



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

## TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE: INGENIERO AGRÍCOLA

***“DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBEREÑA MEDIANTE ROCA AL  
VOLTEO EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA.  
TRAMO: KM 16 AL KM 20”***

### PRESENTADO POR:

**Bach:** Olivos Alvites, Víctor Orlando  
**Bach:** Contreras Riofrio, Jherson Enrique

### PATROCINADOR:

**ING<sup>o</sup>. Msc.** MACO CHUNGA, MANUEL

**LAMBAYEQUE – PERÚ  
2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"**



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**


**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBEREÑA MEDIANTE ROCA AL  
VOLTEO EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA.  
TRAMO: KM 16 AL KM 20"**

APROBADO POR:

  
Dr. **SAAVEDRA TAFUR, Oscar**  
**PRESIDENTE**

  
M.Sc. **CUMPA REYES, Jorge Segundo**  
**SECRETARIO**

  
Ing. **CELIS JIMENEZ, Victoriano**  
**VOCAL**

  
M.Sc. **MACO CHUNGA, Manuel**  
**PATROCINADOR**

**LAMBAYEQUE - PERU**

## RESUMEN

El área del proyecto de investigación se encuentra ubicada en el distrito de Barranca, provincia de Barranca, en la región Lima, ante la presencia del Fenómeno del Niño Costero 2016 - 2017 el cauce del río Pativilca ha quedado totalmente colmatado, daños de algunas defensas existentes, tomas colgadas, áreas de cultivo erosionadas, etc.

El tramo crítico considerado presenta un cauce irregular, erosionado en sus márgenes, colmatado en el centro, habiéndose formado islotes, los mismos que propician los desbordes de las aguas ampliando el cauce del río e inundando los terrenos colindantes. Actualmente en la zona de Providencia y Huayto, se tiene el peligro que el río se ha pegado hacia la margen derecha y viene erosionando la ribera poniendo en peligro los terrenos de cultivo colindantes, evidenciándose que va seguir inclinándose el flujo de agua en las condiciones actuales. Y ante esa problemática se desarrolló el estudio denominado: “Diseño de una Defensa Ribereña mediante roca al volteo en la margen derecha del Río Pativilca. Tramo: km 16 al km 20. Se determinaron los estudios básicos como topografía, hidrología, mecánica de suelos para luego realizar el diseño de la defensa.

Para el diseño del dique enrocado se determinó: El Ancho Estable de Cauce el cual fue calculado mediante cinco métodos para un caudal máximo de  $510.47 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , con un tiempo de retorno de 35 años, obteniendo en todos los casos diferentes valores, sin embargos también se tomó en cuenta el ancho del río en la actualidad, por tal motivo se adoptó el valor de 100 m, en cuanto a los otros valores de las características del dique son: Altura dique= 3.00 m, Tirante =1.25 m, Bordo Libre =1.78 m, Altura uña = 1.30 m, Altura total = 4.30 m.

El presupuesto del proyecto, asciende a S/. 2,920,949.96 (Dos Millones Novecientos Veinte Mil Novecientos Cuarenta y Nueve y 96/100 Nuevos Soles).

Palabras Claves: Dique, Roca al Volteo, Caudal Máximo.

## **ABSTRACT**

The area of the research project is located in the district of Barranca, province of Barranca, in the Lima region, in the presence of the Coastal Niño Phenomenon 2016 - 2017 the Pativilca river bed has been totally clogged, damages of some existing defenses , hanging shots, eroded cultivation areas, etc.

The considered critical section presents an irregular channel, eroded in its margins, clogged in the center, having formed islets, the same ones that cause the overflows of the waters extending the channel of the river and flooding the adjoining lands. Currently in the area of Providencia and Huayto, there is the danger that the river has stuck to the right bank and is eroding the river bank, endangering the surrounding agricultural land, evidencing that the flow of water will continue to lean under current conditions . In view of this problem, the study entitled: "Design of a Riparian Defense by turning rock on the right bank of the Pativilca River. Section: km 16 to km 20. Basic studies such as topography, hydrology, soil mechanics were determined to then design the defense.

For the design of the rockfill, the following was determined: The Stable Channel Width which was calculated by means of five methods for a maximum flow of 510.47 m<sup>3</sup>/sec, with a return time of 35 years, obtaining in all cases different values, without embargoes also took into account the width of the river at present, for this reason the value of 100m was adopted. As for the other values of the characteristics of the dike are Dam height = 3.00 m, Tirante = 1.25 m, Freeboard = 1.78 m, Nail height = 1.30 m, Total height = 4.30 m.

The project budget amounts to S/. 2,920,949.96 (Two Million Nine Hundred Twenty Thousand Nine Hundred Forty Nine and 96/100 Nuevos Soles).

Key Words: Dyke, Tumbling Rock, Maximum Flow

## DEDICATORIA

**“El futuro del hombre esta cuando se vencen los temores, siendo este; el primer secreto del éxito”.**

Le dedico a **DIOS** por haberme dado fuerza y valor en mis estudios.

A mis padres **MARIA DEL PILAR ALVITES BULLON** y **ORLANDO OLIVOS BALLADARES** con mucho amor y cariño quienes me dieron la vida y esa fortaleza para poder alcanzar este triunfo tan deseado y haberme apoyado en los momentos más difíciles de esta trayectoria. Este sueño alcanzado más que mío es de ustedes, porque fueron los únicos que creyeron en mí y me animaron siempre para lograr esta meta.

A mis hermanas **LAURA DEL CARMEN OLIVOS ALVITES** Y **KATHERINE DEL PILAR OLIVOS ALVITES**, que siempre estuvieron a mi lado, brindándome su amor y cariño

A mis sobrinos **ABDIEL MATIAS REYES OLIVOS** Y **MARIA LAURA MORON OLIVOS**, que con sus sonrisas me inspiran para seguir luchando.

A mis familiares, amigos y compañeros, que siempre tuvieron fe en mí y con sus palabras de aliento me dieron fuerza motivadora para seguir hasta el final de mi carrera.

**VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES**

## DEDICATORIA

**“Dios, gracias por tu protección y guía espiritual en mi vida”**

Indudablemente que la culminación de una meta trazada, provoca un sentimiento de satisfacción en quien lo consigue, ya que todo triunfo está acompañado de sacrificio, esfuerzo y responsabilidad.

Es por eso que dedico mi esfuerzo, a mis padres **RAUL ALSIVIADES CONTRERAS GUERRERO Y MARIA EMILIA RIOFRIO ARIAS**, razón y ser de mí existir, que con sus sabios consejos me dieron las bases y motivos para seguir adelante en mis estudios “antes que mío, este triunfo es de ellos”.

A mis amados hermanos **LUZ DEL CIELO CONTRERAS RIOFRIO Y RAUL EDGARDO CONTRERAS RIOFRIO**, por estar hay como fuente de fortaleza y ser mi apoyo incondicional en las buenas y en las malas, esto es amor de hermanos; quien lo probó, lo sabe, para ustedes un “GRACIAS DE CORAZON”.

A mi sobrino **LEONAR JARED FERNANDEZ CONTRERAS**, por darme fortaleza en todo momento

A todos mis familiares, compañeros y amigos que de una y otra forma siempre creyeron en mí, por su apoyo incondicional.

**JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RIOFRIO**

## AGRADECIMIENTO

Dada la grandeza y la sencillez que significa la palabra gratitud nos permitimos reflexionar diciendo: " que uno tiene, algo de uno y muchos de todos ", motivo por el cual este trabajo dejan constancia a Dios, Ser supremo, creador de todo lo existente que sin él no hubiera sido posible culminar esta etapa de nuestra formación académica.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, a la Facultad de Ingeniería Agrícola por la valiosa oportunidad de alcanzar nuestra formación profesional.

Al **Ing. Manuel Maco Chunga**, Patrocinador de Tesis, **que con su apoyo desinteresado nos proporcionó soporte técnico** durante el desarrollo del proyecto.

A los ingenieros **Oscar Saavedra Tafur, Jorge Cumpa Reyes y Victoriano Celis Jiménez** por sus enseñanzas impartidas con mucha humildad y dedicación; y esa fuerza de carácter que nos enseñó "que nada es fácil en la vida, pero luchando lo podemos lograr".

A las autoridades y docentes que siempre nos entregaron su cordial amistad y nos brindaron sus conocimientos e ideales, para ser competitivos en la vida profesional y siempre tener presente lo aprendido en las aulas universitarias.

A nuestros familiares y amigos que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo y conclusión de nuestra carrera

## LOS AUTORES

# ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
	1.1.Realidad Problemática .....	13
	1.1.1. Planteamiento del Problema .....	13
	1.1.2. Formulación del Problema .....	15
	1.2.Justificación e Importancia del estudio .....	15
	1.3.Objetivos .....	16
	1.3.1. Objetivo General .....	16
	1.3.2. Objetivo Específicos .....	16
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
	2.1.Antecedentes de Estudio .....	17
	2.2.Base Teórica .....	20
	2.2.1. Río .....	20
	2.2.2. Inundación .....	21
	2.2.2.1. Causas de las inundaciones .....	21
	2.2.2.1.1. Causas Naturales .....	21
	2.2.2.1.2. Causas No Naturales (Antrópicas) .....	21
	2.2.2.2. Tipos de Inundaciones .....	22
	2.2.2.2.1. Por el Tiempo de Duración .....	22
	2.2.2.2.2. Según el Origen que las Genere .....	23
	2.2.2.3. Medidas de Corrección del Cauce .....	23
	2.2.2.3.1. Rectificación de Cauces .....	23
	2.2.2.3.2. Canalización de Cauces .....	24
	2.2.2.4. Protección Contra Inundaciones .....	24
	2.2.2.4.1. Medidas Estructurales .....	24
	2.2.3. Avenida .....	36
	2.2.3.1. Máxima Avenida .....	36
	2.2.3.2. Método de determinación de Máximas Avenidas .....	36



2.2.3.2.1.	Métodos probabilísticos .....	37
2.2.4.	Periodo de Retorno .....	39
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1.	Características del Área de Estudio .....	41
3.1.1.	Ubicación del Proyecto .....	41
3.1.1.1.	Ubicación Geográfica .....	41
3.1.1.2.	Ubicación Política .....	41
3.1.1.3.	Ubicación dentro de los Distritos de Riego .....	41
3.1.2.	Vías de Acceso .....	41
3.1.3.	Características de la Cuenca .....	42
3.1.4.	Clima y Vegetación .....	43
3.1.5.	Aspectos Ecológicos.....	43
3.1.6.	Descripción Agro Socio-Económica del Valle .....	44
3.1.6.1.	Organización de los Usuarios .....	44
3.1.6.2.	Actividad Principal, Beneficiarios y Beneficios Esperados .....	45
3.1.6.2.1.	Actividad Principal .....	45
3.1.6.2.2.	Beneficiarios y beneficios esperados .....	45
3.2.	Estudio Topográfico .....	47
3.2.1.	Metodología de Trabajo .....	47
3.3.	Estudio de Suelos .....	48
3.3.1.	Investigaciones de Campo .....	48
3.3.2.	Exploraciones realizadas.....	49
3.3.3.	Ensayos en laboratorio .....	49
3.4.	Estudio de Caudales Máximos .....	50
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>60</b>
4.1.	Topografía .....	60
4.1.1.	Plano de Ubicación .....	60
4.1.2.	Plano de planta .....	60

4.1.3.	Plano de perfil.....	60
4.1.4.	Plano de Secciones .....	60
4.2.	Geología y Geotecnia .....	61
4.3.	Hidrología .....	62
4.3.1.	Periodo de Retorno.....	63
4.3.2.	Tiempo de Concentración.....	68
4.3.2.1.	Información de la cuenca .....	68
4.3.2.2.	Fórmula de R. Temez .....	68
4.3.2.3.	Fórmula de la Soil Conservation Service .....	69
4.3.2.4.	Fórmula de Kirpich .....	69
4.3.2.5.	Evaluación de Resultados .....	69
4.3.3.	Intensidad .....	69
4.3.4.	Caudal de Diseño .....	70
<b>V.</b>	<b>INGENIERÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>71</b>
5.1.	Determinación del Caudal de Diseño .....	71
5.2.	Descargas Máximas Instantáneas .....	71
5.3.	Sección estable o amplitud de cauce .....	71
5.3.1.	Selección del Ancho Estable .....	75
5.4.	Tirante de Diseño .....	75
5.5.	Velocidad media del Caudal .....	76
5.6.	Régimen del Caudal del Río .....	76
5.7.	Cálculo de la Profundidad de Socavación .....	76
5.7.1.	Profundidad de Socavación (Hs) en tramos rectos .....	78
5.7.2.	Profundidad de Socavación (Hs) en tramos curvos.....	79
5.8.	Altura de Dique .....	80
5.8.1.	Bordo Libre .....	80
5.9.	Consideraciones Finales .....	81

5.10. Diámetro de las Rocas .....	83
5.10.1. Información Básica.....	83
5.10.2. Diámetros de roca calculados (m).....	83
5.11. Análisis de Estabilidad de Talud .....	83
5.12. Presupuesto .....	88
5.12.1. Presupuesto de Obra .....	88
5.12.2. Costo Directo .....	88
5.12.3. Costo Indirecto .....	88
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>89</b>
6.1. Conclusiones .....	89
6.2. Recomendaciones .....	90
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>93</b>

## **I. INTRODUCCIÓN**

Uno de los problemas importantes que se presenta en los proyectos de ingeniería fluvial es la predicción del comportamiento de un río de modo de lograr el diseño más eficiente de las estructuras hidráulicas que están en contacto con él. La eficiencia implica que la estructura cumpla su función con la máxima seguridad y el menor costo posible.

Debemos mirar a los ríos como elementos naturales de los cuales tenemos que defendernos. Las avenidas son fenómenos naturales, producto de la aparición de determinadas condiciones hidrometeorológicas. Una inundación, en cambio, es el desbordamiento de un río por la incapacidad del cauce para contener el caudal que se presenta. La inundación es, pues, un Capítulo 1 Introducción al Estudio de los Ríos 11 fenómeno de tipo hidráulico, prueba de ello es que pueden ocurrir inundaciones sin que haya crecidas o un evento hidrometeorológico extraordinario. Las obras de control y el tratamiento del problema de las avenidas e inundaciones son parte de la Hidráulica Fluvial. (Rocha, 1998:10)

En la costa peruana el Fenómeno de El Niño ha tenido un gran papel en la configuración del curso de los ríos. Este es un tema de enormes posibilidades de exploración y estudio.

Las sequías también tienen influencia en la determinación y variación del curso de los ríos. Es conveniente subrayar que todos estos problemas de forma y apariencia de los ríos son muy diferentes en las zonas húmedas y en las zonas áridas y semiáridas.

El área del proyecto de investigación se encuentra ubicada en el distrito de Barranca, provincia de Barranca, en la región Lima, ante la presencia del Fenómeno del Niño Costero 2016 - 2017 el cauce del río Pativilca ha quedado totalmente colmatado, daños de algunas defensas existentes, tomas colgadas, áreas de cultivo erosionadas, etc.

## **1.1 Realidad Problemática**

### **1.1.1 Planteamiento del Problema**

El río Pativilca como consecuencia de las fuertes lluvias en las partes altas durante el Fenómeno del Niño del año 1998 y los períodos de avenida de los años siguientes incluidos los meses de Enero – Marzo del Año 2002, ha modificado su cauce en varios tramos, tras haber sido destruidas las riberas tanto de la margen derecha como de la izquierda; esta realidad conlleva a que las aguas que se presenten en los meses de avenida divaguen por todo este sector perjudicando a los agricultores que tienen sus terrenos colindantes con las márgenes del cauce del río.

El tramo crítico considerado presenta un cauce irregular, erosionado en sus márgenes, colmatado en el centro, habiéndose formado islotes, los mismos que propician los desbordes de las aguas ampliando el cauce del río e inundando los terrenos colindantes. Actualmente en la zona de Providencia y Huayto, se tiene el peligro que el río se ha pegado hacia la margen derecha y viene erosionando la ribera poniendo en peligro los terrenos de cultivo colindantes, evidenciándose que va seguir inclinándose el flujo de agua en las condiciones actuales.

En el año 2017, se presentó el fenómeno denominado como Niño costero, fue el fenómeno que afectó a las naciones sudamericanas de Perú y Ecuador (aunque en este país se rechaza la terminología "Niño costero"). Este fenómeno se caracteriza por el calentamiento anómalo del mar focalizado en las costas de estos países. Este calentamiento produce humedad que desencadena fuertes lluvias causando desbordes, inundaciones y aluviones que afectan a varias localidades. El fenómeno fue antecedido en el 2016 por una fuerte sequía que afectó a ambos países.

El 31 de marzo del 2017, el INDECI publicó un reporte que muestra los efectos del Niño costero hasta la fecha. Este muestra un total de 101 fallecidos, 353 heridos, 19 desaparecidos, 141 000 damnificados y casi un millón de afectados a nivel nacional desde diciembre del 2016.

La alerta de la posible presencia de avenidas extraordinarias, la colmatación del cauce y erosión de obras de defensa existentes tras el paso del Niño Costero 2016 – 2017, pone en alerta nuevamente el tema de actividades de prevención que mitiguen los efectos negativos del Fenómeno de El Niño, siendo uno de ellos las fuertes precipitaciones pluviales que inundan las ciudades y la presencia de huaycos en las quebradas y ríos, y como consecuencia se produce desbordes e inundaciones en las zonas de riesgo.

Se puede apreciar que el río Pativilca en los sectores de interés desde el km 16 al km 20 abarcando los sectores de Providencia a Huayto, presenta vulnerabilidad a la inundación debido a tres causas principales:

- La erosión de las márgenes en el río Pativilca básicamente por la alta velocidad del flujo y la no existencia de un revestimiento en la estructura de encauzamiento, en este caso se muestra que la cimentación del enrocado existe ha sido erosionado lo que ocasionaría que en una próxima avenida dañaría el talud y el dique existente produciendo el desbordamiento en dicho sector. La Inundación por erosión se da por rompimiento de la estructura de protección o por desbordamiento.
- En la parte alta y media de la cuenca del río Pativilca, la pendiente es alta y ocasiona arrastre de sedimentos de fondo, estos sedimentos son depositados en la parte baja, colmatando así los cauces de los ríos; adicionalmente la erosión de las laderas aguas arriba de la zona de estudio contribuye a la colmatación del cauce aguas abajo. La Inundación por colmatación de cauce se presenta básicamente por desbordamiento.
- La ausencia de encauzamiento en el río Pativilca es una de las principales causas de debilitación de las estructuras de protección (Diques), debido a que la irregularidad de la topografía ocasiona distorsión de las líneas de flujo e incremento de las velocidades, atacando a las zonas de mayor vulnerabilidad.

### **1.1.2 Formulación del Problema**

La formulación del problema quedaría definido como: La vulnerabilidad y riesgo alto, tanto físico como humana, frente a una avenida extraordinaria en el tramo del km. 16 al km. 20 del río Pativilca.

### **1.2 Justificación e Importancia del estudio**

Realizar el presente estudio es de vital importancia para los sectores de Providencia y Huayto por cuanto facilitará la ejecución de una obra que trata de solucionar en parte, el problema inundaciones y riesgo alto frente a avenidas extraordinarias. Desde el punto de vista físico, existen riesgos de destrucción de los cultivos de caña de azúcar, maíz amarillo, papa y otros como marigol, espárrago, tomate, frijol canario, frijol castilla, ají panca, manzano etc, cuya producción es destinada a abastecer el mercado interno, producción industrial y mercado externo como Lima, Chiclayo, etc. También se ven afectadas las vías de comunicación y obras adyacentes a los centros poblados, situación que coloca a los pobladores en un estado crítico y grave debido a las consecuencias económicas.

Desde el punto de vista humano, los habitantes de los sectores de Providencia y Huayto están poniendo en riesgo sus vidas, dado a que la erosión de la margen derecha del río ha llegado al filo de las viviendas por no contar con una protección adecuada.

Con el fin de dar solución al problema se plantea como alternativas:

Ante el problema de la colmatación del cauce del río se plantea la limpieza del cauce para direccionar el flujo del agua en una longitud de 4.0 Km. en la margen derecha de los sectores Providencia y Huayto

En el caso de los bordos que se encuentran potencialmente en riesgo de colapsar, se plantea su protección mediante conformación de un dique enrocado.

La limpieza del cauce del río es un trabajo que de todas maneras debe realizarse, en cuanto a la protección de los bordos, se realizará una longitud de 4.0

Km. de enrocado en los sectores Providencia y Huayto, aguas arriba y abajo con lo que se estaría protegiendo a las áreas irrigadas en la zona.

Es importante señalar que las opciones señaladas se vienen implementando en diverso grado en el valle, propendiéndose últimamente a una mayor materialización de la alternativa elegida, donde además la organización de usuarios de agua tiene conocimiento y ha expresado su conformidad al respecto, con el compromiso de participación en el cuidado y mantenimiento de las obras.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Diseñar una defensa ribereña mediante roca al volteo en la margen derecha del rio Pativilca. Tramo: km 16 al km 20

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar los estudios básicos de topografía, mecánica de suelos e Hidrología
- Diseñar estructuras adecuadas: diques y enrocados
- Cálculo del Presupuesto de la Obra



## II. MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de Estudio

- **BARBOZA, C.S. (01)**, en su informe: *“Defensa Ribereña y Encauzamiento del rio Chaman – Sector Huacablanka”*, ejecutó la limpieza y deforestación del cauce con tractores de oruga. El cauce del rio ha sido conformada con una sección hidráulica que permita conducir caudales de hasta 250 m<sup>3</sup>/s. Asimismo, consideró diques con un ancho de corona de 3.50 m. y una altura mínima de 2 m. construyéndose espigones en la margen derecha e izquierda del rio.
- **CISNEROS, CH. y PRADO, R.L. TESIS: “ESTUDIO DE ENCAUZAMIENTO Y DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO REQUE” (06)**. Proponen que es conveniente el empleo de los métodos de Gumble y Log-Pearson III para determinar el caudal máximo promedio en la zona de Carhuaquero. De igual forma, el tipo de estructuras empleadas en el diseño del encauzamiento y defensa de márgenes han sido seleccionados en base a criterios técnicos y económicos, mediante el uso de espigones por las siguientes razones:
  - a) Son más comunes ya que se trata de fijar las orillas al menor costo posible.
  - b) Son contruidos sobre todo en aquellos lugares donde por razones especiales no es posible el uso de diques continuos a lo largo de las márgenes.
  - c) Por las condiciones desfavorables que presenta el material del cauce para el empleo de diques de tierra, ya que se trata de suelos arenosos.
- **CUEVA, M.E. y PANTA, M.J. TESIS: “DISEÑO DE ENCAUZAMIENTO Y DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOTUPE-SECTOR PUEBLO JOVEN EL SALVADOR” (07)**, proponen una estructura de encauzamiento y defensa de márgenes mediante espigones, teniendo en cuenta los aspectos técnicos económicos; empleando para su

construcción roca de cantera y siendo 14 el número de espigones necesarios, de los cuales 12 son de formación y 2 de lanzamiento.

