

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño de defensas ribereñas en el río Moche tramo 1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal – Trujillo - La Libertad

Línea de Investigación: Ingeniería Civil

Sub línea de Investigación: Hidráulica

Autores:

Briceño Vasquez, Evelyn Tahis.
Gutierrez Cordova, Diego Rubén

Jurado Evaluador:

Presidente: Serrano Hernandez, Jose Luis
Secretario: Galvez Paredes, Jose Alcides
Vocal: Vejarano Geldres, Augusto Alejandro

Asesor:

García Rivera, Juan Pablo
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

Trujillo - Perú
2023

Fecha de sustentación: 2023/07/24

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño de defensas ribereñas en el río Moche tramo 1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal – Trujillo - La Libertad

Línea de Investigación: Ingeniería Civil

Sub línea de Investigación: Hidráulica

Autores:

Briceño Vasquez, Evelyn Tahis.
Gutierrez Cordova, Diego Rubén

Jurado Evaluador:

Presidente: Serrano Hernandez, Jose Luis
Secretario: Galvez Paredes, Jose Alcides
Vocal: Vejarano Geldres, Augusto Alejandro

Asesor:

García Rivera, Juan Pablo
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

Trujillo - Perú
2023

Fecha de sustentación: 2023/07/24

Diseño de defensas ribereñas en el río Moche tramo 1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal - Trujillo - La Libertad

INFORME DE ORIGINALIDAD

1 %	1 %	0 %	1 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%


.....
JUAN PABLO GARCÍA RIVERA
CIP 68614
INGENIERO CIVIL

Declaración de originalidad

Yo, Juan Pablo García Rivera, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “Diseño de defensas ribereñas en el río Moche tramo 1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal – Trujillo - La Libertad”, autores Briceño Vasquez, Evelyn Tahis y Gutierrez Cordova, Diego Rubén, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 1%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (18 de Julio de 2023).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 19 de julio del 2023



Briceño Vasquez, Evelyn Tahis
DNI: 48578318



Gutierrez Cordova, Diego Rubén
DNI: 46139567



García Rivera, Juan Pablo
DNI: 18216844

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a nuestros seres queridos y familiares en especial a nuestros padres por brindarnos todo su apoyo durante todo nuestro proceso de desarrollo profesional.

Agradecemos al ingeniero Juan Pablo García Rivera, nuestro asesor de tesis, quien nos acompañó y apoyó en el desarrollo de este proyecto, y como no a los docentes por toda la confianza y el apoyo brindado desde el principio.

A nuestros buenos amigos, quienes nos brindaron todo su apoyo en esta investigación y nos motivaron en todo momento para poder culminarla. A todos aquellos consultados por data, aquellos quienes dedicaron un poco de su tiempo para brindarnos ayuda para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Evelyn y Diego

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, quien nos llenó de salud, acompañó, cuidó y guió en toda esta etapa de nuestras vidas.

A nuestro centro de estudios, la Universidad Privada Antenor Orrego, donde conocimos, y nos rodeamos de muy buenos maestros y compañeros quienes nos brindaron el aprendizaje necesario para crecer.

A nuestros padres, por todos los esfuerzos brindados incondicionalmente para recibir una buena educación, por su amor y por creer en nosotros e impulsarnos a seguir tras nuestras metas y sueños.

A nuestros docentes y compañeros que nos acompañaron en esta etapa académica haciendo de esta una hermosa experiencia.

Los autores.

RESUMEN

Este proyecto se lleva a cabo con el objetivo de diseñar un sistema de protección de riberas, así como los diferentes procedimientos para el cálculo de defensas ribereñas aplicado al río Moche tramo 1+400 a 3+400 río arriba de la confluencia con el río Simbal.

El proceso para el desarrollo de esta investigación considera a detalle el comportamiento de todas las características del río Moche, encontrando toda la información que se requiere para los estudios hidráulicos e hidrológicos, topografía, sedimentología, información fundamental para el estudio de protección ribereña. Esta investigación contiene los métodos matemáticos empleados para el diseño de un sistema de protección de riberas (defensa ribereña- tipo enrocado), uno de los sistemas que más se conoce y que se adecua a las condiciones del río Moche.

