

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“CREACIÓN DE LA DEFENSA RIBEREÑA ANTE  
INUNDACIONES EN PUENTE PAUCARTAMBO - VILLA  
RICA -OXAPAMPA – PASCO”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. PAUL DONNIE PEREZ MALDONADO**

**ASESOR:**

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**

**HUANCAYO – PERU**

**2023**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. Ruben Tapia Silguera  
PRESIDENTE

---

Mg. Lourdes Graciela Poma Bernaola  
JURADO

---

Mg. Jeannelle Sofía Herrera Montes  
JURADO

---

Mg. Jesus Iden Cardenas Capcha  
JURADO

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
SECRETARIO DOCENTE

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

A mis queridos padres, por acompañarme cada día y ser la fortaleza que necesito en los momentos difíciles, de mi formación profesional que fueron el motivo de salir adelante.

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0039 - FI -2023

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que el **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**; Titulado:

### CREACIÓN DE LA DEFENSA RIBEREÑA ANTE INUNDACIONES EN PUENTE PAUCARTAMBO - VILLA RICA -OXAPAMPA – PASCO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. PEREZ MALDONADO PAUL DONNIE

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : MG. UNTIVEROS PEÑALOZA LEONEL

Fue analizado con fecha 09/10/2023 con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **25 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio. Se declara, que el trabajo de investigación: *Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.*

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 09 de Octubre de 2023.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCANI  
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

# INDICE

## Tabla de contenido

TITULO .....	1
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS .....	2
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO .....	3
INDICE .....	5
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCION.....	9
CAPITULO I .....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.1. Descripción del problema.....	10
1.1.1. Planteamiento del problema.....	11
a) Problema general.....	11
b) Problemas específicos.....	12
1.2. Justificación.....	12
1.2.1. Justificación Social o Práctica.....	12
1.2.2. Justificación Metodológica.....	12
1.3. Objetivos.....	13
1.3.1. Objetivo General.....	13
1.3.2. Objetivos Específicos.....	13
1.4. Delimitación.....	13
1.4.1. Delimitación Espacial.....	13
1.4.2. Delimitación Temporal.....	15
CAPITULO II.....	16
MARCO TEORICO.....	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	16
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	17
2.2. Bases Teóricas.....	19
2.2.1. Caudal máximo.....	19
2.2.2. Simulación de caudales máximos.....	20
2.2.3. Morfometría de cuencas hidrográficas.....	20
2.2.4. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia.....	21
2.2.5. Tiempo de concentración.....	22
2.2.6. Peligro a inundación.....	22
2.2.7. Número curva.....	24
2.2.8. Defensa Ribereña.....	25
2.2.9. Tipos de estructura y funciones. ....	26
2.2.10. Dimensiones de las defensas ribereñas.....	27
2.2.11. Muros de ontención.....	32
2.2.12. Empuje activo.....	33

2.2.13.	Empuje pasivo.....	34
2.2.14.	Presiones sobre el suelo.....	35
2.2.15.	Estudio topográfico.....	36
2.2.16.	Estudio de mecánica de suelos.....	38
2.2.17.	Estudio hidrológico.....	39
2.3.	Bases Conceptuales.....	40
2.4.	Metodología .....	42
2.4.1.	Metodología de la investigación.....	42
2.4.2.	Tipo de investigación.....	42
2.4.3.	Nivel de investigación.....	42
2.4.4.	Diseño de investigación.....	42
2.4.5.	Técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	43
2.4.6.	Población y Muestra.....	43
a)	Población.....	43
b)	Muestra.....	43
CAPITULO III.....		44
DESARROLLO DEL INFORME.....		44
3.1.	RESULTADOS.....	44
3.1.1.	Ubicación.....	44
3.1.2.	Descripción de la situación actual.....	44
3.1.3.	Descripción de la propuesta.....	45
3.1.4.	Normatividad considerada: .....	47
3.1.5.	Datos Generales del proyecto: .....	47
3.1.6.	Aspectos iniciales.....	55
3.1.7.	Estudios básicos de ingeniería: .....	57
3.1.8.	Ingeniería del proyecto: .....	60
CAPITULO IV.....		166
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		166
4.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	166
	Diseñar una defensa ribereña que permita la reducción del peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco.....	166
	Realizar el modelo hidráulico en la cuenca para la defensa ribereña y la reducción del peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco.....	166
CAPITULO V.....		170
CONCLUSIONES.....		170
CAPITULO VI.....		172
RECOMENDACIONES.....		172
REFERENCIAS. BIBLIOGRAFICAS.....		173
ANEXOS .....		177

## **RESUMEN**

El objetivo del presente informe fue diseñar una defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo, proteger las áreas urbanas en el margen izquierdo del río Paucartambo, fomentar el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano sostenible, y fomentar una política integral de proyección e inversión urbana. Para alcanzar el objetivo, se llevó a cabo el diseño y dimensionamiento de los elementos estructurales del proyecto para abordar los problemas de erosión y deslizamiento del río Paucartambo frente a la localidad del Puente Paucartambo, los cuales tienen un impacto significativo en la zona urbana ribereña de la margen izquierda. Se determinó que se necesitaban obras provisionales, seguridad y salud, así como obras que garantizaran la estabilidad de los taludes de las riberas de los cauces y que los habitantes de la zona conocieran el peligro de manera oportuna. En la comunidad de Puente Paucartambo, ubicada en el distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, se construyó un muro de contención-contrafuerte de 650 metros lineales que constituyó la población. Se lograron exponer las características del proceso constructivo de la obra y dimensionar los componentes estructurales del proyecto necesarios para solucionar los problemas de erosión y deslizamiento del río Paucartambo gracias a la metodología e instrumentos utilizados. Para administrar el dinero y llevar a cabo la obra de manera inmediata, se busca disminuir el riesgo de inundaciones en Puente Paucartambo y mejorar la calidad de vida de los residentes.

**Palabras clave:** Estabilidad de taludes, Defensa Ribereña

## **ABSTRACT**

The objective of this report was to design a riparian defense to reduce the risk of flooding in the locality of Puente Paucartambo, protect the urban areas on the left bank of the Paucartambo River, promote land use planning and sustainable urban development, and promote a comprehensive urban planning and investment policy. To achieve the objective, the design and sizing of the structural elements of the project was carried out to address the erosion and landslide problems of the Paucartambo River in front of the Paucartambo Bridge locality, which have a significant impact on the urban riparian area on the left bank. It was determined that temporary works, safety and health, as well as works to guarantee the stability of the riverbank slopes and to make the inhabitants of the area aware of the danger in a timely manner were needed. In the community of Puente Paucartambo, located in the district of Villa Rica, province of Oxapampa, department of Pasco, a retaining wall counterfort of 650 linear meters was built, which constituted the population. The characteristics of the construction process of the work and the dimensioning of the structural components of the project necessary to solve the erosion and landslide problems of the Paucartambo river were exposed thanks to the methodology and instruments used. In order to manage the money and carry out the work immediately, the project seeks to d **Key words:** Slope stability, Riparian defense.

## **INTRODUCCION**

El contenido del informe “CREACIÓN DE LA DEFENSA RIBEREÑA ANTE INUNDACIONES EN PUENTE PAUCARTAMBO - VILLA RICA - OXAPAMPA – PASCO” trata todo lo relacionado al proceso constructivo de la defensa ribereña en la obra “CREACIÓN DE LOS SERVICIOS DE PROTECCION EN RIBERAS DE RIO VULNERABLES ANTE EL PELIGRO DE INUNDACIÓN EN LA LOCALIDAD DE PUENTE PAUCARTAMBO DEL DISTRITO DE VILLA RICA - PROVINCIA DE OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO”, y considera la siguiente información técnica del proyecto, que incluyen resumen ejecutivo, memoria descriptiva, planos, especificaciones técnicas, presupuestos, cronogramas, considerando las normas técnicas para este tipo de proyectos.

El desarrollo de este informe está elaborado de manera ordenada y de acuerdo a la estructura vigente de la Universidad, se ha repartido en cuatro (4) capítulos, los cuales son:

**Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.** Se detalla el problema y el objetivo, en lo general y específicos.

**Capítulo II: MARCO TEÓRICO.** En este capítulo se ha apreciado estudios primordiales, juicios de diseño y aspectos técnicos.

**Capítulo III: DESARROLLO DEL INFORME.** Este capítulo contiene la Descripción del Proyecto, Características de la obra, Ubicación, Particularidad de Ejecución, Plazo de Ejecución, Monto del Proyecto, Entrega de Obra y Varios

**Capítulo IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

**Capítulo V: CONCLUSIONES.**

**Capítulo VI: RECOMENDACIONES.**

Como parte final consideramos la bibliografía y los anexos

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción del problema

Según investigaciones realizadas por la fundación nueva Cultura del Agua (2010), Se dice que las inundaciones y las inundaciones son ventajosas porque no pueden restringir la circulación en la cuenca principal porque los ríos tienen la función de drenar el agua que ha caído a la cuenca. Entonces, cualquier pequeño cambio en la topografía del río previene las inundaciones; de lo contrario, las inundaciones ocurrirán cuando sea necesario hasta que el río regrese a su curso natural. De igual forma, es importante mencionar que las inundaciones de los ríos son una forma en que los ríos limpian su cauce periódicamente. Por lo tanto, es crucial no alterar el curso natural del río.

Según la BBC Mundo (2017), indica que, en las décadas últimas, el planeta se ha visto afectado por diversos cambios en el clima, que han provocado inundaciones provocadas por desbordamientos de ríos, generando pérdidas humanas y patrimoniales, y señala que: “Más de 1.200 personas han muerto en la India y Bangladesh y unos 41 millones de personas han sido afectadas por inundaciones”.

En Latinoamérica, por ejemplo, TeleSUR (2015), en los últimos días de diciembre de 2015, cerca de 83.000 personas fueron desplazadas por las lluvias que provocaron inundaciones y desbordamientos de ríos en los países de Uruguay, Argentina y Paraguay.

En el Perú, según el Comercio (2016), este fenómeno ha causado muchos daños en los últimos años. En Tumbes, Junín y Pasco, las precipitaciones han alcanzado niveles comparables a los niveles máximos experimentados durante el evento de El Niño de 1997-1998. El fenómeno de El Niño ha dejado a más de 500.000 personas sin

hogar y le ha costado al país más de 3.000 millones de dólares. El exceso de lluvias provoca deslizamientos de tierra e inundaciones de ríos.

En Villa Rica según Peru21 (2016) la crecida del río Entaz en el distrito de Villa Rica de la provincia de Oxapampa (provincia de Pasco) ha inundado más de 70 viviendas, dañando principalmente tierras de cultivo y huertas, recordó el centro regional de respuesta a emergencias. (COER).

Aproximadamente en épocas de invierno en el río Paucartambo, donde Paucartambo es una ciudad cercana a las orillas del río Paucartambo, por lo que el fenómeno es más común en la región y en las ciudades a sus orillas. Esto provoca importantes pérdidas económicas y crea una situación que pone en peligro la vida de la población. Sin duda, el cauce del río Paucartambo representa una grave amenaza, poniendo en peligro periódicamente la pérdida de tierras, la erosión y destrucción del suelo y, sobre todo, la infraestructura pública y productiva.

Durante la temporada de lluvias de diciembre a marzo, el río Paucartambo experimenta regularmente inundaciones, pero estas inundaciones no están reguladas y provocan escorrentías debido al escurrimiento masivo de agua y pérdidas importantes de terreno debido a fenómenos de erosión. Además de la pérdida de superficie forestal, es necesario protegerla. Es necesario tomar medidas de protección para evitar la erosión constante del suelo y ese es básicamente el problema de la zona.

En este sentido, el Informe Técnico consiste en elaborar la documentación técnica de las obras previstas mediante la construcción de un muro de contención de hormigón armado para proteger la delicada ribera del río del riesgo de inundaciones en la localidad de Puente

Paucartambo, en el distrito de Villa Rica., Oxapampa, han solucionado el problema., Pasco.

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

#### **a) Problema general**

¿Cómo sería el diseño de la defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco?

#### **b) Problemas específicos**

- ¿Cómo sería el modelo hidráulico en la cuenca de la defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco?
- ¿Cómo sería el diseño hidráulico de la defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco?
- ¿Cómo sería el diseño estructural de la defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco?

## **1.2. Justificación**

### **1.2.1. Justificación Practica**

Según Bernal (2010), Cuando los avances de la investigación proponen métodos para resolver problemas, tienen credibilidad práctica.

Por ello la justificación práctica, pretende proteger a la población vulnerable de la localidad de Paucartambo, a su vez brindar servicios de protección contra inundaciones (34 viviendas, 02 PTAR, 01 palacio municipal, 01 iglesia, 01 comedor popular, 01 estadio). Lo que permite salvaguardar la integridad y la vida de estos pobladores.

### **1.2.2. Justificación Metodológica**

Según Bernal (2010), Describa la justificación metodológica cuando el proyecto de investigación sugiere nuevas formas de producir conocimiento válido y confiable.

En ese sentido el trabajo denominado: “CREACIÓN DE LOS SERVICIOS DE PROTECCIÓN EN RIBERAS DE RIO VULNERABLE ANTE EL PELIGRO DE INUNDACIÓN EN LA LOCALIDAD DE PUENTE PAUCARTAMBO DEL DISTRITO DE VILLA RICA – PROVINCIA DE OXAPAMPA – DEPARTAMENTO DE PASCO”, servirá como una metodología para futuras investigaciones y propuestas similares en condiciones de mejoramiento de defensas ribereñas en los ríos de zonas de selva.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar la defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el modelo hidráulico en la cuenca de la defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco.
- Realizar el diseño hidráulico de la defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco.

- Realizar el diseño estructural de la defensa ribereña para reducir el peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco.

## 1.4. Delimitación

### 1.4.1. Delimitación Espacial

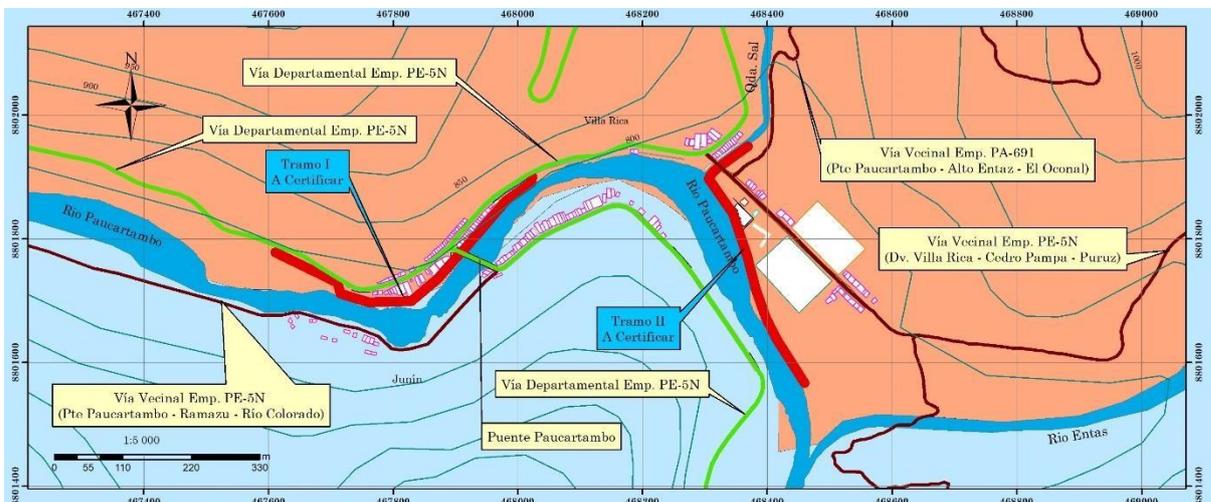
El proyecto se ha desarrollado en el CENTRO POBLADO PAUCARTAMBO, El acceso al lugar del proyecto es mediante la carretera asfaltada Cerro de pasco – Distrito de la Merced- Distrito Puente Paucartambo, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 01: Ubicación geográfica

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
DEPARTAMENTO	PASCO
PROVINCIA	OXAPAMPA
DISTRITO	VILLA RICA
LOCALIDAD	PUENTE PAUCARTAMBO
REGIÓN GEOGRÁFICA	SELVA

Fuente: Propia

Figura N° 01: Ubicación del proyecto



La ubicación del tramo a intervenir se menciona en el cuadro siguiente con coordenadas UTM de Inicio y Fin

Tabla N°02: Ubicación UTM del Proyecto lado Izquierdo.

ITEM	TRAMO I	
	Inicio	Fin
<b>Coordenada UTM – ZONA 22m</b>	E467717.6689 N8801723.126	E467.899.6341 N8801775.878
<b>Altura Z</b>	842.94	829.85
<b>Kilometraje</b>	Km. 0+000.00	Km 0+225.5

ITEM	TRAMO II	
	Inicio	Fin
<b>Coordenada UTM – ZONA 22m</b>	E467903.4924 N8801784.8334	E468015.6436 N8801897.0855
<b>Altura Z</b>	830.34	832.29
<b>Kilometraje</b>	Km. 0+000.00	Km 0+165.7

ITEM	TRAMO III	
	Inicio	Fin
<b>Coordenada UTM – ZONA 22m</b>	E468316.2711 N8801885.6988	E468426.0305 N8801652.684
<b>Altura Z</b>	826.90	824.48
<b>Kilometraje</b>	Km. 0+000.00	Km 0+258.8

**LÍMITES** El distrito de villa rica:

- Norte** : Distrito de Palcazú.
- Sur** : Distrito de San Luis de Shuaro y Perené (Chanchamayo).
- Este** : Distrito de Puerto Bermudez.
- Oeste** : Distrito de Oxapamapa.

### Ubicación Hidrográfica de la Cuenca.

De acuerdo a la clasificación de la ANA (Autoridad Nacional de Agua-ex INRENA) Hidrogeográficamente la cuenca se ubica en la cuenca del río Paucatambo, originalmente en el distrito de San Luis de Choaro, probablemente

el departamento menos desarrollado de Chamayo y la primera ciudad que apareció en la zona. redirigido a Oxapampa.

#### **1.4.2. Delimitación Temporal**

El periodo de análisis de la problemática que genera el informe técnico actual se basará en datos de 2021.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Sánchez y Barrera (2021) “Análisis del riesgo por inundación en el río Tunjuelito en la localidad de Bosa, Bogotá DC”

“El objetivo principal de este proyecto es identificar las zonas con mayor riesgo de inundación en el tramo del río Tunjuelito que corresponde a la localidad de Bosa, utilizando el software especializado ArcGIS 10.5; La generación de mapas es esencial para recopilar información detallada que sirva como base para la creación de herramientas de planificación que permitan tomar decisiones rápidas y precisas con respecto a la construcción de obras para mitigar los riesgos y amenazas, y que también permitan la rápida actualización de la información, considerando las condiciones cambiantes; Este proyecto utiliza el análisis de información geográfica y herramientas desarrolladas en el software ArcGIS 10.5 para identificar las amenazas, riesgos y vulnerabilidades de inundación en la localidad de Bosa, a fin de establecer herramientas para mitigar futuros riesgos y amenazas en esa zona”.

Atiencia (2022) “Diseño hidráulico de obras de protección del margen derecho del río Coca; barrio Con Hogar ciudad del Coca”.

“El estudio técnico tuvo como objetivo investigar las constantes inundaciones en el barrio Con Hogar de la ciudad de Puerto Francisco de Orellana causadas por el desbordamiento del Río Coca; Se llevó a cabo la recopilación de información existente de la cuenca del río y se realizaron trabajos de campo, como el reconocimiento del sitio y levantamiento topográfico. Se utilizó el software HEC-HMS y HEC-RAS para la modelación hidrológica e hidráulica del río Coca; La muestra utilizada consistió en el barrio Con Hogar de Puerto Francisco de Orellana, sus alrededores y la cuenca del río Coca. Los resultados incluyen diferentes alternativas de diseño para mitigar las inundaciones, el hidrograma de crecidas del río Coca, planos a detalle, especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios, cronograma de ejecución, fórmula polinómica, cuadrilla tipo y análisis financiero del proyecto”.

Gardiol y Valle Morresi (2023) “Medidas estructurales y no estructurales implementadas en el albardón costero de Santa Fe, Argentina; Período 1900-2020”

“El objetivo de la investigación fue analizar la intervención territorial realizada en un tramo del albardón costero durante el período comprendido entre 1900 y 2020, debido a las inundaciones periódicas que afectan a las poblaciones cercanas al río Paraná; La metodología utilizada implicó la recopilación de información para el análisis; Se observó que las medidas de gestión del territorio se llevaron a cabo después de las inundaciones, lo que sugiere que las acciones estuvieron encuadradas dentro de la gestión correctiva y reactiva; Se implementaron medidas estructurales y no estructurales para reducir las inundaciones, y se describen las medidas que se tomaron entre 1888 y 2020, incluyendo la construcción de defensas y la implementación de medidas de ordenamiento territorial y gestión del riesgo”.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Roldán y Chavez (2021) “Diseño de obras de protección para mitigar la vulnerabilidad por inundaciones del río Caynarachi en la ribera del puerto del Distrito de Barranquita, Provincia de Lamas”.

“El objetivo de la tesis fue elaborar el diseño de obras de protección para mitigar la vulnerabilidad por inundaciones del río Caynarachi en la ribera del Puerto del Distrito de Barranquita, Provincia de Lamas, con una investigación de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental; El método utilizado para la investigación fue la encuesta y la observación directa, con una población de 2367 habitantes del centro poblado Barranquita, capital del distrito de Barranquita en la provincia de Lamas, región San Martín; Los instrumentos utilizados fueron el cuestionario y la ficha de observación directa; La muestra utilizada fueron los pobladores del centro poblado Barranquita, capital del distrito de Barranquita en la provincia de Lamas, región San Martín, con una población de 2367 habitantes según el INEI (2017); La investigación concluyó que es viable la construcción de espigones con una longitud de 48.27 m. y dimensiones de 16.00 m x 4.00.m, para mitigar la vulnerabilidad por inundaciones del río Caynarachi en la ribera del Puerto del Distrito de Barranquita, Provincia de Lamas; También se identificó la existencia de factores asociados a la exposición, fragilidad y resiliencia que catalizan los riesgos por inundaciones, además de analizar la estructura de costos y presupuestos de las obras de protección; Se estimó una relación costo/beneficio sobre el total de la población del distrito de Barranquita de 1,440.00 soles por habitante”.

Lozano y Lozada (2021) “Instalación de un sistema de defensa ribereña ante la vulnerabilidad que genera las inundaciones en la margen derecha del río Yuracyacu localidad de Yuracyacu”

“El objetivo de la tesis fue proponer y diseñar una alternativa para el control de inundaciones en la zona urbana de la localidad de Yuracyacu. Para la investigación se realizó la recopilación y análisis de información a través de tablas, fórmulas y procedimientos para el diseño de las estructuras de protección; Además, se llevaron a cabo estudios topográficos, de mecánica de suelos, hidrológicos e hidráulicos utilizando métodos como el Numero de Curva N, Método de Creager, Método Directo y Método Racional para determinar caudales máximos, el tirante de máxima avenida, la rugosidad del cauce, pendiente media del cauce, velocidad del flujo y profundidad de socavación; Los instrumentos utilizados fueron fórmulas, tablas y procedimientos para el diseño de las estructuras de protección, así como estudios topográficos, de mecánica de suelos, hidrológicos e hidráulicos; La muestra utilizada fue la zona urbana de la localidad de Yuracyacu. Como resultado del diseño hidráulico y estructural, se propuso un dique de tierra de 3547.41m de longitud, afuera del cauce, adyacente y casi paralelo a la ribera en la margen derecha del río Yuracyacu para mitigar la vulnerabilidad ante la ocurrencia de inundaciones que afectan a la zona urbana de la localidad de Yuracyacu; Además, se llevaron a cabo los cálculos de estabilidad al volteo, al deslizamiento y al punzonamiento para garantizar la seguridad de la estructura de protección propuesta”.

Oyola y Medina (2019) “Estimación de caudales máximos con fines de prevención de inundaciones aplicando el modelo hidrológico HEC – RAS, caso río Zarumilla - 2018”.

“El objetivo de la investigación fue determinar las áreas con riesgo de inundación para diferentes periodos de retorno utilizando el modelo HEC – RAS y el software ArcGIS. Para lograr dicho objetivo, se llevó a cabo el levantamiento topográfico del río Zarumilla y se realizó la modelación digital del terreno. Posteriormente, se

estimaron los caudales máximos y se determinó el coeficiente de rugosidad del cauce del río; Finalmente, se realizó la simulación hidráulica del tramo de estudio. El modelo HEC – RAS y el software ArcGIS fueron los principales instrumentos utilizados en la investigación; La muestra estuvo compuesta por el río Zarumilla. Se obtuvieron los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, que se detallan a continuación: para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, los correspondientes caudales máximos fueron de 445.70 m<sup>3</sup>/s, 722.00 m<sup>3</sup>/s, 889.71 m<sup>3</sup>/s, 1089.76 m<sup>3</sup>/s, 1231.50 m<sup>3</sup>/s y 1368.59 m<sup>3</sup>/s, respectivamente; Además, se concluyó que las zonas más vulnerables ante las crecidas del río son las llanuras en ambas márgenes, correspondientes a las áreas de cultivo del centro poblado”.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Caudal máximo**

Chow (1994), Se menciona que corresponde a cualquier caudal elevado a lo largo del aliviadero del río, ya sea artificial o natural; el tamaño de la avenida más grande se describe por su caudal, altura y volumen; esto es útil para varios tipos de edificios de control de flujo o también conocidos como El diseño hidrológico de los sistemas de control de inundaciones es crucial para reducir el flujo máximo de inundaciones.

### **2.2.2. Simulación de caudales máximos**

Hasta la fecha, se ha desarrollado una gran cantidad de modelos deterministas de simulación hidrológica, tanto de simulación continua como de simulación de lluvia-escorrentía. Uno de ellos es el modelo hidrológico HMS

(Centro de ingeniería hidrológica) creado por el USACE (United States Army

Corps of Engineers), que permite la estimación de la precipitación-escurrentía

(inicial y constante, número de curva SCS) y la propagación del hidrograma

(Muskingun, método de pulso). (Bateman, 2007).

### 2.2.3. Morfometría de cuencas hidrográficas

Linsley et al. (2003) Se indica que las características físicas de una cuenca hidrológica afectan la respuesta hidrológica; La idea morfológica se integra en:

Factores físicos que afectan la forma de la cuenca:

- Área (km<sup>2</sup>)
- Perímetro (km)
- Longitud de cauce más largo (km)
- Ancho promedio:

$$\text{Ancho promedio} = \frac{\text{Área}}{\text{Longitud de cauce más largo}}$$

- Componente de forma de Horton (Kf):

$$Kf = \frac{\text{Área}}{\text{Perímetro}^2}$$

- Coeficiente de densidad (kc):

$$kc = \frac{P}{Pc} = \frac{P}{2\pi R}$$

El perímetro de la cuenca es P, el perímetro de la circunferencia es Pc y el radio de la circunferencia es R. También se tiene:

Tabla 3. Forma de la cuenca de acuerdo al coeficiente de compacidad.

Clase de forma	Coefficiente de compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 o más de 2	Oval - oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Lux (2012).

- Cota mínima.
- Cota máxima.
- Densidad de drenaje (Dd):

$$Dd = \frac{\text{Longitud del cauce}}{\text{Área}}$$

- Pendiente del cauce.
- Altitud media.

#### 2.2.4. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia

La curva IDF intenta relacionar la intensidad de la lluvia junto con la probabilidad o frecuencia de la lluvia; Esto es importante porque además de cuantificar las precipitaciones a partir de los registros, también es necesario predecir la profundidad que podría alcanzar la precipitación máxima. en el futuro (Bateman, 2007).

Fattorelli y Fernández (2011) Tenga en cuenta que una colocación de uso común es la colocación de valores extremos de Tipo I distinguida como Gumbel.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{n S}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

### **2.2.5. Tiempo de concentración**

Representa la cantidad de tiempo necesario para que todos los lugares de la cuenca transporten la esorrentía simultáneamente an una salida, drenaje o punto de cierre. El tiempo que tarda el agua en llegar a la salida de la cuenca desde el punto más alejado de la cuenca. Además, indica cuando el flujo de salida se vuelve constante. La ubicación hidrológica más remota es donde la esorrentía tarda más en llegar a la salida. (Ibáñez, Moreno y Gisbert, 2015).

Se han propuesto varios métodos para su cálculo. Sin embargo, se propone la fórmula propuesta por Kirpich para la aplicación del método S.C.S en la estimación del escurrimiento:

$$T = 0.02 L^{0.77} S^{-0.385}$$

En qué: T es el tiempo de concentración en minutos, L es la longitud máxima a la salida en metros y S es la pendiente del cauce en m/m.

### **2.2.6. Peligro a inundación**

Donde la posibilidad de que ocurra un evento extremo potencialmente dañino, caracterizado por su rigor durante una etapa de tiempo específico y su profundidad en un área específica. (Concha y Miranda, 2016).

Alcocer et al. (2016) Establecen los estándares de peligro basándose en el manejo de aguas pluviales, considerando lo siguiente:

Tabla 4. Manejo integral de aguas pluviales.

Manejo integral de aguas pluviales	
Identificación de la problemática de las inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hundimiento del terreno natural.</li> <li>- Presencia de basura en las calles.</li> <li>- Filtraciones de agua freática en los colectores.</li> <li>- Topografía del terreno.</li> <li>- Lluvias extraordinarias.</li> </ul>
Análisis hidrológico e hidrográfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación de lluvias que generan inundaciones.</li> <li>- Generación de curvas de precipitación - duración - periodo de retorno para el dimensionamiento de nuevas obras.</li> <li>- Configuración de las cuencas y microcuencas de la zona de estudio.</li> <li>- Identificación de los usos de suelo.</li> </ul>
Herramienta de cálculo para la generación del modelo de simulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo digital de elevaciones.</li> <li>- Sistema de Información Geográfica con los datos de colectores principales, lluvias, uso de suelo, etc.</li> <li>- Creación del modelo de simulación de microcuencas, colectores y drenes pluviales.</li> <li>- Construcción del modelo de simulación de escurrimiento en las calles para la generación de mapas de riesgo.</li> </ul>
Generación de los escenarios para la mitigación de los riesgos por inundación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de mapas de inundación para diferentes lluvias.</li> <li>- Evaluación de los costos generado por los efectos de la inundación.</li> <li>- Costos de implementar acciones estructurales y no estructurales para disminuir los riesgos de la inundación.</li> </ul>

Fuente: Alcocer et al. (2016).

De manera similar, un manual para evaluar el riesgo que representan las inundaciones de ríos (CENEPRED, 2014) supone que el nivel de amenaza se puede determinar indicando sí, es muy alto, alto, moderado o bajo. Además, se recopila información para identificar y cuantificar parámetros de evaluación y vulnerabilidades locales.

Para el caso, se debe utilizar un modelo hidráulico para medir la altura de la inundación y determinar el riesgo de inundación.

Tabla 5. Nivel de intensidad del peligro.

Nivel de intensidad	Profundidad x velocidad del flujo (m <sup>2</sup> /s)
Muy alta	$H*V > 1.5 \text{ m}$
Alta	$0.5 < H*V < 1.5 \text{ m}$
Medida	$0.25 < H*V < 0.5 \text{ m}$
Baja	$H*V > 0.25 \text{ m}$

Fuente: INDECI (2011).

## 2.2.7. Número de curva

Asimismo, conocido como método del número de curva (CN), este método se usa más comúnmente para convertir la lluvia total en lluvia disponible según el uso de la tierra. Se deben considerar las siguientes variables para determinar este: (Lavao y Corredor, 2014):

- Lluvia. Se expresa como la cuantía de precipitación en un período definitivo.
- La complejidad de la hidrología del suelo, considerando la relación entre suelo y cubierta vegetal.
- Requisito previo de la humedad. Las cifras de la curva se dan de 0 a 100, según la siguiente fórmula:

$$s = \frac{100}{CN} - 10$$

Donde: CN es el número de la curva, S es la diferencia de potencial máxima entre la lluvia y el flujo dentro de 1 hora de una lluvia y representa las pérdidas de escorrentía debido a la infiltración, intercepción y acumulación superficial.

Tabla 6. Cifras de la curva de escurrimiento para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (antecedentes de humedad I = 0.2S).

Descripción del uso de tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena <sup>1</sup>	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85 % impermeables)	89	92	94	95
Districtos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial <sup>2</sup> :				
Tamaño promedio del lote		Porcentaje promedio impermeable <sub>3</sub>		
1/8 acre o menos	65			
1/4 acre	38			
1/3 acre	30			
1/2 acre	25			
1 acre	20			
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. <sup>4</sup>	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados <sup>4</sup>	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

Fuente: Chow (1994).

1. Una buena cubierta está protegida del pastizaje y los desechos de retirar la cubierta del suelo.
2. Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y los accesos se dirige hacia la calle y que una pequeña cantidad de agua del techo se dirige al césped, donde puede haber infiltración adicional.
3. Para estos números de curva, se consideran pastizales en buena condición las áreas permeables (césped).
4. 95 es un número de curva que se puede usar en algunas naciones con climas más cálidos.

### **2.2.8. La Ribereña y su defensa**

La forma de cuidar las zonas cercanas a los ríos de posibles inundaciones, utilizando medios estructurales y no estructurales. Las iniciativas estructurales incluyen presas y embalses, además de cambios en los canales de los ríos, p. diversos trabajos de secado (ARQHYS, 2012, p.12).

Los límites de los ríos y arroyos, como los cauces y los diques, están sujetos a la erosión y sedimentación. Los materiales que pueden erosionarse, como el suelo existente o el suelo compactado, se utilizan con frecuencia para construir canales artificiales. Es esencial estabilizar los lechos de los ríos y los diques en ambos casos para evitar que las vías fluviales se muevan y dañen la infraestructura cercana. (Olivos, 2002).

El lecho y el terraplén de un canal o río deben protegerse en tres situaciones principales.

- En áreas cercanas en estructuras como puentes, esclusas y aliviaderos, la erosión del canal puede comprometer la seguridad e integridad de la estructura y aumentar la velocidad del flujo y la turbulencia.

-

En canales donde la erosión del material natural de los lechos de los ríos y terraplenes es inaceptable. Cuando ríos o canales atraviesan carreteras u otra infraestructura, por ejemplo.

- En viajes por mar, donde las corrientes y turbulencias provocadas por los barcos pueden dañar el fondo marino y los terraplenes. En las principales vías navegables interiores, donde anclan o navegan grandes barcos, estas situaciones son particularmente frecuentes.

### **2.2.9. Tipos de estructura y funciones.**

Se entiende por obras fluviales todas las obras de ingeniería incorporadas a un río que son necesarias para dirigir y restringir el caudal hacia el cauce y ajustar la forma del lecho para el movimiento eficaz y seguro del agua, incluidos el hielo y los sedimentos. del río. Obras en canales ayudan a estabilizar o restringir ríos (Soto, 2017).

Además, se puede utilizar para aliviar las inundaciones. El revestimiento o revestimiento es el método más común para estabilizar los canales de los ríos. Se trata de poner piedras cerca del río para evitar que el material natural que forma el terraplén se erosione. Los gaviones, que están hechos de alambre y llenos de piedras pequeñas, también se pueden usar para asegurar los terraplenes. Si la orilla del río es inestable y no hay suficiente espacio para construir un muro de contención, se puede construir un muro de contención. La mampostería es otro uso de la piedra, pero actualmente es poco común. En la orilla del río, es común construir un muro de contención utilizando cestas de gaviones llenas de pequeñas piedras.

La ventaja de los muros de contención de gaviones es que tienen un drenaje libre y pueden soportar el crecimiento de la vegetación. Los muros de contención también se pueden construir con grandes piedras de refuerzo que se colocan en el borde del canal para formar un muro bajo.

Las estructuras como pilares de puentes y aliviaderos requieren protección contra la erosión o control de la erosión para evitar que los cimientos de la estructura se erosionen.

#### **2.2.10. Dimensiones de las defensas ribereñas**

##### **a) Resistencia a la erosión**

Las altas velocidades del agua, la alta turbulencia y el alto esfuerzo cortante son los principales impulsores de los procesos de erosión. En la selección y diseño de estructuras fluviales, el tipo, la fuente y los materiales utilizados en los diques y los procesos que afectan la erosión superficial de los diques desprotegidos son factores importantes (Luján, 2017).

Las mareas pueden causar fluctuaciones significativas en los niveles de los ríos y cambios en la dirección del flujo en ríos y canales en algunas partes del mundo. Al diseñar el blindaje, la puntera y la protección contra la abrasión, se debe tener en cuenta los rangos de marea que pueden abarcar decenas de kilómetros (Escarameia, 1998):

- La parte superior del terraplén debe protegerse con el mismo nivel de cuidado que la parte inferior, donde las mareas influyen, debido a las fluctuaciones en los niveles del agua durante los ciclos de las mareas. Además, si no se instala una capa de filtro o geotextil adecuada, se puede acumular una presión hidrostática excesiva detrás del revestimiento del banco.
- Debido a que el flujo se invierte en el área de la estructura hidráulica, es esencial proteger la orilla y el lecho del río tanto en el lado submarino como en el lado aguas arriba. Esto incluye detalles de borde en ambas partes.
- En ríos aluviales submareales, la inestabilidad de las mareas y los canales puede afectar el diseño de la protección del lecho y del pie.
- Debido a que la sedimentación de la orilla superior promueve el establecimiento de especies, el hábitat natural de la zona intermareal es diferente de otras áreas fluviales. El diseño del revestimiento debe considerar esto.
- Los vertidos irregulares, como los de embalses o los vertidos intermitentes de las centrales eléctricas, pueden tener efectos significativos sobre las corrientes generadas y alterar significativamente la parte delantera y trasera del revestimiento del terraplén.

Esto ocurre especialmente cuando la permeabilidad del subsuelo es significativamente diferente a la del sustrato. En general, conviene catalogar las riberas de los ríos de la siguiente manera:

- Terraplenes pegajosos que contienen una gran cantidad de arcilla. Este título también puede referirse a algunas turbas.
- Bancos no cohesivos con poca o ninguna cohesión, es decir, bancos con una pequeña cantidad de arcilla combinada con arena o grava.
- Bancos que se componen de capas de tierra cohesiva sobre tierra no cohesiva.

También hay playas de lecho rocoso que no se erosionan en los plazos técnicos habituales. Los diques compuestos son comunes en los ríos que transportan material de lecho. El banco inferior está formado por sedimentos compatibles con el material del lecho, que representan depósitos de presas anteriores. Como resultado de los depósitos de sedimentos finos en la superficie de la orilla durante las inundaciones de depresión, la orilla superior tiene menos sedimento en el lecho del río. Cuando tienen capas sucesivas de materiales pegajosos y no pegajosos, los bancos compuestos generalmente se denominan bancos de capas. Al aumentar la rugosidad hidráulica local, la vegetación estabiliza el material y fomenta una mayor deposición (Luján, 2017).

## **b) Resistencia a la erosión y durabilidad**

Debido a las interacciones entre las grandes variaciones en el flujo y las características de cada tipo de cobertura, los factores físicos y las condiciones de campo que determinan el comportamiento erosivo de las superficies de los canales son extremadamente complejos (Monjo, 2007). En este estudio se utilizan las siguientes definiciones debido a esta complejidad y para permitir la comparación de parámetros simples y críticos. Según Prosser et al, (2001), La resistencia a la erosión y la durabilidad de las capas protectoras pueden medirse tanto a largo como a corto plazo bajo cargas hidráulicas y compararse utilizando las velocidades máximas permitidas. Como resultado, una tasa de resistencia más alta indica que el recubrimiento está en condiciones extremas. Desarrolló un mejor desempeño de las funciones.

De igual manera, el esfuerzo cortante producido por el flujo superficial del canal es un indicador directo y relevante de los procesos de erosión superficial del canal. Por lo tanto, la resistencia a la erosión se evalúa utilizando la velocidad máxima permitida y la resistencia al arrastre para comparar fácilmente las propiedades de este recubrimiento.

Índice de resistencia a la erosión (IRE) (Luján, 2017)

$$IRE = \frac{RER}{REP} * 100$$

### **c) Resistencia a la socavación**

Es la eliminación del material del lecho del canal debido a la erosión del agua. Las rocas erosionadas chocan y se desmoronan en fragmentos pequeños.

Estas rocas tienen bordes más lisos y redondeados. La erosión reduce el tamaño de las partículas de roca. No dañará las camas ni los bancos. Los grupos de sedimentos se vuelven más pequeños y más redondeados aguas abajo (Luján, 2017). El dióxido de carbono se disuelve en el río para crear ácido débil. Las rocas se descomponen por medio de procesos químicos. Cuando hay rocas carbonatadas como piedra caliza y tiza en los cursos de agua, este proceso ocurre con frecuencia.

Índice de socavación (Luján, 2017)

$$IS = \frac{SR}{SP} * 100$$

### **d) Estabilidad estructural y presión del suelo**

Uno de los primeros problemas de la mecánica del suelo fue calcular las fuerzas que ejerce el suelo sobre las estructuras. Las teorías de Coulomb (1776) y Rankine (1857) son las más populares para estimar la presión de la tierra. Sin embargo, estas teorías no proporcionan información previa a la falla y las presiones del suelo derivadas de ellas no distinguen entre los modos de movimiento de las paredes. No se debe ignorar la relevancia práctica de esta información sesgada. Los diseñadores estructurales deben conocer tanto la magnitud de las fuerzas que actúan sobre la estructura como su origen. Además,

el diseñador debe determinar cuánta fuerza lateral generará la fuerza y hacia dónde se dirigirá.

Además, debemos determinar si el poder es temporal o permanente. Las fuerzas permanentes son fuerzas que permanecen constantes o cambian gradualmente con el tiempo, mientras que las fuerzas temporales son fuerzas que cambian de vez en cuando a medida que cambia la pendiente de la superficie.

Como es bien sabido, estos datos pueden ser muy útiles para ayudar en el diseño de sistemas de cimentaciones estructurales. La presión del suelo es el resultado del equilibrio entre las fuerzas de carga (presión del suelo) y de restricción. Como resultado, la presión del suelo se puede utilizar para medir tensiones y cargas. Se puede estimar la "carga" de la estructura conociendo la resistencia a la compresión y la capacidad de carga del suelo. Esto se puede lograr integrando el voltaje en un lugar específico de la base. La carga se puede dividir por la resistencia a la compresión del suelo si se conoce. Las cargas expresables son:

- Cargas a causa del agua,
- Cargas a causa de las cargas vivas, • Cargas a causa de las cargas muertas y • Cargas excesivas.

Solucionando el problema de la estabilidad estructural se han establecido códigos de edificación que pueden incrementar los indicadores para promover la protección y seguridad de paisajes, estructuras, etc.

