para enfrentar desafíos inmediatos en sectores diversos de la sociedad, la industria o el ámbito gubernamental.

#### 8.1.2 Diseño de investigación

El diseño es cuasiexperimental debido a que posee un enfoque de investigación que se utiliza para evaluar el efecto de una intervención o tratamiento en un grupo, pero sin la aleatorización completa que se ve en los ensayos experimentales (Hernández, 2014)

El diseño cuasiexperimental es un método de investigación que permite evaluar el impacto de una intervención, a pesar de la falta de aleatorización en la asignación de los grupos, utilizando un enfoque comparativo para determinar diferencias en los resultados (González y Pérez, 2022).

El diseño cuasiexperimental permite a los investigadores estudiar el impacto de una intervención sin la aleatorización completa, facilitando la comparación entre grupos existentes y ofreciendo resultados relevantes en contextos donde los experimentos controlados no son viables (Ramírez y Torres, 2021)

#### 8.1.3 Enfoque de investigación

Es cuantitativo. Según Carrasco (2014) “una investigación de enfoque cuantitativa es por qué usa la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”

Es cuantitativa. Aquí detallaremos que la presente tesis será de enfoque cuantitativo ya que se utilizarán las recolecciones de datos que serán obtenidos al momento de los ensayos y la visita a campo y así poder probar nuestras hipótesis haciendo uso de números y estadística (Hernández, 2014)

El enfoque cuantitativo se caracteriza por su rigor en la recolección y análisis de datos numéricos, permitiendo la generalización de resultados y la identificación de relaciones causales a través de técnicas estadísticas (García y López, 2020)

## **8.2 Población y muestra**

### **8.2.1 Población**

Según carrasco (2005), la población es un conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación (p. 236).

La población está constituida por 26.2 km de longitud del rio Pativilca.

### **8.2.2 Muestra**

La muestra, es parte o fragmento representativa de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población (Carrasco, 2005, p. 237).

Se desarrollará el tipo de muestra no probabilística, no todos los elementos de la población tienen la probabilidad de ser elegidas para formar parte de la muestra (Carrasco, 2005, p. 243).

De la cual se desarrollará una muestra no probabilística intencionadas, es aquella que el investigador selecciona según su propio criterio, sin ninguna regla matemática o estadística (Carrasco, 2005, p. 243).

La muestra está constituida 3.3 km de longitud del rio Pativilca.

## **8.3 Unidad de Análisis**

Es una sección del rio Pativilca.

## **8.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### ***8.5.1 Técnicas a emplear***

Se usará la técnica de la observación directa ya que según Carrasco (2005) busca captar las características, cualidades y propiedades de los objetos sujetos de la realidad, a través de nuestros sentidos o con la ayuda de poderosos instrumentos que amplían su limitada capacidad (p. 285).

La observación es una técnica que permite al investigador recoger datos de manera directa, lo que facilita la comprensión de los comportamientos y las interacciones en su contexto natural (Martínez y Ruiz, 2022)

La observación es una técnica de investigación clave que ofrece al investigador la oportunidad de captar comportamientos y contextos en tiempo real, lo que contribuye a una interpretación más rica de los datos (Gómez y Pérez, 2023)

Se realizó una observación directa, a los resultados obtenidos de cada uno de los indicadores la cual están en el instrumento de ficha de recolección de datos, y posteriormente se realizó el procesamiento de datos.

### ***8.5.2 Descripción de instrumentos***

Usa la ficha de recolección de datos que según Carrasco (2005) registra datos que se generan como resultado del contacto directo entre el observador y la realidad que se observa (p. 313).

La ficha de observación se convierte en una herramienta esencial para la sistematización de datos, permitiendo un análisis más detallado y preciso de las dinámicas observadas en el campo (Martínez y López, 2022)

El uso de la ficha de observación como instrumento de recolección de datos permite una organización efectiva de la información, lo cual es crucial para el análisis y la interpretación en estudios cualitativos (Gómez y Pérez, 2024).

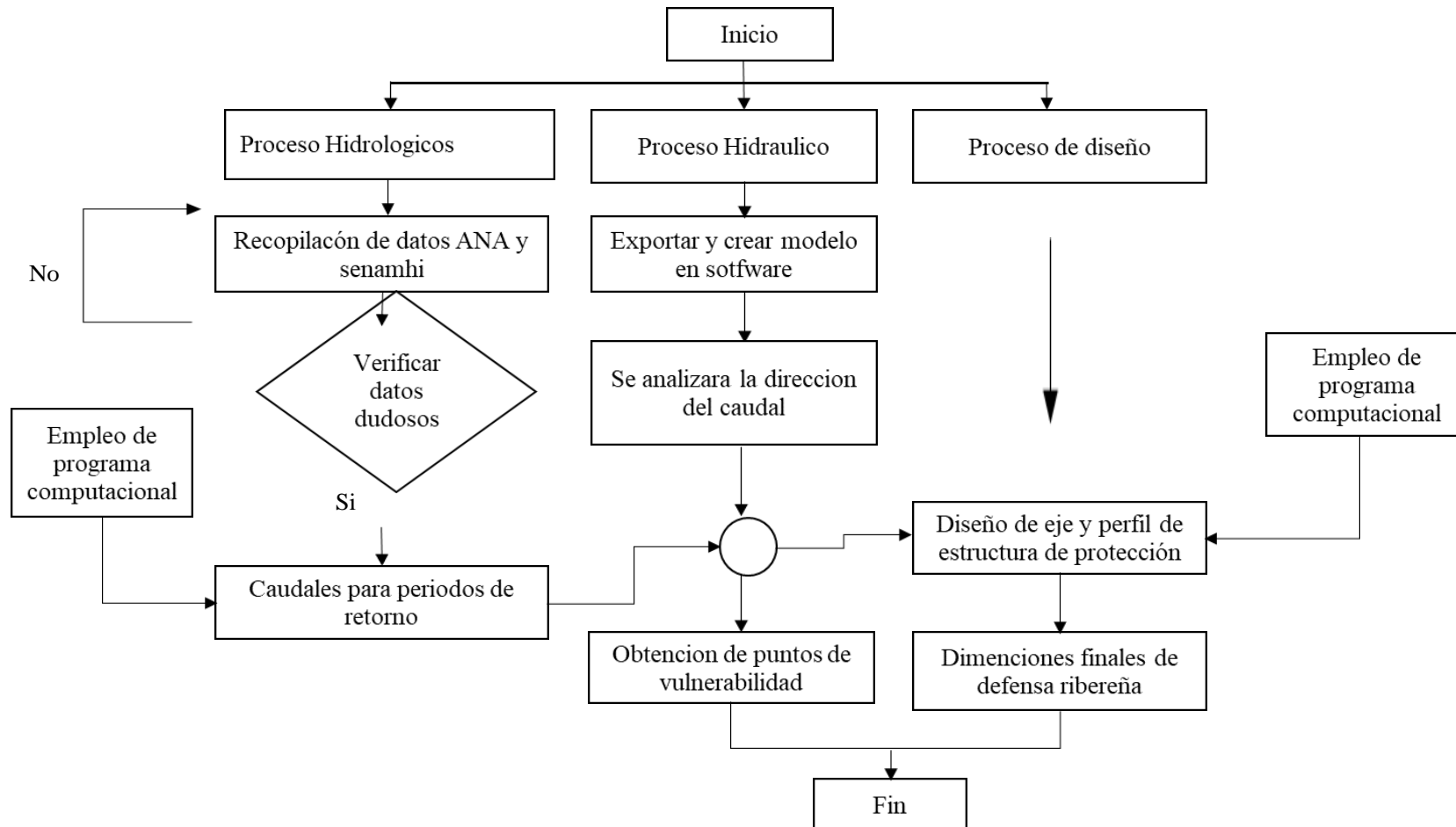
Se empleó el instrumento de recolección de datos en la recolección de precipitaciones, caudales y propiedades de la cuenca, que son las características del río de Pativilca.

### ***8.5.3 Procesamiento de la información***

El procesamiento de la información se basa en la metodología del desarrollo, la técnica y el análisis de los datos estudiados, este procedimiento es el siguiente mostrado.

**Figura 14**

*Diagrama de flujo.*



### **8.5.3.1. Trabajo en campo.**

Fase 1. Levantamiento topográfico obtenido mediante el modelo digital, para la creación de la superficie, que se empleará para los cálculos en el programa de modelamiento hidráulico.

Fase 2. Recopilación de datos proporcionado por ANA, SENAMHI, etc.

### **8.5.3.2. Trabajo en gabinete.**

Fase 1. Uso de un análisis de eventos extremos a un periodo de retorno de diseño, con el fin de calcular la lluvia para un periodo de retorno

Fase 2. Modelamiento hidráulico mediante el programa HEC – RAS, para determinar los puntos probables de inundación.

Fase 3. Aplicación del modelo para defensas ribereñas propuestas.

- Determinar las obras de protección que se adecue mejor a la zona de estudio.
- Determinar las dimensiones de la defensa ribereña mediante programa computacional.
- Elegir la defensa ribereña que sea capaz de reducir las áreas de inundación en la zona de estudio.

### **8.5.3.3. Procedimiento de análisis.**

Para iniciar el procedimiento del análisis, primero se debe de conseguir toda la información, para ello se hizo uso de modelos de elevación digital, tanto para la quebrada y para la cuenca en particular, registros de precipitaciones máximas anuales, modelos de uso de suelo e información de la absorción del tipo de suelo.

### **8.5.3.4. Aplicación del procedimiento.**

Para poder calcular la llanura de inundación es necesario primero verificar la información que se tiene disponible, la cual se basa en imágenes satelitales en formato DEM, proveniente de satélites como ALOS PALSAR, también se cuenta con registros históricos de precipitaciones máximas anuales, estos será de utilidad para determinar varios aspectos,

el primero es el cálculo de la tormenta de diseño, en base a todo este análisis inicial se propone el siguiente grupo de pasos para realizar el proyecto.

- Identificación del área de estudio y los límites que tiene
- Definición del punto de fluencia
- Delimitación de la cuenca hidrológica
- Modelado de la cuenca hidrológica
- Cálculo de la tormenta de diseño
- Promedio de la tormenta de diseño
- Obtención del hidrograma de entrada al modelo del río
- Cálculo de la llanura de inundación
- Propuesta del muro de contención

#### **8.5.3.5. Identificación del área de estudio.**

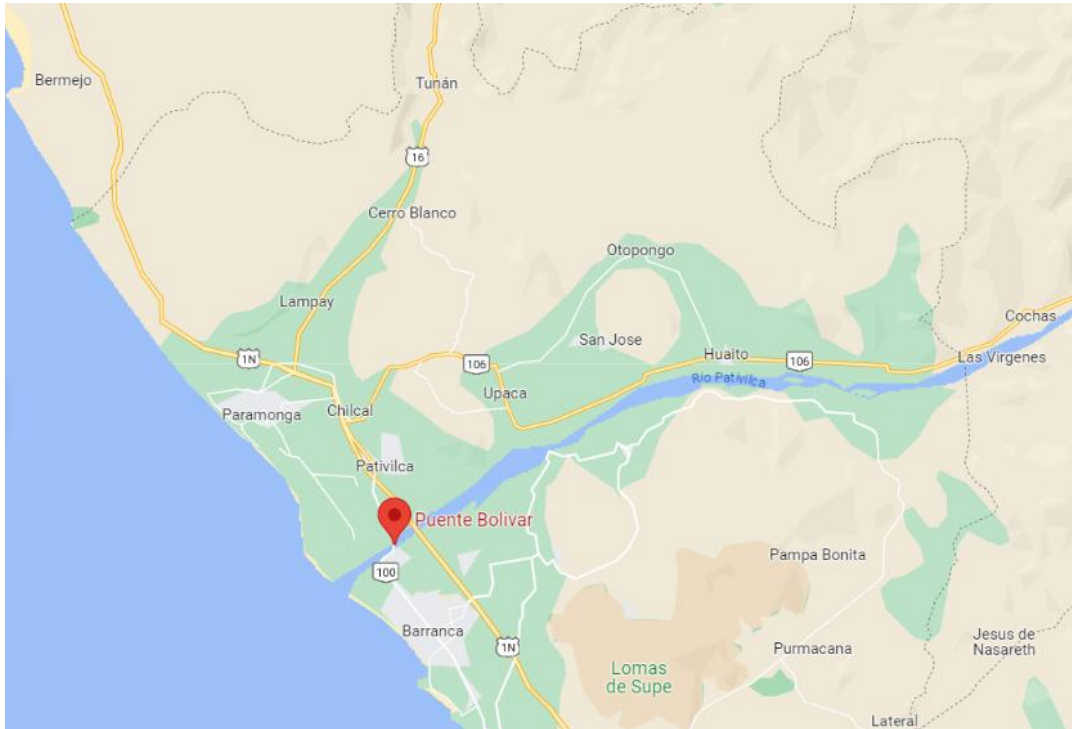
El proyecto está ubicado en el puente Bolívar, el cual está muy cercano al mar, es por ello que la cuenca de drenaje se puede estimar que es bastante grande.

Por otro lado, es necesario considerar que la mayor cantidad de viviendas al lado derecha es mayor, lo cual permite que se pueda diseñar muros de contención con una mayor libertad.

Otro aspecto a resaltar es que la cantidad de viviendas cerca de la zona de inundación no es mucha, pero estas se encuentran a una altura que fácilmente puede ocasionar la inundación de estas áreas, es por ello que es necesario realizar un análisis más preciso de la altura de inundación que cae sobre dicho río, por otra parte mediante inspección directa se pudo verificar que el fluido es semejante a lodo con rocas, sin embargo la cantidad de rocas solo se tiene en el fondo, debido a que tiene un ancho grande.

## Figura 15

*Puente Bolívar – ubicación.*



*Nota.* Google Earth, 2023.

Para poder realizar el estudio se debe de recorrer una distancia aguas arriba, para calcular el hidrograma de entrada, con ello calcular la llanura de inundación y proponer los muros de contención del proyecto.

### **8.5.3.6. Definición del punto de fluencia.**

El punto de fluencia está definido por las siguientes coordenadas (-10.716515, -77.765811), las cuales se tomaron como inicio para el modelado de todo el río, además de considerarlo el punto final de drenaje de la cuenca.

El primer paso es ubicar la cuenca mediante el uso de imágenes satelitales, las cuales podemos obtenerlas de la página de EARTH DATA de centro de investigación de Alaska, muchas veces estos puntos se pueden tratar como coordenadas, eso depende del estudio realizado, por otro lado se debe de revisar bien este punto, dado que toda el agua que se drena a este mismo, esta propiamente definida por el área de drenaje y las coordenadas, si se cambia este punto de afluencia, las propiedades de la cuenca también se modifican.

### **8.5.3.7. Delimitación de la cuenca hidrológica.**

Habiendo descargado la imagen satelital de la cuenca, se procede a delimitar la misma en el programa ArcGis, para ello se unen las imágenes satelitales, las que a su vez forman una imagen satelital grande, que contiene a toda la cuenca del proyecto.

El procesamiento de toda las imágenes se realiza mediante la herramienta ArcGis, en este caso en su versión 10.8, para lo cual también se hará uso de herramientas de ayuda, propias del análisis de cuenca y eventos extremos en ArcGIS, la primera de estas herramientas es ArcHydroTools, la cual también se está usando en su versión 10.8, esta herramienta nos permite delimitar cuencas de una manera más rápida, así como obtener parámetros de las mismas de una manera más fácil, lo cual también nos guía en el proceso de modelado de cuencas.

La segunda herramienta es la de HecGeoHMS, esta herramienta nos ayuda a recopilar toda la información del ArcGis que se obtuvo con hydro tools, para luego delimitar solo los elementos que queremos estudiar, exportando todos estos resultados encada una de las capas, según se realiza el proceso de la delimitación, se va a explicar todo este proceso y la razón de aplicar cada uno de estos métodos en las siguientes secciones:

#### **Paso 1: Llenado de Sumideros naturales**

Las cuencas de manera natural tienen zonas donde el agua se concentra, las cuales no drenan agua a ningún lado, el programa se da cuenca que estas zonas existen.

Un proceso de llenado artificial de los pixeles de la imagen de modelo de elevación digital, llena las alturas de estos elementos hasta sus máximas cantidades antes de comenzar a escurrir el agua, con ello en los siguientes pasos ya se puede evaluar la dirección del flujo.

#### **Paso 2: Cálculo de la dirección del flujo**

El cálculo de la dirección se da por un posible filtrado del pixel actual en cualquier a los pixeles siguientes anexos a él, los cuales son 8, ello nos da una clasificación de los pixeles en 8 colores, lo cual es la imagen, ello finalmente se puede usar para calcular la forma en que recorren los pixeles cada una de las direcciones del flujo.

Ello a su vez nos da una idea de cómo se forman las líneas de drenaje en la cuenca, las que son las vías por donde el agua circula y baja hasta llegar al punto de confluencia.

Este paso consiste en calcular la concentración del agua, que se da en cada uno de los píxeles, lo que se logra mediante la sumatoria y todas las direcciones sobre cada píxel calculado en las direcciones de flujo, todos estos grupos donde se juntan los flujos son los llamados líneas de drenaje, a su vez estas forman las sub cuencas y las cuencas más grandes.

Finalmente, si se hace un zoom en las zonas del proyecto, se puede encontrar las micro cuencas de cada zona, las que a su vez drenan toda el agua a ciertas regiones formando la red de drenaje.

#### **Paso 4: Delimitado de las cuencas**

Como sea posible identificar las cuencas, junto con las líneas de drenaje antes mostradas, es posible clasificar y separar cada subcuenca, así como también es posible modelar cada una con sus parámetros

Esta delimitación que realiza el programa inicialmente la realiza como un raster, para luego volverlo un vector, como se puede ver en la siguiente imagen.

#### **Paso 5: Calculo de los puntos de confluencia**

Cada una de las cuencas identificadas, tiene un punto final donde cada uno de las líneas de drenaje confluyen, estas líneas de drenaje pueden ser los ríos o las quebradas, en caso macro, pero para efectos menores solo son lugares donde se reúne el agua para ser drenada, finalmente se definen los puntos de confluencia para cada cuenca, los que a su vez sirven para identificar el punto de salida de la cuenca, para analizar tránsito de hidrogramas en cada cuenca, convirtiendo el hidrograma de diseño en hidrograma de diseño, el cual a su vez se convierte en la llanura de inundación en los pasos siguientes.

También si agregamos a estos puntos de confluencia los resultados de los ríos y quebradas identificados, se puede indicar como cada sub cuenca se une con las demás, formando el modelo general de la cuenca, lo cual luego debe analizarse con el modelo hidrológico en estudio, un modelo para cada sub cuenca y tránsitos para llevarlos al punto de salida final.

Luego de todo este análisis podemos indicar que cada cuenca está ligada a otra cuenca lo cual nos permite identificar nuestra cuenca en estudio y utilizar esta información para el modelado hidrológico, algo muy importante es escoger el punto de confluencia, el cual según hemos visto son los puntos de color rojo, en base a este punto se analizará toda la cuenca y se propondrá soluciones para las inundaciones del proyecto.

Luego de haber identificado las propiedades que dependen del tipo de la geometría, tipo de suelo y otros factores como pendientes máximas por sub cuencas, se procede a exportar el modelo a Hec Hms, donde se hará el análisis de eventos extremos, con el fin de obtener un hidrograma de salida, para tener la llanura de inundación.

#### **8.5.3.8. Modelado de la cuenca hidrológica.**

El modelo de la cuenca se puede realizar mediante el programa Hec Hms, este mismo cuenta con modelos semi distribuidos, distribuidos y no distribuidos, también cuenta con modelos de eventos extremos y de otras índoles, para mejorar los resultados del análisis realizado por el modelado es mejor tomar cada sub cuenca y empezar a revisar los parámetros importados por ArcGIS, esto porque a veces se pueden tener valores NaN o elementos similares.

Los resultados deben ser aun procesados, deben calcularse parámetros para el proceso de modelado, tales como la longitud de los ríos, centroides, áreas de cuencas, números de curva, precipitaciones por sub cuenca, pendientes de ríos y quebradas, así como las alturas de los centroides de sub cuencas.

#### **8.5.3.9. Selección de Estaciones y registros.**

Para estudiar la cuenca es necesario calcular una precipitación máxima de diseño, para ello se debe primero ubicar las estaciones que están sobre la cuenca, con ello realizar una interpolación sobre la cuenca usando alguna técnica, en base a ello vemos que las estaciones cercanas son:

Inicialmente debemos considerar las estaciones de:

- AMBAR
- OCROS
- GOGOR

- CAJATAMBO

Estas estaciones en base a su cobertura y su posición en el mapa, serán las utilizadas para extrapolar el valor de precipitación en la cuenca calculada, la cual es una porción de la cuenca Pativilca.

El SENAEMI también ha realizado un estudio hidrológico de esta cuenca, sin embargo, el uso fue para determinar los recursos hídricos del sector, además de haber sido realizado en el año 2015, puede servir de referencia para el cálculo de la precipitación, parámetros de cuencas, así como otros resultados que se realicen.

SENAEMI no indica a que nivel de periodo de retorno o más parámetros del análisis estadístico, solo se nos da resultados a la población en general, es por ello que omite resultados técnicos.

**Figura 16**

*Clasificación hidráulica del agua.*

Subcuenca	Área propia (km <sup>2</sup> )	Área acumulada (m <sup>3</sup> /s)	Caudal promedio propio (m <sup>3</sup> /s)	Caudal promedio acumulado (m <sup>3</sup> /s)	Aportación propia (hm <sup>3</sup> /a)	Aportación acumulada (hm <sup>3</sup> /a)
SC01-Alto Pativilca	747,40	747,40	13,89	13,89	438,38	438,38
SC02-Achín	282,60	282,60	6,13	6,13	193,42	193,42
SC03-Medio Alto Pativilca	573,80	1 603,80	6,61	38,37	208,74	1 210,96
SC04-Huayllapa en Toma Huayllapa	127,30	127,30	3,08	3,08	97,27	97,27
SC05-Laguna Viconga	40,80	40,80	0,93	0,93	29,26	29,26
SC06-Pumarinri en E.A. Pumarinri	134,80	175,60	2,36	3,28	74,34	103,61
SC07-Rapay h/Cajatambo (Cuchichaca)	166,60	469,50	2,52	10,50	79,46	331,40
SC08-Cajatambo (Cuchichaca)	127,80	127,80	1,62	1,62	51,07	51,07
SC09-Rapay completo	135,90	733,20	1,24	11,74	39,02	370,42
SC10-Medio Pativilca	48,40	2 385,40	0,21	46,57	6,52	1 469,70
SC11-Gorgor	561,60	561,60	7,99	7,99	252,22	252,22
SC12-Pativilca en E.A. Cahua	21,70	2 968,70	0,09	46,66	2,83	1 472,53
SC13-Pativilca en E.A. Puente Yanapampa II	357,60	3 326,30	1,19	47,85	37,51	1 510,04
SC14-Medio Bajo Pativilca	112,50	3 438,80	0,22	48,08	7,08	1 517,12
SC15-Huanchay b/Racrac	216,60	216,60	2,50	2,50	78,78	78,78
SC16-Huanchay completo	257,40	474,00	0,70	3,20	22,11	100,89
SC17-Pativilca en EA Alpas	170,10	4 082,90	0,30	51,57	9,37	1 627,38
SC18-Pativilca en E.A. Alpas y Tomas Altas	17,80	4 100,70	0,01	51,58	0,24	1 627,62
SC19-Pativilca en EA Yanapampa I	83,90	4 184,60	0,00	51,58	0,12	1 627,74
SC20-Subcuenca norte B. Pativilca	173,00	173,00	0,02	0,02	0,60	0,60
SC21-Pativilca completo	234,10	4 591,70	0,01	51,61	0,16	1 628,50

*Nota.* Estudio de la cuenca Pativilca, SENAEMI (2015).

Estos resultados son solo una guía, dado que para poder resolver el problema de manera completa es necesario considerar primero los modelos de precipitación, para luego

buscar un nivel de periodo de retorno sujeto a un nivel de diseño, con ello realizar el cálculo de la precipitación.

Los registros de precipitaciones por parte de SENAHMI, considerando precipitaciones máximas anuales en mm, son las siguientes:

**Tabla 10**

*Precipitaciones máximas anuales en mm.*

<b>Año</b>	<b>Alcan</b>	<b>Ambar</b>	<b>Ocros</b>	<b>Gogor</b>	<b>Cajatambo</b>
1994	8.00	7.30	117.59	88.33	56.60
1995	4.00	9.30	28.28	145.00	39.20
1996	36.00	18.60	87.06	137.22	25.70
1997	5.00	23.10	119.31	116.44	46.90
1998	18.00	18.20	150.50	196.75	55.50
1999	24.00	23.80	192.62	183.05	64.70
2000	4.00	25.00	68.87	119.89	40.60
2001	11.00	13.80	101.66	186.36	95.80
2002	52.00	61.00	12.83	61.98	39.30
2003	12.00	9.40	40.62	179.75	45.00
2004	17.00	12.40	40.83	206.09	17.00
2005	7.00	12.50	180.66	207.64	118.40
2006	14.00	13.00	198.83	80.58	88.50
2007	5.00	12.10	48.11	23.24	51.60
2008	8.00	18.50	89.80	136.36	80.80
2009	24.00	25.40	44.90	153.41	36.50
2010	7.00	28.50	211.66	150.31	102.00
2011	10.00	7.90	100.49	220.04	112.20
2012	47.00	15.90	148.59	144.11	31.90
2013	14.00	13.90	63.07	131.71	59.00
2014	15.86	15.15	81.24	35.64	109.86
2015	19.78	36.78	32.07	54.24	79.68
2016	26.65	36.59	182.80	257.23	73.04
2017	31.88	8.50	195.63	20.14	57.95
2018	5.07	36.78	66.28	201.45	50.70

2019	16.35	9.42	96.21	261.88	2.41
2020	11.77	30.68	23.52	168.90	3.02

*Nota.* Elaboración Propia, resumen de precipitaciones máximas anuales.

Donde se puede recalcar que se puede ver mayor cantidad de lluvias en las regiones más altas, lo cual explicaría la razón por la que puede haber inundaciones, siendo este el motivo del porque se ha tomado este sector como zona de estudio.

### 8.5.3.10. Pruebas estadísticas y Selección de pruebas estadísticas

Dado que se ha seleccionado los registros históricos de cada una de las estaciones en estudio, se ha procedido a seleccionar una de las distribuciones estadísticas, con el fin de utilizarla para la predicción de la precipitación máxima para la tormenta de diseño, para ello se probarán con las siguientes distribuciones:

- Normal
- Log Normal 2 parámetros
- Log Normal 3 parámetros
- Gamma 2 parámetros
- Gamma 3 parámetros
- LogPearson tipo III
- Gumbel
- LogGumbel

Las que se aplicaran a cada una de las estaciones y sus registros, anotando también la predicción de precipitación para un periodo de retorno de 50 años, el cual es el periodo de retorno de diseño de cauces y torrenteras.

**Tabla 11**

*Estimaciones de precipitaciones.*

Año	Estimaciones				
	Alcan	Ambar	Ocos	Gogor	Cajatambo
Normal	42.92	45.32	227.63	281.04	123.87
Log Normal 2	58.84	56.34	370.17	494.58	311.68
Log Normal 3	58.56	64.82	252.72	X	127.18
Gamma 2	48.00	50.00	275.44	353.84	168.10
Gamma 3	51.25	50.25	241.46	X	127.51

Log Pearson III	X	X	X	X	X
Gumbel	49.75	49.75	260.83	317.13	140.95
LogGumbel	87.3	87.3	552.01	715.15	516.47

*Nota.* Elaboración Propia, Calculo de las precipitaciones por distribuciones de probabilidades.

Donde se toman los siguientes valores como los que más sentido tienen en las extrapolaciones, todo con el fin de obtener la lluvia total para distribuirla en el tiempo, con ello escogemos los valores de la tabla anterior.

Con ello utilizamos las áreas calculadas de cada estación para realizar la interpolación de la tormenta de diseño, pero en magnitud, obteniendo.

Donde la precipitación es de 170.619 mm en toda la cuenca, el cual se va a dividir en el tiempo.

#### **8.5.3.11. Tormenta de Diseño.**

Para dividir en el tiempo la lluvia acumulada de 170.619 mm, se va a hacer uso del método de los bloques alternos, junto con la tormenta de diseño propuesta por el SCS de tormenta unitaria, para distribución de tormentas de diseño, obteniendo lo siguiente:

**Tabla 12**

*Tormenta de diseño.*

<b>Tiempo</b>	<b>Tormenta Modelo</b>	<b>Normalizado</b>	<b>Tormenta a 50 años</b>
5	0.01	0.0062	0.69
10	0.02	0.0124	1.37
15	0.02	0.0124	1.37
20	0.03	0.0186	2.06
25	0.03	0.0186	2.06
30	0.03	0.0186	2.06
35	0.04	0.0248	2.75
40	0.04	0.0248	2.75
45	0.05	0.0311	3.44
50	0.08	0.0497	5.50
55	0.14	0.0870	9.62

60	0.71	0.4410	48.78
65	0.1	0.0621	6.87
70	0.06	0.0373	4.12
75	0.04	0.0248	2.75
80	0.04	0.0248	2.75
85	0.03	0.0186	2.06
90	0.03	0.0186	2.06
95	0.03	0.0186	2.06
100	0.03	0.0186	2.06
105	0.02	0.0124	1.37
110	0.01	0.0062	0.69
115	0.01	0.0062	0.69
120	0.01	0.0062	0.69

*Nota.* Elaboración Propia, Distribución de la precipitación en el tiempo.

La cual origina el hietograma por cada 5 minutos, que será aplicado sobre la cuenca en estudio, calculada y modelada en la sección anterior, con el fin de obtener la distribución del caudal en el tiempo.

#### **8.5.3.12. Obtención del hidrograma de salida de la Cuenca.**

Para el modelado de la cuenca hidrográfica se debe de considerar los siguientes aspectos y sub secuencias del proceso hidrológico, las cuales usan también parámetros para el modelado de cada sub proceso. El primer modelo es el modelo de perdidas, para lo cual se hará uso del número de curva y el modelo de infiltración del método del SCS, con ello se nos sugiere los números de curva de la siguiente tabla. Se considera que las carreteras que no tiene infiltración tengan números altos, igual para algunos casos de cultivos que siempre están inundados, este número representa la cantidad de infiltración que tiene el suelo, como referencia se puede tener algunas secciones.

También se presentan ejemplos de todo tipo de cultivo en las tablas, superficies que son muy comunes en el ejemplo estudiado.

**Figura 17**

*Numero de curva según el uso del suelo.*

Usos de suelo - CORINE	Usos de suelo - Tablas CSC	Landuse
Autopistas, autopistas y asociados	Carreteras pavimentadas	35
Bosques de coníferas	Bosques, condición hidrológica* pobre	29
Cítricos en regadío	Cultivos en hilera, en línea recta, condición hidrológica buena	5
Cultivos agrícolas en secano con zonas de vegetación natural	Combinación de cultivos y herbazal, condición hidrológica pobre	101
Cultivos anuales permanentes en regadío	Cultivos densos leguminosos en línea recta, condición hidrológica buena	17
Cultivos anuales permanentes en	Cultivos en hilera, condición hidrológica pobre	6
Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos densos leguminosos en línea recta, condición hidrológica buena	17
Frutales en secano	Cultivos en hilera, en línea recta, condición hidrológica pobre	4
Grandes formaciones de matorral medianamente denso	Matorrales, condición hidrológica regular	102
Grandes superficies de equipamientos y servicios	Zonas comerciales	36
Matorral boscoso de coníferas	Bosques, condición hidrológica buena	31
Matorrales subarbustivos muy poco densos	Matorrales, condición hidrológica pobre	103
Otras instalaciones deportivas y recreativas	Zonas de césped y parques, condición hidrológica buena	38
Otros frutales en regadío	Cultivos en hilera, en línea recta, condición hidrológica buena	5
Pastizales naturales mediterráneos	Pastos, condición hidrológica regular	26
Tejido urbano continuo	Zonas urbanas muy impermeables	41
Tejido urbano discontinuo	Zonas urbanas muy impermeables	41
Tierras de labor en secano	Cultivos en hilera, condición hidrológica pobre	6
Xeroestepa subdesértica	Barbecho - Suelo desnudo	1
Zonas industriales	Zonas industriales	37
Zonas portuarias	Zonas industriales	37
Zonas verdes urbanas	Zonas urbanas poco impermeables	46

*Nota.* Factores de Manning.

Luego de haber incluido el modelo de infiltración se debe de incluir el modelo de escorrentía, para ello es necesario colocar factores que dependen de la sección del canal y la convergencia del modelo, como es el valor K y X.

Estos factores ayudan a regularizar la diferencia entre los valores de convergencia, dado que este es un método iterativo.

Estos valores podemos encontrarlos en la sección transversal de un canal cualquiera, como el de la sección siguiente:

El modelo de escorrentía hace uso de una sección transversal de un canal, el cual como se puede ver tiene una cuña de superficie, este mismo da la forma a los parámetros X y K, lo mismo para el tránsito.

Estos parámetros vienen de la topografía y son directamente extraídos del análisis de escorrentía, el ArcGIS puede calcular las pendientes de cada rio, también las pendientes de cada cuenca, perímetro, área y otras propiedades de la sección, con ello se puede realizar un modelado más preciso, dado que este hidrograma luego será lleva aguas abajo a la salida de la cuenca, inundando toda el área en estudio. El hidrograma también puede ser representado

como una tabla, la cual tiene valores por cada intervalo de tiempo, para obtener un valor más grande en el modelado, como más puntos, es necesario llenar de valores vacíos al resto de la cuenca, esto para modelado de cuencas con tiempos de concentración altos.

#### **8.5.3.13. Obtención del modelo de superficie del río DEM.**

Habiendo definido las propiedades de las cuencas y estudiado como estas contribuyen en el escurrimiento de agua en la cuenca, se procede a calcular los factores de forma de cada cuenca, para ello se toma las tablas estadísticas del programa ArcGIS, con las que se calcula los siguientes factores de Horton, Compacidad y circularidad.

Esto para poder entender como aporta cada cuenca a la esorrentía superficial, por otro lado, se debe de tomar la superficie de una fotografía satelital, tal como se ha realizado para el DEM, con ello poder estimar el uso del suelo, dado que en base a ello se puede ver cuanta esorrentía superficial va a recorrer en la superficie, lo cual es la lluvia que origina la inundación del proyecto.

La enumeración de las cuencas se puede ver en la siguiente figura, esta misma depende totalmente de la separación que ha realizado el proyecto usando ArcGis, es por ello que se utiliza, además solo una parte de estas sub cuencas se utilizan en el modelado, esto porque hay un grupo de cuencas en el borde del mar, las que no tienen totalmente definida su salida, estas cuencas se encuentran de manera alargada según la imagen, por ello tampoco se pueden utilizar de manera directa.