Calcularon una descarga máxima instantánea de  $Q=1350 \text{ m}^3/\text{s}$  , pero debido a que el cauce del río Motupe no puede evacuar todo ese caudal, la Dirección Ejecutiva del Proyecto Olmos-Tinajones (Depolti) realiza trabajos para derivar el río Motupe por su cauce antiguo y evacuar un caudal de 800 a 1000  $\text{m}^3/\text{s}$ . el caudal remanente (250 – 350  $\text{m}^3/\text{s}$ ) podrá ser evacuado por el cauce actual del río por lo que las defensas ribereñas de la ciudad de Jayanca fueron construidas con un caudal de 350  $\text{m}^3/\text{s}$ .

- **BUSTAMANTE, J.M. TESIS: “ESTUDIO DE ENCAUZAMIENTO Y DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO CHANCAY-LAMBAYEQUE SECTOR CENTRO POBLADO “RINCONAZO” - TUMAN” (03)**, concluye desde el punto de vista hidrológico, el método de Gumbel y de Pearson III son los que más se ajustan a la información hidrométrica, habiéndose obtenido un caudal promedio de diseño de 600  $\text{m}^3/\text{s}$ , la capacidad admisible del terreno encontrada es de 1.77  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . En lo que corresponde a las características hidráulicas se obtuvo una pendiente de diseño del río uniforme de 1.95‰. El número de diques con enrocado considerados en el presente estudio es de cinco diques con una longitud total de 954.09 ml., una altura de 4.00 m. y la utilización de roca de cantera de diámetro 0.60 a 1.00 m.
- **LINSLEY, KOHLER Y PAULUS (08)**. En su publicación: “Hidrología para Ingenieros”. Afirman que los procesos de socavación y el flujo superficial son responsables de la erosión en las capas de suelo de poco espesor, una degradación relativamente uniforme de la superficie del suelo. Las fuertes tormentas también son causantes de la mayor parte de la erosión de una cuenca, debido al poder erosivo de las gotas de lluvia, aumentado el flujo superficial. Para esto, hay un gran número de factores que controlan las tasas de erosión en el cauce de un río, siendo los más

importantes el régimen de lluvias, la cobertura vegetal, el tipo de suelos y la pendiente del terreno.

- **LINSLEY, R.K. y FRANZINI, B.J. (09).** En su publicación: “Ingeniería de Recursos Hidráulicos”, sostiene que los cauces de alivio en el control de inundaciones sirven a dos funciones. Primero, ellos forman grandes almacenamientos poco profundos que acumulan una porción de las aguas de avenida y por tanto disminuyen el gasto en el cauce principal agua debajo de la derivación. Y en segundo lugar, que estos cauces proporcionan una salida adicional para el agua desde la zona de aguas arriba, aumentando la velocidad y disminuyendo el tirante en cierta distancia arriba del punto de derivación. Además, las oportunidades para la construcción de cauces de alivio está limitado por la topografía del valle y la disponibilidad de terrenos de poco valor que pueden utilizarse para alojar el cauce de alivio.
- **PAULET, I.M. (13).** En su publicación: “Análisis de Frecuencias de Fenómenos en Hidrología”. Sostiene que el Método de Gumble es utilizado para predecir magnitudes máximas de variables hidrológicas asumiendo que estos valores son independientes entre sí. Este método es adecuado cuando se utiliza como datos las descargas máximas anuales en un punto de control de una vertiente o un río. El periodo de retorno establecido con el análisis de frecuencias indica solamente el intervalo promedio entre eventos de igual o mayor magnitud que un evento de magnitud dada, o la probabilidad  $P$  que el evento no ocurra en cualquier año. Sin embargo, los intervalos de retorno para un evento dado pueden ser menores que el promedio. Por lo tanto, si se desea seleccionar una descarga de diseño que posiblemente no ocurra durante la vida de la estructura es necesario usar un intervalo de retorno mayor que la vida útil estimada de la estructura.
- **ROCHA, A.F. (14).** En su publicación: “Introducción a la Hidráulica Fluvial”, sostiene que El movimiento de los sólidos a lo largo de un río no

es un proceso continuo, sino intermitente. El material es transportado por la corriente hasta un cierto punto donde se deposita. Puede eventualmente ser depositado en las terrazas o áreas de inundación. En un cierto momento, para un determinado caudal, el material depositado es parcialmente erosionado y transportado hasta otro lugar, donde a su vez sedimenta.

## **2.2. Base Teórica**

### **2.2.1. Río**

Es una corriente de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desembocado en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. Las variaciones de caudal lo define el régimen hidrológico, estas variaciones temporales se dan durante o después de las tormentas. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas llanas próximas. El agua que circula bajo tierra (caudal basal) tarda mucho más en alimentar el caudal del río y puede llegar a él en días, semanas o meses después de la lluvia que generó la escorrentía.

Los desbordamientos en los tramos bajos de las corrientes naturales donde la pendiente del cauce es pequeña y la capacidad de transporte de sedimentos es reducida, puede provocar inundaciones, las cuales pueden traer consecuencias socioeconómicas graves en la medida que afecten asentamientos humanos, centros de producción agrícola o industrial e infraestructura vial. Para controlar el nivel máximo dentro de la llanura de inundación, se deben colocar protecciones, entre las alternativas de obras de defensas fluviales se puede mencionar: Limpieza y rectificación del cauce, obras de canalización, obras de abovedamiento, entre otras.

### **2.2.2. Inundación**

Es la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río. En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a las causas de los ríos.

#### **2.2.2.1. Causas de las Inundaciones**

##### **2.2.2.1.1. Causas Naturales**

- **Meteorológicas**

Las grandes lluvias son la causa natural principal de inundaciones, pero además hay otros factores importantes, entre ellos se encuentran: Exceso de precipitación: Los temporales de lluvias son el origen principal de las avenidas. Cuando el terreno no puede absorber o almacenar toda el agua que cae esta resbala por la superficie (escorrentía) y sube el nivel de los ríos.

- **No Meteorológicas**

Invasión del mar, deshielo.

##### **2.2.2.1.2. Causas No Naturales (Antrópicas)**

- **Rotura De Presas**

Cuando se rompe una presa toda el agua almacenada en el embalse es liberada bruscamente y se forman grandes inundaciones muy peligrosas.

- **Actividades Humanas**

Los efectos de las inundaciones se ven agravados por algunas actividades humanas como por ejemplo:

- Al asfaltar cada vez mayores superficies se impermeabiliza el suelo, lo que impide que el agua se desborda por la tierra y facilita el que con gran rapidez las aguas lleguen a los cauces de los ríos a través de desagües y cunetas.

- Las canalizaciones solucionan los problemas de inundación en algunos tramos del río pero lo agravan en otros a los que el agua llega mucho más rápidamente.

- La ocupación de los cauces por construcciones reduce la sección útil para evacuar el agua y reduce la capacidad de la llanura de inundación del río. La consecuencia es que las aguas suben a un nivel más alto y que llega mayor cantidad de agua a los siguientes tramos del río, porque no ha podido ser embalsada por la llanura de inundación, provocando mayores desbordamientos.

#### **2.2.2.2. Tipos de Inundaciones**

Las inundaciones pueden clasificarse de acuerdo con:

##### **2.2.2.2.1. Por el Tiempo de Duración:**

Estas pueden ser:

- Inundaciones muy rápidas producidas por lluvia de intensidad muy fuerte (superior a 180 mm/h) pero muy cortas (menos de 1 hora). La cantidad de lluvia totalizada no supera los 80 mm. Usualmente producen inundaciones locales en las ciudades y pueblos (inundaciones de plazas, garajes, sótanos, etc., debido a problemas de drenaje) o en pequeñas cuencas con mucha pendiente, produciéndose las llamadas inundaciones súbitas.
- Inundaciones producidas por lluvia de intensidad fuerte o moderada (superior a 60 mm/h) y duración inferior a 72 horas. Cuando estas lluvias afectan los ríos con mucha pendiente o con mucho transporte sólido, las inundaciones pueden ser catastróficas. Es posible distinguir entre dos categorías:
  - Inundaciones catastróficas producidas por lluvias de fuerte intensidad durante dos o tres horas, y una duración total del episodio inferior a 24 horas.
  - Las inundaciones catastróficas producidas por lluvias de intensidad fuerte y moderada durante dos o tres días.

#### **2.2.2.2.2. Según el Origen que las Genere**

- **Pluviales (Por Exceso de Lluvia)**

Ocurren cuando el agua de lluvia satura la capacidad del terreno y no puede ser drenada, acumulándose por horas o días sobre el terreno.

- **Fluviales (Por Desbordamiento de Ríos)**

La causa de los desbordamientos de los ríos y los arroyos hay que atribuirla en primera instancia a un excedente de agua, igual que la sequía se atribuye el efecto contrario, la carencia de recursos hídricos. El aumento brusco del volumen de agua que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse produce lo que se denomina como avenida o riada. Una avenida es el paso por tramos de un río, de caudales superiores a los normales, que dan lugar a elevaciones de los niveles de agua.

#### **2.2.2.3. Medidas de Corrección del Cauce.**

##### **2.2.2.3.1. Rectificación de Cauces.**

Una forma de disminuir los desbordamientos en una zona de riesgo, es la de aumentar la capacidad hidráulica del cauce principal de un río utilizando la acción antrópica, lo cual es posible lograr rectificando en cauce de un tramo de él.

La rectificación del cauce de un río, se podrá realizar construyendo los espigones, los dique marginales el cual se ampliará posteriormente debido a la capacidad de arrastre y erosión que tenga el agua que pase por la eje proyectada. Las dimensiones del cauce piloto dependerán del gasto y de las propiedades físicas del material que forman las paredes y fondo de dicho cauce.

Cuando se tiene un tramo en el que existen meandros, se puede hacer una canalización que debe tener la misma sección transversal del río siempre en cuando en ríos pequeños, su capacidad hidráulica será mayor.

#### **2.2.2.3.2. Canalización de Cauces.**

El término de canalización consiste en profundizar el cauce natural del río. Este esquema tiene como objetivo no solamente la protección contra inundaciones sino también la importancia de mantener un canal meándrico para proteger los recursos de pesca y la fauna acuática.

Para el diseño adecuado de las estructuras hidráulicas laterales se requiere diseñar el canal del río tanto en su ancho, como forma en planta y profundidad. Para minimizar el ataque de la corriente sobre las obras de estabilización y rectificación se recomienda que el alineamiento del río consista en una serie de curvas.

#### **2.2.2.4. Protección Contra Inundaciones**

Los procedimientos para el control de una avenida extraordinaria debe entenderse fundamentalmente como una acción preventiva para evitar los desbordamientos e inundaciones del río, y que es imposible controlarla.

La protección contra las inundaciones incluye, tanto las medidas estructurales, como las no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación.

##### **2.2.2.4.1. Medidas Estructurales**

Incluyen las represas y reservorios, modificaciones a los canales de los ríos, diques y riberos, depresiones para desbordamiento, cauces de alivio y obras de drenaje. Para controlar las inundaciones, en riberos y mejoramiento al canal, incrementan la capacidad del río, aumentan su velocidad de flujo, o logran los dos efectos, simultáneamente. Las modificaciones al canal que se pueden realizar son: dragarlo para que sea más ancho o profundo, limpiar la vegetación u otros residuos, emparejar el lecho o las paredes, o enderezarlo; todo esto ayuda a aumentar la velocidad del agua que pasa por el sistema, e impedir las inundaciones. Al enderezar el canal, eliminando los meandros, se reduce el riesgo de que el agua rompa la orilla del río en la parte exterior de las curvas, donde la corriente es más



rápida y el nivel es más alto. A continuación se explican las obras que permitan evitar los desbordamientos de ríos:

#### **A. Bordes Perimetrales.**

Cuando una zona alcanza cierto grado de desarrollo que requiere proteger poblados u obras de importancia que se vean amenazados por inundaciones frecuentes, la tendencia natural es que los centros poblados se establezcan cerca de los ríos. La solución más común y explícita es rodearlos parcial o completamente por un borde perimetral. Este tipo de obras se utiliza cuando los medios económicos son escasos o en el caso de no haber estudios de una zona de un río, ya que no afecta su escurrimiento.

#### **B. Obras de Desviación de Flujo.**

##### **B.1. Desvíos Permanentes o Cauces de Alivio.**

Esta solución consiste en desviar cierto volumen de agua del cauce principal y conducirlo mediante una canalización y/o descolmatación hacia otra más cercana.

##### **B.2. Desvíos Temporales.**

Los desvíos temporales se pueden hacer cuando en los lados o márgenes del cauce en estudio, existen zonas bajas o algunas que pueden ser inundadas mientras dure una avenida. Este tipo de trabajo solo se realiza en épocas de avenida.

#### **C. Obras de Defensa en Márgenes de los Ríos.**

Para evitar totalmente o reducir la erosión lateral que se presenta en los márgenes de los ríos y con mayor frecuencia en las orillas exteriores de las curvas, se emplean espigones, muros y diques longitudinales.

##### **C.1. Estructuras Laterales (Espigones).**

Son estructuras en forma de diques o pantallas interpuestas a la corriente y empotradas en uno de sus extremos a la orilla. Estas estructuras son usadas para

encauzar ríos restableciendo anchos normales de cauce.

El trabajo de los espigones consiste en alejar de la orilla, las líneas de corriente de un río que llevan una velocidad fuerte. De esta manera se crean zonas de calma relativa entre espigón y espigón, los cuales se llenan poco a poco de sedimentos, hasta que forman una nueva orilla estable.

Estas obras tienen la ventaja de que en conjunto continúe trabajando, aun cuando uno o dos de los espigones hayan sido socavados en sus extremos o destruidos y separados de la margen. De igual forma el costo de mantenimiento disminuye con el tiempo, aunque también tiene la desventaja de que disminuyen el área hidráulica, aumenta la rugosidad de las orillas y no se pueden utilizar en curvas de radio muy reducida.

#### **C.1.1. Tipos de espigones.**

##### **C.1.1.1.- Espigones Convergentes.**

Son estructuras que se construyen con dirección hacia aguas abajo con respecto al eje y flujo del río. Son usados cuando se requiere alejar la corriente de agua de una orilla o curva fuertemente erosionada, o para desviar la corriente hacia la orilla opuesta.

##### **C.1.1.2.- Espigones Perpendiculares.**

Son estructuras perpendiculares al eje del río y son usados en tramos rectos y de cauce muy ancho. Tienen la finalidad de disminuirla energía cinética del río con la consecuente sedimentación de finos y consolidación de una nueva ribera. Su uso es conveniente solo en cauces con pendientes y velocidades no muy pronunciadas, debido al impacto de los sólidos de arrastre y la fuerte erosión que podría producirse.

### **C.1.1.3.- Espigones Divergentes**

Son estructuras que se construyen con dirección hacia aguas arriba con respecto al flujo y eje del río. Su uso es para lograr que se depositen los materiales que arrastra el agua, debido a que la fuerza de la corriente sobre el espigón se ve frenada por la descomposición de velocidades provocadas por la ubicación de dicho espigón.

### **C.1.2 Análisis de Estabilidad del Espigón.**

Los espigones son estructuras de gravedad al igual que los gaviones y su diseño sigue la práctica standard de la ingeniería. Es necesario conocer las condiciones del terreno sobre la cual van sustentadas.

Los parámetros de los espigones tanto aguas arriba como aguas abajo son de gradería, estimados para ofrecer resistencia, seguridad y economía.

Obviamente se exige las comprobaciones al volteo, al deslizamiento y a los esfuerzos de deformación del suelo.

#### **C.1.2.1 Falla por Volteo.**

El factor de seguridad mínimo contra la posibilidad de volcamiento es la relación entre los momentos que resisten el volteo y los momentos que producen el volteo alrededor del extremo aguas abajo de la estructura.

Se debe buscar que la resultante de las fuerzas actuando en la estructura debe caer dentro de la mitad del tercio de la base de la estructura, con la finalidad de proveer seguridad contra los volcamientos. Esta ubicación de la resultante también provee de una presión de soporte más uniforme.

Se dice que un muro es estable al volteo cuando su Coeficiente de Volteo es mayor o igual a 2.

$$F.V = \frac{\sum Mo \text{ resisten al volteo}}{\sum Mo \text{ que producen el volteo}} \geq 2$$

### C.1.2.2 Falla por Asentamiento.

Para determinar la falla por asentamiento del terreno, se ha considerado calcular la capacidad portante del terreno, la cual no debe ser menor que las reacciones del suelo mediante el Método de Terzaghi con los criterios de falla local para suelos finos compuestos por arcilla, arena, grava y limos de baja compresibilidad, considerando además, la estructura como cimiento corrido. Los esfuerzos del suelo se encontraran ubicando la posición del resultante dado por la siguiente fórmula:

$$b = \frac{\sum Mv - \sum Mh}{\sum W}$$

Cuando “b” toma valores que se encuentran ubicados en el tercio central ( $b < L/2$ ), donde L es el ancho de la base de la estructura; se utilizarán las siguientes fórmulas para el cálculo de los esfuerzos:

$$\sigma_{e1} = \frac{\sum W(4L - 6b)}{L^2}$$
$$\sigma_{e2} = \frac{\sum W(6b - 2L)}{L^2}$$

Debiendo cumplirse que  $\sigma_e < q_a$  donde:

$\sigma_e$ : es el mayor esfuerzo encontrado.

$q_a$ : es la carga admisible del terreno.

Cuando “b” toma los valores ubicados en el límite del tercio central, se aplica la siguiente fórmula:

$$\sigma_{e1} = \frac{2 \sum W}{L}$$

Cuando “b” toma valores ubicados fuera del tercio central, se aplicarán la siguiente fórmula:

$$\sigma_{e1} = \frac{2 \sum W}{3b}$$

### **C.1.3 Localización y Trazo del Eje del Río en Planta.**

Al proyectar una obra de defensa, ya sea respetando la orilla actual o bien una nueva margen, al momento de hacer una rectificación de cauce del río se requiere trazar en planta el eje del río, sus curvas a nivel y en las orillas delinear una frontera paralela a dicho eje, a la cual llegarán los extremos del espigón.

Cuando se trata de una rectificación de cauces, conviene en lo posible que los radios de las curvas medidos hasta el eje del río, cumplan con la siguiente relación:

$$2.5B \leq R \leq 8B$$

Dónde:

B: Ancho medio de la superficie libre (m).

R: Radio de la curva (m).

Cuando una curva por proteger es uniforme, es decir; con radio de curvatura único, todos los espigones tendrán la misma longitud, el mismo ángulo de orientación y la separación entre ellos es uniforme.

Al proteger un tramo completo, los primeros tres espigones aguas arriba deben tener longitud variable. El primero, será el de menor longitud (igual al tirante), el segundo y tercero aumentan uniformemente, de tal manera que el cuarto ya tenga la longitud del proyecto. La pendiente longitudinal de la corona debe ser uniforme en todos ellos.

### **C.1.4 Longitud de los Espigones.**

La longitud total de un espigón, se divide en una longitud de anclaje o empotramiento y una longitud de trabajo. La primera se encuentra dentro de la margen y la segunda dentro de la corriente.

La longitud de trabajo ( $L_t$ ) medida sobre la corona se determina independientemente y debe estar dentro de la siguiente relación:

$$D \leq L_t \leq B/4$$

Dónde:

D: tirante medio.

B: ancho medio del cauce (m).

Lt: longitud de trabajo (m).

Cuando existe una población cercana a la margen, el espigón siempre deberá llevar anclaje y/o empotramiento. Por razones económicas, conviene que la longitud de anclaje sea la menor posible.

### **C.1.5 Separación entre Espigones.**

Se mide en la orilla entre las puntas de arranque de cada uno, depende principalmente de la longitud del espigón aguas arriba. Para calcularla se toma en cuenta la inclinación del espigón respecto a la orilla aguas abajo y la aplicación teórica de la corriente al pasar por el extremo del espigón. El ángulo de esa ampliación es de  $9^\circ$  a  $11^\circ$ .

#### **C.1.5.1 Separación en Tramos Rectos.**

Cuando se requiere construir espigones en tramos rectos sin empotramiento en la margen, la separación ( $Sp$ ) entre sus arranques deberá ser:

En función del ángulo:

$90^\circ$  a  $70^\circ$

$60^\circ$

Separación ( $Sp$ ):

$(5.10 \text{ a } 6.30)Lt$ ,  $(5.20 \text{ a } 6.40)$

$(5.0 \text{ a } 6.00)Lt$ ,  $(5.70 \text{ a } 6.90)$

#### **C.1.5.2 Separación en Curvas.**

Conviene controlar la gráficamente. Si la curva es regular y tiene un radio de curvatura único, la separación que se ha probado con buenos resultados es  $(2.50 \text{ a } 4.00)Lt$ . Si la curva es irregular con un radio de curvatura pequeño, la separación entre espigones necesariamente debe hallarse en forma gráfica. Al mismo tiempo quedan fijados sus longitudes y ángulos de orientación.

### **C.1.6 Orientación de los Espigones.**

Los espigones pueden estar dirigidos hacia aguas abajo o hacia aguas arriba, o también ser normales a la corriente. La orientación de los espigones se mide por el ángulo que forma el eje longitudinal del mismo con la tangente a la orilla, hacia aguas abajo, en el punto de arranque.

En un tramo recto o en una curva regular, conviene que los espigones formen ángulo de  $70^\circ$  con la dirección de la corriente. Si la curva es irregular, más aún, si tiene un radio de curvatura menor de  $2.5B$ ; los ángulos de orientación serán menores de  $70^\circ$  y pueden alcanzar valores de unos  $30^\circ$ .

### **C.1.7 Permeabilidad del Espigón.**

Si se utiliza espigones para reducir la velocidad de la corriente en una zona que se desea rellenar con el material arrastrado por el río y formar una margen, conviene que estos sean permeables para que el agua cargada de sedimentos pase entre ellos y al reducir su velocidad depositen dichos materiales.

Por otro lado, el espigón conviene que sea impermeable cuando esté permanente dentro del cauce, a fin de alejar la corriente lo más efectivo posible de la orilla.

### **C.1.8 Materiales de Construcción para los Espigones.**

Los espigones se pueden construir con una gran variedad de materiales como madera, troncos, ramas de árboles, piedras, elementos prefabricados de concreto, acero y alambre. Los más usados en el medio nacional son los tablestacados y los contraventeados ya sea colocado suelto o dentro de gaviones. Por experiencias, se ha reconocido que en defensas con espigones, el mejor sistema para evitar el daño entre ellos, es darles una dirección contraria a la corriente para un mejor acomodo.

Los procedimientos de construcción varían de acuerdo con el material, equipo de construcción disponible, lugar y estudio del río en la zona. Los espigones y muros longitudinales pueden hacerse con material del lecho del río, gaviones o enrocamiento pesado.

Este tipo de obras permiten evitar por completo los corrimientos laterales de los márgenes, tanto en tramos rectos como en las curvas más forzadas.

Tienen la desventaja de falla al arranque o inicio de la obra, por el peligro de destrucción que se presenta al pie del talúd por efecto de la socavación, por lo que es necesario diseñar un enrocamiento (uña) al pie del talud del muro, que no permitirá su deslizamiento.