### **2.2.11. Muros de contención**

El principal inconveniente de la estructura es la falta de estabilidad para permanecer exactamente en su lugar. Esto puede ocurrir por diversas razones, incluida la inestabilidad del terreno y los factores que causan este tipo de degradación del terreno, así como la aplicación de grandes cantidades de fuerza vertical. Esto puede requerir una estructura adicional para mantener la estabilidad. Se les puede llamar muros de contención siempre que soporten fuerzas o soporten físicamente factores que provocan inestabilidad.

Sin embargo, en algunos casos estas paredes pueden sufrir daños. Por ejemplo, el vuelco del borde frontal de la base de la pared al piso, una presión excesiva sobre el piso (área de contacto) que ocurre principalmente en la parte frontal de la pared o imperfecciones generales en el suelo indican si la pendiente es significativa. Por verificar. Se pueden identificar los indicadores entre otros elementos necesarios para determinar la viabilidad de la presencia de muros de contención.

### **2.2.12. Empuje activo**

El empuje efectivo se determina a partir del equilibrio de fuerzas y su punto de acción se determina a partir del equilibrio de momentos. El empuje activo en el ángulo  $\delta$  es la fuerza sobre la espalda normal.

Es importante destacar que, en todas las situaciones, la contribución del empuje activo supera la contribución del empuje pasivo. Por lo tanto, se debe tener en cuenta el corte activo tanto antes como después

del muro de contención al diseñarlo. Puede calcular la altura de la pared y el espesor del piso utilizando la masa, el piso y otros datos. Sin embargo, la presión efectiva se puede calcular utilizando la masa y la altura de la estructura del muro si el muro de contención o el muro en voladizo está diseñado de manera que la presión efectiva sea mayor o igual a la presión estática.

- $p_a$  = presión debida al empuje activo
- $k_a$  = coeficiente de empuje activo
- $\gamma$  = peso específico del material
- $y$  = profundidad a partir del extremo superior
- $\phi$  = ángulo de fricción interna
- $\theta$  = ángulo sobre la horizontal del talud del material
- $P_{ay} = k_a \gamma y$
- $E_{ay}$  = empuje activo hasta una profundidad "y"

Se puede determinar que el empuje activo es:

$$E_{ay} = \frac{1}{2} P_{ay} y = \frac{1}{2} k_a \gamma y^2$$

Donde:

$$k_a = \cos \theta \frac{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}$$

Si:  $\theta = 0$  (talud horizontal)  $K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$ . Si existe una sobrecarga uniforme repartida,  $s/c P S/C = k_a \cdot s/c$ .

### 2.2.13. Empuje pasivo

Cuando la estructura de contención empuja contra el suelo (en sentido opuesto a la dirección del activo), se produce el empuje pasivo. Utilice este refuerzo para estructuras antideslizantes presionadas contra el suelo, por ejemplo. Aunque es un modelo relativamente nuevo, el refuerzo pasivo es esencial para los problemas actuales.

Un objeto conectado a tierra se convierte en la fuente del empuje cuando se utiliza el empuje pasivo. El margen de seguridad de la estructura es suficiente para soportar el empuje del sistema pasivo. El cálculo del empuje pasivo generalmente se puede realizar utilizando la siguiente fórmula:

$$P_p = k_p \gamma y$$

$$E_{py} = \frac{1}{2} k_p \gamma y^2$$

$$k_p = \cos \theta \frac{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}$$

Donde si  $\theta = 0$ :  $k_p = \text{tg}^2(45^\circ + \phi)$

### 2.2.14. Presiones sobre el suelo

Es preferible que la presión del suelo resultante se concentre en el centro de la superficie de apoyo para evitar que el muro se incline debido al hundimiento diferencial de los cimientos. Se puede permitir que la cimentación sobresalga del núcleo central si se coloca sobre un

terreno o roca muy dura, pero se recomienda que la excentricidad no exceda el doble de la dimensión paralela de la cimentación. En general, colocar la superficie en el centro de la cimentación es muy conveniente. A medida que el peso del muro se traslada a la sección más liviana, esta excentricidad debe introducirse para garantizar que se produzcan mecanismos de falla significativos de los cimientos. En la mayoría de los casos, el espesor mínimo de la pared es alrededor de cinco veces la excentricidad. Para soportar fuerzas y desplazamientos verticales, los muros de contención generalmente requieren barras de corte de concreto o núcleos transversales. Los componentes de soporte deben ser completamente desmontables. Sin embargo, se debe indicar en los planos y planos la capacidad portante del piso y el coeficiente portante del piso en función del espesor de las paredes y el espesor de los paneles, correspondiente a:

$$\frac{H_r}{H_a} \geq 1.5$$

Donde  $c$  = cohesión entre el terreno de cimentación y la losa inferior (T/m), pero si se obtiene el coeficiente de fricción simplificado  $\text{tg } \delta$ , se usa  $c = 0$ :

- $B$  = ancho de la losa de fondo del muro de contención
- $H_r$  = fuerza resistente a deslizamiento
- $H_r = (W + PH) \text{tg } \delta + cB$
- $H_a$  = fuerza de deslizamiento =  $PH$

### 2.2.15. Estudio topográfico

**Un conjunto de actividades de campo y gabinete.** Su propósito es proporcionar información de área y/o altura para su representación en un plano y a una escala específica. Los levantamientos topográficos se dividen en levantamientos preliminares y levantamientos finales según su precisión.

(Comisión Nacional del Agua, 2012).

**Levantamiento topográfico preliminar:** Una encuesta con una precisión de 1:100 puede servir como plan de encuesta para preparar proyectos preliminares en áreas urbanas y proyectos en áreas rurales. El equipo utilizado en este tipo de levantamiento es un teodolito o estación total, una brújula, un nivel manual y un nivel de burbuja fijo (Comisión Nacional del Agua, 2012).

**Levantamiento topográfico definitivo:** Medido con una precisión de al menos una escala de 1:5.000. Los equipos utilizados para este tipo de levantamiento topográfico incluyen electroerosionadores, estaciones totales y niveles electrónicos (Comisión Nacional del Agua, 2012).

**Replanteo:** Proceso inverso de recopilación de datos. Consiste en recoger en obra los detalles indicados en el plano. Por ejemplo, en qué parte del plano se colocarán los pilares de cimentación. El terreno es importante para realizar el trabajo ya que los escenarios coinciden con la ruta (Comisión Nacional del Agua, 2012).

En la figura, se puede observar las principales actividades de la topografía y divisiones para su estudio.

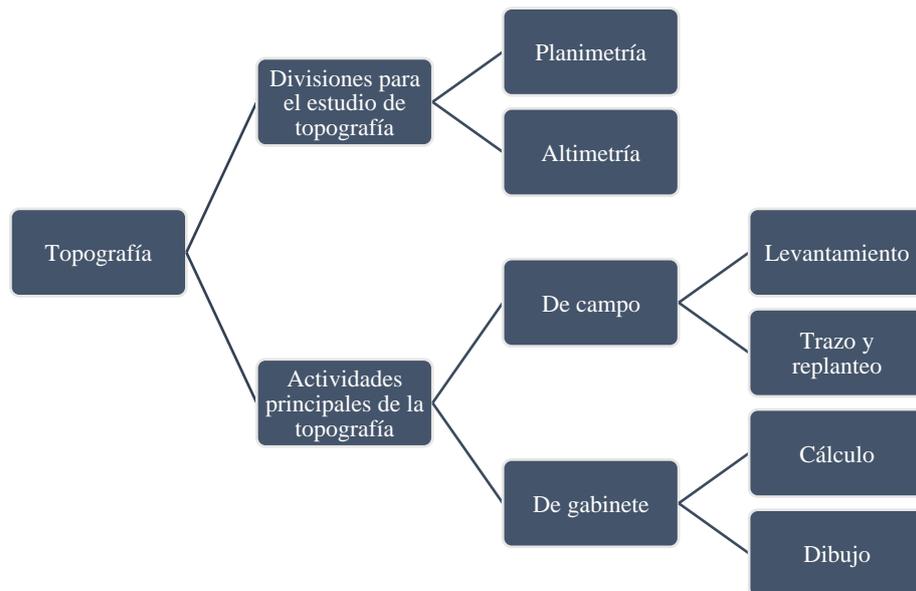


Figura 2. Actividades y divisiones de la topografía Fuente: (ALCÁNTARA, 2001)

De acuerdo al trazado geométrico del Manual Vial del Departamento de Transporte, el levantamiento topográfico debe incluir información de todo el trabajo topográfico realizado de acuerdo a los requerimientos del cliente, incluyendo información cartográfica georreferenciada. Escala requerida considerando el área de estudio, longitud de la travesía, tamaño del error de cierre, puntos de control vinculados a una red geodésica GPS nacional de sistemas WGS 84 con sus correspondientes coordenadas UTM y geográficas.

También debe contener la siguiente información. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- Definir las franjas a construir, considerando la longitud del proyecto y siendo lo suficientemente anchas para cambiar el contorno.
- Establecer la grilla de puntos dentro de los 10m o según lo especificado por el cliente.
- Colocar BM (benchmarks) cada 500 metros o en intervalos

especificados por el cliente, tomando como referencia las alturas de los hitos de control vertical del IGN o con la aprobación del cliente.

- Detalles de áreas y alturas, mapas topográficos, levantamientos complementarios, etc., según requerimientos del cliente.

#### **2.2.16. Estudio de mecánica de suelos**

De acuerdo con la Norma OS. 060 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006), Se deben realizar estudios de suelo apropiados para determinar la naturaleza de la topografía a lo largo del eje del canal de drenaje. Para hacer esto, es necesario cavar hoyos al menos cada 100 metros y como máximo cada 500 metros. Un análisis de suelo debe incluir la siguiente información:

- Información preliminar: Historia del suelo de su calidad.
- Trabajo in situ: Descripción del experimento realizado en el área de investigación.
- Pruebas de laboratorio.
- Perfil del suelo: una descripción detallada y compatible con la norma E.050 de suelos y cimientos, incluidos los distintos estratos que componen el terreno analizado.
- Profundidad del nivel freático.
- Análisis físico-químicos de suelos.

De igual forma se deberá realizar un levantamiento de suelo a nivel subterráneo para colocar el paquete estructural para pavimento duro.

#### **2.2.17. Estudio hidrológico**

El objetivo de este estudio es examinar los datos hidrológicos y meteorológicos disponibles en el área de estudio. Al hacerlo, se presentan los criterios de diseño y las limitaciones de aplicación de los

métodos considerados para que los expertos puedan elegir las mejores opciones para cada caso específico. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

La información hidrológica y meteorológica utilizada en el estudio debe ser proporcionada por el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional (SENAMHI), ente rector de las actividades hidrometeorológicas del país. Cuando la información del SENAMHI no esté disponible, después de confirmar la calidad de la información, la información se obtendrá de la autoridad local de gestión de recursos hídricos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018). A continuación, se describe las fases del estudio hidrológico:

- Demarcación del Área Afectada por el Proyecto: El objetivo es definir con precisión el curso de la cuenca y sus características físicas.
- Estudios hidráulicos de canales para obtener secciones y ubicaciones de presencia de elementos específicos. También es posible el estrechamiento del canal donde se realizan los trabajos de campo.
- Uso de información y programas en la oficina.
- En resumen, las secciones de investigación hidrológica son:
  - Investigación climática
  - Levantamiento topográfico del área de estudio o proyecto.
  - Determinación del caudal de agua

- Creación de modelos hidrológicos por medios electrónicos.
  - Perfeccionamiento del análisis cartográfico de secciones transversales como cuencas.
  - Puede incluir tratamiento y seguimiento a ahogamientos.
- Método de precipitación, precipitación y hietograma especificado. (CERTICALIA, s.f.).

### 2.3. Bases Conceptuales

**Resistencia a la erosión:** La resistencia a la erosión y la durabilidad de los revestimientos protectores bajo cargas hidráulicas a corto y largo plazo se pueden cuantificar y comparar utilizando la velocidad máxima permitida.

**Cultivo:** Las rocas erosionadas chocan y se rompen en pequeños pedazos. Los bordes de estas rocas se vuelven más lisos y redondeados.

**Encauzamiento de río:** Invadir canales en un tramo de río para evitar inundaciones y proteger las riberas, garantizando así un canal estable y la seguridad de las personas a lo largo del río. (Jogosa Obras y Servicios, s.f.).

**Modelo de Flujo:** Generalmente se producen dos tipos de flujo en respuesta a inundaciones y trayectorias de flujo, lo que provoca desplazamientos y cambios en los lechos de los ríos y terraplenes. Este puede ser el caso, dependiendo de la concentración del flujo en un punto particular:

**Flujo Central:** Este flujo tiene diferentes dimensiones dependiendo del tipo de sedimento y del tipo de flujo y es turbulento. Un flujo de este tipo puede ser identificado como un flujo que provoca erosión en un lugar y sedimentación en el otro.

**Flujo lateral:** Este tipo de flujo es menos erosivo y crea sedimentos. **Cuenca hidrográfica:** Hace parte de un área donde el drenaje se puede aislar drenando hacia el mismo lugar. Las cuencas son de dos tipos. La cuenca interior desemboca en el lago central, mientras que la cuenca exterior drena de la unidad hidrológica (Bateman, 2007).

**Evapotranspiración:** Es la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación (Chow, 1994).

**Hidrograma:** Es una gráfica que muestra el nivel o caudal del agua a lo largo del tiempo; dependiendo del propósito, puede ser el caudal promedio anual, el promedio mensual o el caudal total (Linsley et al., 2003).

**Hietograma:** Esta es una representación gráfica del aumento de las precipitaciones, generalmente mostrada como un gráfico de barras (Bateman, 2007).

**Infiltración:** Se define como el movimiento del agua a través y dentro de la superficie del suelo causado por la acción de la gravedad y las fuerzas capilares (Aparicio, 2002).

**Tiempo de concentración:** Este es el parámetro utilizado para calcular la relación entre precipitación y escorrentía. El tiempo que tarda una partícula de agua en viajar desde el punto más lejano hasta el punto de salida (Fattorelli y Fernández, 2011).

## **2.4. Metodología**

### **2.4.1. Metodología de la investigación**

El método de investigación fue científico ya que se desarrollo siguiendo los procedimientos para la presentación de resultados de los fenómenos observados en la realidad de estudio.

### **2.4.2. Tipo de investigación**

El propósito es una investigación de tipo "aplicada" porque busca aplicar los conocimientos teóricos, cuyo objetivo es hacer, actuar, construir y modificar. (Sampieri, 2014). Así se busca resolver temas prácticos con el propósito de cambio y la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos en ejecución de proyectos que garanticen la seguridad de la población con una adecuada defensa ribereña.

### **2.4.3. Nivel de investigación**

La investigación que se lleva a cabo se encuentra en el nivel "descriptivo", ya que recopila información sobre el estado actual de un fenómeno con el fin de proporcionar el conocimiento de una realidad tal como se presenta. (Sánchez, Reyes, & Mejía, 2018).

### **2.4.4. Diseño de investigación**

Es la táctica utilizada por el investigador para resolver el problema de investigación. Este proceso conectará las etapas conceptuales, el planteamiento del problema y la perspectiva teórica, mostrando la forma más práctica de responder al

planteamiento del problema y alcanzar los objetivos. El siguiente estudio es "no experimental". En otras palabras, se observa el fenómeno en su contexto natural antes de analizarlo. (Sampieri, 2014). El tipo de diseño de investigación es transeccional y transversal porque la información se recopilará en un solo momento y no se manipulará la variable independiente.

#### **2.4.5. Técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Se utilizaron normativas vigentes, estudios de preinversión, datos hidrológicos y una amplia gama de bibliografía adecuada para la recolección de datos, todo lo cual se detalla en el marco teórico y las referencias bibliográficas.

Para la elaboración del informe técnico se utilizan: equipos topográficos (GPS, estación total, nivel, entre otros), estudios de mecánica del suelo, y herramientas y materiales propios de trabajos de campo y gabinete.

#### **2.4.6. Población y Muestra**

##### **a) Población**

La investigación se centra en 650 metros del río Paucartambo, que están sujetos a erosión e inundaciones en la zona de Puente Paucartambo.

##### **b) Muestra**

En esta ocasión, la muestra de investigación no probabilística se limita a 650 metros del río Paucartambo, el cual ha sido identificado por causar erosión e inundaciones en la zona de Puente Paucartambo.

## **CAPITULO III**

### **DESARROLLO DEL INFORME**

#### **3.1. RESULTADOS**

##### **3.1.1. Ubicación**

Los terrenos donde se ejecuta el Proyecto: “Creación de los servicios de protección en riberas de río vulnerables ante el peligro de inundación en la localidad de puente Paucartambo del Distrito de Villa Rica - Provincia de Oxapampa - Departamento de Pasco” se encuentra ubicado en la Provincia de Oxapampa, Distrito de Villa rica.

##### **3.1.2. Descripción de la situación actual**

Según la necesidad de los pobladores de Villa Rica, de los Sectores de Puente Paucartambo, San francisco, Molinos que año tras año ante las crecidas del río la población mantiene latente el temor de las crecidas del río puedan inundar sus terrenos; las avenidas extraordinarias son el riesgo más crucial el dicho valle ya que los puntos más vulnerables identificados son los que arremeten con fuerza la naturaleza. Como resultado de las reseñas históricas y estadísticas de crecidas de los ríos se ha desarrollado una serie de proyectos orientados a mitigar tal situación, por ello el Gobierno Regional de Pasco de en coordinación con la Municipalidad distrital de Villa Rica, ante ese sentir de la población necesitada con riesgo de pérdida de cosechas, animales, erosión de suelos, etc., que por dichas temporadas se suscitan; ha visto por conveniente formular, insertar y viabilizar en el Banco de Proyectos del Ministerio de

Economía y Finanzas el Proyecto “Creación de los servicios de protección en riberas de río vulnerables ante el peligro de inundación en la localidad de puente Paucartambo del Distrito de Villa Rica - Provincia de Oxapampa -

Departamento de Pasco”

En el proyecto de inversión pública se ha identificado la erosión e inundaciones de áreas de la localidad de Puente Paucartambo provocadas por el desborde y alto caudal del río Paucartambo.

### **3.1.3. Descripción de la propuesta**

El área destinada para la “Creación de los servicios de protección en riberas de río vulnerables ante el peligro de inundación en la localidad de puente Paucartambo del Distrito de Villa Rica - Provincia de Oxapampa - Departamento de Pasco”, está conformada por 650 metros del río donde se ha identificado el problema crítico.

Para proteger las riberas de río vulnerables ante el peligro de inundación, se están proyectando muros de contención de concreto armado en la localidad de Puente Paucartambo, distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco.

La protección de la población tiene como objetivo salvaguardar la margen izquierda de la ciudad de Paucartambo, garantizar su estabilidad y permanencia, y fomentar la planificación espacial y el desarrollo urbano sostenible para disminuir el riesgo de inundaciones de los ríos. La ciudad de Puente Paucartambo tendrá servicios públicos,

equipamientos e infraestructura que facilitarán la inversión urbana de manera más inclusiva y contribuirán a mejorar la calidad y el nivel de vida de los habitantes. Esto permitirá diseñar y dimensionar los componentes estructurales del proyecto necesarios para solucionar los problemas de erosión y deslizamientos del río Paucartambo frente a la población de Puente Paucartambo. Este problema ha afectado gravemente al sector urbano ribereño de la franja de Izquiero. Se requiere documentación técnica de respaldo (archivos técnicos) para gestionar la financiación y realizar el trabajo rápidamente. ¿Qué permite?:

- Detener la erosión de las orillas del río en los sectores donde se conformarán la defensa ribereña, ya que ponen en peligro las bases de las casas que se encuentran en las riberas
- Estabilización del cauce natural del río, evitando desbordes en épocas de lluvia.
- Evitar en gran medida el desborde del río en época de avenidas y la probable inundación de los terrenos ubicados en la ciudad de Puente Paucartambo.
- Encauzamiento del río con Muros de concreto armado para evitar incrementos de caudal que afecten las estructuras construidas y zonas aledañas.
- Generación de empleos entre mano de obra calificada y no calificada, dinamizando la economía del lugar.
- Control y eliminación de la erosión de los suelos por las aguas del río, para garantizar la conservación de las terrazas aluviales

y co-aluviales, de topografía semi-plana, que conforman la zona ribereña con mejores perspectivas urbanísticas en las zonas aledañas al río Paucartambo, en los distritos de Villa Rica

La propuesta de ingeniería, que propone la construcción de un muro de concreto armado de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  en el margen izquierdo del río Paucartambo, se lleva a cabo de acuerdo con las necesidades.

- a) a) En el Tramo I, un muro de contención de 6.5 metros de alto, con un alto de zapata de 0.70 metros y una corona de 0.40 metros, en 225.5 metros desde la progresiva 0+000 a la 0+225.5, donde se han construido viviendas y estructuras dentro de la zona urbana.
- b) b) En el Tramo II, hay un muro de contención de 6.5 metros de alto, con un alto de zapata de 0.70 metros y una corona de 0.40 metros en los 165.7 metros desde la progresiva 0+000 a la 0+165.7, donde se han construido viviendas y estructuras dentro de la zona urbana.
- c) En el Tramo III se construyó un muro de contención de 6.00 metros de alto, con un alto de zapata de 0.60 metros y una corona de 0.40 metros, con una longitud de 258.8 metros desde la progresiva 0+000 hasta la 0+258.8, en zonas de huertas y terrenos libres, con el fin de proteger y controlar la erosión e inundaciones causadas por el aumento del río Paucartambo.

Todo esto se llevará a cabo de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas correspondientes presentados en este informe técnico.

### **3.1.4. Normatividad considerada:**

Para la elaboración del expediente técnico se ha tenido en cuenta las normas descritas en los siguientes manuales:

- Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)
- Norma e.060 concreto armado
- Manual de ensayo de materiales para carreteras (EM – 2000)
- Manual River: Diseño de Defensas Ribereñas – ANA

### **3.1.5. Datos Generales del proyecto:**

#### **A. Modalidad de ejecución**

La Modalidad de Ejecución del proyecto: “Creación de los servicios de protección en riberas de río vulnerables ante el peligro de inundación en la localidad de puente Paucartambo del Distrito de Villa Rica - Provincia de Oxapampa - Departamento de Pasco”, sera por CONTRATA.

#### **B. Plazo de ejecución**

De acuerdo a los metrados y partidas consideradas en el proyecto, se ha programado la ejecución de las mismas para un plazo de 03 meses o 90 días calendario, según el cronograma físico de ejecución.

#### **C. Monto del proyecto**

El costo de la obra contratado asciende a la suma de SIETE MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL, CIENTO CUARENTA Y UNO CON 86/100 SOLES (7, 431,141.86) soles.

Tabla 7. Presupuesto de obra

**RESUMEN DE PRESUPUESTO**

PROYECTO : "CREACION DE LOS SERVICIOS DE PROTECCION EN RIBERAS DE RIO VULNERABLES ANTE EL PELIGRO DE INUNDACION EN LA LOCALIDAD DE PUENTE PAUCARTAMBO DEL DISTRITO DE VILLA RICA - PROVINCIA DE OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO"

ENTIDAD : GOBIERNO REGIONAL DE PASCO FORMULA : CONSORCIO DICSA  
 REGION : PASCO PROVINCIA : OXAPAMPA  
 DISTRITO : VILLA RICA

OBRAS PROVISIONALES	9,741.44
TRABAJOS PRELIMINARES	103,261.43
PROTECCION DE RIBERA	4,720,370.30
ACABADOS	76,214.76
VARIOS	4,153.21
PROTOCOLOS COVID - 19	49,167.62
MITIGACION AMBIENTAL	13,330.00
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>4,978,258.96</b>
GASTOS GENERALES (8.00%)	398,260.72
UTILIDAD (8.00%)	398,260.72
<b>SUB TOTAL</b>	<b>5,774,780.39</b>
IGV (18.00%)	1,039,460.47
<b>COSTO DE OBRA</b>	<b>6,814,240.86</b>
SUPERVISION (4.00%)	272,569.63
EXPEDIENTE TECNICO	276,188.95
LIQUIDACION DE OBRA (1.00%)	68,142.41
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>S/. 7,431,141.86</b>

SON: SIETE MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL CIENTO CUARENTA Y UN CON 86/100 SOLES

Fuente. Propia

**D. Costos de mano de obra**

Para la mano de obra se ha considerado precio CAPECO vigentes a la fecha, para la elaboración del proyecto:

Operador De Equipo Liviano	: S/	23.80. hh
Topógrafo	: S/	25.91 hh
Operario	: S/	24.36 hh
Oficial	: S/	19.20 hh
Peón	: S/	17.35 hh

Se ha realizado una cotización en la Ciudad de La Merced para los precios de los insumos, materiales de construcción, herramientas y alquiler de equipo.

## **E. Estudio socioeconómico**

### **a) Aspectos generales**

La situación actual de los pobladores de la localidad de Puente Paucartambo, de la provincia del Oxapampa y departamento de Pasco, que viven al margen izquierdo del río Paucartambo, cuyos beneficiarios directos e indirectos viven en un constante peligro a las inundaciones en épocas de avenidas.

En épocas de avenidas es frecuente observar inundaciones que ponen en peligro la integridad de los pobladores de la localidad de Puente Paucartambo, así como de las UPs, afectando principalmente a las áreas adyacentes asentadas a lo largo paralelo de este río.

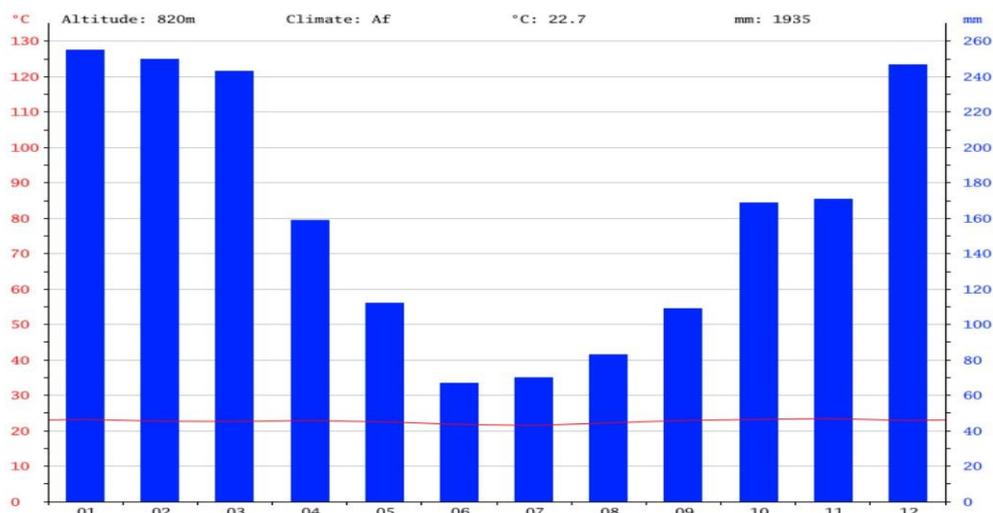
### **b) Aspectos Físicos**

**Altitud:** La Distribución espacial vertical: presenta ALTITUD: La plaza de armas se encuentra a una altitud de 825.00 m.s.n.m.

**Clima:** La zona de estudio tiene un clima típico que varía de 23.4°C en julio a 25.6°C en noviembre y diciembre. La distribución de la temperatura mensual es bastante uniforme, con una temperatura máxima media de 32.9°C a 34.4°C y una temperatura mínima media de 13.1°C a 16.3°C. Entre abril y octubre es la época de verano ideal para el turismo porque hay mucho sol y temperaturas altas, con frecuencia superiores a los 35 grados

Celsius. Los ríos disminuyen su caudal y las carreteras son accesibles.

Figura 3. Factores climaticos



**Temperatura:** La temperatura media anual es de 13.0 ° C

La siguiente tabla muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio año.

Tabla 8. Parametros climaticos

Parámetros climáticos promedio de Paucartambo  [ocultar]													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. media (°C)	20.1	19.6	19.2	20.3	20.4	20.4	20.3	20.8	20.6	20.9	21.2	20.5	20.4
Temp. media (°C)	13.7	13.5	13.1	13.3	12.5	11.8	11.5	12.2	13	13.7	14	13.6	13
Temp. mín. media (°C)	7.3	7.5	7	6.4	4.6	3.2	2.8	3.7	5.4	6.6	6.8	6.8	5.7

Fuente: [climate-data.org](http://climate-data.org)<sup>11</sup>

**Precipitaciones:** En el ámbito de la hidrología, existen numerosos fenómenos extremos que no pueden predecirse con suficiente habilidad y tiempo utilizando información determinista para tomar decisiones adecuadas sobre su ocurrencia. En tales situaciones, se requiere un método probabilístico para incluir el impacto de estos fenómenos en el proceso de toma de decisiones. Si se puede suponer que los acontecimientos son independientes del tiempo, el tiempo necesario para tomar una decisión Las precipitaciones y las inundaciones máximas anuales son dos fenómenos

hidrológicos comúnmente descritos mediante análisis de frecuencia.

Es posible realizar análisis de frecuencia de forma gráfica o matemática. El método gráfico clasifica las observaciones históricas de la variable de interés en orden ascendente o descendente, y traza la magnitud del evento en función del exceso de frecuencia o intervalo de recurrencia. Luego se crea una curva en función de los puntos registrados para describir la probabilidad de que sucedan eventos futuros. Un tipo de papel cuadrulado puede representar curvas suaves como líneas rectas.

**Características del río:** El río Paucartambo, también conocido como río Peraigne, es un río estable. La parte superior de la cuenca contiene rocas y lechos de cajas, mientras que la parte inferior contiene llanuras aluviales con una pendiente suave que pueden formar llanuras aluviales.

El principal factor que afecta las condiciones hidráulicas es la pendiente del río. De acuerdo con esta medida, el río Paucartambo actúa como un torrente en las partes alta, media y baja de la cuenca.

La mitad del río tiene forma recta, mientras que la otra parte tiene forma trezada. La relación entre la pendiente y el caudal da como resultado  $i.Q$

$0.44 > 0.0116$ , lo que indica que el río se comporta de manera recta.

Figura 4. Parametros climaticos



**Viviendas:** La mayoría de las casas en el centro poblado Puente Paucartambo están ubicadas al lado del río Paucartambo, lo que las hace extremadamente vulnerables y requiere una intervención. Además, es importante destacar que en la actualidad no hay infraestructura para reducir la vulnerabilidad de las casas e instituciones ubicadas al lado del río. Por lo tanto, si no se realiza la intervención actual, este problema seguirá existiendo.

**c) Población beneficiaria**

Censos Poblacionales

Tabla 9. Datos censales

DEPARTAMENTO DE PASCO									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
0067	PUENTE PAUCARTAMBO (2B)	Rupa Rupa	815	326	166	160	105	104	1
0113	PUENTE PAUCARTAMBO KM4	Rupa Rupa	936	25	11	14	19	19	-
0150	PUENTE PAUCARTAMBO (2A)	Rupa Rupa	809	284	145	139	111	108	3
<b>TOTAL</b>				<b>635</b>	<b>322</b>	<b>313</b>	<b>235</b>	<b>231</b>	<b>4</b>

Las Instituciones educativas en la zona del proyecto se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Instituciones Educativas

Cod. Modular	Nom. IIEE	Nivel	Ges. / Dep.	Docentes	Alumnos
426056	34236 MANUEL GONZALES PRADA	Primaria	Pública - Sector Educación	8	104
576470	34236 MANUEL GONZALES PRADA	Secundaria	Pública - Sector Educación	12	86
450817	MANUEL GONZALES PRADA	Inicial - Jardín	Pública - Sector Educación	3	47

#### d) Vías de acceso

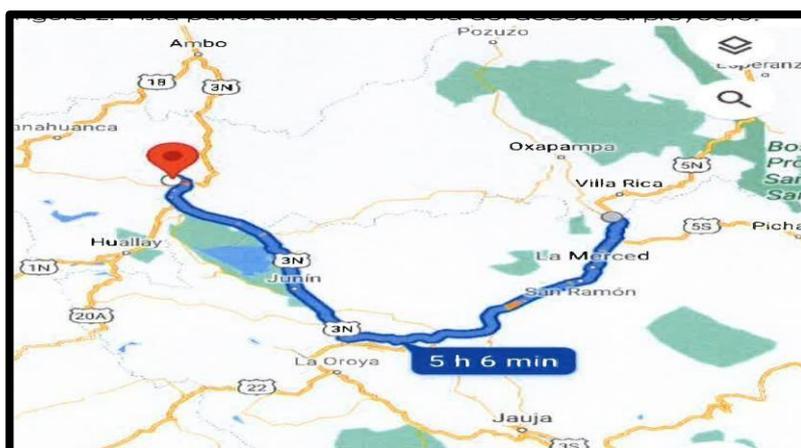
A continuación, se muestra la ruta que se realizó.

Tabla 11. Rutas de acceso

LOCALIDADES	TIPO DE ACCESO	DISTANCIA	TIEMPO
<b>Cerro de pasco – Distrito de la Merced- Distrito Puente Paucartambo</b>	Principal	238 km	5h 6 min
<b>Total</b>		238 km	5h 6 min

A continuación, se muestra una vista panorámica de la ruta de acceso al proyecto:

Figura 5. Rutas de acceso



### e) Vegetación:

Los bosques existentes tienen vegetación. Las especies de árboles destacadas incluyen:

- Chamicua (*Pseudolmedia laevigata*).
- Moena (*Moneta* sp.)
- Shimbillo (*Inga ruizana*)
- Quinilla (*Pouteria* sp.) es un arbusto.
- Requía (*Guarea vulgaris*)
- Zapotillo, también conocido como *Quaribea bicolor*.
- Cumala es un tipo de virola peruana.

Además, destacan plantas útiles como:

- Cuiriqui es una flor que se utiliza para aliviar las picaduras de insectos y arácnidos.
  - Tabaco: se usa para picar insectos.
  - Mucura: se usa cuando se baña.
  - Piri-piri: Se utiliza para aliviar el dolor de cabeza, los cólicos y mejorar la digestión.
  - Chuchuhuasi se usa para tratar el reumatismo y el resfrío.
- Ajo-sacha se usa para tratar el reumatismo y los problemas

respiratorios. **3.1.6. Aspectos iniciales**

### Sustento de la intervención:

Personas con recursos económicos limitados se asientan informalmente en suelos inestables sin una planificación urbana previa. Estas áreas carecen de condiciones adecuadas para habitar, como riberas de ríos (llanuras aluviales), laderas de montañas, bordes de cañones y laderas volcánicas. Peor aún, debido a sus limitados recursos, construyen sus casas “solitas” sin ninguna norma ni asesoramiento técnico, lo que las

convierte en una de las zonas más vulnerables frente a la aparición de amenazas naturales. Ciertamente no tienen el conocimiento para reconocer tales peligros.

Los taludes están sujetos a constantes movimientos en los taludes generados por condiciones geológicas, hidrológicas, geotécnicas y geomorfológicas, afectando su estructura interna y provocando el movimiento de masas y rocas que causan.

Conocimiento de las pistas artificiales denominadas “pistas artificiales”. sección de terraplén, excavación de terraplén o talud.

Por tanto, es necesario evitar la posibilidad de que se produzcan desastres naturales como inundaciones y garantizar la seguridad de los residentes afectados y de los servicios públicos existentes. Considerando el problema actual de erosión e inundaciones del alcantarillado en la parte urbana de la ciudad de Puente Paucartambo causadas por las aguas del río Paucartambo durante las inundaciones, y las preocupaciones del gobierno local, especialmente del municipio, el Consejo Distrital de Puente Paucartambo es el más procedente. Se justifica la creación de este expediente técnico y la posterior ejecución de los trabajos inmediatos con el fin de encontrar una solución viable.

### **Viabilidad Del Proyecto y Beneficios Esperados**

A continuación, se presenta un análisis de la viabilidad técnica, económica y social del proyecto:

### **Aspectos Técnicos.**

- El sector en cuestión presenta áreas urbanas erosionados e inundados y otro sector con alta vulnerabilidad ante un incremento de caudal.
- Permitirá el uso de la maquinaria pesada.
- Existe disponibilidad de terreno y aceptación de los beneficiarios y autoridades.
- Permitirá la protección de áreas vulnerables.
- Se cuenta con cantera cercana a la obra y de buena calidad para la construcción de este tipo de estructura.

### **Aspectos Sociales.**

- Beneficio directo de la localidad de Puente Paucartambo,
- Aceptación del proyecto y buenas coordinaciones con los beneficiarios, comisiones de regantes, Junta de Usuarios y ATDR.
- Intercambio socio-cultural y técnico entre los agentes involucrados directa e indirectamente en la ejecución del proyecto.

### **Aspectos Económicos.**

- Generación de empleo temporal directo e indirecto en la zona de obra e intercambio comercial.

#### **3.1.7. Estudios básicos de ingeniería:**

A continuación, se menciona un resumen de los principales ítems de ingeniería sin embargo cada Estudio de ingeniería se anexa al final del informe.

## **a) Topografía**

Para formular un proyecto de ingeniería es necesario realizar un levantamiento topográfico encaminado a determinar la topografía del terreno y localizar accidentes naturales y provocados por el hombre. Podrás expresarlo en un papel llamado mapa topográfico y conocer la situación técnica y económica de la obra.

Para ello se realizan los siguientes trabajos de campo y carpintería:

### **Fase de Campo.**

Reconocimiento de terreno para la topografía. Se utiliza un punto de referencia para determinar la longitud del río, señalando el Norte Magnético y un ángulo hacia la estructura destinada a proteger la ribera. La identificación de los puntos cruciales en ambas orillas del río se llevó a cabo en coordinación con la comunidad y la gerencia de infraestructura y obras de la Municipalidad, lo que permitió obtener información sobre los accesos y áreas en estudio, así como la ruta para llegar al lugar.

Finalmente, se realizó un levantamiento topográfico en cada punto importante del río.

### **Fase de Gabinete**

Se realizan los planos en el gabinete utilizando los cálculos hidrológicos e hidráulicos para tener en cuenta el eje del río y la amplitud del cauce para ubicar los muros de contención.

Después de completar la etapa de campo, se definen los puntos críticos y se colocan en un plano topográfico a su escala correspondiente.

Para la elaboración del Presupuesto y Especificaciones Técnicas, se elaboraron cuadros de metrados que incluían las planillas de movimiento de tierra (corte y relleno).

Para completar el Expediente Técnico, se realizan estudios básicos sobre Topografía e Hidrología para diseñar el muro de contención de concreto armado para los dos tramos. Después, se cuantifican los metrados para calcular el costo del proyecto en los puntos o tramos críticos del Río Paucartambo.

#### **b) Hidrología**

La cuenca de Paucartambo abarca el territorio del departamento de Pasco; Huachón, Tielacayán, Ninacaca y Paucartambo en la provincia de Pasco; Villarrica y Oxapampa en la provincia de Oxapapa; y el Departamento de Junín en la

Provincia de Junín en los Distritos de Ulcumayo y los Distritos de San Luis de Shuaro y Chanchamayo en la Provincia de Chanchamayo y tiene una superficie de captación de agua de aproximadamente 2.885,40 km<sup>2</sup>. cuya altura es de hasta 5570 metros sobre el nivel del mar.

El río Paucartambo se origina en el lado oriental del nodo Pasco debido al deshielo de la cordillera de Huachón en el departamento de Pasco y nace en la confluencia de los ríos Huachón y Tingo Esquina.

El río Paucartambo tiene unos 86 km de longitud, sus aguas se unen al río Chanchamayo para formar el río Perené, principal río de la cuenca del Perené. También pasa por el centro poblado de Puente Paucartambo cerca

de la confluencia del río Salado y el río Entas. En agosto y septiembre alcanzan su caudal más bajo, porque la cantidad de precipitación ha disminuido significativamente; y el uso intensivo de los recursos hídricos principalmente para fines agrícolas.

No existen estaciones hidrómetros en el río Paucartambo, algunas empresas privadas realizan campañas de medición en el puente de Paucartambo, pero no fue posible obtener información sobre los caudales diarios.

Tierras agrícolas y recursos hídricos aptos para frutales, especialmente café, cítricos, yuca y silvicultura.

Las poblaciones más importantes ubicadas en el área de estudio son Puente Paucartambo y San Luis de Shuaro.

### **c) Para el diseño**

#### **Condiciones iniciales**

Las condiciones iniciales son determinadas principalmente por la hidráulica y en algunos casos por las condiciones de sitio. El diseño hidráulico ha determinado la altura del muro en cada tramo y la profundidad de cimentación mínima que debería tener, asimismo, en el procedimiento se consideran las condiciones de sitio que determinan parámetros del terreno y sobrecargas propias de estructuras existentes como edificaciones, cimentaciones, obras de arte, entre otros.

### **Geometría del muro**

Basado en las condiciones iniciales se dimensiona la geometría y se verifica la estabilidad como un proceso iterativo hasta alcanzar la sección más económica y estable. La parte superior del cuerpo del muro de retención no debe ser menor que 0.30m para colocar de manera apropiada el concreto y la parte inferior de aproximadamente el 10% de la altura total. La zapata se pre dimensiona entre el 50% y el 70% de la altura. El pie y talón de zapata obedecen a las condiciones de estabilidad, donde el talón recibe la carga del terreno, por tanto, es de mayor longitud respecto al pie. El espesor del muro, el cual es de sección variable obedece a que en su base se somete a esfuerzos máximos de carga del terreno y actúa a modo de voladizo empotrado.

#### **3.1.8. Ingeniería del proyecto:**

##### **a) Estudio Topografico:**

Por ello, desde un principio se utiliza un sistema de coordenadas, compuesto por estaciones debidamente señalizadas y pintadas con la siguiente descripción BM01, BM-02, BM-03, BM-04, BM-05.

Tabla N° 12: Cuadro de coordenadas

<b>UBICACION DE RED DE BMS - DATUM: WGS84</b>				
<b>N° DE PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
84	467745.147	8801713.053	841.722	BM-01
356	467853.631	8801752.193	836.351	BM-02
357	467978.978	8801885.953	833.052	BM-03
2029	468322.611	8801915.024	831.684	BM-04
2030	468491.560	8801761.812	829.633	BM-05

Elaboración: Equipo Técnico, 2021

Para desarrollar el levantamiento topográfico se utilizó la estación de domo MARCA TOPCON OS-105, con un alcance de medición de hasta 3500 metros y una precisión angular de  $\pm 2''$ , con la cual fue conectada mediante varios prismas que son receptores láser irradiados. El domador realiza un cálculo interno basado en los principios básicos de la topografía, como la orientación del punto teniendo en cuenta los ángulos horizontal y vertical, la distancia inclinada y luego el tiro horizontal, para realizar las lecturas y mediciones correspondientes del domador. evaluar las coordenadas X, Y y Z de cada punto o la lectura que se ha realizado. A continuación, se muestra parte del trabajo realizado en campo con fotografías del trabajo realizado en las distintas zonas.