Se realizó trabajo in situ, que consta en la recopilación de datos e información histórica de máximas avenidas, estudio topográfico; se llevó a cabo el estudio de hidráulica de máximas avenidas tomando como referencia los datos de hidrométrica de la estación Quirihuac, información que nos facilitó "SENAMHI". Utilizando los métodos matemáticos de log Pearson, log normal y el método de Gumbel, se establecieron parámetros hidráulicos e hidrológicos requeridos para el desarrollo del diseño de defensa ribereña, como lo es el tirante en máximas avenidas, el ancho estable del río, profundidad de socavación, velocidad, profundidad de uña y diámetro de roca. Se llevó a cabo el modelamiento en el programa HecRas 6.1 sin proyecto identificando las áreas inundables y profundidad de socavación y con proyecto para determinar el delineamiento río arriba y río abajo del tramo elegido para este estudio.

Palabras Claves: Diseño, defensas ribereñas, río, estudio hidrológico, estudio hidráulico, moche, Perú.

ABSTRACT

This project is carried out with the aim of designing a riverbank protection system, as well as the different procedures for calculating bank defenses applied to the Moche River section 1+400 to 3+400 upstream of the confluence with the Simbal River.

The process for the development of this research considers in detail the behavior of all the characteristics of the Moche River, finding all the information required for hydraulic and hydrological studies, topography, sedimentology, and fundamental information for the study of coastal protection. This research contains the mathematical methods used for the design of a bank protection system (bank defense-rocked type), one of the best known systems that is adapted to the conditions of the Moche River.

Work was carried out in situ, consisting in the collection of data and historical information of maximum floods, topographical study; the hydraulic study of maximum floods was carried out taking as reference the hydrometric data of the Quirihuac station, information provided by "SENAMHI". Using the mathematical methods of Pearson log, normal log and Gumbel's method, hydraulic and hydrological parameters required for the development of the coastal defense design were established, such as the tension in maximum floods, the stable width of the river, depth of excavation, velocity, nail depth and rock diameter. The modeling was carried out in the HecRas 6. 1 program without a project identifying the floodable areas and the depth of excavation and with a project to determine the upstream and downstream delineation of the stretch chosen for this study.

Keywords: Design, river defenses, river, hydrological study, hydraulic study, Moche, Peru.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Conforme a las regulaciones de títulos y grados de la Universidad Privada Antenor Orrego, presentamos la tesina titulada "DISEÑO DE DEFENSAS DE RIBEREÑAS EN EL RÍO MOCHE 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO SIMBAL - TRUJILLO - LA LIBERTAD" después de haber completado nuestros pasos en este centro de estudios, donde fuimos capacitados profesionalmente para servir a la sociedad.

El trabajo actual realizado con el objetivo de obtener el título profesional de ingeniero civil es el resultado de una investigación, esfuerzo y dedicación basada en la información adquirida durante el proceso de educación universitaria en esta prestigiosa institución académica; producto de la guía y enseñanza sin interés de nuestros profesores, es justo expresar nuestra gratitud y brindar una contribución que servirá como base para futuros estudiantes.

Por lo tanto, miembros del jurado, ponemos a su disposición el trabajo de investigación actual para su respectiva evaluación y análisis, no sin antes agradecerles su amable atención.

Atentamente,



Br. Briceño Vasquez Evelyn Tahis



Br. Gutierrez Cordova Diego Rubén

ÍNDICE

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
PRESENTACIÓN	X
ÍNDICE	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1.1. Realidad problemática.	1
1.1.2. Enunciado del problema	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. ANTECEDENTES	4
2.2. MARCO TEÓRICO	6
2.2.1. Levantamiento Topográfico	6
2.2.2. Clasificación de los ríos	6
2.2.2.1. Según su edad	6
2.2.2.2. Según su Morfología	6

2.2.2.3. Según su Pendiente.	7
2.2.3. Inundaciones	7
2.2.4. Defensas Ribereñas – Alternativas De Diseño	8
2.2.5. Tipos Más Utilizados De Defensas Ribereñas.	9
2.2.5.1. Tipo Enrocado	9
2.2.5.2. Aspectos a tener en cuenta para la utilización del enrocado	9
2.2.6. Hidrología	9
2.2.6.1. Descargas Máximas Anuales.	10
2.2.6.2. Métodos para determinar las Máximas Avenidas.	10
2.2.7. Hidráulica de ríos.	13
2.2.8. Ancho estable	14
2.2.9. Características hidráulicas y geométricas	18
2.2.10. Socavación	22
2.2.11. Diseño de defensa ribereña	25
2.2.12. Cálculo De Profundidad para Uña De Cimentación De Enrocado	26
2.2.13. Cálculo Del Diámetro Del Enrocado De Protección	26
2.2.14. Simulación hidráulica	27
2.3. MARCO CONCEPTUAL	28
2.4. HIPÓTESIS	29
2.5. VARIABLES/ OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
2.5.1. Variable independiente	¡Error! Marcador no definido.
2.5.2. Variable dependiente	¡Error! Marcador no definido.
2.5.3. Operacionalización de variables:	1
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.	1
3.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	1
3.1.1. Nivel de Investigación	1
3.1.2. Tipo de Investigación	1
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	1
3.2.1. Población	1
3.2.2. Muestra	1
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	1
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	1
3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS	2
3.5.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)	2