Los muros deben revisarse periódicamente, sobre todo después de la época de avenidas para reparar cualquier parte socavada o erosionada. Se debe tener en cuenta que si falla una parte del muro, se pone en peligro toda la obra.

#### **C.1.8.1 Muros de Concreto.**

Pueden ser de concreto armado o concreto ciclópeo. Los muros de concreto armado se construyen con reforzamiento de fierro de 3/8" y amarre de  $\mu$ ". Se emplea generalmente en puentes, zonas urbanas, etc.

Los muros de concreto ciclópeo se construyen con dosificaciones de 1:3:6 y 3 0% de piedra grande con dimensiones de 0.50 a 1.00 m. en su base mayor, y de 0.30 a 0.70 m. en su base menor, con una altura 1.80 a 3.00 m. Su costo es alto y su diseño debe ser cuidadoso.

#### **C.1.8.2 Muro de Material de Lecho de Río.**

Construido con material extraído del lecho del río, sus dimensiones varían de 10.00 a 14.00 m. en su base mayor, de 3.00 a 4.00 m. en su base menor (corona) y de 3.50 a 4.50 m. de altura. Son obras costosas.

#### **C.1.8.3 Muro de Material de Río Enchapado con Roca.**

Es un muro con material del lecho del río, reforzado con roca pesada de cantera en su talud mojado (interior). Este tipo de defensa también puede llevar en su conformación material de afirmado, el cual le da mayor consistencia y están protegidos para la socavación al pie del talud interior y a una profundidad aproximada hasta 2.00 m. de una base de roca pesada comúnmente llamada uña.



De igual forma son obras costosas.

#### **C.1.8.4 Enrocado Pesado.**

Son obras construidas con roca pesada de cantera de buena calidad, las rocas están entre diámetros de 0.70 a 1.20 m. y con un peso de hasta de 2.50 ton/m<sup>3</sup>. Generalmente su forma es trapezoidal.

##### **C.1.8.4.1 Diseño de un Enrocado**

Para realizar un diseño de enrocado se toma en cuenta diferentes factores como, evaluación de infraestructuras de riego y drenaje de áreas agrícolas, infraestructuras viales (puentes, caminos, etc), abastecimiento de agua para la población, etc.; es decir todas las estructuras sujetas a erosión en función a máxima avenidas (Terán, 1998). 3.11.1.

##### **C.1.8.4.2 Características de la Roca**

Las piedras que serán usadas en el enrocado, deben tener características como: ser duras, durables en forma angulares en lo posible, resistente a los temporales y acción del agua, libre de sobrecarga, escombros, limos y arcillas o material orgánico y reunir las especificaciones de graduación. Las piedras que contienen diferentes materiales encima como, polvo, tierra y arcillas, tienen que ser lavadas antes de usarse. Las especificaciones para piedras usadas en enrocados, incluyendo el peso específico, forma, dureza y durabilidad.

La durabilidad de la roca se determina mediante los siguientes ensayos (Casafranca, 2005):

- Prueba de abrasión de los Angeles (AASHTO Test T-96): 40% para 500 revoluciones.
- Sulfato de sodio (AASHTO Test T-104): <10% después de 5 ciclos

##### **C.1.8.4.3 Diseño de Peso del Enrocado**

Casafranca (2005), mencionó que la estabilidad de las rocas utilizadas en los enrocados, están en función de:

- La magnitud y dirección de la velocidad del cauce.
- El ángulo de talud de la ribera.
- Características de las piedras incluyendo la geometría, angularidad y gravedad específica.

Para el diseño del peso de la roca se tiene varias fórmulas, entre las más comunes tenemos:

#### a) Fórmula de R.A. Lopardo

Lopardo utilizó una formula el cual fue mencionado en una publicación en el VII congreso Latinoamericano de Hidráulica (Chile), donde llega a la expresión siguiente:

$$D = 0.44 \frac{V^3}{V^{\frac{1}{2}} \left( g * \frac{ts - tw}{tw} \right)^{\frac{3}{2}} ((1 - \frac{\sin^2 \Theta}{\sin^2 \emptyset})^{1/2})^{3/2}}$$

Donde:

D=Diámetro de partículas uniformes (m)

V=Velocidad media del flujo (m/s)

$\Theta$  = Angulo del talud respecto a la horizontal

$\emptyset$  = Angulo de reposo del material

d = Profundidad de escurrimiento (m)

ts = Peso específico de las partículas (kg/m<sup>3</sup>)

tw= Peso específico del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

#### b) Fórmula de California

Propone calcular el tamaño del enrocado de la siguiente manera:

$$W = \frac{0.011314 \left( \frac{ts}{tw} \right) V^6}{(ts - tw/tw)^{\frac{3}{2}} * \sin^2(\emptyset - 0)}$$

Donde:

W= Peso mínimo del enrocado (kg)

V = Velocidad media (m/s)

$\theta$  = Angulo del talud respecto a la horizontal

$\phi$  = Angulo reposo del material

La relación anterior permite calcular el peso mínimo para que el enrocado de la cara húmeda no sea dañada.

### c) Fórmula de Maynard

Desarrolla el cálculo del diámetro de la roca en función al diámetro medio, usando constantes según el talud y según la forma en planta del río. Utiliza la siguiente expresión:

$$\frac{d_{20}}{y} = C_1 F^3$$
$$F = C_2 V / \sqrt{gy}$$

Donde Valores de  $C_1$

Fondo Plano = 0.28

Talud 1V:3H = 0.28

Talud 1V:2H = 0.32

Donde Valores de  $C_2$

Tramo en curva = 1.50

Tramos rectos = 1.25

En el extremo de espigones = 2.00

#### 2.2.2.4.2. Medidas No Estructurales

Consiste en el control del uso de los terrenos aluviales mediante zonificación, los reglamentos para su uso, las ordenanzas sanitarias y de construcción, y la reglamentación del uso de la tierra de las cuencas hidrográficas.

Las medidas no estructurales para controlar las inundaciones, tienen el objetivo de prohibir o regular el desarrollo de la zona aluvial, o la cuenca hidrográfica, o proteger las estructuras existentes, a fin de reducir la posibilidad de que sufran pérdidas debido a la inundación. Al igual que toda medida preventiva, son menos costosas que el tratamiento (es decir, la instalación de las medidas estructurales necesarias para controlar las inundaciones). Esencialmente, las medidas no estructurales son beneficiosas, porque no tratan de regular el modelo natural de inundación del río. La filosofía actual de muchos planificadores y fomentadores de políticas, es que es mejor mantener los terrenos aluviales sin desarrollo, como áreas naturales de desbordamiento. Sin embargo, si existe desarrollo en la zona aluvial, se deberá utilizar control no estructural, conjuntamente con las medidas estructurales. Las medidas no estructurales pueden ser efectivas en el grado en que el gobierno sea capaz de diseñar e implementar el uso adecuado del terreno.

### **2.2.3. Avenida**

Algunas condiciones naturales como las hidrometeorológicas, producen grandes avenidas (Rocha, 1998).

#### **2.2.3.1. Máxima Avenida**

Las avenidas son caudales extraordinarios, los cuales tiene una recurrencia interanual, el cual se mide por el periodo de retorno de dicha avenida. Sin embargo estas aguas altas tiene una frecuencia baja (Martin, 2001).

#### **2.2.3.2. Método de determinación de Máximas Avenidas**

Terán (1998), mencionó los diferentes métodos para el cálculo de máximas avenidas:

- Método Empíricos
- Método Histórico
- Método de Correlación Hidrológica

- Método Directo o Hidráulico
- Método Estadístico Probabilístico
- Método Hidrológico

De estos métodos los más usados son los probabilísticos.

#### **2.2.3.2.1. Métodos Probabilísticos**

La estimación de máximas avenidas se da gracias a un registro histórico de todas las máximas avenidas en un periodo de retorno determinado. Se presentan dos casos:

- Con registro aceptable de 50 años, en este periodo se han dado avenidas de moderadas a bajas y al extrapolar un periodo de retorno, lo más probable es que dé un valor bajo.
- Para las mismas condiciones de 50 años, se presentan avenidas extraordinarias. La excesiva extrapolación puede acarrear errores de apreciación en ambos extremos (Terán, 1998).

##### **a. Gumbell**

Este método, es mayormente empleado para los proyectos de defensa ribereña con bastante aceptación. En base a la fórmula de Gumbel, propuesta para valores extremos observados en muestras, y que sirve para predecir magnitudes máximas de variables hidrológicas, asumiendo que estos son independientes, se calcula la distribución teórica de la serie anual y la fundación de los valores estadísticos teórica de la serie anual y la función de los valores estadísticos de la serie empírica, mediante las siguientes relaciones:

$$P = e^{e^y}$$

Donde:

P = Probabilidad de recurrencia

e = Base de los logaritmos Neperianos

y = Variable reducida que está dada por la relación:

$y = a(X - X_f)$  -> Variable reducida

$$X_f = (1 - CV Y_n / \sigma_n) X$$

$$a = \sigma_n / \sigma_x$$

( $X_f$ ) es el modelo de distribución, ( $a$ ) medida de dispersión, ( $\sigma_n$ ) y ( $Y_n$ ), valores teóricos que son funciones sólo del valor de la muestra.

### b. Log Pearson Tipo III

Esta ley probabilística tiene un comportamiento exponencial en el infinito, gráficamente presenta mejor ajuste y se adapta muy bien a los valores que se producen. Esta dada por la función:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-(\ln x - x_0/B)}}{x B^{\gamma} (\gamma)^{\gamma}}$$

Donde:

$\gamma$  : Parámetros de forma.

$B$  : Parámetro de escala, que está en función de sesgo ó Coeficiente de asimétrica y el tiempo de retorno

### c. Distribución log-normal.

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

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

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la distribución. Los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  son respectivamente la media y la desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria.

Esta función no necesariamente es simétrica. Los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  se estiman a partir de  $n$  observaciones  $x_i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , como :

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \frac{\ln(x_i)}{n}$$

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

La función de distribución de probabilidad es:

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

Los valores de la función de distribución de probabilidad, se obtienen usando la misma variable estandarizada, que se define para este como:

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

Por lo que para calcular los gastos máximos de diseño se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{calc} = \bar{Q} + s_z$$

donde: Q y s son respectivamente la media y desviación estándar de los logaritmos de la muestra.

#### 2.2.4. Periodo de Retorno

Villón (2002), mencionó que para el caso de caudales de diseño, el periodo de retorno se define, como el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de magnitud Q, puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio. Si un evento igual o mayor a Q, ocurre una vez en T años, su probabilidad de ocurrencia P, es igual a 1 en T casos, es decir:

$$P = 1/T \text{ ó } T = 1/P$$

Donde:

P = Probabilidad de ocurrencia de un caudal Q

T = Periodo de retorno

***Cuadro N°2.1 Periodos de Retorno según el Tipo de Estructura***

<b>Estructura</b>	<b>Periodo de Retorno (años)</b>
Puente sobre carreteras importantes	50 – 100
Puente sobre carretera menos importantes o alcantarillas sobre carreteras importantes	25
Alcantarilla sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcado con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje Urbano	2 – 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muro de Encauzamiento	2 - 50

**Fuente: Hidrología Máximo Billón Bejar**

El periodo de retorno se da en intervalos de promedio en años (5, 10, 20, 50, 100, 1000, 5000, 10000 e intermedios), dentro de esos puede ocurrir o ser superada por la máxima avenida correspondiente a dicho periodo de tiempo (Velásquez, 2014).



### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Características del Área de Estudio

Teniendo en cuenta la información existente, se realizaron visitas de reconocimiento de la zona de estudio, para tener una perspectiva real en cuanto al suelo, topografía, de la misma manera, obtener los datos de caudales máximos, para posteriormente, hacer el respectivo diseño de estructura. Es decir, se utilizó el método descriptivo – experimental.

##### 3.1.1. Ubicación del Proyecto

###### 3.1.1.1. Ubicación Geográfica

PROVINCIA	:	Barranca
DISTRITO	:	Pativilca
SECTORES	:	Providencia - Huayto

###### 3.1.1.2. Ubicación Política

DEPARTAMENTO	:	Lima
PROVINCIA	:	Barranca
DISTRITO	:	Pativilca
SECTORES	:	Providencia - Huayto

###### 3.1.1.3. Ubicación dentro del Distrito de Riego

CUENCA	:	Río Pativilca
VALLE	:	Pativilca
DISTRITO DE RIEGO	:	Pativilca

La cuenca del río Pativilca limita:

Por el Norte y Nor Oeste con las cuencas del río Fortaleza y Santa.  
Por el Sur con la cuenca del río Supe.  
Por el Oeste con el Océano Pacífico y  
Por el Este con la cuenca del río Huaura y Marañón.

##### 3.1.2. Vías de Acceso

La obra se encuentra ubicada en el distrito de Pativilca, que se interconecta con la ciudad de Barranca por medio de la carretera Panamericana Norte; viajando hacia el norte a la altura del kilómetro 205.00 donde existe un desvío hacia la

derecha (carretera carrozable de penetración a Cajatambo) que comunica a las poblaciones de Providencia - Huayto, donde se ubican los sectores del proyecto.

En cuanto a la conservación de las vías de acceso, solo la Panamericana Norte recibe por parte del estado un servicio de conservación permanente.

Las otras carreteras troncales y de penetración, principalmente por falta de recursos reciben mantenimientos reducidos y algunas veces son realizados por los mismos usuarios.

<b>RUTA</b>	<b>DISTANCIA (KM)</b>	<b>TIEMPO (Horas)</b>	<b>VIA</b>
Lima – Pativilca	205.00	3.00	Asfaltada
Pativilca – Providencia - Huayto	40.00	1.00	Afirmado en Mal Estado

### **3.1.3. Características de la Cuenca**

La cuenca del río Pativilca, perteneciente al sistema hidrográfico del Pacífico tiene un área total de 4,788 km<sup>2</sup>, y una longitud máxima de recorrido desde sus nacientes hacia su desembocadura de 172 Km. Siendo la extensión de su cuenca húmeda de 3708 Km<sup>2</sup>, es decir el 78% del área total de la cuenca.

Durante su recorrido, recibe el aporte de numerosos afluentes, entre los cuales se menciona, por la margen derecha, las quebradas de Picha Ragra (206 km<sup>2</sup>), Desague (60 km<sup>2</sup>) y Huanchay (470 km<sup>2</sup>); y por la margen izquierda la quebrada Maschus (252 km<sup>2</sup>) y los ríos Llumac (288 km<sup>2</sup>), Rapay (726km<sup>2</sup>) y Gorgor (566 km<sup>2</sup>).

El río Pativilca, al igual que la mayoría de los ríos de la costa es de régimen irregular y de carácter torrentoso, presentando marcadas diferencias entre sus parámetros extremos, destacándose de los demás ríos de la costa por ser uno de los que muestra una menor irregularidad en sus descargas; escasez en los meses de estiaje por lo general mayo a diciembre y caudaloso en los meses de máximas avenidas (enero – abril). La precipitación pluvial, es relativamente baja en los meses

de invierno, ocurriendo sus máximos picos durante la estación de verano, coincidiendo con las épocas de máximas avenidas, con un promedio máximo anual de 20.00 mm.

La cuenca del río Pativilca, por su ubicación geográfica es de gran importancia por el uso múltiple del agua en la cuenca, así tenemos: uso poblacional, energético, industrial y agrario, de los cuales las mayores demandas están dirigidos al uso poblacional – agrícola, por lo que su tratamiento es muy especial.

#### **3.1.4. Clima y Vegetación**

La zona de trabajo entra en la definición de zona Semiárida, con una temperatura promedio observada de 20 °C, correspondiendo este valor a las condiciones de un clima sub-tropical. La variación de temperatura en las estaciones más representativas del año son mayores a los 23.1 °C – 25 °C (mes de febrero) y 16.6 °C – 20 °C en invierno (meses de julio y agosto). La humedad relativa varía entre 78% - 90%.

La precipitación pluvial es relativamente baja en los meses de invierno, ocurriendo sus máximos picos durante la estación de verano, coincidiendo con las épocas de máximas avenidas, con un promedio anual de 20 mm/año.

En el área del proyecto puede observarse presencia de vegetación muy diversa en el río, las cuales permiten consolidar el cauce y proteger las riberas ante inundaciones y erosión.

Existen especies vegetales comunes como pájaro bobo, cola de caballo, carrizo, junco, shilco y otras, que de alguna manera protegen las riberas, sin embargo las que crecen en los lechos de los ríos son perjudiciales por cuanto retienen el flujo u originan meandros o islas que pueden embalsar el caudal circulante.

#### **3.1.5. Aspectos Ecológicos**

Ecológicamente, la cuenca del río Pativilca ofrece una configuración medio ambiental muy variada, representada por seis formaciones ecológicas, las mismas

que desde el punto de vista agropecuario, pueden ser calificadas de la siguiente manera: la primera formación, Desierto Pre-Montano, posee condiciones excelentes para la agricultura intensiva de alto rendimiento técnico-económico. La siguiente formación Matorral Desértico Pre-Montano solamente presenta condiciones agrícolas en ciertas áreas reducidas de quebradas y pie de monte.

Las formaciones Estepa Espinosa Montano Bajo y Estepa Montano poseen conjuntamente la mayor extensión agrícola en el sector andino. La formación Páramo muy Húmedo Sub-Alpino puede ser catalogada como potencialmente ganadera. Finalmente la formación Tundra Pluvial Alpino abarca un área muy reducida y está comprendida prácticamente dentro de la formación Nival (nevados), es un área que por las severas restricciones ambientales que presenta casi no posee vegetación natural muy aprovechable.

### **3.1.6. Descripción Agro Socio-Económica del Valle**

#### **3.1.6.1. Organización de los Usuarios**

Los agricultores del valle del río Pativilca están organizados en cuanto al uso del agua para la atención de sus necesidades productivas y están enmarcados dentro de la Ley General de Aguas, que les permite de modo general establecer sus derechos y obligaciones.

La Junta de Usuarios Pativilca que tiene como ámbito de influencia la cuenca hidrográfica del río Pativilca y políticamente comprende las provincias de Barranca y Cajatambo del Departamento de Lima y Ocos perteneciente al departamento de Ancash, comprende un total de 26,920.76 Has., distribuidos en dos sectores de riego:

Sector de Riego Paramonga con 11,447.35 Has.

Sector de Riego Barranca con 15,473.41 Has.

El Sector de Riego Paramonga está constituido por las comisiones de regantes que a continuación se detallan:

Comisión de Regantes Huanchay	427.67 Has.
Comisión de Regantes Llamachupan	747.09 Has.
Comisión de Regantes La Vega Otopongo	1474.46 Has.
Comisión de Regantes Huayto	2451.84 Has.
Comisión de Regantes Paramonga	4545.20 Has.
Comisión de Regantes Galpón	1801.09 Has.

El Sector de Riego Barranca está constituido por las comisiones de regantes que a continuación se detallan:

Comisión de Regantes Purmacana	3155.76 Has.
Comisión de Regantes Venado Muerto	2159.81 Has.
Comisión de Regantes Araya	570.47 Has.
Comisión de Regantes Vinto	2302.97 Has.
Comisión de Regantes Santa Elena	1128.41 Has.
Comisión de Regantes Potao	1477.87 Has.
Comisión de Regantes Paycuan	825.59 Has.
Comisión de Regantes Chacarita Puerto	1309.45 Has.
Comisión de Regantes Huarangal-Antival	548.92 Has.
Comisión de Regantes San Nicolás	1994.16 Has.

Es decir, la Junta de Usuarios de Pativilca está conformada por 16 comisiones de regantes que tienen como fuente de agua común el río Pativilca excepto la Comisión de Regantes de Huanchay que toma agua del río Ocos afluyente del río Pativilca. De las 26,920.76 Has., 25,443.26 Hás. están bajo riego con régimen de permiso.

La Administración del recurso hídrico para riego es de responsabilidad de la Junta de Usuarios Pativilca bajo la supervisión de la Administración Técnica del

Distrito de Riego Barranca. La Junta de Usuarios está constituida por un representantes de cada junta directiva de las Comisiones de Regantes que la integran.

### **3.1.6.2. Actividad Principal, Beneficiarios Y Beneficios Esperados**

#### **3.1.6.2.1. Actividad Principal**

La población del valle Pativilca tiene como principal actividad económica a la agricultura produciendo productos como: maíz amarillo, caña de azúcar, papa y otros como marigol, espárrago, tomate, frijol canario, frijol castilla, ají panca, manzano etc, cuya producción es destinada a abastecer el mercado interno, producción industrial y mercado externo como Lima, Chiclayo, etc.

#### **3.1.6.2.2. Beneficiarios y beneficios esperados**

Con la ejecución del proyecto se logrará lo siguiente:

- Asegurar el riego de 620.00 Has de terreno de cultivo en los sectores de Providencya y Huayto, beneficiando a 385 familias.
- Evitar la erosión (pérdida) del Canal La Vega y de terrenos de cultivo como también la protección de la carretera Pativilca - Cajatambo.
- Protección de la Bocatoma La Vega Otopongo, que abastece de agua de riego a una extensión de 1,474.46 Hás.

## **3.2. Estudio Topográfico**

### **3.2.1. Metodología de Trabajo**

El presente estudio se realizó en etapas, las cuales detallamos a continuación:

- **Recopilación de Información Existente**

En este caso tenemos los estudios realizados por terceros (cartas nacionales) así como las inspecciones realizadas de manera visual a lo largo de la vía.

- **Trabajos de Campo**

En este caso realizamos reconocimientos a detalle mediante análisis visual y levantamientos topográficos correspondientes a fin de contar con la mejor alternativa en cuanto al paso del eje de la defensa por el terreno.

El método empleado fue el levantamiento por radiación a partir de un punto de referencia estática debidamente alineada y de coordenadas conocidas. El método consiste en el disparo y lectura simultánea de distancias y ángulos para el posterior almacenamiento y procesamiento en la memoria del equipo (estación total). Para el presente estudio, dada la envergadura del área a levantar así como el nivel de detalle del mismo y el tiempo a emplear en el trabajo, se vio en la necesidad de conformar dos frentes de trabajo, a fin de realizar el mismo en la menor cantidad de tiempo posible y con la calidad respectiva solicitada a este nivel, es por ello que se realizó un trabajo de levantamiento de toda el área de la quebrada y planicie de inundación y eje de defensa propuesto con un equipo y un levantamiento a detalle netamente del cauce actual del río Pativilca con otro frente de trabajo.

Se realizó la nivelación del eje de la defensa propuesta, realizando el estacado respectivo a una distancia de 20 m a lo largo de todo el trazo (4.0 km) a su vez un reconocimiento de las futuras obras de arte proyectadas (espigones de protección). Adicionalmente se hizo el levantamiento con GPS del eje de defensa

para un posterior levantamiento topográfico con estación total en una franja de trabajo de aproximadamente 4.0 km m. El paso del eje de la defensa viene debidamente sustentado en campo mediante la monumentación de los BM's de partida para el levantamiento, así como el trazo resulto un tanto irregular debido a que se requiere protección para la mayor cantidad posible de áreas cultivadas y cultivables de los usuarios de la margen derecha, así como respetar el cauce natural formado por el rio Pativilca a fin de evitar acciones de erosiones y socavaciones severas por parte de este como se vio en el pasado.