Figura N° 6: Vista de la monumentación de BMs en la margen izquierda del río, al lado de la vía Oxapampa - Paucartambo.



Figura N° 7: Vista del BM-01 ubicado en la Progresiva 0+046.00 del Proyecto del muro contención. Figura

N°8: Vista del levantamiento topográfico de la margen Izquierda y derecha del cauce del rio



Figura N° 9: Vista del levantamiento topográfico de la margen izquierda y derecha del cauce del rio.



Figura N° 10: Vista del levantamiento topográfico de la vía Oxapampa - Paucartambo



Figura N° 11: Vista del levantamiento topográfico de la vía Oxapampa - Paucartambo



Figura N° 12: Vista del levantamiento topográfico de la margen izquierda y derecha del cauce del río.



Figura N° 13: Vista del levantamiento topográfico de la margen izquierda y derecha del cauce del río.



Figura N° 14: Vista del BM-02 ubicado en la Progresiva O+ 190.00 en la margen izquierda del río, al lado de la vía Oxapampa - Paucartambo.

#### b) Estudio de Mecánica de Suelos:

La siguiente tabla muestra las diferentes calicatas realizadas para el desarrollo del estudio de mecánica del suelo:

Tabla N° 13: Toma de muestras en calicatas y profundidades

Calicata	Profundidad de cimentación (m)
C-1	2.50
C-2	2.50
C-3	2.50
C-4	2.50
C-5	2.50
C-6	2.50
C-7	2.50
C-8	2.50
C-9	2.50
C-10	2.50
C-11	2.50
C-12	2.50

En cada una de las siguientes calicatas se realizan los siguientes ensayos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 14: Ensayos practicados en las calicatas

CALICATAS	ENSAYO PRACTICADOS
C-1	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-2	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-3	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-4	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-5	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-6	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-7	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-8	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-9	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-10	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-11	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.
C-12	Granulometría, límites, densidad natural, densidad relativa, humedad, corte directo, físico – químico del suelo y agua.

Para determinar la concentración de sulfatos, cloruros y sales solubles se realizaron análisis químicos en el laboratorio, cuyos resultados son:

Tabla N° 15: análisis químicos realizados en calicatas

Calicata	Prof. (m)	Cloruros solubles (ppm)	Sulfatos solubles (ppm)	Sales solubles totales (ppm)	Agresión
C-1	4	215.4	69.1	106.2	Insignificante
C-2	5	225.1	95.8	124.6	Insignificante
C-3	6	207.7	104.1	158.6	Insignificante
C-4	6	189.1	85.7	245.3	Insignificante
C-5	6	198.6	82.7	143.5	Insignificante
C-6	5	174.6	56.3	168.1	Insignificante
C-7	5	158.1	95.6	247.2	Insignificante
C-8	7	214.7	85.9	156.3	Insignificante
C-9	7	185.1	85.9	147.2	Insignificante
C-10	2.5	200.7	86.1	194.2	Insignificante
C-11	2.5	201.6	56.3	185.9	Insignificante
C-12	2.5	216.3	52.8	189.2	Insignificante

Se determino en base a los ensayos realizado, la profundidad de cimentación de la estructura que será de 1.60 m, como mínimo.

Para la opción fundamental considerada, se determinó la capacidad portante permisible de la parcela, la cual se detalla a continuación según cada bien hecho.

- Calicata C-1:  $q_{adm} = 1.12 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-2:  $q_{adm} = 1.20 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-3:  $q_{adm} = 1.15 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-4:  $q_{adm} = 1.10 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-5:  $q_{adm} = 1.19 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-6:  $q_{adm} = 0.86 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-7:  $q_{adm} = 0.92 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-8:  $q_{adm} = 0.85 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-9:  $q_{adm} = 1.13 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-10:  $q_{adm} = 0.91 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-11:  $q_{adm} = 0.52 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-12:  $q_{adm} = 0.48 \text{ kg/cm}^2$

Se presenta las evidencias de los trabajos realizados en la zona de intervención.

Figura N° 15: Calicata realizada (C-1) profundidad 4m



### **c) Estudio de Geotecnia y geologia:**

Se utilizó el software SLIDE para ilustrar los análisis de estabilidad realizados en las secciones tomando en cuenta los puntos más importantes. Las salidas mencionadas contienen información sobre las secciones transversales de las áreas críticas, propiedades de los materiales, aguas subterráneas y ubicación superficial, así como el factor de seguridad más pequeño.

El estado estático es pseudoestático para el tipo de falla examinado porque, como se pudo observar de los resultados de las piezas analizadas, los factores de seguridad eran mayores al mínimo recomendado en los criterios de diseño utilizados en este estudio. rectangular).

En las proximidades del muro de contención diseñado, el material del suelo es estable, las raíces de los árboles son el principal factor de estabilidad del suelo, donde se garantiza la estabilidad global según el modelo geomecánico de Hoek Bronw, lo que da como resultado factores de

seguridad muy altos. , pero también se descartó un mecanismo de daño de la plataforma causado por acuñamiento e inclinación.

Tabla N° 16: Resultados de análisis de estabilidad de taludes

Area /Zona	Seccion Analizada	Caso	Factor Estatico	Seguridad Pseudo Estatico K=0.19
Costado Puesto de Salud	Transversal al Eje	Falla Circular	3.804	2.308
Costado Puesto de Salud	Transversal al Eje	Falla Circular	3.341	2.599

Figura N° 16: Puntos de verificación de estabilidad de taludes



Se presenta las evidencias de los trabajos realizados en la zona de intervención.

Figura N° 17: Trabajos de instalación de electrodos



Figura N° 18: Operación de resistividad eléctrica mediante sondaje LTE



Por lo tanto, se concluye que las condiciones climáticas (lluvias intensas), el suelo se satura, también se forman aguas locales. La saturación del suelo aumenta durante la temporada de lluvias (diciembre a marzo). Debido a condiciones naturales como litología, pendiente, hidrogeología y geomorfología, las laderas que rodean del poblado de Puente Paucartambo se consideran de moderada a alta propensas a movimientos en masa. (flujos, desprendimientos, desprendimientos de rocas, deslizamientos de tierra)

El poblado de Puente Paucartambo está ubicado en una terraza inundable a lo largo de los ríos Paucartambo, Sal y Entas, la cual es propensa a

inundaciones y flujos de escombros. Estos ríos exceden su caudal natural durante lluvias excepcionales. Este sector se considera muy vulnerable a las inundaciones y la erosión fluvial. Debido a las condiciones geológicas y morfológicas, son comunes los movimientos en masa y las inundaciones. Debido a la escala y frecuencia de estos eventos, Puente Paucartambo es considerado una zona crítica de muy alto riesgo y peligro inmediato. Por lo tanto, el fenómeno geológico desarrollado en el puente de Paucartambo es un fenómeno de inundación de un río según el análisis de las características del paisaje.

**d) Estudio de Hidrología:**

**Análisis de la Cuenca**

Ubicación del estudio El estudio se lleva a cabo en el área de la ciudad de Puente

Paucartambo, que se encuentra en el distrito de Villa Rica, en la provincia de

Oxapampa, en el departamento de Pasco.

Figura N° 19: Ubicación departamental



Figura N° 20: Ubicación provincial

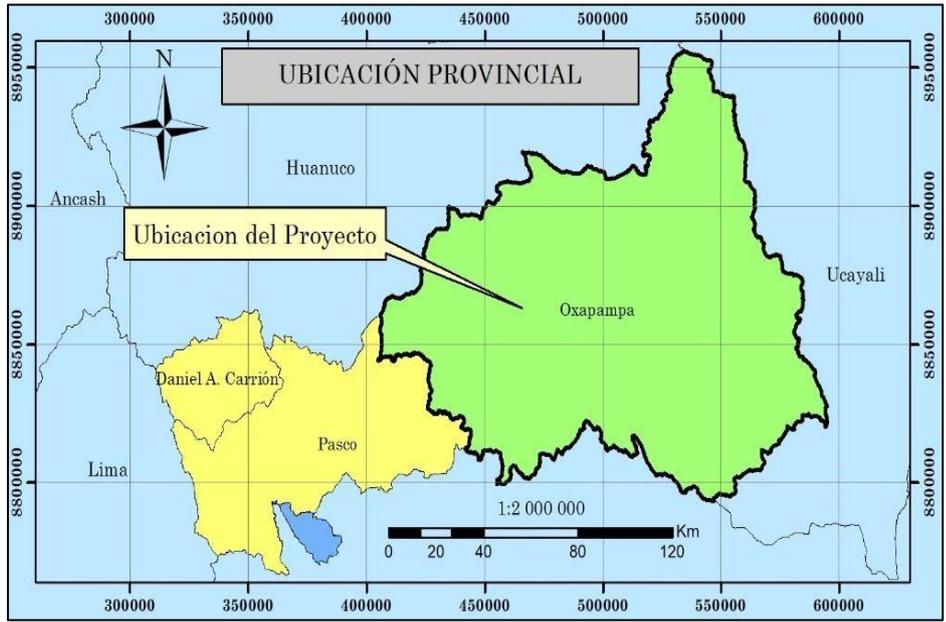


Figura N° 21: Ubicación distrital

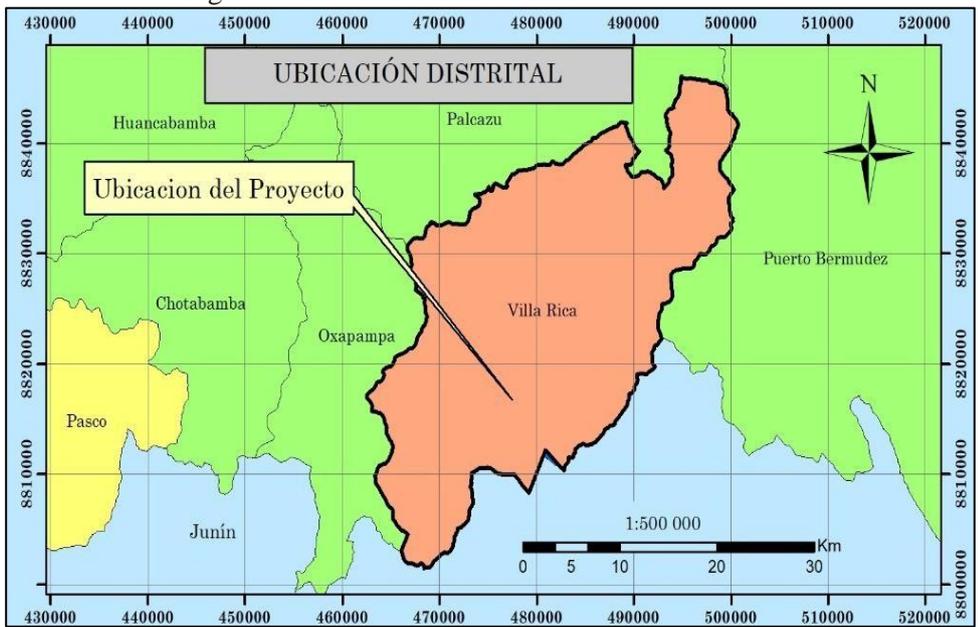
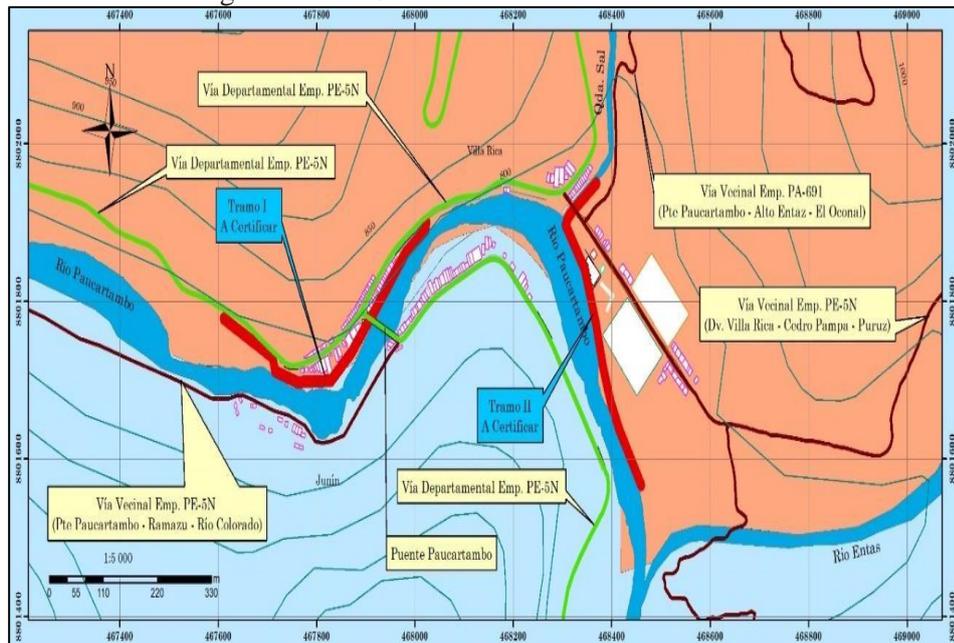


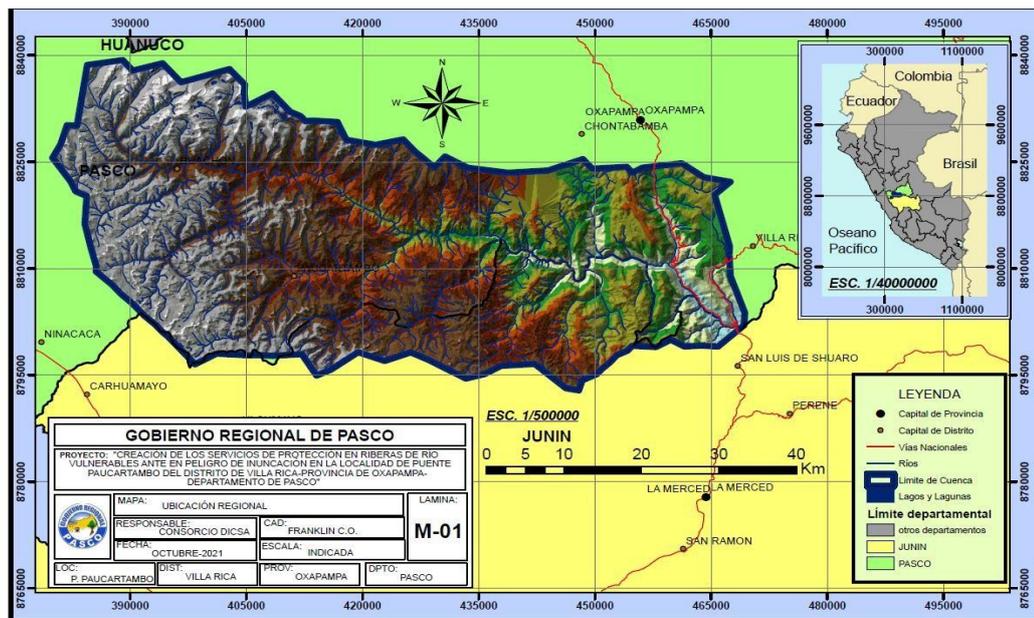
Figura N° 22: Ubicación de la localidad



**Ubicación de la cuenca** El proyecto se encuentra ubicado en la cuenca Paucartambo de la cuenca del río Perene.

- Cuenca : Río Paucartambo.
- ALA : Perene
- AAA : Ucayali

Figura N° 23: Ubicación de la cuenca



## **Ubicación hidrográfica:**

### Características

#### Geomorfológicas Área de la cuenca (A):

Esto se refiere al área proyectada en el plano horizontal a lo largo del perímetro del acuario, medida en metros.

Las cuencas son cruciales por los siguientes motivos:

Se utiliza como base para la descripción de otros componentes, como parámetros, coeficientes, relaciones, etc. En general, la escorrentía aumenta con la superficie de la cuenca. Debido al aumento de la superficie, las cuencas pequeñas experimentan inundaciones repentinas e inmediatas con mayor frecuencia que las cuencas grandes.

Tabla N° 17: Área de la cuenca

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Valor</b>
<b>De la Superficie</b>		
Área	km2	2,600.52

Fuente: Elaboración Propia

#### Perímetro de la cuenca (P):

La longitud del borde exterior de una piscina depende principalmente de su área y forma. Las medidas del perímetro están relacionadas con las líneas que se dibujan en el área de agua de la cuenca del canal. Este parámetro se calculó de manera similar a cómo se calcula el área de la piscina. Los perímetros de las cuencas para los sectores pertinentes se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 18: Perímetro de la cuenca

Descripción	Und.	Valor
<b>De la Superficie</b>		
Périmetro	Km	252.18

Fuente: Elaboración Propia

Longitud del cauce Principal:

Es la distancia más larga que recorre un río desde el comienzo de una cuenca hasta un punto importante, como una estación de medición o un estuario, expresada en unidades de longitud.

Tabla N° 19: Longitud del cauce principal

Descripción	Und.	Valor
<b>De la Red Hídrica</b>		
Longitud del curso principal	km	128.90

Fuente: Elaboración Propia

Ancho Promedio de la Cuenca:

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, que se expresa de la siguiente manera:

$$Ap = \frac{A}{L}$$

Donde:

Ap = Ancho promedio de la cuenca (km)

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

L = Longitud del cauce principal (km).

Tabla N° 20: Ancho Promedio de la Cuenca

Descripción	Und.	Valor
<b>De la Red Hídrica</b>		
Ancho promedio de la cuenca	km	20.17

Fuente: Elaboración Propia

El objetivo principal del cauce

El cauce del Río Paucartambo tiene un pendiente promedio del 2.64%.

La expectativa promedio de la cuenca

La cuenca del río Paucartambo tiene una pendiente media del 24.91%.

Altitud media de la cuenca

La altura promedio de la piscina es la altura donde el 50% del área de la piscina está arriba y el 50% debajo.

La siguiente tabla muestra la altura media de la piscina:

Tabla N° 21: Altitud de la Cuenca

Descripción	Und.	Valor
<b>De la Superficie</b>		
Altitud		
Altitud media	msnm	3,305.53
Altitud más frecuente	msnm	4,079.17
Altitud de frecuencia media	msnm	3,373.69

Fuente: Elaboración Propia

Cotas:

Tabla N° 22: Cotas de la Cuenca

Descripción	Und.	Valor
<b>De la Superficie</b>		
Cotas		
Cota Máxima	msnm	4,950.00
Cota Mínima	msnm	770.00

Fuente: Elaboración Propia

### Centroide:

Tabla N° 23: Centroides de la cuenca

Descripción	Und.	Valor
<b>De la Superficie</b>		
Centroide (WGS 84 - UTM Zona 18S)		
X centroide	m	423,373.85
Y centroide	m	8,815,119.76
Z centroide	msnm	3,305.53

Fuente: Elaboración Propia

### Coeficiente de compacidad (Kc)

La relación entre el perímetro de P y el perímetro de un círculo con la misma área de la cuenca es su definición.:

$$Kc = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

Esta fórmula muestra que Kc puede ser mayor que 1 y aumenta a medida que la forma de la piscina se vuelve más irregular.

Una cuenca circular tiene un módulo mínimo de 1 y se vuelve más propensa a inundarse a medida que el valor de Kc se acerca a 1. A medida que se aleja de la unidad, el círculo presenta una forma más irregular.

Cuando:

- $Kc = 1$  : tiempo de concentración menor, cuenca circular, mayor tendencia a crecientes;
- $Kc = 2$  : tiempo de concentración mayor, cuenca de forma alargada, menor tendencia a crecientes.

El factor de densificación para la cuenca del río Paucartambo es 1,38, lo que indica que la cuenca tiene forma alargada y se ve menos afectada por inundaciones.

Factor de forma (Kf):

El cociente del ancho y largo promedio del área de la piscina es este parámetro adimensional. desfrutar de las relaciones.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

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

L = Longitud de cauce principal de la cuenca (km).

El Factor de Forma determinado para la cuenca del río Paucartambo es de 0.16, lo cual explica que la cuenca tenga una buena respuesta a las crecidas.

Tiempo de concentración:

Donde varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración de la piscina. Esto incluye a Carter, Eagleson, Espey Winslow, Agencia Federal de Aviación,

Kinematic Wave, Kirby Hathaway, Kilpitch, SCS, Temes, Barnsby Williams, etc.

Fórmula de Kirpich:

$$Tc = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del curso principal en metros.

S = Pendiente a lo largo del cauce en %.

El tiempo de concentración calculado es **11.34 horas**.

### **Análisis Hidrológico**

Los datos del análisis hidrológico son los siguientes:

### **Información cartográfica**

Identificando la zona de estudio se requirieron mapas terrestres digitales a escala

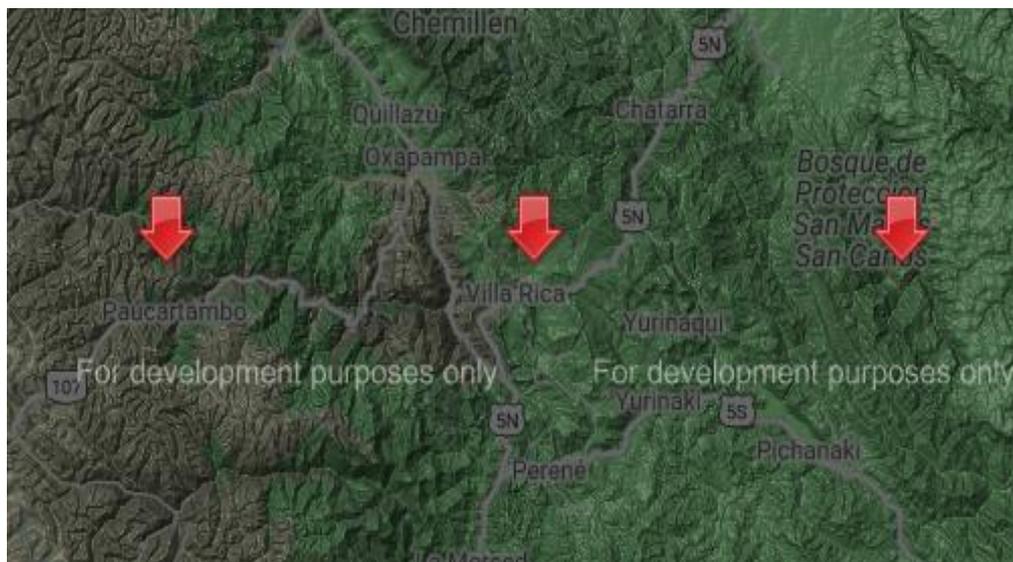
1:100.000, así como vistas satelitales y programas como ArcGIS, Google Earth, AutoCAD Civil 3D 2020, etc.

La cuenca del río Paucartambo se ubica en los cuadrantes 22l, 22m, 22k. detallado en la siguiente tabla.

Tabla N° 24: Cartas geográficas

Nombre	Código	Zona	Cuadrícula
Oxapampa	2-m	18	L
Utcumayo	22-1	18	L
Cerro de Pasco	22-k	18	L

Figura N° 24: Cuadrángulo de la Subcuenca del río Paucartambo



### Información pluviométrica:

La red de estaciones meteorológicas en el área del proyecto es relativamente escasa, ya que las estaciones más representativas son Oxapampa y Cerro de Pasco, que registraron la máxima cantidad de lluvia durante un período de 24 horas desde 1974 hasta la actualidad.

La estación Oxapampa tiene un registro de precipitaciones continuas de 24 horas desde 1992 hasta octubre de 2021.

La estación Cerro de Pasco registró continuamente precipitaciones máximas en 24 horas desde 1974 hasta diciembre de 2020.

Tabla N° 25: Las ubicaciones de las estación, el tiempo de registro y la variable registrada

Estación	Latitud (S)	Longitud (W)	Altitud (msnm)	Periodo de Registro	Variable Registrada
Oxapampa	10° 37' 51.28"	75° 25' 6.41"	1801	1992 - 2021	Precipitación máxima en 24 horas
Cerro de Pasco	10° 41' 36.15"	76° 15' 51.1"	4357	1974 - 2020	Precipitación máxima en 24 horas

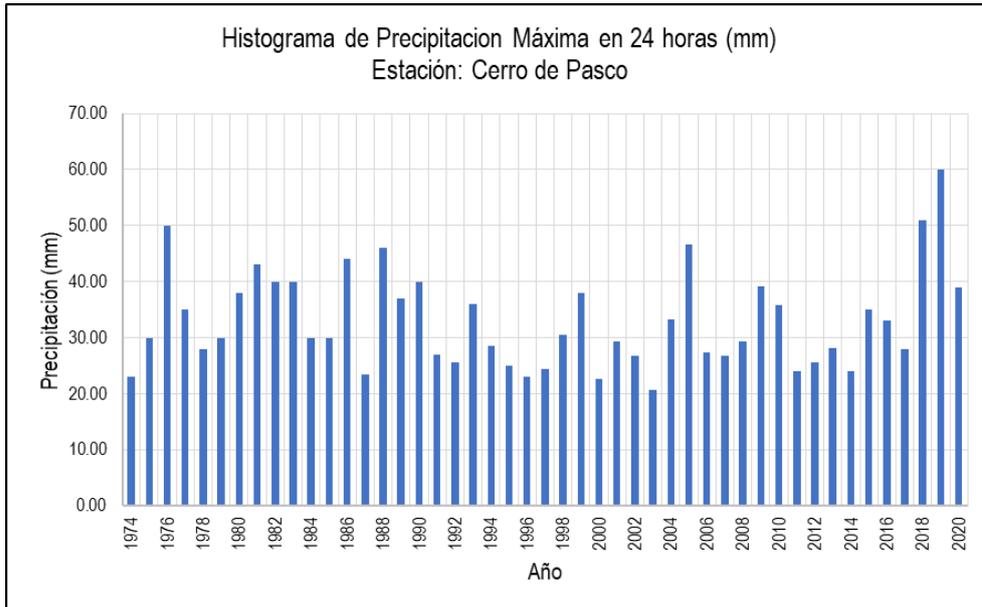
Fuente: Senamhi (A través de: Ficha Técnica Referencial de Identificación de Punto Crítico Sector del Centro Poblado San Cristóbal en el Río Negro, Palcazu, Oxapampa, Pasco. Elaborado por la Autoridad Administrativa del Agua Ucayali - ANA, en coordinación con la Municipalidad Distrital de Palcazu. Fichas para ser incluidas al Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres – SIGRID. Ing. Marceliano Hernández Sánchez - Administrador Local del Agua CIP N° 76027. Ing. Walter Obando Licera - Jefe Autoridad Nacional del Agua, Lima, 03 de octubre del 2019, [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe), [www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)).

En el Anexo I – En hidrología, se muestran los registros de la precipitación máxima en cada una de las estaciones involucradas en el estudio durante un período de 24 horas. El periodo de registros utilizado se muestra a continuación:

Tabla N° 26: Periodo y/o longitud de registros - Estaciones pluviométricas disponibles



Figura N° 26: Histograma de Precipitación Máxima en 24 horas (mm) – Estación Cerro de Pasco.



Fuente: Elaboración Propia

## **Hidrología Estadística**

### **Análisis de Información Pluviométrica**

Se realizó un análisis de frecuencia de eventos hidrológicos máximos aptos para caudales de inundación y lluvia máxima para estimar el número de eventos de lluvia extrema. Debido a la falta de datos de capacidad en el área del proyecto, se decidió seguir el siguiente procedimiento. utilizando datos de precipitación máxima de las estaciones en el área del proyecto durante un día. Antes de procesar los registros del Senamh, se realizó un análisis de datos sospechosos para eliminar valores inusuales en la muestra estadística. Utilizando las distribuciones de frecuencia más comunes y seleccionando la que mejor se adapte a los registros históricos de cada emisora. Análisis estadístico de la precipitación máxima para periodos de retorno de 2, 5, 10,

20, 50, 100, 200 y 500 años. Para generar caudales, utilice el método lluvia-flujo utilizando métodos comúnmente utilizados en hidrología, como el método del hidrograma triangular para cuencas mayores a 5 km<sup>2</sup>. Un modelo hidrológico determinista en su transformación velocidad-caudal que, en función de sus características morfológicas, uso del suelo, tipo de cobertura y otros factores, permite obtener el caudal de los cauces antes mencionados a través del programa informático HEC-HMS.

#### Validación de datos:

Los datos hidrológicos sobre la precipitación máxima de 24 horas se verificaron utilizando un método de diagrama de caja y lomo. Es un tipo de gráfico que resume un gran volumen de datos en cinco dimensiones descriptivas. Simetría y morfología. A través de este tipo de gráfico, podemos encontrar valores anormales y comparar distribuciones. Además de aprender fácilmente y rápidamente cómo se distribuyen los valores centrales. Las principales ventajas del uso de este método para presentar la distribución de datos son:

- Determinar si la distribución de una variable es sesgada o difiere de la normal.
- La comparación de la distribución entre grupos es fácil. A pesar de que es necesario emplear técnicas estadísticas para determinar la relevancia de las diferencias observadas. Los valores atípicos son puntos que van más allá de las normas.

Tabla N° 27: Validación de Datos – Estación Oxapampa

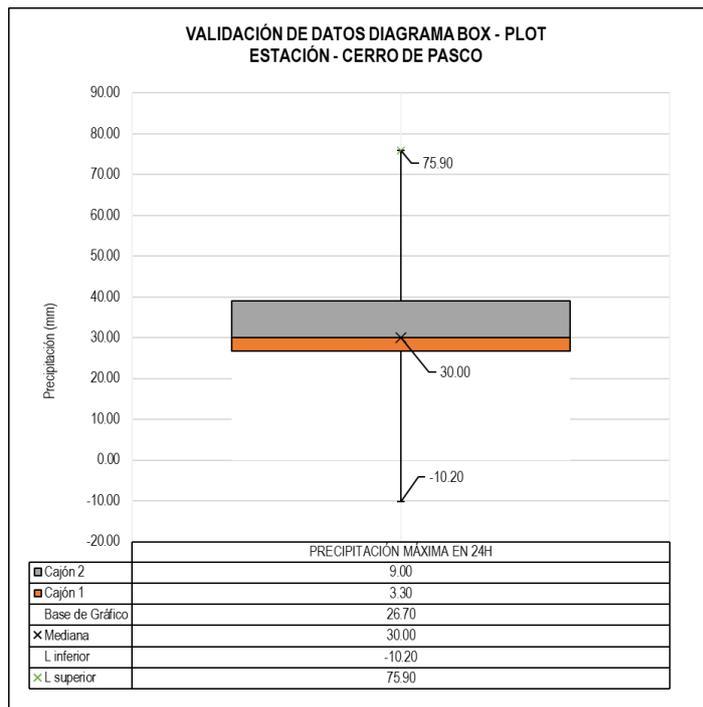
<b>AÑO</b>	<b>PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24H</b>	<b>AÑO</b>	<b>PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24H</b>	<b>AÑO</b>	<b>PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24H</b>
1992	47.52	2002	40.00	2012	36.36
1993	46.25	2003	53.00	2013	49.80
1994	46.97	2004	62.00	2014	33.60
1995	47.23	2005	37.00	2015	28.20
1996	55.00	2006	41.00	2016	49.20
1997	76.00	2007	35.00	2017	47.15
1998	60.00	2008	38.00	2018	74.50
1999	42.00	2009	58.00	2019	50.10
2000	63.00	2010	46.00	2020	46.00
2001	42.00	2011	45.01	2021	43.00
	<b>Prom.</b>	47.96	<b>L inferior</b>	2.5	
	<b>Des. Est.</b>	11.13	<b>L superior</b>	91.75	
	<b>Cuartil 1</b>	40.75	<b>Base de Gráfico</b>	40.75	
	<b>Cuartil 3</b>	53.50	<b>Cajón 1</b>	5.86	
	<b>Rango Intercuartil</b>	12.75	<b>Cajón 2</b>	6.89	
	<b>Mediana</b>	46.61	<b>Brazo Inf.</b>	38.25	
	<b>Mínimo</b>	28.20	<b>Brazo Sup.</b>	38.25	
	<b>Máximo</b>	76.00	<b>Atípico 1</b>	<b>No tiene Valores Atípicos</b>	

Figura N° 27: Validación de Datos – Estación Oxapampa



<b>Cuartil 3</b>	39	<b>Cajón 1</b>	3.30001
<b>Rango Intercuartil</b>	12.30001	<b>Cajón 2</b>	9
<b>Mediana</b>	30	<b>Brazo Inf.</b>	36.90003
<b>Mínimo</b>	20.7	<b>Brazo Sup.</b>	36.90003
<b>Máximo</b>	60	<b>Atípico 1</b>	<b>No tiene Valores Atípicos</b>

Figura N° 28: Validación de Datos – Estación Cerro de Pasco



### Análisis de Frecuencia de la Precipitación Máxima en 24 Horas

Después de analizar la precipitación máxima diaria y confirmar los datos, se llevó a cabo el análisis de frecuencia correspondiente.

Se puede utilizar el análisis de frecuencia, que se basa en datos históricos de precipitaciones, para predecir el comportamiento futuro de las precipitaciones en un lugar de interés. Es un método para calcular la cantidad de precipitación y el período de retorno basado en estadísticas.

Para determinar cuál de las distribuciones estudiadas se ajusta mejor a los datos históricos, se utilizó el método de Smirnov Kolmogorov con el programa

HIDROESTA 2.

En la teoría estadística e hidrológica, existen diversas distribuciones de frecuencia, incluyendo normal, lognormal de 2 y 3 parámetros, gamma de 2 y 3 parámetros, log Gumbel, entre otras.

### Distribuciones de Valores Extremos

Para estudiar eventos hidrológicos extremos, debemos elegir un conjunto de observaciones máximas o mínimas de un conjunto de datos. Por ejemplo, cuando se analizan los flujos máximos en una estación de medición de densidad, solo se utiliza el flujo máximo registrado entre miles de valores registrados cada año.

Esto se debe a que estas observaciones se encuentran en los extremos de la distribución de probabilidad de todas las observaciones (población matricial). El Tipo I, el Tipo II y el Tipo III son los tres tipos asintóticos de distribución de valores extremos. La función de distribución del valor extremo tipo I (EVI) es:

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right] \quad \infty \leq x \leq \infty$$

$$u = \bar{x} - \frac{\alpha}{\sqrt{6s}}$$

El parámetro  $u$  es la moda de la distribución. una variable reducida, que se puede describir como:

Cambiando la variable reducida, se descubre:

$$y = \frac{x - u}{\alpha}$$

$$F(x) = \exp[-\exp(-y)]$$

Resolviendo para  $y$ :

$$y = -\ln \left[ \ln \left( \frac{1}{F(x)} \right) \right]$$

### Distribución Normal

La función de densidad normal de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^2}$$

En este caso, los parámetros de distribución son  $u$  y  $\sigma$ . La forma de la función  $f(x)$  y su posición en el eje  $x$  son determinadas por estos parámetros.

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^2} dx$$

La integral de la ecuación anterior no es conocida analíticamente en la actualidad, por lo que se requiere su evaluación mediante métodos numéricos. Debido a que cada valor de  $\mu$  y  $\sigma$  requeriría una tabla, se ha establecido la variable estandarizada.

$$z = \frac{x - u}{\sigma}$$

Que generalmente tiene una media cero y una desviación estándar unitaria..

### Distribución Log normal

Los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente en esta función. La función de probabilidad de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi x\beta}} \frac{1}{x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2}$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la distribución.

$$\beta = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - \alpha)^2}{n} \right]^{1/2}$$

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi x\beta}} \frac{1}{x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} dx$$

$$z = \frac{\ln x - \alpha}{\beta}$$

### Distribución Pearson III o Gamma de tres parámetros

La función de densidad de probabilidad Pearson III se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma \beta_1} \left\{ \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right\}^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

donde  $\alpha_1$ ,  $\alpha_1$  y  $\alpha_1$  son los parámetros de la función y  $g(\alpha_1)$  es la función gamma. Las propiedades fundamentales de la función Gamma, así como la tabla de valores, se encuentran en el apéndice A.

$$X_i, i = 1, 2, \dots, n$$

Donde  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  y  $\delta_1$  se evalúan, a partir de  $n$  datos medidos, mediante el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1$$

$$s^2 = \alpha_1^2 \beta_1$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}}$$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma \beta_1} \int_0^x \left( \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}} dx$$

Sustituyendo

$$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1}$$

La ecuación anterior se escribe como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma \beta_1} \int y^{\beta_1 - 1} e^{-y} dy$$

Esta última ecuación es una función de distribución Chi Cuadrado con  $2\beta_1$  grados de libertad y también  $x^2 = 2y$ , es decir:

$$F(y) = F(x^2 | v) = F(x^2 | 2\beta_1)$$

La función Chi Cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.

### Distribución Gumbel

Supóngase que hay N muestras con "n" eventos. Si se elige el evento "x" más grande de cada muestra, se puede demostrar que, a medida que aumenta "n", la función de distribución de probabilidad de "x" tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la función.

Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , se estiman para muestras muy grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{u_y}{\alpha}$$

Los valores de  $\mu_y$  y  $\sigma_y$  se encuentran en tablas.

### Prueba de Bondad de Ajuste

Para determinar qué distribución teórica se ajusta mejor a los datos de intensidad calculados, se utilizó una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Se trata de comparar el valor absoluto máximo de la diferencia D entre las funciones de distribución de probabilidad

observadas  $F_0(X_m)$  y las funciones de distribución de probabilidad estimadas  $F(X_m)$ .

### Prueba Kolmogorov – Smirnov

El propósito de esta prueba es comparar el máximo valor absoluto de la diferencia  $D$  entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_0(x_m)$  y la función de distribución de probabilidad estimada  $F(x_m)$ .

$$D = \text{máx}|F_0(x_m) - F(x_m)|$$

Con un valor crítico  $d$  que depende el número de datos y el nivel de significancia seleccionado.

Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula

Los valores del nivel de significación  $\alpha$  que se usan normalmente son del 10%, 5% y 1%

El valor de  $\alpha$ , en la teoría estadística, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula.

$H_0$  = La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(x_m) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Donde “ $m$ ” es el número de orden de dato  $x_m$  en una lista de mayor a menor y “ $n$ ” es el número total de datos.

### Resultados de la Prueba - Smirnov Kolmogorov:

Luego de realizada las distribuciones siguientes:

- Distribución Normal.
- Distribución log-Normal de 2 parámetros.
- Distribución log-Normal de 3 parámetros.
- Distribución Gamma de 2 parámetros.
- Distribución Gamma de 3 parámetros.

- Distribución log-Pearson tipo III.
- Distribución Gumbel.
- Distribución Log-Gumbel.

Los resultados de la Prueba - Smirnov Kolmogorov en la siguiente tabla:

Tabla N° 29: Resultados de la Prueba - Smirnov Kolmogorov por Estación

Estación	Distribución							
	Normal	Log-Normal de 2 parámetros	Log-Normal de 3 parámetros	Gamma de 2 parámetros	Gamma de 3 parámetros	Log-Pearson tipo III	Gumbel	Log-Gumbel
Cerro de Pasco	0.1562	0.1226	0.0773	0.1365	0.1007	0.0950	0.1040	0.0979
Oxapampa	0.1335	0.0903	0.0903	0.1026	0.0806	0.0795	0.0753	0.1193

Luego de encontrado el delta teórico con un nivel de significancia del 5% para cada Estación por el método de Momentos Ordinarios, elegimos el delta de menor valor para la obtención de la distribución de mejor ajuste a los registros históricos, para cada una de las estaciones, mostradas en la siguiente tabla:

Tabla N° 30: Distribución Adoptada para cada Estación.

Estación	Distribución
Cerro de Pasco	Distribución Log-Normal de 3 parámetros
Oxapampa	Distribución Gumbel

utilizando los registros de precipitación máxima del día anterior, para períodos con ocurrencias promedio de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500 años, respectivamente, como se enumeran, evaluamos posibles precipitaciones extremas en cada estación. en la siguiente tabla:

Tabla N° 31: Distribución de Frecuencia, Precipitación (mm).

Estación	Periodo de Retorno (Tr = Años)							
	2	5	10	20	50	100	200	500
Cerro de Pasco	30.94	38.97	44.82	50.79	59.01	65.57	72.45	82.09
Oxapampa	46.13	55.97	62.48	68.73	76.81	82.87	88.91	96.87

### Determinación de la tormenta de Diseño

En el diseño de sistemas de agua, se utiliza un patrón de precipitación específico llamado tormenta de diseño. La entrada al sistema generalmente es una tormenta de diseño, y los flujos posteriores a través del sistema se calculan utilizando métodos de esorrentía y precipitación. Un gráfico de altura de calado, que muestra el patrón espacial de la precipitación durante una tormenta, se puede usar para calcular la profundidad de la precipitación en un punto.

La intensidad promedio es el término más común y se puede representar como:

$$i = \frac{P}{Td}$$

donde P es la precipitación en milímetros y Td es la duración, que normalmente se expresa en horas. El período de retorno T es la medida de la frecuencia. El intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación de tamaño de diseño o más se conoce como período de retorno T.

La curva de intensidad-duración-frecuencia es un elemento de diseño que relaciona la intensidad de la lluvia, su duración y su frecuencia, es decir, la probabilidad de que ocurra o su duración de recurrencia.

Para evitar leer la intensidad de precipitación prevista en el gráfico, también se puede usar una ecuación para representar la curva de intensidad-duración-frecuencia.

Los modelos más utilizados son:

$$I = \frac{a}{(D + b)^m}$$

donde a, b y m son coeficientes que varían según la ubicación y la duración de la lluvia y I es la intensidad esperada de la lluvia. Además, para determinarlos, es necesario linealizar las ecuaciones preexistentes. Luego, para determinar los parámetros a, b y m, se utilizará regresión lineal.

Existen varios modelos disponibles para estimar la intensidad de la precipitación máxima durante un día. Frederick Bell es uno de ellos. La precipitación máxima puede calcularse utilizando la duración del retorno, la duración de la tormenta en minutos, la precipitación máxima en una hora y la duración del retorno en diez años.

La ecuación es:

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

Donde:

t: Duración en

minutos T:

Periodo de retorno

en años

$P_t^T$  : Precipitación caída en t minutos con periodo de retorno

$P_{10}^{60}$  en T años : Precipitación caída en 60 minutos con

periodo de retorno en 10 años

El valor de  $P_{10}^{60}$ , es calculado con el modelo de Yance Tueros, estimando la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

I = intensidad máxima en mm/h. a, b = parámetros del modelo; 0.4602, 0.876, respectivamente.

P24 = precipitación máxima en 24 horas

Las curvas de intensidad – duración - frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/min)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio T = período de retorno en años t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración.

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\log(I) = \log(K) + m\log(T) - n\log(t)$$

O bien:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$$

Donde:

Y = log (I)                      a0 = log K

X1 = log (T)                    a1 = m

X2 = log (t)                    a2 = -n

Los factores K, m y n se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas anteriormente.