3.5.2.	Estudio Hidrológico	2
3.5.3.	Modelamiento Hidráulico	3
3.5.4.	Estimación de socavación.	3
3.5.5.	Diseño de diques de enrocado	3
IV.	RESULTADOS	3
4.1.	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	3
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	8
VI.	CONCLUSIONES	9
VII.	RECOMENDACIONES	10
VIII.	ANEXOS	11
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. parámetros de forma	11
Tabla 2. Valor de fondo (F_b) según material de fondo	14
Tabla 3. Valor de Orilla (F_s) según el tipo de material .	15
Tabla 4. Coeficiente de condiciones (k_1) según el tipo de fondo y orillas del río	15
Tabla 5. Coeficiente de condiciones (k_1) según el tipo de fondo y orillas del río	16
Tabla 6. Coeficiente para tipo de material de río (K).	17
Tabla 7. Caudales.	18
Tabla 8. Coeficiente de rugosidad (K_s) según el lecho natural del cauce	19
Tabla 9. Valores del Coeficiente β	22
Tabla 10. Selección de "X" para Suelos Cohesivos (T_n/m^3) y No Cohesivos (mm)	23
Tabla 11. Coeficiente para el cálculo del borde libre en un muro de encauzamiento.	24
Tabla 12. Coeficientes de Corrección	25
Tabla 13. Cuadro de variables (independiente/ dependiente)	29
Tabla 14. Resultados de caudales de diseño	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista aerea de Tramo en estudio	1
Figura 2. Tipo de ríos según su morfología	7
Figura 3. Socavación en una sección transversal	21
Figura 4. Modelamiento digital del terreno	34
Figura 5. Modelamiento digital del río sin proyecto	35
Figura 6. Sección típica de Dique Enrocado	35
Figura 7. Modelamiento digital del río con proyecto	36

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Realidad problemática.

Se ha identificado en el lugar de estudio la falta de estructuras de encauzamiento del río, lo cual provoca inundaciones, las cuales afectan a los terrenos de cultivo aledaños, y las viviendas instaladas cerca al cauce.

Figura 1

Vista aérea del tramo en estudio.



Nota, Fuente: Google Earth

Asimismo, podemos observar que en el lugar de estudio tal como se muestra la figura N° 01, se caracteriza porque el río tiene un cauce trezado, el cual abarca más ancho a comparación de tramos aguas arriba, las inundaciones están relacionadas a las crecidas de río en épocas de lluvias y fenómenos naturales como es el fenómeno del niño.

Debido a la crecida de los ríos, estos quedan expuestos a desbordes ocasionando daños y perjuicios a los habitantes en diferentes ámbitos como económicos ya sea por pérdida de terrenos, sembríos, muchas veces ocasiona la pérdida de viviendas e infraestructura de vías, en el ámbito de la salud, al generarse empozamientos estos se convierten en focos infeccioso de gérmenes, bacterias e incluso criaderos de zancudos. Este tipo de desastres naturales sucede por la ausencia, falta u obras de protección en mal estado, como lo son las “defensas ribereñas”

El presente proyecto plantea el diseño de protección de riberas más óptimo para las zonas más vulnerables a inundaciones en el lugar de estudio, el cual requiere diferentes estudios ingenieriles, económicos y sociales para un diseño eficaz que se adecue a la realidad problemática del lugar en estudio.

1.1.2. Enunciado del problema

¿Cómo mejorar el cauce del río Moche tramo 1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con las defensas ribereñas y encauzamiento?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar un diseño de defensa ribereña para el tramo “1+400 a 3+400 del río Moche aguas arriba de la confluencia con el río Simbal”.