Se están definiendo varios parámetros para el estudio de estas cuencas, los cuales tienen las siguientes propiedades:

#### **Factor de Horton**

Este factor es una relación entre el área de la cuenca y el perímetro de la misma, lo cual nos indica que mientras más grande es este factor, la cuenca tiene una forma más circular, es por ello que tiene una concentración más uniforme del caudal a la salida de dicha sub cuenca.

Ello nos ayuda a revisar el tipo de hidrograma de salida de la cuenca, dado que este debe ser horizontal y de forma simétrica, sin mucha imperfección u otros cambios asociados.

## Factor de Compacidad

El factor de compacidad mide la relación entre la forma de la cuenca, basando en la suposición que esta fuese circular, para ello toma el perímetro de una cuenca circular y la compara con el área de la sub cuenca, encontrando el total final del perímetro, esto nos da una idea de que tan alargada es la cuenca, así como el tiempo de concentración que esta puede tener, cuencas largas pueden drenar agua de una manera más lenta, que cuencas con un área más simétrica

## Factor de Circularidad:

En este caso se usa también una aproximación del tipo rectangular, también el tipo circular, esto porque la forma de la cuenca afecta al escurrimiento y la forma del hidrograma de salida, por ejemplo, si la forma de una cuenca es más ovalada, esta misma no tendrá el pico del hidrograma a la misma altura que en el caso convencional, es por ello que debe de estudiarse junto con la aproximación del caudal de salida de la cuenca en cada uno de los puntos de estudio.

**Tabla 13**

*Factores de forma de cuencas.*

Id Cuenca	Perímetro	Área	Factor de Horton	Compacidad	Circularidad
1	120104.555	237740884.832	0.016	2.181	0.207
2	54992.745	61493782.363	0.020	1.964	0.256
3	119804.734	132611896.751	0.009	2.913	0.116
4	53093.860	47199461.172	0.017	2.164	0.210
5	146214.245	221045006.678	0.010	2.754	0.130
6	74656.213	72810815.418	0.013	2.450	0.164
7	55517.438	80729492.861	0.026	1.730	0.329
8	24810.448	18291193.782	0.030	1.624	0.373
9	118430.538	240509199.126	0.017	2.138	0.215
10	22137.016	10054764.514	0.021	1.955	0.258
11	83700.910	113946922.749	0.016	2.196	0.204
12	57841.075	68060920.429	0.020	1.963	0.256
13	30132.326	22235940.199	0.024	1.789	0.308
14	46072.976	45592752.654	0.021	1.911	0.270
15	187564.994	266924298.181	0.008	3.215	0.095
16	62538.320	83673538.411	0.021	1.914	0.269
17	48546.528	49918770.552	0.021	1.924	0.266
18	48546.527	71141680.564	0.030	1.612	0.379
19	63562.718	87078137.351	0.022	1.907	0.271
20	45023.593	52244166.854	0.026	1.744	0.324

21	52644.123	50671168.847	0.018	2.071	0.230
22	184916.545	397522464.006	0.012	2.597	0.146
23	69459.262	105394457.962	0.022	1.894	0.275
24	91171.527	119238838.248	0.014	2.338	0.180
25	45448.344	49068049.827	0.024	1.817	0.299
26	51569.755	59307597.589	0.022	1.875	0.280
27	46572.686	45676248.454	0.021	1.929	0.265
28	57966.001	80808930.911	0.024	1.806	0.302
29	53018.903	75482680.604	0.027	1.709	0.337
30	45798.139	54224967.577	0.026	1.741	0.325
31	9919.182	1848143.974	0.019	2.043	0.236
32	7645.516	1063751.808	0.018	2.076	0.229
33	70658.558	110970259.199	0.022	1.878	0.279
34	54393.099	67595372.842	0.023	1.852	0.287
35	71408.119	108105651.668	0.021	1.923	0.266
36	49421.014	62581880.703	0.026	1.749	0.322
37	9519.417	2765036.837	0.031	1.603	0.383
38	83226.187	147265483.885	0.021	1.920	0.267
39	45823.124	48099810.980	0.023	1.850	0.288
40	70258.792	104101912.110	0.021	1.928	0.265
41	43899.252	44355766.637	0.023	1.846	0.289
42	61214.097	71367197.163	0.019	2.029	0.239
43	57041.544	42884836.425	0.013	2.439	0.166
44	21562.354	12898927.076	0.028	1.681	0.349
45	72382.547	110619733.044	0.021	1.927	0.265
46	101265.607	165844933.048	0.016	2.202	0.203
47	56242.013	79980059.562	0.025	1.761	0.318
48	53918.376	60143491.673	0.021	1.947	0.260
49	78903.722	46463918.250	0.007	3.241	0.094
50	50945.120	7302681.106	0.003	5.279	0.035
51	55617.379	66231348.410	0.021	1.914	0.269
52	81926.946	76403943.408	0.011	2.624	0.143
53	35853.970	27201207.851	0.021	1.925	0.266
54	112958.751	178012531.077	0.014	2.371	0.175
55	16815.137	5890119.947	0.021	1.940	0.262
56	69634.160	53022628.374	0.011	2.678	0.137
57	105613.057	82504595.775	0.007	3.256	0.093
58	88448.123	155087867.844	0.020	1.989	0.249
59	39976.553	45269694.243	0.028	1.664	0.356
60	46897.493	42193459.996	0.019	2.022	0.241
61	12117.893	4257660.406	0.029	1.644	0.364
62	67160.609	73621271.071	0.016	2.192	0.205
63	47796.966	49358178.192	0.022	1.905	0.271
64	33355.436	35010950.313	0.031	1.578	0.395
65	52844.006	60514150.489	0.022	1.902	0.272
66	36353.678	37123315.473	0.028	1.671	0.353
67	45448.344	45443864.874	0.022	1.888	0.276
68	38977.140	48283189.488	0.032	1.571	0.399

69	55467.467	90796586.755	0.030	1.630	0.371
70	41650.571	43026857.176	0.025	1.778	0.312
71	33955.085	32753599.043	0.028	1.661	0.357
72	26759.305	21256308.467	0.030	1.625	0.373
73	6746.043	1308620.739	0.029	1.651	0.361
74	14841.296	6362846.513	0.029	1.647	0.363
75	29807.517	25219938.833	0.028	1.662	0.357
76	41250.806	45439026.775	0.027	1.713	0.336
77	58840.489	94512382.952	0.027	1.695	0.343
78	51394.856	69174613.636	0.026	1.730	0.329
79	72457.503	83462692.115	0.016	2.221	0.200
80	48771.395	68605593.765	0.029	1.649	0.362
81	28508.279	23155174.053	0.028	1.659	0.358
82	108486.371	204353654.316	0.017	2.125	0.218
83	84375.514	127759153.332	0.018	2.090	0.226
84	48846.351	67348631.214	0.028	1.667	0.355
85	83201.202	135186688.050	0.020	2.004	0.245
86	43849.281	42737040.957	0.022	1.878	0.279
87	86674.163	200739457.677	0.027	1.713	0.336
88	74056.566	140412118.596	0.026	1.750	0.322
89	71857.856	99524470.554	0.019	2.017	0.242
90	97118.039	117109618.452	0.012	2.513	0.156
91	79053.634	55909398.176	0.009	2.960	0.112
92	71558.031	58129293.713	0.011	2.628	0.143
93	115082.503	64277546.163	0.005	4.019	0.061
94	54642.951	7138031.847	0.002	5.727	0.030
95	139293.303	73149637.138	0.004	4.560	0.047
96	75705.598	101616860.007	0.018	2.103	0.223
97	93270.296	43888970.635	0.005	3.942	0.063
98	49421.015	49142805.914	0.020	1.974	0.253
99	59764.946	58486061.503	0.016	2.188	0.206
100	55792.275	57479898.374	0.018	2.061	0.232
101	55817.262	64363540.045	0.021	1.948	0.260
102	99266.776	179303672.268	0.018	2.076	0.229
103	49296.088	39533924.446	0.016	2.195	0.204
104	38527.403	27729182.093	0.019	2.049	0.235
105	28758.133	19560641.814	0.024	1.821	0.297
106	45948.051	47739920.709	0.023	1.862	0.284
107	58190.871	83726757.228	0.025	1.781	0.311
108	40651.158	28414471.725	0.017	2.135	0.216
109	63387.821	95004617.860	0.024	1.821	0.297
110	47547.112	45278902.200	0.020	1.978	0.252
111	136794.766	196726197.970	0.011	2.731	0.132
112	47322.245	50758254.117	0.023	1.860	0.285
113	141766.851	308249245.938	0.015	2.261	0.193
114	36753.444	43394238.648	0.032	1.562	0.404
115	57841.076	77346275.110	0.023	1.842	0.291
116	18239.303	8541696.160	0.026	1.747	0.323

117	41900.426	41280937.014	0.024	1.826	0.295
118	72457.502	132855517.223	0.025	1.760	0.318
119	60514.508	84165461.114	0.023	1.847	0.289
120	59465.124	71548859.007	0.020	1.968	0.254
121	53543.596	59356914.636	0.021	1.946	0.260
122	35379.248	30445213.818	0.024	1.795	0.306
123	35379.250	27810336.821	0.022	1.878	0.279
124	41275.791	42971765.559	0.025	1.763	0.317
125	47322.245	47522051.381	0.021	1.922	0.267
126	37527.989	31843417.034	0.023	1.862	0.284
127	43274.619	49416703.249	0.026	1.724	0.332
128	61239.082	77547133.169	0.021	1.947	0.260
129	47697.025	49299965.273	0.022	1.902	0.272
130	32605.876	30554460.743	0.029	1.652	0.361
131	63462.778	76942530.132	0.019	2.026	0.240
132	1624.047	67733.013	0.026	1.747	0.323
133	26059.716	17701573.188	0.026	1.734	0.328
134	54143.244	82339946.947	0.028	1.671	0.353
135	60764.361	83355474.178	0.023	1.864	0.284
136	165178.120	144320815.134	0.005	3.850	0.066
137	107137.163	66384137.308	0.006	3.682	0.073
138	78329.059	75636250.087	0.012	2.522	0.155
139	165028.211	64184533.108	0.002	5.768	0.030
140	96243.553	49276709.683	0.005	3.839	0.067
141	102739.741	219601076.387	0.021	1.941	0.261
142	88822.903	11195770.564	0.001	7.433	0.018
143	72382.547	53531874.641	0.010	2.770	0.128
144	78379.030	110889728.710	0.018	2.084	0.227
145	52993.918	68163144.247	0.024	1.797	0.305
146	49396.029	55174322.389	0.023	1.862	0.284
147	76280.260	99198290.858	0.017	2.144	0.214
148	46497.729	47057128.166	0.022	1.898	0.274
149	90471.937	103853297.472	0.013	2.486	0.159
150	70133.865	73318501.310	0.015	2.293	0.187
151	122178.342	33287504.164	0.002	5.929	0.028
152	47272.273	66271301.648	0.030	1.626	0.373
153	61339.024	79813224.234	0.021	1.922	0.267
154	46522.714	65604271.613	0.030	1.608	0.381
155	89972.231	165641734.101	0.020	1.957	0.257
156	87523.666	178209331.424	0.023	1.836	0.292
157	43749.340	64114613.388	0.033	1.530	0.421
158	11992.966	2316188.518	0.016	2.206	0.202
159	19038.834	9360578.999	0.026	1.742	0.325
160	71208.236	113159721.369	0.022	1.874	0.280
161	25110.273	18378591.306	0.029	1.640	0.366
162	38702.300	50452519.097	0.034	1.526	0.423
163	51319.899	50717052.424	0.019	2.018	0.242
164	63013.042	107613728.963	0.027	1.701	0.341

165	29232.854	24349397.829	0.028	1.659	0.358
166	49820.779	60007089.311	0.024	1.801	0.304
167	115057.518	285811667.444	0.022	1.906	0.271
168	51369.870	68899779.876	0.026	1.733	0.328
169	56266.997	68051868.176	0.021	1.910	0.270
170	56741.719	72338869.452	0.022	1.868	0.282
171	65436.620	97247454.979	0.023	1.858	0.285
172	60714.391	43915345.941	0.012	2.565	0.150
173	46097.963	48404765.581	0.023	1.855	0.286
174	20038.247	10949807.999	0.027	1.696	0.343
175	48821.364	50981273.575	0.021	1.915	0.269
176	44324.004	47874294.319	0.024	1.794	0.306
177	167126.980	112518131.426	0.004	4.412	0.051
178	141242.158	54084508.448	0.003	5.378	0.034
179	33005.642	9573922.435	0.009	2.987	0.110
180	94469.592	175729740.973	0.020	1.995	0.247
181	60114.743	49827783.413	0.014	2.385	0.173
182	85774.693	118363459.157	0.016	2.208	0.202
183	55217.612	44181439.915	0.014	2.326	0.182
184	85324.955	107062656.813	0.015	2.309	0.185
185	62413.395	18925449.629	0.005	4.017	0.061
186	63237.911	93549138.203	0.023	1.831	0.294
187	32705.818	31420787.915	0.029	1.634	0.369
188	79328.474	184339170.071	0.029	1.636	0.368
189	72707.356	99733756.423	0.019	2.039	0.237
190	133421.746	325834393.137	0.018	2.070	0.230
191	39901.597	57459609.620	0.036	1.474	0.454
192	57541.251	52364494.373	0.016	2.226	0.199
193	24685.522	18119520.317	0.030	1.624	0.374
194	20188.159	14007314.179	0.034	1.510	0.432
195	47197.318	55329296.816	0.025	1.777	0.312
196	42500.072	46562084.016	0.026	1.744	0.324
197	53693.508	60918675.861	0.021	1.926	0.266
198	92071.000	124483621.719	0.015	2.311	0.185
199	56242.014	72096341.571	0.023	1.855	0.286
200	81652.109	136690080.254	0.021	1.955	0.258
201	78179.145	120946990.312	0.020	1.990	0.249
202	35754.029	37876962.413	0.030	1.627	0.372
203	89522.492	251788619.883	0.031	1.580	0.395
204	51769.635	56044239.187	0.021	1.936	0.263
205	35604.118	30151651.876	0.024	1.816	0.299
206	17564.698	9031902.194	0.029	1.636	0.368
207	40925.997	41841997.547	0.025	1.772	0.314
208	22162.001	11635877.929	0.024	1.819	0.298
209	39826.641	47046203.183	0.030	1.626	0.373

*Nota.* Elaboración Propia, Resultados de cálculos de factor de forma.

Luego de haber estudiado las propiedades de forma es necesario revisar la topografía del proyecto, aguas debajo de la cuenca, se tiene toda la topografía delimitada por el estudio hidrológico, obteniendo la siguiente topografía, la cual se usa para poder obtener los parámetros hidrológicos.

El modelo hidrológico se desarrolla a partir de la superficie, ya sea por el corte transversal y la toma de valores en 1D o por la generación de una superficie TIN, la cual se puede usar para delimitar un área de cálculo en 2D, obteniendo los resultados sobre dicha área, el primer paso para realizar este trabajo es ubicar el lecho aguas abajo, para luego tomar secciones transversales en toda su longitud, obteniendo así la sección trasversal, la que a su vez se usa para el modelado.

En la imagen se puede ver cómo se toman como bancos laterales los contornos de dicha zona, las cuales están marcadas con líneas rojas, para el lecho del centro del cauce se toma la línea de color celeste, la cual está centrada parcialmente, esto porque a ambos costados del terreno se tienen zonas posibles de inundación, dado que su altura no es muy grande, lo cual genera toda esa área posible de inundación.

Con esta exportación de la geometría se puede armar el modelo en 2D o también se puede calcular las secciones transversales, con el fin de determinar el nivel de inundación que se puede tener en cada sección o en toda la longitud del tramo de la quebrada.

Para el cálculo de la llanura de inundación es necesario utilizar esta topografía, producto del análisis hidrológico, para luego modelar con un DEM o TIN las inundaciones en todos los tramos de la quebrada.

#### **8.5.3.14. Cálculo de la llanura de inundación.**

Para el cálculo de la llanura de inundación es necesario realizar un análisis no estacionario, este análisis considera un método numérico. Donde se resuelve por diferencias finitas todo el volumen en análisis, para ello es necesario importar en el Hec Ras2D toda la geometría del proyecto, con ello realizar la discretización de toda el área y definir los límites de la inundación.

Para el estudio del análisis no estacionario es necesario evaluar dos cosas, primero las condiciones de contorno, tanto aguas abajo como aguas arriba, se considera que cada una de estas determina el comportamiento del agua en la parte inferior, para ello es necesario

primero definir una pendiente promedio de la línea de energía al inicio de la quebrada, la cual se modela considerando el promedio de pendientes en la cuenca, siendo este valor de 0.02, para la parte de entrada es necesario evaluar el hidrograma de entrada, este hidrograma de entrada es el que se calculó en la sección anterior y se basa en la cantidad de agua por cada unidad de tiempo.

Para colocar los valores del hidrograma se tiene una pestaña parecida al Excel, donde se ingresan cada uno de los valores en estudio, con ello se procede a graficar la función, la cual es el hidrograma, en este estudio se está haciendo uso de 2 hidrogramas, el primero es el hidrograma convencional, el calculado por el análisis hidrológico, el otro es un hidrograma con la parte del pico aumentado, esto para poder identificar de manera más clara la llanura de inundación, dado que la lluvia es como un pulso, luego se debe de bajar este nivel de agua, es por ello que se debe de estudiar completamente como es que se inunda y aumentar el tiempo del pico, luego se tomara una decisión sobre la altura del muro en estudio.

Esta forma del hidrograma tiene un pico que se mantienen en el tiempo, ello permite identificar de manera más clara toda la zona de inundación, esto con el fin de evaluar la quebrada, al final se utilizara el hidrograma real obtenido del modelado de la cuenca, el cual se utilizara en base al punto de desfogue de la quebrada.

También se define otro hidrograma, el cual utiliza los mismos valores que se han calculado del análisis hidrológico, estos se ingresan por medio de la tabla, la cual forma el ingreso de caudal en cada paso de tiempo.

El análisis estacionario consiste en calcular los valores por cada intervalo de tiempo, para que se calcule la llanura de inundación y como el flujo del agua varía en cada paso del tiempo.

Para una lluvia con una mayor intensidad, superior a la de diseño se puede observar que la zona vulnerable de inundación máxima es bastante grande, lo cual nos indica que esta zona no tiene un cauce definido, ni tampoco cuenta con áreas de protección, siendo muy propensa a inundarse, incluso el límite del cauce natural se encuentra mucho más allá de la zona por donde circula el agua de manera natural.

Las llanuras de inundación no salen solo por tener los bordes en el tiempo, estos salen de encontraron los bordes máximos que logran alcanzar en cada paso del tiempo, por

ejemplo, en la siguiente figura se puede ver el flujo en el paso del tiempo, como se puede ver es menor en ancho y borde al caso total donde se calcular los bordes máximos.

El modelado de la superficie del agua, puede darnos hasta cierto punto la cantidad y la longitud de la llanura de inundación, el problema de ello son todos los parámetros que han venido de manera secuencial luego de todo este estudio.

Luego se calcula las zonas donde el agua se esparce, para poder ver las zonas donde el agua choca y como estos se concentran.

## **IX. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

En el tema ético el presente proyecto de tesis respalda todos los derechos intelectuales de los diferentes autores que se ha manejado como nube de información para llevar a cabo nuestra investigación, realizándose las citas correspondientes y rigiéndose en todo el desarrollo de las fuentes bibliográficas más confiables.

Las consideraciones éticas están reguladas por la Universidad Nacional de Barranca, según lo establecido en la Directiva N° 07-2019-UNAB, titulada: Normas y Procedimientos para Trabajos de Tesis, Investigación y Suficiencia Profesional. Estas normas están destinadas a quienes buscan obtener el grado académico de bachiller y título profesional. En nuestro estudio, nos hemos centrado específicamente en el artículo 16.7, que establece la necesidad de revisar los trabajos a través de un programa de detección de similitudes con otras fuentes (Turnitin). Asimismo, se ha considerado el artículo 20, que regula la formalidad requerida para la solicitud de uso de bienes de la Universidad, en este caso, solicitando el uso del laboratorio de mecánica de materiales y suelos mediante una solicitud documentada.

Además, de las consideraciones éticas del Concytec, nos apoyamos en principios como la veracidad, la honestidad intelectual, la justicia, la imparcialidad y la objetividad. También se tuvo en cuenta la integridad y la responsabilidad en la realización y publicación de los resultados científicos. Por último, se destacó la transparencia, actuando sin conflictos de interés (López et al., 2023). Para abordar las consideraciones éticas en la investigación, es importante seguir las directrices de las normas de CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica del Perú), las cuales promueven la integridad científica, el respeto a los derechos humanos y el medio ambiente, así como la responsabilidad social y la transparencia en la ejecución de proyectos de investigación.

Las principales consideraciones éticas a tomar en cuenta incluyen: Protección de las comunidades afectadas por el proyecto, garantizando que las intervenciones estructurales respeten la seguridad y el bienestar de los habitantes, Respeto por el medio ambiente, minimizando los impactos negativos en el ecosistema fluvial y la biodiversidad del área, conforme a la normativa ambiental vigente, Transparencia y difusión de los resultados, asegurando que los hallazgos y recomendaciones estén disponibles para las autoridades locales y las comunidades, Consentimiento informado de los pobladores que puedan verse afectados por el estudio o por la implementación de medidas preventivas, de manera que

estén adecuadamente informados de los riesgos y beneficios asociados, Responsabilidad social, en la cual el proyecto debe considerar el beneficio a largo plazo para la sociedad, mediante la mejora en la gestión de riesgos y la infraestructura.

Las consideraciones éticas internacionales se basan en principios reconocidos en la comunidad científica global. Estos principios incluyen el respeto por la dignidad humana, la confidencialidad de los datos y la protección del medio ambiente (Rodríguez, 2021). Además, se garantizaron los estándares de transparencia, honestidad y responsabilidad ética en la recolección y manejo de información. La investigación siguió las pautas de integridad en la publicación de los resultados, evitando la manipulación de los datos y asegurando la revisión ética por parte de comités internacionales competentes (Martínez et al., 2023)

## X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 10.1. Resultados

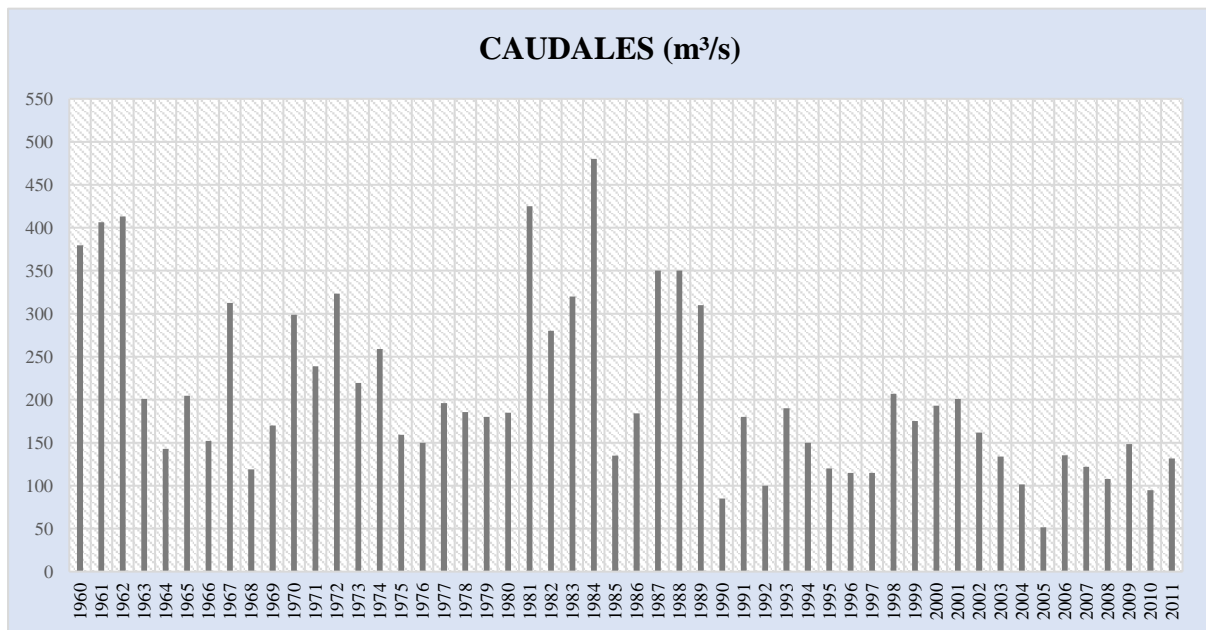
#### 10.1.1 Determinar las características hidráulicas del río Pativilca en zonas aledañas al puente Bolívar, Barranca - 2022.

El río Pativilca, que serpentea a través de la provincia de Barranca, presenta características hidráulicas fascinantes, especialmente en las cercanías del puente Bolívar. Este entorno reveló un dinámico sistema fluvial, donde la interacción entre la corriente y el lecho del río destaca la variabilidad en la velocidad y el caudal. Las zonas adyacentes al puente son cruciales para entender no solo la dinámica hídrica, sino también su influencia en la biodiversidad local y en la actividad humana. La erosión de las orillas y la calidad del agua se convierten en factores determinantes para la sostenibilidad de este ecosistema vital. Para proporcionar un análisis detallado y cuantificable de las características hidráulicas del río Pativilca en las zonas aledañas al Puente Bolívar en Barranca, es necesario considerar datos recopilados de estudios realizados por el ANA. A continuación, se exponen las características más relevantes que suelen analizarse para este tipo de estudios, y el estudio de mecánica de suelo.

#### 1. Caudal del río Pativilca (Q)

#### Figura 18

Caudal del río Pativilca (Q).

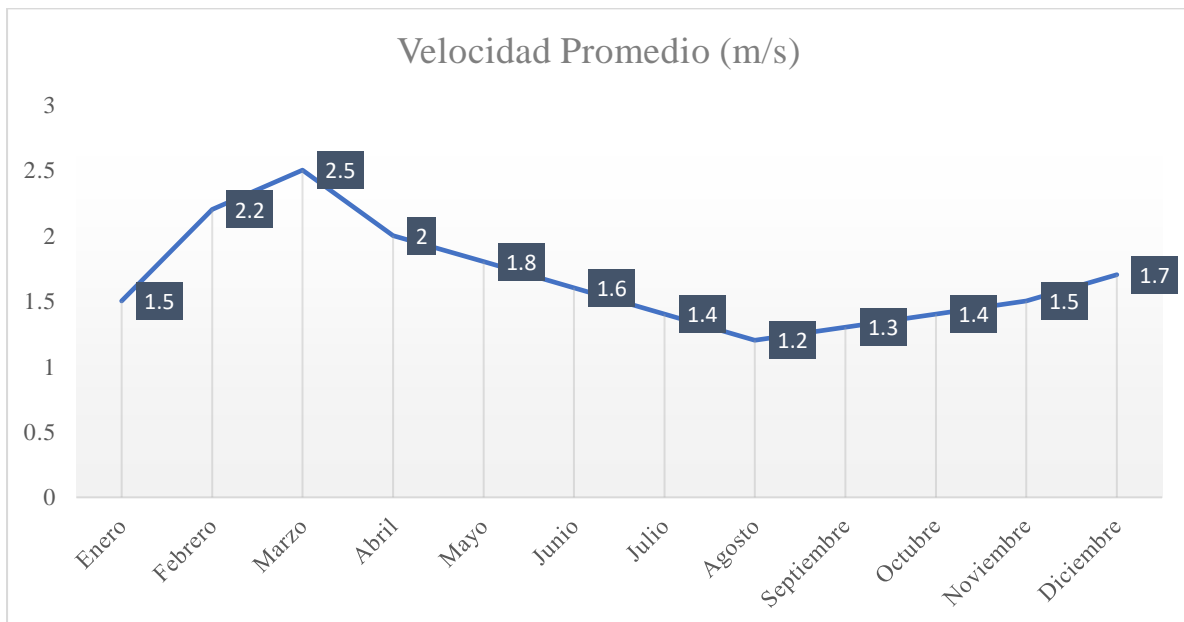


El análisis de los caudales del río a lo largo del año muestra una considerable variabilidad estacional en el flujo de agua. En el año 1984, se registró el caudal más alto, con un caudal máximo de 480 m<sup>3</sup>/s, lo que sugiere una mayor ocurrencia de lluvias o deshielos durante ese año. Por otro lado, en el año 2005 presenta el caudal más bajo, con valor de 57.09 m<sup>3</sup>/s, indicando el año de menor precipitación y flujo en el río, datos recopilados de estudios realizados por el ANA.

## 2. Velocidad del flujo (v)

**Figura 19**

*Velocidad del flujo (V).*



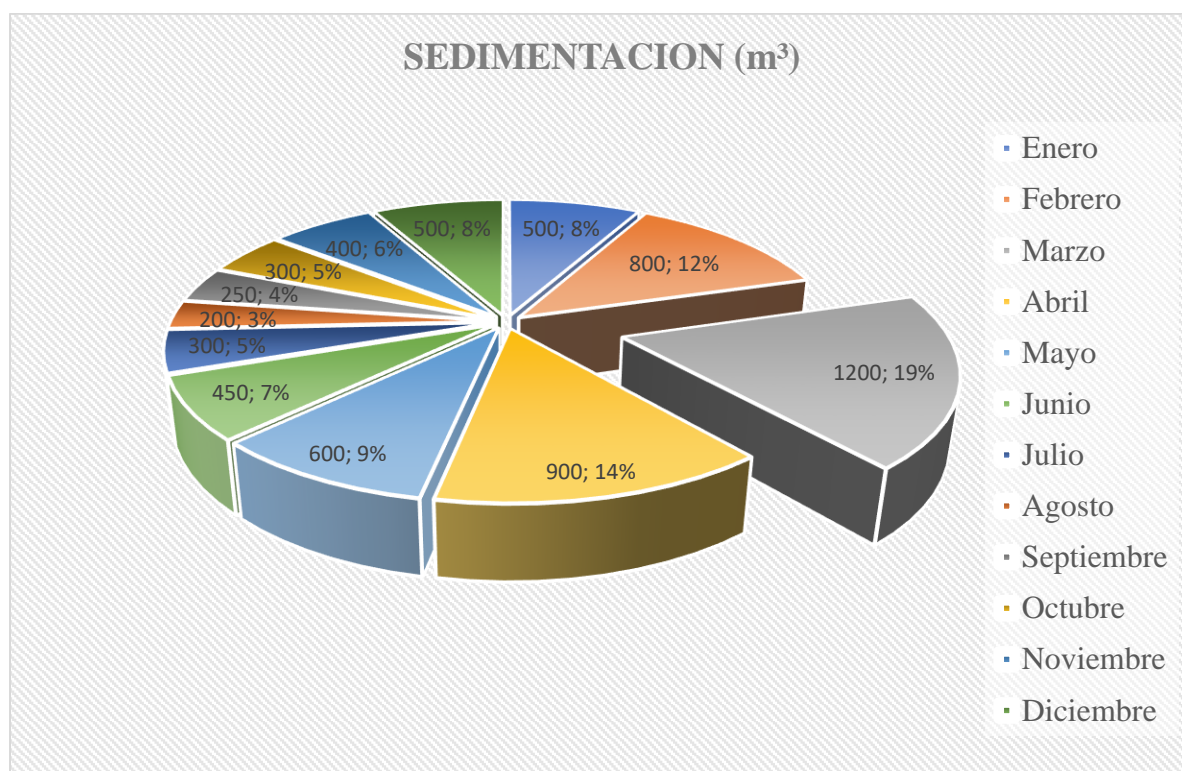
El análisis de las velocidades promedio del río a lo largo del año muestra una ligera variabilidad estacional. Los meses de marzo y febrero presentan las velocidades más altas, alcanzando 2.5 m/s y 2.2 m/s respectivamente, lo que podría estar relacionado con los caudales más altos de esos meses debido a lluvias o deshielos, datos recopilados de estudios realizados por el ANA.

## 3. Sedimentación y erosión (volumen acumulado de sedimentos)

La cantidad de sedimentos es crítica para entender la capacidad de transporte del cauce.

**Figura 20**

*Sedimentación y erosión (volumen acumulado de sedimentos).*



La sedimentación del río muestra una clara variabilidad estacional, con los valores más altos registrados en los meses de marzo (1200 m<sup>3</sup>) y febrero (800 m<sup>3</sup>), lo que refleja un aumento en el transporte de sedimentos debido a las lluvias intensas y el aumento del caudal en esa época. A medida que avanza el año, los valores de sedimentación disminuyen, alcanzando su mínimo en agosto (200 m<sup>3</sup>), cuando el flujo del río es más bajo debido a la temporada seca. Este patrón es típico en ríos de régimen estacional, donde las precipitaciones generan un mayor arrastre de sedimentos durante los meses de mayor caudal. La sedimentación es un indicador importante para evaluar la erosión de las orillas del río y la capacidad de los cauces para transportar materiales. Estos datos son esenciales para la planificación de medidas de gestión de sedimentos y la protección de infraestructuras cercanas al río, datos recopilados de estudios realizados por el ANA.

El río Pativilca en las zonas aledañas al Puente Bolívar presenta un riesgo significativo de desbordes durante la temporada de lluvias, especialmente en los meses de febrero y marzo, cuando el caudal y la velocidad del flujo alcanzan sus niveles máximos. La sedimentación también es un problema clave, ya que reduce la capacidad del cauce para manejar grandes

volúmenes de agua. Para mitigar estos riesgos, es crucial implementar medidas estructurales como defensas ribereñas, además de mejorar la capacidad de drenaje y monitoreo del río.

#### **4. Estudio de Suelo**

**La calicata N° 01**, Presenta nivel freático a la profundidad de 0.70 m, y está conformado de una capa de 0.10 m de limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado seguido de un primer estrato (M-1), de 1.90 m, de material Grava bien Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos no plásticos y bolonería subredondeada de 4" a 10", Condición in situ: Medianamente compacto y húmedo, luego subyace bolonerías y bloques aislados.

**La calicata N° 02**, Presenta nivel freático a la profundidad de 0.60 m, y está conformado de una capa de 0.20 m de limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado seguido de un primer de un estrato (M-1), de 1.80 m, de material Grava bien Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos no plásticos y bolonería subredondeada de 4" a 10", Condición in situ: Medianamente compacto y húmedo. Luego subyace bolonerías y bloques aislados.

**La calicata N° 03**, Presenta nivel freático a la profundidad de 0.70 m, y está conformado de una capa de 0.20 m de limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado seguido de un primer de un estrato (M-1), de 1.80 m, de material Grava bien Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos no plásticos y bolonería subredondeada de 4" a 10", Condición in situ: Medianamente compacto y húmedo, luego subyace bolonerías y bloques aislados.