Tabla N°32: Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Duraciones en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Fuente: D. F. Campos A., 1978.

Tabla N° 33: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración – Estación Cerro de Pasco

Estación: Cerro de Pasco									
Tiempo de	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración							
Duración		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
24 hr	X24 = 100%	30.94	38.97	44.82	50.79	59.01	65.57	72.45	82.09
18 hr	X18 = 91%	28.16	35.46	40.79	46.22	53.70	59.67	65.93	74.70
12 hr	X12 = 80%	24.75	31.18	35.86	40.63	47.21	52.46	57.96	65.67
8 hr	X8 = 68%	21.04	26.50	30.48	34.54	40.13	44.59	49.27	55.82
6 hr	X6 = 61%	18.87	23.77	27.34	30.98	36.00	40.00	44.19	50.07
5 hr	X5 = 57%	17.64	22.21	25.55	28.95	33.64	37.37	41.30	46.79
4 hr	X4 = 52%	16.09	20.26	23.31	26.41	30.69	34.10	37.67	42.69
3 hr	X3 = 46%	14.23	17.93	20.62	23.36	27.14	30.16	33.33	37.76
2 hr	X2 = 39%	12.07	15.20	17.48	19.81	23.01	25.57	28.26	32.02
1 hr	X1 = 30%	9.28	10.08	11.63	13.60	15.05	16.50	19.84	19.84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 34: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración – Estación Oxapampa

Estación: Oxapampa									
Tiempo de	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración							
Duración		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
24 hr	X24 = 100%	46.13	55.97	62.48	68.73	76.81	82.87	88.91	96.87
18 hr	X18 = 91%	41.98	50.93	56.86	62.54	69.90	75.41	80.91	88.15
12 hr	X12 = 80%	36.90	44.78	49.98	54.98	61.45	66.30	71.13	77.50
8 hr	X8 = 68%	31.37	38.06	42.49	46.74	52.23	56.35	60.46	65.87
6 hr	X6 = 61%	28.14	34.14	38.11	41.93	46.85	50.55	54.24	59.09
5 hr	X5 = 57%	26.29	31.90	35.61	39.18	43.78	47.24	50.68	55.22
4 hr	X4 = 52%	23.99	29.10	32.49	35.74	39.94	43.09	46.23	50.37
3 hr	X3 = 46%	21.22	25.75	28.74	31.62	35.33	38.12	40.90	44.56
2 hr	X2 = 39%	17.99	21.83	24.37	26.80	29.96	32.32	34.67	37.78
1 hr	X1 = 30%	13.84	16.79	18.74	20.62	23.04	24.86	26.67	29.06

Fuente: Elaboración Propia

Intensidades de lluvia basadas en Pd, según duración y frecuencia.

Tabla N° 35: Intensidad de lluvia a partir de Precipitación Máxima Pd – Estación Cerro de Pasco

Estación: Cerro de Pasco								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr.	min.	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años	200 años
24 hr	1440	1.2892	1.6238	1.8675	2.1163	2.4588	2.7321	3.0188
18 hr	1080	1.5642	1.9702	2.2659	2.5677	2.9833	3.3149	3.6628
12 hr	720	2.0627	2.5980	2.9880	3.3860	3.9340	4.3713	4.8300
8 hr	480	2.6299	3.3125	3.8097	4.3172	5.0159	5.5735	6.1583
6 hr	360	3.1456	3.9620	4.5567	5.1637	5.9994	6.6663	7.3658
5 hr	300	3.5272	4.4426	5.1095	5.7901	6.7271	7.4750	8.2593
4 hr	240	4.0222	5.0661	5.8266	6.6027	7.6713	8.5241	9.4185
3 hr	180	4.7441	5.9754	6.8724	7.7878	9.0482	10.0541	11.1090
2 hr	120	6.0333	7.5992	8.7399	9.9041	11.5070	12.7862	14.1278
1 hr	60	9.2820	10.0773	11.6320	13.5963	15.0536	16.5001	19.8427

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 36: Intensidad de lluvia a partir de Precipitación Máxima Pd – Estación Oxapampa.

Estación: Oxapampa								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr.	min.	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años	200 años
24 hr	1440	1.9221	2.3321	2.6033	2.8638	3.2004	3.4529	3.7046
18 hr	1080	2.3321	2.8296	3.1587	3.4747	3.8832	4.1895	4.4949
12 hr	720	3.0753	3.7313	4.1653	4.5820	5.1207	5.5247	5.9273
8 hr	480	3.9211	4.7575	5.3108	5.8421	6.5289	7.0440	7.5574
6 hr	360	4.6899	5.6903	6.3521	6.9876	7.8090	8.4251	9.0392
5 hr	300	5.2588	6.3806	7.1227	7.8352	8.7563	9.4472	10.1357
4 hr	240	5.9969	7.2761	8.1224	8.9349	9.9853	10.7731	11.5583
3 hr	180	7.0733	8.5821	9.5803	10.5386	11.7775	12.7067	13.6329
2 hr	120	8.9954	10.9142	12.1836	13.4024	14.9780	16.1597	17.3375
1 hr	60	13.8390	16.7910	18.7440	20.6190	23.0430	24.8610	26.6730

Fuente: Elaboración Propia

Regresión curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

Se muestra para la estación Cerro de Pasco, para la Estación Oxapampa se muestra en el Anexo I – Hidrología.

Tabla N° 37: Regresión IDF T=2 años - Estación Cerro de Pasco

Periodo de retorno para Ts = 2 año						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.2892	7.2724	0.2540	1.8472	52.8878
2	1080	1.5642	6.9847	0.4474	3.1247	48.7863
3	720	2.0627	6.5793	0.7240	4.7634	43.2865
4	480	2.6299	6.1738	0.9669	5.9697	38.1156
5	360	3.1456	5.8861	1.1460	6.7454	34.6462
6	300	3.5272	5.7038	1.2605	7.1896	32.5331
7	240	4.0222	5.4806	1.3918	7.6281	30.0374
8	180	4.7441	5.1930	1.5569	8.0850	26.9668
9	120	6.0333	4.7875	1.7973	8.6045	22.9201
10	60	9.2820	4.0943	2.2281	9.1225	16.7637
10	4980	38.3003	58.1555	11.7729	63.0801	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>4.7619</b>	<b>d =</b>	<b>116.9695</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>	

Figura N° 29: Regresión Curva IDF T=2 años – Estación Cerro de Pasco

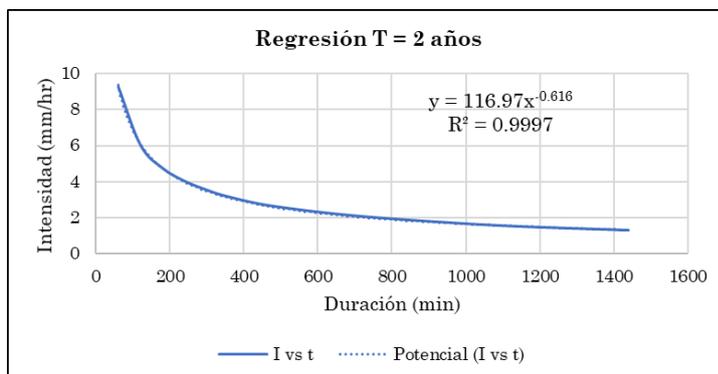


Tabla N° 38: Regresión IDF T=5 años - Estación Cerro de Pasco

Periodo de retorno para Ts = 5 año						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.6238	7.2724	0.4847	3.5252	52.8878
2	1080	1.9702	6.9847	0.6781	4.7364	48.7863
3	720	2.5980	6.5793	0.9547	6.2815	43.2865
4	480	3.3125	6.1738	1.1977	7.3943	38.1156
5	360	3.9620	5.8861	1.3767	8.1036	34.6462
6	300	4.4426	5.7038	1.4912	8.5057	32.5331
7	240	5.0661	5.4806	1.6226	8.8927	30.0374
8	180	5.9754	5.1930	1.7877	9.2832	26.9668
9	120	7.5992	4.7875	2.0280	9.7092	22.9201
10	60	10.0773	4.0943	2.3103	9.4591	16.7637
10	4980	46.6268	58.1555	13.9318	75.8909	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>4.8076</b>	<b>d =</b>	<b>122.442</b>	<b>n =</b>	<b>-0.5871</b>	

Figura N° 30: Regresión Curva IDF T=5 años – Estación Cerro de Pasco

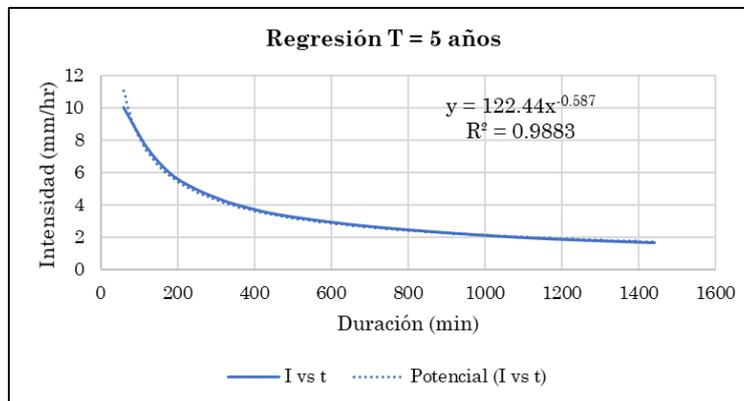


Tabla N°39: Regresión IDF T=10 años - Estación Cerro de Pasco

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.8675	7.2724	0.6246	4.5423	52.8878
2	1080	2.2659	6.9847	0.8180	5.7133	48.7863
3	720	2.9880	6.5793	1.0946	7.2017	43.2865
4	480	3.8097	6.1738	1.3376	8.2578	38.1156
5	360	4.5567	5.8861	1.5166	8.9269	34.6462
6	300	5.1095	5.7038	1.6311	9.3034	32.5331
7	240	5.8266	5.4806	1.7624	9.6593	30.0374
8	180	6.8724	5.1930	1.9275	10.0095	26.9668
9	120	8.7399	4.7875	2.1679	10.3788	22.9201
10	60	11.6320	4.0943	2.4538	10.0465	16.7637
10	4980	53.6681	58.1555	15.3340	84.0394	346.9435
<b>Ln (d)</b> =	<b>4.9520</b>	<b>d =</b>	<b>141.458</b>	<b>n =</b>	<b>-0.5878</b>	

Figura N° 31: Regresión Curva IDF T=10 años – Estación Cerro de Pasco:

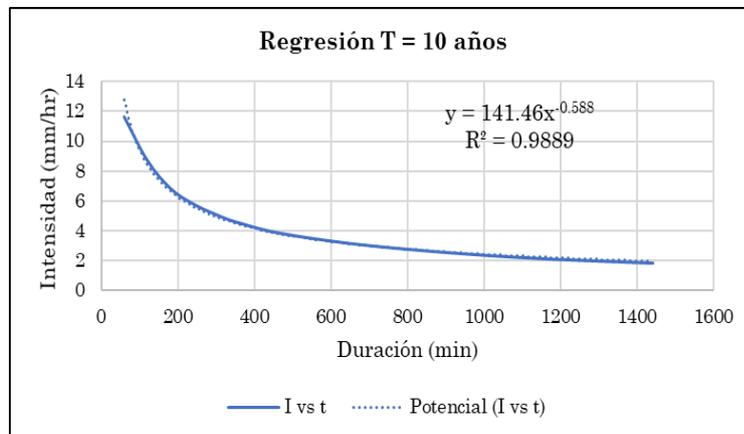


Tabla N° 40: Regresión IDF T=20 años - Estación Cerro de Pasco

Periodo de retorno para T = 20 años						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.1163	7.2724	0.7496	5.4517	52.8878
2	1080	2.5677	6.9847	0.9430	6.5867	48.7863
3	720	3.3860	6.5793	1.2196	8.0244	43.2865
4	480	4.3172	6.1738	1.4626	9.0298	38.1156
5	360	5.1637	5.8861	1.6416	9.6629	34.6462
6	300	5.7901	5.7038	1.7561	10.0167	32.5331
7	240	6.6027	5.4806	1.8875	10.3446	30.0374
8	180	7.7878	5.1930	2.0526	10.6588	26.9668
9	120	9.9041	4.7875	2.2929	10.9774	22.9201
10	60	13.5963	4.0943	2.6098	10.6854	16.7637
10	4980	61.2317	58.1555	16.6155	91.4384	346.9435
Ln (d) =	5.1157	d =	166.610	n =	-0.5939	

Figura N° 32: Regresión Curva IDF T=20 años – Estación Cerro de Pasco:

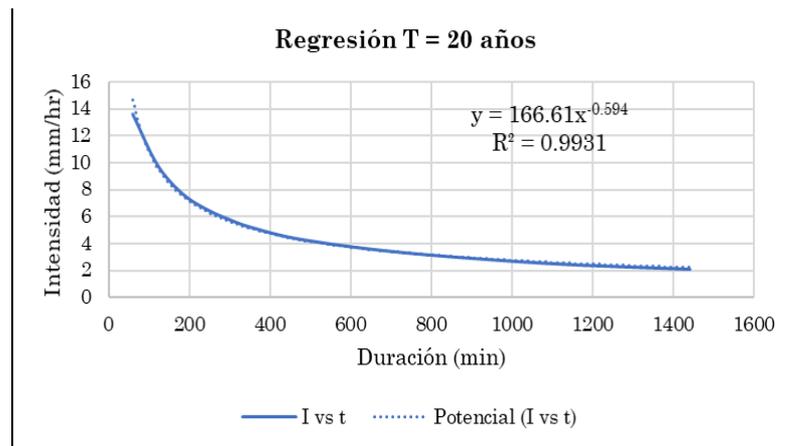


Tabla N° 41: Regresión IDF T=50 años - Estación Cerro de Pasco

Periodo de retorno para T = 50 años						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.4588	7.2724	0.8997	6.5426	52.8878
2	1080	2.9833	6.9847	1.0930	7.6345	48.7863
3	720	3.9340	6.5793	1.3697	9.0113	43.2865
4	480	5.0159	6.1738	1.6126	9.9559	38.1156
5	360	5.9994	5.8861	1.7917	10.5458	34.6462
6	300	6.7271	5.7038	1.9062	10.8723	32.5331
7	240	7.6713	5.4806	2.0375	11.1667	30.0374
8	180	9.0482	5.1930	2.2026	11.4378	26.9668

<b>9</b>	<b>120</b>	<b>11.5070</b>	4.7875	2.4430	11.6956	22.9201
<b>10</b>	<b>60</b>	<b>15.0536</b>	4.0943	2.7116	11.1023	16.7637
<b>10</b>	4980	70.3984	<b>58.1555</b>	<b>18.0674</b>	<b>99.9648</b>	<b>346.9435</b>
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.2056</b>	<b>d =</b>	<b>182.297</b>	<b>n =</b>	<b>-0.5845</b>	

Figura N° 33: Regresión Curva IDF T=50 años – Estación Cerro de Pasco:

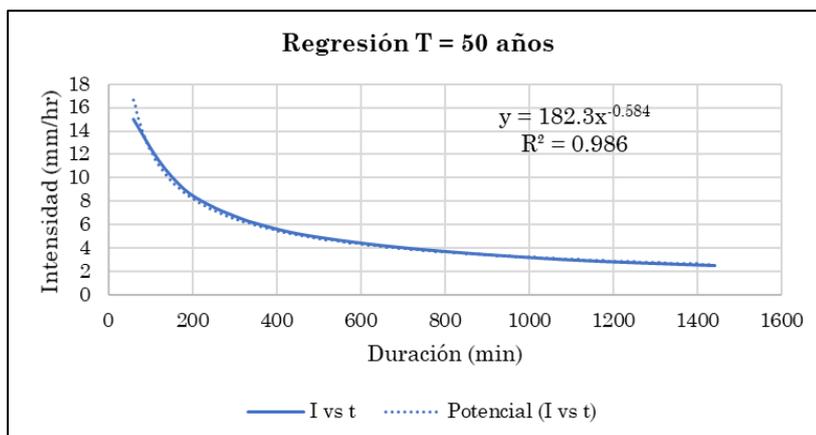


Tabla N° 42: Regresión IDF T=100 años - Estación Cerro de Pasco

<b>Periodo de retorno para T = 100 años</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
<b>1</b>	<b>1440</b>	<b>2.7321</b>	7.2724	1.0051	7.3092	52.8878
<b>2</b>	<b>1080</b>	<b>3.3149</b>	6.9847	1.1984	8.3707	48.7863
<b>3</b>	<b>720</b>	<b>4.3713</b>	6.5793	1.4751	9.7048	43.2865
<b>4</b>	<b>480</b>	<b>5.5735</b>	6.1738	1.7180	10.6067	38.1156
<b>5</b>	<b>360</b>	<b>6.6663</b>	5.8861	1.8971	11.1663	34.6462
<b>6</b>	<b>300</b>	<b>7.4750</b>	5.7038	2.0116	11.4735	32.5331
<b>7</b>	<b>240</b>	<b>8.5241</b>	5.4806	2.1429	11.7444	30.0374
<b>8</b>	<b>180</b>	<b>10.0541</b>	5.1930	2.3080	11.9852	26.9668
<b>9</b>	<b>120</b>	<b>12.7862</b>	4.7875	2.5484	12.2003	22.9201
<b>10</b>	<b>60</b>	<b>16.5001</b>	4.0943	2.8034	11.4779	16.7637
<b>10</b>	4980	77.9974	<b>58.1555</b>	<b>19.1078</b>	<b>106.0392</b>	<b>346.9435</b>
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.2940</b>	<b>d =</b>	<b>199.145</b>	<b>n =</b>	<b>-0.5818</b>	

Figura N° 34: Regresión Curva IDF T=100 años – Estación Cerro de Pasco:

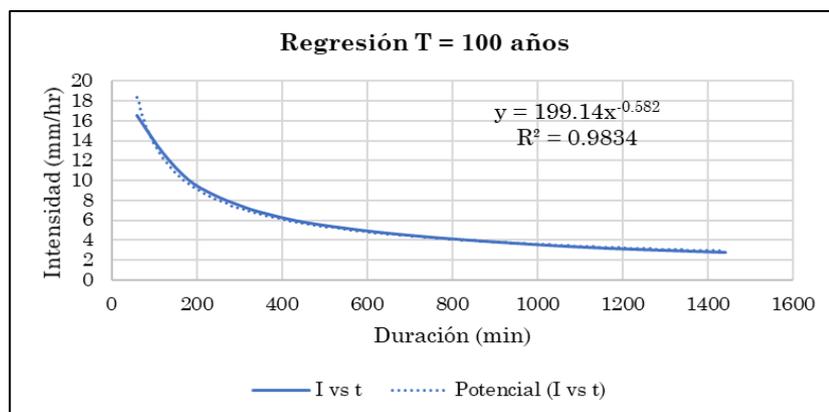
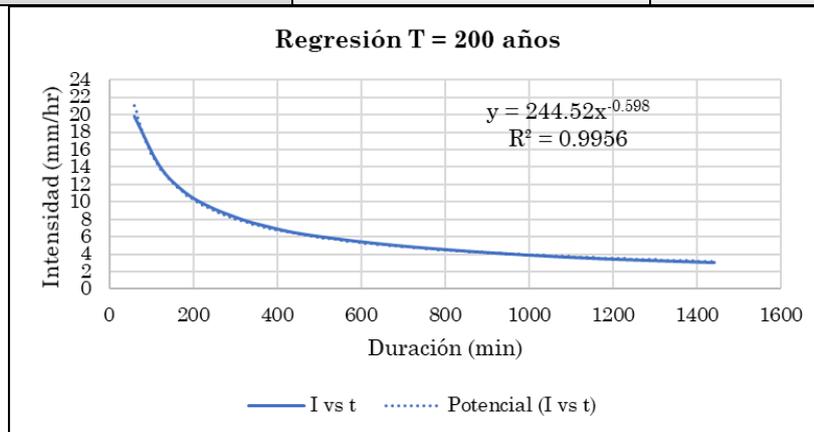


Tabla N° 43: Regresión IDF T=200 años - Estación Cerro de Pasco

Periodo de retorno para T = 200 años						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3.0188	7.2724	1.1048	8.0349	52.8878
2	1080	3.6628	6.9847	1.2982	9.0677	48.7863
3	720	4.8300	6.5793	1.5748	10.3613	43.2865
4	480	6.1583	6.1738	1.8178	11.2227	38.1156
5	360	7.3658	5.8861	1.9968	11.7536	34.6462
6	300	8.2593	5.7038	2.1113	12.0426	32.5331
7	240	9.4185	5.4806	2.2427	12.2913	30.0374
8	180	11.1090	5.1930	2.4078	12.5034	26.9668
9	120	14.1278	4.7875	2.6481	12.6780	22.9201
10	60	19.8427	4.0943	2.9878	12.2332	16.7637
10	4980	87.7928	58.1555	20.1903	112.1886	346.9435
Ln (d) =	5.4993	d =	244.521	n =	-0.5984	

Figura N° 35: Regresión Curva IDF T=200 años – Estación Cerro de Pasco

<b>Resumen de aplicación de regresión potencial</b>		
<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>Término cte. de regresión (d)</b>	<b>Coef. de regresión [n]</b>
<b>2</b>	116.96945051357	-0.61638608809
<b>5</b>	122.44234906791	-0.58712638861
<b>10</b>	141.45765422112	-0.58783770004
<b>20</b>	166.60976928627	-0.59394362360
<b>50</b>	182.29684399943	-0.58445072651
<b>100</b>	199.14453487783	-0.58175954632
<b>200</b>	244.52147684861	-0.59844318377
<b>Promedio =</b>	167.63458268782	-0.59284960813



Resumen de aplicación de regresión potencial

Tabla N° 44: Resumen de aplicación de regresión - Estación Cerro de Pasco

Tabla N° 45: Resumen de aplicación de regresión - Estación Oxapampa

<b>Resumen de aplicación de regresión potencial</b>		
<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>Término cte. de regresión (d)</b>	<b>Coef. de regresión [n]</b>
<b>2</b>	174.39562870688	-0.61638608809
<b>5</b>	211.59599693744	-0.61638608809
<b>10</b>	236.20721616316	-0.61638608809
<b>20</b>	259.83549882991	-0.61638608809

<b>50</b>	290.38214266151	-0.61638608809
<b>100</b>	313.29212553522	-0.61638608809
<b>200</b>	336.12649790437	-0.61638608809
<b>Promedio =</b>	260.26215810550	-0.61638608809

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

Tabla N° 46: Determinación de los coeficientes k, m, n - Estación Cerro de Pasco

<b>Regresión potencial</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	2	116.9695	0.6931	4.7619	3.3007	0.4805
2	5	122.4423	1.6094	4.8076	7.7376	2.5903
3	10	141.4577	2.3026	4.9520	11.4024	5.3019
4	20	166.6098	2.9957	5.1157	15.3251	8.9744
5	50	182.2968	3.9120	5.2056	20.3646	15.3039
6	100	199.1445	4.6052	5.2940	24.3799	21.2076
7	200	244.5215	5.2983	5.4993	29.1371	28.0722
7	387	1173.4421	<b>21.4164</b>	<b>35.6362</b>	<b>111.6474</b>	<b>81.9307</b>
<b>Ln (K) = 4.6025</b>		<b>K = 99.7367</b>		<b>m = 0.1596</b>		
<b>Termino constante de regresión (K) =</b>			<b>99.7367</b>			
<b>Coef. de regresión (m) =</b>			<b>0.159618</b>			
<b>Coef. de regresión (n) =</b>			<b>0.616386</b>			

Tabla N° 47: Determinación de los coeficientes k, m, n - Estación Oxapampa.

<b>Regresión potencial</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	2	174.3956	0.6931	5.1613	3.5776	0.4805
2	5	211.5960	1.6094	5.3547	8.6180	2.5903
3	10	236.2072	2.3026	5.4647	12.5830	5.3019
4	20	259.8355	2.9957	5.5600	16.6564	8.9744
5	50	290.3821	3.9120	5.6712	22.1859	15.3039
6	100	313.2921	4.6052	5.7471	26.4665	21.2076
7	200	336.1265	5.2983	5.8175	30.8229	28.0722
7	387	1821.8351	<b>21.4164</b>	<b>38.7766</b>	<b>120.9102</b>	<b>81.9307</b>
<b>Ln (K) = 5.1155</b>		<b>K = 166.5881</b>		<b>m = 0.1386</b>		
<b>Termino constante de regresión (K) =</b>			<b>166.5881</b>			

<b>Coef. de regresión (m) =</b>	<b>0.138581</b>			
<b>Coef. de regresión (n) =</b>	<b>0.616386</b>			

Curvas de Intensidad - Duración – Frecuencia

En base a los cálculos anteriores la ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

- Para la estación Cerro de Pasco:

$$99.7367 \cdot T^{0.159618}$$

$$I = \text{_____} t^{0.616398}$$

- Para la estación Oxapampa:

$$166.5881 \cdot T^{0.138581}$$

$$I = \text{_____} t^{0.616398}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación

(mm/hr) T = Periodo de

Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla N° 48: IDF - Estación Cerro de Pasco

Tabla de intensidades - Tiempo de duración - Estación Cerro de Pasco								
Duración (horas)	T = Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	20	50	100	200	500
2	5.83	6.74	7.53	8.41	9.74	10.88	12.15	14.06
4	3.80	4.40	4.91	5.49	6.35	7.10	7.93	9.17
6	2.96	3.43	3.83	4.27	4.95	5.53	6.17	7.14
8	2.48	2.87	3.20	3.58	4.14	4.63	5.17	5.98
10	2.16	2.50	2.79	3.12	3.61	4.03	4.51	5.21
12	1.93	2.23	2.50	2.79	3.23	3.60	4.03	4.66

14	1.76	2.03	2.27	2.54	2.93	3.28	3.66	4.24
16	1.62	1.87	2.09	2.34	2.70	3.02	3.37	3.90
18	1.50	1.74	1.94	2.17	2.51	2.81	3.14	3.63
20	1.41	1.63	1.82	2.03	2.36	2.63	2.94	3.40
22	1.33	1.54	1.72	1.92	2.22	2.48	2.77	3.21
24	1.26	1.46	1.63	1.82	2.11	2.35	2.63	3.04

Figura N° 36: Curvas IDF- Estación Cerro de Pasco

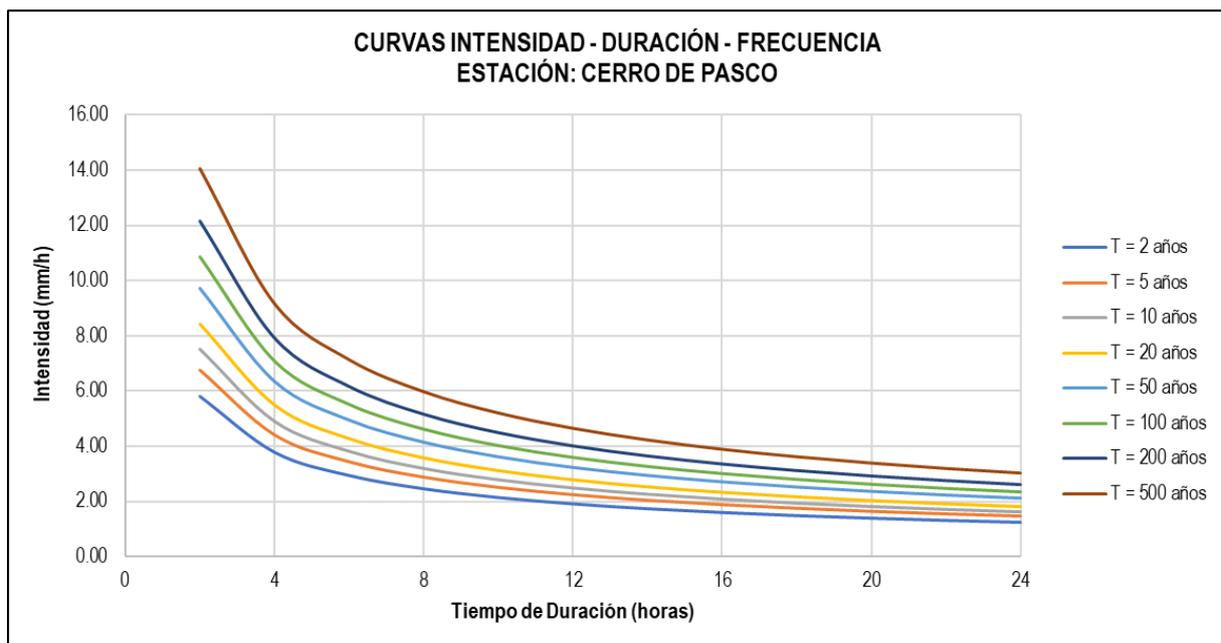
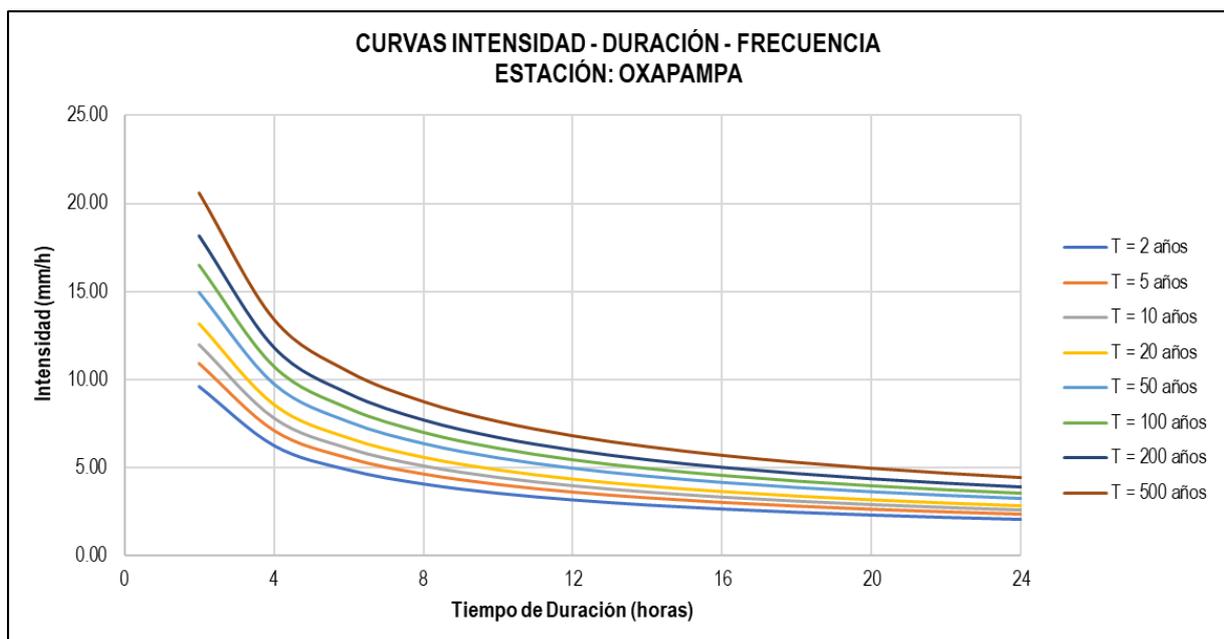


Tabla N° 49: IDF - Estación Cerro de Oxapampa

Tabla de intensidades - Tiempo de duración - Estación Oxapampa								
Duración (horas)	T = Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	20	50	100	200	500
2	119.62	135.82	149.51	164.59	186.87	205.71	226.45	257.11

4	78.03	88.59	97.53	107.36	121.90	134.19	147.71	167.71
6	60.77	69.00	75.96	83.62	94.94	104.51	115.05	130.63
8	50.90	57.79	63.62	70.03	79.51	87.53	96.35	109.40
10	44.36	50.36	55.44	61.03	69.30	76.28	83.97	95.34
12	39.64	45.01	49.55	54.54	61.93	68.17	75.05	85.21
14	36.05	40.93	45.06	49.60	56.32	61.99	68.24	77.48
16	33.20	37.70	41.50	45.68	51.87	57.10	62.85	71.36
18	30.88	35.06	38.59	42.48	48.23	53.10	58.45	66.36
20	28.94	32.85	36.17	39.81	45.20	49.76	54.78	62.19
22	27.28	30.98	34.10	37.54	42.62	46.92	51.65	58.64
24	25.86	29.36	32.32	35.58	40.40	44.47	48.95	55.58

Figura N° 37: Curvas IDF- Estación Oxapampa



### Intensidad Hietograma: Método del bloqueo Alterno (mm)

Se muestra el Hietograma para un tiempo de retorno de 50 años, para los demás tiempos de retorno se podrá observar en Anexo I – Hidrología.

Tabla N° 50: Hietograma T = 50 años – Estación Cerro de Pasco

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 50 AÑOS								
Duración de la tormenta (h)	24							
Intensidad de lluvia (mm/h)	2.11							
Precipitación en 24 horas (mm)	50.52							
Precipitación de Diseño (mm)	59.01							
Intervalos de tiempo (min)	120							
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Incremento de Precipitación (mm)	Hietograma (mm)	Hietograma normalizado (mm)	Hietograma normalizado ordenado (mm)	Precipitación Acumulada (mm)	Intensidad (mm/h)
120	9.74	19.48	19.48	1.75	2.05	22.75	22.75	11.37
240	6.35	25.41	5.93	2.00	2.33	6.93	29.68	7.42
360	4.95	29.68	4.28	2.36	2.76	4.99	34.67	5.78
480	4.14	33.15	3.46	2.96	3.46	4.05	38.72	4.84
600	3.61	36.11	2.96	4.28	4.99	3.46	42.18	4.22
720	3.23	38.73	2.62	19.48	22.75	3.06	45.23	3.77
840	2.93	41.09	2.36	5.93	6.93	2.76	47.99	3.43
960	2.70	43.24	2.16	3.46	4.05	2.52	50.51	3.16
1080	2.51	45.24	2.00	2.62	3.06	2.33	52.84	2.94
1200	2.36	47.11	1.87	2.16	2.52	2.18	55.02	2.75
1320	2.22	48.86	1.75	1.87	2.18	2.05	57.07	2.59
1440	2.11	50.52	1.66	1.66	1.94	1.94	59.01	2.46

Figura N° 38: Hietograma T = 50 años – Estación Cerro de Pasco

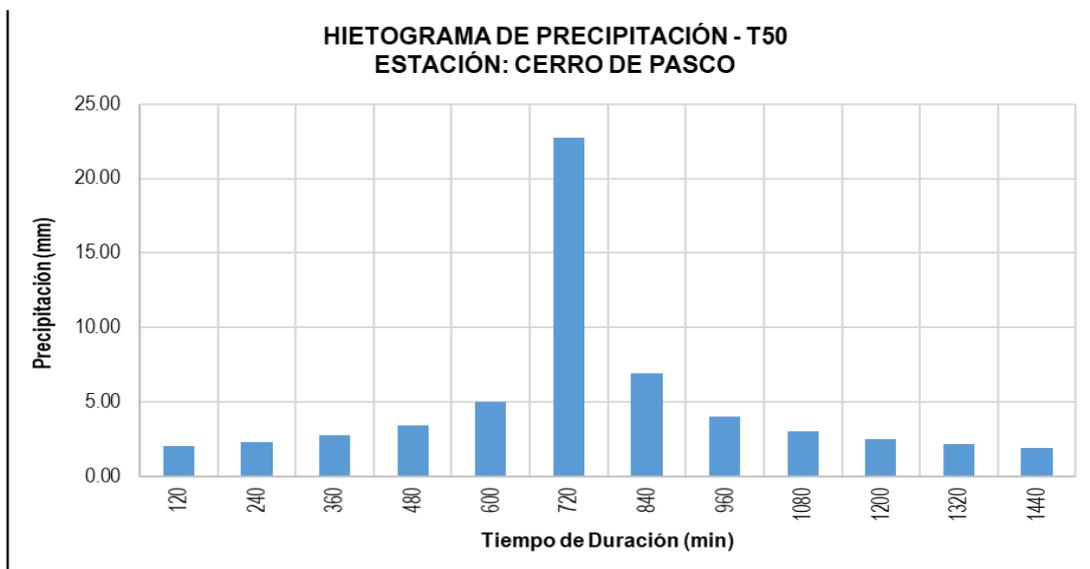
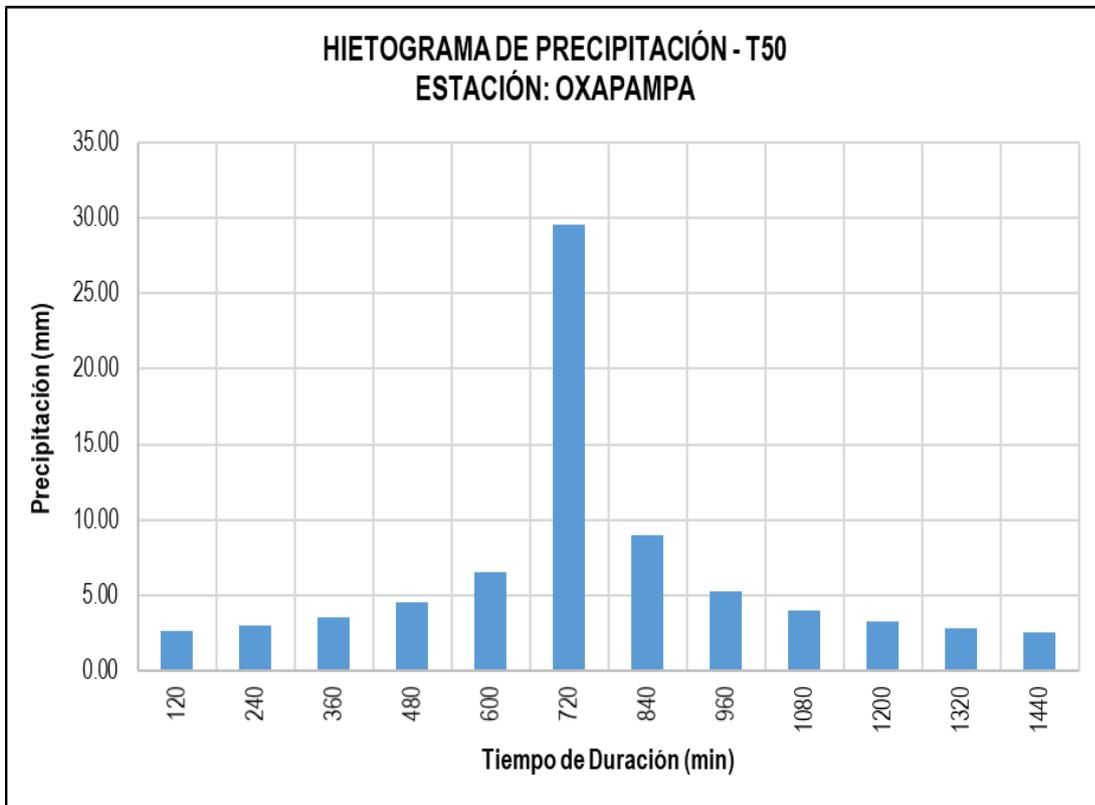


Tabla N° 51: Hietograma T = 50 años – Estación Oxapampa

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 50 AÑOS								
Duración de la tormenta (h)		24						
Intensidad de lluvia (mm/h)		3.24						
Precipitación en 24 horas (mm)		77.72						
Precipitación de Diseño (mm)		76.81						
Intervalos de tiempo (min)		120						
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Incremento de Precipitación (mm)	Hietograma (mm)	Hietograma normalizado (mm)	Hietograma normalizado ordenado (mm)	Precipitación Acumulada (mm)	Intensidad (mm/h)
120	14.98	29.96	29.96	2.70	2.67	29.61	29.61	14.80
240	9.77	39.09	9.13	3.07	3.04	9.02	38.63	9.66
360	7.61	45.66	6.58	3.63	3.59	6.50	45.13	7.52
480	6.37	50.99	5.33	4.56	4.50	5.27	50.39	6.30
600	5.55	55.55	4.56	6.58	6.50	4.50	54.90	5.49
720	4.96	59.57	4.02	29.96	29.61	3.98	58.88	4.91
840	4.51	63.20	3.63	9.13	9.02	3.59	62.46	4.46
960	4.16	66.52	3.32	5.33	5.27	3.28	65.75	4.11
1080	3.87	69.60	3.07	4.02	3.98	3.04	68.78	3.82
1200	3.62	72.47	2.87	3.32	3.28	2.84	71.62	3.58
1320	3.42	75.17	2.70	2.87	2.84	2.67	74.29	3.38
1440	3.24	77.72	2.55	2.55	2.52	2.52	76.81	3.20

Figura N° 39: Hietograma T = 50 años – Estación Oxapampa



### **Características del diseño anterior.**

Se utilizó un método de hidrograma unitario con las siguientes características para determinar el flujo máximo en el embalse inferior donde ocurren efectos de difusión que moderan el flujo máximo:

### **Calcular el número de curvas.**

El número de curva (CN) es un parámetro que tiene un impacto en la escorrentía de la cuenca y depende del estado hidrológico del suelo, el uso y la gestión de la tierra.

La siguiente tabla se considera para la selección:

Tabla N° 52: Descripción del Grupo Hidrológico

<b>GRUPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Grupo A	Bajo riesgo de derrame. Suelo con alta permeabilidad en condiciones húmedas, principalmente arenas y gravas profundas, con buen o excelente drenaje Estos suelos son permeables.
Grupo B	Los suelos con una estructura de grano fino moderada y profundidades de drenaje moderadas a moderadas son los que exhiben tasas de infiltración moderadas cuando están húmedos. El suelo es principalmente arenoso. Cuando está húmedo, los suelos con baja permeabilidad se componen principalmente de capas que impiden el flujo de agua. Se trata de suelos de grano fino. En estos suelos, la tasa de infestación es baja.
Grupo C	El potencial de drenaje es alto. En condiciones húmedas, especialmente en suelos arcillosos con alto potencial de hinchazón, suelos con un nivel freático persistente, suelos con una capa de arcilla cerca de la superficie o suelos poco profundos en estratos impermeables.
Grupo D	Bajo riesgo de derrame. Suelo con alta permeabilidad en condiciones húmedas, principalmente arenas y gravas profundas, con buen o excelente drenaje Estos suelos son permeables.