- **Trabajos de Gabinete**

Luego de obtenida la información de campo con la Estación Total se procedió al procesamiento y dibujo respectivos. Los datos obtenidos en el campo se exportaron al computador haciendo uso del colector de datos Top Com Link V7.2, siendo comprobados con hojas de cálculo en EXCEL para su posterior procesamiento y diseño en el programa Autocad Civil 3D 2017 en el cual se trabajaron las curvas de nivel, los perfiles longitudinales y las secciones transversales. Para la elaboración del plano se generó una malla de puntos, que marca las posiciones reales del terreno, con sus respectivas descripciones.

Los planos se realizaron a escala distintas, para la observación precisa y sin distorsión de los detalles levantados.

### **3.3. Estudio de Suelos**

#### **3.3.1. Investigaciones de campo**

El presente estudio de investigación de campo, en la cual se exploró la zona, consistió en la excavación de calicatas (Norma ASTM D-420) y muestreo de materiales, así como la inspección de trincheras existentes adyacentes a la zona de trabajo a fin de tener una correlación adecuada de los diferentes materiales que conforman el terreno que han de servir como suelo de fundación.



### **3.3.2. Exploraciones realizadas**

En la exploración de campo, se contempló la ejecución de calicatas a cielo abierto en lugares estratégicos como a cada 500 m del eje proyectado, lo cual sumado a las trincheras y cortes naturales realizados por el río Pativilca, así como una inspección visual del cauce del río, donde ha de llevarse a cabo la materialización del proyecto, nos da un total de aproximadamente 10 muestreos.

Todas estas muestras fueron extraídas para ser procesados y determinar sus características Físicos Mecánicos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos. Se consideró el tipo de muestras extraídas, en función de las exigencias que deberán atenderse en cada caso, respecto del terreno que representan.

### **3.3.3. Ensayos en laboratorio**

De las muestras representativas seleccionadas se realizaron los ensayos estándar de laboratorio, siguiendo las Normas de Ensayo de la American Society for Testing Materials (ASTM) y según el SUCS, la identificación y clasificación de suelos.

Se realizaron los siguientes ensayos de las muestras extraídas:

- Contenido de Humedad (ASTM D2216 – El total de las muestras fueron extraídas por debajo del nivel freático, por lo cual estaban en completo estado de saturación por tratarse de suelos sumergidos).
- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422).
- Límites de Consistencia (ASTM D424)
- Clasificación SUCS (ASTM D2487).

Todos estos ensayos se utilizaron posteriormente en la confección de los perfiles estratigráficos correspondientes a cada calicata y trinchera respectivamente. Los reportes de laboratorio se presentan en los anexos correspondientes.

### **3.4. Estudio de Caudales Máximos**

#### **➤ Análisis de Información Pluviométrica**

Para la estimación de precipitación extrema se ha efectuado un análisis de frecuencia de eventos hidrológicos máximos, aplicados a caudales de avenida y precipitación máxima. Se ha considerado el siguiente procedimiento:

- Uso de registros de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones ubicadas en el ámbito del proyecto.
- Evaluación de las distribuciones de frecuencia más usuales para la definición de la distribución de mejor ajuste a los registros históricos, para cada una de las estaciones.
- Análisis estadístico de precipitaciones extremas para los periodos de 2, 5, 10, 20, 50, 100 años, mediante la asimilación de los registros a la distribución de menor ajuste.
- Aplicación de modelos precipitación – escorrentía, para la generación de caudales considerando los modelos siguientes:
- Método Racional, aplicado a cuencas de extensión menor o igual a 2km<sup>2</sup>

#### **➤ Precipitación Máxima en 24 Horas**

La estación considerada para evaluar los niveles de precipitación extrema probable han sido la Estación Hidrométrica Yanapampa. Los valores extremos resultantes del análisis fueron corregidos, conforme a los factores de ajuste previstos por la Organización Meteorológica Mundial, por factor 1.13 correspondiente a la relación entre la precipitación máxima registrada, con una lectura diaria en un pluviómetro y la precipitación máxima instantánea. Los métodos probabilísticos que mejor se ajustan a valores extremos máximos, considerados en la formulación del presente estudio son:

- Distribución Normal
- Distribución log Normal de 2 parámetros
- Distribución log Normal de 2 parámetros
- Distribución Valor Extremo Tipo I o Gumbel
- Distribución Gamma 3 parámetros o Pearson Tipo III
- Distribución Log Gamma 3 o Log Pearson Tipo III

### ➤ **ANÁLISIS DE FRECUENCIA**

El análisis de frecuencia es una herramienta utilizada para, predecir el comportamiento futuro de la precipitación en un sitio de interés, a partir de la información histórica de precipitaciones. Es un método basado en procedimientos estadísticos que permite calcular la magnitud de la precipitación asociada a una probabilidad de ocurrencia o un periodo determinado de retorno.

Su confiabilidad depende de la longitud y calidad de la serie histórica, además de la incertidumbre propia de la distribución de probabilidades seleccionada. Cuando se pretende realizar extrapolaciones, periodo de retorno mayor que la magnitud de la serie disponible, el error relativo asociado a la distribución de probabilidades es más importante, mientras que en interpolaciones la incertidumbre puede ser alta dependiendo de la cantidad de datos disponibles. La extrapolación de frecuencias extremas en una distribución empírica de creciente es extremadamente riesgosa.

Para determinar la magnitud de eventos extremos cuando la distribución de probabilidades no es una función fácilmente invertible, se requiere conocer la variación de la variable respecto a la media. Chow en 1951 propuso determinar esta variación a partir de un factor de frecuencia  $K_T$  que puede ser expresado:

$$X_T = \mu + K_T \sigma$$

y se puede estimar a partir de los datos, mediante la siguiente relación:

$$X_T = \bar{x} + K_T s$$

Para una distribución dada, puede determinarse una relación entre KT y el periodo de retorno Tr. Esta relación puede expresarse en términos matemáticos o por medio del uso de una tabla.

El análisis de frecuencia consiste en determinar los parámetros de las distribuciones de probabilidad y determinar con el factor de frecuencia la magnitud del evento para un periodo de retorno dado.

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

Las distribuciones de frecuencia usadas en el tratamiento de la precipitación

Para el cálculo de los valores de precipitación probables se ha aplicará el software:  
**HIDROESTA**

#### ✓ **Distribución Normal**

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

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

Donde

$f(x)$  = función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

$\mu$  = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

### ✓ Distribución Gumbel

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

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

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

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

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

$\alpha$ : Parámetro de concentración.

$\beta$ : Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

Donde:

$x$ : Valor con una probabilidad dada.

$\bar{x}$ : Media de la serie.

$k$ : Factor de frecuencia.

### ✓ Distribución Log Normal de 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(\frac{-(x-X)^2}{2S^2}\right)} dx$$

Donde  $X$  y  $S$  son los parámetros de la distribución. Si la variable  $x$  de la ecuación (2) se reemplaza por una función  $y=f(x)$ , tal que  $y=\log(x)$ , la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal,  $N(Y, S_y)$ . Los valores originales de la variable aleatoria  $x$ , deben ser transformados a  $y = \log x$ , de tal manera que:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n$$

Donde  $\bar{Y}$  es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

Donde  $S_y$  es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada. Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = a / S^3 y$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Donde  $Cs$  es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada.

### ✓ Distribución Log Normal de 3 Parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2 \left( \frac{\ln(x - x_0) - u_y}{S_y} \right)^2}$$

Para  $x > x_0$

Dónde:

$x_0$ : parámetro de posición

$u_y$ : parámetro de escala o media

$S_y^2$ : parámetro de forma o varianza

### ✓ Distribución Log Pearson Tipo Iii

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Dónde:

$x_0$ : parámetro de posición

$\gamma$  : parámetro de forma

$\beta$  : parámetro de escala

### ➤ Prueba de Bondad de Ajuste

Para la aplicación del análisis estadístico a una serie de datos de precipitaciones se requiere hallar la distribución teórica de mejor representante (ajuste) nuestros datos históricos. Para tal fin se dispone de muchos métodos de ajuste de entre los más usados tenemos:

Análisis gráfico.

Test de Kolmogorov - Smirnov. Test de Chi - Cuadrado %2

De los cuales se aplicará el Test de Kolmogorov - Smirnov, ya que es aplicable a la todas las distribuciones teóricas que se pretende analizar para este estudio.

➤ **Determinación de La Intensidad de Lluvia**

La selección de la intensidad de la precipitación está en función del periodo de retorno y un tiempo de concentración.

$$I = 2.6934 T^{0.2747} T_c^{0.3679}$$

Dónde:

Tc = Tiempo de concentración en horas.

T = Periodo de Retorno

➤ **Determinación del Tiempo de Concentración**

Una de las variables que caracteriza la escorrentía superficial es el tiempo de concentración, el tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la cuenca contribuya con escorrentía superficial. Para su determinación se ha calculado por medio de 3 métodos y se usa el promedio aritmético de los tiempos de concentración. A continuación se presentan las formulas empleadas:

**Fórmula de Kirpich:**

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Dónde:

TC = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del cauce en kilómetros

S = Pendiente en m/m.

A = Área en kilómetros cuadrados km<sup>2</sup>.

D= Duración de la lluvia (horas)



**Formula de Bramsby & Williams:**

$$T_c = 0.2433 \left( \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}} \right)$$

Dónde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas hrs

L = Longitud del cauce en kilómetros km

S = Pendiente en m/m

A = Área de la cuenca en kilómetros cuadrados km<sup>2</sup>

**Formula Del US Corps of Engineers:**

$$T_c = 0,3 \frac{L^{0,76}}{S^{0,19}}$$

**Dónde:**

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas (hr)

L = Longitud del cauce en kilómetros (km)

S = Pendiente en m/m

En la siguiente etapa del proyecto se deberá determinar los caudales de diseño, de acuerdo a los análisis efectuados los métodos de diseño se clasifican de acuerdo a las dimensiones de la cuenca en estudio y el tipo de estructura a diseñar, tal como se indica en el siguiente cuadro:

➤ **ANALISIS DE LOS CAUDALES DE DISEÑO**

Existe una gran variedad de métodos para el cálculo del caudal máximo entre ellos tenemos:

- Método directo
- Método Empírico
- Método de numero de curva
- Métodos estadísticos
- Métodos Hidrológicos

Para el presente estudio se tuvo en cuenta el método empírico (la mayoría de estos métodos se derivan del método racional) Mac Math, que se describe a continuación:

- **Método de Mac Math**

$$Q=0.0091CIA^{4/5}S^{1/5}$$

Q=caudal máximo en un periodo de retorno de T años en m<sup>3</sup>/seg

C=factor de escorrentía de mac math representa las características de la Cuenca

I=intensidad máxima de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración T<sub>c</sub> y un periodo de retorno de T años mm/h

A=área de la cuenca en Has

S=pendiente media del cauce principal en 0/00

$$C = C1 + C2 + C3$$

Donde:

C1=En función de la cobertura vegetal

C2=en función de la textura del suelo

C3=en función de la topografía del terreno

**Cuadro 3.1. Valores de Coeficiente de Escorrentía**

Vegetación		suelo		topografía	
Cobertura (%)	C1	textura	C2	Pendiente (%)	C3
100	0.08	Arenoso	0.08	0.0-0.2	0.04
80-100	0.12	ligera	0.12	0.2-0.5	0.06
50-80	0.16	media	0.16	0.5-2.0	0.08
20-50	0.22	finas	0.22	2.0-6.0	0.10
0-20	0.3	rocoso	0.3	5.0-10.0	0.15

La defensa ribereña a ejecutarse en el río Pativilca, deben soportar los caudales que se presentan en las épocas de avenida, por lo que las consideraciones o criterios de diseño deben tener en cuenta esta situación, así los elementos de diseño son calculados para niveles de encauzamiento extremos, debiéndose

determinar la sección estable del río, profundidad de socavación, altura del tirante normal, entre otros para un caudal de diseño a un determinado periodo de retorno.

Una vez definidos los parámetros arriba mencionados se pueden realizar los diseños de las estructuras (diques, enrocados, gaviones, espigones, chaflanes etc.) destinadas a solucionar el problema principal de erosión e inundación de los terrenos colindantes al cauce del río.

El diseño hidráulico consistió en determinar las características hidráulicas del río, para ello usamos formulas empíricas que han dado buenos resultados en situaciones parecidas y que nos permitirán diseñar las estructuras, propuestas en el presente Proyecto. Para la utilización de las formulas empíricas fue necesario la información hidrológica, la misma que debe ser consistente para mejores resultados.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1.- Topografía**

Se ha realizado el levantamiento topográfico en los puntos críticos de los sectores de Providencia y Huayto, obteniendo los siguientes planos los cuales se anexan:

#### **4.1.1.- Plano de Ubicación**

Para el plano de ubicación se ha tomado la carta nacional y se ha escaneado, en la misma se presentan la zona donde se desarrollarán los trabajos, los sectores agrícolas ganaderos y ubicación de las canteras. El plano de ubicación se presenta a una escala de 1:200,000.

#### **4.1.2.- Plano de planta**

Se ha elaborado el plano de planta a escala 1:2,000 el mismo que nos presenta las características geomorfológicas permitiéndonos evaluar las consideraciones meándricas del río y los puntos críticos a proteger.

#### **4.1.3.- Plano de perfil**

Se ha ejecutado el plano de perfil longitudinal sobre el eje central del río, sobre el perfil longitudinal se ha trazado la rasante que se tomará en cuenta en la ejecución de los trabajos, permitiéndonos calcular los cortes y rellenos de acuerdo a las obras programadas. Este plano se ha ejecutado a una escala 1:200 (vertical) y 1:2000 (horizontal).

#### **4.1.4.- Plano de Secciones**

Se ha realizado el seccionamiento de la zona de trabajo cada 50 m. en tramos normales y en los puntos en donde se rehabilitará el dique enrocado.

## **4.2.- Geología y Geotecnia**

La zona de trabajo se caracteriza por contener materiales de origen aluvial conformado por una mezcla de hasta 70% de gravas y arenas y de 20 a 30 % de cantos rodados con bolones, de color gris, en superficie ocurren sueltas, el mayor porcentaje de los granos y partículas proviene de rocas volcánicas seguidas por intrusivas.

En las terrazas aumenta los fragmentos gruesos y se encuentran más densos. El río satura estos materiales y se asume que en el sitio de obras la napa freática, se halla después de 2 m de profundidad.

En el área predomina los depósitos aluviales acumulados en diferentes periodos; los más recientes se encuentran en el cauce del río, donde las fracciones gruesas (bloques y bolones) alcanzan más de 80 % con matriz de gravas y arenas, este tipo de materiales en la primera terraza esta tapizada por una cobertura de arena limosa moderadamente densa y con espesores de 0.8 a más de 1.20 m.

Los depósitos aluviales más antiguos se hallan en las terrazas adyacentes, su composición corresponde a conglomerado denso, donde la forma de las partículas y granos son subredondeados, estas terrazas en ambas márgenes alcanzan alturas de 10 a 20 m; se estima que hacia el subsuelo su espesor también continua a varias decenas de metros.

En el área el agente perturbador y que ha intervenido en el modelado de las actuales geoformas es el agua.

Los procesos de inundación y erosión se han manifestado con mayor intensidad en todo el cauce, el mismo que llega a alcanzar hasta 300 m en algunos tramos, ocasionando que el agua divague formando brazos con la consecuente acumulación de sólidos formando islotes, sin embargo se estima que el ancho efectivo del río esta entre los 80m a 150m.

En lo que respecta a la Geotecnia, se ha realizado el análisis granulométrico de dos muestras, obtenidas a través de calicatas en el mismo cauce del río (a 1.20m. y 2.5m. de profundidad), habiéndose obtenido los siguientes diámetros representativos (mm):

**Cuadro 4.1. Valores de los diámetros a diferentes profundidades**

Prof.(m)	D10	D20	D30	D40	D50	D60	D70	D80	D90
1.2	0.56	2	8.2	14.77	23.37	35.18	44.91	58.86	92.36
2.5	0.57	1.89	5.84	11.99	20.38	30.62	41.57	55.45	71.53
Prom.	0.57	1.95	7.02	13.38	21.88	32.9	43.24	57.15	81.95

Fuente: Elaboración Propia

Límite líquido ASTM-D-423	=	22.91
Límite plástico ASTM-D-424	=	18.59
Índice de Plasticidad	=	4.32
Angulo de Fricción interna	=	35.81 <sup>a</sup>
Cohesión	=	0.04 kg/cm <sup>2</sup>

#### 4.3.- Hidrología

La información disponible sobre descargas del río Pativilca se ha obtenido de la estación de Yanapampa ubicada en la cota 859 m.s.n.m. 10° 40' Latitud Sur y 77° 35' Longitud Oeste. La estación es controlada por el SENAMHI y dispone de registros de 1,960 a 2,009 (50 datos).

El río Pativilca presenta marcadas diferencias entre sus parámetros extremos, destacándose de los demás ríos de la costa por ser uno de los que muestra una mejor irregularidad en sus descargas.

Es notorio, además el alto grado de concentración del volumen de las descargas en los meses de diciembre-abril y su escasez aunque no extrema, en los meses de junio a septiembre.

En los Cuadros siguientes se muestran los cálculos realizados con datos de la estación de aforos Yanapampa.

Para la determinación del caudal de diseño fue necesario determinar el periodo de retorno sobre el cual se realizarán los cálculos; se determinó el periodo de retorno asumiendo un riesgo de falla de 25% y un periodo de vida útil del de 10 años.

#### 4.3.1.- Periodo de Retorno

Se sabe que:

$$J = 1 - (1 - 1/T)^N$$

Donde:

J = Riesgo de Falla  
T = Periodo de retorno  
N = Vida útil del proyecto

Operando se obtiene:  $T = 1 / (1 - (1 - J)^{1/N})$

Para un periodo de vida útil de N=10 años y un riesgo de J=0.25 ==> T = 35.3 años, para efectos de diseño se considerará un T = 35 años. En realidad la vida útil para las obras de defensa se estima entre 3 a 5 años pero para determinar el caudal de diseño se está considerando una vida útil de 10 años.

**Cuadro 4.2. Análisis Estadístico de Máximas Descargas**

Nombre: Estación Hidrométrica Yanapampa						
Información Básica						
Tiempo de Retorno ( $T_R$ ) =		35.00				
Medición de Caudales (Año) =		1,960				
Año	Caudal ( $Q_x$ )	$(Q_x - Q_p)^2$	$(Q_x - Q_p)^3$	$\ln(Q_x)$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^2$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^3$
1,960	379.54	32,126	5,758,199	5.94	0.55	0.41
1,961	406.25	42,416	8,735,643	6.01	0.66	0.54
1,962	413.30	45,371	9,664,210	6.02	0.69	0.57
1,963	200.91	0	0	5.30	0.01	0.00
1,964	142.66	3,323	-191,526	4.96	0.05	-0.01
1,965	204.69	19	84	5.32	0.02	0.00
1,966	152.00	2,333	-112,668	5.02	0.03	0.00
1,967	312.66	12,625	1,418,500	5.75	0.30	0.17
1,968	118.80	6,642	-541,254	4.78	0.17	-0.07
1,969	169.88	925	-28,140	5.14	0.00	0.00
1,970	298.71	9,684	952,953	5.70	0.25	0.13
1,971	238.74	1,477	56,785	5.48	0.08	0.02
1,972	323.48	15,173	1,868,935	5.78	0.34	0.20
1,973	219.49	368	7,068	5.39	0.04	0.01
1,974	258.80	3,422	200,186	5.56	0.13	0.05
1,975	158.97	1,708	-70,611	5.07	0.02	0.00
1,976	149.76	2,554	-129,082	5.01	0.03	-0.01
1,977	196.11	18	-73	5.28	0.01	0.00
1,978	185.73	212	-3,089	5.22	0.00	0.00
1,979	180.00	412	-8,364	5.19	0.00	0.00
1,980	185.00	234	-3,581	5.22	0.00	0.00
1,981	425.00	50,491	11,345,351	6.05	0.73	0.63
1,982	280.00	6,352	506,290	5.63	0.19	0.09
1,983	320.00	14,328	1,715,137	5.77	0.33	0.19
1,984	480.00	78,233	21,881,868	6.17	0.96	0.94
1,985	135.00	4,264	-278,426	4.91	0.08	-0.02
1,986	184.00	266	-4,330	5.21	0.00	0.00
1,987	350.00	22,411	3,354,892	5.86	0.44	0.29
1,988	350.00	22,411	3,354,892	5.86	0.44	0.29
1,989	310.10	12,056	1,323,808	5.74	0.29	0.16
1,990	85.00	13,294	-1,532,749	4.44	0.57	-0.43
1,991	180.00	412	-8,364	5.19	0.00	0.00
1,992	100.00	10,060	-1,008,982	4.61	0.35	-0.21
1,993	190.00	106	-1,092	5.25	0.00	0.00
1,994	150.00	2,530	-127,252	5.01	0.03	-0.01
1,995	120.00	6,448	-517,753	4.79	0.17	-0.07
1,996	115.00	7,276	-620,618	4.74	0.20	-0.09
1,997	115.00	7,276	-620,618	4.74	0.20	-0.09
1,998	207.00	45	301	5.33	0.02	0.00
1,999	175.00	640	-16,191	5.16	0.00	0.00
2,000	193.00	53	-389	5.26	0.00	0.00
2,001	200.70	0	0	5.30	0.01	0.00
2,002	161.70	1,490	-57,506	5.09	0.01	0.00
2,003	134.00	4,395	-291,414	4.90	0.09	-0.03
2,004	101.47	9,768	-965,363	4.62	0.33	-0.19
2,005	69.33	17,152	-2,246,298	4.24	0.91	-0.87
2,006	135.30	4,225	-274,606	4.91	0.08	-0.02
2,007	121.80	6,162	-483,709	4.80	0.15	-0.06
2,008	107.93	8,531	-787,997	4.68	0.26	-0.14
2,009	148.30	2,704	-140,596	5.00	0.04	-0.01
2,010	94.83	11,124	-1,173,190	4.55	0.41	-0.27
2,011	111.83	7,827	-692,414	4.72	0.23	-0.11
2,012	131.46	4,739	-326,208	4.88	0.10	-0.03
2,013	114.50	7,361	-631,596	4.74	0.21	-0.09
2,014	137.23	3,978	-250,863	4.92	0.07	-0.02
2,015	114.00	7,447	-642,702	4.74	0.21	-0.10
2,016	173.07	741	-20,187	5.15	0.00	0.00
Suma =	11,417.01	537,637	57,335,303	296.104	11.544	1.738