1.2.2. Objetivos específicos

- Hacer el análisis de los caudales del río Moche.
- Realizar el modelo digital del terreno.
- Realizar la simulación hidrológica digital y la modelación del río sin proyecto para conocer las características hidrográficas de la sección en estudio mediante el programa HEC-RAS.
- Desarrollar el diseño de defensa ribereña que funcione de manera óptima, brindando protección a los habitantes y sus predios.
- Realizar el modelo numérico con proyecto para evaluar las defensas ribereñas diseñadas.

1.3. Justificación

Justificación Académica: Este trabajo nos permitirá aplicar conocimientos, metodologías y procedimientos que se empleará en el estudio hidráulico e hidrológico en el Río Moche para “el tramo 1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el Río Simbal – Trujillo - La Libertad”.

Justificación Técnica: Este trabajo de investigación está orientado al estudio y diseño de la defensa ribereña para un tramo de 2km del Río Moche, que comprende desde “1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal – Trujillo - La Libertad” Utilizando modelos matemáticos para calcular los caudales máximos del río.

Justificación Social: Este trabajo de investigación nos permitirá controlar la crecida del río y favorecerá a los agricultores aledaños de este lugar, protegiendo sus áreas de cultivo entre otros beneficios que contribuyen al desarrollo económico y social.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes

GUILLEN Y NAVARRO (2018). “Vulnerabilidad de zonas críticas de inundación considerando cauce natural y cauce modificado por estructuras de protección, puente punta moreno aguas abajo, Trujillo”. “(Tesis para optar el título de ingeniero civil)”

Los autores concluyen que:

Luego de realizar la simulación hidráulica considerando una metodología mediante el preprocesamiento de datos obtenidos de campo y procesados mediante respectivos programas de diseño y considerando los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, se obtuvo que las secciones tomadas donde se identifica las zonas más vulnerables de desbordamiento, que están comprendidas en la zona llamada sector Huabalito y la botella con cauce natural y cauce modificado para lo cual se tomó en cuenta diseñar una defensa ribereña tipo dique tomando en consideración el diseño para 50 años donde se puede evitar el desbordamiento.

ÁLVARO Y HENRÍQUEZ (2014). “Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente punta moreno – pampas de jaguey aplicando el programa river”. “(Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil)”

Los autores concluyen que:

La defensa ribereña del río Chicama tramo Puente Punta Moreno – Pampas de Jaguey margen izquierda resulta ser viable desde el punto de vista ambiental, cada vez que se cumplan las especificaciones técnicas y de diseño las cuales están contenidas en este estudio y análisis detallado para el diseño de la defensa ribereña de la determinada área en estudio y a su vez las prescripciones ambientales planteadas en el Plan de Manejo Ambiental, el cual forma parte del presente Estudio de Impacto Ambiental.

CEVALLOS (2015). “Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en el margen izquierdo del río Urubamba”. “(Tesis para optar el grado de master en ingeniería civil)”.

El autor concluye que:

Debido a que las intensas lluvias originan que el nivel del río se eleve constantemente, poniendo en peligro vidas humanas se llegó a la conclusión que el mejor sistema de defensa a este problema sería un diseño de defensa ribereña mixta de enrocado con gaviones tipo colchón que permitiría el cual permitiría acompañar los asentamientos que se produjeran en dicho tramo.

ZAAVEDRA (2016). “Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, sector puente Huambacho –distrito de Nepeña – Santa-Ancash”. “(Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil)”.

El autor concluye que:

Luego del estudio y análisis del área en mención el mejor sistema a emplear para mayor protección de zonas aledañas al río es un diseño de defensa ribereña con enrocado ya que el enrocado que presenta actualmente, por las mismas condiciones del río y la velocidad de corriente que este presenta se encuentran expuestas tanto a la erosión superficial como a la socavación general del río.

MUÑOZ y TORRES (2016). “Estudio geotécnico y diseño de estructuras de contención para defensa ribereña ante el latente fenómeno natural de el niño, del rio alto Chuquillanqui tramo el molino distrito de cascas provincia de gran chimú – departamento la libertad”. “(tesis para optar el título profesional de ingeniero civil)”.