Tabla N° 53: Descripción del Uso de Tierra y Grupo Hidrológico

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: Condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre sin hierbas	45	66	77	83
	Cubierta Buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques en condiciones óptimas, cubiertas > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
Residencial		Grupo hidrológico del suelo			
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable	A	B	C	D
505.8 m <sup>2</sup>	65%	77	85	90	92
1011.6 m <sup>2</sup>	38%	61	75	83	87
1348.9 m <sup>2</sup>	30%	57	72	81	86
2023.5 m <sup>2</sup>	25%	54	70	80	85
4046.9 m <sup>2</sup>	20%	51	68	79	84
Pavimentos, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98

Calles y carreteras	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

### **Modelado**

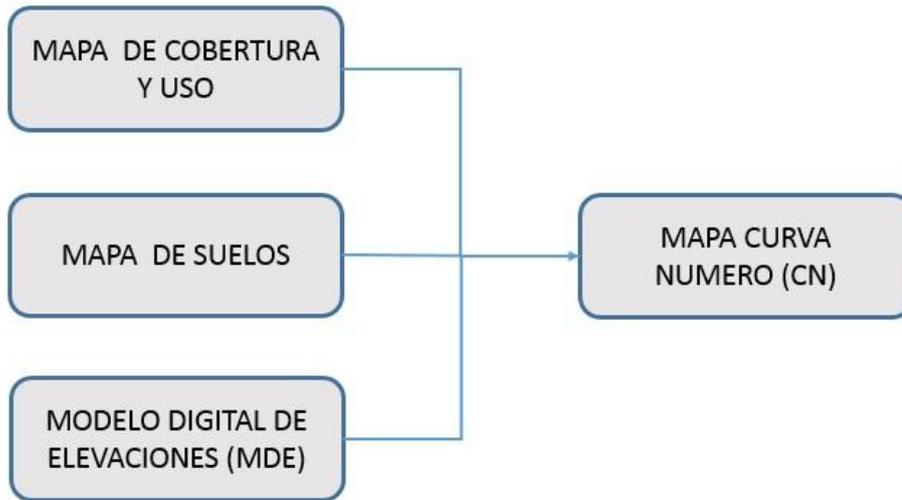
Los modelos hidrológicos tienen como objetivo ilustrar los múltiples procesos que afectan la formación de flujo y la distribución de la precipitación en una cuenca. La ósmosis juega un papel importante en el movimiento del agua. El proceso por el cual la precipitación desciende por la superficie del suelo y aumenta la humedad del suelo se conoce como infiltración. SCS es uno de los métodos de modelado de penetración empírica más utilizados y experimentados.

En 2015, la Agencia Nacional del Agua (ANA) desarrolló una metodología para generar mapas temáticos numerados por curvas del territorio peruano. Este parámetro hidrológico es utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos para calcular la escorrentía.

Esta metodología se basa en el uso de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) que permiten la manipulación de una amplia gama de datos, como mapas de cobertura vegetal, suelos y modelos digitales de elevación (MED). Para crear este mapa, se utilizan tablas para realizar operaciones de reclasificación, interpolación y superposición en varias capas de información dependiente. El resultado es un mapa ráster de "número de curva".

Methodology: Seguimos el modelo teórico. Considera los factores que afectan la generación de números de curva.

Figura N° 40: Modelo Conceptual



Fuente: Generación del Mapa Temático de Curva Número CN, desarrollado por la Autoridad Nacional del Agua ANA. Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos, (2015).

### **Modelo Digital de Elevaciones – MDE:**

Figura N° 41: Modelo de Elevación Digital del Perú

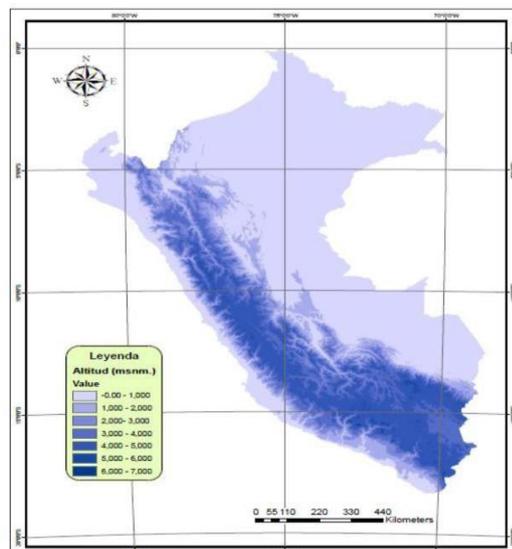
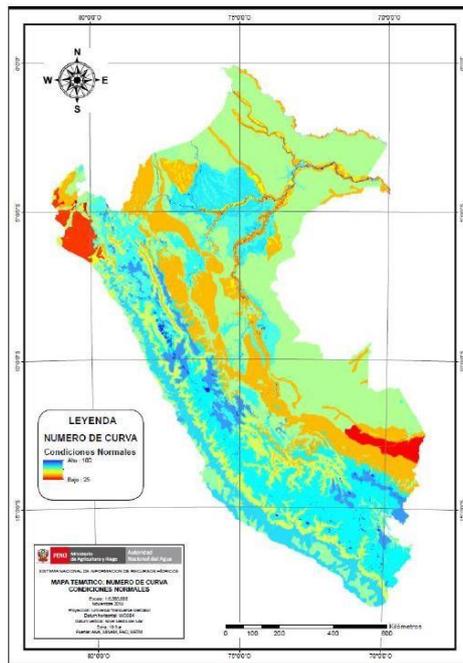




Figura N° 44: Mapa de Tipo de Suelo del Perú.



Fuente: Generación del Mapa Temático de Curva Número CN, desarrollado por la Autoridad Nacional del Agua ANA. Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos, (2015).

### Número de Curva en la Cuenca Paucartambo:

El estudio se basó en el Mapa Temático de Curva Número CN generado por la Autoridad Nacional del Agua ANA. El Sistema de Información de Recursos Hídricos Nacional, (2015). Se creó el mapa de la curva de números para la cuenca estudiada. cómo se ilustra a continuación:

Figura N° 45: Mapa de Numero Curva de la Cuenca

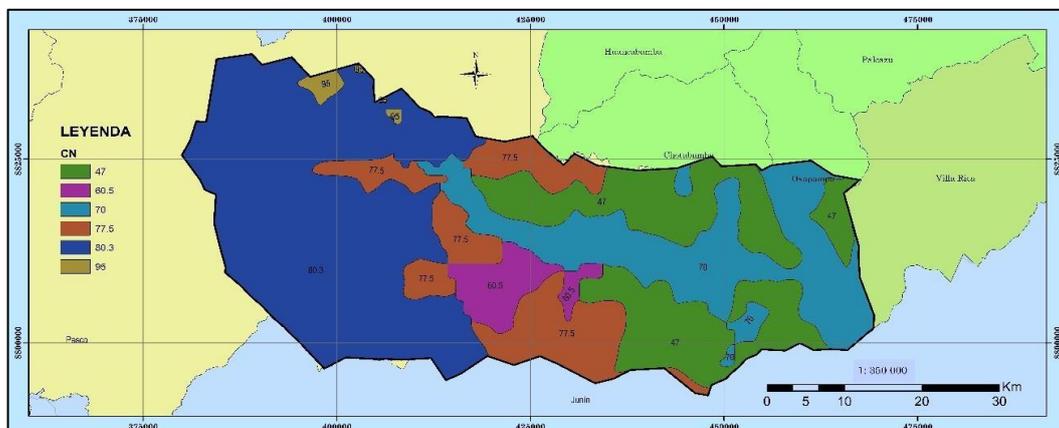


Tabla N° 54: Calculo del Número de Curva

Área (Km2)	Numero de Curva (CN)	Área x CN
250.800	47	11787.58
301.915	47	14189.99
18.193	60.5	1100.67
92.748	60.5	5611.27
3.682	70	257.72
17.219	70	1205.30
486.457	70	34051.98
163.822	77.5	12696.18
29.395	77.5	2278.09
50.618	77.5	3922.86
44.268	77.5	3430.79
78.110	77.5	6053.49
1043.373	80.3	83782.85
2.933	95	278.63
0.457	95	43.43
1.173	95	111.45
15.482	95	1470.83
	<b>CN</b>	<b>70.09</b>

Cálculo de la Abstracción Inicial

Para usar el modelo SCS o número de curva, debe conocer el tipo de uso de la tierra actual, la cobertura vegetal de la cuenca y el tipo de suelo relacionado con el grado de infiltración. Estos datos deben calcularse a partir de los datos anteriores y se encuentran en la tabla anterior.

$$S = \frac{25400 - 254 \times CN}{CN}$$

$$I_a = 0.2 \times S$$

Tabla N° 55: Calculo de la Abstracción Inicial

Descripción	Area (Km2)	CN	S	la (mm)
Cuenca rio Paucartambo	2,600.52	72.18	97.91	19.58

## Esquema General Modelamiento HEC-HMS:

La simulación hidrológica se realiza utilizando el programa HEC-HMS a partir de los datos obtenidos anteriormente.

En la sección anexos, se adjuntan los resultados finales gráficos y tabulares para los distintos periodos de retorno.

Figura N° 46: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Paucartambo.

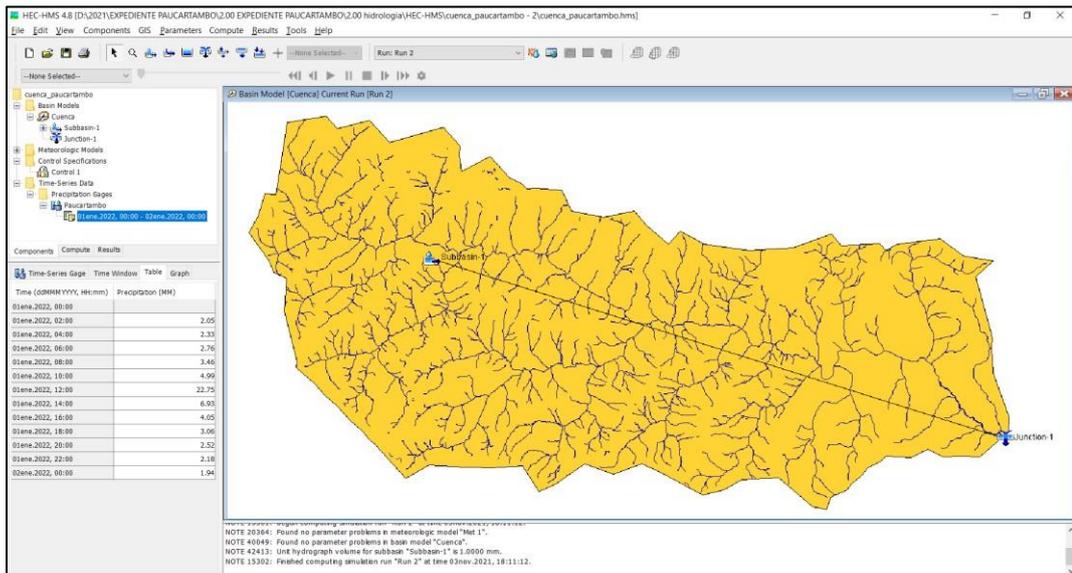


Figura N° 47: Resultados para T = 50 años – Estación Cerro de Pasco

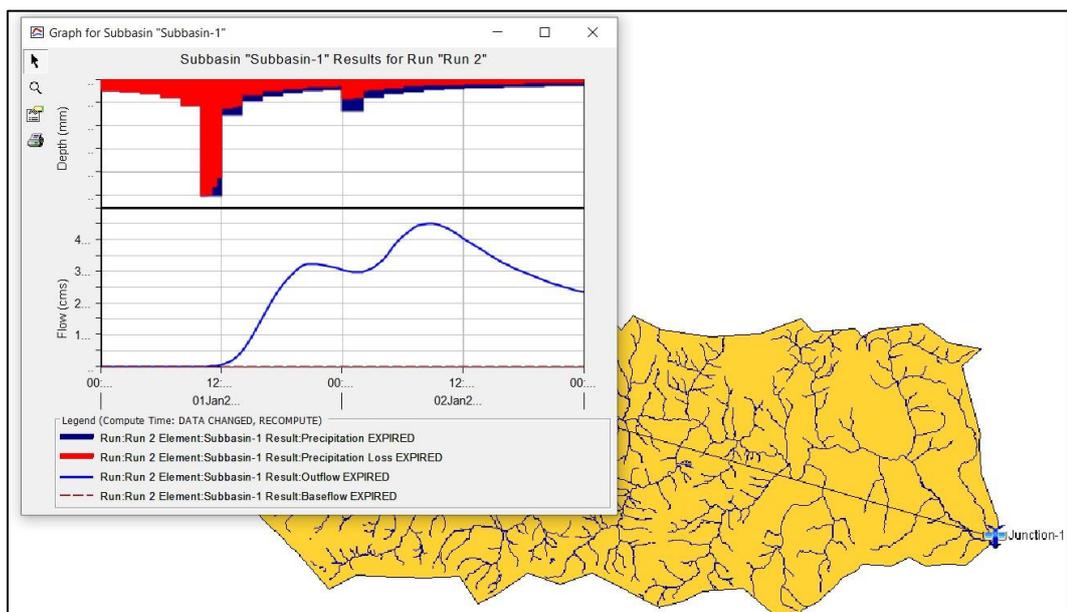


Figura N° 48: Caudal para T = 50 años – Estación Cerro de Pasco

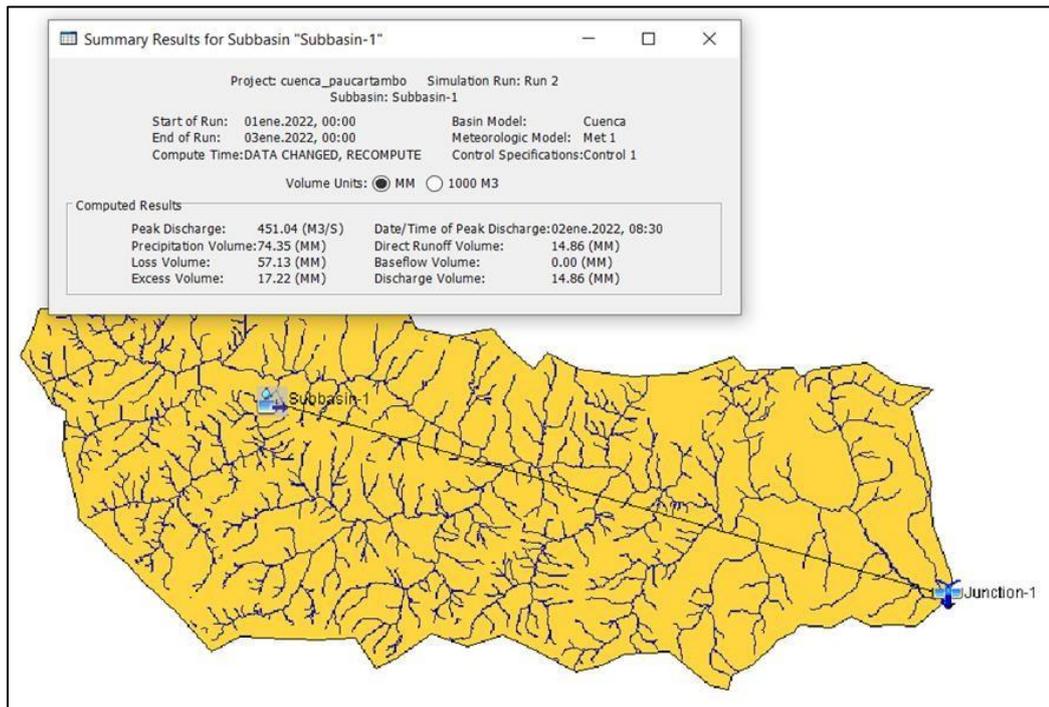


Figura N° 49: Caudal para un periodo T = 50 años – Estación Oxapampa.

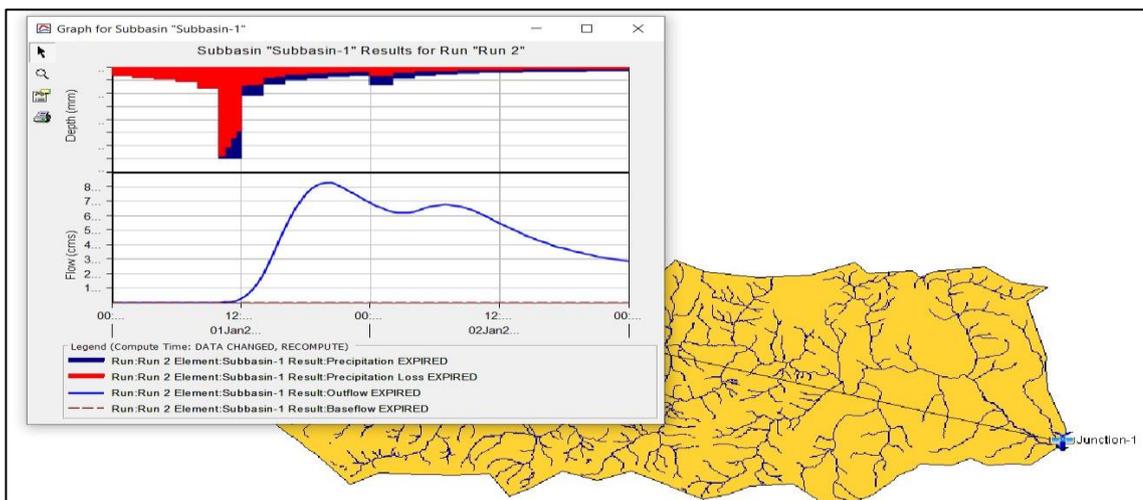
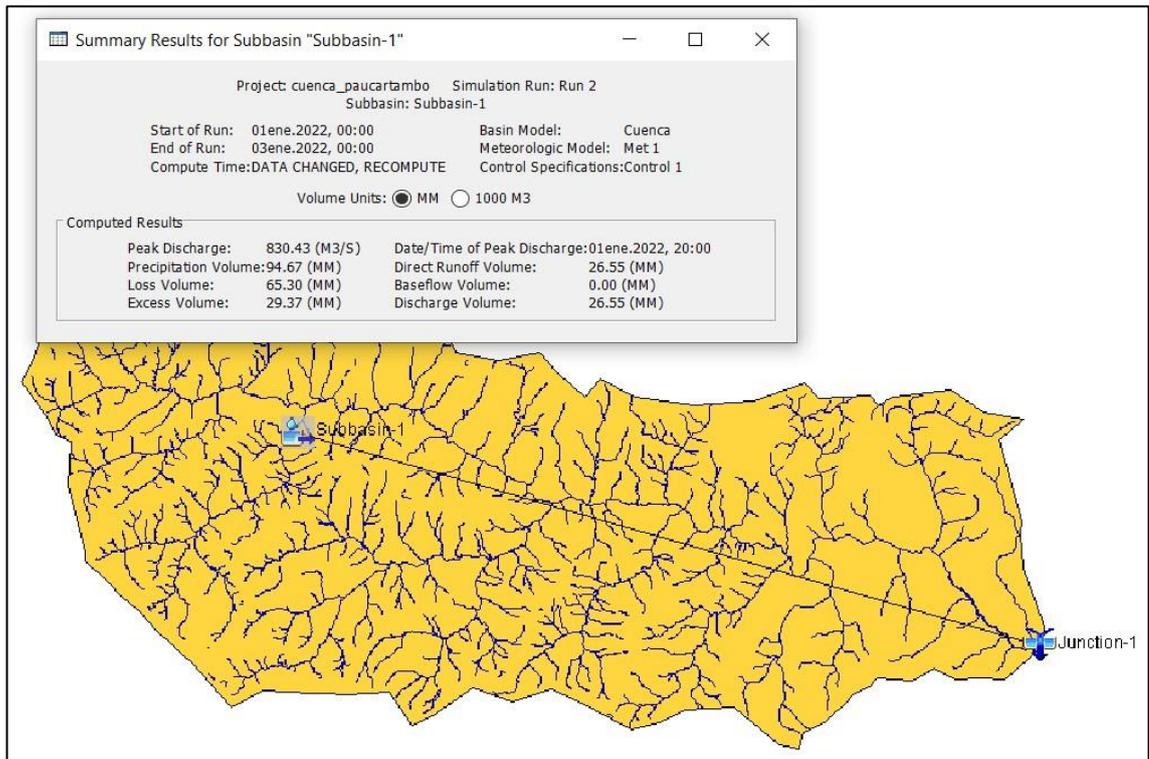


Figura N° 50: Caudal para T = 50 años – Estación Oxapampa.



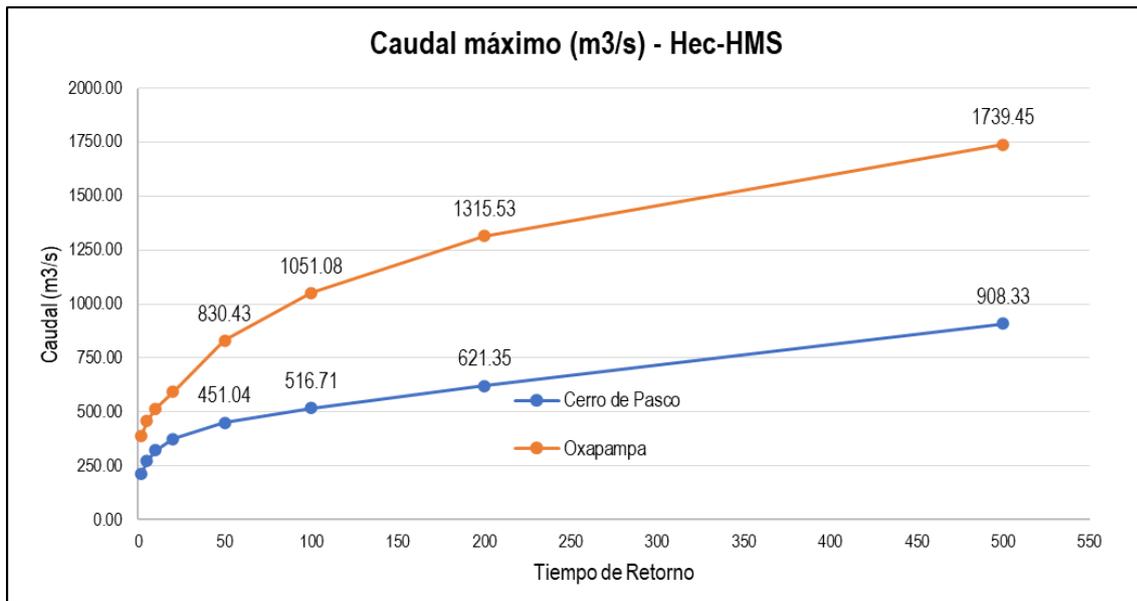
### Evaluación del Caudal de Diseño

Finalmente, la siguiente tabla muestra un resumen de los caudales de diseño para el periodo de retorno de 50 años para las dos estaciones utilizando el programa HecHMS:

Tabla N° 56: Resultados de caudales máximos – Hec-HMS .

Estación	Caudal máximo (m3/s) - Hec- HMS							
	T = 2 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 20 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 200 años	T = 500 años
Cerro de Pasco	215.37	273.11	321.14	373.54	451.04	516.71	621.35	908.33
Oxapampa	389.22	457.98	515.25	593.98	830.43	1051.08	1315.53	1739.45

Figura N° 51: Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s) - Hec-HMS



Esquema General método del Hidrograma triangular:

Bajo riesgo de derrame. Suelos húmedos y muy permeables, predominantemente arenosos y de gravas profundas, con buen o excelente drenaje. Estos suelos tienen alta permeabilidad.

Los suelos que exhiben tasas de lixiviación moderadas cuando están húmedos consisten principalmente en suelos con texturas de grano moderadamente fino y profundidades de drenaje de moderadas a moderadas. Suelo básicamente arenoso.

Los suelos poco permeables se componen principalmente de suelos con estratos que impiden el flujo de agua. Se trata de suelos de grano fino (margas arcillosas, margas arenosas planas). Las tasas de infección son bajas en estos suelos.

El potencial de drenaje es alto. Los suelos arcillosos con un nivel freático continuo, una cubierta arcillosa cerca de la superficie o suelos poco

profundos con subsuelo impermeable tienen un alto potencial de hinchazón y una permeabilidad muy baja:

$$q_p = \frac{0.555 A}{t_b}$$

Donde:  
 A: Área de la cuenca  
 en km<sup>2</sup> t<sub>b</sub>: Tiempo  
 base en horas.  
 q<sub>p</sub>: Descarga Pico en m<sup>3</sup>/s/mm

Muckus llega a la conclusión de que el tiempo base t<sub>b</sub> y el tiempo pico t<sub>p</sub> están relacionados mediante la expresión:

$$t_b = 2.67 t_p \quad (\text{en horas})$$

A su vez, el tiempo máximo se representa de esta manera:

$$t_p = \frac{de}{2} + t_r \quad (\text{en horas})$$

Donde:  
 t<sub>b</sub>: Tiempo base  
 en (hr). t<sub>p</sub>:  
 Tiempo pico en  
 (hr). de: Duración  
 en exceso (hr).  
 t<sub>r</sub>: Tiempo de retraso (hr), se estima mediante el tiempo de concentración t<sub>c</sub>, de la forma:

$$t_r = 0.6 t_c$$

Donde: t<sub>r</sub>:  
 Tiempo de  
 retraso (hr).  
 t<sub>c</sub>: Tiempo de concentración (hr).

Sin embargo, para cuencas con más de 5 km<sup>2</sup> de área (como el caso de este estudio), el tiempo pico se calcula como:

$$t_p = \sqrt{t_c} + t_r$$

Donde:  
 t<sub>p</sub>: es la duración en exceso (hr). t<sub>r</sub>: Tiempo de retraso (hr), el cual se estima mediante el tiempo de concentración t<sub>c</sub> como:

$$t_r = 0.6 t_c$$

Se puede calcular el tiempo de concentración  $t_c$  utilizando la ecuación de Kirpich, como:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:  
 $t_c$ : Tiempo de retraso (hr).  
 $L$ : longitud de cause principal en metros.  
 $S$ : pendiente en %.

Además, a falta de mejores datos, la duración en exceso con la que se tiene mayor gasto de pico se puede calcular aproximadamente para cuencas grandes, como:

$$d_e = 2\sqrt{t_c}$$

Alternativamente, para cuencas más pequeñas, como:

$$d_e = t_c$$

Donde:  
 $t_c$ : Tiempo de retraso (hr).  
 $d_e$ : duración en exceso (hr).

El caudal máximo se calcula utilizando la precipitación efectiva  $P_e$ .

$$Q_{max} = q_p \cdot P_e$$

$P_e$  puede calcularse utilizando los números de escurrimiento sugeridos por el Servicio de Conservación del Suelo de los Estados Unidos:

$$P_e = \frac{(P - \frac{5080}{N} + 50.80)^2}{P + \frac{20320}{N} - 203.2}$$

Donde:  
 $N$ : Numero de curva  
 $p_e$ : precipitación efectiva (mm).

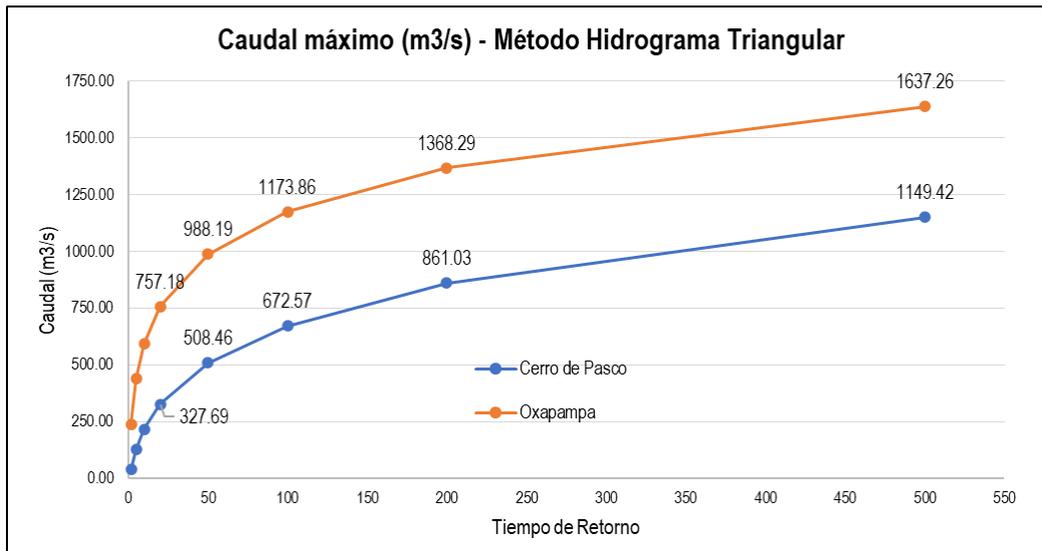
El Servicio de Conservación de Suelos (SCS) utilizó el método del número de curva para los cálculos de infiltración y el método del hidrograma unitario para las transformaciones hitográficas cuando el flujo del fondo era insignificante.

La esorrentía de inundaciones para la cuenca de Paucartambo se calculó utilizando criterios conservadores utilizando datos analíticos de precipitación máxima de 24 horas en dos estaciones (Cerro de Pasco y Oxapampa). En el tanque de prueba el número de curvas se calculó en 72,18. Basado en investigación: Construcción de mapas temáticos de curvas numéricas CN desarrollados por la Agencia Nacional del Agua ANA. Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos, (2015). En la tabla siguiente, se resumen los valores de caudales extremos evaluados para la cuenca bajo la influencia de las Estaciones: Cerro de Pasco y Oxapampa, correspondiente a la recurrencia media de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500 años.

Tabla N° 57: Resultados Caudal máximo – Hidrograma Triangular

Estación	Caudal máximo (m3/s) - Método Hidrograma Triangular							
	T = 2 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 20 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 200 años	T = 500 años
Cerro de Pasco	38.77	126.49	216.47	327.69	508.46	672.57	861.03	1149.42
Oxapampa	239.29	438.16	593.24	757.18	988.19	1173.86	1368.29	1637.26

Figura N° 52: Caudal máximo (m3/s) - Método Hidrograma Triangular



### e) Diseño Hidraulico e hidrológico:

#### Mediciones de Caudales en Campo

Debido a la falta de acceso a información de caudal máximo, se tomaron mediciones en sitio para determinar aspectos como la marca máxima de agua y el ancho del canal. Al respecto, se ha observado que el tramo de control del Puente Paucartambo es estable pero ligeramente sinuoso, con vegetación en las orillas. Por lo tanto, medimos la profundidad máxima del agua ( $H = 4$  m) alcanzada en la carretera excepcional.

#### Diseño hidráulico

##### Criterios de diseño

**Nivel de cimentación** El nivel de cimentación del muro se determina considerando la hondonada de socavación del río en la sección de estudio.

Estos resultados fueron extraídos de los estudios hidrológicos e hidráulicos de este proyecto.

**Determinación de la altura del muro de contención** La altura del muro de contención se define mediante la siguiente fórmula:

$$H_{\text{muro}} = Y + BL + H_s$$

Donde:

Y : es el tirante, (m)

BL : es el borde libre, (m)

HS : es la profundidad de socavación, (m)

El tirante ha sido calculado en el modelamiento hidráulico con HEC RAS.

El borde libre será estimado con la expresión siguiente:

$$f = \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H : Altura del encofrado

f : Borde libre (m)

V: Velocidad (m/s)

$\phi$ : Coeficiente en función de la máxima descarga

g : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

### Criterios y fundamentos considerados para el diseño del muro contención

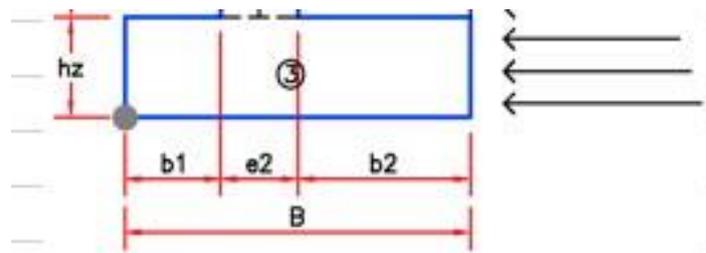
- Como se mencionó anteriormente, al diseñar un muro es importante considerar los resultados de los estudios de ingeniería fundamental realizados para este propósito, así como la aplicación de la experiencia adquirida en estructuras similares que ya se han construido. Los cálculos hidráulicos y estructurales se realizaron en función de las condiciones más peligrosas y los caudales máximos del flujo del río Paucartambo.
- Los muros de contención están construidos en hormigón armado y se colocan a lo largo de la margen izquierda del río Paucartambo. Su objetivo principal como parte del enfoque hidráulico del proyecto es

evitar que las riberas del río Paucartambo se erosionen aún más y prevenir deslizamientos de tierra en estructuras públicas y privadas.

- Por esta razón, el muro de contención es estable y está diseñado para no caerse cuando se recupere el río Paucartambo. A continuación se muestran valores guía sugeridos. Esto se tuvo en cuenta en el predimensionamiento. Profundidad de cimentación mínima

#### TRAMO I:

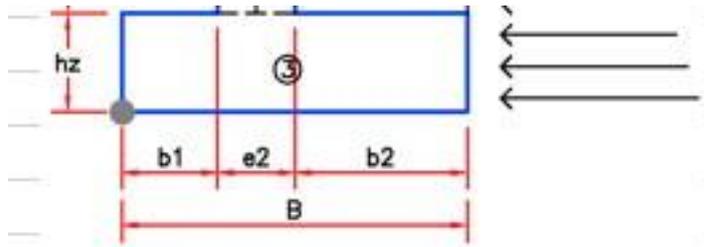
La profundidad de sovacación máxima generada en este tramo es 0.70 m que le corresponde a la progresiva 0+000 a la 0+225.50 del modelamiento hidráulico.



Datos geométricos del muro			
hi =	5.80	m	Altura interna de muro
hz =	0.70	m	Altura zapata
e1 =	0.40	m	Espesor menor muro
e2 =	0.65	m	Espesor mayor muro
b1 =	1.10	m	Pie de muro
b2 =	2.80	m	Talón de muro
B =	4.55	m	Base zapata
H =	5.80	m	Altura pantalla

#### TRAMO II

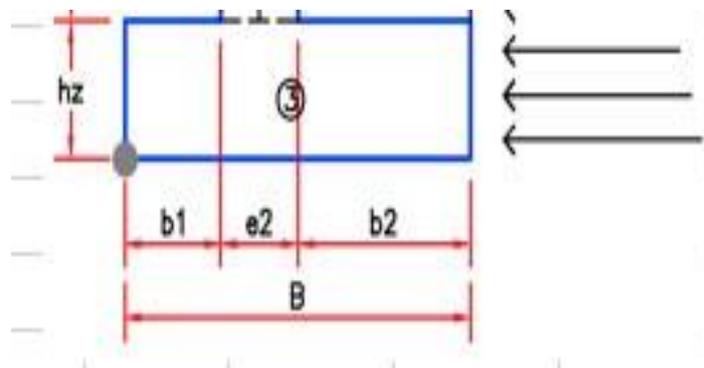
La profundidad de sovacación máxima generada en este tramo es 0.70m que le corresponde a la progresiva 0+000 al 0+165.7 del modelamiento hidráulico.



Datos geométricos del muro			
hi =	5.80	m	Altura interna de muro
hz =	0.70	m	Altura zapata
e1 =	0.40	m	Espesor menor muro
e2 =	0.65	m	Espesor mayor muro
b1 =	1.10	m	Pie de muro
b2 =	2.80	m	Talón de muro
B =	4.55	m	Base zapata
H =	5.80	m	Altura pantalla

### TRAMO III

La profundidad de socavación máxima generada en este tramo es 0.60m que le corresponde a la progresiva 0+000 al 0+258.8 del modelamiento hidráulico.

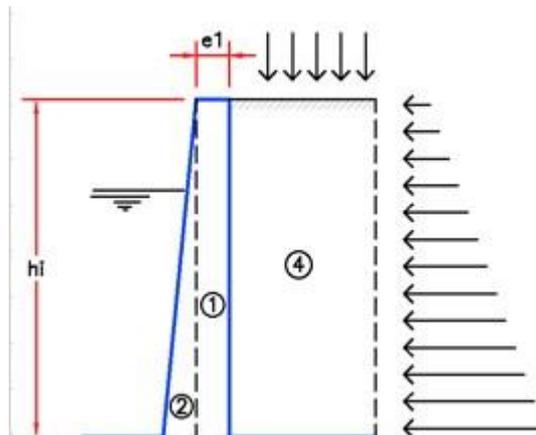


Datos geométricos del muro			
hi =	5.40	m	Altura interna de muro
hz =	0.60	m	Altura zapata
e1 =	0.40	m	Espesor menor muro
e2 =	0.60	m	Espesor mayor muro
b1 =	1.00	m	Pie de muro
b2 =	2.55	m	Talón de muro
B =	4.15	m	Base zapata
H =	5.40	m	Altura pantalla

## ALTURA DEL MURO

### TRAMO I

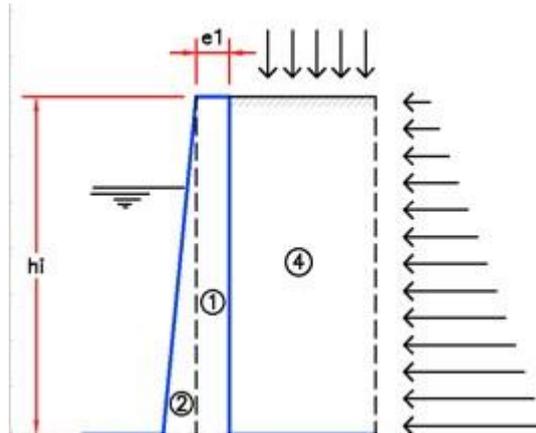
La altura del muro de concreto armado máxima generada en este tramo es 5.80 que le corresponde a la progresiva 0+0.00 al 0+225.50 del modelamiento hidráulico.



Datos geométricos del muro			
$h_i =$	5.80	m	Altura interna de muro
$h_z =$	0.70	m	Altura zapata
$e_1 =$	0.40	m	Espesor menor muro
$e_2 =$	0.65	m	Espesor mayor muro
$b_1 =$	1.10	m	Pie de muro
$b_2 =$	2.80	m	Talón de muro
$B =$	4.55	m	Base zapata
$H =$	5.80	m	Altura pantalla

### TRAMO II

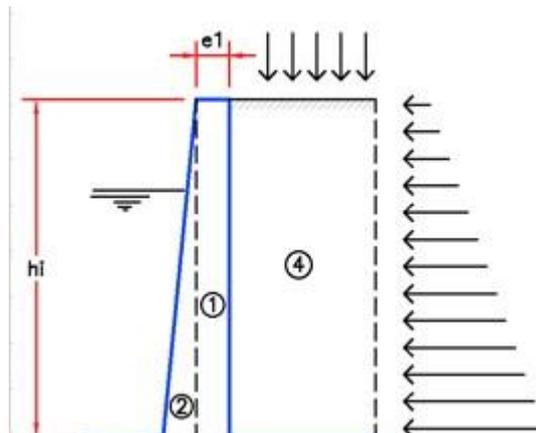
La altura del muro de concreto armado máxima generada en este tramo es 5.80 que le corresponde a la progresiva 0+000 al 0+165.7 del modelamiento hidráulico.



Datos geométricos del muro			
$h_i =$	5.80	m	Altura interna de muro
$h_z =$	0.70	m	Altura zapata
$e_1 =$	0.40	m	Espesor menor muro
$e_2 =$	0.65	m	Espesor mayor muro
$b_1 =$	1.10	m	Pie de muro
$b_2 =$	2.80	m	Talón de muro
$B =$	4.55	m	Base zapata
$H =$	5.80	m	Altura pantalla

### TRAMO III

La altura del muro de concreto armado máxima generada en este tramo es 5.40 que le corresponde a la progresiva 0+000 al 0+258.80 del modelamiento hidráulico.



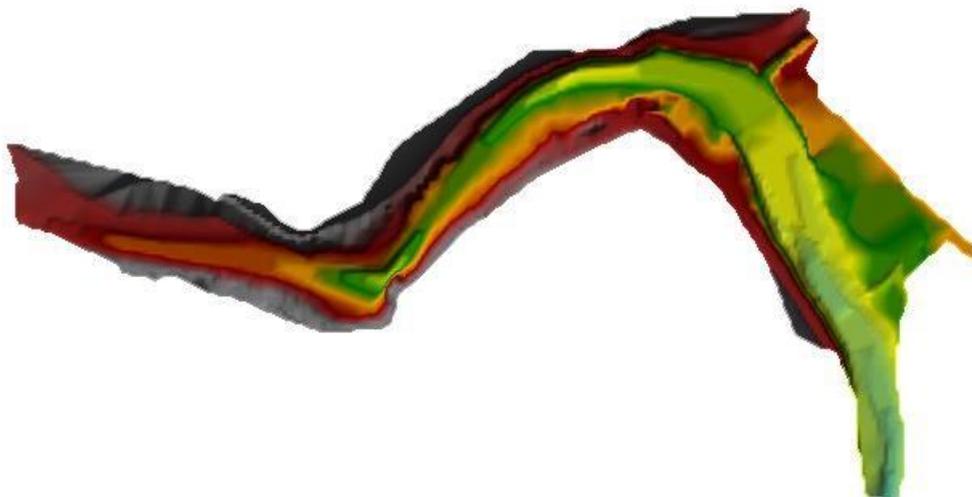
Datos geométricos del muro			
hi =	5.40	m	Altura interna de muro
hz =	0.60	m	Altura zapata
e1 =	0.40	m	Espesor menor muro
e2 =	0.60	m	Espesor mayor muro
b1 =	1.00	m	Pie de muro
b2 =	2.55	m	Talón de muro
B =	4.15	m	Base zapata
H =	5.40	m	Altura pantalla

### **MODELO DIGITAL DEL TERRENO:**

El Modelo Digital del Terreno (MDT) es una parte esencial de la representación digital de la superficie terrestre. Muchas aplicaciones en todo tipo de ciencias geográficas, ambientales y de ingeniería se basan en ellos.

Un DTM es un conjunto de capas (generalmente rásteres) que representan una variedad de propiedades de la superficie terrestre que se derivan de capas de elevación digitales. Aquí es mejor restringir el MDT a estratos derivados del MDE, pero algunas definiciones incluyen prácticamente todas las variables cuantitativas localizadas en el MDT.

Figura N° 53: modelo digital del terreno



Simulación de flujo permanente gradualmente variado a través del tramo de estudio con defensa ribereña:

Después de evaluar el área de desbordamiento, se desarrolló una simulación hidráulica que incluye la protección del río en un mapa llamado 'Mapa de Inundaciones con Proyecto' con un período de retorno de  $Tr=100$  años. En esta simulación, se indica que las vías fluviales son parte de la protección del río y del río Paucartambo. Río. La solución de la ecuación de energía utiliza el método de pasos estándar para flujos mixtos para evitar inundaciones de ríos. Assumimos este comportamiento porque el tramo de estudio tiene una pendiente promedio de 10,33% y puede incluir saltos hidráulicos a lo largo del recorrido.