Fuente: Elaboración propia



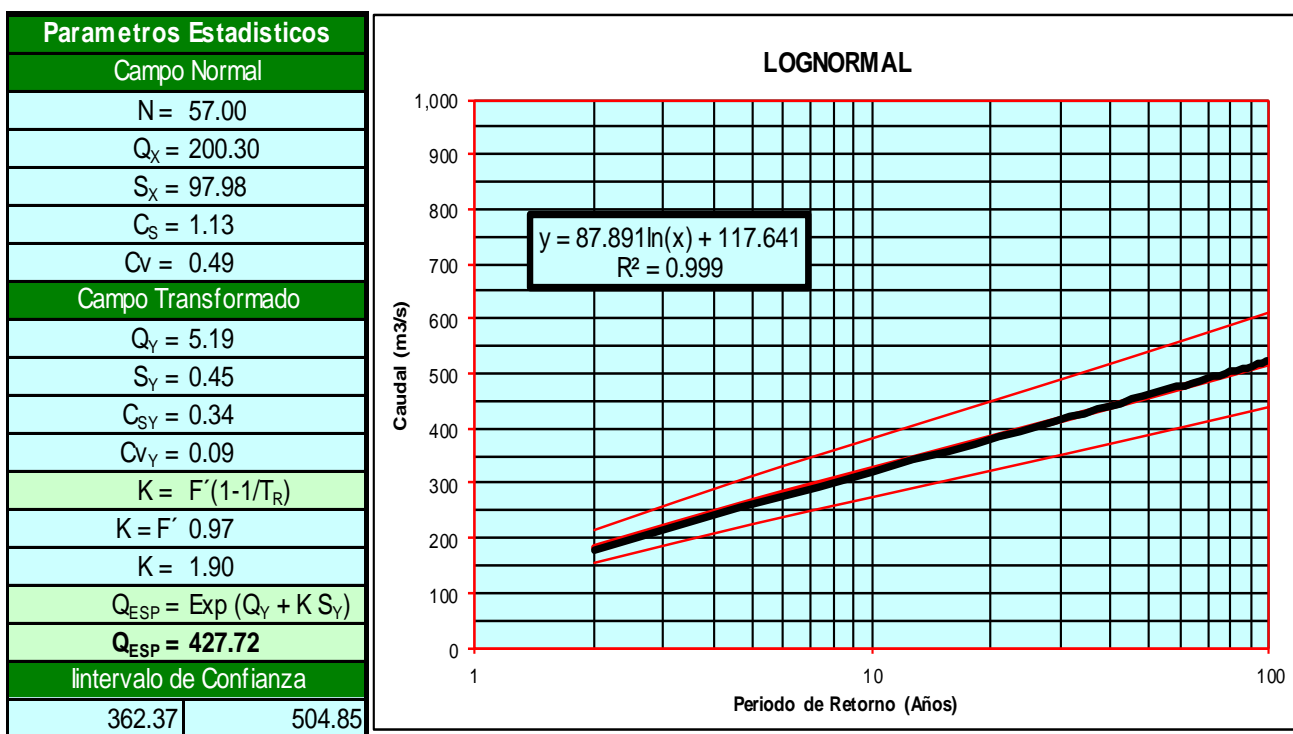
El Cuadro 4.2 muestra los valores de los caudales en un periodo de 35 años desde el año 1960 – 2016, observándose que el caudal máximo se encontró en el año 1984 con un valor de 480 m<sup>3</sup>/s. La sumatoria de los caudales en los 57 años es de 11,417.01 m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro 4.3. Parámetros Estadísticos**

PARAMETROS ESTADISTICOS			
Media ( $Q_X$ )	Desv. Estandar	Coef. Asimetria	Coef. Variacion
$Q_X$	$S_X$	$C_S$	$C_V$
200.298	97.983	1.128	0.489
$Q_Y$	$S_Y$	$C_{SY}$	$C_{VY}$
5.195	0.454	0.344	0.087

Fuente: Elaboración propia

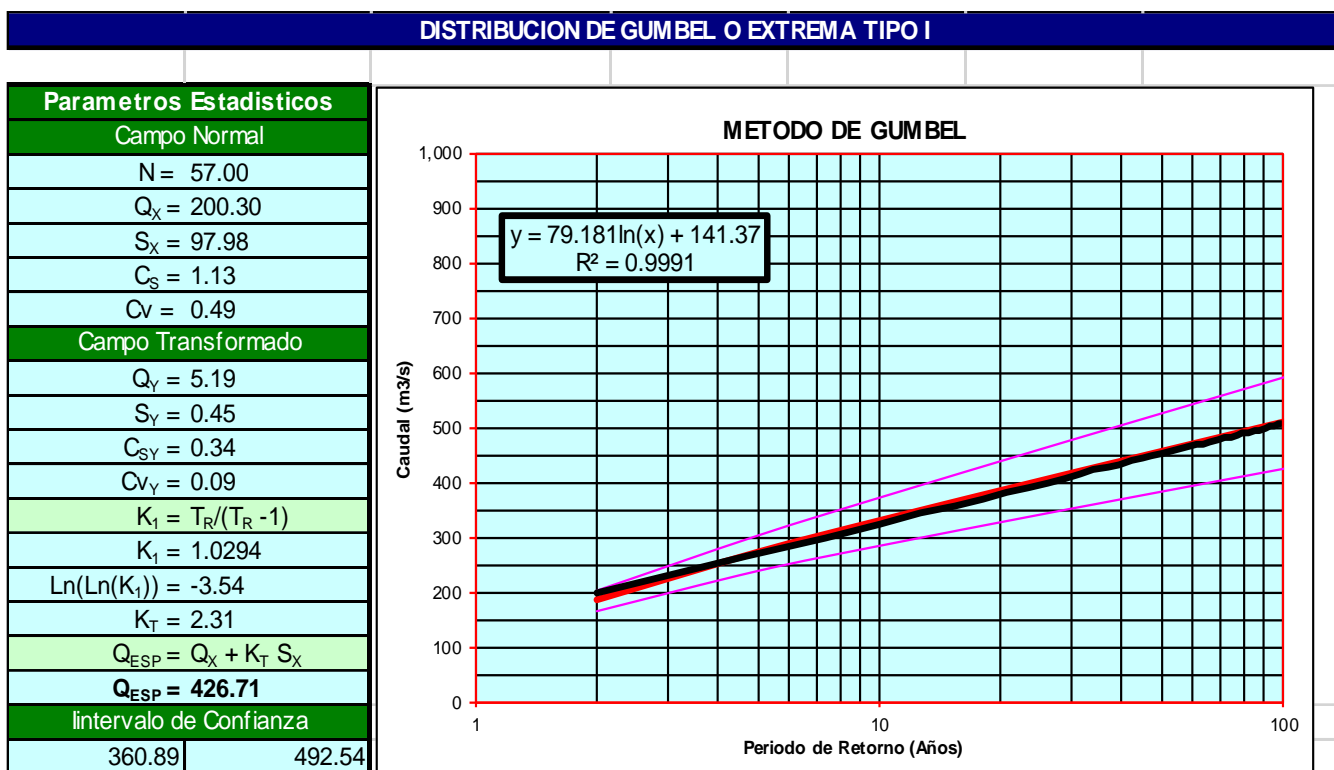
#### DISTRIBUCION LOGNORMAL DE DOS PARAMETROS



Fuente: Elaboración propia

T <sub>R</sub> (Años)	Probabilidad	F'(1-1/T <sub>R</sub> )	K = Z	Q <sub>ESP</sub>	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.5000	0.0000	180.33	152.78	212.85
5	0.2000	0.8000	0.8416	264.26	223.89	311.91
10	0.1000	0.9000	1.2816	322.68	273.38	380.87
25	0.0400	0.9600	1.7507	399.28	338.28	471.28
35	0.0286	0.9714	1.9022	427.72	362.37	504.85
50	0.0200	0.9800	2.0537	458.18	388.18	540.80
75	0.0133	0.9867	2.2164	493.29	417.93	582.24
100	0.0100	0.9900	2.3263	518.55	439.32	612.05
150	0.0067	0.9933	2.4747	554.69	469.94	654.71
200	0.0050	0.9950	2.5758	580.74	492.02	685.46
300	0.0033	0.9967	2.7131	618.07	523.64	729.52
400	0.0025	0.9975	2.8070	645.01	546.47	761.33
500	0.0020	0.9980	2.8782	666.18	564.41	786.31
1000	0.0010	0.9990	3.0902	733.52	621.45	865.79

Fuente: Elaboración propia

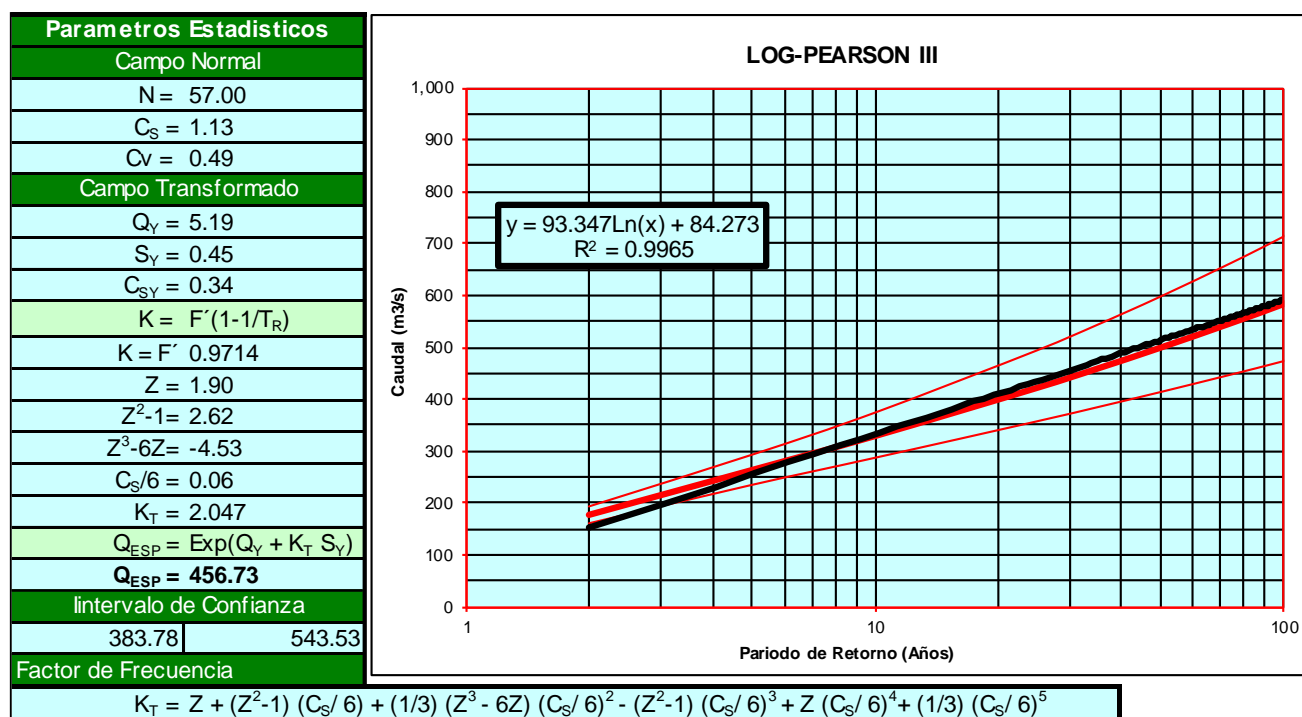


Fuente: Elaboración propia

T <sub>R</sub> (Años)	Probabilidad	Ln Ln T <sub>R</sub> /(T <sub>R</sub> - 1)	K <sub>T</sub>	Q <sub>ESP</sub>	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	-0.3665	-0.16	184.20	164.61	203.80
5	0.2000	-1.4999	0.72	270.79	237.80	303.79
10	0.1000	-2.2504	1.30	328.12	283.56	372.69
25	0.0400	-3.1985	2.04	400.56	340.47	460.65
35	0.0286	-3.5409	2.31	426.71	360.89	492.54
50	0.0200	-3.9019	2.59	454.30	382.39	526.20
75	0.0133	-4.3108	2.91	485.53	406.69	564.37
100	0.0100	-4.6001	3.14	507.64	423.87	591.40
150	0.0067	-5.0073	3.45	538.74	448.02	629.46
200	0.0050	-5.2958	3.68	560.79	465.12	656.45
300	0.0033	-5.7021	4.00	591.83	489.19	694.46
400	0.0025	-5.9902	4.22	613.84	506.24	721.43
500	0.0020	-6.2136	4.39	630.90	519.46	742.34
1000	0.0010	-6.9073	4.94	683.89	560.49	807.30

Fuente: Elaboración propia

### DISTRIBUCION LOG - PEARSON III O GAMA DE TRES PARAMETROS



Fuente: Elaboración propia

T <sub>R</sub> (Años)	Probabilidad	Z	K <sub>T</sub>	Q <sub>ESP</sub>	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.0000	-0.0571	175.72	159.16	194.01
5	0.2000	0.8416	0.8201	261.69	233.41	293.39
10	0.1000	1.2816	1.3121	327.19	285.89	374.46
25	0.0400	1.7507	1.8630	420.16	356.75	494.84
35	0.0286	1.9022	2.0467	456.73	383.78	543.53
50	0.0200	2.0537	2.2335	497.13	413.21	598.10
75	0.0133	2.2164	2.4371	545.28	447.74	664.07
100	0.0100	2.3263	2.5767	580.97	473.01	713.58
150	0.0067	2.4747	2.7676	633.57	509.78	787.42
200	0.0050	2.5758	2.8993	672.61	536.75	842.85
300	0.0033	2.7131	3.0802	730.18	576.07	925.52
400	0.0025	2.8070	3.2055	772.94	604.94	987.58
500	0.0020	2.8782	3.3012	807.23	627.92	1,037.75
1000	0.0010	3.0902	3.5903	920.47	702.74	1,205.66

RESULTADOS CAUDAL DE DISEÑO		
METODO	R <sup>2</sup>	Q(m <sup>3</sup> /s)
LOG NORMAL	0.9995	427.72
GUMBEL	0.9991	426.71
LOG PEARSON	0.9898	456.73
MEJOR AJUSTE	0.9898	456.73
SELECCIONAR >>>>>>>>>>	Q(m <sup>3</sup> /s) =	456.73

### 4.3.2 Tiempo de Concentración

INGRESAR INFORMACION DE LA CUENCA		
L =	172.00	Longitud de cauce principal (Km)
S <sub>J</sub> =	0.0160	Pendiente de la cuenca (Manning)
H =	3,800.00	Diferencia de Cotas (m)
A =	8,788.00	Área (Km <sup>2</sup> )

#### 4.3.2.2 Fórmula de R. Temez

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.3.2.3 Fórmula de la Soil Conservation Service

Formula de la Soil Conservation Service of California	
<b>Tc =</b>	<b><math>(0.871( L^3 / H))^{0.385}</math></b>
<b>Tc =</b>	<b>Tiempo de concentracion(horas)</b>
<b>H =</b>	<b>3,800.00</b> Diferencia de Cotas (m)
<b>L =</b>	<b>172.00</b> Longitud de cauce principal (Km)
<b>Tc =</b>	<b>15.1609</b> horas

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.3.2.4 Formula de Kirpich

Formula de Kirpich	
<b>Tc = 0.06628 (L<sup>0.77</sup>)(Sk<sup>-0.385</sup>)</b>	
<b>L = 172.00</b>	<b>Longitud del cauce (Km)</b>
H = 3,800.00	Diferencia de cotas extremas (m)
Sk = 0.0160	Pendiente media cauce principal (manning)
<b>Tc = 17.1456</b>	<b>horas</b>

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.3.2.5 Evaluación de Resultados

<b>EVALUACION RESULTADOS</b>	
<b>Método</b>	<b>Tc (Horas)</b>
Formula de R. Temez	20.0907
Soil Conservation service of California	15.1609
Formula de Kirpich	17.1456
Promedio	17.4657
<b>SELECCIONAR e INGRESAR Tc &gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;</b>	<b>17.4657</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### 4.3.3 Intensidad

La selección de la intensidad de la precipitación esta en función a un periodo de retorno y un tiempo de concentración

Formula de Mac Math	
$I = 2.6934 T^{0.2747} T_c^{0.3679}$	
T = 50.00	T. de retorno (años)
Tc = 17.47	T. de concentracion (horas)
I = 101.90	Intensidad (mm/hora)

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.3.4 Caudal de Diseño

METODO DE MAC MATH	
$Q = 0.001 C I A^{0.58} S^{0.42}$	
C = 0.40	Coeficiente de Escorrentia
A = 878,800.00	Area de la cuenca (Ha)
S = 16.0000	Pendiente (m/1000)
I = 101.90	Intensidad (mm/hora)
$Q_{MAX} = 365.96$	Caudal Max. Diseño (m <sup>3</sup> /s)

Fuente: Elaboración propia

## V. INGENIERIA DEL PROYECTO

### 5.1 Determinación del Caudal Medio Mensual y Pendiente

Se ha determinado que el caudal medio mensual corresponderá a la mitad del caudal calculado en la comparación de los métodos probabilísticos, en este caso, del método Log Pearson tipo III.

La pendiente del tramo a trabajar será de acuerdo a la pendiente de Manning,

INGRESAR EL CAUDAL Y PENDIENTE	
$Q(m^3/s) = 228.36$	Caudal Maximo Medio Mensual
$S^* = 0.01413$	Pendiente Tramo (Manning)

Fuente: Elaboración propia

### 5.2 Descargas Máximas Instantáneas

Los caudales empleados para el análisis de frecuencias son caudales máximos medios obtenidos de los registros diarios, a los cuales se debe de afectar de un factor de corrección. El caudal de diseño fue:

CAUDAL INSTANTANEO - Método de Fuller	
USAR SOLO CON EL CAUDAL MAXIMO MEDIO	(PROMEDIO MENSUAL)
$Q_{INST} = Q_{MAX.MED} (1 + 2.66/A)^{0.3}$	1
$Q_{INST} = Q_{MAX.MED} (1 + 0.8 \text{ Lg } T)$	2
SELECCIONAR FORMULA >>>> (1) ó (2)	2.00
$Q(m^3/s) = 228.36$	Caudal Promedio Mensual
$T = 35$	Tiempo de Retorno en años
$Q_{INST} = 510.45$	Caudal Instantáneo
$Q(m^3/s) = 510.45$	Caudal de Diseño

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Sección estable o amplitud de cauce

La morfología trenzada que presenta el río es generada por la pendiente y el estrechamiento del puente generado por la cantidad de sedimentos lo que ocasiona varias formas del cauce natural y diferentes anchos por lo cual por seguridad

debemos realizar el cálculo del ancho del río utilizando varios parámetros de métodos distintos (Cconislla, J. 2017) los que se describirán a continuación:

**a) Recomendación según el caudal de Diseño**

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M <sup>3</sup> /S)	ANCHO ESTABLE ( B2 )
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70
<b>510.45</b>	<b>B2 = 100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**b) Ancho según el Método de Petits**

METODO DE PETITS	
<b>B = 4.44 Q<sup>0.5</sup></b>	
<b>Q<sub>M3/S</sub> = 510.45</b>	<b>Caudal de Diseño (m3/s)</b>
<b>B = Ancho Estable del Cauce (m)</b>	
<b>B = 100.31</b>	<b>m.</b>

Fuente: Elaboración propia

**c) Ancho según el Método de Simons y Henderson**

METODO DE SIMONS Y HENDERSON	
<b>B = K<sub>1</sub> Q<sup>1/2</sup></b>	
CONDICIONES DE FONDO DE RIO	K <sub>1</sub>
Fondo y orillas de arena	5.70
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.20
Fondo y orillas de material cohesivo	3.60
Fondo y orillas de grava	2.90
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.80
<b>SELECCIONAR &gt;&gt;&gt; &gt;&gt;&gt;&gt; &gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt; &gt;&gt;&gt;&gt; K<sub>1</sub> =</b>	<b>5.70</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>Q<sub>M3/S</sub> = 510.45</b>	<b>Caudal de Diseño (m3/s)</b>
<b>B = Ancho Estable del Cauce (m)</b>	

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando se obtiene:

<b>B = 128.78</b>	<b>m.</b>
-------------------	-----------



#### d) Ancho según el Método de Blench – Altunin

$$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

Q(m<sup>3</sup>/s) = 510.45 Caudal de Diseño  
F<sub>b</sub> = Factor de fondo de cauce del Río (Tabla 1)  
F<sub>s</sub> = Factor de Orilla de cauce de Río (Tabla 2)

**Tabla N°01. Facto de Fondo según el Material**

Factor de Fondo	F <sub>b</sub>
Material Fino	0.80
Material Grueso	1.20
<b>Seleccionar →</b>	<b>1.20</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N°02. Facto de Orilla según el Material**

Factor de Orilla	F <sub>s</sub>
Materiales sueltos (Barro y arena)	0.10
Materiales ligeramente cohesivos (barro arc. Fang.)	0.20
Materiales cohesivos	0.30
<b>Seleccionar →</b>	<b>0.10</b>

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando en (4) se obtiene:

$$B = 141.66 \quad \text{m.}$$

#### e) Ancho según Maning

$$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)} \dots \dots \dots (5)$$

Q(m<sup>3</sup>/s) = 510.45 Caudal de Diseño  
S = 0.01600 PendienteTramo Obra  
n = Coeficiente de rugosidad (Tabla 3)  
K = Coeficiente Material del Cauce (Tabla 4)  
m = Coeficiente de Tipo de Río (Tabla 5)

**Tabla N°03. Valores de Rugosidad de Manning**

Valores rugosidad de Manning (n)	n
Cauce con fondo solido sin irregularidades	0.025
Cauces de rio con acarreo irregular	0.030 - 0.029
Cauces de Rios con Vegetacion	0.033 - 0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	0.033
Cauces de Rio con fuerte transporte de acarreo	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040 - 0.036
Torrentes con derrubio grueso y acarreo movil	0.045 - 0.050
<b>Seleccionar →</b>	<b>0.035</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N°04. Coeficiente Material del Cauce**

Descripcion	K
Material de cauce muy resistente	3 a 4
Material facilmente erosionable	16 a 20
Material aluvial	8 a 12
Valor practico	10
<b>Seleccionar →</b>	<b>12.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N°05. Coeficiente de Tipo de Rio**

Descripcion	m
Para rios de montaña	0.5
Para cauces arenosos	0.7
Para cauces aluviales	1.0
<b>SELECCIONAR →</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando en (5) se tiene:

$$B = 71.20 \text{ m.}$$

### 5.3.1 Selección del Ancho Estable

Recomendación Práctica	100.00
Metodo de Pettis	100.31
Metodo de Simons y Henderson	128.78
Metodo de Blench - Altunin	141.66
Metodo de Manning	71.20
PROMEDIO REDONDEADO	108.00
<b>Seleccionar</b>	<b>110.00 m.</b>