**La calicata N° 04**, Presenta nivel freático a la profundidad de 0.50 m, y está conformado de una capa de 0.20 m de limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado seguido de un estrato (M-1), de 1.80 m, de material Grava bien Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos no plásticos y bolonería subredondeada de 4" a 10", Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo. , luego subyace bolonerías y bloques aislados.

**La calicata N° 05**, Presenta nivel freático a la profundidad de 0.80 m, y está conformado de una capa de 0.10 m de espesor de limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado seguido de un estrato (M-1), de 1.90 m, de material Grava Mal Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos no plásticos y bolonería subredondeada de 4" a 10", Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo, luego subyace bolonerías y bloques aislados.

**La calicata N° 06**, Presenta nivel freático a la profundidad de 0.60 m, y está conformado de una capa de 0.10 m de espesor de limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado seguido de un estrato (M-1), de 1.90 m, de material Grava Mal Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos no plásticos y bolonería subredondeada de 4" a 10", Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo, luego subyace bolonerías y bloques aislados.

**Tabla 14**

*Contenido de humedad.*

<b>Contenido de humedad</b>			
N° de recipiente	3	Peso muestra + anillo (g)	118.64
Peso del recipiente + suelo húmedo (gr)	93.39	Peso del anillo (g)	48.74
Peso del recipiente + suelo seco (gr)	84.35	Peso de la muestra (g)	69.90
Peso del agua (gr)	9.04	Área (cm <sup>2</sup> )	20.26
Peso del recipiente (gr)	11.98	Volumen (cm <sup>3</sup> )	40.52
Peso del suelo seco (gr)	72.37	Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.725
Porcentaje de humedad (%)	12.49	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.534

**Ensayo de corte directo**

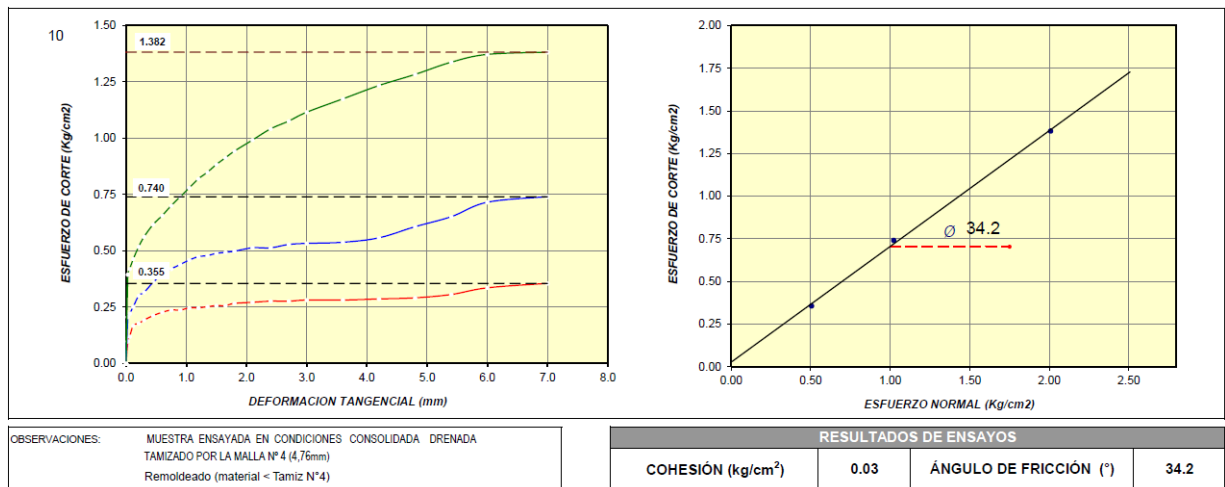
**Tabla 15**

*Ensayo de corte directo.*

<b>Características de los especímenes</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Cont. Humedad (%)</b>	<b>Dens. Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Esfuerzos (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
				<b>Tangencial</b>	<b>Normal</b>
01	20.26	13.66	1.492	0.355	0.5
02	20.26	12.94	1.497	0.740	1
03	20.26	12.49	1.534	1.382	2

**Figura 21**

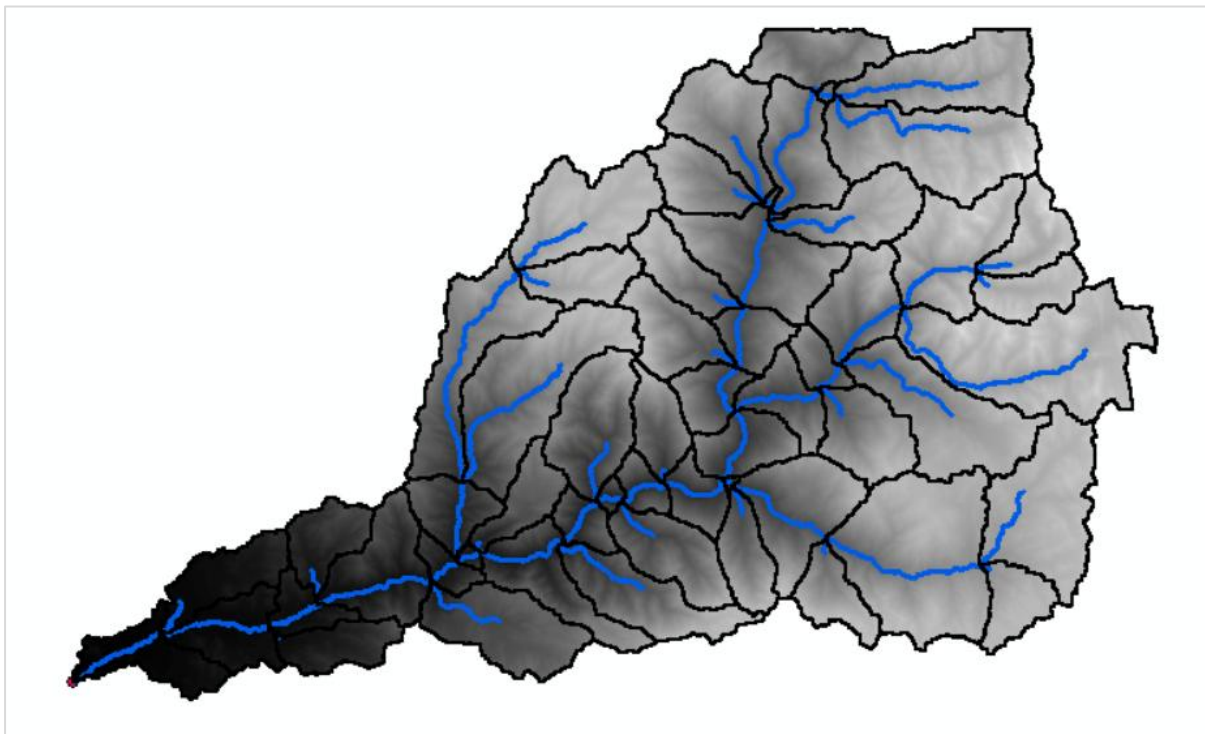
*Cohesión y ángulo de fricción.*



**10.1.2 Determinar las áreas de posible inundación utilizando software Hec – ras para mitigar riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca – 2022.**

**Figura 22**

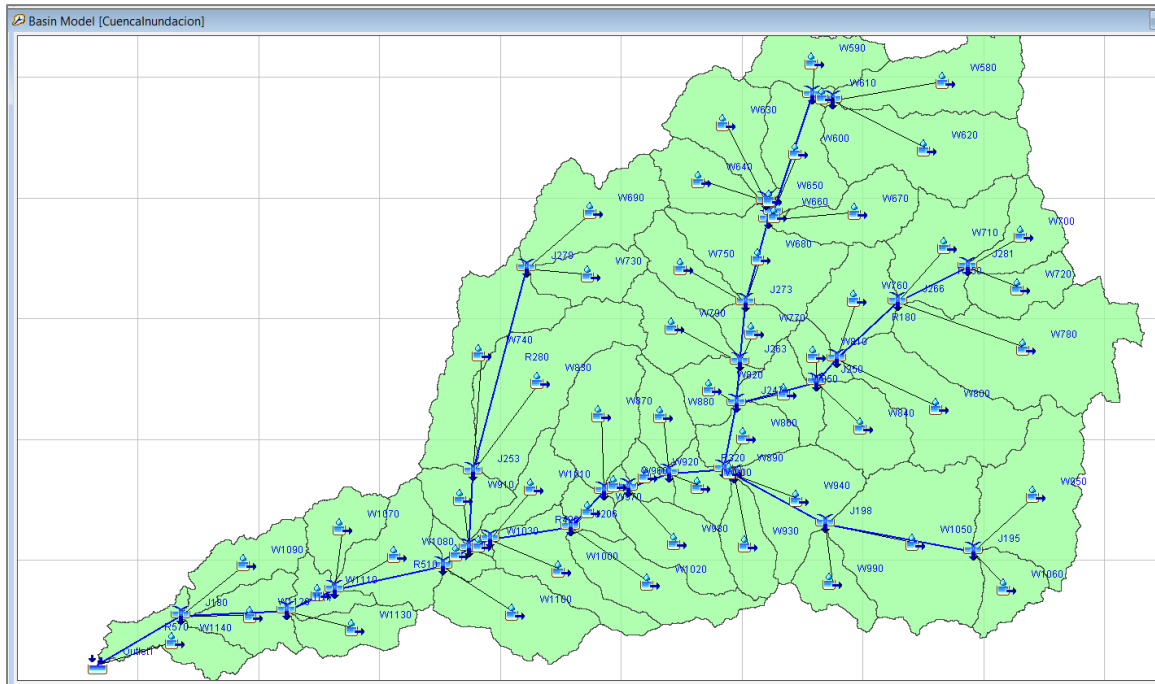
*Delimitación de cuenca.*



*Nota.* Cuenca Producto del Satélite ALOS PALSAR del ASF Centro de Investigación.

**Figura 23**

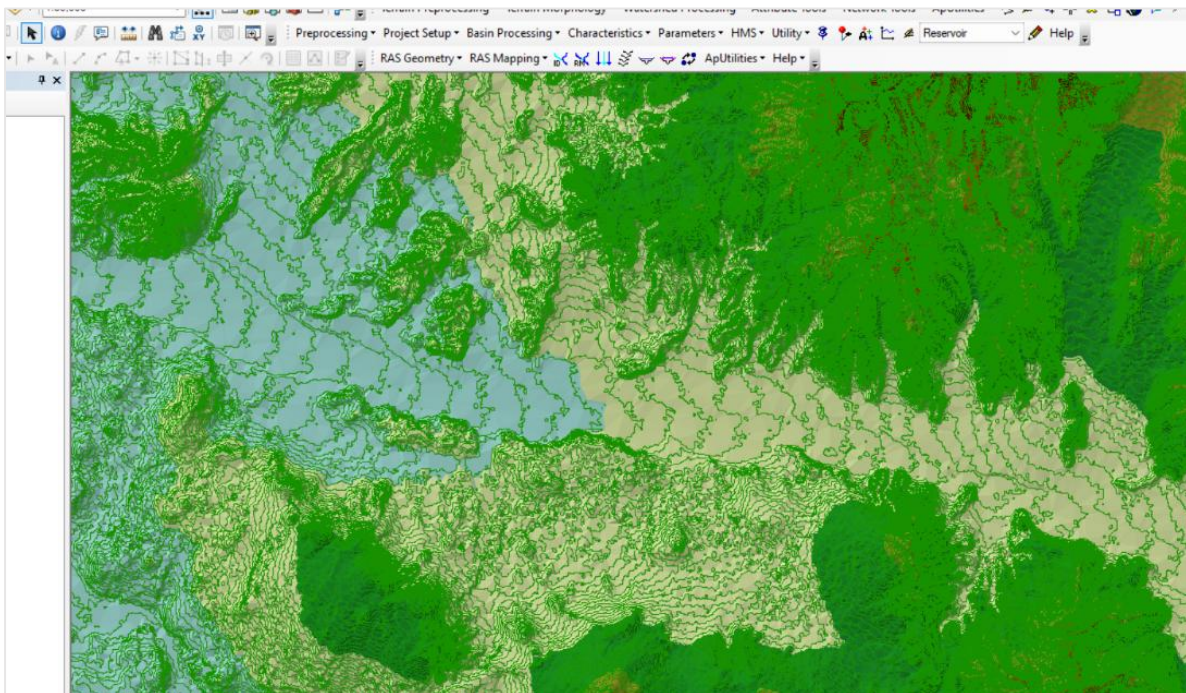
*Modelado de cuenca con HechHms.*



*Nota.* Generado en HechHMS.

**Figura 24**

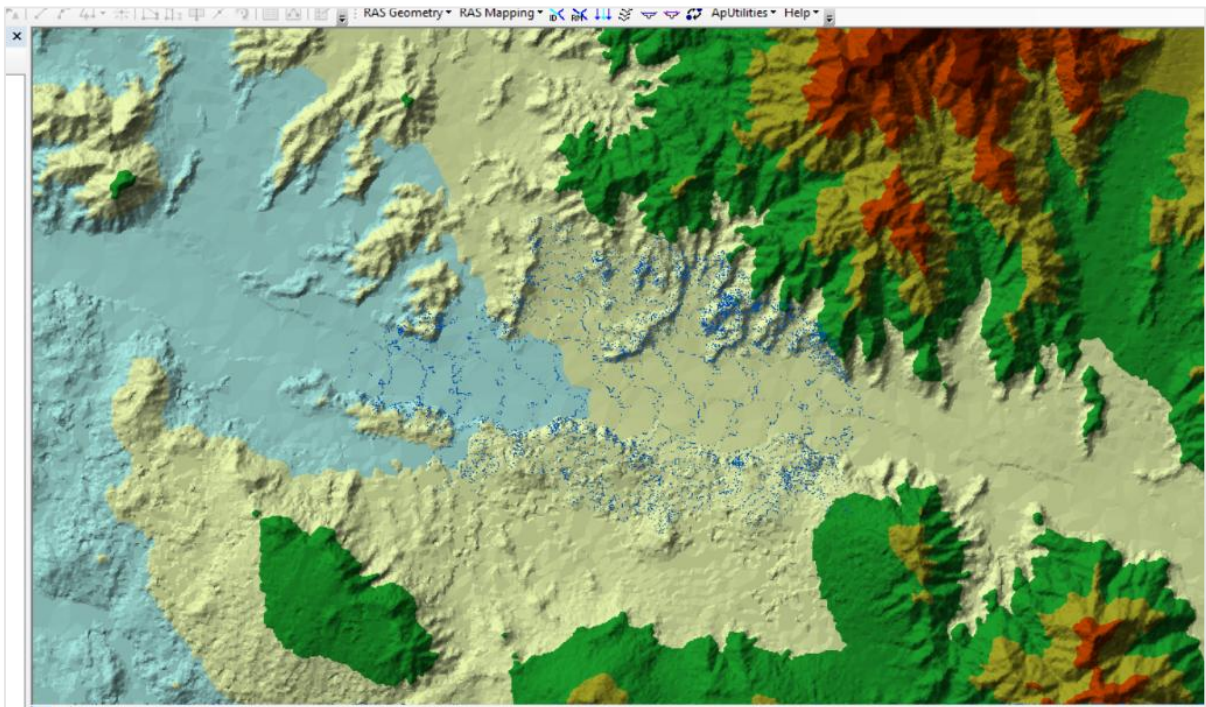
*Topografías aguas abajo.*



*Nota.* Generado en ArcGIS.

**Figura 25**

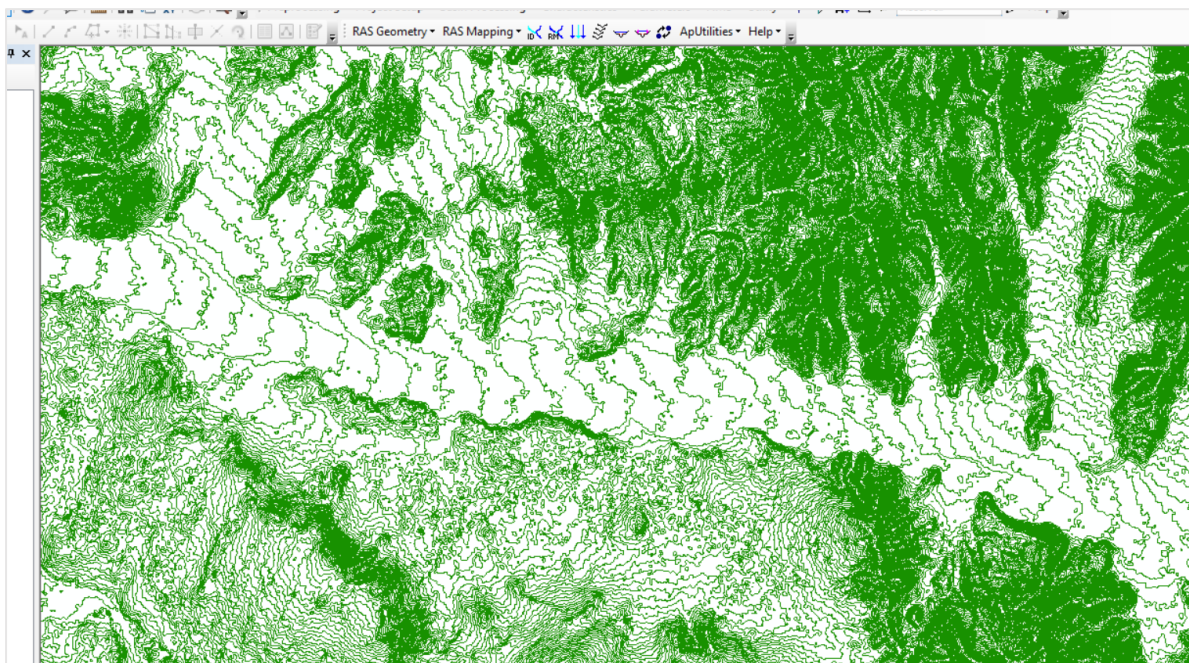
*TIN del modelo Hidrológico.*



*Nota.* Generado en ArcGIS.

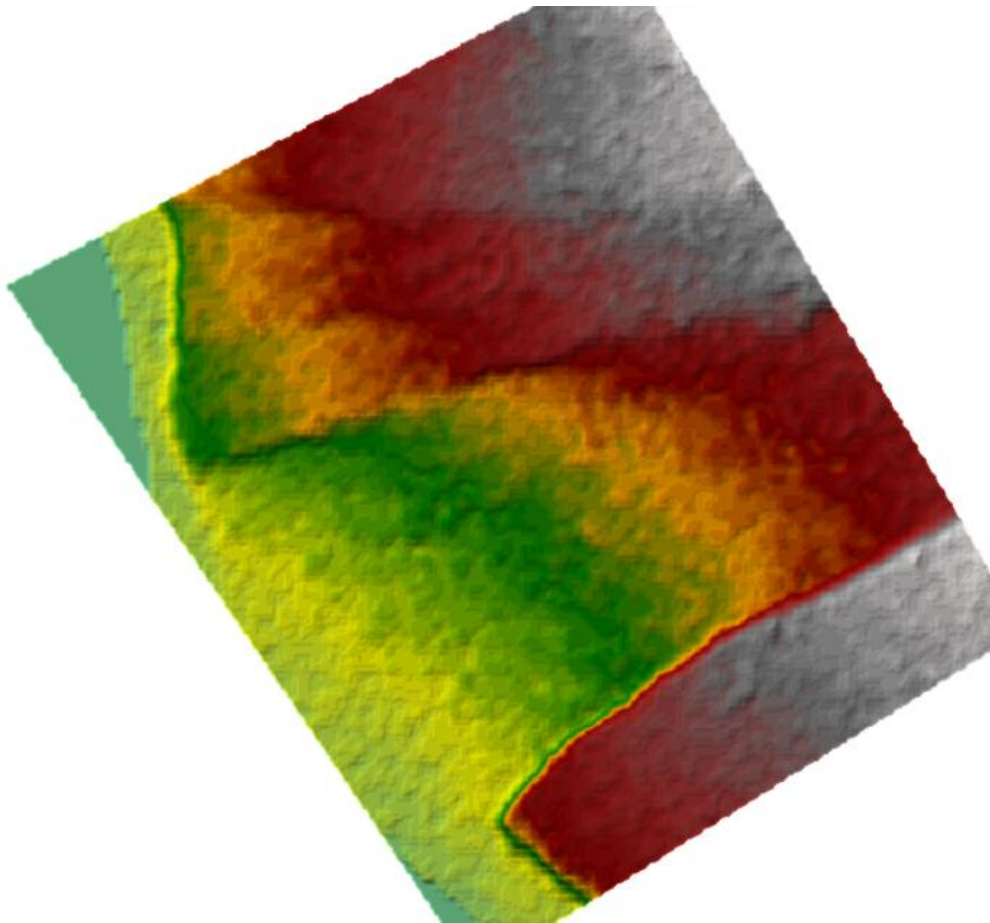
### **Figura 26**

*Curvas de nivel del proyecto.*



*Nota.* Generado en ArcGIS.

**Figura 27**



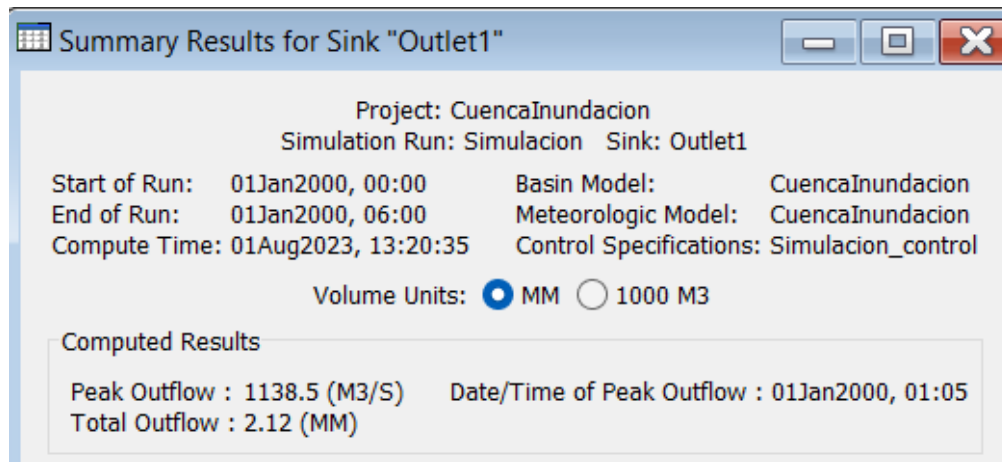
*DEM proyecto.*

*Nota.* Generado en HecRAS2D

El río Pativilca presenta un comportamiento variable a lo largo del año, con un caudal base promedio mensual de  $51.61 \text{ m}^3/\text{s}$ , según datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y SENAEMI. En condiciones de inundación extrema, el caudal máximo puede alcanzar  $1138.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que provoca una velocidad de flujo de hasta  $9.2 \text{ m/s}$  en el lecho del río. Estas condiciones generan una presión de aproximadamente  $40 \text{ kN/m}^2$  sobre las estructuras de contención, las cuales son productos del modelado hidráulico con el hidrograma siguiente:

**Figura 28**

*Cálculo de los valores finales.*



*Nota.* Generado en HecRAS 2D.

Este comportamiento evidencia una gran variabilidad hidráulica, lo que incrementa significativamente el riesgo de inundaciones en las áreas circundantes del puente Bolívar. La topografía plana en esta zona también contribuye a la expansión del agua en casos de desborde, pudiendo afectar hasta 116 hectáreas en eventos extremos, las cuales se pueden marcar por el modelado en HecRAS 2D.

Para evaluar las áreas de posible inundación en las cercanías del puente Bolívar, sobre el río Pativilca, se empleó el software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System). Este software permite simular las condiciones hidráulicas del río y realizar modelaciones detalladas bajo diversos escenarios de caudal, lo que facilita la identificación de áreas vulnerables a inundaciones.

### **Datos y Resultados:**

#### **1. Caudal Simulado:**

- **Caudal de diseño para inundaciones:** 1138.5 m<sup>3</sup>/s (escenario extremo). Lo que corresponde al caudal de diseño en situaciones de lluvias intensas o desbordes del río. Este caudal extremo ayuda a evaluar las áreas susceptibles a inundación durante eventos meteorológicos severos.

#### **2. Altura de Inundación:**

- **Altura Máxima de Inundación:** En puntos críticos, la altura máxima de inundación podría superar los 3 metros, afectando gravemente a las zonas más vulnerables,

especialmente aquellas que están más cercanas al cauce del río o que presentan menor elevación.

### 3. Zonas Inundables:

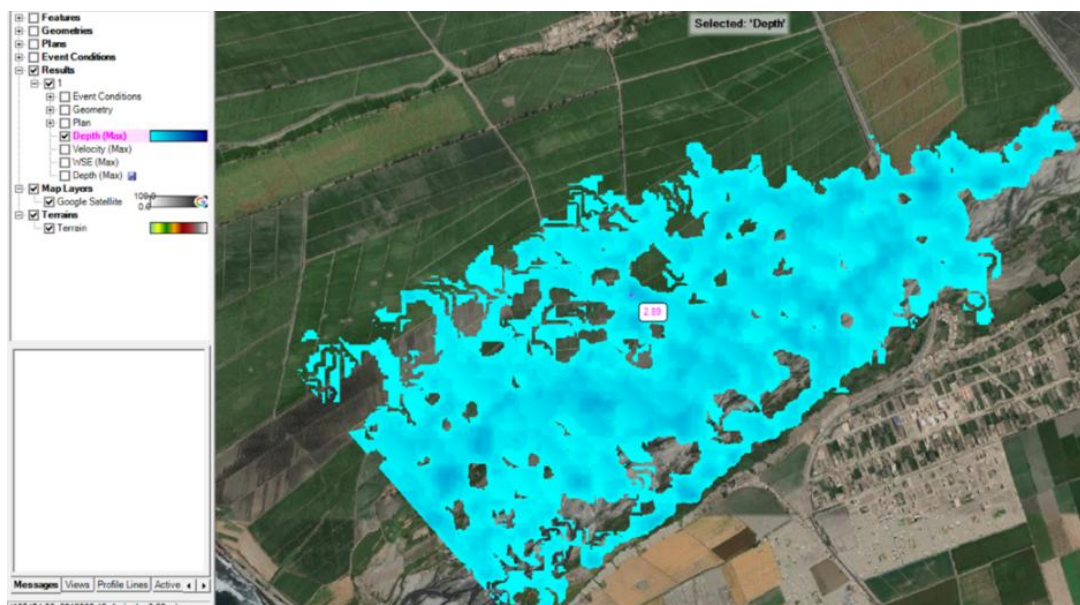
- **Longitud total modelada:** 3.3 km, comprendiendo tanto la zona del río como las áreas circundantes que podrían verse afectadas por el aumento del nivel del agua.

### 4. Puntos Críticos:

- Sector A (Zonas Agrícolas): En este sector, la inundación podría alcanzar alturas superiores a los 3 metros, lo que provocaría graves daños a la producción agrícola y afectaría la infraestructura rural. Este sector es de alta prioridad para medidas de protección.
- Sector B (Áreas Residenciales): Las áreas residenciales de este sector presentan un riesgo de inundación con una altura promedio de 3 metros, lo que podría generar una afectación significativa a la población. Es crucial realizar intervenciones en este sector para proteger a los residentes y las infraestructuras cercanas.

**Figura 29**

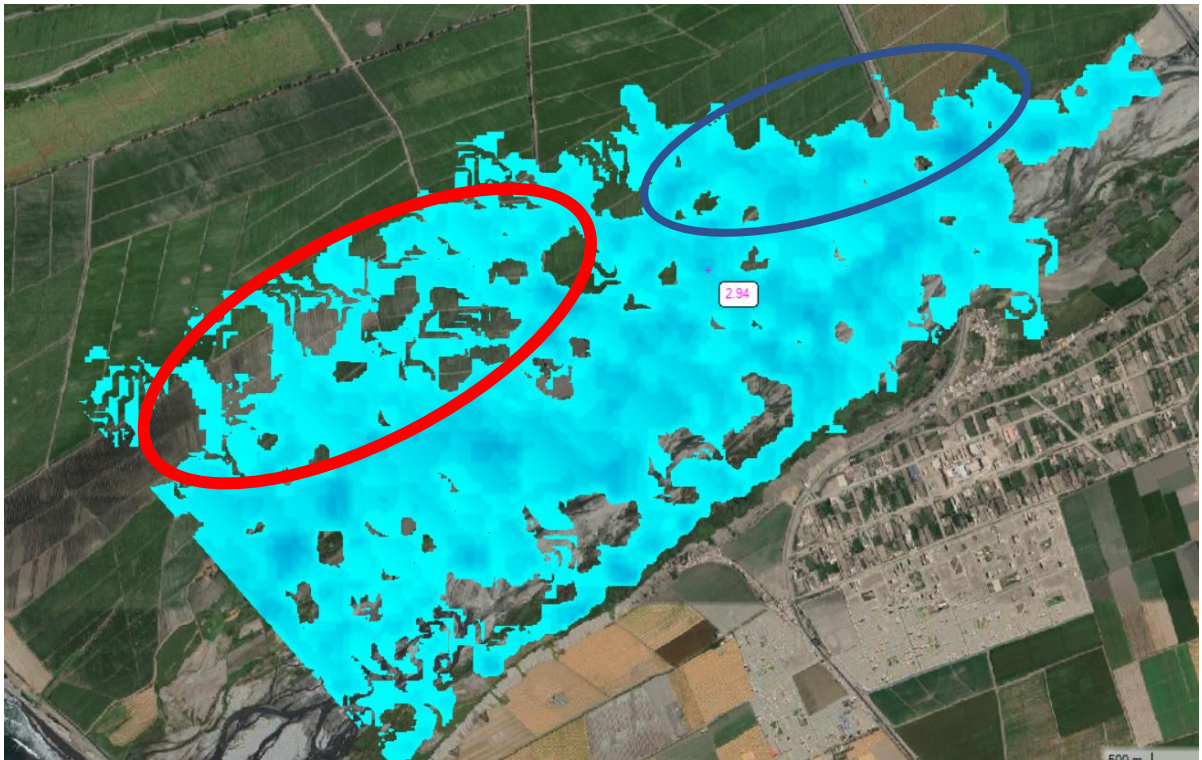
*Zona de inundación.*



*Nota. Generado en HecRAS 2D.*

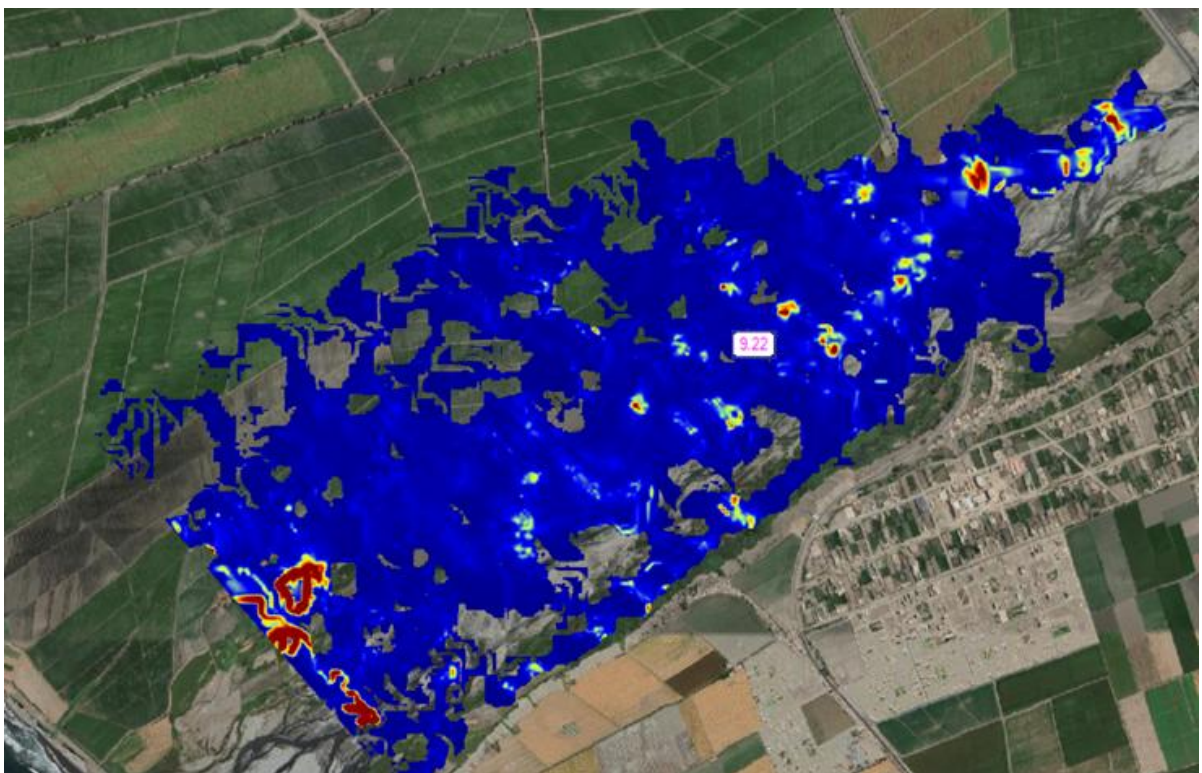
**Figura 30**

*Zonas afectadas, viviendas y agrícolas.*



**Figura 31**

*Flujo del agua en el tiempo.*



*Nota.* Generado en HecRAS 2D.

El modelado de la superficie del agua, puede darnos hasta cierto punto la cantidad y la longitud de la llanura de inundación, el problema de ello son todos los parámetros que han venido de manera secuencial luego de todo este estudio, se pueden zonas con velocidades altas las cuales llegan a los 9.2 m/s, siendo que estos están en el frente del agua y en los bordes de la inundación.

### **Mitigación de Riesgos:**

A partir de los resultados obtenidos, se proponen varias medidas para mitigar los riesgos de inundación y reducir los impactos en las áreas vulnerables:

- **Construcción de defensas ribereñas:** Se recomienda la construcción de defensas ribereñas en las áreas de mayor riesgo (Sectores A y B), especialmente en las zonas agrícolas y residenciales donde las inundaciones podrían ser más severas.
- **Monitoreo Constante del Caudal:** Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real para seguir de cerca las fluctuaciones del caudal del río. Esto permitirá actuar de manera oportuna en caso de incrementos súbitos en el flujo, minimizando los riesgos para las poblaciones cercanas al río.
- **Campañas de Sensibilización:** Es esencial realizar campañas de sensibilización en la población local, especialmente en las áreas de mayor riesgo, para informar sobre los posibles peligros de inundación y las medidas de prevención que deben adoptar. Estas campañas ayudarán a reducir la vulnerabilidad de la población ante eventos de desborde.