Las siguientes conclusiones se derivaron de un análisis detallado de los resultados del modelado hidráulico:

En el primer tramo, durante la intervención entre las estaciones 39.91378 y 820.00, el agua fluye a una velocidad supercrítica de 6.58 m/s y una velocidad mínima de

2.14 m/s. trabajo local.

En el segundo periodo del proyecto, que abarca de 19,99997 a 259,9318 estaciones de Hec RAS, la línea Thalweg alcanza velocidades máximas de 6,44 a 6,74 m/s, mientras que la línea Salweg alcanza una velocidad máxima de 6,74 m/s.

En el tercer tramo de la intervención, entre las estaciones 82.76491 y 45.57782, se registró una velocidad máxima de 5,42 m/s y una velocidad mínima de 2,55 m/s, y el agua pasó a un estado supercrítico a lo largo de la intervención, según Hec RAS.

Figura N° 54: Distribucion de Velocidades tramo I

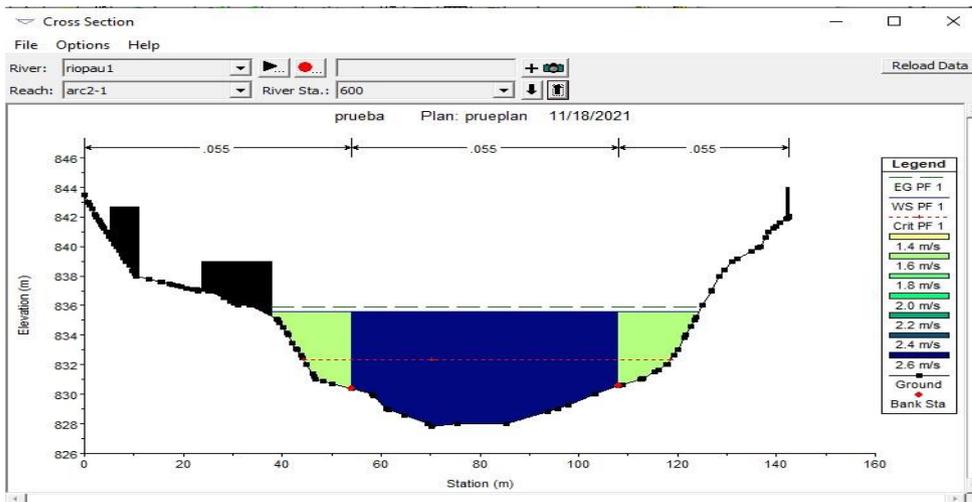


Figura N° 55: Distribucion de Velocidades tramo II

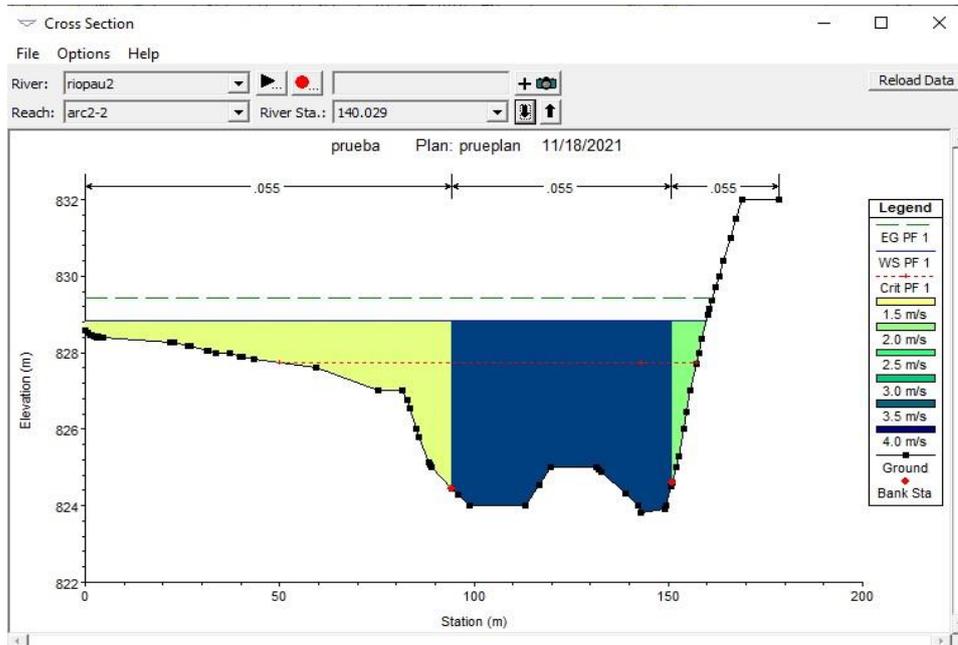
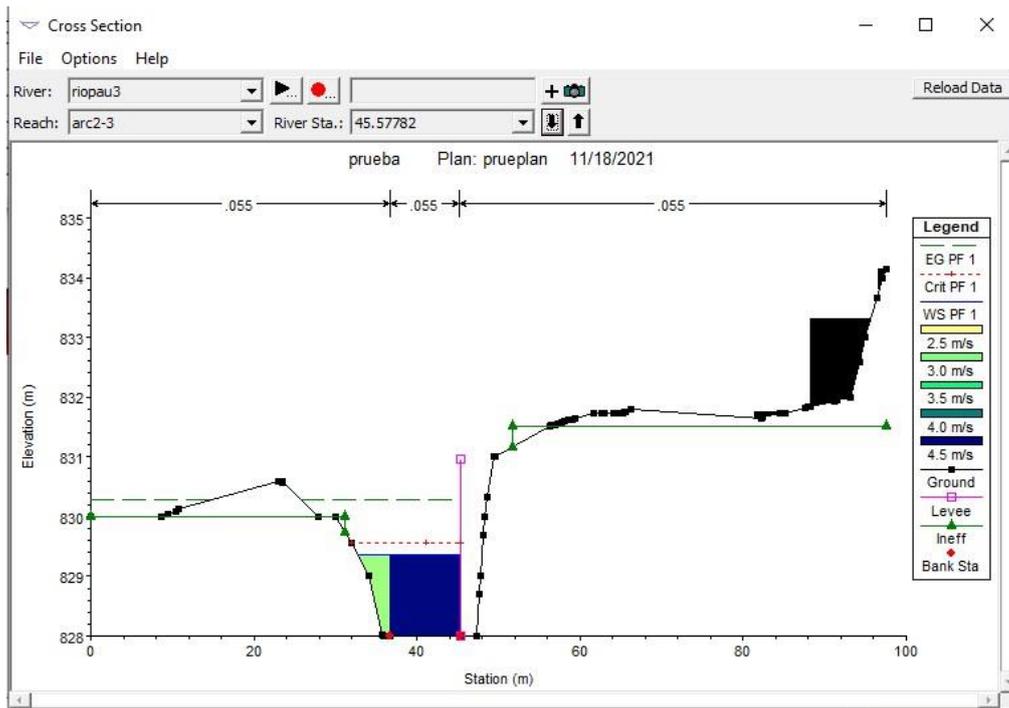


Figura N° 56: Distribucion de Velocidades tramo III



De acuerdo con la simulación hidráulica utilizada en el proyecto (protección de la margen izquierda del río Paucartambo), se propone la edificación de los muros de contención de concreto armado en los tramos (I-II-III).

Figura N° 57: Simulacion hidraulica

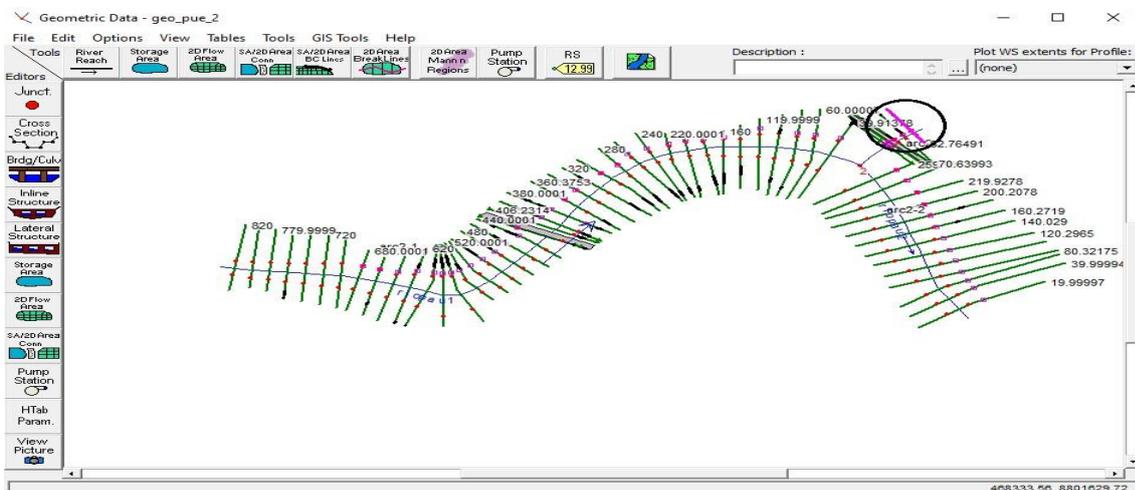


Figura N° 58: Modelado de la propuesta tramo I

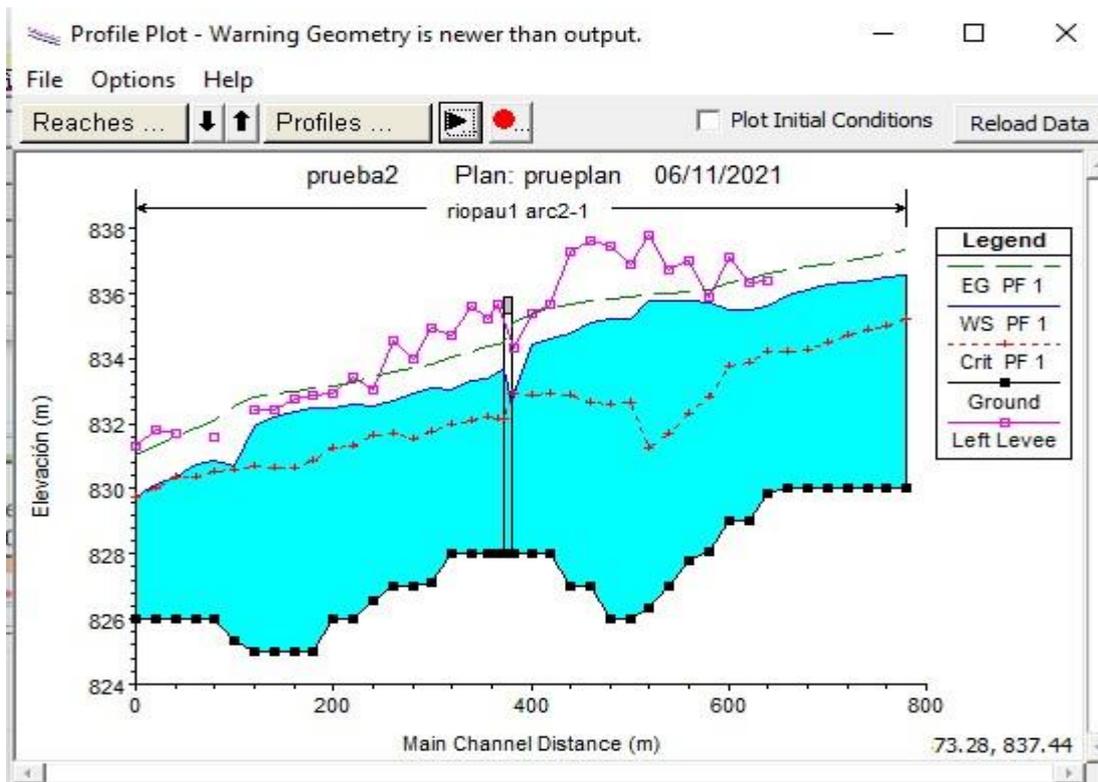


Figura N° 59: Modelado de la propuesta tramo II

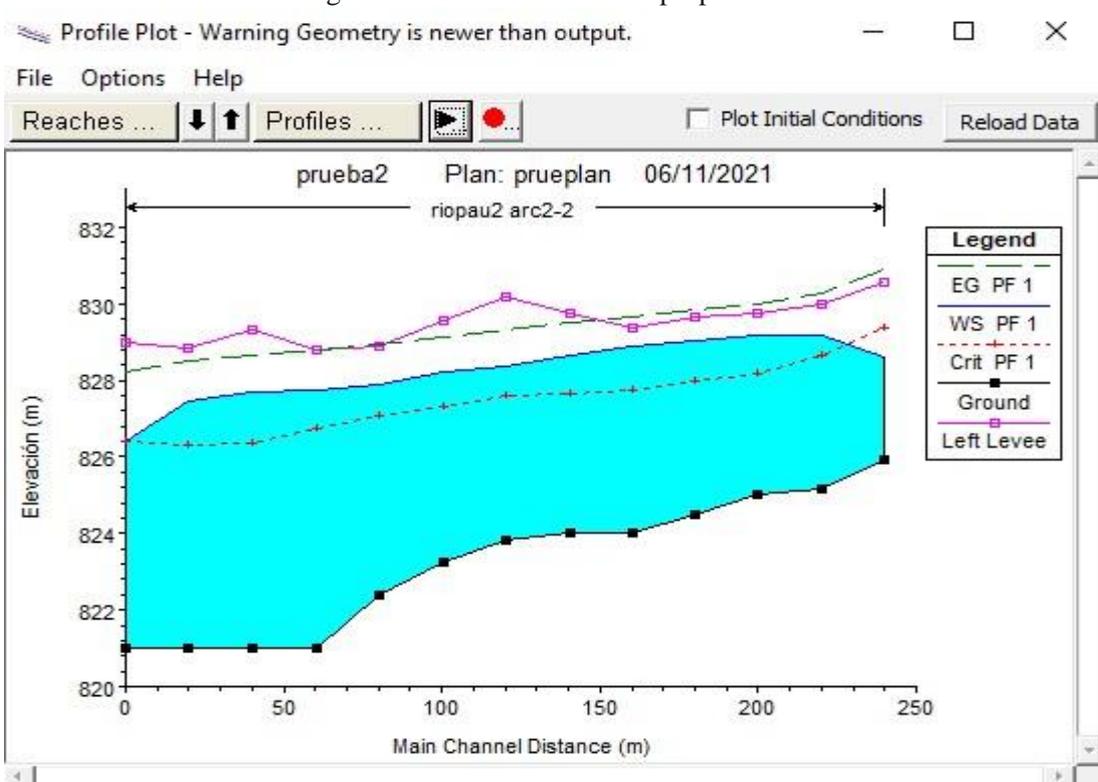


Figura N° 60: Modelado de la propuesta tramo III

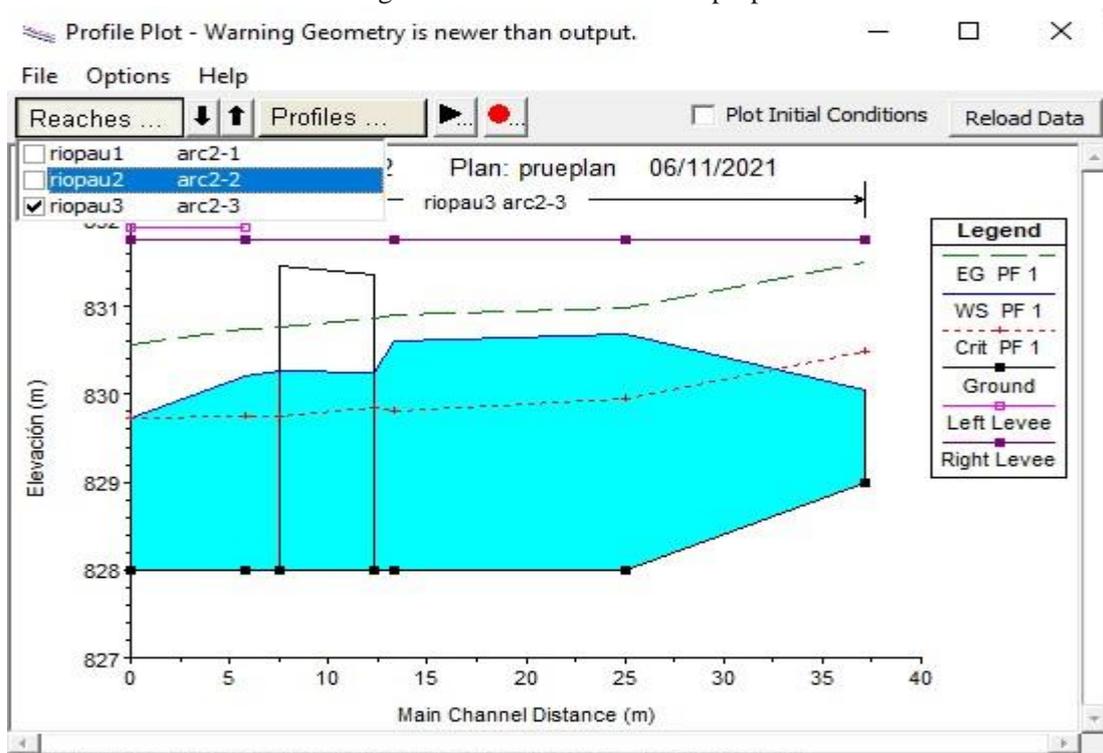
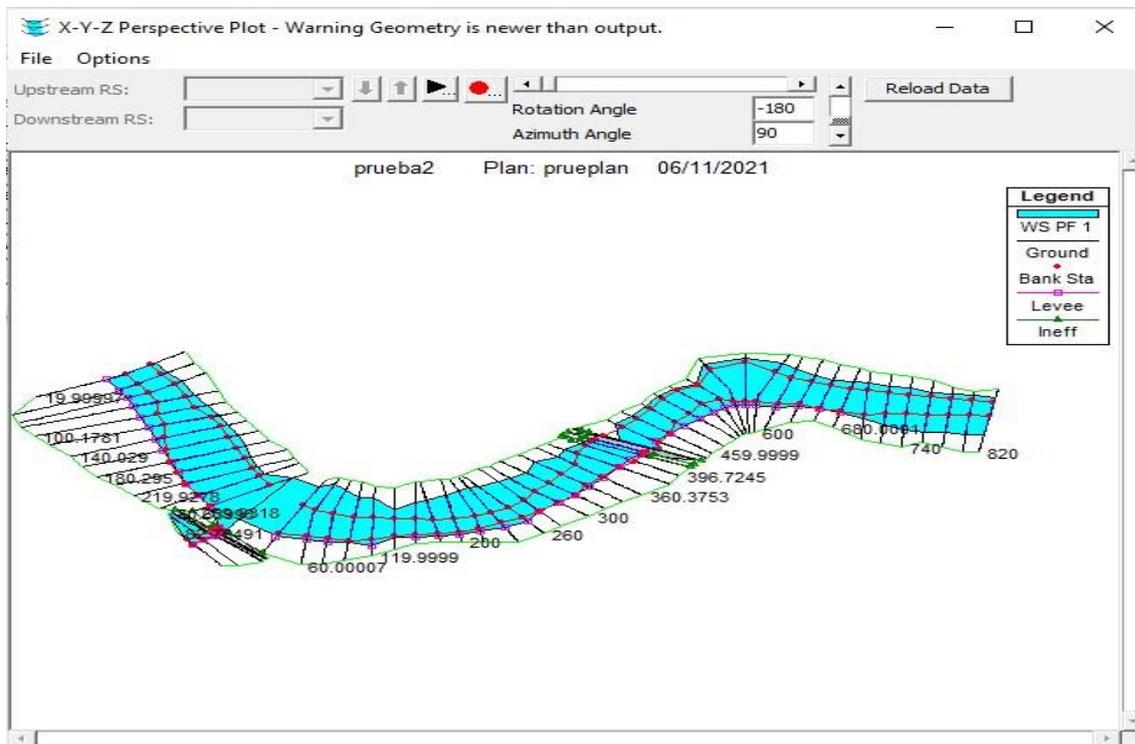


Figura N° 61: Perspectiva del tramo a intervenir



### **Socavación generalizada:**

La erosión generalizada es el hundimiento de los cauces de los ríos debido al aumento de la capacidad de transporte de sólidos debido al flujo más rápido durante las inundaciones. Solo se pueden hacer estimaciones de la socavación de los ríos. Entre los diversos factores que contribuyen a la aparición de este fenómeno se encuentran:

- El material del conducto y el tamaño del río
- El volumen de sólidos transportados.

Las ecuaciones que se muestran a continuación sirven como referencia para estimar la forma hidráulica del lecho del río. hecho de materiales provenientes del río.

### **Socavación general del cauce:**

Se refiere a la caída del lecho del río durante las inundaciones. Esto se debe al aumento de la capacidad resistiva del material sólido, que, debido a su alta velocidad, se transmite al flujo instantáneamente. Condiciones generales de limpieza del puente en su totalidad.

### **Método de Lischtvan Levediev**

Este método depende de un equilibrio entre la velocidad de erosión y la velocidad media real del flujo. Esta es la velocidad (velocidad media crítica) necesaria para levantar y tirar material del fondo del canal.

$V_r$  disminuye a medida que aumenta la profundidad debido a la socavación hasta llegar a la profundidad  $H$  ( $V_r = V_e$ ). Esto pone fin al fenómeno de socavación y establece un estado de equilibrio.

$$Vr = \frac{\alpha \cdot H_0^{5/3}}{H_s} \quad \alpha = \frac{Qd}{H_m^{5/3} \cdot Be \cdot u}$$

Donde:

u= coeficiente de contracción

Ho= tirante antes de la socavación

Hs=tirante incluyendo socavación

Hm= tirante medio del cause

At= Área total de la sección transversal

Be=Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal

La velocidad erosiva  $V_e$ , depende del tipo de terreno, cohesivo o no cohesivo, de la frecuencia con que viene la avenida y del tirante del agua

$H_s$ . Dicha velocidad viene dando por:

$$V_e = 0.60 \cdot \gamma_d^{1.18} \cdot \beta \cdot H_s^x \quad \text{Para suelos cohesivos}$$

$$V_e = 0.68 \cdot d_m^{0.28} \cdot \beta \cdot H_s^x \quad \text{Para suelos no cohesivos}$$

Donde:

$\gamma_d$ = peso volumétrico del material seco que se encuentre a la profundidad

$H_s$  (T/m<sup>3</sup>)  $d_m$ = diámetro medio (mm) de los granos de fondo.  $d_i$ =

diámetro medio (mm), de una fracción de curva granulométrica de la

muestra.  $P_i$ = peso como porcentaje de esa porción con respecto al peso

total de la muestra.  $\beta$ = coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida.

$x$ = coeficiente variable en función del peso volumétrico o del diámetro medio.

La condición de equilibrio ( $V_r = V_e$ ) permite obtener  $H_s$ , que

sería: Para suelo cohesivos

$$H_s = \left[ \frac{\alpha \cdot H_0^{5/3}}{0.60 \cdot \gamma_d^{1.18} \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{1+x}}$$

Para suelo no cohesivo

$$H_s = \left[ \frac{\alpha \cdot H_0^{5/3}}{0.68 \cdot d_m^{0.28} \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{1+x}}$$

### Socavación loca estribos

La obstrucción crea un vórtice horizontal que comienza aguas arriba y circula a lo largo del pilar, y un vórtice vertical que comienza justo aguas abajo del pilar. El roce localizado en el pilar se produce cuando el pilar restringe el flujo.

En el cálculo se utilizan dos fórmulas: la fórmula HIRE y la fórmula FROEHLICH.

La primera fórmula se aplica cuando la relación entre la longitud proyectada del pilar ( $L'$ ) y la profundidad del flujo ( $Y_1$ ) es mayor que 25; de lo contrario, se aplica la otra fórmula.

#### Ecuación de FROEHLICH

$$\frac{Y_s}{Y_a} = 2.27 K_1 K_2 \left( \frac{L'}{Y_a} \right)^{0.43} Fr^{0.61} + 1$$

Donde:

$Y_s$ = altura de socavación (m)

$Y_a$ = Altura promedio del flujo en la zona de inundación (m)

$K_1$ = coeficiente de forma de estribos

$K_2$ = coeficiente para el ángulo del estribo y el flujo.

$$K_2 = \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0.13}$$

$\theta = 90^\circ$  cuando los estribos son perpendiculares al flujo,  $\theta < 90^\circ$  si los estribos apuntan aguas abajo y  $\theta > 90^\circ$  si los estribos apuntan aguas arriba

$L'$ = Longitud del estribo proyectado normal al flujo, m.

$Fr$ = Número de Froude del flujo de aproximación aguas arriba del estribo.

$$Fr = \frac{V_e}{\sqrt{g Y_a}} \qquad V_e = \frac{Q_e}{A_e}, m/s$$

$A_e$ = Area de flujo de aproximación de obstrucción por el estribo,  $m^2$

$Q_e$ = Caudal obstruido por el estribo,  $m^3/s$

## Ecuación de HIRE

$$Y_s = 4Y_1 \left( \frac{K_1}{0.55} \right) Y_2 Fr^{0.33}$$

Donde:

$Y_s$  = profundidad de socavación (m)

$Y_1$  = Profundidad del flujo en la base del estribo en la orilla o en el canal principal, (m) tomando en la sección transversal junto aguas arriba del puente.  $K_1$  = factor de corrección por forma del pilar

$K_2$  = factor de corrección para el ángulo de ataque ( $\theta$ ) del flujo con el estribo.  $\theta = 90^\circ$

cuando los estribos son perpendiculares al flujo,  $\theta < 90^\circ$  si los estribos apuntan aguas abajo y  $\theta > 90^\circ$  si los estribos apuntan aguas arriba.

Figura N° 62: Socavacion modelada con HEC-RAS

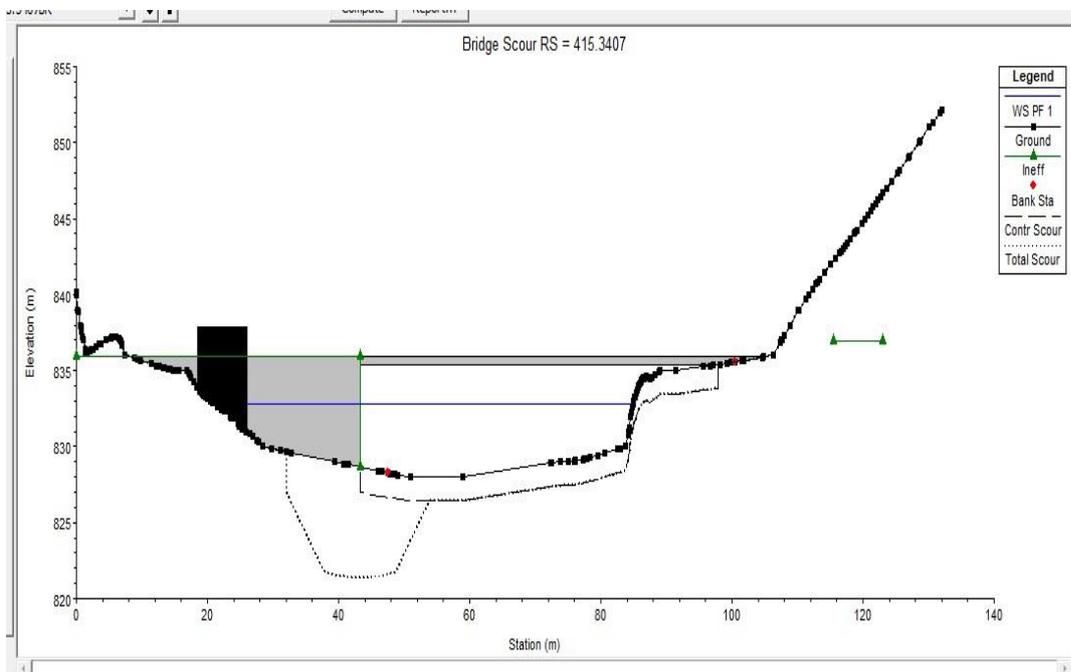


Figura N° 63: Resultados de cálculo de socavación con HEC-RAS

Hydraulic Design Data			
Contraction Scour			
Input Data	Left	Channel	Right
Average Depth (m):	4.28	5.55	2.35
Approach Velocity (m/s):	0.96	4.43	2.34
Br Average Depth (m):	4.40	4.16	
BR Opening Flow (m <sup>3</sup> /s):	125.41	980.80	
BR Top WD (m):	4.19	37.42	
Grain Size D50 (mm):	0.43	0.43	0.43
Approach Flow (m <sup>3</sup> /s):	2.64	1058.91	51.91
Approach Top WD (m):	0.64	43.08	9.44
K1 Coefficient:	0.690	0.690	0.690
<b>Results</b>			
Scour Depth $Y_s$ (m):	1.61	1.57	
Critical Velocity (m/s):	0.59	0.62	
Equation:	Live	Live	
Abutment Scour			
Input Data	Left	Right	
Station at Toe (m):	43.29	97.87	
Toe Sta at appr (m):	-8.20	92.89	
Abutment Length (m):	0.64	12.02	
Depth at Toe (m):	4.61	-2.15	
K1 Shape Coef:	1.00 - Vertical abutment		
Degree of Skew (degrees):	90.00	90.00	
K2 Skew Coef:	1.00	1.00	
Projected Length L' (m):	0.64	12.02	
Avg Depth Obstructed $Y_a$ (m):	4.28	3.04	
Flow Obstructed $Q_e$ (m <sup>3</sup> /s):	2.64	115.31	
Area Obstructed $A_e$ (m <sup>2</sup> ):	2.74	36.50	
<b>Results</b>			
Scour Depth $Y_s$ (m):	5.62		
$Q_e/A_e = V_e$ :	0.96		
Froude #:	0.15		
Equation:	Froehlich	Default	
Combined Scour Depths			
Left abutment scour + contraction scour (m): 7.23			

Estimación de altura de muro tipo voladizo y ancho de colchón de reno:

La altura del muro voladizo se estima considerando los siguientes factores:

- Profundidad máxima con un tiempo de retorno de 100 años,
- Profundidad de la fundación
- Comidas de cortesía.

Sin embargo, se determinó que el ancho del cojín Reno debería ser 1,5 a 2 veces la profundidad de rectificado para cumplir con las recomendaciones de Maccaferri.

El cálculo de la altura del muro voladizo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 58: Altura de muro tipo voladizo

Datos del terreno		
$\gamma_s =$	1.88	Ton/m <sup>3</sup> Peso específico del suelo
$\alpha =$	0.00	° Ángulo del relleno respecto a la horizontal
$\varphi' =$	26.60	° Ángulo de fricción interna
$\sigma_s =$	2.00	Kg/cm <sup>2</sup> Capacidad admisible suelo (mínima)
Datos geométricos del muro		
$h_i =$	5.40	m Altura interna de muro
$h_z =$	0.60	m Altura zapata
$e_1 =$	0.40	m Espesor menor muro
$e_2 =$	0.60	m Espesor mayor muro
$b_1 =$	1.00	m Pie de muro
$b_2 =$	2.55	m Talón de muro
$B =$	4.15	m Base zapata
$H =$	5.40	m Altura pantalla

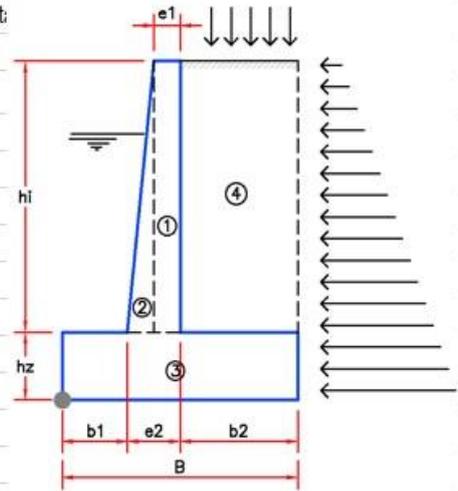


Figura N° 64: Modelado de inundaciones

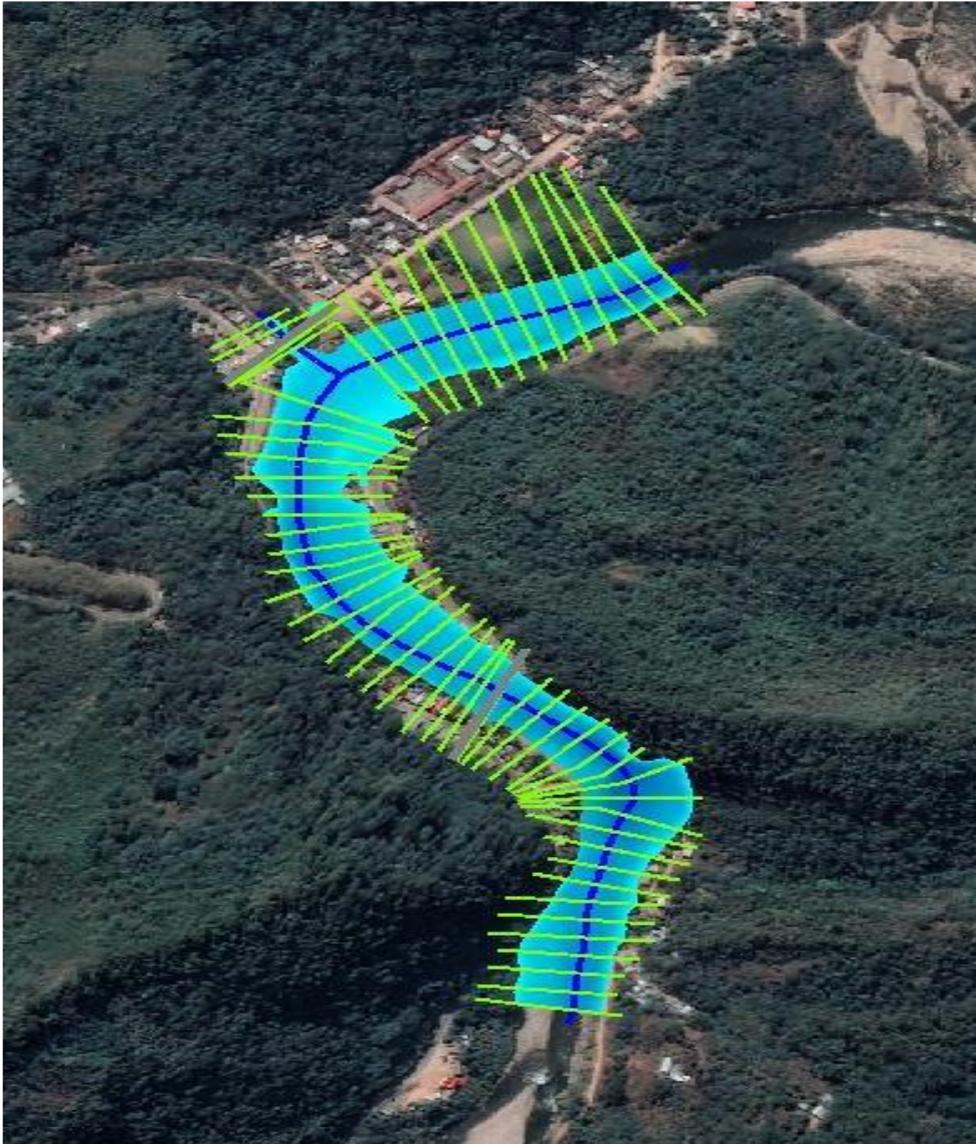
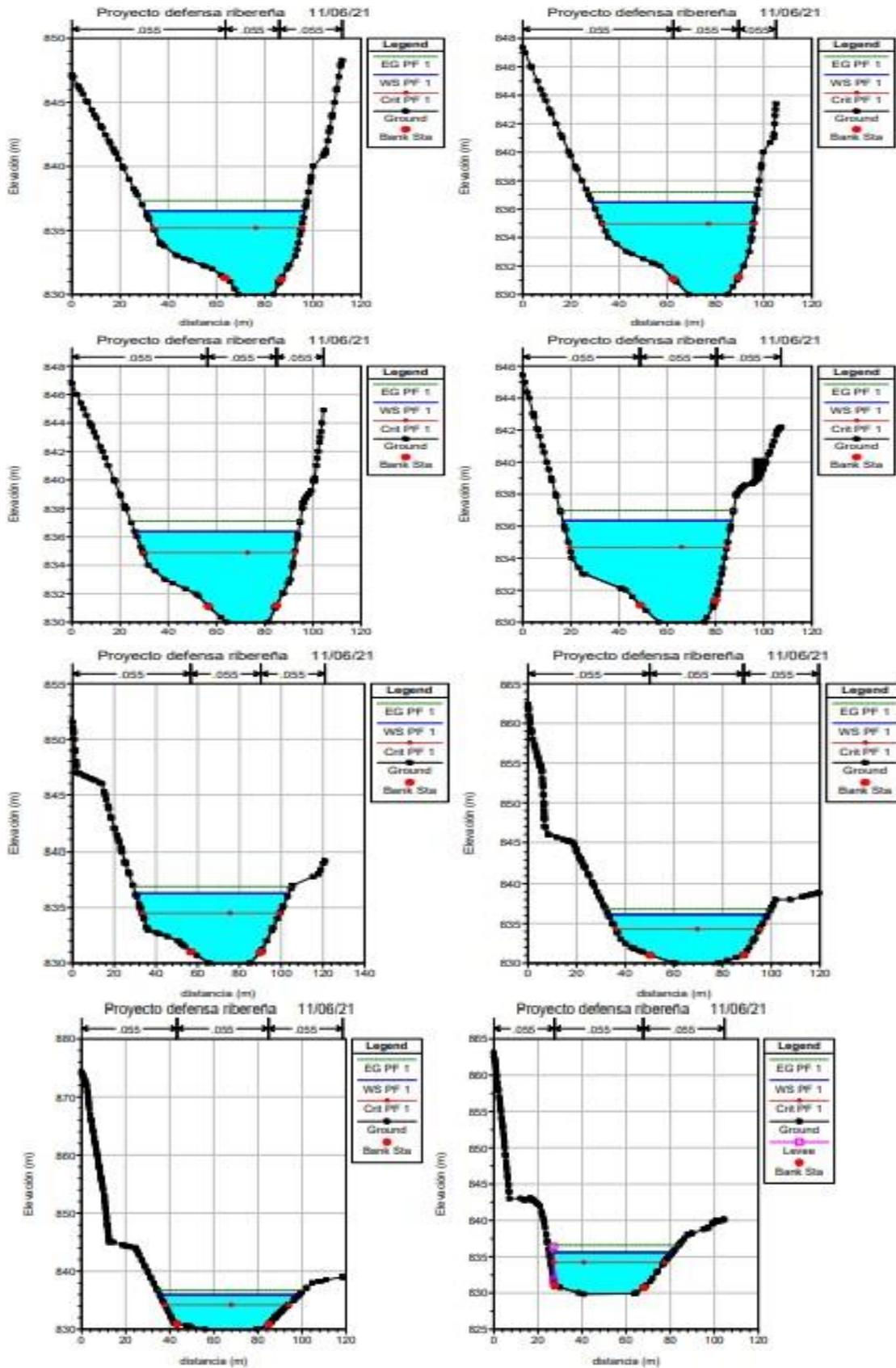
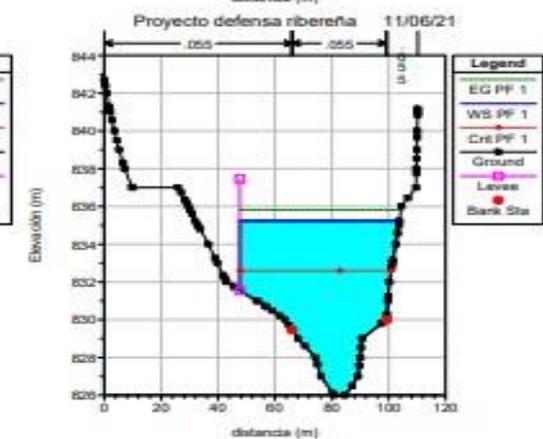
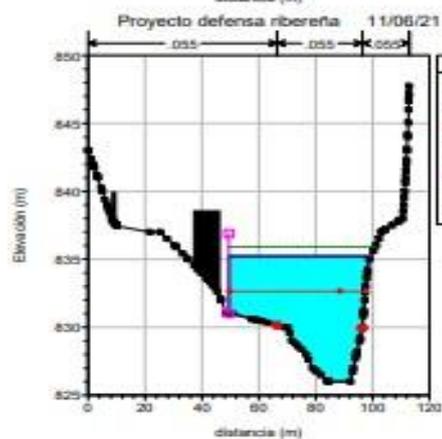
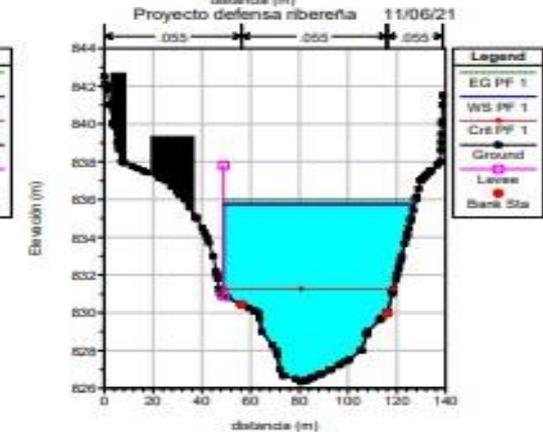
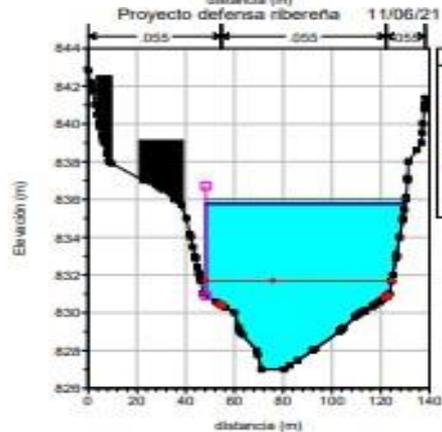
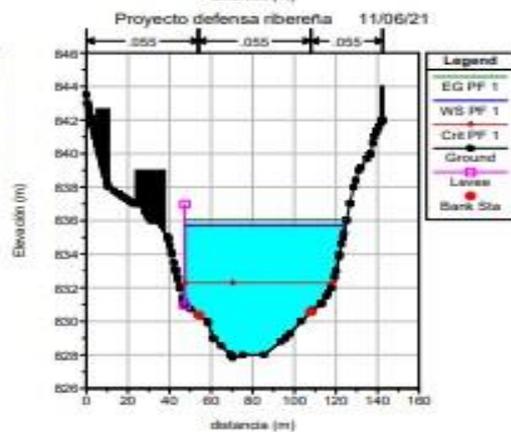
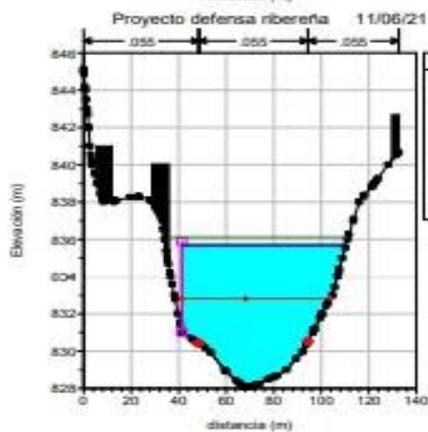
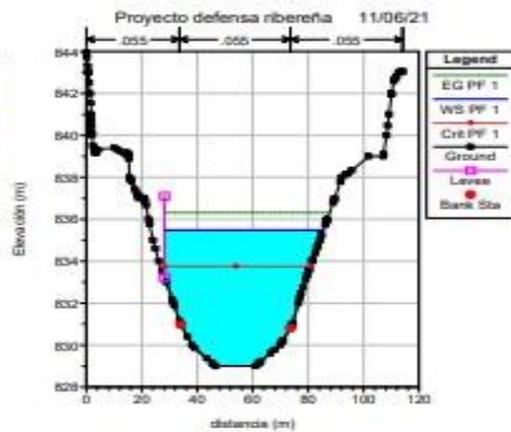
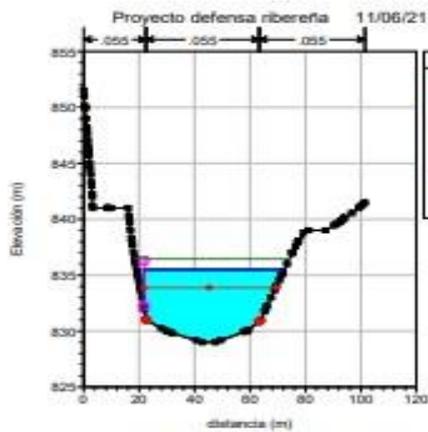
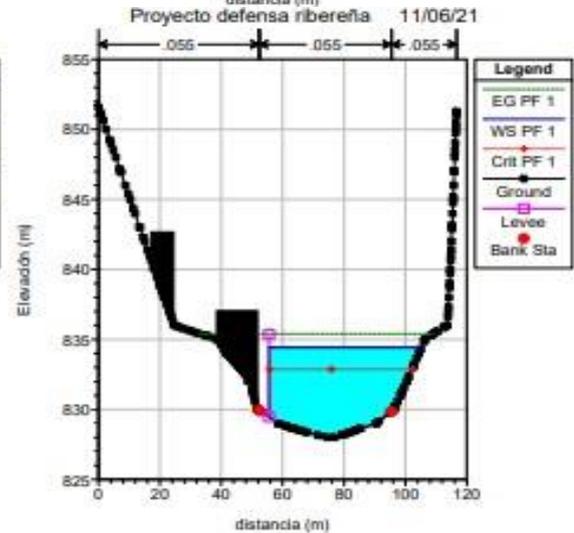
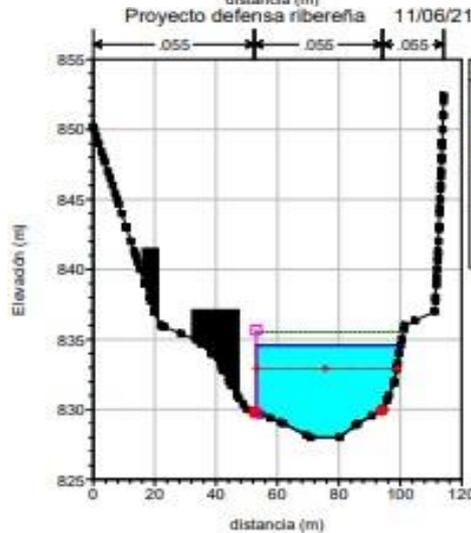
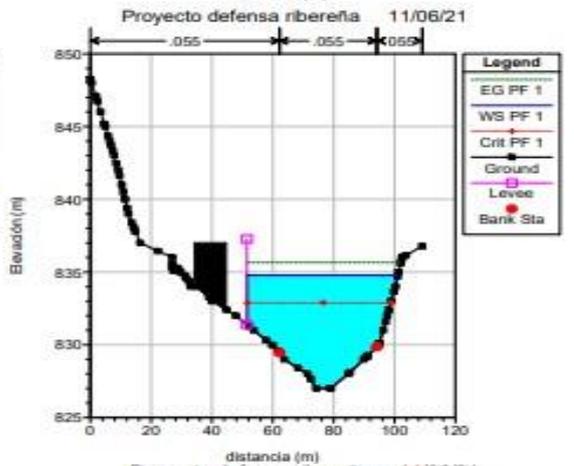
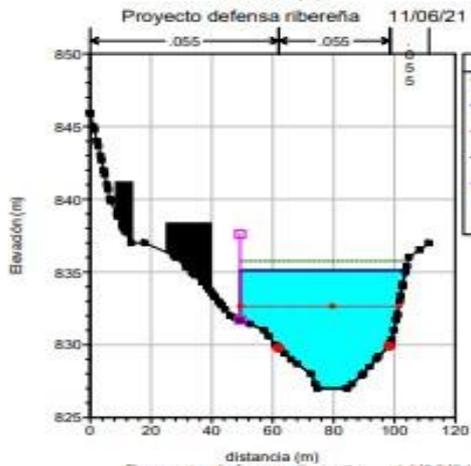
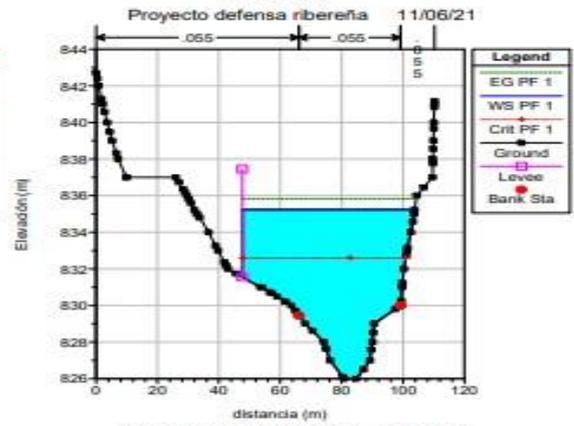
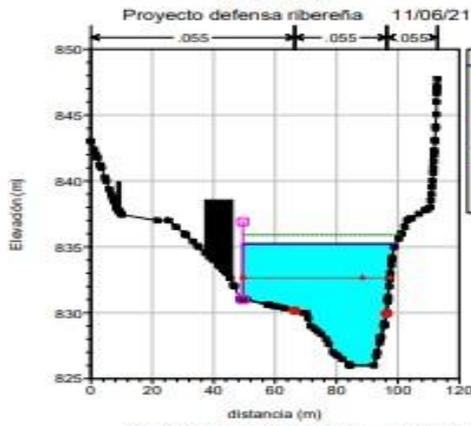
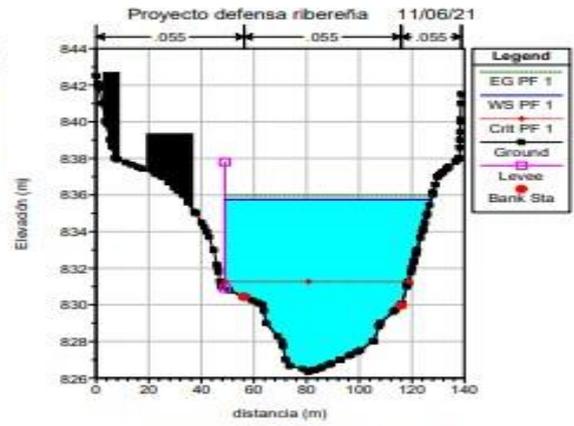
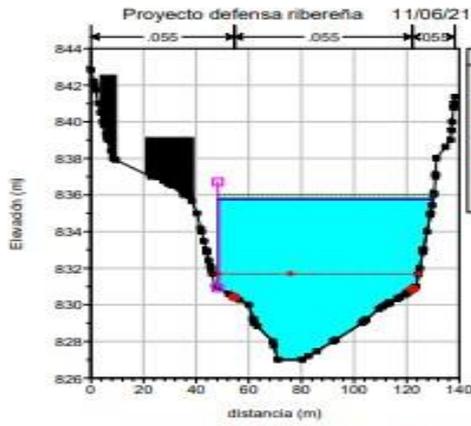