### 5.4 Tirante de Diseño

#### ➤ Método de Manning – Strickler (B>30m)

$$t = (Q/(K_s b S^{0.5}))^{3/5} \dots\dots\dots(6)$$

Q = 510.45 Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

K<sub>s</sub> = Coeficiente de Rugosidad (Tabla 6)

b = ancho estable

**Tabla N°06. Coeficiente de rugosidad para cauces naturales**

Valores para K <sub>s</sub> para Cauces Naturales	K <sub>s</sub>
Cauce con fondo solido sin irregularidades	40
Cauces de rio con acarreo irregular	33 - 35
Cauces de Rios con Vegetacion	30 - 35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	30
Cauces de Rio con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	25 - 28
Torrentes con derrubio grueso y acarreo movil	19 - 22
<b>Seleccionar →</b>	<b>28.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Para b= 110 m , K<sub>s</sub>= 28 y S= 0.016; reemplazando en (6) se tiene de tirante hidráulico de diseño:

$$t = 1.221 \text{ m.}$$

## 5.5 Velocidad media del caudal

### ➤ Método de Manning – Strickler

$$V_m = K_s R^{2/3} S^{1/2} \dots \dots \dots (7)$$

Z	=	2.00	Talud
Ks	=	28.000	Coeficiente de rugosidad (Inversa de Manning)
t	=	1.221	Tirante Hidráulico Máximo
b	=	105.117	Plantilla (m)
P	=	110.576	Perímetro Mojado (m)
A	=	131.294	Área (m <sup>2</sup> )
R	=	1.187	Radio hidráulico
S	=	0.01413	Pendiente (Manning)

Reemplazando los valores en la ecuación 7, se tiene como resultado:

$$V_m = 3.732 \text{ m/s}$$

## 5.6 Régimen del Caudal del Rio

$$F = V/(g \cdot A/T)^{1/2}$$

F= Numero de Froude

V = 3.732 Velocidad (m/s)

g = 9.810 Aceleración de la gravedad

A = 131.294 Área hidráulica (m<sup>2</sup>)

D = 1.194 Ancho del Cauce (m)

F = 1.091 FLUJO SUPERCRITICO - Peligro-(1.5 x BI)

## 5.7 Cálculo de la Profundidad de socavación (Hs)

### ➤ Método de LL. List Van Levediev

$$a = Q / (t^{5/3} B \mu) \dots \dots \dots (8)$$

$$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots \dots \dots (9)$$

Q = 510.45 Caudal (m<sup>3</sup>/s)

t = 1.22 Tirante hidráulico (m)

B = 110.00 Ancho del Cauce (m)  
 $\mu$  = 0.99 Coeficiente Contracción (Tabla)

Luego de reemplazar en (8) se tiende:

$$a = 3.36$$

D = Diámetro Medio de las partículas (mm)

w = Peso Específico suelo (Tn/m<sup>3</sup>)

x = Valor obtenido de la Tabla

1/(x+1) = Valor obtenido de la Tabla

$\beta$  = Coeficiente por Tiempo de Retorno

Seleccionamos x en suelos no cohesivos (mm) mediante la siguiente tabla:

**Tabla N°08. Valores de x según el diámetro de la partícula**

Peso específico Tn/m <sup>3</sup>	x	1/(x + 1)	D (mm)	x	1/(x + 1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1,000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

Fuente: Elaboración propia

Para  $D(\text{mm}) = 21.88 \rightarrow x=0.316$  y  $1/(x+1) = 0.760$

Ahora calculamos los valores del coeficiente  $\beta$ , utilizando la siguiente tabla:

**Tabla N°08. Valores de del Coeficiente  $\beta$**

Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente $\beta$
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07

Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos  $\rightarrow \beta=0.9$

Por lo tanto, reemplazando en la ecuación (9) se tiene un tirante de socavación de:

$$ts = 2.44 \text{ m.}$$

### 5.7.1 Profundidad de socavación ( $H_s$ ) en tramos rectos

$$H_s = ts - t \dots \dots (10)$$

Donde:

$H_s$  = Profundidad de socavación

$ts = 2.44$  Tirante de socavación (m)

$t = 1.22$  Tirante hidráulico con avenida de diseño (m)

Reemplazando en (10) se obtiene:

$$H_s = 1.22 \text{ m.}$$

### 5.7.2 Profundidad de socavación (Hs) en tramos curvos

#### ➤ Método de Altunin

$$t_{MAX} = e \cdot dr \dots (11)$$

e	=	coeficiente de R/B
B	=	110.00      Ancho del cauce del Rio
R	=	Radio de curva del Cauce del Rio
R/B	=	4.36

**Tabla N°09. Valores del Coeficiente e**

Valores Coeficiente "e"	
R/B =	4.80
R/B	e
Infinito	1.27
6.00	1.48
5.00	1.84
4.00	2.20
3.00	2.57
2.00	3.00

Fuente: Elaboración propia

Interpolando se obtiene para R/B=4.36, un coeficiente de e= 2.07

Por lo tanto:

dr = t = 1.22    Tirante de diseño, reemplazando en (11) se obtiene:

$$t_{MAX} = 2.53 \text{ m}$$

Obteniendo un valor de profundidad de socavación en curva:

$$HS = t_{MAX} - t$$

$$HS = 1.31 \text{ m}$$

Con los dos valores de profundidad de socavación, calculamos la profundidad de cimentación de la uña:

$$Hs1 = 1.22 \text{ m}$$

$$Hs2 = 1.31 \text{ m}$$

$$\text{Promedio} = 1.26 \text{ m}$$

**Seleccionamos 1.10 m. para la profundidad del uña.**

## 5.8 Altura del Dique

### 5.8.1 Bordo Libre

$$H_e = V^2/2g \dots\dots\dots(12)$$

$V_m$  = Velocidad del Caudal de Diseño (m/s)

$g$  = Aceleración de la Gravedad

$H_e$  = 0.69 Energía Cinética (m)

$$B_l = \phi H_e \dots\dots\dots(13)$$

Caudal máximo m <sup>3</sup> /s	$\phi$
3000.00 - 4000.00	2
2000.00 - 3000.00	1.7
1000.00 - 2000.00	1.4
500.00 - 1000.00	1.2
100.00 - 500.00	1.1

Fuente: Elaboración propia

Seleccionando  $\phi = 1.20$  y reemplazando en (13) obtenemos:

$$B_{l1} = 1.70$$

Por recomendaciones prácticas en función al caudal, tenemos un  $B_{l2}$ :

m <sup>3</sup> /s	$B_l$
> 200	0.60
200 a 500	0.80
500 a 2000	1.00

Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos un  $B_{l2} = 0.9$ , el cual seleccionamos para el proyecto. La altura del dique queda conformado de la siguiente manera:

$$H_D = t + B_l$$

$t$  = 1.22 Tirante de diseño (m)

$B_l$  = 1.70 Bordo libre

**$H_d$  = 2.92 m.**



## 5.9 Consideraciones Finales

Descripción			Calculado	Ajustado
Altura dique	Hd (m)	=	2.92	3.00
Tirante	t (m)	=	1.22	1.22
Bordo Libre	Bl (m)	=	1.70	1.78
Altura uña	Hu (m)	=	1.10	2.50
Altura total	Ht (m)	=	4.02	5.50

## 5.10 Diámetro de las Rocas

### 5.10.1 Información Básica

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Q =	510.45
Pendiente Manning (1/1000)	S =	0.0141
Velocidad (m/s)	V =	3.73
Tirante hidráulico (m)	t =	1.22
Tirante de Socavación (m)	HS =	2.48
Altura de Bordo Libre (m)	Bl =	1.78
Altura del dique (m)	Hd =	3.00
Altura de uña (m)	Hu =	2.50
Altura total (m)	Ht =	5.50
Peso específico de rocas (tn/m <sup>3</sup> )	(kr)=	2.65 Tn/m <sup>3</sup>





$$\sigma = \frac{w \times \cos \theta}{AL}$$

La resistencia al corte  $S_s$ , está dada por la ecuación de Coulomb:

$$S_s = c + \sigma \times \tan \phi$$

El Momento Resistente es igual a:

$$Mr = \sum S_s \times AL \times r$$

Dónde:

- c = Cohesión del material
- $\phi$  = Angulo de fricción interna
- $\sigma$  = Presión efectiva de contactos entre las partículas de suelo a lo largo del arco de falla
- AL = Longitud de un segmento del arco de falla
- r = Radio del círculo de falla

Para un segmento remplazando valores tendremos:

$$Mr = W \times \cos \theta \times \tan \phi$$

El factor de seguridad para cualquier círculo de falla que se analice se determina con:

$$FS = \frac{Mr}{Ma}$$

Ma = Momento actuante

Analizando los resultados obtenidos, con factores de seguridad positivos, queda pues comprobado que el valor de los taludes que se analizó son los apropiados, los cuales son:

Talud exterior de roca: 1: 2

Talud seco del terraplén: 1: 1

## Cálculo de estabilidad del Prisma

### a) Deslizamiento

La fuerza que se opone al deslizamiento del prisma está definida mediante la relación:

$$R = W \times \operatorname{tg} \phi$$

$$P = \frac{\gamma_w \times y^2}{2}$$

Donde:

R = Fuerza resistente (Kg/m)

P = Presión del agua sobre el terraplén (Kg/m<sup>2</sup>)

W = Peso del terraplén (Kg)

$\phi$  = Angulo de fricción interna (31°)

$\gamma_w$  = Peso específico del material (Kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_m$  = Peso específico del material (Kg/m<sup>3</sup>)

V = Volumen (m<sup>3</sup>)

y = Tirante del agua (m)

Remplazando en la ecuación, los valores de las dimensiones de la sección típica del dique propuesto:

$$W = V \times \gamma_m = (4 + 13/2) \times 2 \times 1800 = 30,600 \text{ kg/m}$$

$$R = W \times \operatorname{tg} \phi = 18,386.33 \text{ kg/m}$$

### Cálculo de la Presión

La presión del agua ejercida al prisma es:

$$P = \frac{\gamma_{H2O} \times y^2}{2} = \frac{1000 \times 1.5^2}{2} = 1125 \text{ kg/m}^2$$

### Cálculo del Factor de Seguridad

El factor de seguridad al deslizamiento (FR); se determina comparando los resultados obtenidos, la fuerza resistente es mayor que la fuerza de presión que

ejerce el agua sobre el dique, lo que significa que el dique es lo suficientemente estable a la presión del agua.

$$FR = \frac{R}{P} = \frac{18,386.33}{1125} = 16.34$$

### b) Hundimiento

El hundimiento de una estructura se produce cuando la presión que ejerce el peso de la estructura supera la capacidad de carga del terreno. De la estructura propuesta, solo el enrocado es susceptible a hundimiento.

### Cálculo de la capacidad de carga del terreno de fundación

Utilizando la Teoría de Terzaghi para cimentaciones continuas:

$$Qd = \frac{2}{3} \times c \times N'_c + \gamma_m \times Df \times N'_q + \frac{1}{2} \times \gamma_m \times B \times N'_\gamma$$

Dónde:

Qd = Capacidad de carga del terreno (Kg/m<sup>2</sup>)

B = Ancho de la base de la cimentación (2.0 m)

c = Cohesión del material (100 Kg/m<sup>2</sup>)

Ym= Peso específico del material (1800 Kg/m<sup>3</sup>)

Df = Profundidad de cimentación (2.50 m)

φ= Angulo de fricción interna del material (31°)

N'c, N'q, N'y = Coeficientes de capacidad de carga, que dependen de φ' (se determina del gráfico de Terzaghi)

Remplazando valores se tiene:

$$Qd = \frac{2}{3} \times 100 \times 18 + 1800 \times 2 \times 8 + \frac{1}{2} \times 1800 \times 2 \times 5$$

$$Qd = 39,000.00 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de la presión que ejerce el enrocado:

$$P = \frac{Wr}{A}$$

Dónde:

Pr = Presión del enrocado (Kg/m<sup>2</sup>)

Wr = Peso del enrocado (Kg.)

A = Área de la base del enrocado (5.00 m<sup>2</sup>)

YR = Peso específico de la roca (2,650 Kg/m<sup>3</sup>)

V = Volumen (m<sup>3</sup>)

n = Porcentaje de vacíos (12%)

β = Angulo del talud interno (75°)

El peso del enrocado está compuesto por el peso de la uña y un componente del peso de la cara húmeda, considerando un 12% de vacíos.

#### **Cálculo del peso de la uña:**

$$W_{uña} = V_{xn} \times YR = (3.00 + 2.00) / 2 \times 2.00 \times 0.12 \times 2,650 = 1,590.00\text{kg}$$

$$Wr = W_{uña} = 1,590.00\text{kg}$$

#### **Cálculo de la presión:**

$$Pr = \frac{1590}{(3 \times 2)} = 265 \text{ kg/m}^2$$

#### **Cálculo del Factor de Seguridad**

El factor de seguridad al hundimiento (FS); se determina comparando los resultados obtenidos, la capacidad portante del terreno es 147.16 veces mayor que la fuerza de presión que ejerce el enrocado sobre el terreno, lo que significa que el enrocado del dique no va sufrir hundimiento.

$$F_s \frac{Qd}{P} = \frac{39000}{265} = 147.16$$

#### **Volteo**

Los Diques por ser estructuras flexibles no confinadas y deleznales, no están sujeto al volteo.

## **5.12. Presupuesto**

### **5.12.1 Presupuesto de Obra**

La suma de los costos directos y costos indirectos, determinan el presupuesto del proyecto a ejecutarse, cuyo monto total de la obra asciende a S/. 2,920,949.96 (Dos Millones Novecientos Veinte Mil Novecientos Cuarenta y Nueve y 96/100 Nuevos Soles) desglosados de la siguiente manera:

COSTO DIRECTO	S/. 2,838,664.43
COSTO INDIRECTO	<u>S/. 82,285.53</u>
TOTAL	S/. 2,920,949.96

### **5.12.2 Costo Directo**

Los costos directos se obtienen del producto del costo unitario y el metrado a ejecutarse, dando como resultado S/. 2,920,949.96 (Dos Millones Novecientos Veinte Mil Novecientos Cuarenta y Nueve y 96/100 Nuevos Soles).

### **5.12.3 Costo Indirecto**

Los costos indirectos incluyen el pago del Ing. Residente, personal Administrativo y personal de supervisión, así como materiales y útiles de oficina los mismos que ascienden a S/. 82,285.53 (Ochenta y Dos Mil Dos Cientos Ochenta y Cinco y 53/100 nuevos soles).

Se adjunta un cuadro indicando el presupuesto general del Proyecto.



## **VI. Conclusiones y Recomendaciones**

### **6.1. Conclusiones**

- ❖ Se hizo el diseño de la defensa ribereña mediante roca al volteo en la margen derecha del río Pativilca en los 4 kilómetros correspondiente , la cual permitirá la disminución de la erosión de laderas en ambas márgenes, reduciendo el ensanchamiento del Ancho de Cauce y la pérdida de vegetación.
- ❖ Se realizó los estudios básicos de topografía, mecánica de suelos e hidrología, obteniendo los siguientes resultados:
  - ✓ Una pendiente suave, promedio de 1.37%.
  - ✓ Un ángulo de fricción de interna de  $35.81^\circ$  y cohesión  $0.04 \text{ kg/cm}^2$ , siendo este un suelo granular no cohesivo.
  - ✓ Un caudal de diseño de  $510.47 \text{ m}^3/\text{seg}$ , a un tiempo de retorno de 35 años.
- ❖ En cuanto a los otros valores de las características del dique para su respectivo diseño estos fueron los resultados:
  - ✓ Altura de dique = 3.00 m.
  - ✓ Tirante =1.25 m.
  - ✓ Bordo Libre =1.75 m.
  - ✓ Altura uña = 1.30 m.
  - ✓ Altura total = 4.30 m.
- ❖ La suma de los costos directos y costos indirectos, determinaron el presupuesto del proyecto, cuyo monto total asciende a S/. 2,920,949.96 (Dos Millones Novecientos Veinte Mil Novecientos Cuarenta y Nueve y 96/100 Nuevos Soles)

## **6.2. Recomendaciones**

- ❖ Es necesario que se complemente el control del cauce del río mediante las obras de defensa ribereña, con acciones por parte de los beneficiarios con la supervisión y seguimiento de las instancias correspondientes, para la conservación de tales especies, su propagación e incorporación de su sembrío en la margen contigua a las obras y en los sectores desnudos con riesgos de desbordes, ya que se ha demostrado que contribuyen a consolidar los bordes, especialmente los de raíces profundas como los sauces, o de raíces entrelazadas como los carrizos y carricillos.
- ❖ Se recomienda a la Junta de Usuarios de Pativilca que forme parte de las acciones de conservación y mantenimiento que asumirán gastos de reforestación en relación a las obras proyectadas.
- ❖ Se recomienda al Gobierno Regional de Lima realizar el mantenimiento periódico del enrocado; ya que, la estructura puede verse afectado por factores como la erosión, debido a los últimos fenómenos ocurridos como El Niño Costero.

## **VII. BIBLIOGRAFIA**

1. Barboza Cabrera, Segundo: Informe de Ingeniería “Defensa Ribereña y Encauzamiento del río Chaman-Sector Huacablanca”. Carretera Panamericana Tramo II. Año 1997.
2. Basile, Abel. (2018). Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales. Argentina: UNR Editora.
3. Bustamante Hernandez Juan Manuel: Tesis: “Estudio de Encauzamiento y Defensas Ribereñas en el Río Chancay – Lambayeque, Sector Centro Poblado Rinconazo – Tuman” Año 2010.
4. Casafranca, J. (2005). Control de erosión de riberas mediante enrocada en el manejo de cuencas. Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado el 30 de marzo del 2018, de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2140>.
5. Cconislla, J. (2017). Tesis: “Protección Contra Inundaciones En El Sector Del Centro Poblado De Gorgor, Distrito De Gorgor, Provincia De Cajatambo, Lima”. Universidad Nacional Agraria La Molina.
6. Cisneros Chicoma A. Y Prado Ribera, L.: Tesis: “Estudio De Encauzamiento Y Diseño De Defensas Ribereñas En El Río Reque”. Año 1988.
7. Cueva Moscol Elvis Y Panta Monteza José: Tesis: “Estudio Definitivo de Encauzamiento y Diseño de Defensas Ribereñas en el río Motupe - Sector Pueblo Joven el Salvador – Jayanca. Año 1997.
8. Linsley, Kohler, Paulus: “Hidrología para Ingenieros” – Segunda Edición. Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana S.A.
9. Linsley Ray K. Y Joseph B. Franzini: “Ingeniería de Recursos Hidráulicos” - Campaña Editorial Continental, S.A. De C.V., México.

10. Maldonado, G. (2016). Diseño de enrocado de protección de la relavera La Esperanza. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado el 20 abril del 2018, de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5241>.
11. Martin, J. (2001). Ingeniería de Ríos. España: Alfa Omega Grupo Editor.
12. Ochoa, R. (2011). Hidráulica de ríos y procesos morfológicos. Colombia: Ocoe Ediciones.
13. PAULET I. MANUEL: “Análisis de Frecuencias de Fenómenos en Hidrología – Método de Gumble”. Publicación N° 34. Año 1974.
14. Rocha, A. (1998). Introducción a la hidráulica fluvial. (1ª Ed.). Perú: Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería.
15. Terán, R. (1998). Diseño y construcción de defensas ribereñas. Perú: Escuela Superior de Administración de Aguas CHARLES SUTTON.
16. Velásquez, Teresa. Diseño de presas de tierra y enrocado en el Perú. Perú: Fondo Editorial – UNALM.
17. Villón Bejar, M. (2002). Hidrología. Segunda Edición, Lima - Perú.

# **ANEXOS**

# **PANEL FOTOGRAFICO**











# **ESPECIFICACIONES TECNICAS**

## **1.00 OBRAS PROVISIONALES**

### **1.01. Cartel de obra**

Comprende la confección e instalación en obra de un cartel, al inicio de las actividades con las medidas, diseños, texto y ubicación de acuerdo a lo indicado y señalado por el Ejecutor y aprobado por la Supervisión.

Deberá constar de madera triplay con marcos de madera que den solidez a la plancha. La pintura a usar permitirá que el reflejo no dificulte la visibilidad del texto. Los puntales de sostenimiento deberán ser resistentes para estar suficientemente anclados y dar la estabilidad al terreno.

**Medición.-** Se medirá en forma global la confección del letrero.

### **1.02. GUARDIANIA DE CAMPAMENTO**

Esta partida comprende el personal responsable de los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de la Obra (Guardián) y el control de los insumos adquiridos para el mantenimiento y reparación de la maquinaria pesada.

**Medición.-** La medición o valorización será por día en cuando a los guardianes.

## **2.00. TRABAJOS PRELIMINARES**

### **2.01. MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION**

#### **Descripción**

Esta partida comprende todo trabajo necesario para reunir y transportar a la obra todo equipo y herramientas necesarias para iniciar y terminar las obras en el plazo establecido, así como su retiro de la misma.

#### **Método de Construcción**

El traslado por vía terrestre del equipo pesado se efectuará mediante camiones traylers "chata". La maquinaria deberá estar en perfectas

condiciones operativas, lo que será de responsabilidad del Ejecutor. Son prestaciones incluidas en esta sub partida los gastos de seguros durante el transporte y durante su permanencia en ella. El Contratista no podrá retirar equipo alguno de la obra sin consentimiento de la Supervisión.

### **Medición**

El trabajo ejecutado será medido en forma global y comprenderá el costo del traslado de equipos transportados. Además de incluir imprevistos necesarios para completar la movilización y desmovilización.

Se valorizará de acuerdo con la cantidad de equipo transportado a la obra, en forma proporcional a las 4 unidades consideradas.

Medición.- La medición o valorización será por viaje de traslado.

## **2.02. TRAZO Y REPLANTEO**

Comprende el suministro de mano de obra y equipo para realizar los trabajos necesarios para la ejecución del replanteo de la rasante proyectada del tramo en estudio, determinando los niveles y alturas de cortes.

En general, todas las obras se construirán de acuerdo a los trazos y dimensiones mostradas en los planos originales o en los planos complementarios contando con la aprobación del Ingeniero Residente.

Cualquier modificación según las circunstancias que exigen, de carácter local tanto en el eje como en la pendiente de la rasante, se comunicará previamente al Ingeniero Supervisor con la finalidad de coordinar el criterio técnico y obtener el permiso como aprobación del cambio.

El Equipo Topográfico utilizado será de 01 Teodolito, 01 Nivel de Ingeniero, 02 Miras Plegables de 4 m. y Jalones.

### **Medición**

El sistema de pago se realizará al precio unitario de Km. replanteado; por concepto de mano de obra, materiales y equipo, necesario para ejecutar la partida.

## **2.03. CAMINOS DE ACCESO**

Esta partida comprende todo trabajo necesario para la conformación de un camino de acceso a la obra.

Comprende la nivelación y desbroce del material existente, la nivelación se apisonará con el paso del tractor encima de él, un número suficiente de veces para conseguir una compactación que permita el paso de los vehículos sin problemas.

### **Medición**

El pago se realizará al precio unitario de Ml. Este precio y pago constituirá compensación por concepto de mano de obra, herramientas, combustible, repuestos, mantenimiento e imprevistos, que se presentan para ejecutar la partida.

## **3.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

### **3.01 LIMPIEZA DE CAUCE**

Comprende el arrimado de material a ambas márgenes del río que se debe realizar para alinear el cauce y nivelar la rasante del río o eliminar islas o montículos formados en el cauce señalado en el expediente técnico.