Los autores concluyeron que:

Se debe realizar el diseño de una defensa ribereña de estructuras de contención para encauzar el río y evitar que este se desborde trayendo como consecuencia pérdidas de áreas agrícolas, así como daños a la carretera que se encuentra muy cerca del mismo. Para la realización del trabajo de investigación se cuenta con datos climáticos y un estudio de la parte geotécnica.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Levantamiento Topográfico

“En el Cap. 2 del Manual de Ingeniería de Ríos; cuando se trate de los trabajos de levantamiento topográfico en los márgenes del río para su estabilización, se realizará de un tramo recto y homogéneo del cauce, adecuado para este trabajo. En este caso es conveniente que la sección se amplíe adecuadamente, tanto hacia arriba como hacia abajo, con el propósito de estudiar el río de manera integral y no local, lo que conduce a una mejor solución. Los datos recopilados se procesan minuciosamente en los polígonos utilizados por ambas márgenes, las líneas que corresponden a las intersecciones, el perfil longitudinal de ambas márgenes, la base del río y las máximas marcas del flujo así como la dirección de la corriente”. (Jaime Euclides Camargo Hernández y Víctor Franco 1996, p.8)

2.2.2. Clasificación de los ríos

2.2.2.1. Según su edad

Ríos Jóvenes. “La morfología de un río incluye la investigación de los cambios que experimenta un río durante su curso y en su tramo (márgenes y lecho). El comportamiento depende mucho de la topografía y las condiciones geográficas”. (ROCHA, 1998)

a. Ríos Maduros. “En ríos maduros, la sección transversal aumenta disminuyendo la pendiente, es decir el río se encuentra en equilibrio o cerca”. (ROCHA, 1998)

b. Ríos Viejos. “ Los ríos viejos se refieren a una etapa de desarrollo más avanzada. La inclinación del río sigue disminuyendo mientras su ancho aumenta. El río está limitado, canalizado y controlado”. (ROCHA, 1998)

2.2.2.2. Según su Morfología

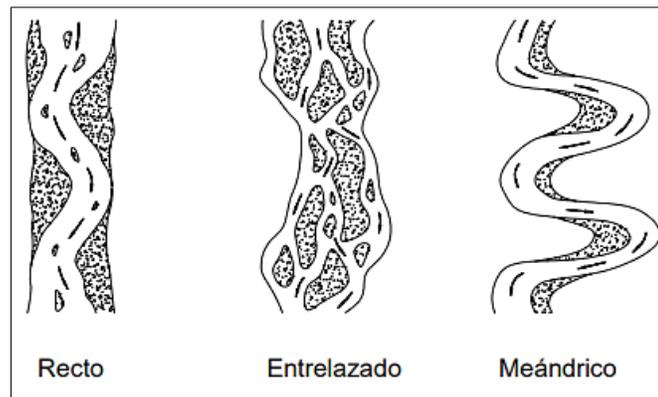
a. Ríos Rectos. Solo se alcanza esta condición con la ayuda del hombre es decir no existen de manera natural.

b. Ríos Entrelazados. También llamados ríos trenzados, siendo su característica principal ríos anchos, con pendientes fuertes, dando pie a pequeños tirantes (calados), estos ríos se desplazan a través de diversos conductos o canales rodeando a pequeñas islas.

c. Ríos Meándricos. Estos ríos se encuentran constituidos por una secuencia de curvas, son muy dinámicos porque los suelos de las orillas no ofrecen resistencia por lo que a lo largo del tiempo tienden a moverse los meandros.

Figura 2

Tipo de ríos según su morfología



Nota, fuente: Rocha, 1998

2.2.2.3. Según su Pendiente.

a. Ríos Torrenciales. Este tipo de río presenta pendientes mayores a 1.5%. (VIDE, 2002)

b. Ríos Torrentes. Estos ríos suelen tener pendientes mayores a 6%. (VIDE, 2002)

2.2.3. Inundaciones

Las inundaciones es el flujo lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que temporalmente cubre los terrenos bajos y cercanos. Es común que ocurra durante épocas de fuertes lluvias, olas de mar y en caso de un tsunami". (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, 2011)

2.2.3.1. Tipos

a. Inundaciones Estáticas

“Se producen cuando hay precipitaciones constantes y generalizadas, lo que provoca un aumento gradual del caudal y que el río supere su capacidad de carga, inundando las zonas llanas cercanas. Estos lugares se conocen como llanuras aluviales o llanuras de inundación”. (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, 2011)

b. Inundaciones Dinámicas

“Debido a las fuertes precipitaciones, los ríos desarrollan fuertes pendientes en sus cuencas. Las crecidas de los ríos se producen sin previo aviso y sólo durante un breve periodo de tiempo. Por ejemplo: La Leche, Tumbes y otros ríos de la cuenca del Océano Pacífico “. (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, 2011)