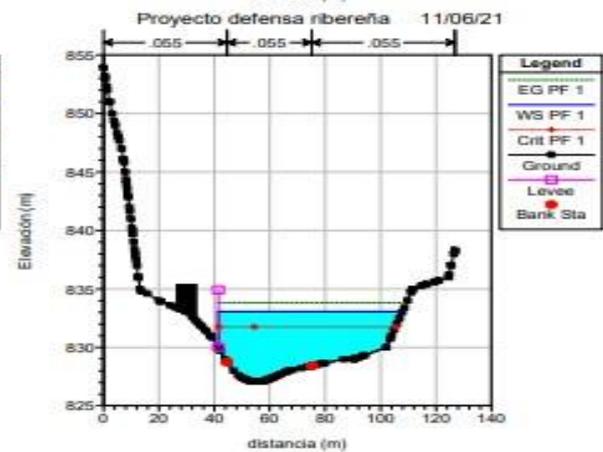
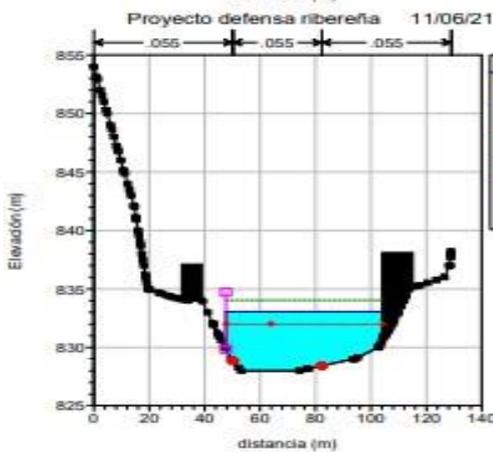
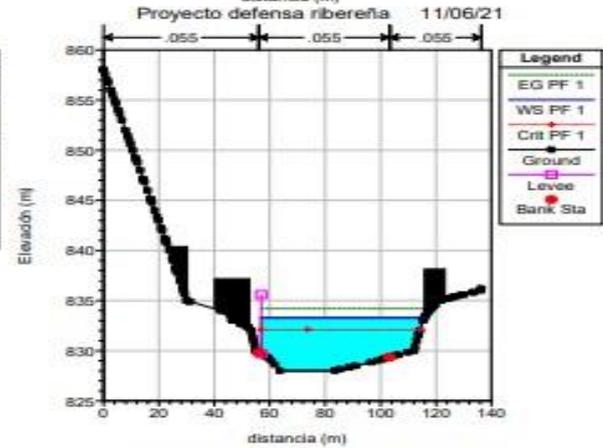
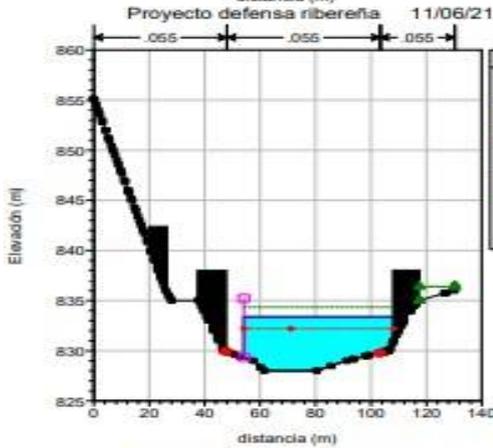
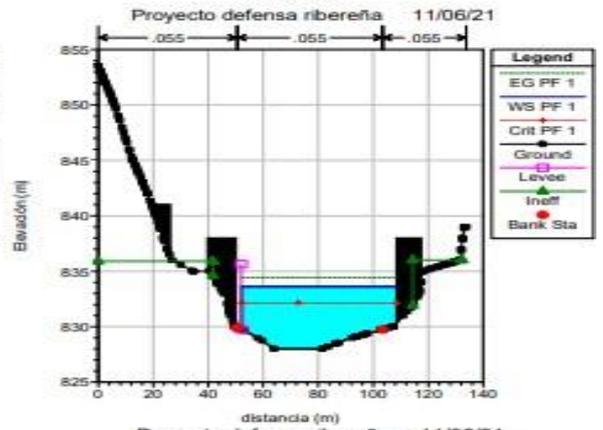
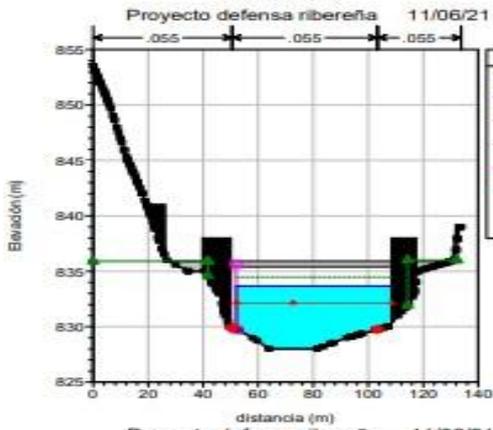
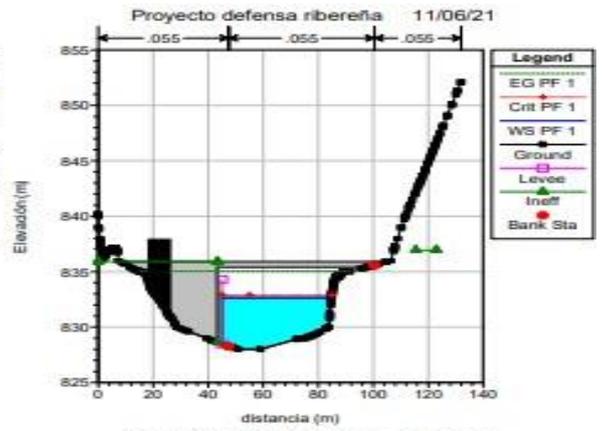
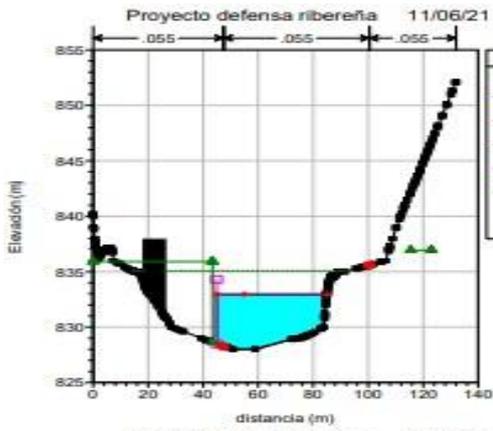


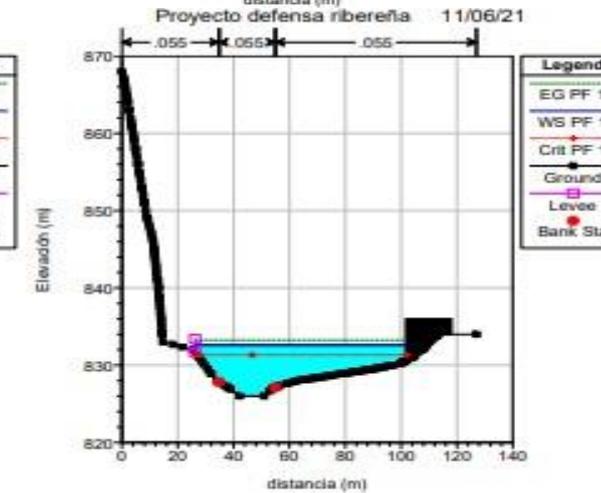
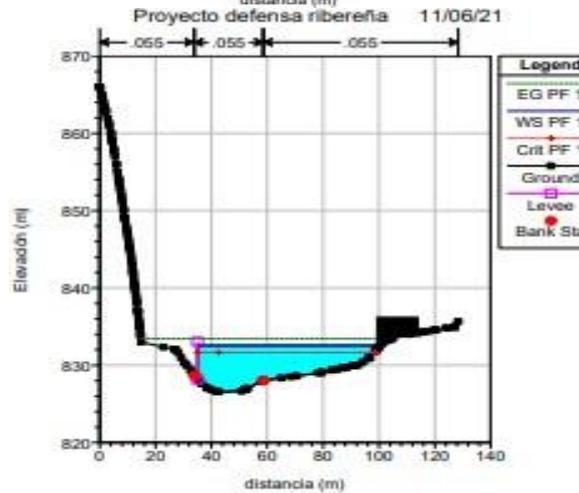
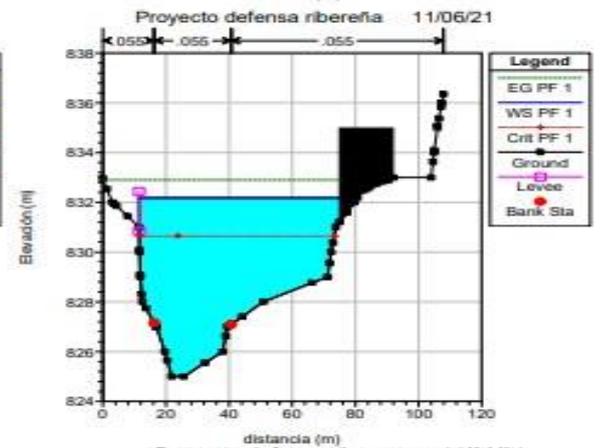
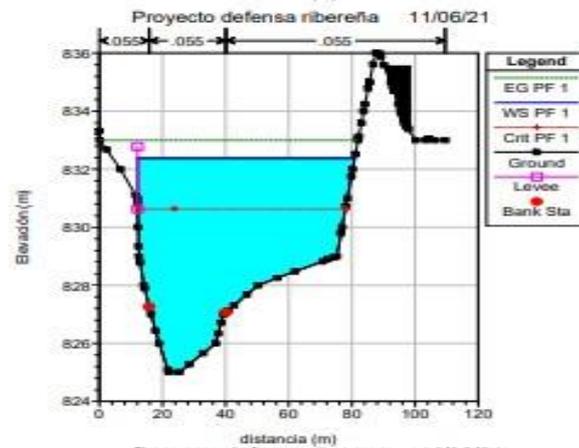
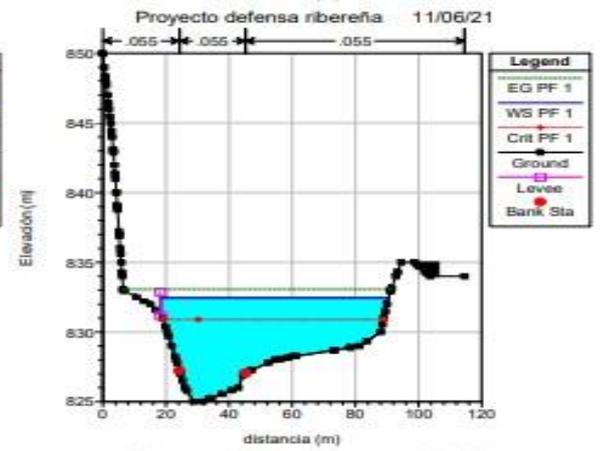
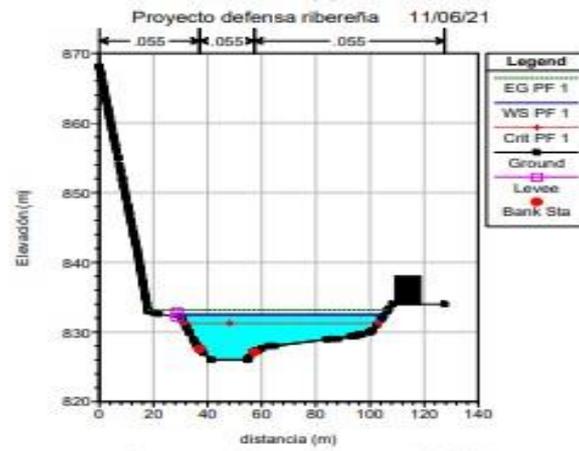
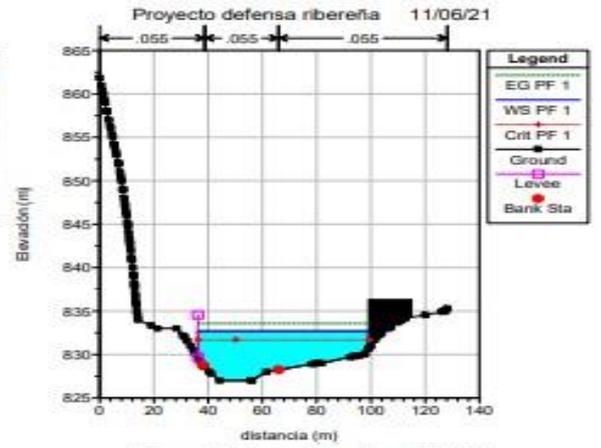
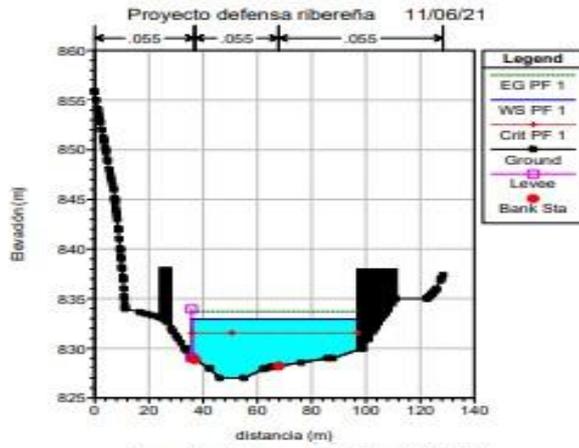
Figura N° 66: Secciones hidráulicas

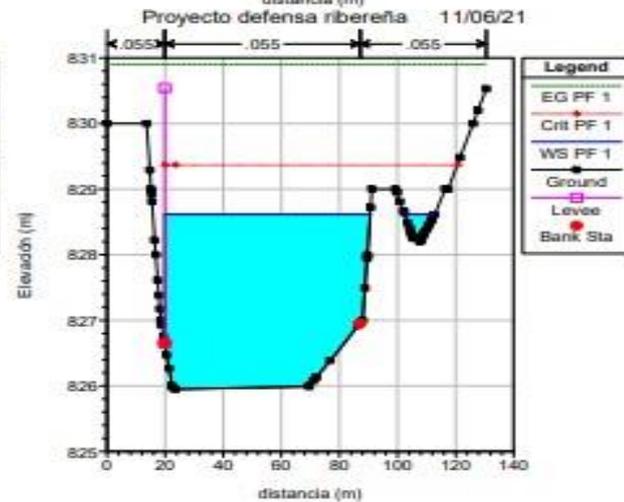
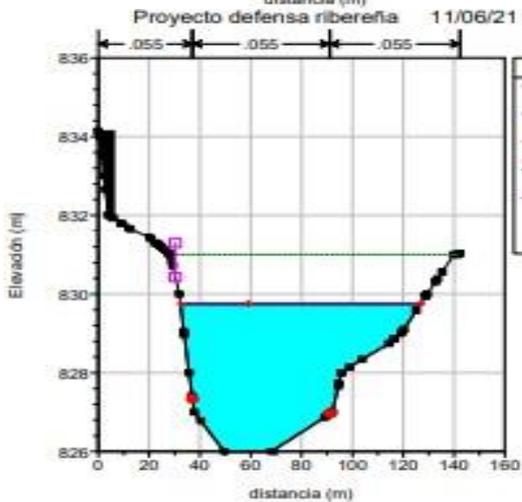
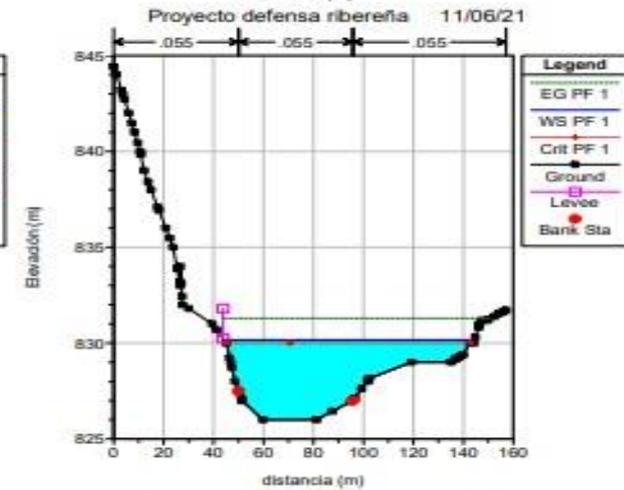
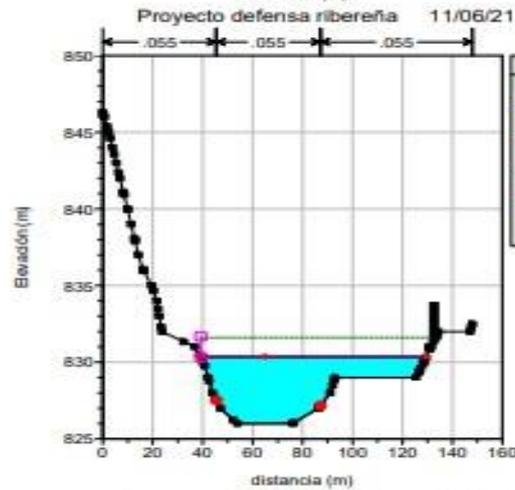
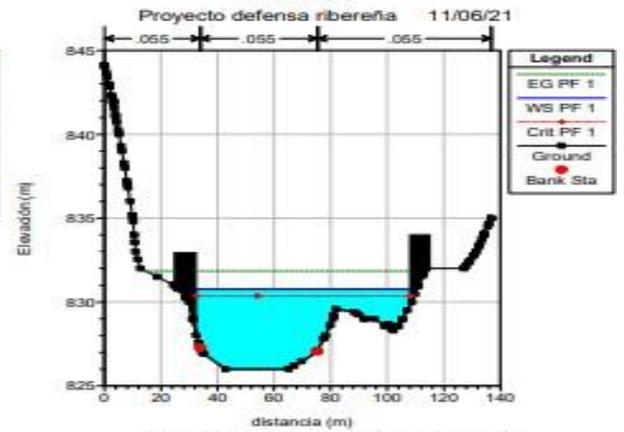
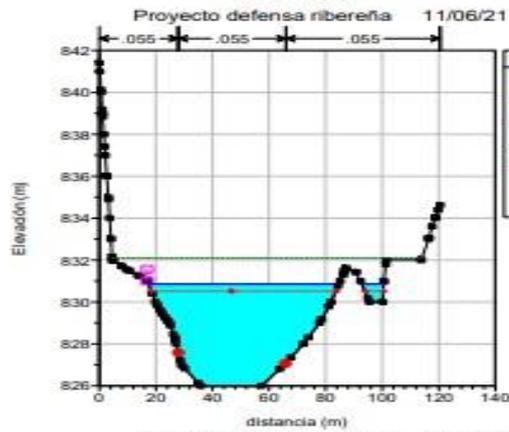
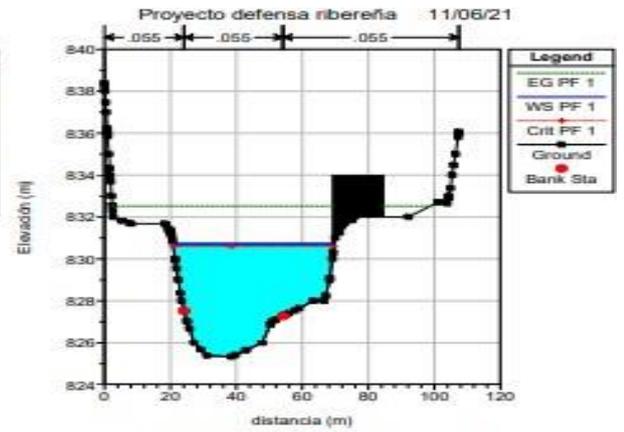
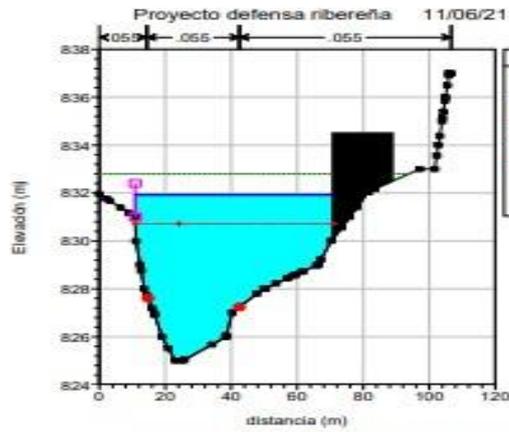


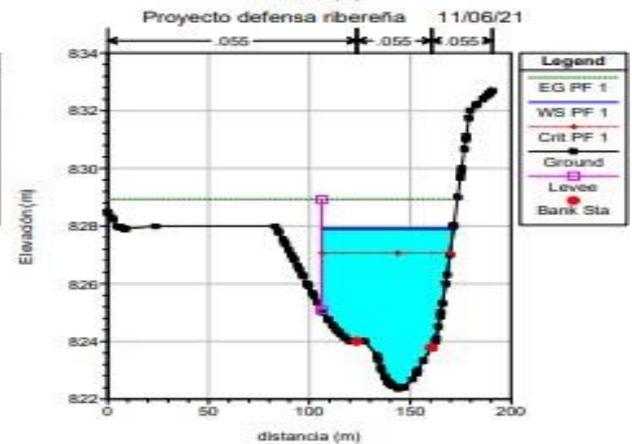
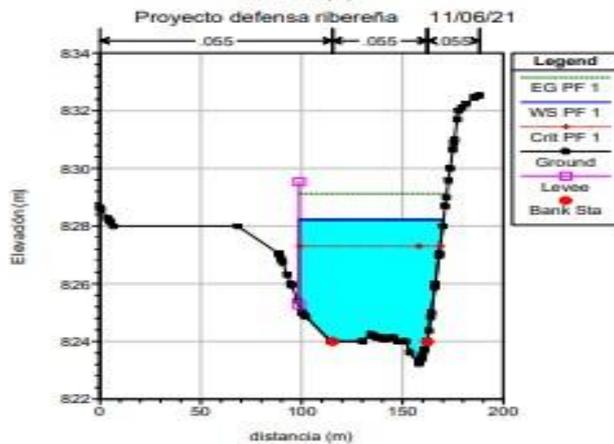
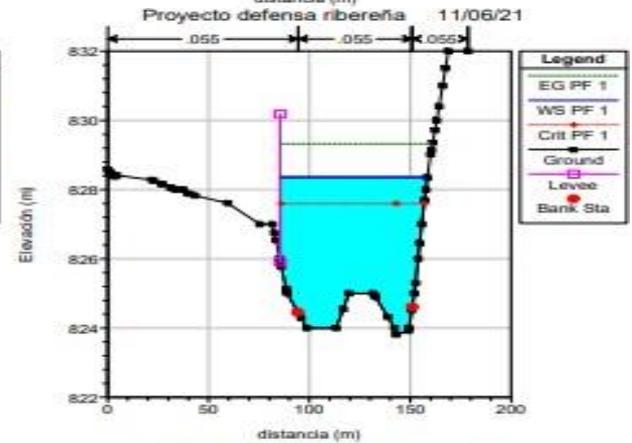
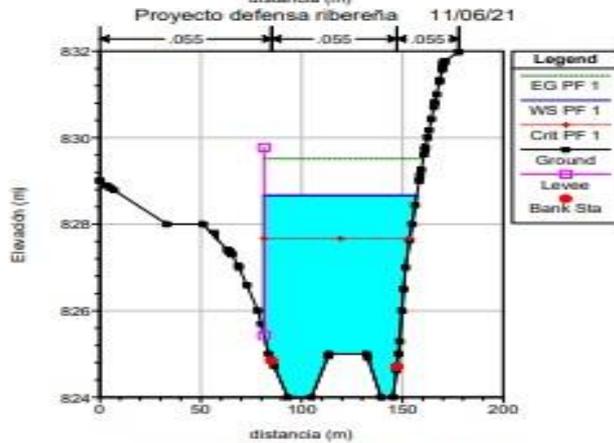
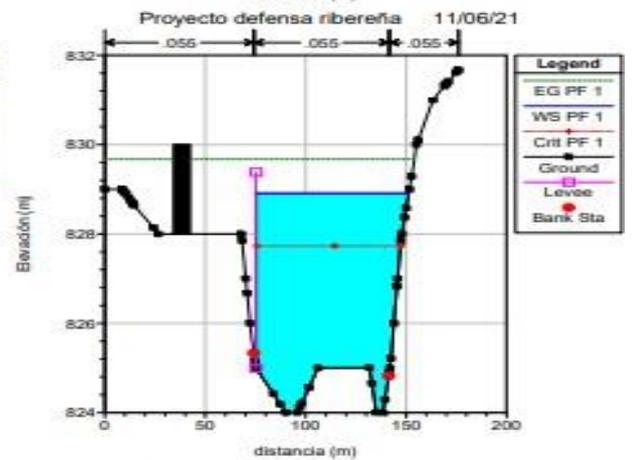
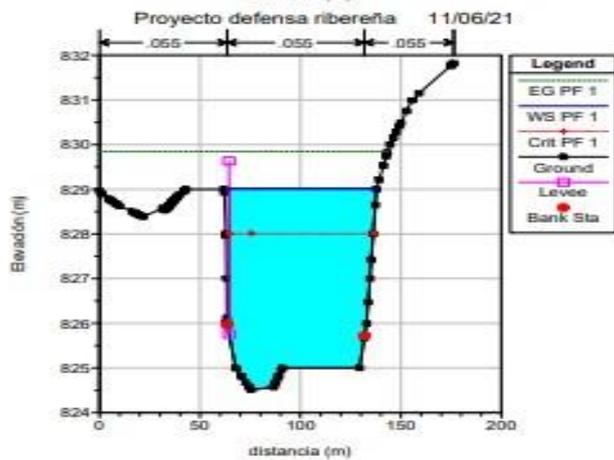
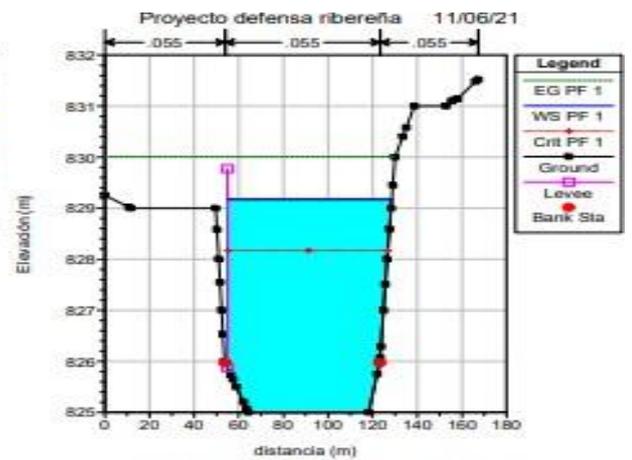
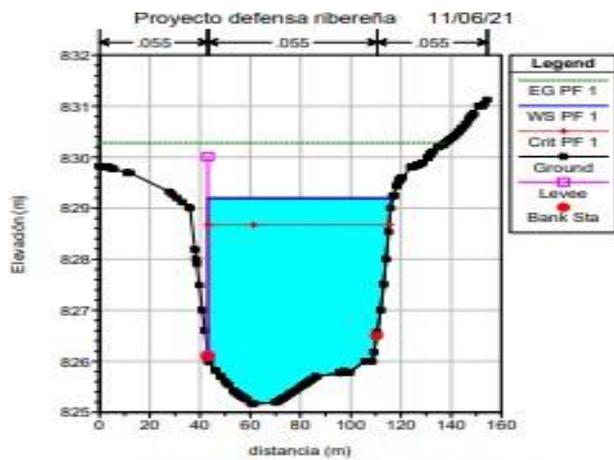


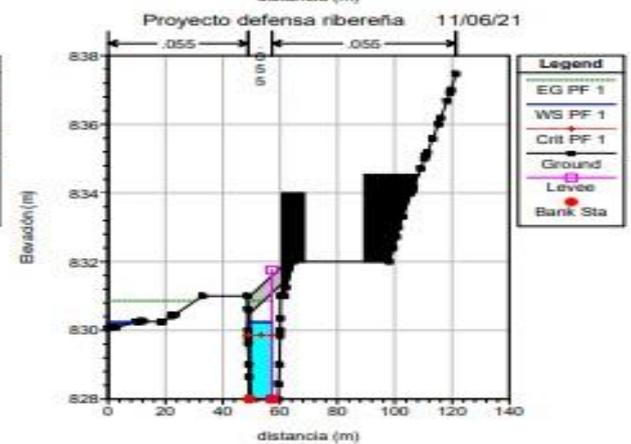
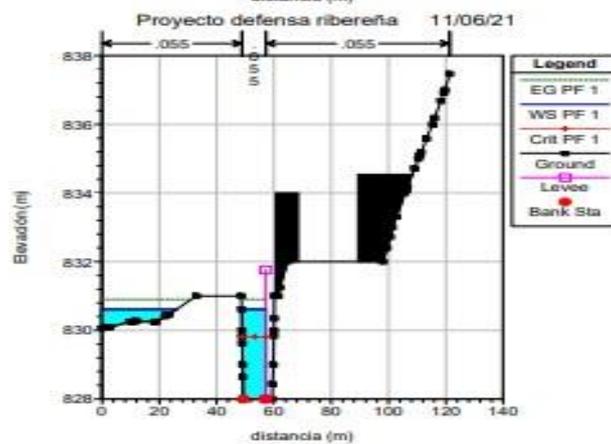
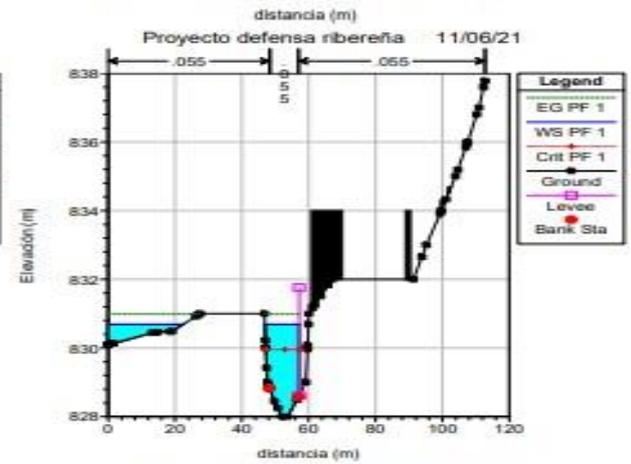
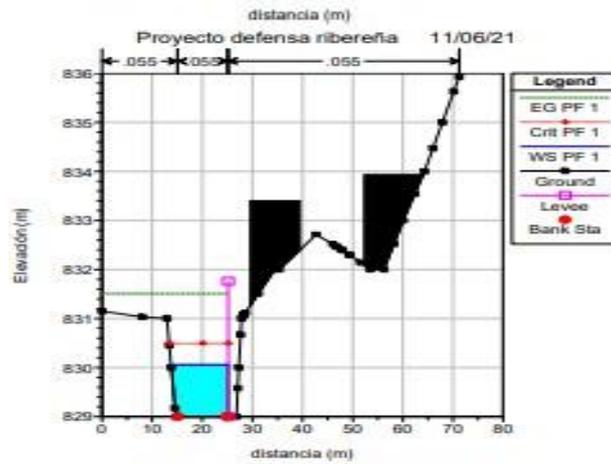
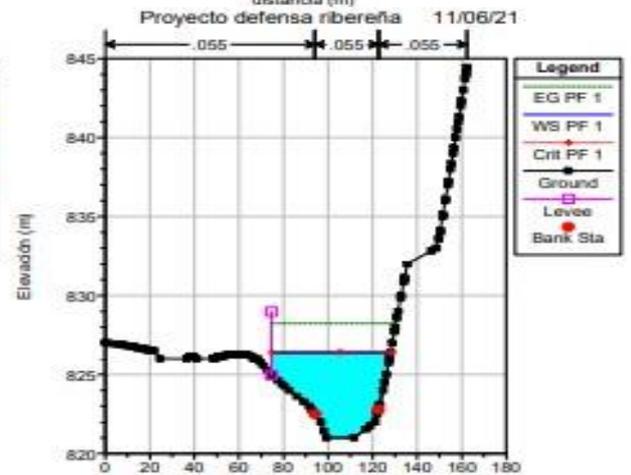
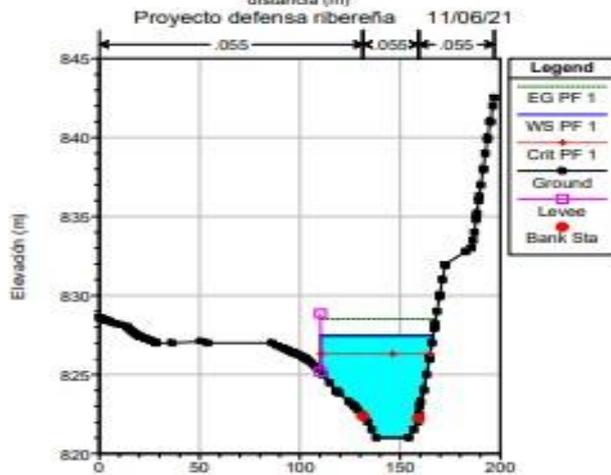
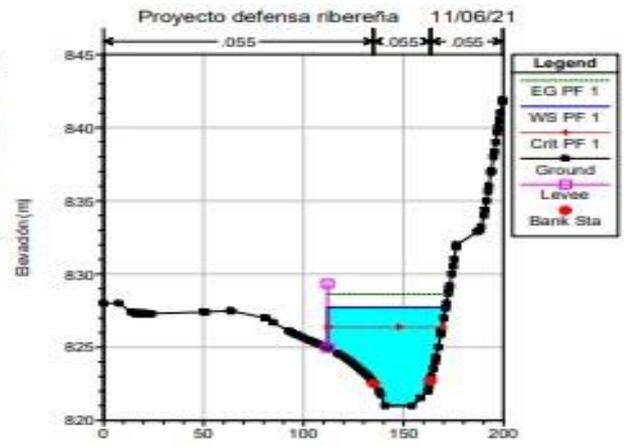
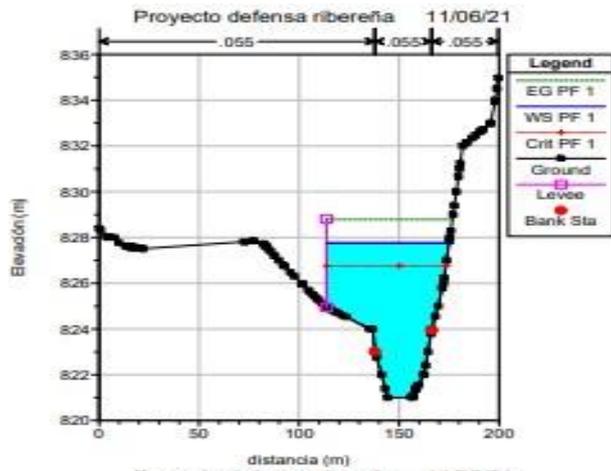


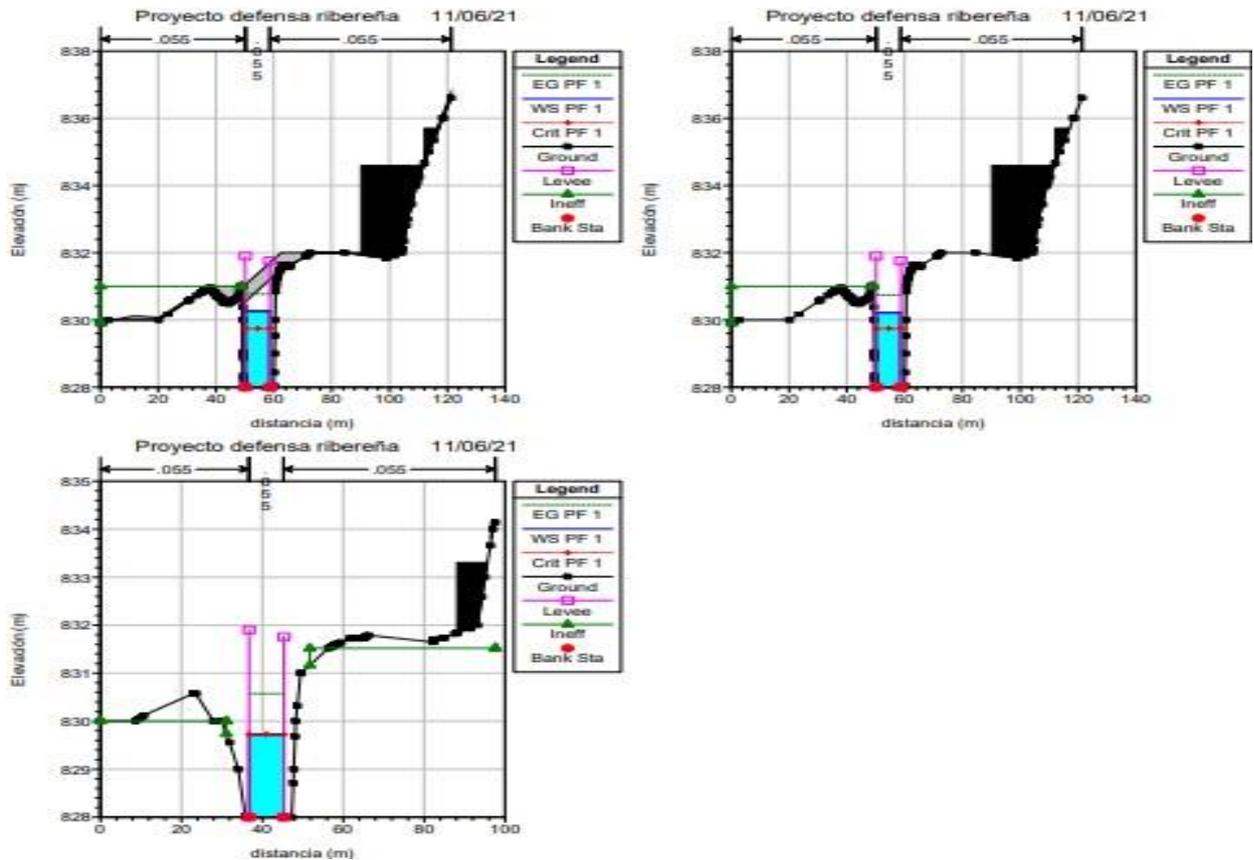












## f) Calculo Estructural:

### Descripción General de la Zona de Estudio

La propuesta técnica incluye la edificación de un muro de hormigón armado con una densidad de 210 kg/cm<sup>2</sup> en el Tramo I, que se encuentra en la margen izquierda del río Paucartambo, con una longitud de 650 ml y una altura de 6,5 metros, como se muestra en cada plano. En el tramo II, desde 0.000 km hasta 0.225.5 km, se construyen casas y edificios en el casco urbano, y en el tramo III, desde 0.000 km hasta 165.70 km, se construye una pared de 6.00 metros de altura. El objetivo es prevenir la erosión y las inundaciones provocadas por la crecida del río Paucartambo, mediante la protección de áreas de huertas y claros al km 0.258.80.