***10.1.3 Establecer las dimensiones adecuadas para la estructura de protección con el fin de reducir los riesgos de desbordamiento del Río Pativilca en el Puente Bolívar, Barranca - 2022.***

### **Propuesta de estructuras de protección.**

Para estimar la altura de las estructuras de protección, es necesario tomar las alturas máximas alcanzadas en cada zona de la inundación y con el proponer la altura que sobre pase el nivel del agua, de tal manera que esta no llegue a inundar la superficie antes estudiada, ello también implica a que se deba de considerar un borde libre para que esta agua sea contenida

Las estructuras de protección se pueden proponer en base a la altura observada en la imagen anterior, con ello solo haría falta hacer el diseño y presupuesto del muro, con el fin de encontrar el tipo de muro que mejor se adapta al problema estudiado.

Se puede tomar 3 alternativas de manera inicial, se analizará cada una de estas alternativas:

- Muro de Gaviones
- Muro de Concreto armado
- Muro de Enrocado

Cada una de las propuestas tiene las siguientes características, ventajas y desventajas:

### 10.1.3.1 Muro de Enrocado

#### Diseño de Muro de Enrocados

Primero se hará una propuesta de las dimensiones del muro de enrocados considerando la estabilidad del bloque de piedras, las cuales están en base a las propiedades del suelo, lo cual se calcula de la siguiente manera:

#### Datos del Suelo de la Base:

$\Phi =$	<b>34.2</b>	Ángulo de fricción interna del Suelo (Ángulo Reposo = Talud Natural)	
	<b>0.597</b>	(Angulo $\Phi$ en radianes)	
P.e. terr. =	<b>1.54</b>	gr/cm3	Peso Específico del Suelo
c.p.s. =	<b>1.08</b>	kg/cm2	Capacidad Portante del Suelo
C =	<b>0.03</b>	kg/cm2	Cohesión

#### Datos del Relleno:

$\Phi =$	<b>34.2</b>	° Angulo de fricción de Suelo	
	<b>0.597</b>		
$\alpha =$	<b>0.00</b>	Inclinación del talud (Si existe $\alpha$ , $h' = 0$ )	<b>No tiene Talud</b>
	<b>0.0000</b>		
P.e. rell. =	<b>1.54</b>	gr/cm3	Peso Específico del Relleno
C =	<b>0.03</b>	kg/cm2	Cohesión

Con estos datos se calcula los empujes activos:

#### Cálculo del Empuje Activo:

$$K_a = \frac{\cos(\alpha) \times \cos(\alpha) - \sqrt{\cos^2(\alpha) - \cos^2(\Phi)}}{\cos(\alpha) + \sqrt{\cos^2(\alpha) - \cos^2(\Phi)}}$$

**Coefficiente de Empuje Activo**

Ka = 0.2803

Colocando el coeficiente en el muro obtenemos la relación de equilibrio:

**Datos para la Sección:**

Emp. Terreno con/sin talud E. Vehi-Peat

Ea =  $\frac{1}{2} \times P.e. \times Relleno \times Ka \times H^2 + s/c \times H \times Ka + q / 90 \times H \times (\text{ang}2 - \text{ang}1) - 2 \times C \times h \times \sqrt{Ka}$

**6.25365**

Ea = **6.3140 tn.** **Empuje Activo Máximo**

dh =  $\frac{1}{3} \times h \times [(h + 3 \times h') / (h + 2 \times h')]$

dh = 1.85 m. **α = 0.00**

Ev = Ea x sen(ang.) 0.0000

Ev = 0.000 tn.

Eh = Ea x cos(ang.)

Eh = 6.314 tn.

Finalmente calculando el factor de estabilidad tenemos:

**ESTUDIO EN LA SECCIÓN:**

**Verificación de Estabilidad:**

	Bas e	Altur a	P.e.	Coefficien. Fig: Rectan=1 Triang=0.5	Pesos (BxAxPExCoeff)	Brazo de Moment o	Momento de los Pesos
P1	0.35	4.40	2.00	1.00	3.080	0.18	0.539
P2	0.00	4.40	2.00	0.50	<b>0.000</b>	0.00	<b>0.000</b>
P3	2.50	4.30	2.00	0.50	10.750	1.18	12.721
<b>P5</b>	<b>2.50</b>	<b>4.30</b>	<b>1.54</b>	<b>0.50</b>	<b>8.278</b>	<b>2.02</b>	<b>16.693</b>
P7	2.50	0.00	1.54	0.50	<b>0.000</b>	2.02	<b>0.000</b>
Ev					<b>0.000</b>	2.85	<b>0.000</b>

ΣP = **22.108**      ΣM = **29.953**

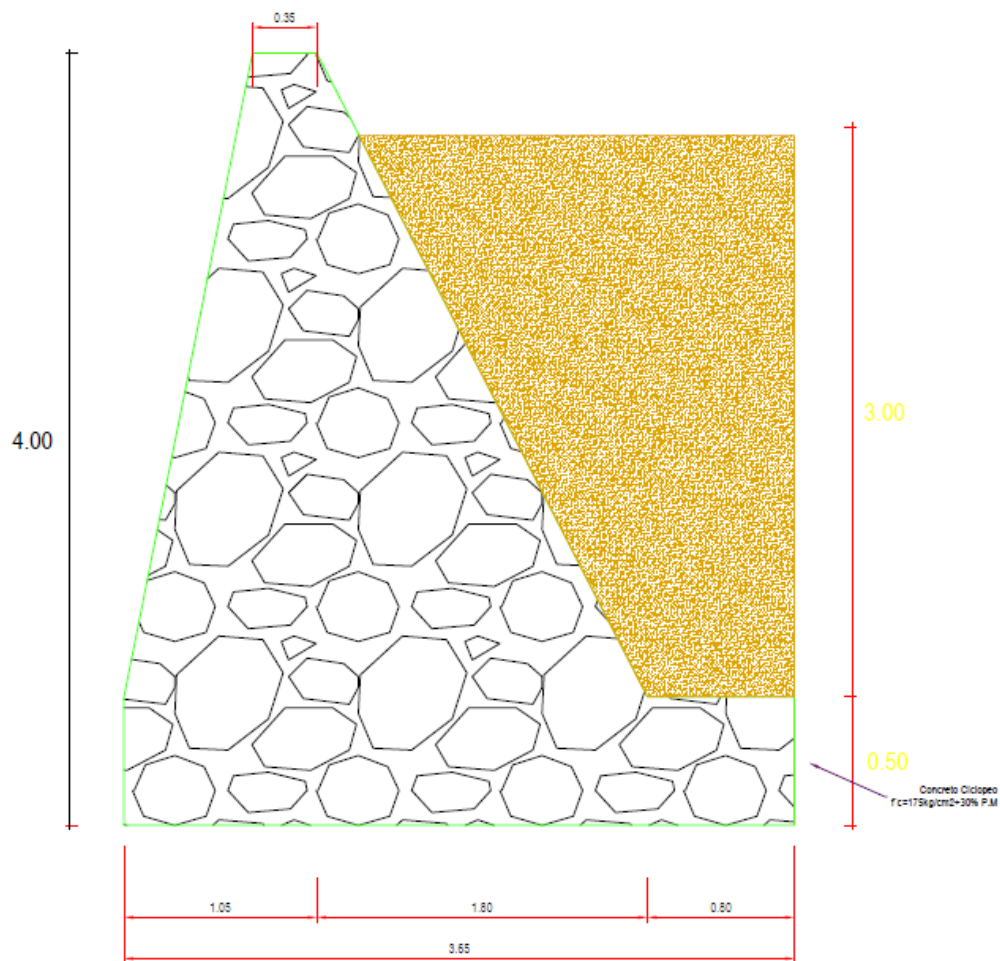
a) Por Volteo A-A:	ΣM / (Eh x dh)	FSV =	4.22	>	1.50	<b>Conforme</b>
--------------------	----------------	-------	------	---	------	-----------------

b) Por Deslizamiento A-A:	[ΣP x Tang Φ] / E	FSD =	2.31	>	1.25	<b>Conforme</b>
---------------------------	-------------------	-------	------	---	------	-----------------

Donde se cumplen ambos factores de estabilidad, por lo cual se puede indicar que las dimensiones del muro final son:

**Figura 32**

*Muro de enrocado.*



Para diseñar el muro de enrocados es necesario recopilar la información propia del diseño, la primera verificación del diseño de muro es la evaluación de la socavación en la base, así como el desprendimiento de las rocas por lavado del material de suelo que une las partículas de rocas, se ha resumido los resultados de la revisión de velocidades recomendadas en el siguiente cuadro:

**Tabla 16**

*Deficiencias de muros de enrocados por autores.*

Autor/Organización	Velocidad Máxima Sugerida (m/s)	Condiciones	Comentario
Shields (1936)	2 - 5	Basado en la estabilidad de partículas (D50 entre 100-300 mm).	Diagrama de Shields: esfuerzo cortante crítico para evitar arrastre.
USACE (1991)	3 - 6	Depende de tamaño del enrocado y tipo de flujo (tranquilo o turbulento).	Para estructuras hidráulicas como presas y canales.

Peterka (1984)	3 - 7	Velocidades mayores posibles si se usan disipadores de energía.	Relaciona velocidad con erosión y estabilidad en disipadores.
Abt & Johnson (1991)	2.5 - 5	Flujos de sobrecarga sobre enrocados.	Mayor tamaño de piedra recomendado con alta velocidad.
FHWA (2001)	3 - 6	Riprap en canales naturales y cauces artificiales.	Ajusta la velocidad según pendiente y turbulencia del flujo.
Chow (1959)	2 - 4	Enrocados en canales con pendiente leve.	Libro clásico "Open-Channel Hydraulics".

*Nota.* Recopilación del autor.

Se tiene una velocidad de 9.2 m/s para el evento extremos donde estos elementos funcionan, por lo cual, para condiciones de inundaciones los muros de enrocados serán lavados totalmente, perderán estabilidad y cederán frente al volteo, en base a ello el muro de enrocados falla en la primera verificación por ende no se puede aplicar este muro por condiciones hidráulicas.

### **10.1.3.2 Muro de Gaviones**

#### **Diseño de Muro de Gaviones.**

Los muros de gaviones cuentan con un enmallado de acero, los cuales están alineados de manera uniforme, dado que estos se dependen de su peso propio y el acomodado de cada uno, esto también puede ser un problema para la protección de inundaciones, dado que la filtración de agua y el acomodo son problemas que los muros de gaviones no soluciona, permitiendo que el agua aun pase y genere presión, también se puede reacomodar las piezas, sin embargo si se mueve un bloque de gaviones, puede desacomodar todo el bloque general, produciendo que estos no funcionen de manera correcta y no protejan la inundación.

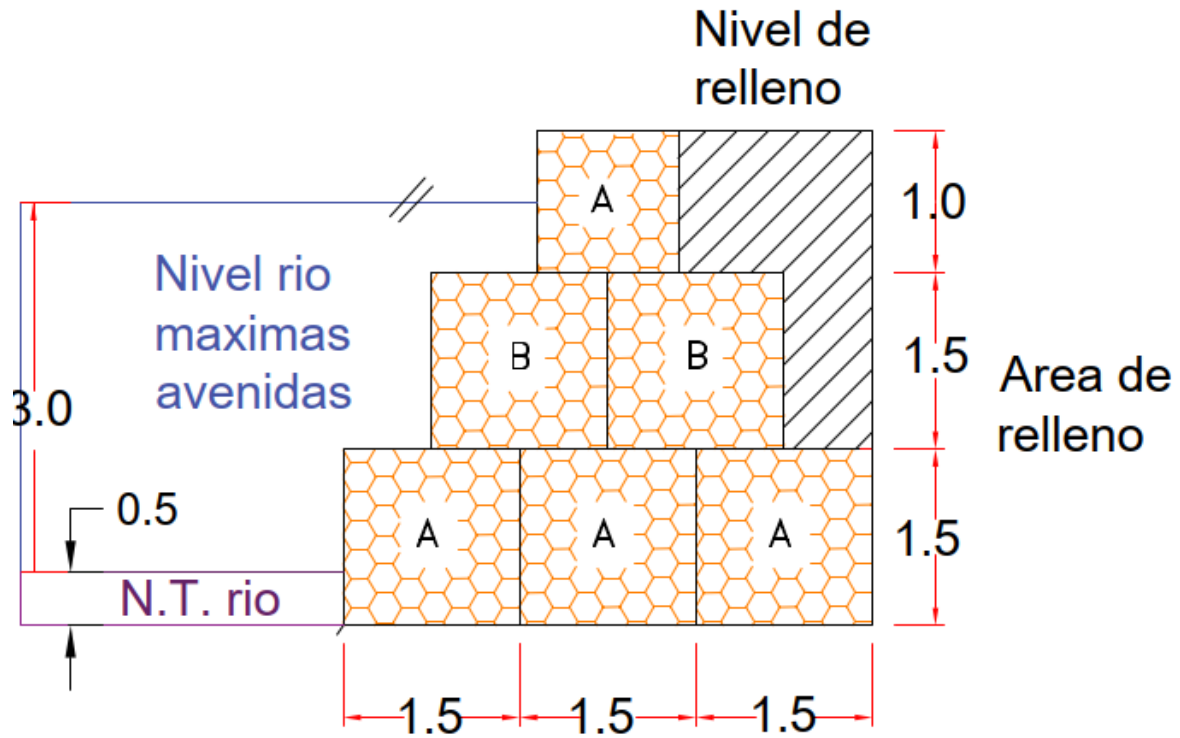
Por otro lado, al diseñar un muro de gaviones no es necesario verificar la estabilidad de las partículas del suelo como un todo, debido que para ello se tiene el enmallado de rejillas, pero si es necesario verificar estabilidad global del elemento, dado que, si bien puede permanecer junto, este puede voltearse como un todo.

Uno de los problemas principales de este tipo de propuesta es la necesidad de un apoyo lateral en tierra, sin esto el sistema es totalmente inestable y propenso a desarmarse, es por ello que no se puede aplicar en este proyecto, el cual tiene ambos lados como una cara libre.

Se realiza el diseño del muro de gaviones en base a las dimensiones de la altura del agua encontrada en el análisis hidrológico, obteniendo:

**Figura 33**

*Dimensiones propuestas del Gavión.*



Se ha propuesto una altura de 4 m, tal como se evaluó en el caso del análisis hidrológico, como datos de la carga sobre el muro y su estabilidad se utilizan las propiedades mecánicas del suelo, las cuales son las siguientes:

**DATOS**

Peso específico del suelo	$\gamma_s =$	1540 Kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de la Piedra para Relleno	$\gamma_P =$	2800 Kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del agua	$\gamma_\varphi =$	1000 Kg/m <sup>3</sup>
Ang. fricc. Intern. Del suelo en la base de muro	$\phi =$	34.2 °
Cohesión aparente del suelo	$C =$	0.03 Kg/cm <sup>2</sup>
Capacidad portante del terreno	$\sigma_t$	1.08 Kg/cm <sup>2</sup>
Coef. de fricción Muro Gaviones-Terreno	$f_2 =$	0.7
Profundidad de cimentación ( $D_f > h_1$ )	$D_f =$	0.5 m
Factor de seguridad al volteo	$FSV =$	3

Factor de seguridad al deslizamiento

FSD= 2

El primer paso es la verificación de la estabilidad al volteo, para lo cual se calculan los empujes activos y pasivos, para luego calcular el momento de volteo, ello se realiza en las siguientes secciones:

### EMPUJE ACTIVO

#### CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE PRESIÓN ACTIVA Y PASIVA

Para un relleno con superficie superior horizontal, se tiene

$$K_a = (1 - \text{SEN}\emptyset) / (1 + \text{SEN}\emptyset) = 0.26$$

$$K_p = (1 + \text{SEN}\emptyset) / (1 - \text{SEN}\emptyset) = 3.87$$

#### CÁLCULO DEL MOMENTO DE VUELCO DEBIDO A LA PRESIÓN ACTIVA Pa

Cálculo de altura equivalente de la sobrecarga hs

Pi	Pa (Tn)	Yi (m)	Mv (Tn-m)
Empuje P suel. ( Ea)	$1/2 * K_a * \gamma_s * H^2$	3.2032	4.26
<b>TOTAL, EMPUJE ACTIVO</b>	<b>3.20 Tn</b>		<b>4.26 Tn-m</b>

#### CÁLCULO DEL MOMENTO DE VOLTEO Mv CON RESPECTO AL PUNTO "A" DEBIDO AL SUELO

Pi	Pi (Tn)	Xi (m)	Mr (Tn-m)
P1 $B_i * h_i * \gamma_P$	2.080	2.000	4.16
P2 $B_i * h_i * \gamma_P$	7.020	1.500	10.53
P3 $B_i * h_i * \gamma_P$	7.020	3.000	21.06
P4 $B_i * h_i * \gamma_P$	7.020	0.750	5.27
P5 $B_i * h_i * \gamma_P$	7.020	2.250	15.80
P6 $B_i * h_i * \gamma_P$	7.020	3.750	26.33
P7 $B_{si} * h_{si} * \gamma_\phi$	3.375	0.330	1.11
P8.1 $B_{si} * h_{si} * \gamma_s$	2.657	4.125	10.96
P8.2 $B_{si} * h_{si} * \gamma_s$	0.924	3.375	5.47
<b>TOTAL</b>	<b>44.136 Tn</b>		<b>65.59 Tn-m</b>

Se ha calculado el momento de volteo, así como el cálculo del punto de aplicación de la fuerza actuante.

**CÁLCULO DEL PUNTO DE APLICACIÓN DE LA FUERZA ACTUANTE**

$$X = (M_r - M_v) / P = 1.39 \text{ m}$$

Excentricidad

como  $e < B/6$ ,

$$e = B/2 - X = 0.11 \text{ m, entonces OK}$$

$$q_{\max} = P(1 + 6e/B) / B = 0.84 \text{ kg/cm}^2 \leq C_{ps} = 1.76 \text{ OK}$$

$$q_{\min} = P(1 - 6e/B) / B = 0.61 \text{ kg/cm}^2 < C_{ps} = 1.76 \text{ OK}$$

Luego,  $q = (q_{\min} - q_{\max}) / B * X + q_{\max}$

Para  $X = B/1$ ,  $q_1 = 7,636.05 \text{ kg/m}^2$

Para  $X = B/3$ ,  $q_2 = 6,844.95 \text{ kg/m}^2$

**CHEQUEO POR VOLTEO (Cv)**

$$C_v = M_r / M_v = 8.22 > FSV = 3 \text{ OK}$$

**CHEQUEO POR DESLIZAMIENTO (Cd)**

El deslizamiento se puede producirse en la interface base del muro y el suelo

$$\text{Coefic. de fricción } \mu = 0.80$$

El deslizamiento se puede producir entresuelo-suelo por debajo de la base del muro

$$\mu = 0.9 * \tan(\phi_s) = 0.66$$

Utilizando el menor  $\mu$ , se tiene:

$$P_p = 1/2 * K_p * \gamma_s * D_f^2 + 2C * (k_p * D_f)^{0.5} = 2.14 \text{ Tn}$$

$$FD = (\mu * P + P_p + 0.5 * C * B) / P_a = 5.3 > FSD = 2 \text{ OK}$$

Finalmente, el muro cumple con las verificaciones propuestas, para la capacidad portante de la base, así como la estabilidad frente a inundaciones estáticas, sin embargo, se tienen antecedentes de haber colocado estos muros de gaviones en la zona, los cuales no han cumplido con su función, esto debido a que los problemas de circulación de agua son efectos dinámicos, entonces la velocidad del agua y la socavación pueden ser los peores enemigos de estos muros.

**Figura 34**

*Gaviones existente N° 1.*



**Figura 35**

*Gaviones existente N° 2.*



Así mismo, se tienen los presupuestos para el gavión, los cuales suelen ser similares a el presupuesto de armar un muro de concreto, dependiendo del volumen de concreto que se utilice, en su mayoría suele tener un precio comparable.

**Tabla 17**

*Presupuesto de armado de gaviones.*

CCG010 Muro de gaviones de malla de doble torsión S/. 218.52

Muro de gaviones con una cara vista compuesto por gavión de 2000x1000x1000mm de malla de doble torsión, hexagonal, de 50x70mm, de alambre de acero galvanizado de 2,0mm de diámetro; y relleno con medios mecánicos con piedra caliza, de granulometría comprendida entre 70 y 250mm, con desgaste en el ensayo de Los Ángeles <50; montaje y desmontaje del sistema de encofrado necesario para evitar la deformación de los gaviones durante su llenado y asegurar la alineación y aplomado de la estructura. Incluso cable de acero para la sujeción del gavión.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio parcial
<b>1 Materiales</b>					
mt07etf030a	Ud	Gavión de 2000x1000x1000mm de malla de doble torsión, hexagonal, de 50x70mm, de alambre de acero galvanizado de 2mm de diámetro	0.525	87.67	46.03
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2cm	0.300	19.08	5.72
mt50spa101	kg	Clavos de acero.	0.075	5.65	0.42
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3m de altura.	0.010	58.12	0.58
mt50spr100a	m	Cable de acero de 2mm de diámetro, para sujeción de malla de doble torsión.	1.750	4.84	8.47
mt06psm010a	m3	Piedra caliza de granulometría comprendida entre 70 y 250mm, con desgaste en el ensayo de Lo Ángeles <50	1.100	63.01	69.31
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>130.53</b>
<b>2 Equipos</b>					
mq01exn020a	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW	0.089	151.77	13.51
mq04cab010c	h	Camión basculante de 12t de carga, de 162 kW	0.075	131.52	9.86
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>23.37</b>
<b>3 Mano de obra</b>					
mo041	h	Operario de construcción de obra civil	0.471	28.68	13.51
mo087	h	Oficial de construcción de obra civil	2.351	19.92	46.83
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>60.34</b>
<b>4 Herramientas</b>					
	%	Herramientas	2.000	214.24	4.28
Coste de mantenimiento decenal: S/32.78 en los primeros 10 años.			<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>		<b>218.52</b>

Nota. Capeco Revista Costos 2023.

Donde se puede ver que el costo directo de la construcción de un puente considerando 218.52 soles/m<sup>3</sup> de armado de muro, considerando toda la longitud de muro y unas dimensiones preliminares, se puede tener:

**Tabla 18**

*Estimación de costo de muro de gaviones.*

Tramo	Longitud	Ancho	Altura	C/U	Sub Total
Lado Derecho	3300	1.5	4	218.52	4,326,696.0
Lado Izquierdo	0	1.5	4	218.52	0
<b>Sub Total</b>					<b>4,326,696.0</b>

*Nota.* Elaboración Propia, Estimación del precio usando Gaviones.

Donde una estimación del costo solo de los muros es de 4.3 millones, contando con 3.3 Km de muros.

### 10.1.3.3 Muro de Concreto Armado

El muro de concreto armado son por lejos una de las principales opciones para resolver el problema de inundaciones, esto porque no permiten el pago de agua por drenaje, necesitan de grandes cantidades de socavación o de presión lateral que puedan vencer la resistencia del muro, dejando a la estructura en una muy buena posición respecto de estructuras convencionales como muros de gaviones, los cuales tienen muchos problemas de inundaciones.

Para el diseño de los muros de concreto armado se realiza primero las verificaciones de estabilidad, según lo siguiente:

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO.

Peso específico de relleno	$\delta_s =$	1.54 ton/m <sup>3</sup>	Granular
capacidad portante:	$q_{adm} =$	1.08 kg/cm <sup>2</sup>	
Angulo de fricción relleno	$\phi =$	34.2 °	
Angulo del relleno:	$\beta =$	0.00 °	
Cohesión del suelo	$c =$	0.03 kg/cm <sup>2</sup>	
Sobrecarga	$W_s/c =$	0.00 ton/m <sup>2</sup>	

También se tiene las características geométricas del muro de contención siguientes:

#### CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL MURO

Altura desde la superficie del suelo hasta la corona (h)	3.50 m
--	--------

Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m
Altura total de muro (H)	5.00	m
Altura de zapata (hz) (1/8-1/12)H	0.50	m
Altura del relleno (hr)	4.50	m
Corona (bo) 0.2-0.5m	0.25	m
Espesor de muro en la base (b2) (1/8-1/12)H	0.30	m
Talón	1.80	m
Pie (b1) (1/4-1/3)H	0.90	m
Base de la zapata (B) (0.4-0.7)H	3.00	m

Es necesario calcular los empujes, obteniendo:

### EMPUJE ACTIVO

$$E_A = \frac{\gamma \times H^2}{2} \times K_A$$

$$K_A = \cos(\beta) * \frac{\cos(\beta) - \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\varphi)^2}}{\cos(\beta) + \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\varphi)^2}}$$

### EMPUJE PASIVO

$$E_A = \frac{\gamma \times H^2}{2} \times K_P$$

$$K_P = \cos(\beta) * \frac{\cos(\beta) + \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\varphi)^2}}{\cos(\beta) - \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\varphi)^2}}$$

<b>Ka= 0.28034</b>
--------------------

### EL EMPUJE ACTIVO EN PRESENCIA DE SOBRECARGA

$$E_A = \left( \frac{\gamma \times H^2}{2} + \omega \times H \right) K_A$$

<b>Ea= 5.397 Ton</b>
----------------------

componente vertical del empuje:  $E_{av} = E_a * \sin(\beta)$

<b>Eav = 0.00 ton</b>
-----------------------

componente horizontal del empuje:  $E_{ah} = E_a * \cos(\beta)$

<b>Eah = 5.40 ton</b>
-----------------------

**UBICACIÓN DEL EMPUJE:** (medido desde la corona del muro)

$$Y = \frac{1}{3} \left( \frac{2\gamma H^2 + 3\omega H}{\gamma H + 2\omega} \right)$$

<b>Y= 3.33 m</b>
------------------

desde la base es:

<b>H-y = y' = 1.667 m</b>
---------------------------

Conociendo la coordenada en altura del punto de aplicación del empuje se puede hallar su coordenada horizontal, tomando como origen de coordenadas al punto inferior izquierdo

$$x' = 1.18 \text{ m}$$

### CÁLCULO DE LOS MOMENTOS ACTUANTES

El momento actuante sobre el muro respecto al origen de coordenadas (Punto inferior Izquierdo del muro), es el siguiente:

$$M = M_{ah} - M_{av}$$

$$M_{ah} = y' \times E_{ah} \quad M_{av} = x'' \times E_{av}$$

Mah=	8.995
Mav=	0

$$M = 8.995 \text{ Ton-m}$$

### ANÁLISIS DE ESTABILIDAD MEDIANTE LOS FACTORES DE SEGURIDAD

El análisis de la estabilidad de la estructura se realiza por el método de los Factores de Seguridad Global (FSG), se usan los factores de seguridad recomendados por la Norma CE.020 del RNE vigente

#### ESTABILIDAD FRENTE AL DESLIZAMIENTO

La norma CE020 recomienda que el factor de seguridad mínimo para el caso del deslizamiento debe de ser 1.5

#### FUERZAS DESLIZANTES:

-Componente horizontal del empuje

$$F_{act.} = 5.40 \text{ Ton}$$

#### FUERZAS RESISTENTES

-La única fuerza resistente es la fricción entre el suelo y la base del muro, esta se toma como la menor entre los siguientes casos:

$$F_{Resistentes} = \begin{cases} \Sigma F_v \times \tan \delta + ca \times b \\ \Sigma F_v \times \tan \phi + c \times b \end{cases}$$

Donde:

Fv: Sumatoria de las fuerzas verticales

d: Ángulo de fricción entre el suelo y la base del muro

f: Ángulo de fricción del relleno

c: Cohesión del suelo de la base

ca: Adherencia

$$ca = 0.9c \quad c < 50kPa(0.5Kg/cm^2)$$

$$ca = 0.9 + 0.6(0.49c - 1) \quad c > 50kPa(0.5Kg/cm^2)$$

La norma CE020 recomienda los siguientes valores:

Material	d°
Madera	22
Concreto Rugoso (f)=	34.20
Concreto Liso	17
Acero Limpio	11
Acero Herrumbroso	22

ángulo de fricción del relleno

Para nuestro caso el material es:

Concreto Rugoso (f)=	d°=	34.02
Ángulo de Fricción f°=		34.02
Cohesión c=		0.03
Adhesión ca=		0.027
Base del muro=		3.00

Fuerzas verticales

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	Fuerza Vertical (Ton)
A1 (zapata)	1.5	3.6
A2(pantalla)	1.125	2.7
A3(pantalla)	0.1125	0.27
A4(relleno)	0.113	0.173
A5(relleno)	8.10	12.474
Eav		0.000
sobrecarga		0.000
<b>SFv=</b>		<b>19.217</b>

Por lo tanto, la fuerza resistente es:

<b>F resist.=</b>	<b>13.14</b>	<b>Ton</b>
-------------------	--------------	------------

Con lo que se tiene:

<b>F seguridad=</b>	<b>2.43</b>	<b>Cumple condición de Diseño</b>
---------------------	-------------	-----------------------------------

**ESTABILIDAD FRENTE AL VOLTEO**

La norma CE020 recomienda que el factor de seguridad mínimo para el caso del deslizamiento volteo de ser 2

**Momentos**

**Volteantes:**

-Momento producido por la componente horizontal del empuje

<b>M act.=</b>	<b>9.00</b>	<b>Ton-m</b>
----------------	-------------	--------------

**Momentos**

**Resistentes**

-Los momentos resistentes son producidos por el peso de la estructura, el peso del relleno, la componente vertical del empuje y la sobrecarga:

<b>Elemento</b>	<b>Fuerza (Ton)</b>	<b>Brazo de palanca (m)</b>	<b>Momento Resistente</b>
A1 (zapata)	3.600	1.500	5.400
A2(pantalla)	2.700	1.025	2.768
A3(pantalla)	0.270	1.167	0.315
A4(relleno)	0.173	1.183	0.205
A5(relleno)	12.474	2.100	26.195
Eav	0.000	1.183	0.000
sobrecarga	0.000	2.325	0.000
<b>SM resistentes=</b>			<b>35.883</b>

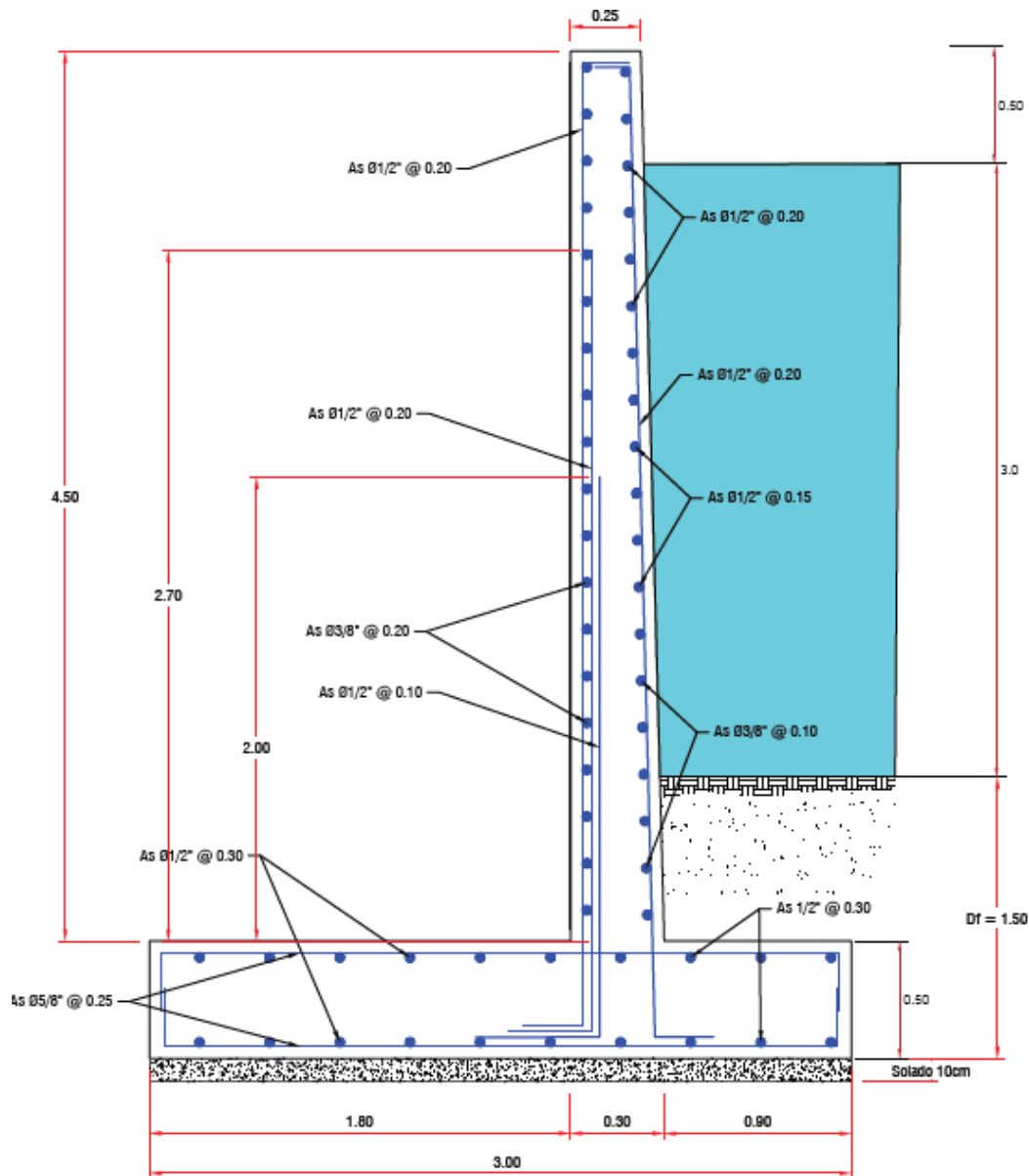
Con lo que se tiene:

<b>F seguridad=</b>	<b>3.88</b>	<b>Cumple condición de Diseño</b>
---------------------	-------------	-----------------------------------

Con lo que se cumple la verificación de estabilidad y se propone el siguiente muro de concreto armado.

**Figura 36**

*Muro de contención de concreto armado.*



El uso de muros de concreto armado es más costoso que un muro de gaviones, sin embargo ofrece una solución definitiva al problema, un muro de gaviones necesita ser o entrar en mantenimiento, mientras que un muro de concreto armado necesita una potencia de socavación tan grande que no se puede ver en la mayoría de flujos de agua, este tipo de efectos es propio de ríos propios y no de quebradas de bajo caudal, sin embargo es más fácil mover gaviones, dejándolos desordenados, así mismo que estos pierdan su resistencia dado que se basan en su peso para resistir fuerzas laterales.