Dicha actividad considera incluidas; las operaciones necesarias para refinar o limpiar la sección del cauce, remover el material producto del arrimado de material a las zonas de las márgenes del río, de tal forma que no interfiera con el normal desarrollo de las actividades, así como la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiere para la construcción satisfactoria de los trabajos correspondientes.

Los trabajos de arrimado a lo largo del cauce del río a partir de su rasante proyectada. El material proveniente del arrimado de material será dispuesto en la forma indicada en los planos o según las indicaciones del ingeniero residente.

En general, el material proveniente de la excavación deberá distribuirse y ser utilizado en la forma y cantidad prevista para conformar el dique para el enrocado, tratando de rellenar las depresiones que pueden existir en los trabajos proyectados.

El equipo con que realizara esta labor será un Tractor de oruga D155AX-3 de 302 HP, el cual se encuentra asignado por el MINAG a la DRAL.

Con el empleo del tractor de oruga se procede a efectuar la acumulación del material del río en forma transversal al cuerpo del dique, teniendo cuidado que esta acumulación se efectúe del cauce del río hacia la cara húmeda y no de la cara seca o terrenos de cultivo hacia el dique, lo que propiciaría un mayor escurrimiento de agua en época de avenidas, originando asentamiento de terraplén con riesgo a ser erosionado.

### **Medición**

Los trabajos realizados se pagarán al precio unitario de M<sup>3</sup>. Este precio y pago constituirá compensación por concepto de mano de obra, herramientas, combustible, repuestos, mantenimiento e imprevistos, que se presentan para ejecutar la partida.

### **3.02. CONFORMACION DE DIQUE SEMI - COMPACTADO**

Comprende el suministro de la maquinaria y mano de obra y los trabajos necesarios para efectuar los cortes y emparejamientos del tramo del cauce del río de manera de conformar las secciones características geométricas definidas, del dique que se construirá según lo indicado en los planos ó las órdenes del ingeniero Residente de obra.

Para esta partida (conformación de dique) se deberá cortar, empujar, conformar, refinar y compactar el material de relleno sobre la superficie previamente preparada con la finalidad de elevar el nivel de terreno hasta alcanzar las cotas requeridas y precisadas en los planos de obra o lo ordenado por el Residente de obra.

El material a utilizar es el proveniente del lecho del río el cual deberá estar exento de malezas, materia orgánica u otros cuerpos extraños que imposibiliten su debida compactación y adherencia, el material del lecho del río es arena gruesa, cantos rodados y boleos de regular tamaño.

Estas especificaciones son aplicables a todas las excavaciones que se realicen para conformar las diferentes secciones definidas en el tramo. En dichas excavaciones se consideran incluidas las operaciones necesarias para limpiar y refinar las secciones del río, remover el material producto de las excavaciones a las zonas de colocación libre, estos trabajos deberán ser realizados con tractor de orugas.

Los ejes, secciones y niveles de río y estructuras indicadas en los planos son susceptibles de cambio como resultado de las características del subsuelo o por cualquier otra causa que considere justificada el ingeniero Supervisor.

El volumen excavado se calculará usando el método del promedio de áreas extremas entre estaciones de 25 mts., o las que se requieran según la configuración del terreno. La conformación del dique, comprende los trabajos de conformación del talud en la proporción 1:1.5 con material propio del río.

Los taludes serán contruidos en capas horizontales, cada capa tendrá un espesor no mayor de 50 cms., después del semicompactado realizado con pasadas de tractor, 02 veces por una misma línea cuyo peso propio es aproximadamente 35 toneladas. El ingeniero Residente de obra,

deberá recordar ó instruir a los operadores de tractor sobre la mecánica del empuje de material al conformar el dique.

También se utilizará el material extraído por la excavadora durante la excavación de la uña del enrocado, pero debe ser trasladado para no afectar al acabado del talud a ser enrocado.

### **Medición**

Se medirá y valorizará con la unidad de medida (m<sup>3</sup>) de acuerdo al presupuesto.

### **3.03. EXCAVACION DE ZANJA PARA UÑA**

Estos trabajos se refieren a las excavaciones que deberán realizarse para las cimentaciones del enrocado de los diversos tipos de defensas ribereñas, de acuerdo a las dimensiones y cotas mostradas en los planos. La profundidad y taludes de excavación se guiarán de acuerdo a lo indicado en los planos de obra y aprobados por el Supervisor.

La profundidad de la uña, se calcula asumiendo que el efecto producido por el agua es similar a una rápida; es decir, con un gran poder erosivo.

En función a la profundidad media, se ha determinado una altura de 2.00 mts., en tramos rectos como en curvos. La excavación se realizará utilizando una excavadora que casi en forma simultánea al abrir la uña, irá agregando el material extraído a la plataforma en construcción, esta excavación se profundizará hasta tocar la rasante de la uña, indicada en el plano.

El piso del talud de la cara húmeda, descansa en el fondo de la uña, debiendo tener bastante cuidado de mantener el talud indicado.

Esta partida se medirá y valorizará con la unidad de medida (m<sup>3</sup>) de acuerdo al presupuesto.

En esta actividad, se tendrá material excedente en el centro del cauce del río el cual será cargado por el Cargador Frontal y/o excavadora para



ser eliminado fuera del cauce. El equipo con el cual se realizará el carguío será una excavadora PC 400, el cual se encuentra asignado por el MINAG al valle Pativilca.

#### **Medición**

El carguío de material se medirá en metros cúbicos, para el efecto se determinará de acuerdo al número de volquetes cargados.

Los trabajos realizados se valorizarán al precio unitario de M<sup>3</sup>.

### **4.00 ENROCADO**

#### **4.01 SELECCIÓN Y ACOPIO DE ROCA EN CANTERA**

La selección y el acopio de la roca en la cantera se realizará de acuerdo a una programación y al espacio en la cantera para realizar el carguío a fin de evitar paros innecesarios que repercuten en el costo de obra; es importante llevar un control por unidad sobre el volumen seleccionado por día, con la finalidad de ver la fluctuación del costo y los cuadros de avance de la obra.

El equipo con el cual se realizará la selección será una excavadora PC-400 disponible asignados por el MINAG a la DRAL.

#### **Medición**

Los trabajos realizados se valorizarán al precio unitario de M<sup>3</sup>.

#### **4.02 CARGUIO Y TRANSPORTE DE ROCA**

Es el carguío de material seleccionado en la cantera a las unidades de transportes. Debiéndose tener cuidado en el tiempo en que se demora en cargar un volquete. Programar este carguío a fin de evitar paros innecesarios que repercuten en el costo de obra; es importante llevar un control por unidad sobre el volumen transportado por día, con la finalidad de ver la fluctuación del costo y los cuadros de avance de la obra.

El equipo con el cual se realizará el carguío será una excavadora PC 400, el cual se encuentra asignado por el MINAG a la DRAL.

La operación es que el cargador toma el material seleccionado, el cual por lo general son rocas de un volumen mayor a 1 m., de dimensión entre 0.60 m a 1.00 m, este es levantado a la altura de la tolva del volquete, por lo general se carga una parte, por las paredes laterales de la tolva y la otra por la parte trasera de tal forma que carga sea equilibrada.

El trabajo de traslado de material pesado (roca) desde la cantera a la zona crítica donde se ejecutaran los trabajos se efectuara en volquetes de 10 m<sup>3</sup> de capacidad.

Se especifica el tiempo de un ciclo de ida y regreso de las unidades, considerando en este tiempo las demoras (tiempos muertos) por operación de carguío y descarguío; para lo cual previamente se debe haber establecido el tiempo de recorrido en un ciclo completo. Es recomendable tener un control permanente de este punto.

Los volquetes una vez cargados proceden a trasladar la roca a la zona de la obra, éstos irán a velocidades no mayores de 35 Km/hr. En vías preparadas, de no estar en estas condiciones, las velocidades se reducen a 15 Km/hr. El material será depositado en la explanada o cancha cerca al dique seco conformado.

La distancia de transporte de material desde la cantera hasta la obra tiene una longitud promedio de 35.00 Km, por considerar la cantera Spachin donde se encuentra roca para seleccionar.

### **Medición**

Los trabajos realizados se pagarán al precio unitario de M<sup>3</sup>. Este precio y pago constituirá compensación por concepto de mano de obra,

herramientas, combustible, repuestos, mantenimiento e imprevistos, que se presentan para ejecutar la partida.

#### **4.03 ACOMODO DE ROCA EN UÑA Y TALUD DE DIQUE**

Es la operación consistente en el acomodo de roca en la cara húmeda del dique.

Este trabajo se realizara con una excavadora PC 400 de 306 HP, asignada por el MINAG al valle de Pativilca.

El revestimiento de la cara húmeda se hará posteriormente al llenado de la uña y conforme se vaya elevando el prisma hasta llegar a la altura de diseño, pudiendo efectuar alguna combinación, como es, ejecutar paralelamente el llenado de la uña y una parte del prisma, levantado con el material extraído de la excavación de la uña.

La parte final de la cara húmeda puede ser revestida por la vía superior de la plataforma del dique. Para evitar que el material tenga algún desperdicio en cuanto a áreas a cubrir.

Los trabajos realizados se pagarán al precio unitario de M<sup>3</sup>. Este precio y pago constituirá compensación por concepto de mano de obra, herramientas, combustible, repuestos, mantenimiento e imprevistos, que se presentan para ejecutar la partida.

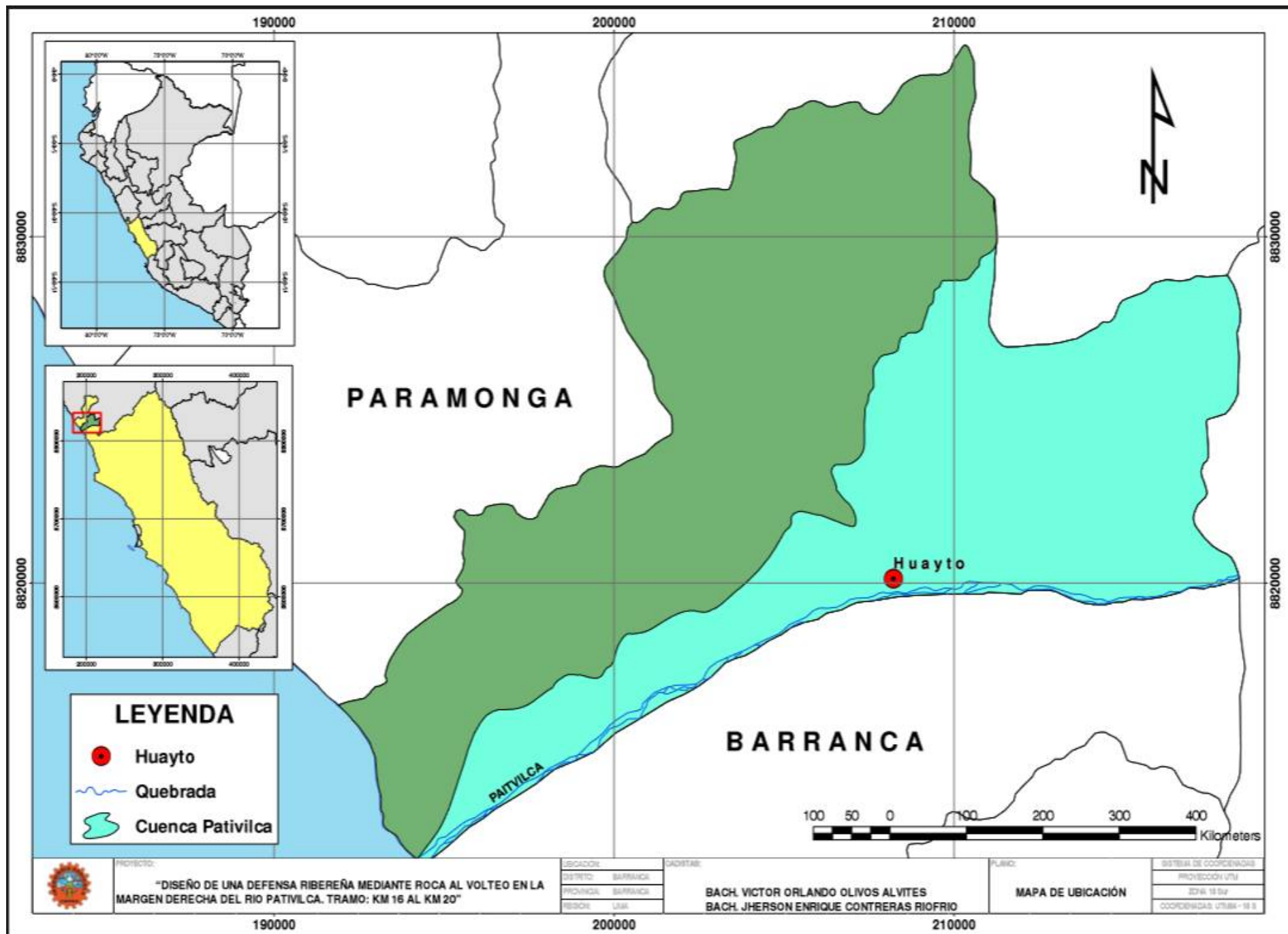
# **PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

## Presupuesto del Proyecto

Presupuesto	0801140	DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBEREÑA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 16 AL KM 20			
Subpresupuesto	001	DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBEREÑA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 16 AL KM 20			
Lugar	LIMA - BARRANCA - PATIVILCA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				76,019.93
01.01	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE OBRA	m2	200.000	284.97	56,994.00
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 6.00 X 4.00 m	und	1.000	2,061.25	2,061.25
01.04	CAMINO DE ACCESO HABILITACION A OBRA	KM	2.000	8,482.34	16,964.68
02	TRABAJOS PRELIMINARES				35,390.92
02.01	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	KM	4.000	1,472.98	5,891.92
02.02	CONTROL TOPOGRAFICO	KM	4.000	1,862.25	7,449.00
02.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA PESADA	GLB	0.250	88,200.00	22,050.00
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				2,420,752.96
03.01	LIMPIEZA Y DESCOLMATACION DEL CAUCE DEL RIO	m3	241,012.108	4.55	1,096,605.09
03.02	CONFORMACION DE DIQUE SEMICOMPACTADO	m3	66,937.500	18.06	1,208,891.25
03.03	ELIMINACION DE MATERIAL DEL CAUCE A BOTADEROS	m3	7,167.700	16.08	115,256.62
04	COLOCACION DE ROCA EN TALUD DE DIQUE				306,500.63
04.01	EXTRACCION DE ROCAS CON EXPLOSIVOS	m3	2,767.500	35.00	96,862.50
04.02	SELECCION Y ACOPIO DE ROCA	m3	2,767.500	8.65	23,938.88
04.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE ROCA	m3	2,767.500	52.71	145,874.93
04.04	ACOMODO DE ROCA EN TALUD DE DIQUE	m3	2,767.500	14.39	39,824.33
	COSTO DIRECTO				2,838,664.43
	GASTOS GENERALES				82,285.53
					=====
					2,920,949.96
	TOTAL PRESUPUESTO				2,920,949.96
	SON : DOS MILLONES NOVECIENTOS VEINTE MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y NUEVE Y 96/100 NUEVOS SOLES				

# PLANOS





# LEYENDA

- Huayto
- ~ Quebrada
- Cuenca Pativilca



PROYECTO:  
"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBEREÑA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 16 AL KM 20"

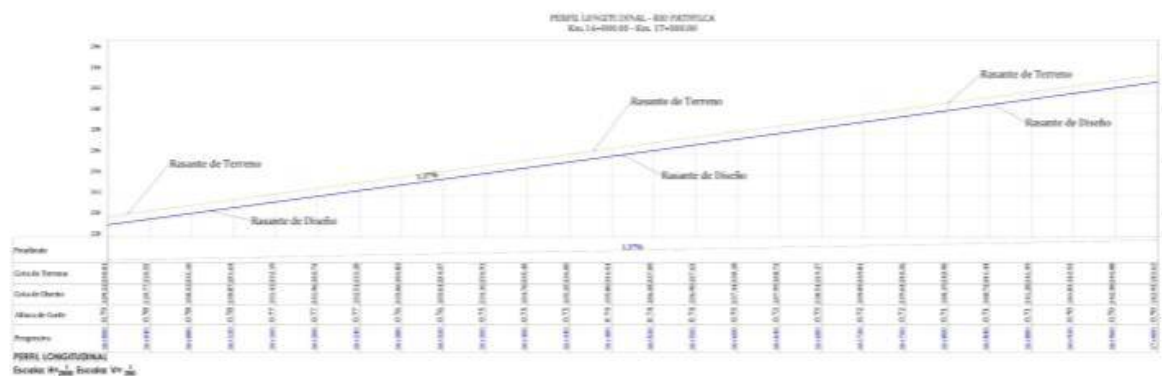
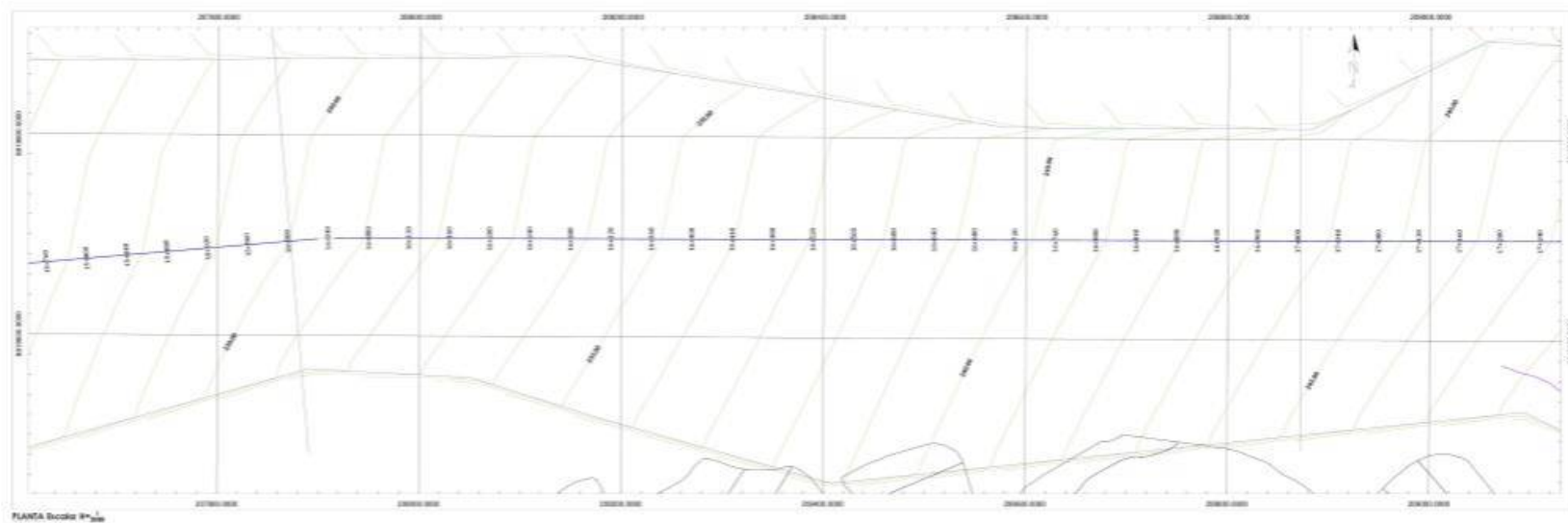
UBICACION:  
DISTRITO: BARRANCA  
PROVINCIA: BARRANCA  
REGION: UCA

CADISTAS:  
BACH VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
BACH JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RIOFRIO

PLANO:  
MAPA DE UBICACIÓN

SISTEMA DE COORDENADAS  
PROYECCION UTM  
ESCALA 1:50,000  
COORDENADAS UTM: 18 S





"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERENA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 15 AL KM 20"

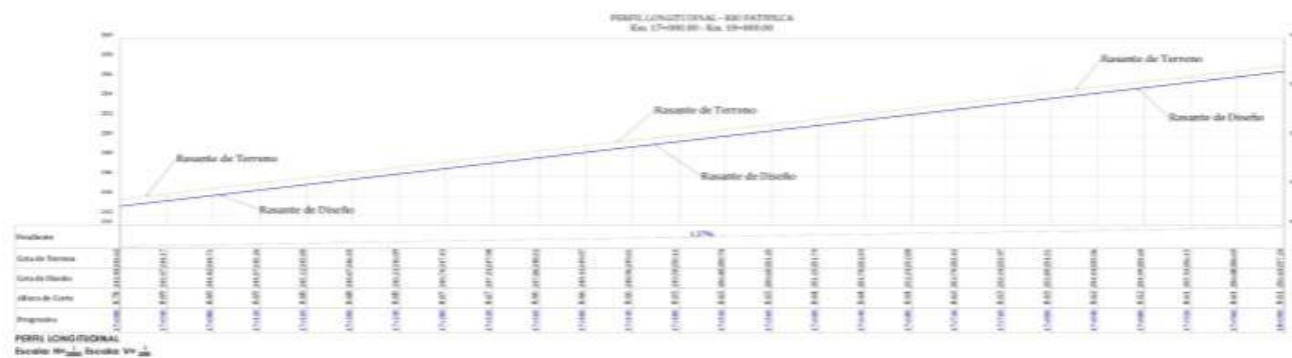
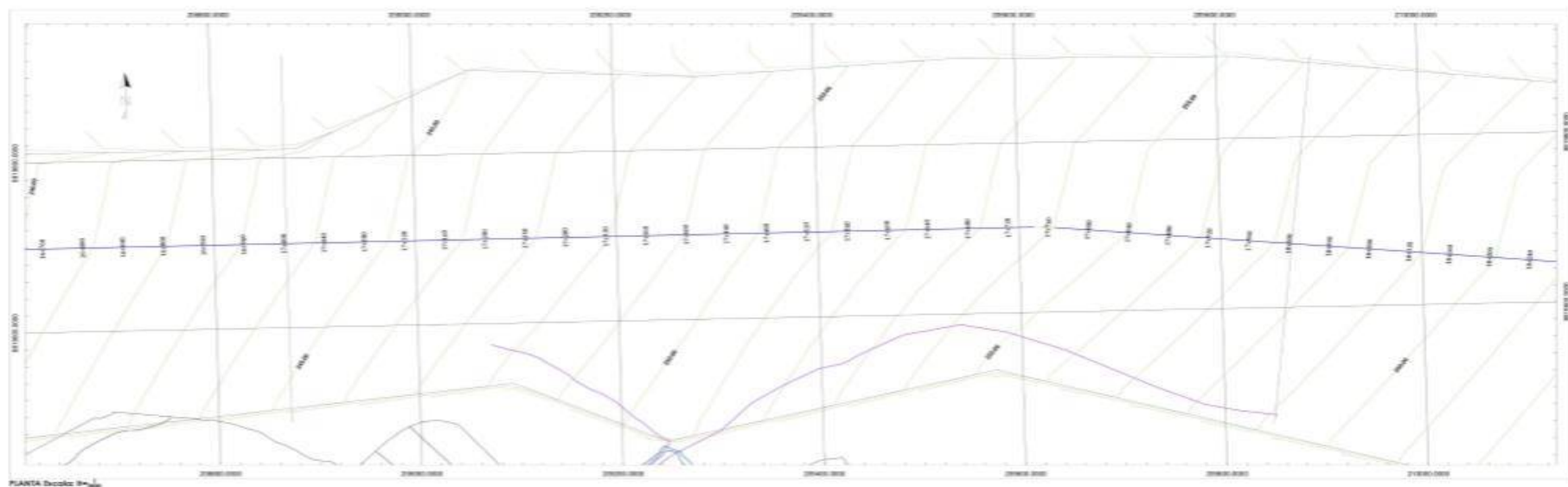
PROYECTO: DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERENA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 15 AL KM 20