Todo esto se llevará a cabo de acuerdo con los planos y las especificaciones técnicas correspondientes que se muestran en esta ficha técnica.

#### Factores que influyen en el diseño estructural del muro de Contención (C°A°)

- Tipo de suelo (capacidad portante, tipo sísmico) y fuerzas de corte.
- Materiales utilizados (estructura rígida de contención de hormigón armado))
- Comportamiento hidráulico del río (nivel máximo de agua en el camino de diseño, arrastre de sólidos en suspensión).
- Grado de protección necesario (área urbana de diseño resistente a terremotos al pie de la pendiente).

#### Criterios y fundamentos considerados para el diseño del muro contención de Concreto Armado.

Fue necesario tener en cuenta los hallazgos de los estudios de ingeniería básica realizados con este propósito, así como la aplicación de la experiencia adquirida en estructuras similares que ya habían sido construidas. Se realizaron cálculos hidráulicos y estructurales utilizando las condiciones más peligrosas y los flujos máximos del cauce del río Paucartambo para calcular la profundidad máxima y la altura de socavación que determinaron la altura de la estructura propuesta..

Se construyen muros de contención de hormigón armado en la margen o margen izquierda del río Paucartambo a lo largo del curso de agua. La función principal del enfoque hidráulico del proyecto es controlar los deslizamientos de tierra en los terraplenes de la ladera superior debido a la severa erosión fluvial. Prevenir daños a estructuras públicas y privadas por el cauce del río Paucartambo.

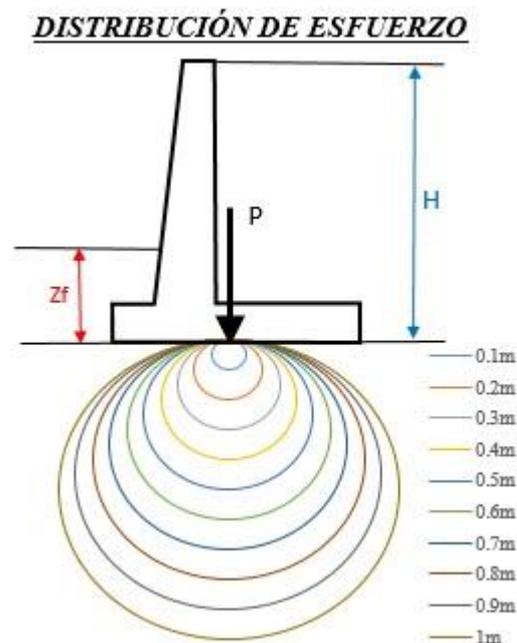


- Estabilidad al deslizamiento.
- Estabilidad por capacidad de carga.

### Capacidad de soporte del suelo.

Debido a la baja capacidad portante determinada en las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras obtenidas de las calicatas, se determinó el uso de una sub zapata ( $f'c=100 \text{ kg/cm}^2+30\%$  piedra grande 6'' max) para soportar las viviendas existentes en la zona urbana y los empujes dinámicos del suelo e hidrostático, como parte del diseño sismo resistente. (Consulte el formulario de cálculo de distribución de esfuerzo).

Figura N° 69: Distribucion de esfuerzos



Realizando el análisis de distribución de esfuerzos obtenemos las dimensiones de la sub zapata (0.7m de altura). Obteniendo el dimensionamiento de la zapata del muro un largo de la base de 4.55m y una

altura de 0.70m con 0.7 m de sub-zapata TramoI (para 0+000 al 0+225.5) y Tramo II (para 0+000 al 0+165.7), para el tramo-III la zapata tenga un largo de la base de 4.15 m y una altura de 0.60m con 0.7m de subzapata (para 0+000 al 0+258.8).

El cálculo hidráulico y estructural se han realizado para la sección del muro más representativa, la condición hidráulica de la avenida más alta (más desfavorable) y principalmente como apoyo estructural de las viviendas en las áreas urbanas donde el río se estrecha.

Como se puede observar en el plano topográfico el ancho del río promedio estable es de 30 metros, se aprecia en la vista fotográfica, establecido por el estudio Hidrológico e Hidráulico.

Figura N° 70: Ancho promedio del río



También se puede observar que la distancia entre la zapata de la estructura parte posterior proyectada y borde de viviendas, por lo que no representa ningún peligro al momento de realizar las excavaciones para las cimentaciones, se observa que, en toda la longitud del proyecto, la zapata

de la estructura no ocupará áreas de las viviendas o terrenos en ladera, las mismas que se encuentran dentro de la faja marginal del río.

Las longitudes propuestas en este proyecto no sólo protegerían las alturas de la ciudad y las viviendas urbanas representadas, sino que también protegerían las calles principales de la ciudad previamente afectada, convirtiendo el interior de la ciudad en un centro manufacturero. Esta vista muestra el estado del pavimento por efectos de hundimiento de la erosión al pie de las vertientes del río Paucartambo. Esta es ahora una amenaza permanente para las carreteras.

Figura N° 71: Vias afectadas por el cauce



### **Diseño estructural**

#### **Criterios de diseño**

Se analizan los razonamientos generales de diseño del muro para determinar su estabilidad, conociendo la presión lateral del suelo que el muro puede soportar. Además, se inspeccionan las estructuras para detectar posibles fallas por caídas, resbalones y capacidad de carga. De manera similar, se verifica la elasticidad de cada componente de la estructura

(paredes y cimientos) y se determina su refuerzo. Las condiciones más desfavorables son las paredes sin cargas de flujo. Las interacciones cesan hasta que la estructura alcanza una condición de estabilidad.

#### Normas de referencia

- ACI – 318, American Concrete Institute - Concreto Estructural.
- NTE E.060, Concreto armado
- NTE E.020, Cargas
- NTE E.030, Diseño sismo resistente • NTE E.050, Suelos y cimentaciones

#### Materiales

- Concreto armado  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Resistencia a la compresión.
- Concreto simple,  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ , Resistencia a la compresión
- Cemento Tipo V o tipo I con adición de impermeabilizante (contacto con humedad).
- Coeficiente de Poisson  $\mu = 0.15$
- Coeficiente de expansión térmica:  $c = 1.0 \text{ E-}05 \text{ } 1/\text{C}^\circ$
- Retracción:  $r = 2.0 \text{ E-}04$
- Módulo de Elasticidad:  $E_c = 15100\sqrt{f'c}$  (en  $\text{kg/cm}^2$ )
- Acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  (Esfuerzo de fluencia)
- Características de barras ASTM A615 Grado 60 (Acero de refuerzo)

#### Cargas

La estructura y sus elementos se diseñarán para lograr una resistencia de diseño ( $R_n$ ) en todas sus secciones al menos igual a la resistencia requerida

(Ru) calculada para la combinación de cargas y fuerzas de refuerzo especificadas en la norma.

Todas las secciones de los elementos estructurales incluyen:

$$\square R_n \square R_u$$

- Las cargas de diseño, incluidas las cargas sísmicas, para todas las estructuras se determinan de acuerdo con los criterios presentados aquí.
- Las cargas permanentes (CM) consisten en el peso de elementos estructurales y no estructurales y de todos los equipos permanentes y semipermanentes.
- La carga útil o congestión (CV) consiste en cargas ocupadas, como la masa de equipos y el tráfico.
- Las cargas sísmicas (CS) se determinan utilizando información proporcionada en los estudios geotécnicos y lo establecido en la norma NTEE.030 identificadas mediante parámetros sísmicos.
- Las cargas por presión de líquidos (CL) aplican para elementos tipo recipientes o subterráneos en contacto con nivel freático.
- Empuje del terreno (CE) para elementos sometidos a cargas de suelo o relleno, este representa un empuje lateral en estado activo con efecto de volteo y/o deslizamiento. Para elementos altos como muros de contención se ven significativamente incrementados con la acción sísmica introduciendo los conceptos expuestos en las fórmulas de Mononobe-Okabe.

## Combinaciones de cargas

### Requisitos y resistencia de diseño

- $U1 = 1.4 CM + 1.7 CV$
- $U2;3 = 1.25 (CM + CV) +/- CS$
- $U4;5 = 0.9 CM +/- CS$
- $U6 = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.7 CE$
- $U7 = 0.9 CM + 1,7 CE$
- $U8 = 1.4 CM + 1.7 CV + 1.4 CL$

Donde

CM: Carga permanente  
CV: Carga viva  
CS: Carga de sismo  
CE: Carga por empuje lateral de terreno  
CL: Carga de líquido

## Condiciones iniciales

Las condiciones iniciales son determinadas principalmente por la hidráulica y en algunos casos por las condiciones de sitio. El diseño hidráulico ha determinado la altura del muro en cada tramo y la profundidad de cimentación mínima que debería tener, asimismo, en el procedimiento se consideran las condiciones de sitio que determinan parámetros del terreno y sobrecargas propias de estructuras existentes como edificaciones, cimentaciones, obras de arte, entre otros.

## Geometría del muro

Basado en las condiciones iniciales se dimensiona la geometría y se verifica la estabilidad como un proceso iterativo hasta alcanzar la sección más económica y estable. La parte superior del cuerpo del muro de retención no debe ser menor que 0.30m para colocar de manera apropiada el concreto y

la parte inferior de aproximadamente el 10% de la altura total. La zapata se pre dimensiona entre el 50% y el 70% de la altura. El pie y talón de zapata obedecen a las condiciones de estabilidad, donde el talón recibe la carga del terreno, por tanto, es de mayor longitud respecto al pie. El espesor del muro, el cual es de sección variable obedece a que en su base se somete a esfuerzos máximos de carga del terreno y actúa a modo de voladizo empotrado

#### Resultados del diseño de muros de contención para los Tramos I – II y III.

El muro se somete a condiciones críticas de estabilidad, es decir sometido a esfuerzos del terreno, condiciones sísmicas, sobrecarga sobre el terreno y, sin carga del flujo. El volteo en todos los casos superar el ratio mínimo de 2.0 exigido y se verifica la no falla por capacidad de carga. Por ello, el máximo esfuerzo del muro se presenta en su base y acompañado con la mayor cuantía, el cual va disminuyendo conforme se alcanza la zona superior y en todos los casos, el refuerzo en la base alcanza separaciones mínimas. El acero de refuerzo horizontal se reparte proporcional al acero vertical. La zapata con altura mínima de 0.60m obedece a condiciones de estabilidad y su refuerzo en todos los casos es por cuantía mínima para dicho espesor. Mediante el programa se ha obtenido resultados y se ha calculado para alturas de los muros de 6.5 metros para los tramos I y II y altura de 6.00 m para el tramo III. A continuación, se muestran los esquemas finales de ambos tipos de muros.

Figura N° 72: Muro Tramo I-II

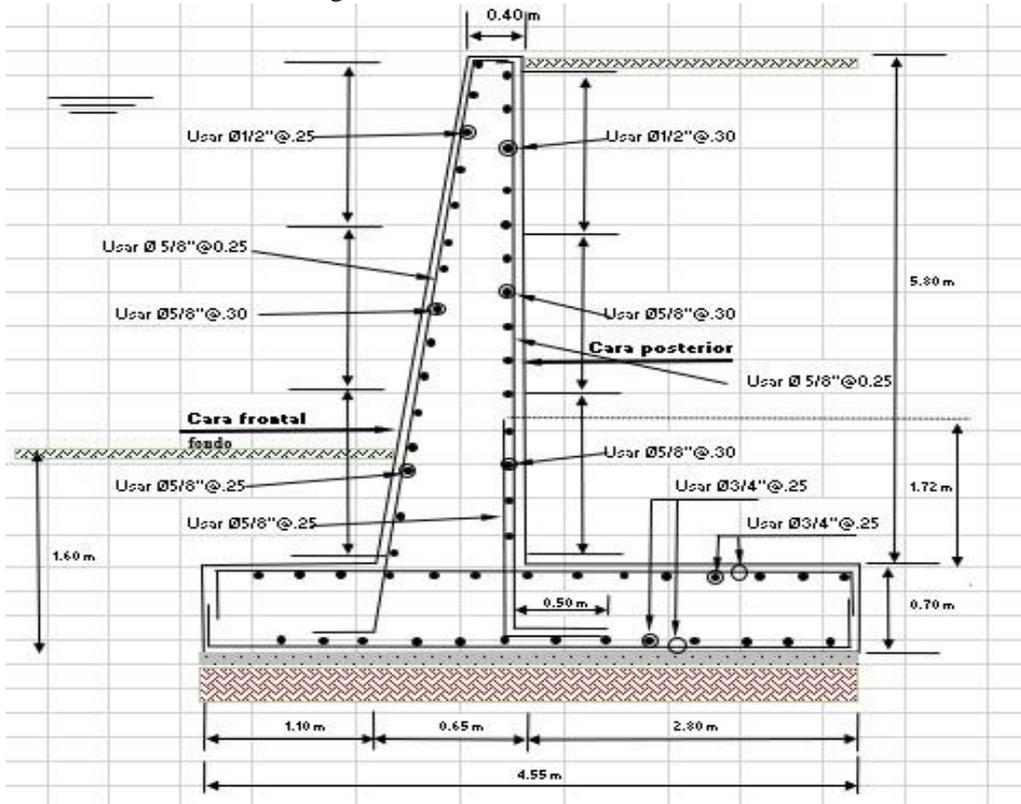
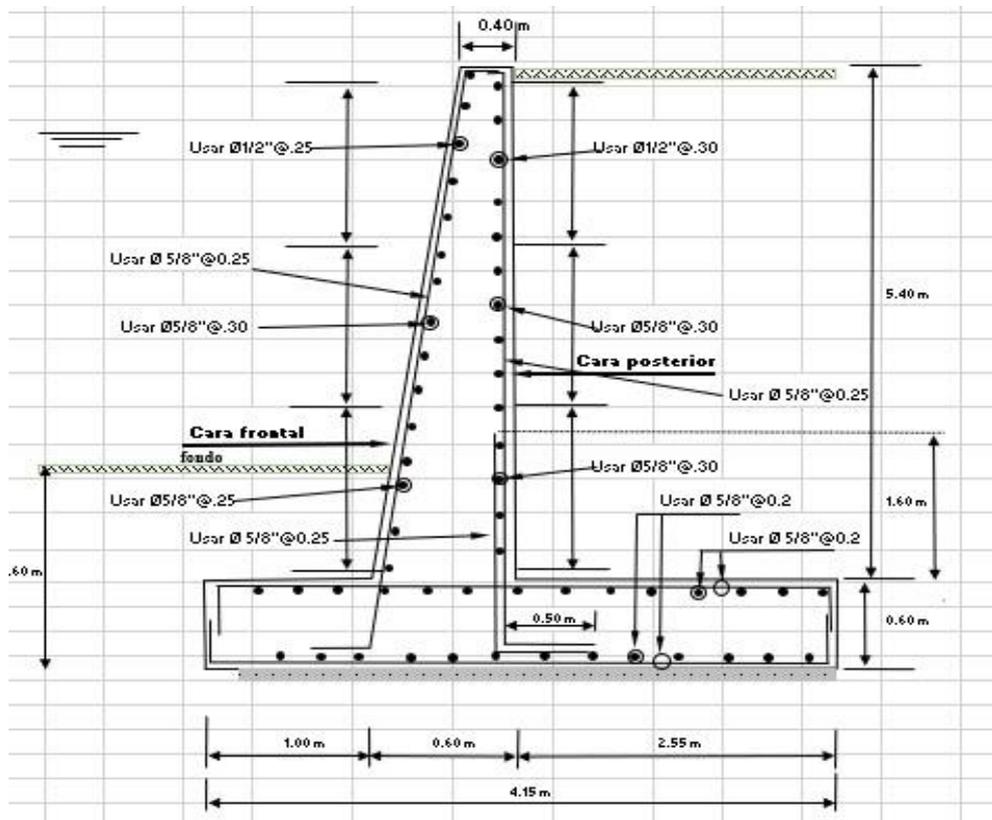


Figura N° 73: Muro Tramo III



## CAPITULO IV

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Discusión de resultados

**“Diseñar una defensa ribereña que permita la reducción del peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco”**

Se ha podido elaborar el diseño de una defensa ribereña para las condiciones particulares de la zona de intervención, considerando el modelamiento de la cuenca, las condiciones, la socavación, la estabilidad de los taludes y diversos factores que son fundamentales para que la propuesta sea aceptada y solucione el peligro inminente que se tiene en la localidad de Puente Paucartambo, frente a los peligros de inundación, para lo que se concluye que proponer esta defensa ribereña de Concreto armado, en un tramo el cual ha sido calculado con alturas de los muros de 6.5 metros para los tramos I - II y una altura de 6.00 m para el tramo III. En concordancia con Rodríguez (2012) estas medidas correctivas son la alternativa de solución más adecuada, y se indica que es fundamental que se realice la revisión

**Realizar el “modelo hidráulico en la cuenca para la defensa ribereña y la reducción del peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco”** En el proyecto se ha estudiado el mapa de inundación (HI-OI), el cual indica que a la altura de las estaciones ocurre una inundación en la margen izquierda, lo que pone en peligro las viviendas,

instituciones y unidades productoras de bienes públicos y la población. Además, las instituciones educativas de nivel inicial y primario se encuentran dentro del área potencial de riesgo por inundación. Según la simulación hidráulica, con un periodo de retorno de  $Tr=100$  años, se podría evitar el desbordamiento del río Paucartambo al tomar en cuenta las defensas ribereñas y el encauzamiento del río. De acuerdo a un análisis minucioso de los resultados de la modelación hidráulico se tiene logro obtener que:

En la primera parte Entre las estaciones 39.91378 y 820.00, se registra una velocidad máxima de 6.58 m/s y una mínima de 2.14 m/s, lo que significa que el agua fluye en un estado supercrítico durante todo este trayecto. En el segundo tramo del proyecto, que abarca las estaciones 19.99997 a 259.9318 en Hec RAS, se registran velocidades máximas de 6.44 a 6.74 m/s sobre la línea del thalweg, con una velocidad máxima de 6.74 m/s sobre la línea del thalweg. En la tercera parte La velocidad máxima de 5.42 m/s y la velocidad mínima de 2.55 m/s se registran entre las estaciones 82.76491 y 45.57782, según Hec RAS. Durante este trayecto, el agua fluye en un régimen supercrítico. La distribución de velocidades se muestra en la siguiente figura.

Entonces, según la simulación hidráulica, se propone construir los muros de contención de concreto armado en los tramos (I-II-III), de acuerdo con Elioska (2007), quien concluye que para prevenir futuras erosiones que resulten en inundaciones, se deben construir y diseñar defensas riberlas que no alteren el lecho original del río.

**Realizar el “diseño hidraulico de la defensa ribereña y la reducción del peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco”**

Con base en los resultados obtenidos y procesados, se desarrolló el diseño hidráulico de la defensa de ribera mediante simulación hidráulica, tomando en cuenta diversos elementos de la propuesta. De manera similar, se implementó el método de precipitación-escorrentía para la creación de ríos mediante el uso de hidrogramas triangulares en cuencas mayores a 5 km<sup>2</sup>. Un modelo hidrológico determinista para la transformación de precipitación y escorrentía. Dependiendo de las características morfológicas, uso del suelo, tipo de cobertura y otros factores, la escorrentía en estos caminos se puede determinar optando por utilizar el programa informático HEC-HMS. También se propone la construcción de muros de contención de hormigón armado de los tramos (I-II-III), cuyas longitudes propuestas en el proyecto no sólo sirven para la protección de las alturas dibujadas de las ciudades y viviendas urbanas, sino también para la protección de los anteriormente protegidos. la calle principal de la ciudad, que resultó afectada, y aisló a la ciudad de los centros manufactureros del interior. Esta vista muestra el estado del pavimento por efectos de hundimiento y erosión al pie del talud de agua del río Paucartambo. Las carreteras están ahora bajo amenaza permanente y también se podría cartografiar y definir el alcance del diseño hidráulico. Modelización plurianual, como la de Alcocer (2016), que integra combinaciones de tarjetas de peligro y vulnerabilidad. Tenga en cuenta que los mapas de riesgo de inundaciones pueden calcular los costos esperados de los daños por inundaciones, y los modelos de simulación hidráulica se han convertido en una herramienta importante en el análisis de inundaciones. Los mapas de peligro también tienen en cuenta los factores de deslizamientos y vuelcos que pueden causar inundaciones. bienes muebles e infraestructura. De manera similar, puede ser

una herramienta para determinar las mejores rutas para que los residentes se evacuen a los refugios de emergencia de la ciudad.

**Realizar el “diseño estructural de la defensa ribereña y la reducción del peligro de inundaciones en la localidad de Puente Paucartambo del distrito de Villa Rica – provincia de Oxapampa – departamento de Pasco”.**

De acuerdo con los resultados obtenidos y procesamiento de la información obtenida con el diseño hidrológico se ha podido diseñar una estructura que permita solucionar el problema identificado, garantizando el tiempo de vida útil de la infraestructura y evitando deterioro de los taludes y áreas afectas dentro del cauce del río. El cálculo hidráulico y estructural se han realizado para la sección del muro más representativa, la condición hidráulica de la avenida más alta (más desfavorable) y principalmente como apoyo estructural de las viviendas en las áreas urbanas donde el río se estrecha. Con el diseño hidráulico se ha determinado la altura del muro en cada tramo y la profundidad de cimentación mínima que debería tener, asimismo, en el procedimiento se consideran las condiciones de sitio que determinan parámetros del terreno y sobrecargas propias de estructuras existentes como edificaciones, cimentaciones, obras de arte, entre otros. Se determino en base a los ensayos realizado, la profundidad de cimentación de la estructura que será de 1.60 m, como mínimo. Debido a la baja capacidad portante determinada en las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras obtenidas de las calicatas, se determinó el uso de una sub zapata ( $f_c=100 \text{ kg/cm}^2$  30% piedra grande 6'' max) para soportar las viviendas existentes en la zona urbana y los empujes dinámicos del suelo e hidrostático, como parte del diseño sismo resistente, concordando con

Elioska (2007), que también propone una defensa ribereña para protección que garantice la seguridad de la zona a intervenir.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

1. Obras de protección del río en la localidad de Puente Paucartambo, distrito de Villarrica, provincia de Oxapampa, provincia de Pasco, con el objetivo de reducir el riesgo de inundaciones, ubicada en una zona de terreno irregular y desnivelado.
2. Se realizó modelación hidráulica en la cuenca urbana de Puente Paucartambo, Distrito de Villa Rica, Provincia de Oxapampa, Provincia de Pasco, para proteger el río y reducir el riesgo de inundaciones. Teniendo en cuenta el proceso de diseño del estudio hidrológico,  $Tr = 100$  años para el diseño de estructuras de protección. Para el transporte acuático, esto se hace utilizando HEC-RAS v. 5.0.7, considere un análisis de flujo en estado estacionario con gradiente unidimensional. Las secciones transversales perpendiculares a la línea de vaguada se ingresaron analizando los datos de propiedad hidráulica de cada sección, donde se ingresaron factores de rugosidad de cuadrilla para cada sección, tomando el valor del río Paukartambo de 0.055.
3. Diseño de una estructura para la protección de ríos y reducción del riesgo de inundaciones en el poblado de Puente Paucartambo, Distrito de Villarrica, Provincia de Oxapampa, Provincia de Pasco. Debido a la constante actividad de arrastrar grandes cantidades de sedimentos y

deslizamientos de tierra hacia el microesqueleto de agua de Paukatambo, estos montones de rocas y sólidos hacen que el río cambie constantemente su curso, provocando erosión y derrumbes. Ubicado en la margen derecha del río, por el material suelto en la margen, lo que contribuye a la erosión del costado de la margen; La comunidad de Paukatambo corre un alto riesgo de sufrir inundaciones, socavación y deslizamientos de tierra debido a este problema. tenido en cuenta en el diseño.

## **CAPITULO VI**

### **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar modelamientos utilizando software especializado, lo cual permita realizar modelos mas precisos, los que se pueden complementar con mapas elaborados en base a información geográfica utilizando el ArcGis, para una mejor toma de decisiones.
- Utilizar materiales de canteras cercanas a la zona de intervención para poder reducir costos, en la ejecución de los proyectos.
- Utilizar maquinaria pesada para el encauzamiento de los ríos en un área de al menos  
1000 metros aguas arriba y 500 metros aguas debajo de la zona de intervención.
- Buscar el financiamiento en entidades gubernamentales para priorizar la intervención a través de MINAGRI, o similares.
- Respecto al fomento de trabajo temporal y creación de puestos de trabajo, se recomienda la inclusión y participación personal femenino a fin de contribuir con la igualdad de género en las labores de la sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, L. (2020). Propuesta vial para mejorar la transitabilidad vehicular en la intersección de las Avenidas Prolongación Francisco Bolognesi y José Leonardo Ortiz en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.
- ALCÁNTARA, A. (2001). Topografía. México: Universidad Autónoma de México.
- Atiencia García, Y. L. (2022). Diseño hidráulico de obras de protección del margen derecho del río Coca; barrio Con Hogar ciudad del Coca.
- Banco Mundial. (09 de Abril de 2019). Banco Mundial - BIRF - AIF. Obtenido de Banco Mundial: Desarrollo social:  
<https://www.bancomundial.org/es/topic/socialdevelopment/overview#1>
- CERTICALIA. (s.f.). ¿Que es el estudio hidrológico? Recuperado el 04 de Abril de 2020, de ¿Que es el estudio hidrológico?: <https://www.certicalia.com/estudio-hidrologico/quees-el-estudio-hidrologico>
- Chavez Cabrera, J. O., & Roldan Acuña, C. W. (2021). Diseño de obras de protección para mitigar la vulnerabilidad por inundaciones del río Caynarachi en la ribera del puerto del Distrito de Barranquita, Provincia de Lamas.
- CHOW, V., MAIDMENT, D., & MAYS, L. (1994). Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia : McGraw-Hill.
- Comisión Nacional del Agua. (2012). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Coyoacán, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Cruz, C., & Melgarejo, G. (2019). Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal del camino vecinal Recuay - Huancapampa - Ancash - 2019. Huaraz, Perú: Universidad César Vallejo.
- Fabián, C. (2021). Mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Salaverry, tramo: Av. Mariscal Castilla – Jr. Callao en el AA.HH. La Victoria del distrito de El Tambo – Huancayo - Junín. Huancayo, Perú: Universidad Peruana Los Andes.
- Gardiol, M., & Del Valle Morresi, M. (2023). Medidas estructurales y no estructurales implementadas en el albardón costero de Santa Fe, Argentina. Período 1900-2020.
- Jogosa Obras y Servicios. (s.f.). Jogosa Obras y Servicios, encauzamiento. Obtenido de Jogosa Obras y Servicios, encauzamiento.
- Lozano Marin, L. I., & Lozada Oliva, K. L. (2019). Instalación de un sistema de defensa ribereña ante la vulnerabilidad que genera las inundaciones en la margen derecha del río Yuracyacu localidad de Yuracyacu.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2015). Manual de carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Capítulo IV - Suelos. Manual de Carreteras - Sección suelos y pavimentos. Lima, Perú: MTC - Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras: Sección suelos y pavimentos. Capítulo XIV: Pavimentos rígidos. Lima, Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Enero de 2018). Glosario de términos. Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Hidráulica y drenaje. En Manual de hidrología, hidráulico y drenaje. Lima, Peru: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Hidrología. En Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Lima, Perú: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Enero de 2018). Manual de carreteras. Manual de carreteras: Diseño geométrico. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Anuario Estadístico. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano. Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano. Lima, Perú: El Peruano.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano. Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano. Lima, Perú: El Peruano.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2010). Norma técnica CE. 010. Norma técnica CE. 010 - Pavimentos urbanos. Lima, Perú.
- Narváez, V. (2012). Impacto del mejoramiento de la vía El Rosal – Simón Bolívar en la calidad de vida de los habitantes del sector El Rosal, provincia de Pastaza. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Oyola Romero, A. M., & Medina Troncos, O. A. (2019). Estimación de caudales máximos con fines de prevención de inundaciones aplicando el modelo hidrológico HEC – RAS, caso río Zarumilla - 2018.
- Real Academia Española - RAE. (2005). Diccionario de la lengua española. Lima, Perú:

QUEBECOR WORLD PERÚ S.A.

Rodríguez, R. (2011). Modelo de gestión de conservación vial para reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular en los caminos rurales de las poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la provincia de Chimborazo. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Rojas, F. (2017). Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. César Vallejo, tramo cruce con la Av. Separadora Industrial hasta el cruce con el cementerio, en el distrito de Villa El Salvador, provincia de Lima, departamento de Lima. Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villareal.

Rojas, M., & Ramírez, A. (2018). Inversión en infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014). Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 17(32), 109 - 128. doi:10.22395/rium.v17n32a6

Roldán, P. (10 de Octubre de 2018). Desarrollo económico. Economipedia. com. Obtenido de Desarrollo económico. Economipedia. com:

<https://economipedia.com/definiciones/desarrollo.html>

Sampieri, R. H. (2014). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

Sánchez Mahecha, A. C., & Barrera Guzmán, J. K. (2021). Análisis Del Riesgo Por Inundación En El Rio Tunjuelito En La Localidad De Bosa, Bogotá DC.

Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). MANUAL DE TÉRMINOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA Y HUMANÍSTICA. Lima: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA.

Wellen, B., Liu, Q., Li, W., Adriazola-Steil, C., King, R., Sarmiento, C., & Obelheiro, M.

(2016). Ciudades más seguras mediante el diseño. World Resources Institute.

## ANEXOS

### ANEXO 01

LISTA DE PELIGROS Y RIESGOS DEL PROYECTO ASOCIADOS A  
CONSECUENCIAS

<b>LISTA DE PELIGROS Y RIESGOS ASOCIADOS/CONSECUENCIAS</b>		
<b>LISTA NO LIMITATIVA DE PELIGROS Y RIESGOS ASOCIADOS/CONSECUENCIAS EN LAS ACTIVIDADES</b>		
<b>CÓD.</b>	<b>PELIGRO</b>	<b>RIESGOS ASOCIADOS/CONSECUENCIAS</b>
01	Pisos resbaladizos	Caídas a nivel, golpes y cortes
02	Pisos disperejos	Caídas a nivel, golpes y cortes
03	Escaleras	Caídas a desnivel, golpes
04	Herramientas	Golpes y cortes
05	Infraestructura inadecuada	Golpes y cortes
06	Partes expuestas de máquinas en movimiento	Atrapamientos
07	Objetos o superficies punzo cortantes	Cortes
08	Proyecciones de partículas u objetos	Cortes y/o quemaduras
09	Objetos sobresalientes	Golpes y cortes
10	Tránsito vehicular	Atropellos
11	Superficies calientes	Quemaduras
12	Recipientes a presión	Explosión y/o incendio

13	Contacto directo o indirecto con puntos energizados (en baja, media o alta tensión)	Descargas eléctricas (quemaduras, paro cardíaco)
14	Equipos eléctricos	Descargas eléctricas (quemaduras, paro cardíaco)
15	Ruido	Hipoacusia laboral
16	Iluminación	Dolores de cabeza, poca visibilidad o deslumbramiento
17	Altas temperaturas	Quemaduras o malestar
18	Bajas temperaturas	Quemaduras o malestar
19	Radiaciones ionizantes	Trastornos a nivel genético
20	Radiaciones no ionizantes	Problemas en sistema nervioso, óseo y muscular
21	Vibraciones	Problemas en sistema nervioso, óseo y muscular
22	Sustancias tóxicas	Problemas respiratorios
23	Sustancias asfixiantes (gases y vapores)	Problemas respiratorios
24	Sustancias corrosivas	Daños a la piel o vista
25	Sustancias irritantes o alergizantes	Problemas respiratorios, piel o vista
26	Gases inflamables	Incendio y/o explosiones
27	Líquidos inflamables	Incendio y/o explosiones
28	Sólidos inflamables	Incendio
29	Explosivos	Incendio y/o explosiones
30	Trabajo en altura	Caídas a nivel, golpes y cortes
31	Polvo	Problemas respiratorios

## ANEXO 02

### LISTA DE PELIGROS Y RIESGOS ASOCIADOS A CONSECUENCIAS

EVALUACIÓN DEL RIESGO	
SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS	DEFINICIÓN
LIGERAMENTE DAÑINO	Daños superficiales sin pérdida de jornada laboral, golpes y cortes pequeños, molestias e irritaciones leves, dolor de cabeza, disconfort.
DAÑINO	Daños leves con baja temporal, sin secuencias ni compromiso para la vida del trabajador, clientes o de terceros, tales como laceraciones, conmociones, quemaduras, fracturas menores, dermatitis, etc.
EXTREMADAMENTE DAÑINO	Daños graves que ocasionan incapacidad laboral permanente e incluso la muerte del trabajador, clientes o terceros, tales como amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, enfermedades profesionales irreversibles, cáncer, etc.

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN
ALTO	No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.
MODERADO	Se puede realizar las operaciones siempre y cuando se mantenga la supervisión de los controles implementados para evitar posibles desviaciones
BAJO	No requiere acción específica

## ANEXO 03

### SOLICITUD DE CODIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS PARA EL ESTUDIO TOPOGRAFICO



### SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS

RELLENAR LOS SIGUIENTES DATOS:

PERSONA NATURAL/JURÍDICA RESPONSABLE DE LOS TRABAJOS DE POSICIONAMIENTO GNSS	<b>SLIDER GUIDOTTI LLALLICO</b>	
TEL ONO WO CELULAR	930420772	
CORREO ELECTRÓNICO	<a href="mailto:sliderql@gmail.com">sliderql@gmail.com</a>	
CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS	DOS (02)	
Datos del Punto Geodésico 01		
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO		
	PASCO OXAPAMPÁ	
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 01	<b>PAS03203</b>	
Datos del Punto Geodésico 02		
ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO		
DEPARTAMENTO(“)	PASCO	
PROVINCIA(N)	OXAPAMPÁ	
CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO 02	<b>PAS03204</b>	
FIRMA POSTFIRMA Y SELLO DE LA PERSONA NATURAL/JURÍDICA RESPONSABLE		
FIRMA Y SELLO DE LA SUB DIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES	 FEUX CABELLO WONG PERSONAL CAS Sub Dirección de Certificaciones 06/10/2021	
1		
(*) Esta codificación no define 'irrites políticos administrativos		
Tener precaución de indicar correctamente la provincia y departamento en los que se realizará el levantamiento. En caso de que el código no perteneciera a la provincia y departamento en el que se realizaron los trabajos, no se podrá proceder con la certificación.		
<b>AVISO!</b>		
1. Enviar la solicitud del código obligatoriamente en formato excel (Ejemplo: _____ al correo comercializacion@iqn.qob.pe, de lo contrario su solicitud no podrá admitida y respondida.		
2. El código asignado por el Instituto Geográfico Nacional tendrá validez por un tiempo no mayor a 6 meses para su certificación, ello contempla la correspondiente aprobación de la subsanación en caso de encontrar observaciones. El no cumplimiento de lo dispuesto conllevará a la anulación y asignación de dichos códigos a otros proyectos.		

## ANEXO 04

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

#### CONCLUSIONES:

La profundidad de cimentación de la estructura será de 1.60 m. como mínimo. Se determinó la capacidad de carga admisible del terreno para la alternativa de cimentación considerada obteniéndose:

- Calicata C-1:  $q_{adm} = 1.12 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-2:  $q_{adm} = 1.20 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-3:  $q_{adm} = 1.15 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-4:  $q_{adm} = 1.10 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-5:  $q_{adm} = 1.19 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-6:  $q_{adm} = 0,86 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-7:  $q_{adm} = 0.92 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-8:  $q_{adm} = 0.85 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-9:  $q_{adm} = 1,13 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-10:  $q_{adm} = 0.91 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-11:  $q_{adm} = 0.52 \text{ kg/cm}^2$
- Calicata C-12:  $q_{adm} = 0.48 \text{ kg/cm}^2$

Durante el proceso constructivo se deberá verificar que la cimentación no se encuentre material disturbado o relleno como plástico, trozos de ladrillo y madera.

## **RECOMENDACIONES:**

1. El análisis químico no muestra salinidad agresiva en el subsuelo, por lo que se puede usar cemento Portland Tipo I al preparar el concreto para los cimientos.
2. El acolchado controlado está fabricado con materiales seleccionados. Tiene las mismas condiciones de apoyo que una cimentación poco profunda. Los métodos utilizados para el conformado, compactación y control dependen principalmente de las propiedades físicas del material. El material seleccionado utilizado para crear el relleno. La compresión debe controlarse de la siguiente manera:
  - I. Si hay más de 12 partículas, se deben comprimir en todo su espesor hasta una densidad mínima de 90, la densidad seca máxima según el Método de prueba modificado de Proctor NTP 339.141 (ASTM D 1557).
  - II. Si son 12 o menos finos, se deben comprimir en todo su espesor hasta una densidad mínima de 95, densidad máxima en seco según Método de Prueba Modificado Proctor NTP 339.141 (ASTM D 1557).

En todos los casos, se deben realizar controles de compresión en todos los niveles comprimidos, una vez cada 250 m<sup>2</sup> y al menos 3 controles por nivel. Para áreas pequeñas (menos de 25 metros cuadrados) es aceptable al menos una prueba. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar es de 0,30 m, y si fuera necesario comprobar la compactación de un vertedero controlado ya instalado, este trabajo podrá realizarse mediante uno de los siguientes métodos: debe ejecutarse.

- a) Ensayo de penetración estándar NTP 339.133 (ASTM D 1586) por espesor de relleno controlado. El resultado de esta prueba debe ser superior a N 25 impactos por cada 0,30 m de profundidad de penetración.

b) Ensayo mediante cono de arena NTP 339.143 (ASTM D1556) o método nuclear NTP 339.144 (ASTM D2922) (0,50 m de espesor cada uno). Por encima del 12% de finos, el resultado debe estar por encima del 90% de la densidad seca máxima de la prueba Proctor modificada. O exceder la densidad seca máxima de la prueba Proctor de 95. Si la multa es inferior a 12 pulgadas, se cambiará.

Se recomienda compactar el suelo de soporte antes de vaciar la cimentación. El suelo portador generalmente se cambia mediante el proceso de excavación.

Cuando durante la ejecución de la obra se detecten terraplenes y/o áreas perturbadas a nivel de cimentación (suelo removido por excavación del pozo), se podrá utilizar una subbase de hormigón ciclópeo de altura variable. ser considerado. Hasta la localización del terreno natural.

Si se encuentra un nivel freático, se debe drenar y/o aislar para poder bombearlo más tarde.

Los resultados de este estudio son válidos sólo en el área de estudio encuestada.