**Tabla 19**

*Estimación del costo de muros de contención.*

CCH020 Muro de contención de concreto armado S/. 430.98

Muro de contención de tierras de superficie plana, con puntera y talón, de concreto armado, realizado con concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> (21 mPa), no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, exposición a sulfatos insignificante, sin requerimiento de permeabilidad, no expuesto a cloruros, tamaño máximo del agregado 12.5 mm, consistencia blanda, preparado en obra y vaciado con medios manuales y acero Grado 60 ( $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>), con una cuantía aproximada de 22 kg/m<sup>3</sup>. Incluso tubos de PVC para drenaje, alambre de alar y separadores. El precio incluye la cimentación del muro y el corte, doblado y montaje de la armadura en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio parcial
<b>1 Materiales</b>					
mt07aco020d	Ud	Separador homologado para muros	8.000	0.19	1.52
mt07aco060d	kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 ( $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> ), de varios diámetros, según NTP 339.186 y ASTMA 706	22.440	3.13	70.24
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1.30 mm de diámetro.	0.286	4.53	1.30
mt36tie010da	m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3mm de espesor, con extremo abocardado.	0.050	11.94	0.60
mt08aaa010a	m <sup>3</sup>	Agua	0.199	4.53	0.90
Mt01arg000b	m <sup>3</sup>	Arena cribada.	0.499	41.25	20.58
Mt01arg001be	m <sup>3</sup>	Agregado grueso homogeneizado, de tamaño máximo 12.5mm	0.624	56.12	35.02
mt08cem000b	kg	Cemento gris en sacos.	444.622	0.45	200.08
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>330.24</b>
<b>2 Equipos</b>					
mq06hor010	h	Mezcladora de concreto eléctrica con una capacidad de amasado de 160L.	0.693	10.09	6.99
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>6.99</b>
<b>3 Mano de obra</b>					
mo043	h	Operario fierro	0.328	29.83	9.78
mo090	h	Oficial fierro	0.418	20.71	8.66
mo113	h	Peón de construcción	1.425	19.17	27.32
mo112	h	Peón especializado en construcción	1.493	19.48	29.08
mo045	h	Operario especializado en vaciado de concreto	0.068	29.83	2.03
mo092	h	Oficial especializado en vaciado de concreto	0.407	20.71	8.43
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>85.30</b>
<b>4 Herramientas</b>					
	%	Herramientas	2.000	422.53	8.45
Coste de mantenimiento decenal: S/17.24 en los primeros 10 años.			<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>		<b>430.98</b>

Nota. Capeco Revista Costos 2023.

Se puede ver que el m<sup>3</sup> de muro de concreto cuesta S/ 430.98, siendo este un costo aun mayor que los muros de gaviones, sin embargo, su volumen es menor, es por ello que el costo

relativo comparativo será tomado en base a la cantidad de metros lineales de muros y las otras dimensiones estructurales.

Parte del presupuesto también está dado por el costo del encofrado de los muros de contención, este se pasa a detallar en la tabla:

**Tabla 20**

*Estimación de encofrado de muros de contención.*

CCH021 Sistema de encofrado para muro de contención de concreto S/. 32.49

Montaje y desmontaje en una cara del muro, de sistema de encofrado a dos caras con acabado para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizable en 150 usos para formación de muro de concreto armado, para contención de tierras: Incluso tubos de PVC para formación de mechinales; pasamos para paso de los tensores; elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante, para evitar la adherencia del concreto al encofrado.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio parcial
<b>1 Materiales</b>					
mt08eme070a	m2	Paneles metálicos modulares, para encofrar muros de concreto de hasta 3m de altura	0.007	603.78	4.23
mt08eme075j	Ud	Estructura soporte de sistema de encofrado vertical, para muros de concreto a dos caras de hasta 3m de altura formada por tornapuntas metálicos para estabilización y aplomado de la superficie encofrable	0.007	830.2	5.81
mt08dba010d	l	Agente desmoldeante a base de aceites especiales, emulsionable en agua, para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0.030	5.45	0.16
mt11var300	m	Tubo de PVC liso, de varios diámetros.	0.020	23.1	0.46
mt08var204	Ud	Pasamuros de PVC para paso de los tensores del encofrado de varios diámetros y longitudes	0.400	4.08	1.63
<b>Subtotales materiales:</b>					<b>12.29</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo043	h	Operario encofrador	0.373	29.83	11.13
mo090	h	Oficial encofrador	0.407	20.71	8.43
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>19.56</b>
<b>3 Herramientas</b>					
	%	Herramientas	2.000	31.85	0.64
<b>Costos directos (1+2+3):</b>					<b>32.49</b>

Nota. Capeco Revista Costos 2023.

Para la estimación del presupuesto se tiene:

**Tabla 21**

*Estimación del costo de muro de concreto.*

Tramo	Longitud	Ancho	Altura	C/U	Sub Total
Lado Derecho	3300	0.25	4.5	430.98	1,600,013.25
Lado Izquierdo	0	0.25	4.5	430.98	0
<u>Sub Total</u>					<u>1,600,013.25</u>

Tramo	Longitud	Ancho	Altura	C/U	Sub Total
Lado Derecho	3300	3.0	0.5	430.98	2,133,351.00
Lado Izquierdo	0	3.0	0.5	430.98	0
<u>Sub Total</u>					<u>2,133,351.00</u>

Tramo	Longitud	Lados	Altura	C/U	Sub Total
Lado Derecho	3300	2	5	32.49	1,072,170
Lado Izquierdo	0	2	5	32.49	0
<u>Sub Total</u>					<u>1,072,170</u>
<u>Total</u>					<u>4,805,534.25</u>

*Nota.* Estimación del precio usando Muros de Concreto.

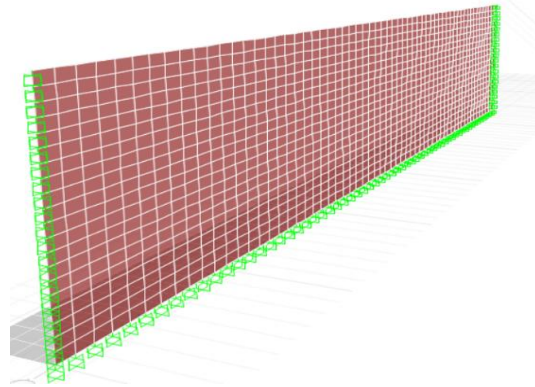
Donde la primera tabla es el costo del concreto armado de la pantalla, usando acero convencional de  $\frac{1}{2}$ , para la base se está utilizando de la misma manera un bloque de 3 m de ancho, con 0.5 m de altura, obteniendo un total de 4.80 millones, contando con 3.3 Km de muros.

Siendo también posible las modificaciones de estos presupuestos para un expediente del proyecto, en caso de realizarse, el propósito es solo ubicar la alternativa más viable a realizar, por ello se considera que la alternativa más viable es el muro de contención de concreto armado, el cual se analiza en la siguiente sección.

Como se ha mostrado, los muros de concreto armado son la mejor opción en cuanto a costo y duración del proyecto, los muros de enrocados quedaron descartados por la alta cantidad de agua y velocidad en los muros, en el caso de los bloques de gaviones, han mostrado una mejor consistencia pero sus costos y su funcionamiento dejan de lado esta propuesta, viendo que es muy similar a los materiales de concreto armado se recomienda utilizar el material más usado y que ha mostrado mejores resultados, el concreto armado, este mismo puede diseñarse utilizando las propiedades del agua como una presión lateral, así como las cargas del peso propio, con todo ello se puede estimar las fuerzas en las pantallas y realizar el diseño en concreto, con ello se realiza el siguiente modelo estructural:

### Figura 37

#### *Modelo de Muro.*




El diseño del muro de concreto se ha realizado modelando solo un sector de este, no se ha modelado el tramo totalmente libre, porque el efecto de empotramiento parcial de todo el bloque del muro siempre está presente, es por ello que se colocó un empotramiento parcial a ambos lados en toda la longitud del muro, lo cual asume estas deformaciones.

Para el resto de la estructura se puede tomar el valor medio del muro, tanto los momentos en ambas direcciones y usar estos para diseñar.

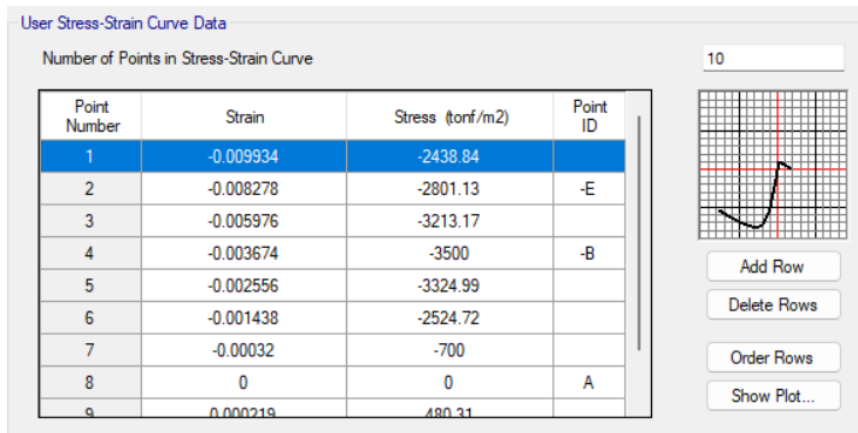
### Figura 38

#### *Propiedades del concreto.*

General Data	
Material Name	fc210
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	2.4 tonf/m <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	0.244732 tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	1818197.8886746 tonf/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000055 1/F
Shear Modulus, G	1045825.03 tonf/m <sup>2</sup>

### Figura 39

*Propiedades del concreto.*



También es necesario poder definir las propiedades de los materiales, como el concreto armado y el acero estructural, los cuales tienen también curvas de deformación, que pueden servirnos para diseñar las estructuras y ver las deformaciones.

### Figura 40

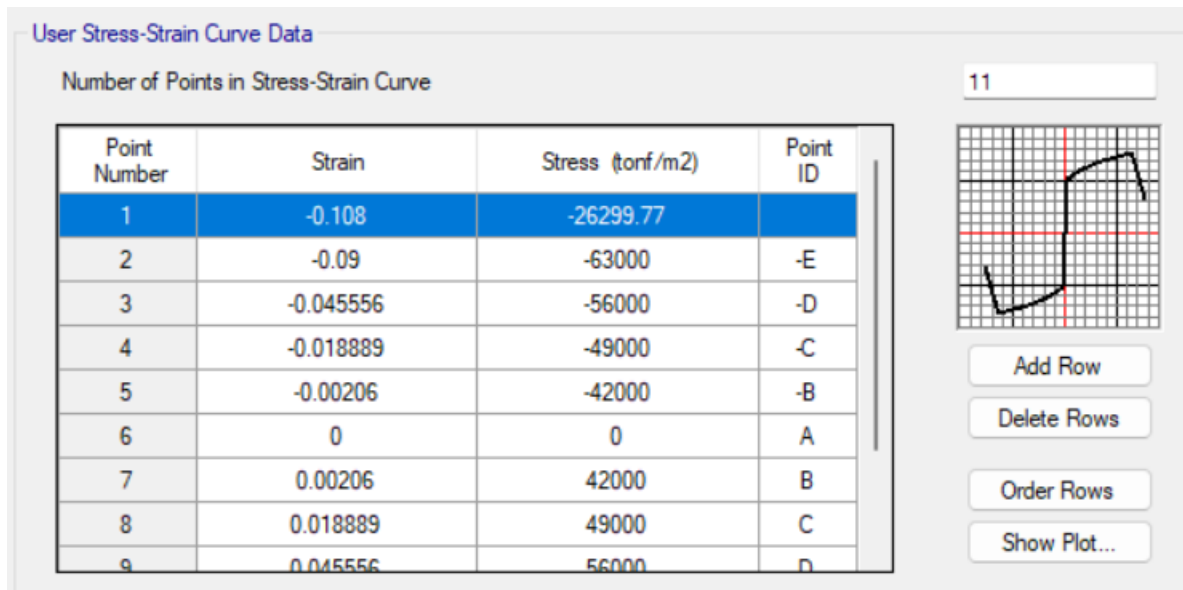
*Acero grado 60.*

The figure shows a software dialog box for defining material properties for "Acero grado 60". It is divided into three sections:

- General Data:**
  - Material Name: A615Gr60
  - Material Type: Rebar
  - Directional Symmetry Type: Uniaxial
  - Material Display Color: (Blue swatch) Change...
  - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
  - Specify Weight Density  Specify Mass Density
  - Weight per Unit Volume: 7.849 tonf/m<sup>3</sup>
  - Mass per Unit Volume: 0.80038 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>
- Mechanical Property Data:**
  - Modulus of Elasticity, E: 20389019.16 tonf/m<sup>2</sup>
  - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000065 1/F

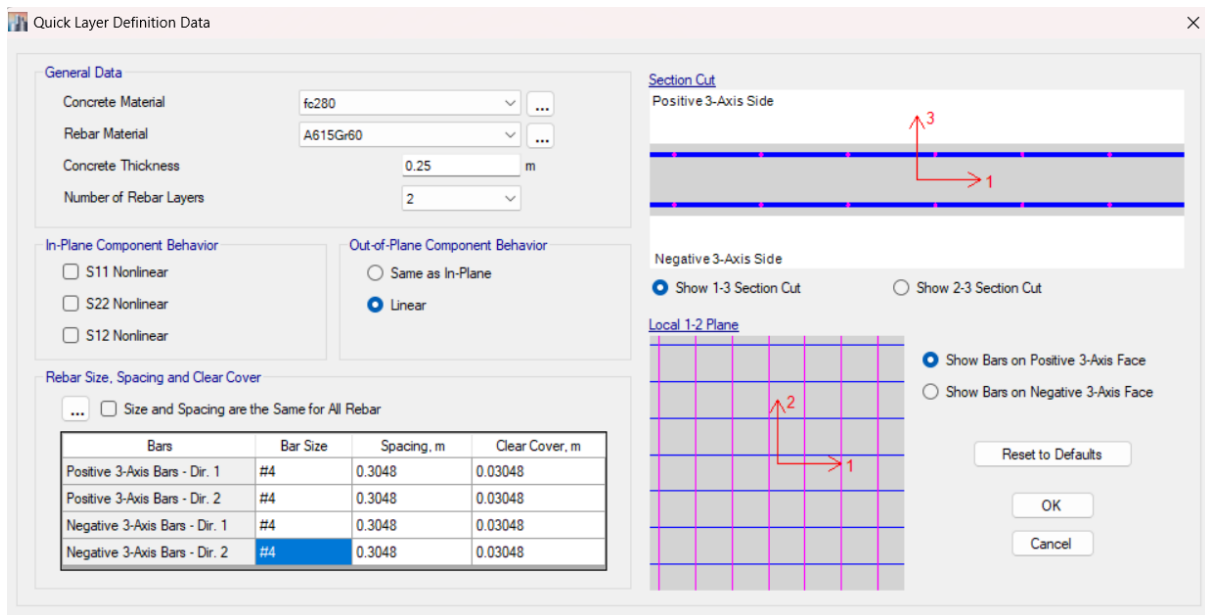
**Figura 41**

*Curva de esfuerzo de deformación.*



**Figura 42**

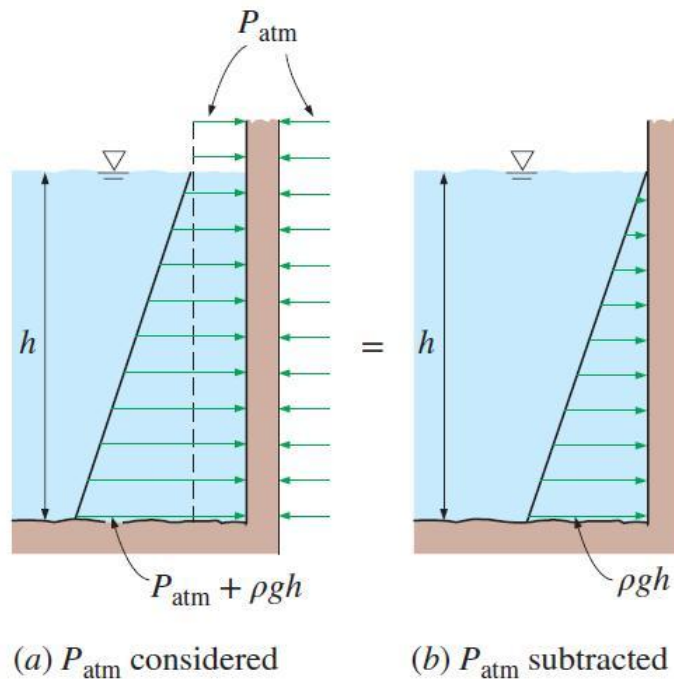
*Sección de muro.*



También es necesario definir la sección del muro, para ello se usan láminas de acero y concreto, los cuales modelan el enmallado de acero, también para el concreto se usan más de una sola capa, considerando la capa de recubrimiento y el núcleo.

### Figura 43

*Presión Lateral.*



Con todo lo anterior ya modelado es necesario también definir las cargas, las cuales en este caso son solo el peso propio y la presión sobre la superficie, este último es el efecto más importante, dado que una presión a una altura específica tiene un valor, el cual está definido por la figura anterior, la cual a su vez se puede calcular con la siguiente ecuación:

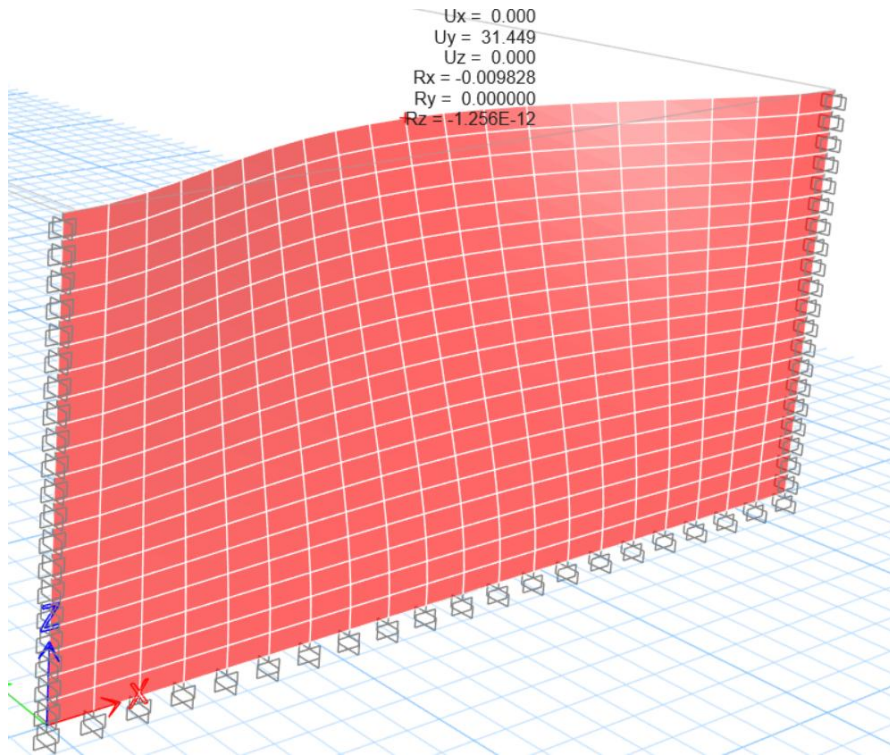
$$\text{Presión} = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 3.5 \text{ m} = 34\,335 \text{ N/m}^2$$

Para realizar un mejoramiento en el muro se realiza una variación de las secciones del muro, considerando primero un ancho de 15 cm, luego un ancho de 20 cm, 25 cm y 30 cm, para realizar una comparativa entre todos estos resultados.

Para el modelado de muro con un ancho de 15 cm se obtuvo una deformación por carga lateral de:

### Figura 44

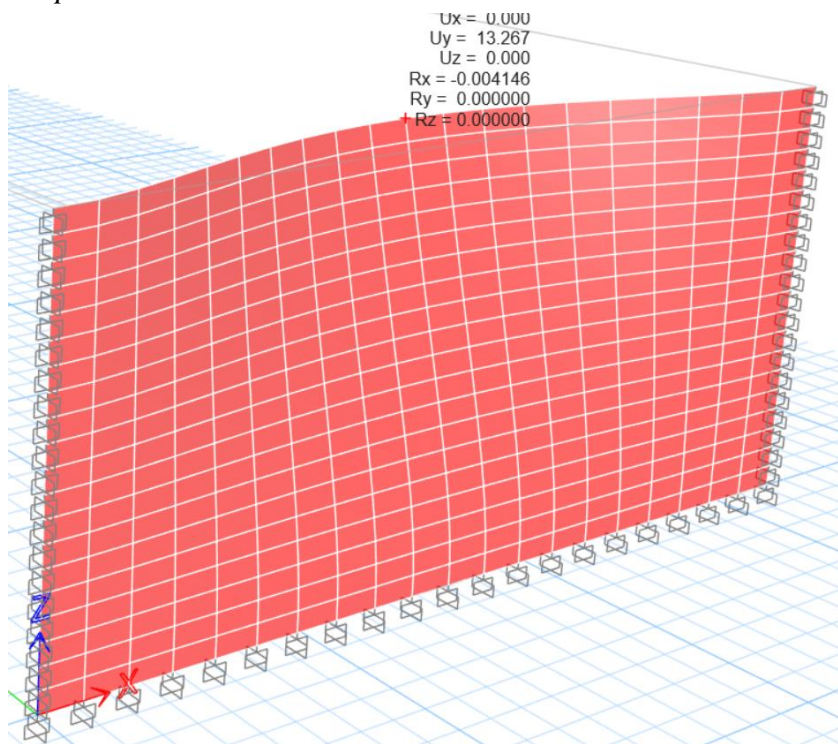
*Propuesta de muro de 15 cm.*



Para un ancho de 20 cm se obtuvo una deformación de:

### Figura 45

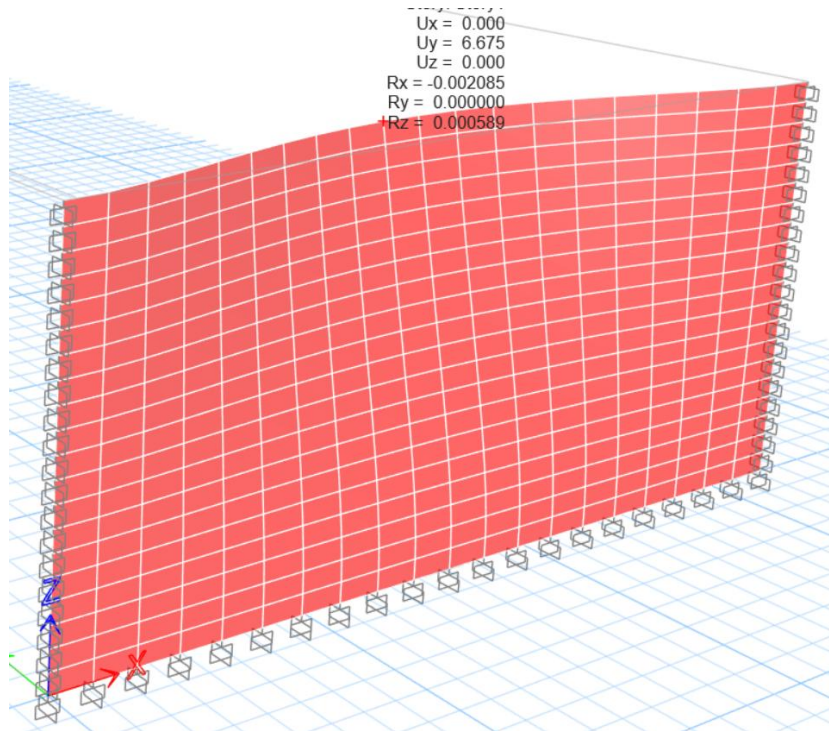
*Propuesta de muro de 20 cm.*



Para un ancho de 25 cm se tiene una deformación de:

**Figura 46**

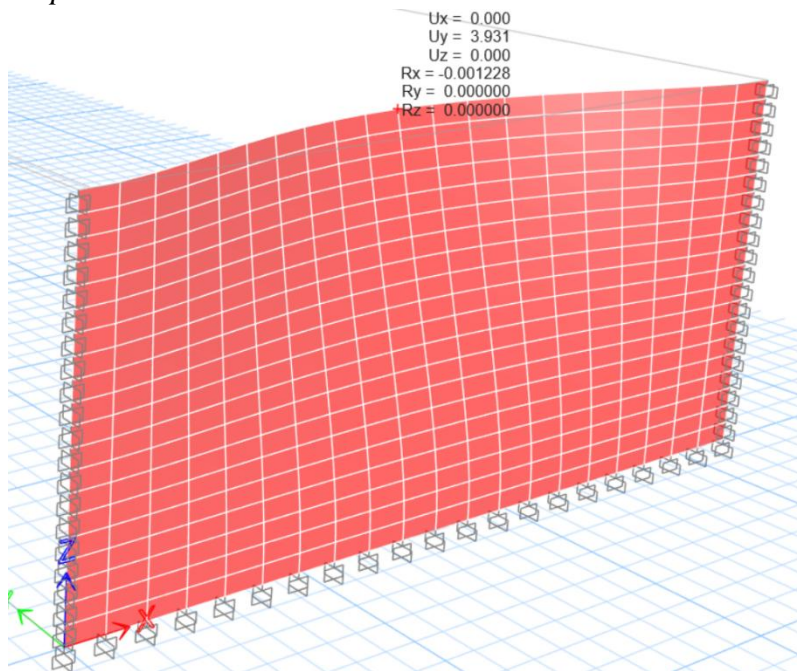
*Propuesta de muro de 25 cm.*



Para un ancho de 30 cm se tiene un desplazamiento de:

**Figura 47**

*Propuesta de muro de 30 cm.*

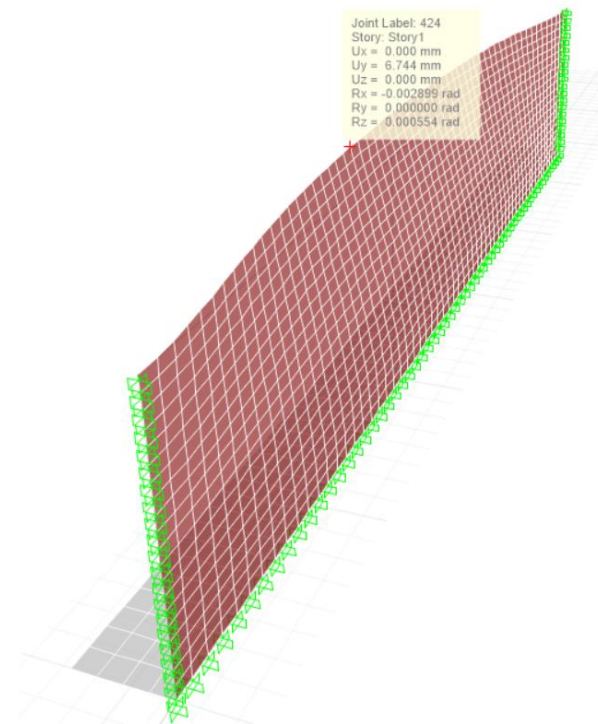


En base a estos resultados se ha decidido utilizar la sección de 0.25 m de ancho, debido a que los desplazamientos observados para esta sección son suficientes y aceptables, las cargas laterales no sobre pasan la deformación relativa de 7/1000, teniendo una deformación de 6.68/3000, comprobando que es suficiente con el uso de esta sección, por otro lado constructivamente una sección de 20 cm es bastante angosta y no cumple con una posible longitud mínima de ancho para el vaciado de concreto armado.

En las siguientes secciones se presenta solo los resultados para el muro con ancho de 25cm.

### Figura 48

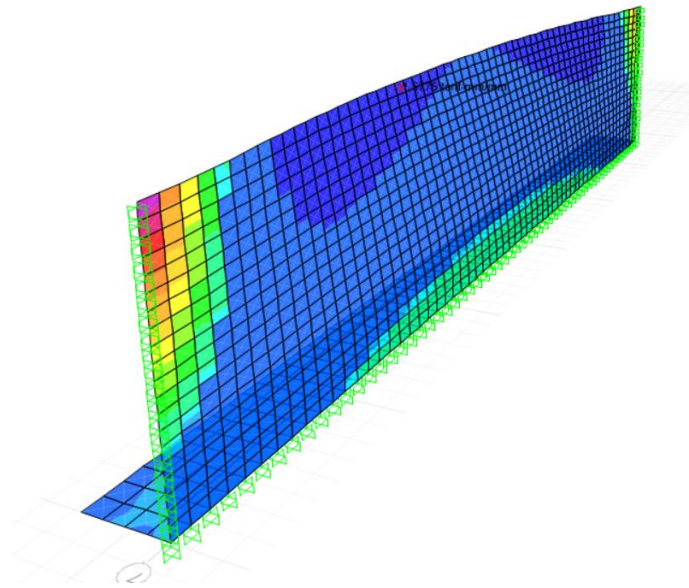
*Deformación en la pantalla del muro.*



Por ejemplo, en este caso se ha calculado la deformación del muro en la parte superior, la cual es de 6.5 mm, considerando que todo el muro está completamente lleno.

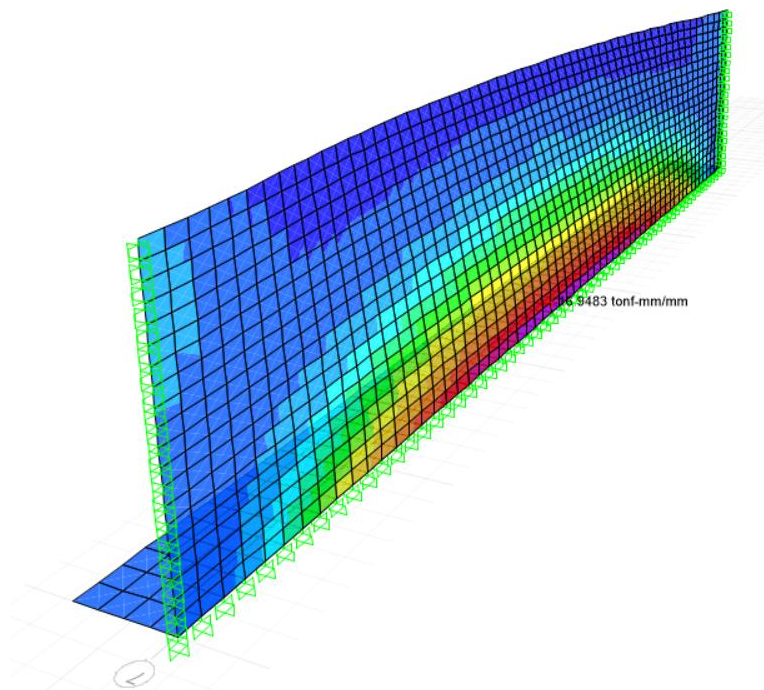
**Figura 49**

*Momentos flectores M11. }*



**Figura 50**

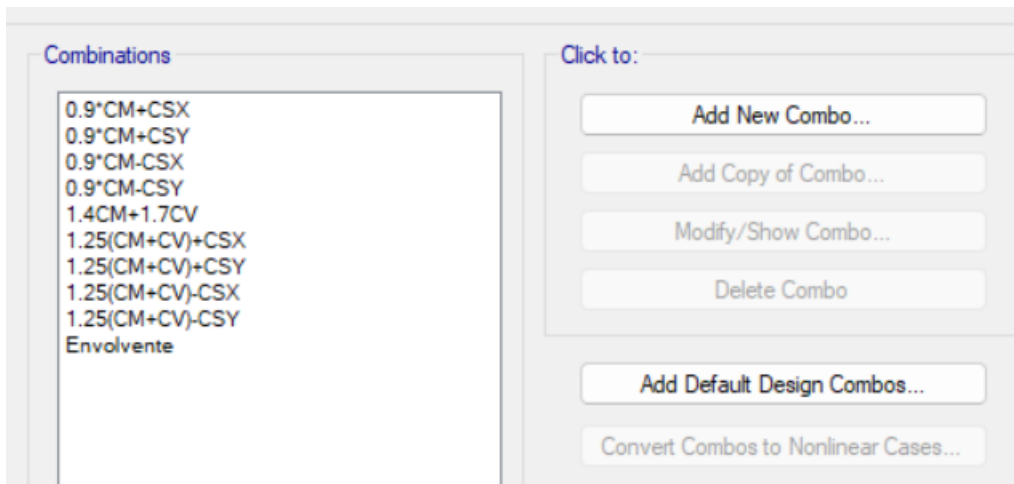
*Momentos flectores M22.*



Encontrando que el momento mayor en la cara del muro es de 7.9 tonf-m/m, por cada metro de muro, es por ello que se usa 1 metro de muro para realizar el diseño en concreto, considerando las combinaciones de carga antes mostradas.

**Figura 51**

*Combinaciones de cargas.*



Las combinaciones de cargas, todas tienen resultados propios del fenómeno al cual representan, sin embargo, en este caso no cumplen la misma función, dado que un muro no tiene masa considerable para tomar un cortante sísmico lateral, lo cual permite eliminar la mayoría de las combinaciones de cargas, dejando solo la combinación de cargas de gravedad, en base a eso se obtuvo el momento utilizado y se diseña en la siguiente sección.

Para el diseño a flexión se han usado las siguientes ecuaciones:

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$R_n = \frac{M_u \cdot 100000}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$p = \frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c}} \right)$$

También se establecen limitaciones para la cantidad de acero que se debe colocar en las vigas, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$A_{smin} = \frac{0.7 \cdot \sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$A_{smax} = 0.75 \cdot p \cdot b \cdot d$$

$$p_b = 0.85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot \left( \frac{E_c \cdot E_s}{E_c \cdot E_s + f_y} \right)$$

$$p_b = 0.85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot \left( \frac{6117}{6117 + f_y} \right)$$

Donde se pueden usar de manera directa las siguientes ecuaciones del momento nominal:

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$M_n = \frac{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)}{100000} = \frac{A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)}{100000}$$

En el cual:

$A_{smin}$ : Acero mínimo de refuerzo

$F_c$ : Resistencia a la compresión del concreto

$F_y$ : Resistencia a la tracción del acero

$B$ : Ancho de viga

$D$ : peralte de viga

$P_b$ : Cuantía balanceada

$M_u$ : Momento ultimo

$M_n$ : Momento Nominal

$B$ : Parámetro de rectángulo de Whitney

$E_c$ : Deformación unitaria

$E_s$ : Resistencia a la tracción del acero (4200 kg/cm<sup>2</sup>)

Obteniendo:

## **Tabla 22**

*Momentos y diseño de muro.*

	1
Momento Negativo	7.90
Momento Positivo	7.90

Nota. Elaboración Propia, resumen de momentos.

**Tabla 23**

Descripción de viga.

Descripción de Viga	Ubicación de la Sección	N° de Capas	Peralte Efectivo "d" (cm)	d' (cm)	Momento Último "Mu" (Ton.m)
Viga 1	1	2	16.00	9.00	7.90

Nota. Cálculo de momento último.

**Tabla 24**

Índices de refuerzo.

A	B	C	Índice de Refuerzo " $\omega$ "		$\rho$ calculada	Verificación de Cuantía Balanceada
			$\omega_1$	$\omega_2$		
0.59	-1.00	0.122	0.1329	1.5620	0.0089	Si Cumple

Nota. Cálculo del índice de refuerzo.

**Tabla 25**

Varillas de acero.