BACH. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
BACH. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RIVERO

PLANCA Y PERFIL LONGITUDINAL  
Km. 14+000 - Km. 17+000

PROYECTO: DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERENA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 15 AL KM 20

PPF-03



"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERERA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO PATIVILCA. TRAMO: KM 16 AL KM 20"

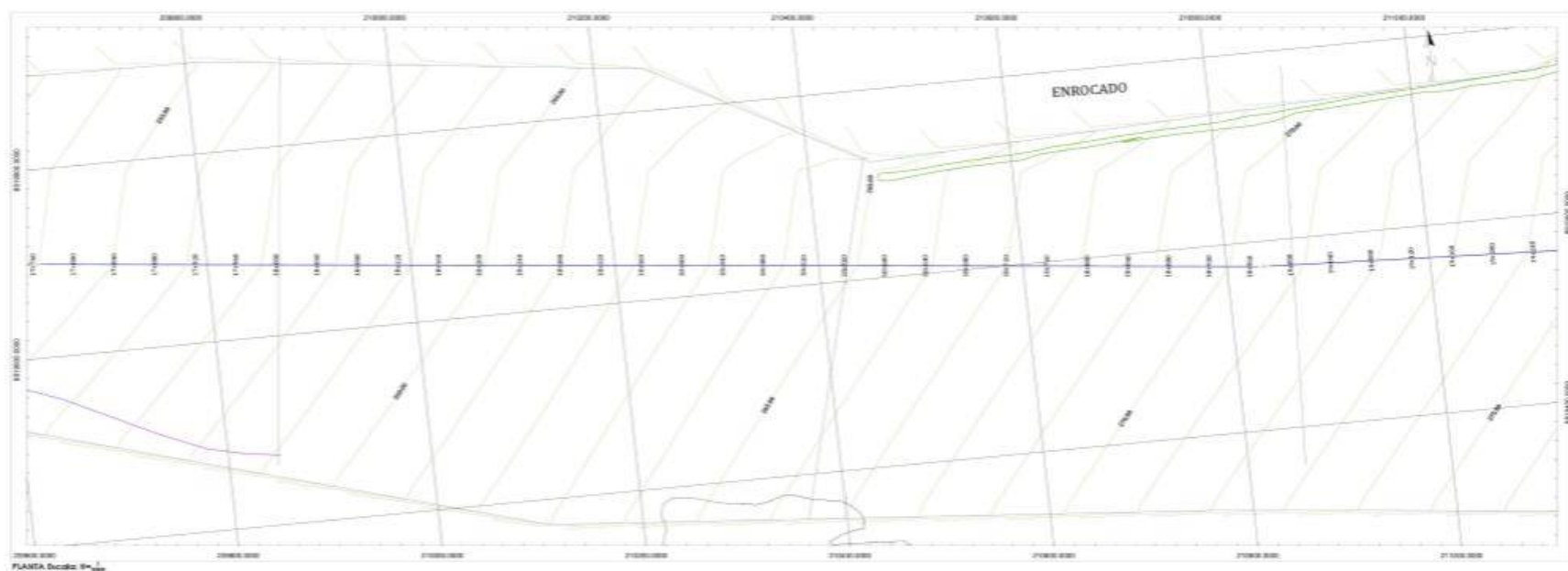
PROYECTO: DEFENSA RIBERERA  
PROYECTANTE: JHONATAN CONTRERAS  
FECHA: 2020

SACH, VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
SACH, JHONATAN ENRIQUE CONTRERAS PROPRIO

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL  
Elev. 17+000.00 - Elev. 19+000.00

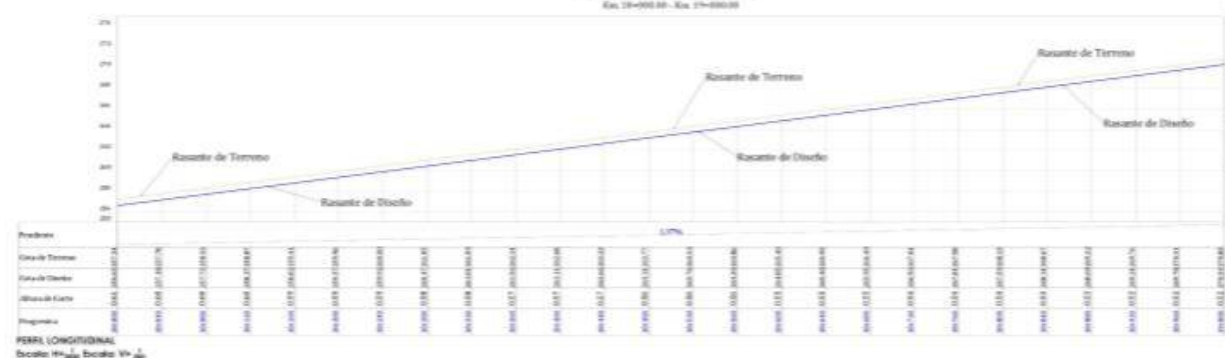
PROYECTO: DEFENSA RIBERERA  
PROYECTANTE: JHONATAN CONTRERAS  
FECHA: 2020

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL  
Elev. 17+000.00 - Elev. 19+000.00



PLANTA Escala: 1/500

PERFIL LONGITUDINAL - RIO PATIVILCA  
Km. 18+000.00 - Km. 19+000.00



PERFIL LONGITUDINAL  
Escala: 1/500 Escala: 1/500



"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERENA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 16 AL KM 20"

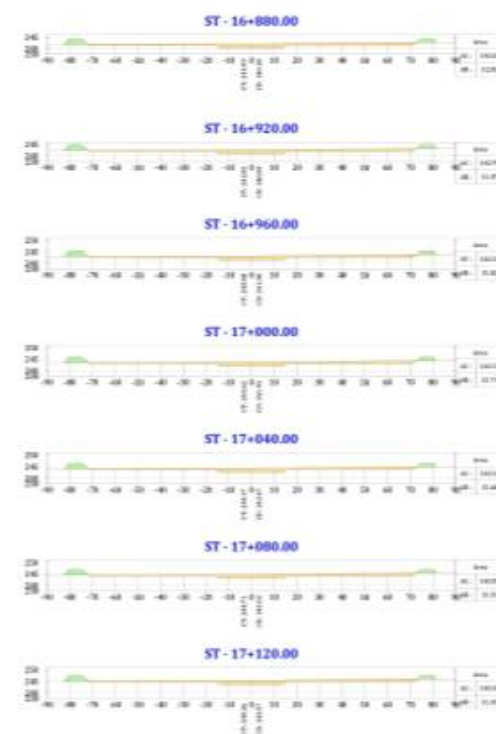
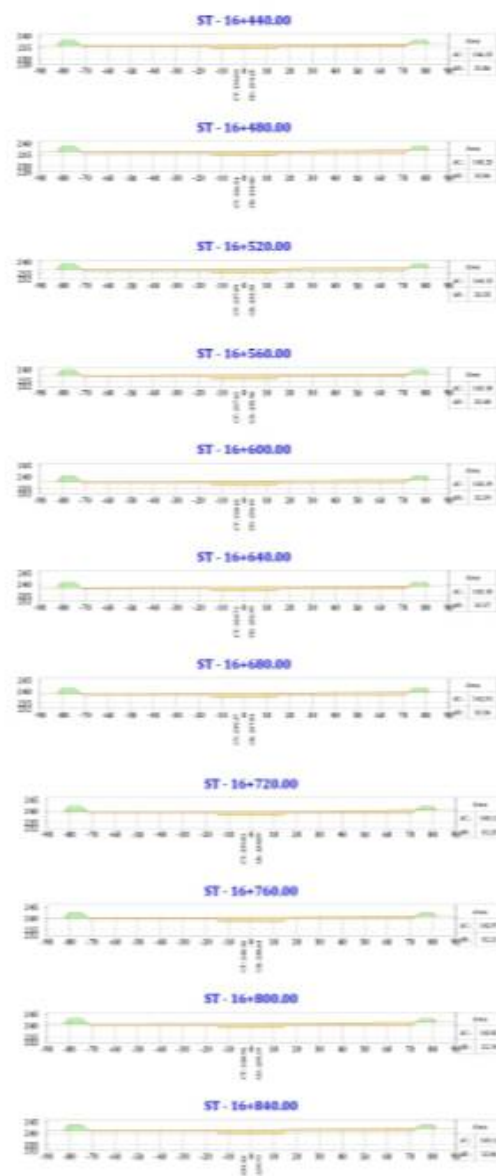
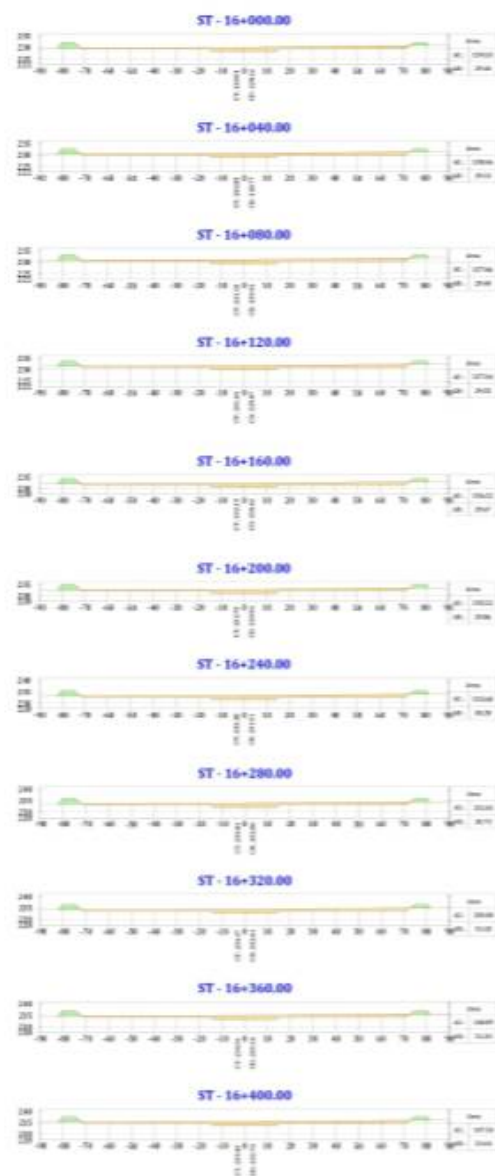
PROYECTO: DEFENSA RIBERENA  
PROYECTISTA: JHESON ENRIQUE CONTRERAS RUIFRO  
DISEÑO: JHESON ENRIQUE CONTRERAS RUIFRO

BACH. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
BACH. JHESON ENRIQUE CONTRERAS RUIFRO

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL  
Km. 18+000 - Km. 19+000

FECHA: 10/05/2024  
HORA: 10:00 AM  
LUGAR: PATIVILCA  
PROYECTO: DEFENSA RIBERENA

PROYECTISTA: JHESON ENRIQUE CONTRERAS RUIFRO  
DISEÑO: JHESON ENRIQUE CONTRERAS RUIFRO  
PPI-03



\*DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERERA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA, TRAMO: KM 16 AL KM 20\*

PROYECTO  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERERA  
MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA, TRAMO: KM 16 AL KM 20

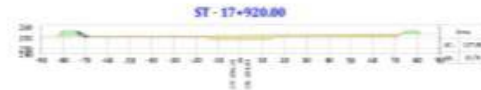
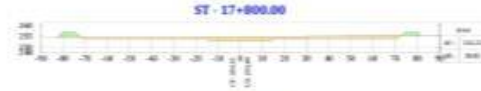
BACH. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
BACH. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RUIFRIJO

FECHA  
REVISIÓN TRANSACCIONAL  
REV 20-080 - REV 17-080

ESTADO DE CONSERVACIÓN  
PARA CONSERVACIÓN  
ESTADO DE CONSERVACIÓN  
ESTADO DE CONSERVACIÓN

FECHA  
FECHA  
FECHA  
FECHA

ST-01



"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERENA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 16 AL KM 20"

PROFESOR  
ING. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
ING. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RIVERA

BACH. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
BACH. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RIVERA

PROFESOR  
ING. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
ING. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RIVERA

PROFESOR  
ING. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
ING. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RIVERA

17-02





"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERENA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA, TRAMO: KM 16 AL KM 20"

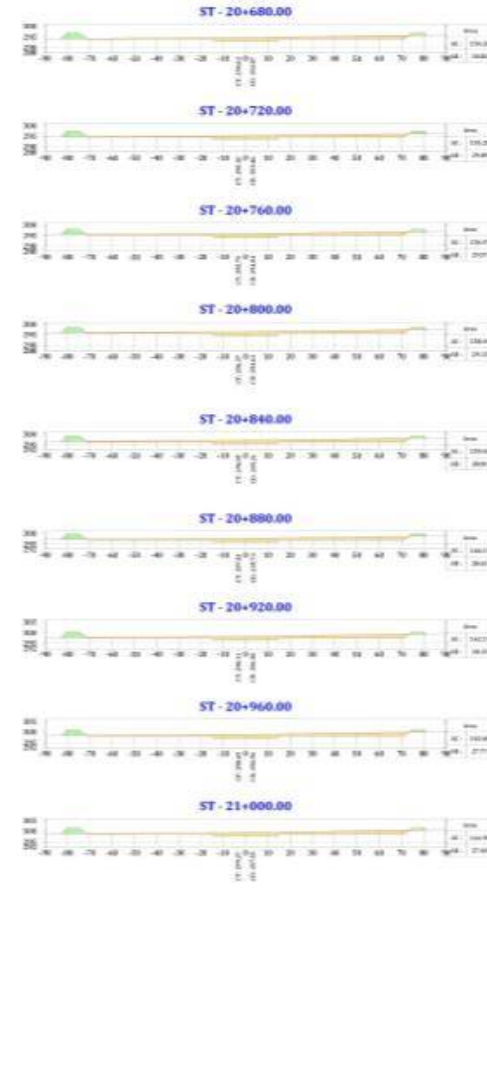
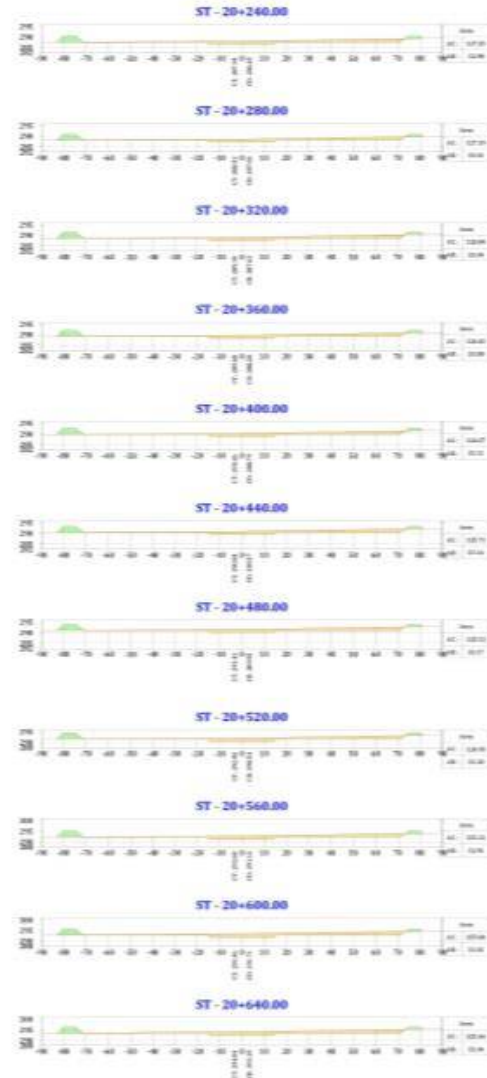
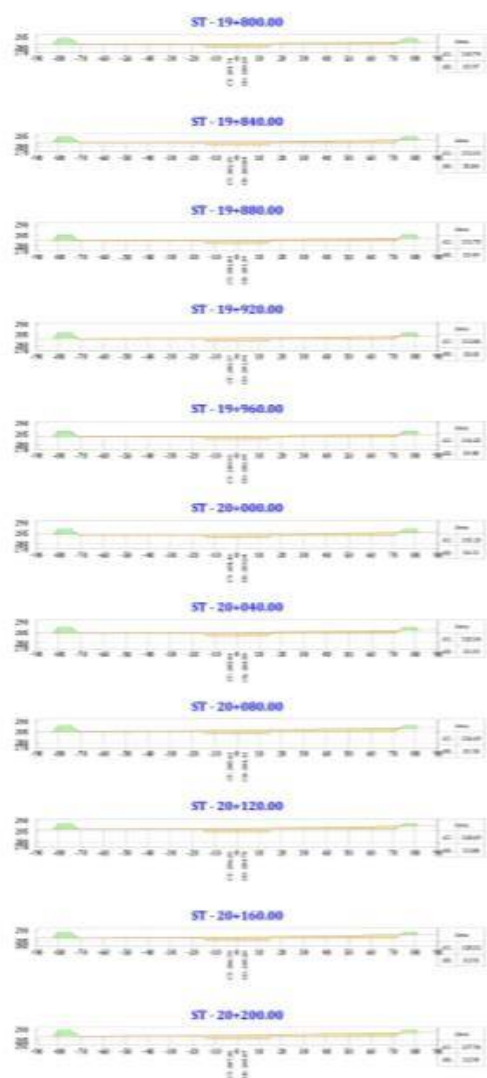
PROYECTO  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA

BACH. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
BACH. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RUIFRO

PROYECTO  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA

PROYECTO  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA

PROYECTO  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA  
DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA



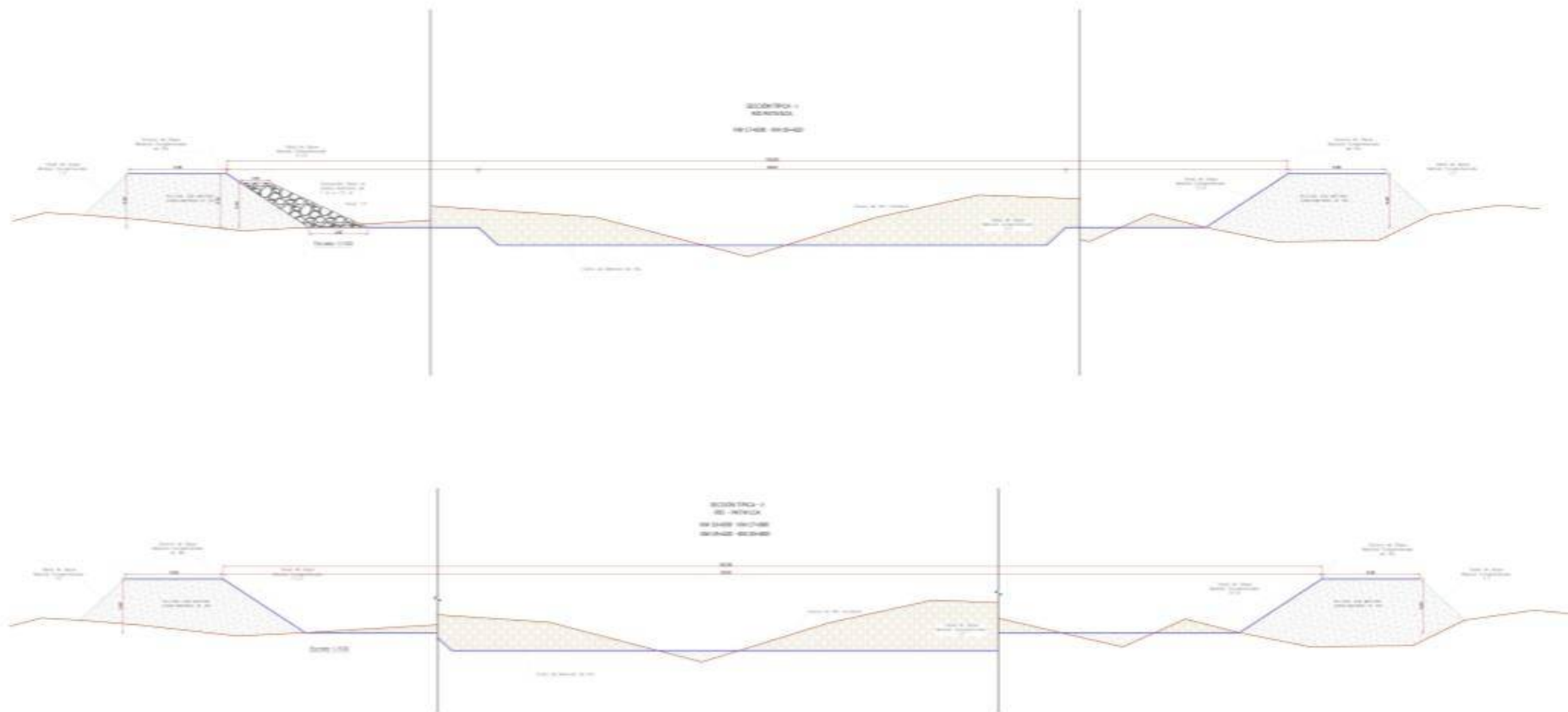
"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERENA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA, TRAMO: KM 19 AL KM 20"

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE DEFENSA RIBERENA
FECHA DE ELABORACIÓN	2023-08-01
FECHA DE APROBACIÓN	2023-08-01

BACH. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
BACH. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS RÍOFRIO

FECHA	2023-08-01
REVISIÓN	1.0
FECHA DE APROBACIÓN	2023-08-01

FECHA DE ELABORACIÓN	2023-08-01
FECHA DE APROBACIÓN	2023-08-01
FECHA DE APROBACIÓN	2023-08-01



LEYENDA	
	ARMORAL CONJUNTAMENTE DE RIO
	ARMORAL PROPIO DE RIO



PROYECTO

**"DISEÑO DE UNA DEFENSA RIBERENA MEDIANTE ROCA AL VOLTEO  
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO PATIVILCA. TRAMO: KM 16 AL KM 20"**

DIRECCION

DIRECCION GENERAL  
DIRECCION GENERAL  
DIRECCION GENERAL

DISEÑADOR

**SACH. VICTOR ORLANDO OLIVOS ALVITES  
SACH. JHERSON ENRIQUE CONTRERAS ROPRIO**

PLAZO

SECCIONES TYPICAS RIO PATIVILCA  
KM 16+000 - KM 20+000

TIPO DE DISEÑO

PROYECTO "UN  
DISEÑO DE UN  
DISEÑO DE UN

ESCALA

PROYECTO  
PROYECTO  
PROYECTO

ETAPA III