Ubicación de la Sección	As mín (cm <sup>2</sup> )	As req (cm <sup>2</sup> )	As máx (cm <sup>2</sup> )	As(+) o As(-) (cm <sup>2</sup> )	Acero Colocado			
					Acero	D (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	N° de Aceros
Viga 1	5.371	14.173	34.680	14.173	Ø 5/8"	1.59	2.00	6

Nota. Cálculo de varillas de acero.

En base a ello se utiliza Acero de 5/8 cada 15 cm enmallado vertical y acero de 1/2 cada 15 cm en el acero horizontal.

## **10.2. Discusión**

En la evaluación de los tipos de estructuras de protección más efectivas para mitigar los riesgos de desbordamiento del río Pativilca en el puente Bolívar, se identificaron diversas opciones que pueden ser implementadas según las características del entorno y las necesidades locales. Pero se optó por el muro de concreto armado como contención, luego de haber realizado un análisis de costo-beneficio y considerar las características socioeconómicas de la región al seleccionar las estructuras de protección. Además, el monitoreo continuo de las condiciones del río y el clima permitirá ajustar las estrategias en tiempo real, garantizando una mayor resiliencia ante futuros desbordamientos. Esta estrategia de protección se alinea con los resultados obtenidos por Zeña y Santamaría (2021), quienes también identificaron la necesidad de implementar defensas ribereñas efectivas para contrarrestar el impacto de fenómenos como El Niño. Su propuesta de enrocado se fundamenta en un análisis detallado de los parámetros geomorfológicos e hidráulicos del río, sugiriendo que la correcta alineación y mantenimiento del cauce son esenciales para prevenir la pérdida de terrenos agrícolas y la socavación de cultivos.

El análisis del río Pativilca en las proximidades del puente Bolívar revela patrones críticos en el caudal, la velocidad del flujo y la altura del río, especialmente durante la temporada de lluvias. Los datos muestran que el caudal máximo se registra en el año 1984 alcanzando 480 m<sup>3</sup>/s, lo que representa un desafío significativo para las estructuras de contención actuales. Esto indica un riesgo "muy alto", demandando atención urgente en la gestión de inundaciones. La velocidad del flujo también alcanza su punto máximo en marzo (2.5 m/s), lo que puede exacerbar la erosión de las riberas y afectar la estabilidad de las infraestructuras cercanas. La sedimentación, que varía a lo largo del año, también es un factor crítico. En marzo, se registran 1200 m<sup>3</sup> de sedimentos, lo que indica una acumulación que puede disminuir la capacidad de transporte del río, aumentando aún más el riesgo de desbordamiento. Dado este contexto, es esencial implementar medidas estructurales efectivas, como defensas ribereñas robustas y sistemas de drenaje mejorados, que no solo enfrenten el caudal actual, sino que también consideren proyecciones futuras basadas en cambios climáticos. Además, se sugiere establecer un sistema de monitoreo continuo para adaptar las estrategias de gestión de riesgos a las variaciones estacionales y climáticas, garantizando así

una protección integral para las comunidades y las infraestructuras vulnerables. Este contexto se complementa con hallazgos de Bibi et al. (2023), que analizan el rendimiento de los sistemas de drenaje mediante simulaciones de gestión de aguas pluviales. Este estudio destaca que los sistemas existentes no están preparados para manejar los riesgos de inundación previstos, especialmente ante el aumento de la impermeabilidad debido al desarrollo urbano. La simulación sugiere que un incremento del 10% al 70% en la impermeabilidad puede resultar en un aumento drástico del escurrimiento y en la extensión de inundaciones, lo que refuerza la necesidad de estrategias de mitigación efectivas. Ambos estudios subrayan la urgencia de implementar un sistema de monitoreo continuo que permita ajustar las estrategias de gestión a las variaciones estacionales y climáticas. Esto garantizará una protección integral para las comunidades y las infraestructuras vulnerables, así como una mejor resiliencia ante futuros eventos climáticos extremos. La colaboración entre las partes interesadas, la planificación urbana sostenible y la mejora de los sistemas de drenaje son pasos esenciales para minimizar los riesgos de inundación y proteger tanto el entorno socioeconómico como la vida de las personas.

El análisis realizado en el entorno del puente Bolívar sobre el río Pativilca, utilizando el software HEC-RAS, ha revelado áreas potencialmente inundables que requieren atención urgente. Afectando zonas agrícolas y residenciales, con alturas de inundación de hasta 3 metros. Este escenario enfatiza la necesidad de implementar medidas de mitigación efectivas para proteger a las comunidades vulnerables. Entre las estructuras de protección evaluadas, los muros de concreto armado se destacan como la opción más robusta. Aunque su costo es más elevado (S/ 430.98 por m<sup>3</sup>), su capacidad para resistir fuerzas laterales y su menor necesidad de mantenimiento los hacen preferibles a largo plazo. Su diseño estructural garantiza mayor durabilidad y una menor probabilidad de fallo ante condiciones climáticas extremas, lo que convierte esta opción en una inversión estratégica. Por otro lado, aunque los muros de gaviones son más económicos (S/ 218.52 por m<sup>3</sup>), presentan serios inconvenientes en términos de estabilidad. Su propensión a la reconfiguración y el riesgo de fallo estructural en condiciones de alta filtración de agua los hacen menos confiables, especialmente en áreas donde el caudal del río es significativo. La necesidad de soporte lateral adicional limita aún más su aplicabilidad en este contexto. Los muros de enrocado, aunque pueden parecer una opción natural, resultan inapropiados debido a las altas velocidades de flujo en el lecho del río. La erosión y desplazamiento de las rocas por el agua comprometen su efectividad, lo que indica que no son una solución viable para el problema de inundaciones en esta área. Los hallazgos son

consistentes con los resultados de Medina & Serrano (2020), quienes, al abordar los problemas de inundaciones en el río La Leche, propusieron el diseño de defensas ribereñas que previenen desbordes y protegen viviendas y parcelas aledañas. Su enfoque también incluyó evaluaciones hidráulicas con HEC-RAS y consideraciones sobre el tipo de suelo y materiales, resaltando la importancia de un análisis integral en el diseño de estructuras de defensa. Ambos estudios enfatizan la necesidad de un enfoque basado en datos para el diseño de infraestructuras de protección. El uso de software especializado no solo permite modelar caudales y áreas de inundación, sino que también ayuda a identificar secciones débiles y garantizar la estabilidad de las estructuras propuestas. La implementación de defensas ribereñas adecuadas, respaldadas por estudios técnicos, es esencial para mitigar los riesgos de inundación y proteger tanto a la población como a sus medios de vida.

La creciente preocupación por el riesgo de desbordamiento del río Pativilca, especialmente en la zona del puente Bolívar en Barranca, resalta la necesidad urgente de implementar estructuras de protección adecuadas. El análisis exhaustivo proporcionó una base sólida para el diseño de infraestructuras que mitiguen el impacto de inundaciones, teniendo en cuenta factores clave como el caudal del río, la topografía del área y las condiciones climáticas. Esta planificación es esencial para asegurar la resiliencia de la comunidad ante fenómenos naturales cada vez más intensos. La evaluación de las opciones de protección revela diferencias significativas entre los muros de gaviones y los muros de concreto armado. Los muros de gaviones, aunque representan una opción económicamente viable con un costo de aproximadamente S/ 4.3 millones para 3.3 km, presentan limitaciones funcionales. Su flexibilidad es contrarrestada por su vulnerabilidad a la reconfiguración y la filtración de agua, lo que puede comprometer su estabilidad durante eventos de alta inundación. Esto indica que, a pesar de su costo más bajo, pueden resultar menos efectivos en la protección a largo plazo. En contraste, los muros de concreto armado, con un costo estimado de S/ 4.80 millones para la misma longitud, ofrecen una solución más robusta. Su diseño, que incluye una altura de 5 m y un ancho de 0.25 m, proporciona mayor resistencia y durabilidad frente a las fuerzas hidráulicas. El análisis estructural muestra que estos muros son capaces de soportar mejor las cargas laterales y requieren menos mantenimiento, lo que los convierte en una opción preferente para la protección contra inundaciones. La adecuada distribución de refuerzo y el uso de acero estructural de calidad son cruciales para garantizar la integridad estructural y la efectividad a largo plazo del diseño. Estos hallazgos son congruentes con los resultados presentados por Martínez (2023), quien también abordó el diseño de defensas ribereñas en el

río Sisa. Su enfoque incluyó un análisis detallado de topografía, mecánica de suelos e hidrología, destacando la importancia de utilizar métodos de diseño apropiados y de considerar las características del terreno. El uso de un dique de tipo enrocado, aunque beneficioso en su contexto, contrasta con las consideraciones de durabilidad y mantenimiento que justifican la elección de muros de concreto armado para el río Pativilca. Ambos estudios enfatizan la importancia de realizar un análisis integral y fundamentado para el diseño de estructuras de defensa ribereña. La combinación de simulaciones hidráulicas, estudios de suelo y un enfoque en la sostenibilidad y durabilidad garantizará la protección de las comunidades vulnerables, así como la salvaguarda de sus actividades económicas. La implementación de estas soluciones debe ser considerada no solo como una respuesta a las inundaciones actuales, sino como una inversión en la resiliencia futura de la región frente a los cambios climáticos.

## XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 11.1 Conclusiones

- Se ha determinado que la estructura de protección más eficiente para mitigar los riesgos de desbordes en el río Pativilca, en la zona del puente Bolívar, es la construcción de muros de concreto armado. Esta solución se considera la más adecuada debido a la altura máxima de inundación de 3.0 metros y la velocidad del flujo de agua de diseño de 9.2 m/s en la base del río, con un caudal de diseño de 1138.5 m<sup>3</sup>/s.
- Las condiciones hidráulicas a nivel promedio mensual del río Pativilca según la recopilación de información del ANA y SENAHMI es de 51,61 m<sup>3</sup>/s, este dato se ha considerado como el caudal base del modelado hidráulico, por otro lado, este mismo mostró que en condiciones de inundación extrema, la velocidad del agua en la base del lecho del río puede alcanzar los 9.2 m/s, generando una presión de 40 kN/m<sup>2</sup> sobre las estructuras.
- El análisis del entorno del puente Bolívar sobre el río Pativilca, realizado con el software HEC-RAS, aproxima que alcanza picos de hasta 1138.5 m<sup>3</sup>/s, mientras que el caudal promedio durante épocas normales es de solo 51,61 m<sup>3</sup>/s, se podrían inundar hasta 3.3 km, afectando tanto zonas agrícolas como residenciales. Estas grandes fluctuaciones, debido a la topografía plana, se estima que el río puede inundar áreas de hasta 116 hectáreas si no se implementan medidas de protección con muros de contención.
- Las dimensiones de las estructuras de protección, son para muros de enrocados con altura de 4.00 m, ancho de 3.6 m, altura de zapata de 0.5 m, ancho de base de 2.65 m, pero por ser inestables se descartan, por ser solo una solución temporal; para el caso de los muros con gaviones se tiene una altura de 4.00 m, con un ancho de 3 m, considerando bloques de piedras con alturas de 1.5 m y 1m, pero por la socavación que se estará propenso a volteos por efecto hidráulico, lo cual descarta este muro; finalmente se elige el muro de concreto armado, con altura de 5 m, un ancho de base de 3 m, con enmallados horizontales y verticales de ½ @0.20, obteniendo un aumento del espaciamiento de 0.25 en la parte superior del muro.

## 11.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar una supervisión y delimitación de toda la zona, mediante catastros o mapas urbanos que puedan indicar la cantidad de viviendas que pueden ser afectadas por la llanura de inundación calculada, esta información y proceso corresponde a los municipios y entidades respectivas, todo con el fin de guardar la integridad de los pobladores.
- Se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar las condiciones del río y el clima, permitiendo ajustes en tiempo real a las estrategias de protección. Estas acciones garantizarán la resiliencia de la infraestructura y protegerán a las comunidades locales frente a eventos climáticos extremos.
- Se recomienda realizar un estudio complementario, como análisis de costos y presupuestos, programación de obras, todo con el fin de proponer un proyecto que pueda realizar el encauzamiento de todas estas zonas vulnerables, colocando los muros que pueden servir de protección.
- Se recomienda la revisión del análisis de inundaciones para eventos extremos con posibles modelos de cambio climático, con el fin de determinar los principales problemas que pueden no reflejarse en el análisis actual, dado que la teoría de eventos extremos asume que la secuencia de eventos es siempre la misma, con el tiempo estos cambios climáticos pueden llegar a empeorar la situación de la cuenca.

## XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 12.1 Libros y Tesis

- Acuña, J. (2020). *Diseño de dique enrocado y defensa ribereña del sector baños de fierro tramo km 102+080 a 202+435, distrito de andajes - oyon - lima*. Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrión.
- Braja, M. D. (2011). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7.º ed.). Cengage Learning editores, S. A.
- Espejo, F., Molina, J. L., Zazo, S., Muñoz-Sánchez, R., & Patino-Alonso, C. (2024). Low-cost “buffer” structural measure for flooding risk reduction in irrigation reservoirs. *Journal of Hydrology*, 634(March). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131017>
- Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación Científica* (A. J. Paredes Galván (ed.); 1st ed.). San Marcos.
- Córdova, B. I. (2013). *Proyecto de investigación cuantitativa*. San Marcos.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santafé de Bogotá, Colombia: McGrawHill. CHOW, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill. recuperdo de [https://www.libreriaingeniero.com/2022/06/hidraulica-de-canales-abiertos-ven-te-chow.html#google\\_vignette](https://www.libreriaingeniero.com/2022/06/hidraulica-de-canales-abiertos-ven-te-chow.html#google_vignette)
- García, R., y López, M. (2020). *Investigación en ciencias sociales: Métodos y enfoques*. *Investigacion y Ciencia*, 3, 2020.
- Gómez, A., y Pérez, L. (2024). *Metodologías de recolección de datos en investigación social*. *Investigacion Cientifica*, 2024.
- Gómez, A., y Pérez, M. (2023). *Metodología de la investigación: Enfoques y técnicas aplicadas*. *Metodología de La Investigación Educativa*, 2023.
- González, A., & Pérez, M. (2022). *Metodologías de investigación en educación: Enfoques y diseños*. *Investigacion Cientifica*, 2022.
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sextaedicion.compressed.pdf>

- Lerma, D. (2022). Metodología de la investigación (M. T. Catellanos (ed.); Mc Grw Hil). <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9
- Lucas, V. (2020). *Identificación e implementación de medidas de protección y prevención de inundaciones en tramos de los rios Santa Eulalia y Rimac*. Universidad Nacional Agraria.
- Martínez et al., M. et al. (2023). Enfatizan el cumplimiento de principios éticos internacionales para la protección del medio ambiente en investigaciones científicas. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 2, 2023.
- Martínez, J., & López, R. (2022). Técnicas de observación en la investigación educativa. *Proyecto de Investigación*, 2022.
- Martínez, J., & Ruiz, L. (2022). Métodos de investigación: Técnicas y enfoques. *Metodología de La Investigación*.
- Martinez, Lady. (2023). *Diseño de la defensa ribereña en el cauce del río Sisa en el tramo Getsemaní a San Rafael del distrito San Rafael , departamento San Martín 2020*. Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Medina, J., & Serrano, J. A. (2020). *Propuesta de una defensa ribereña en rio La Leche, Lambayeque*. Universidad Señor de Sipan.
- Raadgever, T., & Hegger, D. (2018). Flood risk management strategies and governance. In *Flood Risk Management Strategies and Governance* (Issue February). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67699-9>
- Ramírez, J., & Torres, L. (2021). Metodología de la investigación: Enfoques y aplicaciones . *Metodología de La Investigación*, 2, 2021.
- Rodríguez, S. (2021). La integridad y la transparencia como pilares en la publicación de estudios relacionados con la mitigación de desastres naturales. *Ciencia Unemi*, 2021.
- Rocha Felices, A. (1998). Erosión de Cauces Fluviales, Introducción a la Hidráulica Fluvial (pp. 201–218). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Teran Adriazola, R. (1998). Diseño y construcción de defensas ribereña. Escuela Superior de Administración de Aguas "Charles Sutton".
- Villón Béjar, M. (2002). Hidrología (2.º ed.). Villón.
- Yamo, J. (2023). *Diseño del dique enrocado para prevenir inundaciones del rio Tumbes*. Universidad Catolica los Angeles de Chimbote.

Zeña, A., & Santamaría, C. (2021). *Diseño de una defensa ribereña mediante enrocado en los ríos Corral del medio y La Gallega, longitud 4.0 km. Distrito y provincia de Morropón, región Piura*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

### 12.3 Artículo de revistas - Online

Cartaya, S., y Mantuano-Eduarte, R. (2016). Identificación de zonas de riesgo de inundación mediante la simulación hidráulica en un segmento del Río Pescadillo, Manabí, Ecuador. *Revista de Investigación*, 40(89), 158-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376156280009>

Bibi, T. S., Reddythta, D., & Kebebew, A. S. (2023). Assessment of the drainage systems performance in response to future scenarios and flood mitigation measures using stormwater management model. *City and Environment Interactions*, 19(May), 100111. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2023.100111>

Espejo, F., Molina, J. L., Zazo, S., Muñoz-Sánchez, R., & Patino-Alonso, C. (2023). Low-cost “buffer” structural measure for flooding risk reduction in irrigation reservoirs. *Journal of Hydrology*, 634(March). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131017>

Farfán, J. F., Delgado, R., & Fuertes, L. C. (2023). Gestión de Riesgo de Desbordes de Ríos ante el Fenómeno El Niño [Universidad Ciencias Latinas]. In *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* (Vol. 8, Issue 1). [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1.9933](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9933)

García, M., & Chen, L. (2022). Impactos de los fenómenos naturales en la migración forzada y la infraestructura: Un análisis global. *Revista Internacional de Estudios de Desastres*, 18(4), 9, 356–363. <https://doi.org/10.1234/ried.2022.004>

García, R., & López, M. (2020). Investigación en ciencias sociales: Métodos y enfoques. *Investigacion y Ciencia*, 3, 2020.

Gómez, J., & Pérez, L. (2021). Impacto de las inundaciones en comunidades vulnerables de Ecuador: Un estudio de caso en Sogamosa. *Revista de Estudios Ambientales*, 15(2), 75(17), 399–405. <https://doi.org/10.1234/rea.2021.002>

Heidari, A. (2021). Structural master plan of flood mitigation measures. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(1), 61–75. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-61-2009>

Lerma, D. (2022). *Metodología de la investigación* (M. T. Catellanos (ed.); Mc Grw Hil). <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9

- Liew, Y. S., Desa, S. M., Md. Noh, M. N., Tan, M. L., Zakaria, N. A., & Chang, C. K. (2021). Assessing the effectiveness of mitigation strategies for flood risk reduction in the segamat river basin, Malaysia. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(6), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su13063286>
- Martínez et al., M. et al. (2023). Enfatizan el cumplimiento de principios éticos internacionales para la protección del medio ambiente en investigaciones científicas. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, *2*, 2023.
- Martínez, R., & López, S. (2020). Impacto de fenómenos naturales en la infraestructura y la salud pública: Un análisis de casos recientes. *Revista de Gestión de Desastres*, *12*(3), 8(75), 147–154. <https://doi.org/10.5678/rgd.2020.003>
- Martínez, R., & Ruiz, J. (2023). Modelamiento hidráulico y gestión de riesgos de inundación en Perú: Una evaluación de las herramientas disponibles. *Revista Peruana de Ingeniería Hidráulica*, *10*(2), 150-165., *VIII*(I), 1–19. <https://doi.org/10.5678/rpih.2023.002>
- Marín, A. F., y Barros, J. F. (2016). Modelación de tránsito de crecientes en el río Aburrá-Medellín para una propuesta de su restauración. *Revista EIA*, *13*(26), 153–168. <https://doi.org/10.24050/reia.v13i26.165>
- Maldonado Erazo, Jairo Miguel, Samaniego Merchán, Jairo Rafael, Ramos Criollo, Diego Mauricio, & Abril Saltos, Ricardo Vinicio. (2020). Curvas de intensidad, duración y frecuencia de la estación meteorológica Puyo. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, *41*(1), 127-137. Epub 01 de abril de 2020. Recuperado en 13 de agosto de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382020000100127&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382020000100127&lng=es&tlng=es).
- Raadgever, T., & Hegger, D. (2018). Flood risk management strategies and governance. In *Flood Risk Management Strategies and Governance* (Issue February). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67699-9>
- Rodríguez, S. (2021). La integridad y la transparencia como pilares en la publicación de estudios relacionados con la mitigación de desastres naturales. *Ciencia Unemi*, 2021.
- Sánchez, M., & Torres, P. (2022). Evaluación del impacto de desastres naturales en regiones del Perú: Un análisis de la respuesta gubernamental. *Revista Peruana de Gestión de Desastres*, *15*(1), 85-100, *33*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1234/rpgd.2022.001>

Varkey, M., & Philip, P. (2022). Flood risk mitigation through self-floating amphibious houses - Modelling, analysis, and design. *Materials Today: Proceedings*, 65(March), 442–447. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.547>

Vitale, C. (2023). Understanding the shift toward a risk-based approach in flood risk management, a comparative case study of three Italian rivers. *Environmental Science and Policy*, 146(May), 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.04.015>

#### **12.4 Manual**

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje. Disponible en: <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>

BRUNNER, G. (2016). HEC-RAS Hydraulic Reference Manual. US ARMY CORPS OF ENGINEERS, HIDROLOGIC ENGINEERING CENTER. Disponible en: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf>

### **XIII. ANEXO**

### **13.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Proyecto de tesis: DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLÍVAR, BARRANCA - 2022

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIÓN	METODOLOGÍA, TÉCNICA E INSTRUMENTO	FUENTE DE VERIFICACIÓN			
<b>GENERAL:</b>			<b>Variable Dependiente:</b>	Tipo	<p>El tipo de investigación es aplicada, de acuerdo al tiempo de estudio se considera transversal ya que los datos recolectados son en un momento único.</p> <p>El diseño es cuasiexperimental</p>				
PG: ¿Cuál es la estructura de protección más adecuada para minimizar los riesgos de desbordamiento del río Pativilca en el puente Bolívar en Barranca durante el año 2022?	OG: Evaluar los tipos de estructuras de protección más efectiva para mitigar los riesgos asociados con el desbordamiento del río Pativilca en el Puente Bolívar, Barranca – 2022.	HG: El tipo de estructura de protección más óptimo para mitigar riesgos de desborde en el río Pativilca es el muro de concreto armado.	Tipos de estructuras de protección						
<b>ESPECÍFICOS:</b>									
PE1: ¿Cuáles son las características hidráulicas del río Pativilca en zonas aledañas al puente Bolívar, Barranca - 2022?	OE1: Determinar las características hidráulicas del río Pativilca en zonas aledañas al puente Bolívar, Barranca - 2022.	HE1: Las características hidráulicas más importantes son tirante máximo y mínimo, hidrograma máximo y uso de suelo del río Pativilca.	<b>Variable Independiente:</b>	Características hidráulicas	<p><b>Población y Muestra</b></p> <p>La población estará constituida por 26.2 km de longitud del río Pativilca</p> <p>La muestra estará constituida por 3.3 Km de longitud del río Pativilca</p>	Modelamiento hidráulico mediante software			
PE2: ¿Cuáles son las áreas de posible inundación utilizando el software Hec – ras para mitigar riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca - 2022?	OE2: Determinar las áreas de posible inundación utilizando software Hec – ras para mitigar riesgos de desborde del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca – 2022.	HE2: Las áreas de posible inundación utilizando el Hec Ras 2D son las que tienen alta probabilidad de desbordamiento y erosión en el río Pativilca.					Riego de desborde	Áreas de inundación	<p><b>Unidad de Análisis:</b></p> <p>Una sección de Río Pativilca.</p>
PE3: ¿Cuáles son las dimensiones de las estructuras de protección necesarias para mitigar los riesgos de desbordamiento del río Pativilca en el puente Bolívar, Barranca – 2022?	OE3: Establecer las dimensiones adecuadas para las estructuras de protección con el fin de reducir los riesgos de desbordamiento del Río Pativilca en el Puente Bolívar, Barranca -2022.	HE3: Las dimensiones de la estructura de protección tendrán relación significativa al estudio hidrológico y características hidráulicas a fin de mitigar riesgos de desborde del río Pativilca.							

## **13.2 PANEL FOTOGRÁFICO**

## Inspección ocular del Rio Pativilca

*Inspección ocular de Rio Pativilca en el puente Bolívar, antigua panamericana norte (coordenadas UTM 196122.0 – 8813209).*



*Vista margen derecho del Rio Pativilca.*



*Rio Pativilca.*



*Visto margen izquierdo del rio Pativilca*



*Visto margen derecho del rio Pativilca, en la cual llega hasta el sembrío de la zona.*



*Dique enmallado, estructura existente coordenadas UTM 196122.00 – 8813209.00, la cual se encuentra en estado de deterioro.*



*Muro de concreto, estructura existente coordenadas UTM 196122.00 – 8813209.00*



*Visita a campo.*



*Inspección ocular del margen Derecho del Rio Pativilca.*



*Entrevista a los pobladores aledaños al Puente Bolívar.*



### **13.3 ENSAYOS DE LABORATORIOS**



**TESIS** DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

**TESISTAS** MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO

**UBICACIÓN** JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE  
PUENTE BOLIVAR

**FECHA** MARZO DEL 2023

**CALICATA** : C-01      **LOCALIZACION** PROGRESIVA 0+500      **Profundidad Alcanzada (m)** 2.00  
**Nivel Freatico (m)** 0.70

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm3	HN, %			
0.00	C					Limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado	
0.10							
2.00	A	M-1		19.04		Grava Bien Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos plasticos y bolonería subredondeada de 6" Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo	GW
	A					SEGUIDO DE BOLONERIAS Y BLOQUES AISLADOS	
3.00	T						
	A						



*(Signature)*  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNA



<b>TESIS</b>	DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022		
<b>TESISTAS</b>	MELANIE DIANE CHAVEZ CASMIRO		
<b>UBICACIÓN</b>	JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE PUENTE BOLIVAR		
<b>FECHA</b>	MARZO DEL 2023		
<b>CALIGATA</b>	: C-02	<b>LOCALIZACION</b>	PROGRESIVA 1+000
			<b>Profundidad Alcanzada (m)</b> 2.00 <b>Nivel Freatico (m)</b> 0.60

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm <sup>3</sup>	HN, %			
0.00	C					Limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado	
0.20							
2.00	A	M-1		26.09		Grava Bien Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos plasticos y boloneria subredondeada de 6" Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo	GW
	L						
3.00	I					SEGUIDO DE BOLONERIAS Y BLOQUES AISLADOS	
	C						
	A						
	T						
	A						



  
 ING. Nestor A. Zelaya Santos  
 CIP. N° 89157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



<b>TESIS</b>	DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022		
<b>TESISTAS</b>	MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO		
<b>UBICACIÓN</b>	JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE PUENTE BOLIVAR		
<b>FECHA</b>	MARZO DEL 2023		
<b>CALICATA</b>	: C-03	<b>LOCALIZACION</b>	PROGRESIVA 1+500
			<b>Profundidad Alcanzada (m)</b> 2.00 <b>Nivel Freatico (m)</b> 0.70

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm <sup>3</sup>	HN, %			
0.00						Limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado	
0.30	C						
	A	M-1		49.32		Grava Bien Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos plasticos y boloneria subredondeada de 6" Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo	GW
	L						
	I						
	C						
2.00	A						
	T						
	A					SEGUIDO DE BOLONERIAS Y BLOQUES AISLADOS	
3.00							



  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



<b>TESIS</b>	DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022		
<b>TESISTAS</b>	MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO		
<b>UBICACION</b>	JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE		
<b>FECHA</b>	PUENTE BOLIVAR		
<b>CALICATA</b>	: C-04	<b>LOCALIZACION</b>	PROGRESIVA 2+000
			<i>Profundidad Alcanzada (m)</i> 2.00 <i>Nivel Freatico (m)</i> 0.50

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm <sup>3</sup>	HN, %			
0.20	C					Limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado	
2.00	A L I C					Grava Bien Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color gris oscuro con presencia de finos plasticos y boloneria subredondeada de 6" Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo	GW
3.00	A T A					SEGUIDO DE BOLONERIAS Y BLOQUES AISLADOS	



*Nestor A. Zelaya Santos*  
 ING. Nestor A. Zelaya Santos  
 CIP. N° 98157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNIA



<b>TESIS</b>	DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022		
<b>TESISTAS</b>	MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO		
<b>UBICACIÓN</b>	JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE		
<b>FECHA</b>	PUENTE BOLIVAR		
<b>CALICATA</b>	: C-05	<b>LOCALIZACION</b>	PROGRESIVA 2+500
			<b>Profundidad Alcanzada (m)</b> 2.00 <b>Nivel Freatico (m)</b> 0.80

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm <sup>3</sup>	HN, %			
0.10	C					Limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado	
2.00	A L I C					Grava Mal Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color marron oscuro con presencia de finos plasticos y boloneria subredondeada de 6" Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo	GP
3.00	A T A					SEGUIDO DE BOLONERIAS Y BLOQUES AISLADOS	



  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



## GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



<b>TESIS</b>	DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATTIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022		
<b>TESISTAS</b>	MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO		
<b>UBICACIÓN</b>	JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE		
<b>FECHA</b>	PUENTE BOLIVAR MARZO DEL 2023		
<b>CALIGATA</b>	: C-06	<b>LOCALIZACION</b>	PROGRESIVA 3+000
		<i>Profundidad Alcanzada (m)</i>	2.00
		<i>Nivel Freatico (m)</i>	0.60

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm <sup>3</sup>	HN, %			
0.10	C					Limo contaminado con materia orgánica (plantas y raíces), Terreno no apto para construcción y debe ser retirado	
1.00	A L					Grava Mal Graduada: de grano fino a grueso de forma alargada y sub redondeada de color marron oscuro con presencia de finos plasticos y boloneria subredondeada de 6" Condición in situ : Medianamente compacto y húmedo	GP
2.00	I C A						
3.00	T A					SEGUIDO DE BOLONERIAS Y BLOQUES AISLADOS	



**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
 CIP: N° 68157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

**REGISTRO**  
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**  
**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN**  
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

**Tesis:** DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE SOLIVAR, BARRANCA - 2022

**Asistas:** MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO - JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

**Ubicación:** RIO PATIVILCA - DISTRITO DE PATIVILCA- PROVINCIAL DE BARRANCA - REGION LIMA

**Calicata:** C-01 **Fecha :** MARZO DEL 2023

**Muestra:** M-1 **Profundidad muestra (m):** 0.10 - 2.00

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

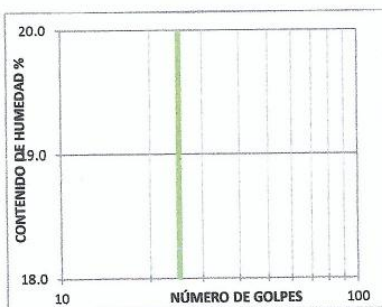
LÍMITE LÍQUIDO	
Determinación No	
Número de Golpes	
Recipiente No.	
P <sub>1</sub>	
P <sub>2</sub>	
P <sub>3</sub>	
P <sub>w</sub>	
P <sub>s</sub>	
W%	

NL

LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Recipiente No.		6
P <sub>1</sub>		115.26
P <sub>2</sub>		102.36
P <sub>3</sub>		12.36
P <sub>w</sub>		12.90
P <sub>s</sub>		90.00
W%		14.33

NP

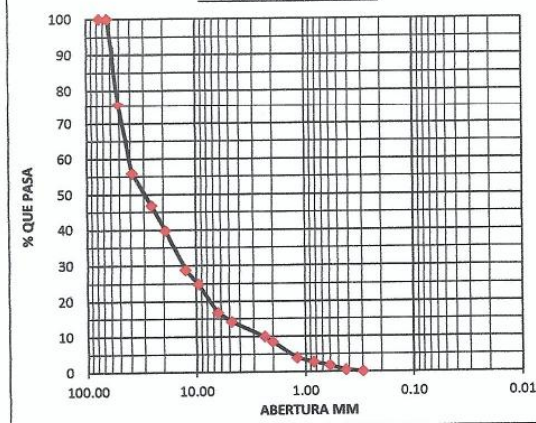
P<sub>1</sub> = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g  
P<sub>2</sub> = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g  
P<sub>3</sub> = Peso Recipiente, en g      P<sub>w</sub> = P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>  
P<sub>w</sub> = Peso del Agua, en g      P<sub>s</sub> = P<sub>2</sub> - P<sub>3</sub>  
P<sub>s</sub> = Peso Suelo Seco, en g      w = (P<sub>w</sub> / P<sub>s</sub>) x 100  
W = Contenido de agua, en %



**GRADACIÓN**

Peso inicial:	3,612.36	[gr]	Peso final:	3,600.00	[gr]
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76.20	0.00			
2 1/2"	63.500	883.25	24.5%	24.5%	75.5%
2"	50.800	711.24	19.7%	44.1%	55.9%
1 1/2"	38.100	326.65	9.0%	53.2%	46.8%
1"	25.400	256.36	7.1%	60.3%	39.7%
3/4"	19.050	395.60	11.0%	71.2%	28.8%
1/2"	12.500	141.25	3.9%	75.1%	24.9%
3/8"	9.500	292.36	8.1%	83.2%	16.8%
1/4"	6.350	92.15	2.6%	85.8%	14.2%
Nº 4	4.750	42.15	1.2%	87.0%	13.0%
Nº 8	2.360	111.24	3.1%	90.0%	10.0%
Nº 10	2.000	56.36	1.6%	91.6%	8.4%
Nº 16	1.190	89.27	2.5%	94.1%	5.9%
Nº 20	0.840	75.24	2.1%	96.1%	3.9%
Nº 30	0.595	42.88	1.2%	97.3%	2.7%
Nº 40	0.425	35.69	1.0%	98.3%	1.7%
Nº 50	0.297	32.63	0.9%	99.2%	0.8%
Nº 100	0.106	15.68	0.4%	99.7%	0.3%
Nº 200	0.075	12.36	0.3%	100.0%	0.0%
Pasa 200					
Total		3,612.36			

**CURVA GRANULOMETRICA**



**RESULTADOS**

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	85.78%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	13.87%
Índice Plástico	-	%	Finos	0.34%

**CLASIFICACIÓN**

Índice de Grupo	2
A.A.S.H.T.O.	A-1-a
U.S.C	GW



*Zelaya Santos*  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
CIP. N° 89157 CONSULTOR C-7960  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: MZ. C. LOTE 6. PP. JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC: 20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

**REGISTRO**  
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**  
**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN**  
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

Proyecto: DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

Solicitante: MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO -JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

Ubicacion: RIO PATIVILCA - DISTRITO DE PATIVILCA- PROVINCIAL DE BARRANCA - REGION LIMA

Calicata: C-02 Fecha : MARZO DEL 2023

Muestra: M-1 Profundidad muestra (m): 0.20 - 2.00

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

**LÍMITE LÍQUIDO**

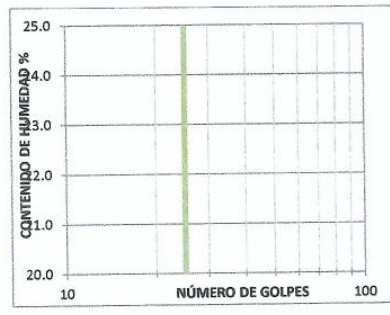
Determinación No		
Número de Golpes		
Recipiente No.		
P <sub>1</sub>		
P <sub>2</sub>		
P <sub>3</sub>		
P <sub>w</sub>		
P <sub>s</sub>		
W%		

**LÍMITE PLÁSTICO**

Recipiente No.		Humedad Natural	6
P <sub>1</sub>			142.56
P <sub>2</sub>			128.63
P <sub>3</sub>			13.63
P <sub>w</sub>			13.93
P <sub>s</sub>			115.00
W%			12.11

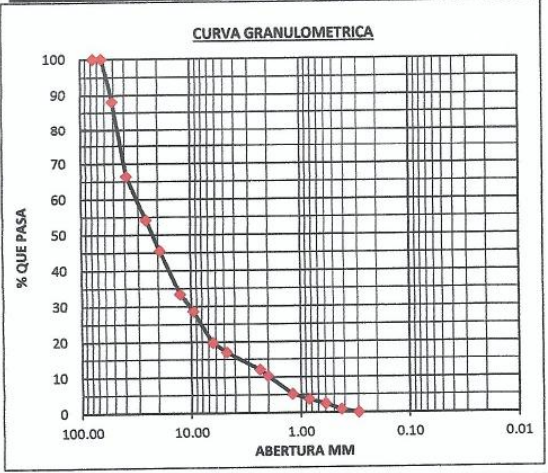
P<sub>1</sub> = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g  
P<sub>2</sub> = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g  
P<sub>3</sub> = Peso Recipiente, en g  
P<sub>w</sub> = Peso del Agua, en g  
P<sub>s</sub> = Peso Suelo Seco, en g  
W = Contenido de agua, en %

$P_w = P_1 - P_2$   
 $P_s = P_2 - P_3$   
 $w = (P_w / P_s) \times 100$



**GRADACIÓN**

Peso inicial:	3,471.22	[gr]	Peso final:	3,442.77	[gr]
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76.20				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800	413.36	11.9%	11.9%	88.1%
1 1/2"	38.100	754.63	21.7%	33.6%	66.4%
1"	25.400	423.36	12.2%	45.8%	54.2%
3/4"	19.050	302.69	8.7%	54.6%	45.4%
1/2"	12.500	421.25	12.1%	66.7%	33.3%
3/8"	9.500	166.58	4.8%	71.5%	28.5%
1/4"	6.350	305.64	8.8%	80.3%	19.7%
Nº 4	4.750	95.67	2.8%	83.1%	16.9%
Nº 8	2.360	46.85	1.3%	84.4%	15.6%
Nº 10	2.000	122.70	3.5%	87.9%	12.1%
Nº 16	1.190	62.15	1.8%	89.7%	10.3%
Nº 20	0.840	92.14	2.7%	92.4%	7.6%
Nº 30	0.595	84.52	2.4%	94.8%	5.2%
Nº 40	0.425	52.36	1.5%	96.3%	3.7%
Nº 50	0.297	43.16	1.2%	97.6%	2.4%
Nº 100	0.106	33.26	1.0%	98.5%	1.5%
Nº 200	0.075	22.45	0.6%	99.2%	0.8%
Pasa 200		28.45	0.8%	100.0%	0.0%
Total		3,471.22			



**RESULTADOS**

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	83.06%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	16.12%
Índice Plástico	-	%	Finos	0.82%

**CLASIFICACIÓN**

Índice de Grupo	2
A.A.S.H.T.O.	A-1-a
U.S.C	GW



*Nestor A. Zelaya Santos*  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze922@hotmail.com



<b>REGISTRO</b>	
<b>ENSAYO DE CLASIFICACIÓN</b>	
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN</b>	
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318	
<b>Proyecto:</b>	DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022
<b>Solicitante:</b>	MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO -JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE
<b>Ubicacion:</b>	RIO PATIVILCA - DISTRITO DE PATIVILCA- PROVINCIAL DE BARRANCA - REGION LIMA
<b>Calicata:</b>	C-03 <span style="float: right;">Fecha : MARZO DEL 2023</span>
<b>Muestra:</b>	M-1 <span style="float: right;">Profundidad muestra (m): 0.20 - 2.00</span>

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No			
Número de Golpes			
Recipiente No.			
P <sub>1</sub>			
P <sub>2</sub>			
P <sub>3</sub>			
P <sub>w</sub>			
P <sub>s</sub>			
W%			

LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
Recipiente No.			6
P <sub>1</sub>			167.84
P <sub>2</sub>			145.62
P <sub>3</sub>			12.08
P <sub>w</sub>			22.22
P <sub>s</sub>			133.54
W%			16.64

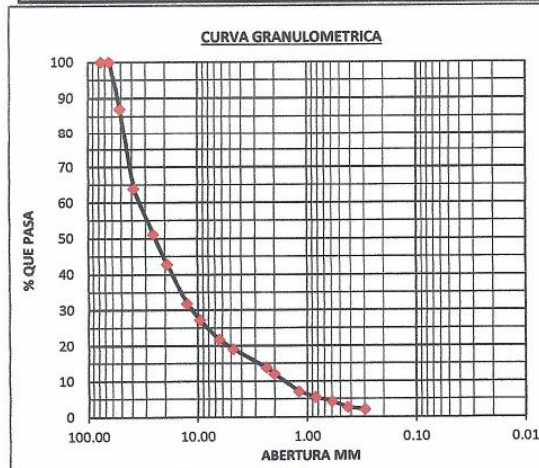
P<sub>1</sub> = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g  
P<sub>2</sub> = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g  
P<sub>3</sub> = Peso Recipiente, en g  
P<sub>w</sub> = Peso del Agua, en g  
P<sub>s</sub> = Peso Suelo Seco, en g  
W = Contenido de agua, en %

$P_w = P_1 - P_2$   
 $P_s = P_2 - P_3$   
 $w = (P_w / P_s) \times 100$



**GRADACIÓN**

Peso inicial:		3,550.00 [gr]		Peso final:		3,457.43 [gr]	
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa		
3"	76.20						
2 1/2"	63.500	0.00					
2"	50.800	462.35	13.0%	13.0%	87.0%		
1 1/2"	38.100	821.14	23.1%	36.2%	63.8%		
1"	25.400	452.18	12.7%	48.9%	51.1%		
3/4"	19.050	296.35	8.3%	57.2%	42.8%		
1/2"	12.500	392.14	11.0%	68.3%	31.7%		
3/8"	9.500	161.47	4.5%	72.8%	27.2%		
1/4"	6.350	192.48	5.4%	78.3%	21.7%		
Nº 4	4.750	96.75	2.7%	81.0%	19.0%		
Nº 8	2.360	62.34	1.8%	82.7%	17.3%		
Nº 10	2.000	123.63	3.5%	86.2%	13.8%		
Nº 16	1.190	62.48	1.8%	88.0%	12.0%		
Nº 20	0.840	96.54	2.7%	90.7%	9.3%		
Nº 30	0.595	81.24	2.3%	93.0%	7.0%		
Nº 40	0.425	56.36	1.6%	94.6%	5.4%		
Nº 50	0.297	42.18	1.2%	95.8%	4.2%		
Nº 100	0.106	36.66	1.0%	96.8%	3.2%		
Nº 200	0.075	21.14	0.6%	97.4%	2.6%		
Pasa 200		22.25	0.6%	98.0%	2.0%		
Total							



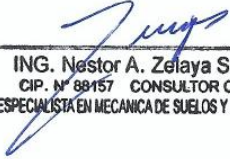
**RESULTADOS**

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	80.98%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	16.41%
Índice Plástico	-	%	Finos	2.61%

**CLASIFICACIÓN**

Índice de Grupo	1
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C	GP



  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
 CIP. Nº 89457 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

**REGISTRO**  
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**  
**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN**  
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

**Proyecto:** DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

**Solicitante:** MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO - JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

**Ubicacion:** RIO PATIVILCA - DISTRITO DE PATIVILCA- PROVINCIAL DE BARRANCA - REGION LIMA

**Calicata:** C-04 **Fecha :** MARZO DEL 2023

**Muestra:** M-1 **Profundidad muestra (m):** 0.20 - 2.00

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

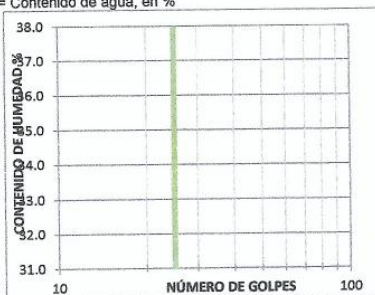
LÍMITE LÍQUIDO	
Determinación No	
Número de Golpes	
Recipiente No.	
P <sub>1</sub>	NL
P <sub>2</sub>	
P <sub>3</sub>	
P <sub>w</sub>	
P <sub>s</sub>	
W%	

LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Recipiente No.		6
P <sub>1</sub>	NP	112.25
P <sub>2</sub>		96.25
P <sub>3</sub>		10.33
P <sub>w</sub>		16.00
P <sub>s</sub>		85.92
W%		18.62

P<sub>1</sub> = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g  
P<sub>2</sub> = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g  
P<sub>3</sub> = Peso Recipiente, en g  
P<sub>w</sub> = Peso del Agua, en g  
P<sub>s</sub> = Peso Suelo Seco, en g

P<sub>w</sub> = P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>  
P<sub>s</sub> = P<sub>2</sub> - P<sub>3</sub>  
w = (P<sub>w</sub> / P<sub>s</sub>) x 100

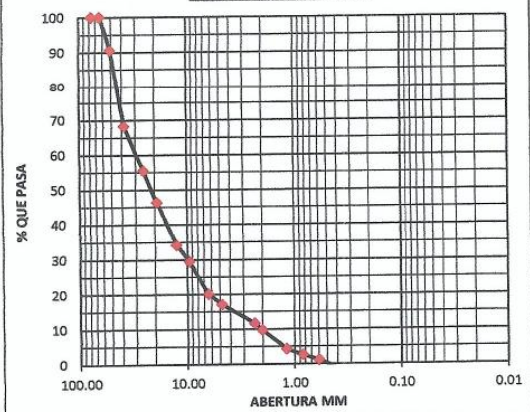
W = Contenido de agua, en %



**GRADACIÓN**

Peso inicial:		3,230.00 [gr]		Peso final:		3,253.33 [gr]	
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa		
3"	76.20						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800	305.63	9.5%	9.5%	90.5%		
1 1/2"	38.100	721.14	22.3%	31.8%	68.2%		
1"	25.400	412.82	12.8%	44.6%	55.4%		
3/4"	19.050	293.34	9.1%	53.7%	46.3%		
1/2"	12.500	392.58	12.2%	65.8%	34.2%		
3/8"	9.500	152.45	4.7%	70.5%	29.5%		
1/4"	6.350	302.64	9.4%	79.9%	20.1%		
Nº 4	4.750	96.58	3.0%	82.9%	17.1%		
Nº 8	2.360	56.24	1.7%	84.6%	15.4%		
Nº 10	2.000	121.44	3.8%	88.4%	11.6%		
Nº 16	1.190	62.38	1.9%	90.3%	9.7%		
Nº 20	0.840	92.48	2.9%	93.2%	6.8%		
Nº 30	0.595	83.64	2.6%	95.8%	4.2%		
Nº 40	0.425	54.28	1.7%	97.5%	2.5%		
Nº 50	0.297	46.96	1.5%	98.9%	1.1%		
Nº 100	0.106	36.58	1.1%	100.0%	0.0%		
Nº 200	0.075	22.15	0.7%	100.7%	-0.7%		
Pasa 200		15.64	0.5%	101.2%	-1.2%		
Total							

**CURVA GRANULOMETRICA**



**RESULTADOS**

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	82.88%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	17.84%
Índice Plástico	-	%	Finos	-0.72%

**CLASIFICACIÓN**

Índice de Grupo	2
A.A.S.H.T.O.	A - 1 - a
U.S.C	GW



*(Signature)*  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



**REGISTRO**  
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**  
**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN**  
 ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

Proyecto: DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

Solicitante: MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO -JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

Ubicacion: RIO PATIVILCA - DISTRITO DE PATIVILCA- PROVINCIAL DE BARRANCA - REGION LIMA

Calicata: C-05 Fecha : MARZO DEL 2023

Muestra: M-1 Profundidad muestra (m): 0.10 - 2.00

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No			
Número de Golpes			
Recipiente No.			
P <sub>1</sub>			
P <sub>2</sub>			
P <sub>3</sub>			
P <sub>w</sub>			
P <sub>s</sub>			
W%			

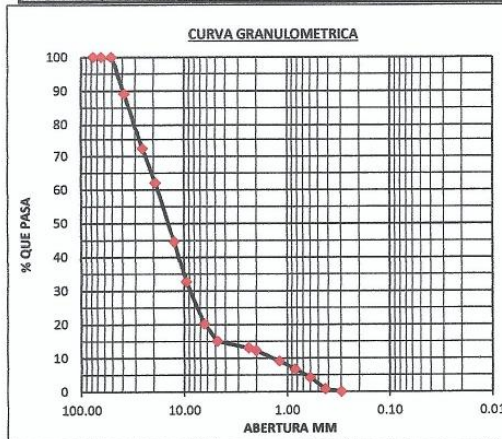
LÍMITE PLÁSTICO			Humedad Natural
Recipiente No.			6
P <sub>1</sub>			121.36
P <sub>2</sub>			105.25
P <sub>3</sub>			9.60
P <sub>w</sub>			16.11
P <sub>s</sub>			95.65
W%			16.84

P<sub>1</sub> = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g  
 P<sub>2</sub> = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g  
 P<sub>3</sub> = Peso Recipiente, en g      P<sub>w</sub> = P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>  
 P<sub>w</sub> = Peso del Agua, en g      P<sub>s</sub> = P<sub>2</sub> - P<sub>3</sub>  
 P<sub>s</sub> = Peso Suelo Seco, en g      w = (P<sub>w</sub> / P<sub>s</sub>) x 100



**GRADACIÓN**

Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
Peso inicial:	5,435.70	[gr]			
Peso final:	5,393.12	[gr]			
3"	76.20				
2 1/2"	83.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	592.36	10.9%	10.9%	89.1%
1"	25.400	912.24	16.8%	27.7%	72.3%
3/4"	19.050	556.58	10.2%	37.9%	62.1%
1/2"	12.500	952.42	17.5%	55.4%	44.6%
3/8"	9.500	644.74	11.9%	67.3%	32.7%
1/4"	6.350	682.75	12.6%	79.9%	20.1%
Nº 4	4.750	276.58	5.1%	85.0%	15.0%
Nº 8	2.360	45.36	0.8%	85.8%	14.2%
Nº 10	2.000	62.69	1.2%	86.9%	13.1%
Nº 16	1.190	44.58	0.8%	87.8%	12.2%
Nº 20	0.840	112.39	2.1%	89.9%	10.2%
Nº 30	0.595	56.85	1.0%	90.9%	9.1%
Nº 40	0.425	135.69	2.5%	93.4%	6.6%
Nº 50	0.297	134.62	2.5%	95.8%	4.2%
Nº 100	0.106	46.58	0.9%	96.7%	3.3%
Nº 200	0.075	136.69	2.5%	99.2%	0.8%
Pasa 200		42.58	0.8%	100.0%	0.0%
Total					



**RESULTADOS**

Límite Líquido	N.L.	%	Gravas	84.95%
Límite Plástico	N.P.	%	Arenas	14.27%
Índice Plástico	-	%	Finos	0.78%

**CLASIFICACIÓN**

Índice de Grupo	2
A.A.S.H.T.O.	A-1 - a
U.S.C	GP



**ING. Nestor A. Zélaya Santos**  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze022@hotmail.com

**REGISTRO**  
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**  
**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN**  
ASTM D-2216 / ASTM D-422 / ASTM D4318

**Proyecto:** DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

**Solicitante:** MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO - JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

**Ubicacion:** RIO PATIVILCA - DISTRITO DE PATIVILCA- PROVINCIAL DE BARRANCA - REGION LIMA

**Calicata:** C-06 **Fecha :** MARZO DEL 2023

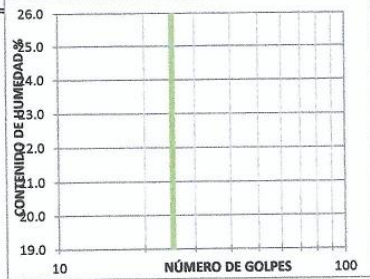
**Muestra:** M-1 **Profundidad muestra (m):** 0.10 - 2.00

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

LÍMITE LÍQUIDO	
Determinación No	
Número de Golpes	
Recipiente No.	
P <sub>1</sub>	<b>NL</b>
P <sub>2</sub>	
P <sub>3</sub>	
P <sub>w</sub>	
P <sub>s</sub>	
W%	

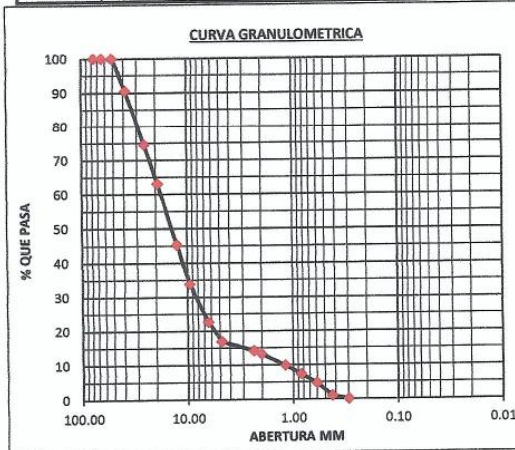
LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Recipiente No.		6
P <sub>1</sub>	<b>NP</b>	125.63
P <sub>2</sub>		104.25
P <sub>3</sub>		13.36
P <sub>w</sub>		21.38
P <sub>s</sub>		90.89
W%		23.52

P<sub>1</sub> = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g  
P<sub>2</sub> = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g  
P<sub>3</sub> = Peso Recipiente, en g      P<sub>w</sub> = P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>  
P<sub>w</sub> = Peso del Agua, en g      P<sub>s</sub> = P<sub>2</sub> - P<sub>3</sub>  
P<sub>s</sub> = Peso Suelo Seco, en g      w = (P<sub>w</sub>/P<sub>s</sub>) x 100



**GRADACIÓN**

Peso inicial: 5,245.75 [gr]		Peso final: 5,196.08 [gr]			
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso [gr]	% Reten	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76.20				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	496.35	9.5%	9.5%	90.5%
1"	25.400	842.15	16.1%	25.5%	74.5%
3/4"	19.050	602.55	11.5%	37.0%	63.0%
1/2"	12.500	934.15	17.8%	54.8%	45.2%
3/8"	9.500	598.69	11.4%	66.2%	33.8%
1/4"	6.350	587.41	11.2%	77.4%	22.6%
Nº 4	4.750	302.63	5.8%	83.2%	16.8%
Nº 8	2.360	68.96	1.3%	84.5%	15.5%
Nº 10	2.000	71.24	1.4%	85.9%	14.1%
Nº 16	1.190	51.24	1.0%	86.8%	13.2%
Nº 20	0.840	115.69	2.2%	89.0%	11.0%
Nº 30	0.595	58.48	1.1%	90.2%	9.8%
Nº 40	0.425	136.96	2.6%	92.8%	7.2%
Nº 50	0.297	137.48	2.6%	95.4%	4.6%
Nº 100	0.106	49.85	1.0%	96.3%	3.7%
Nº 200	0.075	142.25	2.7%	99.1%	0.9%
Pasa 200		49.67	0.9%	100.0%	0.0%
Total					



**RESULTADOS**

Limite Líquido	N.L.	%	Gravas	83.19%
Limite Plástico	N.P.	%	Arenas	15.86%
Indice Plastico	-	%	Finos	0.95%

**CLASIFICACIÓN**

Índice de Grupo	2
A.A.S.H.T.O.	A-1-a
U.S.C	GP



**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
CIP. N° 89157 CONSULTOR C-7960  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



---

OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
 CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

**PROYECTO** DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

**SOLICITANTE** MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO  
 JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

**UBICACIÓN** PUENTE BOLIVAR

**FECHA** MARZO DEL 2023

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL

## ANALISIS QUIMICO

N°	ANALISIS QUIMICO	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES	RESULTADOS (%)		
			CO2		PROMEDIO
1	Sales Delocuescentes o Cloruros	6000 ppm	1700 ppm	2000 ppm	1850 ppm
2	Sulfatos Solubles (SO4)	1000 ppm	400 ppm	300 ppm	350 ppm
3	Sales Solubles Totales	400 ppm	100 ppm	100 ppm	100 ppm
4	Sólidos en suspensión	1000			
5	Materia Orgánica expresado en Oxígeno	10			
6	Sales Solubles de Magnesio	150			
7	Límite de Turbidez	2000			
8	Dureza	> 5			
9	Potencial de Hidrógeno (PH)	> 7	7.4	7.4	7.40



  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

TESIS : DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

TESISTAS : MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO -JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

UBICACIÓN : PUENTE BOLIVAR

PROCEDENCIA : TERRENO NATURAL

MUESTRA : 1 / M-01

PROF. (m) : 0.00 - 1.50

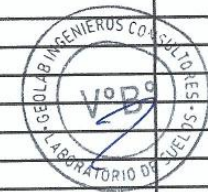
TÉCNICO : N.A.Z.S.

FECHA : Marzo-2023

CONTENIDO DE HUMEDAD :			
Nº DE RECIPIENTE	1	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	117.47
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr.)	109.59	PESO DEL ANILLO (g)	48.74
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (gr.)	97.61	PESO DE LA MUESTRA (g)	68.73
PESO DEL AGUA (gr.)	11.98	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	20.26
PESO DEL RECIPIENTE (gr.)	9.89	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	40.52
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	87.72	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.696
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	13.66	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.492

ESFUERZO NORMAL : **0,5 kg/cm<sup>2</sup>**

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	-	0.00		0.00	0.00
0.03	-	0.03		2.00	0.10
0.06	-	0.06		2.42	0.12
0.12	-	0.12		3.40	0.17
0.21	-	0.21		3.60	0.18
0.30	-	0.30		3.90	0.19
0.45	-	0.45		4.30	0.21
0.60	-	0.60		4.60	0.23
0.75	-	0.75		4.80	0.24
0.90	-	0.90		4.80	0.24
1.05	-	1.05		5.00	0.25
1.20	-	1.20		5.00	0.25
1.35	-	1.35		5.10	0.25
1.50	-	1.50		5.20	0.26
1.65	-	1.65		5.20	0.26
1.80	-	1.80		5.40	0.27
2.10	-	2.10		5.50	0.27
2.40	-	2.40		5.60	0.28
2.70	-	2.70		5.60	0.28
3.00	-	3.00		5.70	0.28
3.60	-	3.60		5.70	0.28
4.20	-	4.20		5.80	0.29
4.80	-	4.80		5.90	0.29
5.40	-	5.40		6.20	0.31
6.00	-	6.00		6.80	0.34
7.00	-	7.00		7.20	0.36



*[Signature]*  
 ING. Nestor A. Zelaya Santos  
 CIP. N° 66157 - CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNIA



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

TESIS : DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL  
PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

TESISTAS : MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO - JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

UBICACION : PUENTE BOLIVAR

PROCEDENCIA : TERRENO NATURAL

MUESTRA : 1 / M-01

PROF. (m) : 0.00 - 1.50


TÉCNICO : N.A.Z.S.

FECHA : Marzo-2023

CONTENIDO DE HUMEDAD :			
Nº DE RECIPIENTE	2	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	117.27
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr.)	92.30	PESO DEL ANILLO (g)	48.74
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (gr.)	82.83	PESO DE LA MUESTRA (g)	68.53
PESO DEL AGUA (gr.)	9.47	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	20.26
PESO DEL RECIPIENTE (gr.)	9.62	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	40.52
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	73.21	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.691
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	12.94	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.497

ESFUERZO NORMAL : **1,0 kg/cm<sup>2</sup>**

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	-	0.00		0.00	0.00
0.03	-	0.03		4.20	0.21
0.06	-	0.06		4.50	0.22
0.12	-	0.12		5.10	0.25
0.21	-	0.21		6.10	0.30
0.30	-	0.30		6.40	0.32
0.45	-	0.45		7.30	0.36
0.60	-	0.60		8.00	0.39
0.75	-	0.75		8.50	0.42
0.90	-	0.90		8.90	0.44
1.05	-	1.05		9.30	0.46
1.20	-	1.20		9.60	0.47
1.35	-	1.35		9.70	0.48
1.50	-	1.50		9.90	0.49
1.65	-	1.65		10.00	0.49
1.80	-	1.80		10.10	0.50
2.10	-	2.10		10.40	0.51
2.40	-	2.40		10.40	0.51
2.70	-	2.70		10.70	0.53
3.00	-	3.00		10.80	0.53
3.60	-	3.60		10.90	0.54
4.20	-	4.20		11.30	0.56
4.80	-	4.80		12.30	0.61
5.40	-	5.40		13.20	0.65
6.00	-	6.00		14.50	0.72
7.00	-	7.00		15.00	0.74

  
 ING. Nestor A. Zelaya Santos  
 CIP. N° 68167 - CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

TESIS : DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

TESISTAS : MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO - JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

UBICACION : PUENTE BOLIVAR

PROCEDENCIA : TERRENO NATURAL

MUESTRA : 1 / M-01

PROF. (m) : 0.00 - 1.50

TECNICO : N.A.Z.¿

FECHA : Marzo-2023

CONTENIDO DE HUMEDAD :			
N° DE RECIPIENTE	3	PESO MUESTRA + ANILLO (g)	118.64
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr.)	93.39	PESO DEL ANILLO (g)	48.74
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (gr.)	84.35	PESO DE LA MUESTRA (g)	69.90
PESO DEL AGUA (gr.)	9.04	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	20.26
PESO DEL RECIPIENTE (gr.)	11.98	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	40.52
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	72.37	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.725
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	12.49	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.534

ESFUERZO NORMAL : **2,0 kg/cm<sup>2</sup>**

TIEMPO (min)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	-	0.00		0.00	0.00
0.03	-	0.03		8.00	0.39
0.06	-	0.06		8.50	0.42
0.12	-	0.12		9.40	0.46
0.21	-	0.21		10.50	0.52
0.30	-	0.30		11.40	0.56
0.45	-	0.45		12.50	0.62
0.60	-	0.60		13.30	0.66
0.75	-	0.75		14.20	0.70
0.90	-	0.90		15.00	0.74
1.05	-	1.05		15.80	0.78
1.20	-	1.20		16.60	0.82
1.35	-	1.35		17.20	0.85
1.50	-	1.50		17.90	0.88
1.65	-	1.65		18.50	0.91
1.80	-	1.80		19.10	0.94
2.10	-	2.10		20.10	0.99
2.40	-	2.40		21.10	1.04
2.70	-	2.70		21.80	1.08
3.00	-	3.00		22.60	1.12
3.60	-	3.60		23.80	1.17
4.20	-	4.20		25.00	1.23
4.80	-	4.80		26.00	1.28
5.40	-	5.40		27.10	1.34
6.00	-	6.00		27.80	1.37
7.00	-	7.00		28.00	1.38



ING. Néstor A. Zelaya Santos  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,

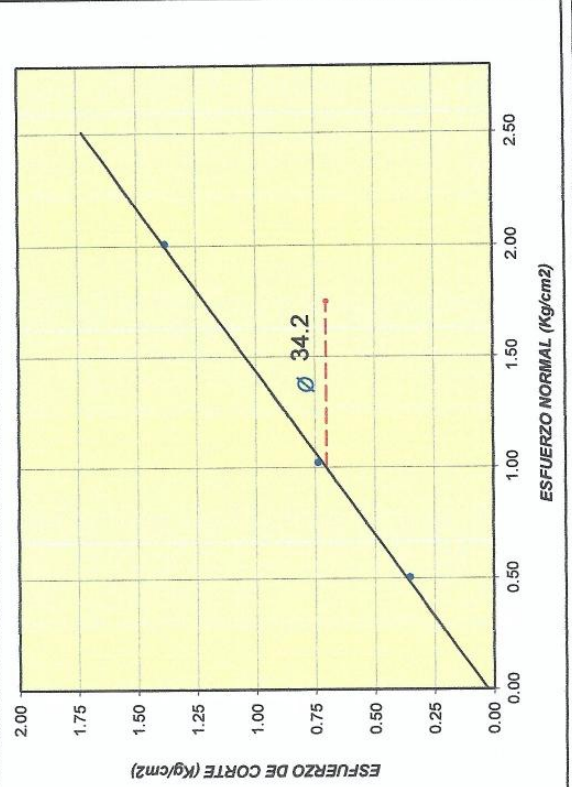
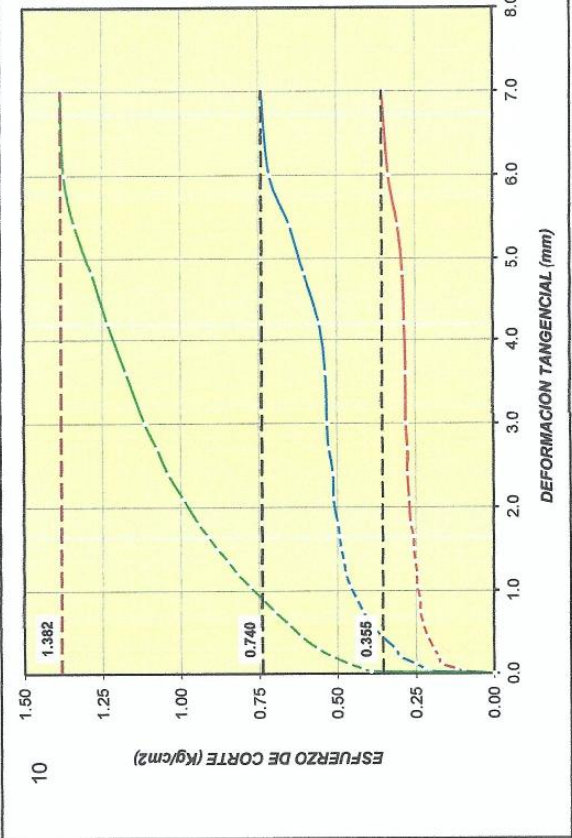
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

TESIS		DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022	
UBICACIÓN	#####		
PROCEDENCIA	: 1	PROF. (m) :	0.00
CLASIF. SUCS :	LL. : --	TÉCNICO	FECHA : Marzo-2023
		IP. :	% MENOR QUE MALLA N° 200 :

MUESTRA N°	AREA (cm <sup>2</sup> )	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	ESFUERZOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	
				TANGENCIAL	NORMAL
01	20.26	13.66	1.492	0.355	0.5
02	20.26	12.94	1.497	0.740	1.0
03	20.26	12.49	1.534	1.382	2.0



OBSERVACIONES:	RESULTADOS DE ENSAYOS	
	MUESTRA ENSAYADA EN CONDICIONES CONSOLIDADA DRENADA TAMIZADO POR LA MALLA N° 4 (4.75mm) Remoldeado (material < Tamiz N°4)	COHESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
	0.03	34.2



*[Signature]*  
 ING. Nestor A. Zelaya Santos  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

TESIS : DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR. BARRANCA - 2022

TESISTAS : MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO - JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

UBICACION : PUENTE BOLIVAR

PROCEDENCIA : TERRENO NATURAL

MUESTRA : 1 / M-01

PROF. (m) : 0.00 - 1.50

TÉCNICO : N.A.Z.S.

FECHA : Marzo-2023

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : REMOLDADA	CLASIFICACIÓN SUCS : 0
ÁREA DE LOS ESPECÍMENES : 20.26 cm <sup>2</sup>	LÍMITE LÍQUIDO : --
VOLUMEN DE LOS ESPECÍMENES : 40.52 cm <sup>3</sup>	ÍNDICE DE PLASTICIDAD : NP
	% MENOR QUE LA MALLA N° 200 : 0.0 %

N° DE MUESTRA : :

CONTENIDO DE HUMEDAD : % :

DENSIDAD HÚMEDA : g/cm<sup>3</sup> :

DENSIDAD SECA : g/cm<sup>3</sup> :

ESFUERZO NORMAL : kg/cm<sup>2</sup> :

01		02		03	
DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )
-	-	-	-	-	-
0.03	0.099	0.03	0.207	0.03	0.395
0.06	0.119	0.06	0.222	0.06	0.420
0.12	0.168	0.12	0.252	0.12	0.464
0.21	0.178	0.21	0.301	0.21	0.518
0.30	0.192	0.30	0.316	0.30	0.563
0.45	0.212	0.45	0.360	0.45	0.617
0.60	0.227	0.60	0.395	0.60	0.656
0.75	0.237	0.75	0.420	0.75	0.701
0.90	0.237	0.90	0.439	0.90	0.740
1.05	0.247	1.05	0.459	1.05	0.780
1.20	0.247	1.20	0.474	1.20	0.819
1.35	0.252	1.35	0.479	1.35	0.849
1.50	0.257	1.50	0.489	1.50	0.884
1.65	0.257	1.65	0.494	1.65	0.913
1.80	0.267	1.80	0.499	1.80	0.943
2.10	0.271	2.10	0.513	2.10	0.992
2.40	0.276	2.40	0.513	2.40	1.041
2.70	0.276	2.70	0.528	2.70	1.076
3.00	0.281	3.00	0.533	3.00	1.115
3.60	0.281	3.60	0.538	3.60	1.175
4.20	0.286	4.20	0.558	4.20	1.234
4.80	0.291	4.80	0.607	4.80	1.283
5.40	0.306	5.40	0.652	5.40	1.338
6.00	0.336	6.00	0.716	6.00	1.372
7.00	0.355	7.00	0.740	7.00	1.382

Ángulo de Fricción

$\phi = 34.2^\circ$

Cohesión

$C = 0.03 \text{ kg/cm}^2$



ING. Nestor A. Zelaya Santos  
CIP. N° 69157 CONSULTOR C-7960  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

## CALCULO DEL ASENTAMIENTO DE CIMENTACIONES

**TESIS** DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO  
PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

**TESISTAS** MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO  
JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

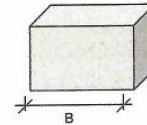
**UBICACIÓN** PUENTE BOLIVAR

**FECHA** MARZO DEL 2023

### CALCULO DE ASENTAMIENTO PARA ZAPATAS CUADRADAS

*Donde:*  
**S** = Asentamiento Total en cm.  
**qad** = Capacidad admisible de carga en Ton/m<sup>2</sup>  
**E** = Modulo de elasticidad  
**μ** = Modulo de Poisson  
**B** = Ancho de Zapata en m.  
**Iw** = factor de Influencia  
**df** = Profundidad

$$S = \frac{qad \cdot B(1 - \mu^2)}{E} \cdot Iw$$



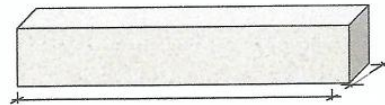
*Si:*  
**μ** = 0.25  
**E** = 5000 Ton/m<sup>2</sup>  
**Iw** = 112 cm/m  
**Df** = 2.0 m.

S =		"B" ANCHO DE ZAPATA							
Asentamiento	qad	0.6 m.	1.0 m.	1.2 m.	1.5 m.	1.8 m.	2.0 m.	2.5 m.	3.0 m.
Asentamiento	qad	1.02	1.03	1.05	1.08	1.09	1.11	1.12	
Asentamiento	Asentamiento	0.128 cm.	0.217 cm.	0.264 cm.	0.334 cm.	0.407 cm.	0.458 cm.	0.581 cm.	0.706 cm.

### CALCULO DE ASENTAMIENTO PARA ZAPATAS RECTANGULARES ( Cimientos Corridos )

*Donde:*  
**S** = Asentamiento Total en cm.  
**qad** = Capacidad admisible de carga en Ton/m<sup>2</sup>  
**E** = Modulo de elasticidad  
**μ** = Modulo de Poisson  
**B** = Ancho de Zapata en m.  
**Iw** = factor de Influencia  
**df** = Profundidad

$$S = \frac{qad \cdot B(1 - \mu^2)}{E} \cdot Iw$$



*Si:*  
**μ** = 0.25  
**E** = 5000 Ton/m<sup>2</sup>  
**Iw** = 112 cm/m  
**Df** = 2.0 m.

S =		"B" ANCHO DE ZAPATA							
Asentamiento	qad	0.6 m.	1.0 m.	1.2 m.	1.5 m.	1.8 m.	2.0 m.	2.5 m.	3.0 m.
Asentamiento	qad	1.05	1.07	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18
Asentamiento	Asentamiento	0.132 cm.	0.224 cm.	0.273 cm.	0.347 cm.	0.424 cm.	0.479 cm.	0.608 cm.	0.741 cm.

### CONCLUSIONES

Del Análisis Tanto de Zapatas Cuadradas y Rectangulares no se Esperan Asentamiento, ya que es Inferior a lo Permisible **2.50 cm.**



**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

## CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

**TESIS** DETERMINACION DE ESTRUCTURA PARA MITIGAR RIESGOS DE DESBORDE DEL RIO  
 PATIVILCA EN EL PUENTE BOLIVAR, BARRANCA - 2022

**TESISTAS** MELANIE DIANE CHAVEZ CASIMIRO  
 JANETH ELIZABETH GANTU LOARTE

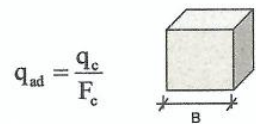
**UBICACIÓN** PUENTE BOLIVAR

**FECHA** MARZO DEL 2023

### Capacidad Admisible de Carga por Limitación de Esfuerzo Cortante para Zapata Cuadrada

Donde:

- q<sub>c</sub> = Capacidad ultima de carga
- q<sub>ad</sub> = Capacidad admisible de carga
- F<sub>c</sub> = Factor de seguridad
- γ = Peso específico Total
- B = Ancho de Zapata en m.
- D<sub>f</sub> = Profundidad de Cimentacion en m.
- C = Cohesion
- φ = Angulo de fricción Interna



$$q_c = 1.3c.N_c + \gamma.D_f.N_q + 0.4\gamma.B.N_\gamma$$

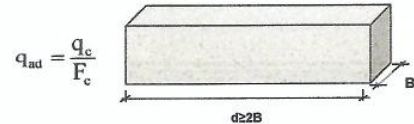
- Si:
- γ = 1.54 gr/cm<sup>3</sup>
  - φ = 34.00
  - N<sub>q</sub> = 11.7
  - N<sub>c</sub> = 23.7
  - N<sub>γ</sub> = 7.2
  - C = 0.00
  - F<sub>c</sub> = 3.00

q <sub>ad</sub> = Capacidad Admisible Kg/cm <sup>2</sup>	"B" ANCHO DE ZAPATA								
	0.8 m.	0.9 m.	1.0 m.	1.1 m.	1.2 m.	1.3 m.	1.4 m.	1.5 m.	
"D <sub>f</sub> " PROF. de Cimentacion.	1.0 m.	0.72	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82
	1.2 m.	0.84	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93	0.94
	1.5 m.	1.02	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.11	1.12
	1.8 m.	1.20	1.21	1.23	1.24	1.26	1.27	1.29	1.30
	2.0 m.	1.32	1.33	1.35	1.36	1.38	1.39	1.41	1.42
3.0 m.	1.92	1.93	1.95	1.96	1.98	1.99	2.00	2.02	

### Capacidad Admisible de Carga por Limitación de Esfuerzo Cortante para Zapata Rectangular (Cimientos Corridos)

Donde:

- q<sub>c</sub> = Capacidad ultima de carga
- q<sub>ad</sub> = Capacidad admisible de carga
- F<sub>c</sub> = Factor de seguridad
- γ = Peso específico Total
- B = Ancho de Zapata en m.
- D<sub>f</sub> = Profundidad de Cimentacion en m.
- C = Cohesion
- φ = Angulo de fricción Interna



$$q_c = c.N_c + \gamma.D_f.N_q + 0.5\gamma.B.N_\gamma$$

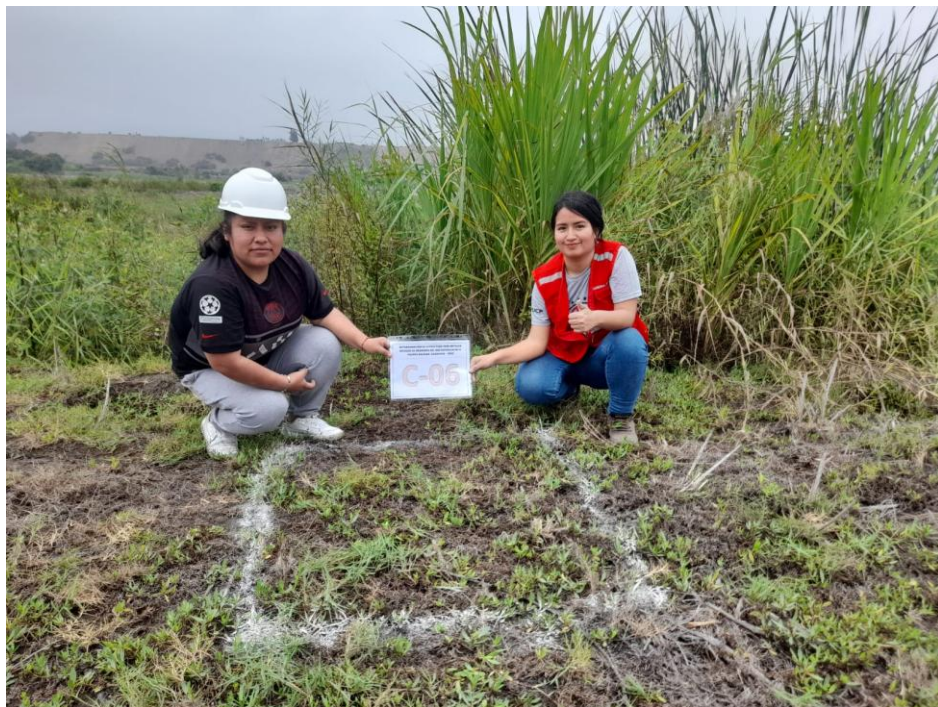
- Si:
- γ = 1.54 gr/cm<sup>3</sup>
  - φ = 34.00
  - N<sub>q</sub> = 11.7
  - N<sub>c</sub> = 23.7
  - N<sub>γ</sub> = 7.2
  - C = 0.00
  - F<sub>c</sub> = 3.00

q <sub>ad</sub> = Capacidad Admisible Kg/cm <sup>2</sup>	"B" ANCHO DE CIMIENTO								
	0.8 m.	0.9 m.	1.0 m.	1.1 m.	1.2 m.	1.3 m.	1.4 m.	1.5 m.	
"D <sub>f</sub> " PROF. de Cimentacion.	1.0 m.	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88
	1.2 m.	0.87	0.89	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
	1.5 m.	1.05	1.07	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18
	1.8 m.	1.23	1.25	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34	1.36
	2.0 m.	1.35	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48
3.0 m.	1.95	1.96	1.98	2.00	2.02	2.04	2.06	2.08	



*Nestor A. Zelaya Santos*  
**ING. Nestor A. Zelaya Santos**  
 CIP N° 68157 CONSULTOR C-7960  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHNA

**Panel fotográfico de calicatas y ensayo de laboratorio.**







Fecha de emisión : 2022/04/05  
Solicitante : GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
  
Dirección : JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE  
  
Instrumento de medición : CORTE DIRECTO CON CELDA DE CARGA  
Identificación : NO INDICA  
Marca Corte Directo : C & M  
Modelo : NO INDICA  
  
Serie : CD-01  
  
Marca Celda : ZEMIC  
  
Serie : 1908309  
Capacidad : 500 kg  
Marca Indicador : CONTRONIX  
Modelo : NO INDICA  
Serie : NO INDICA  
  
Procedencia : PERÚ  
Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS  
Fecha de calibración : 2022/04/09

**Método/Procedimiento de calibración**

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines". Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.



Firmado digitalmente  
por Diego Moreno  
Prado  
Fecha: 2022-03-30  
13:49:57

Gerente General

**"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"**

Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600

[ventas@cadentsac.com.pe](mailto:ventas@cadentsac.com.pe)

[cadentsacperu@hotmail.com](mailto:cadentsacperu@hotmail.com)

[operaciones@cadentsac.com.pe](mailto:operaciones@cadentsac.com.pe)

web: [www.cadentsac.com.pe](http://www.cadentsac.com.pe)



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LLA-145-2022**

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03  
**Solicitante** **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**  
**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE  
**Instrumento de medición** **TAMIZ N° 200**  
**Identificación** NO INDICA  
**Marca** C & M  
**Modelo** NO INDICA  
**Serie** 16  
**Diámetro** 8"  
**Estructura** ACERO  
**Procedencia** PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS  
**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
*Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica*  
**METROLOGÍA**



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LLA-144-2022**

Página 1 de 2

<b>Fecha de emisión</b>	2022/03/03
<b>Solicitante</b>	<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>
<b>Dirección</b>	JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE
<b>Instrumento de medición</b>	<b>TAMIZ N° 100</b>
Identificación	NO INDICA
Marca	C & M
Modelo	NO INDICA
Serie	15
Diámetro	8"
Estructura	ACERO
Procedencia	PERÚ
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO DE SUELOS
<b>Lugar de calibración</b>	PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO CHIMBOTE/SANTA/ANCASH
<b>Fecha de calibración</b>	2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este Instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**

**Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica**  
**METROLOGÍA**



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LLA-143-2022

Página 1 de 2

Fecha de emisión	2022/03/03
Solicitante	<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>
Dirección	JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE
Instrumento de medición	<b>TAMIZ N° 50</b>
Identificación	NO INDICA
Marca	C & M
Modelo	NO INDICA
Serie	14
Diámetro	8"
Estructura	ACERO
Procedencia	PERÚ
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS
Lugar de calibración	PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO CHIMBOTE/SANTA/ANCASH
Fecha de calibración	2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



<b>Fecha de emisión</b>	2022/03/03
<b>Solicitante</b>	<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>
<b>Dirección</b>	JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE
<b>Instrumento de medición</b>	<b>TAMIZ N° 40</b>
Identificación	NO INDICA
Marca	C & M
Modelo	NO INDICA
Serie	13
Diámetro	8"
Estructura	ACERO
Procedencia	PERÚ
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO DE SUELOS
<b>Lugar de calibración</b>	PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO CHIMBOTE/SANTA/ANCASH
<b>Fecha de calibración</b>	2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**  
*Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica*  
**METROLOGÍA**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LLA-141-2022

Página 1 de 2

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**Fecha de emisión** 2022/03/03

**Solicitante** GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE

**Instrumento de medición** TAMIZ N° 30

**Identificación** NO INDICA

**Marca** C & M

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 12

**Diámetro** 8"

**Estructura** ACERO

**Procedencia** PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS

**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LLA-140-2022**

Página 1 de 2

Fecha de emisión	2022/03/03
Solicitante	<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>
Dirección	JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE
Instrumento de medición	<b>TAMIZ N° 20</b>
Identificación	NO INDICA
Marca	C & M
Modelo	NO INDICA
Serie	11
Diámetro	8"
Estructura	ACERO
Procedencia	PERÚ
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS
Lugar de calibración	PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO CHIMBOTE/SANTA/ANCASH
Fecha de calibración	2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LLA-139-2022**

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03

**Solicitante** **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE

**Instrumento de medición** **TAMIZ N° 10**

**Identificación** NO INDICA

**Marca** C & M

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 10

**Diámetro** 8"

**Estructura** ACERO

**Procedencia** PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS

**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
**Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica**  
**METROLOGÍA**



**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LLA-138-2022

Página 1 de 2

<b>Fecha de emisión</b>	2022/03/03
<b>Solicitante</b>	<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>
<b>Dirección</b>	JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE
<b>Instrumento de medición</b>	<b>TAMIZ N° 8</b>
Identificación	NO INDICA
Marca	C & M
Modelo	NO INDICA
Serie	9
Diámetro	8"
Estructura	ACERO
Procedencia	PERÚ
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO DE SUELOS
<b>Lugar de calibración</b>	PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO CHIMBOTE/SANTA/ANCASH
<b>Fecha de calibración</b>	2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**  
*Ing. Rugo Luis Arévalo Carnica*  
**METROLOGÍA**



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LLA-137-2022**

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03

**Solicitante** **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE

**Instrumento de medición** **TAMIZ N° 4**

**Identificación** NO INDICA

**Marca** C & M

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 8

**Diámetro** 8"

**Estructura** ACERO

**Procedencia** PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS

**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**  
*Hugo Luis Arévalo Carnica*  
**Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica**  
**METROLOGÍA**



**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LLA-136-2022**

Página 1 de 2

<b>Fecha de emisión</b>	2022/03/03
<b>Solicitante</b>	<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>
<b>Dirección</b>	JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE
<b>Instrumento de medición</b>	<b>TAMIZ 1/4"</b>
Identificación	NO INDICA
Marca	C & M
Modelo	NO INDICA
Serie	7
Diámetro	8"
Estructura	ACERO
Procedencia	PERÚ
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO DE SUELOS
<b>Lugar de calibración</b>	PI.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO CHIMBOTE/SANTA/ANCASH
<b>Fecha de calibración</b>	2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arévalo Camica  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LLA-135-2022

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03

**Solicitante** GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE

**Instrumento de medición** TAMIZ 3/8"

**Identificación** NO INDICA

**Marca** C & M

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 6

**Diámetro** 8"

**Estructura** ACERO

**Procedencia** PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS

**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSI 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LLA-134-2022

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03

**Solicitante** **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE

**Instrumento de medición** **TAMIZ 1/2"**

**Identificación** NO INDICA

**Marca** C & M

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 5

**Diámetro** 8"

**Estructura** ACERO

**Procedencia** PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS

**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LLA-133-2022**

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03  
**Solicitante** GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE  
**Instrumento de medición** TAMIZ 3/4"  
**Identificación** NO INDICA  
**Marca** C & M  
**Modelo** NO INDICA  
**Serie** 4  
**Diámetro** 8"  
**Estructura** ACERO  
**Procedencia** PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS  
**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LLA-132-2022

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03  
**Solicitante** GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE  
**Instrumento de medición** TAMIZ 1"  
**Identificación** NO INDICA  
**Marca** C & M  
**Modelo** NO INDICA  
**Serie** 3  
**Diámetro** 8"  
**Estructura** ACERO  
**Procedencia** PERÚ  
**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS  
**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH  
**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LLA-131-2022**

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03

**Solicitante** GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE

**Instrumento de medición** TAMIZ 1 1/2"

Identificación NO INDICA

Marca C & M

Modelo NO INDICA

Serie 2

Diámetro 8"

Estructura ACERO

Procedencia PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS

**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**  
La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**  
  
**Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica**  
**METROLOGÍA**



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LLA-130-2022

Página 1 de 2

**Fecha de emisión** 2022/03/03

**Solicitante** **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE  
(CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA -  
NUEVO CHIMBOTE

**Instrumento de medición** **TAMIZ 2"**

**Identificación** NO INDICA

**Marca** C & M

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 1

**Diámetro** 8"

**Estructura** ACERO

**Procedencia** PERÚ

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS

**Lugar de calibración** PJ.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO  
CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
**METROLOGÍA**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LMA-044-2021

Página 1 de 3

**Arsou Group**

**Laboratorio de Metrología**

**Fecha de emisión** 2022/03/03

**Solicitante** GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**Dirección** JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE

**Instrumento de medición** **BALANZA**

Identificación BAL-03

Intervalo de indicación 2000 g

División de escala Resolución 0.01 g

División de verificación (e) 0.01 g

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante HENKEL

Modelo NO INDICA

N° de serie 2020065608

Procedencia CHINA

**Ubicación** LABORATORIO DE SUELOS

**Lugar de calibración** P.J.3 DE OCTUBRE PSJ 10 Nro /C1-LOTE 5 y 6 NUEVO CHIMBOTE/SANTA/ANCASH

**Fecha de calibración** 2022/03/03

**Método/Procedimiento de calibración**

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

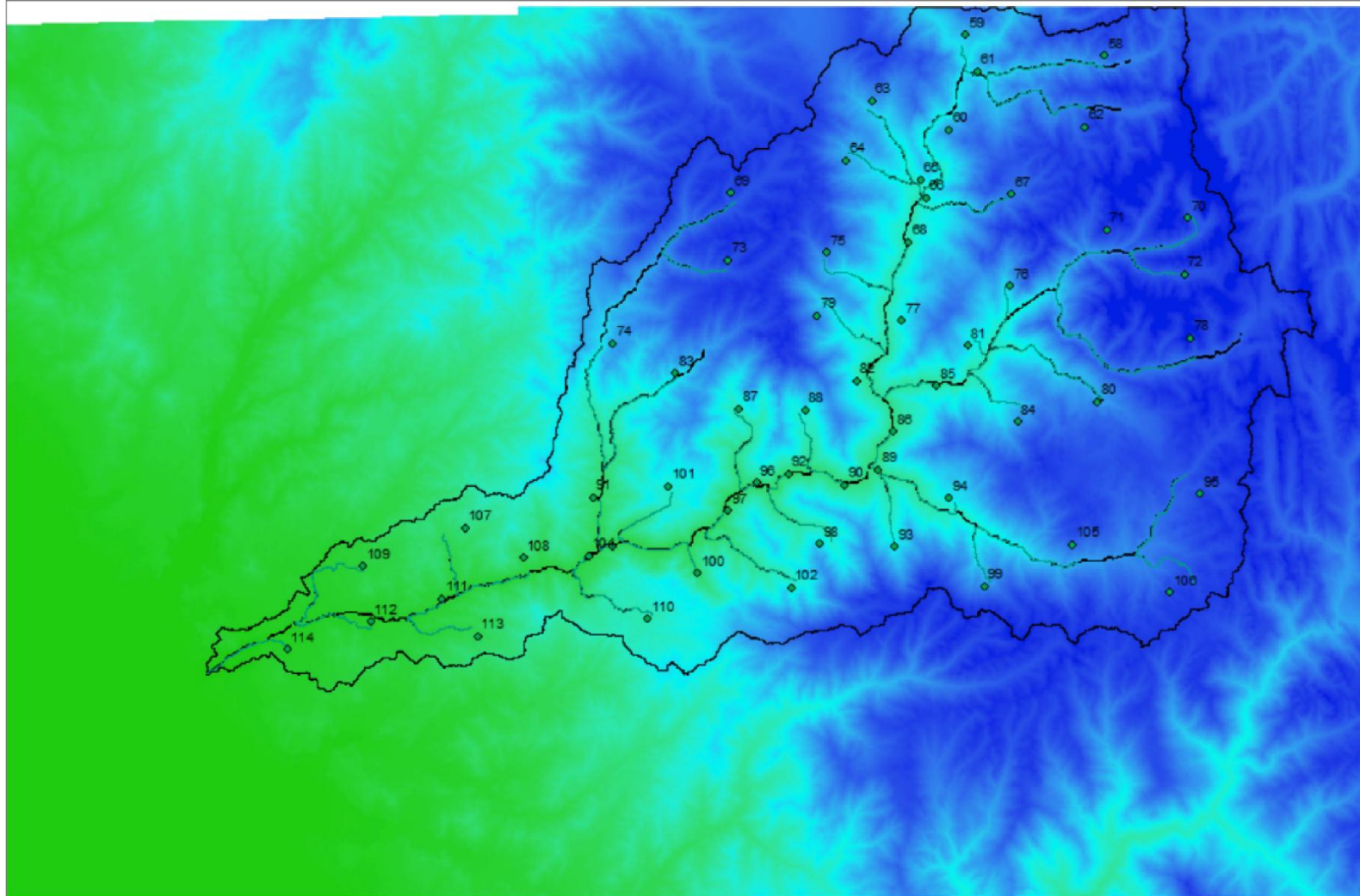
Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA

## **13.4 PLANOS**



PROYECTO

**RESULTADOS  
HIDROLOGICOS**

UBICACION

REGION : LIMA  
PROVINCIA : LA BARRANCA  
DISTRITO : PATIVALCA

UNIVERSIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
BARRANCA

FIRMA

TESISTAS:

BACH. CHÁVEZ CASIMIRO  
MELANIE DIANE  
BACH. GANTU LOARTE  
JANETH ELIZABETH

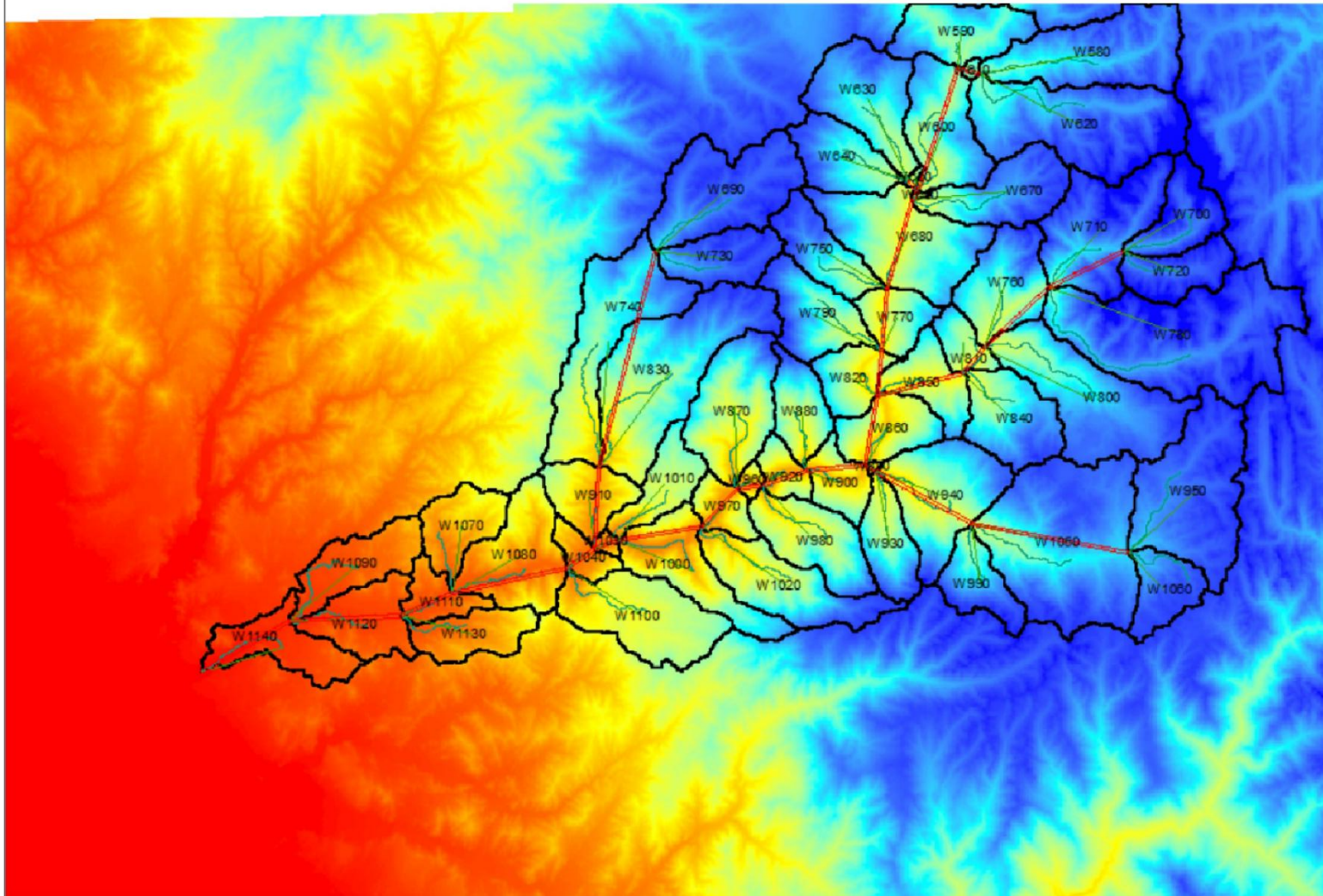
PLANO

**SUB CUENCAS**

**H1**

ESCALA: 1/75

LIMA - PERU  
OCTUBRE-2023



PROYECTO

**RESULTADOS  
HIDROLOGICOS**

UBICACIÓN

REGION : LIMA  
 PROVINCIA : BARRANCA  
 DISTRITO : PATIVELCA

UNIVERSIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
 BARRANCA

FIRMA

TESISTAS:

BACH. CHÁVEZ CASMIRO  
 MELANIE DIANE  
 BACH. GANTU LOARTE  
 JANETH ELIZABETH

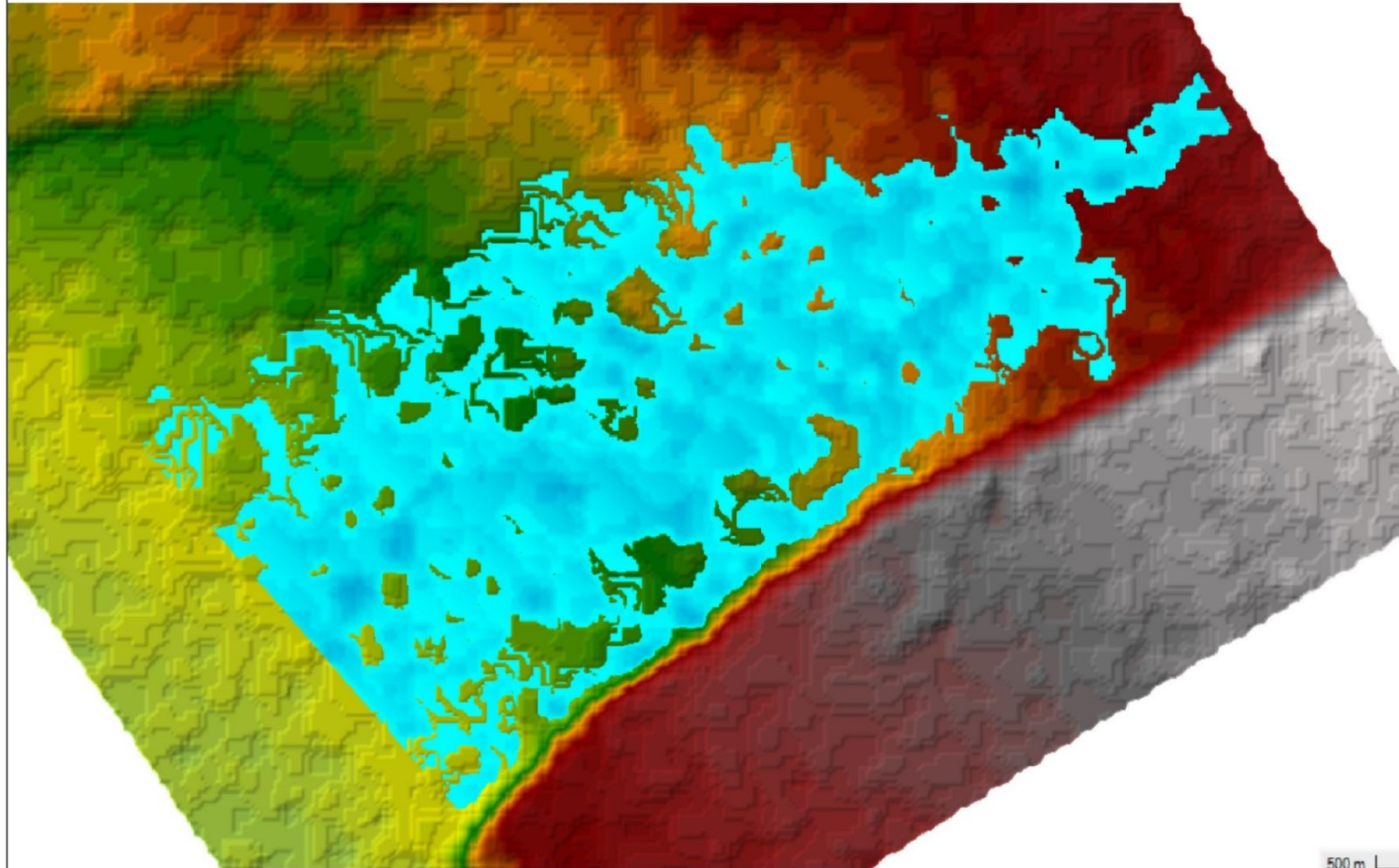
PLANO

**FLOW PATH**

**H2**

ESCALA: 1/75

LIMA - PERU  
 OCTUBRE 2023



PROYECTO

**RESULTADOS  
HIDROLOGICOS**

UBICACIÓN

REGION: LIMA  
 PROVINCIA: BARRANCA  
 DISTRITO: PATATELCA

UNIVERSIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
BARRANCA

FIRMA

TESISTAS:

BACH. CHÁVEZ CASMIRO  
 MELANIE DIANE  
 BACH. GANTU LOARTE  
 JANETH ELIZABETH

PLANO

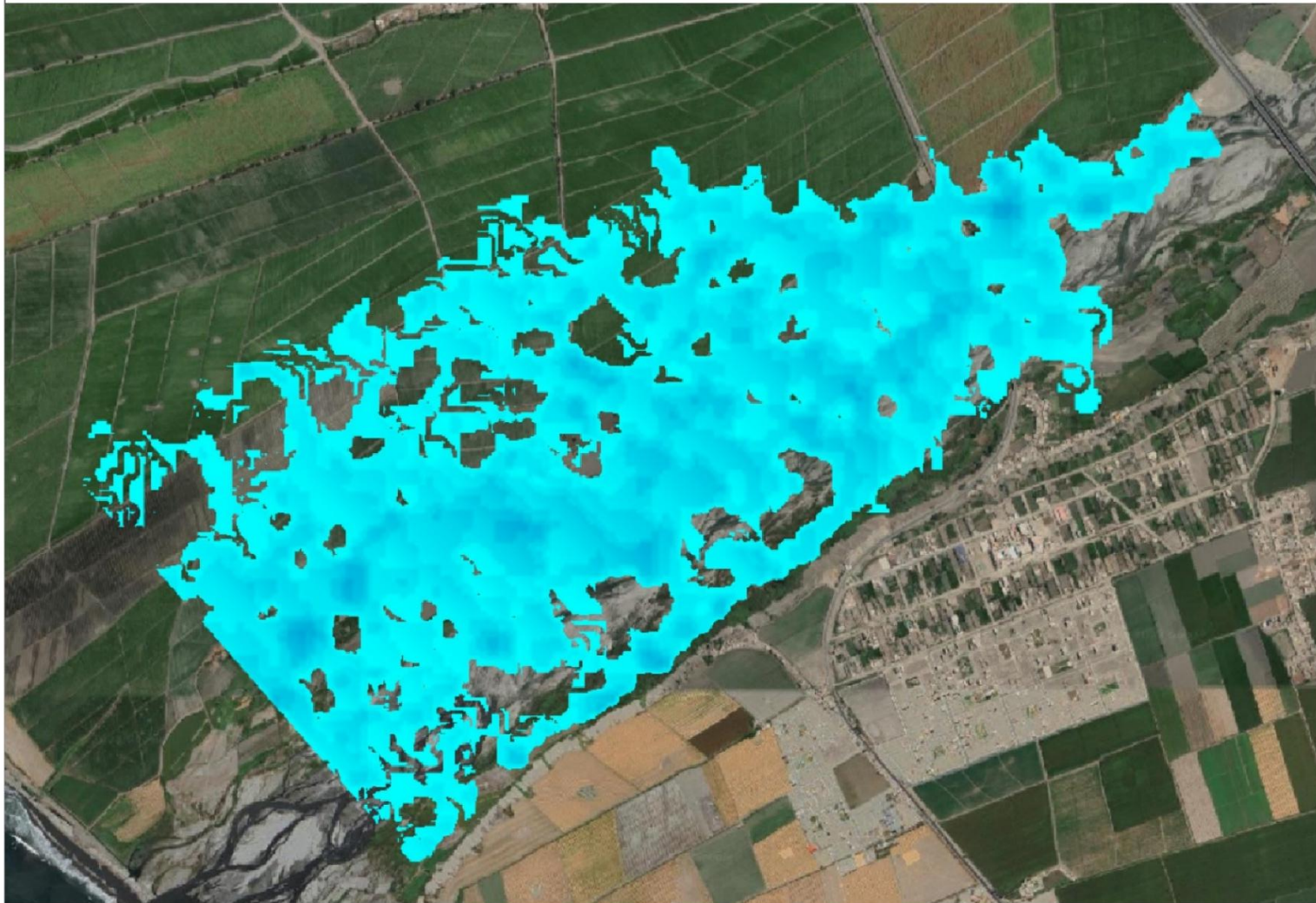
**MODELO 3D**

500 m



ESCALA: 1/75

LIMA - PERU  
OCTUBRE 2023



<b>PROYECTO</b>	
<b>RESULTADOS HIDROLOGICOS</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	
REGION: PROVINCIA: DISTRITO:	LIMA BARRANCA PATATELDA
<b>UNIVERSIDAD</b>	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA	
<b>FIRMA</b>	
<b>TESISTAS:</b>	
BACH. CHÁVEZ CASMIRO MELANIE DIANE BACH. GANTU LOARTE JANETH ELIZABETH	
<b>PLANO</b>	
<b>LLANURA</b>	
<b>H4</b>	ESCALA: 1/75
LIMA - PERU OCTUBRE 2023	