2.2.4. Defensas Ribereñas – Alternativas De Diseño

2.2.4.1. Defensas Ribereñas

“Se trata de estructuras construidas para proteger las orillas de los ríos de los procesos erosivos que se producen en sus orillas debido a la excesiva velocidad a la que fluye el agua. Debido al abundante régimen de lluvias, las corrientes de agua tienden a arrastrar el material causando socavación en las orillas de los ríos”. (Instituto nacional de recursos naturales, 1990) para una buena construcción del sistema de protección de riberas se requiere hacer los estudios geotécnicos, topográficos e hidrológicos de todos los tramos del río que presentan desborde y erosión. Funciones que debe cumplir todo sistema de defensa ribereña.

- Disminuir la velocidad de la corriente del agua cerca de las orillas.
- Alejar la corriente de las orillas del río.
- Prevenir la erosión en orillas del río.
- Mantener constante la anchura del río.
- Controlar el desplazamiento de meandros.

Existen diferentes tipos de defensas ribereñas para controlar las erosiones en los bordes de los ríos. La elección de diseño depende de los resultados y análisis que se obtengan de los estudios que se realicen, conocer los parámetros hidráulicos,

análisis de máximas avenidas, levantamiento topográfico del cauce y el grado de socavación en las orillas del río.

2.2.5. Tipos Más Utilizados De Defensas Ribereñas.

2.2.5.1. Tipo Enrocado

“Este modelo de defensa ribereña lo constituye un macizo de tierra y un revestimiento de rocas, los diques de tierra y enrocado nos brindan ventajas como las de trabajar con el material que se encuentra o extrae del lugar, haciendo que sea una opción más económica. Los diques de enrocado, requieren que la base sea de un ancho mayor sin importar su altura, en ocasiones estos no son posibles de construir en ciudades debido al espacio que requieren”. (Rodríguez, 2002)

“La estabilidad en este tipo de defensas está en función del enrocado que se coloque, esto depende del tamaño, forma y una distribución adecuada de los tamaños de las rocas, según las características hidrológicas e hidráulicas del río”. (Campaña Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

2.2.5.2. Aspectos a tener en cuenta para la utilización del enrocado

- La colocación de rocas deberá estar en relación de 2H:1V, y en este aspecto al tratarse de rocas semi rectangulares se accede a colocar en pendientes como máximo 1.5H: 1V.
- Se debe emplear de preferencia rocas irregulares con diámetros mayores a 10 cm.
- Las rocas pueden ir colocadas una adjunta a la otra por gravedad o pegadas con algún tipo de mortero.
- “Se recomienda la colocación de un manto de geotextil con el fin de evitar la erosión. (Campaña Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

2.2.6. Hidrología

Para el desarrollo óptimo de un sistema de protección ribereña se necesita de un estudio meticuloso en hidrología, este nos ayudará a determinar el comportamiento del río.

Este estudio hidrológico se hace según la necesidad que requieran las obras de defensas ribereñas.

2.2.6.1. Descargas Máximas Anuales.

La estación meteorológica de Quirihuac proporcionó información sobre la mayor descarga anual del río Moche, es la recopilación de datos del año 1950 al 2017, así como se muestra en los cuadros del análisis de las descargas de máximas avenidas.

2.2.6.2. Métodos para determinar las Máximas Avenidas.

Existen varias distribuciones probabilísticas aplicadas al análisis de máximas avenidas, no siempre cumpliendo para todos los ríos estas distribuciones, por la dispersión de data hidrológica. Para este estudio se han utilizado los métodos matemáticos de Distribución Normal, Distribución Log – Pearson II y Distribución de Gumbel.

a. Método De Distribución Normal

La función de densidad de distribución normal se define como:

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

Los parámetros de distribución normal nos ayudan a determinar la función $f(x)$ y la posición en el eje x , exponemos la variable “X”, se distribuye normalmente con media $\mu = X$ y varianza $s^2 = S^2$.

Donde:

μ y s : Parámetros de la distribución Normal.

b. Método De Distribución Log Pearson Tipo III

Esta distribución se realiza con el fin de darle un ajuste a la información estadística, encontrándose que tiene muy buena aplicación para los datos hidrológicos. (Chow, 1995)

“La asimetría de los datos transformados se ve disminuida por la transformación logarítmica, lo que podría dar lugar a datos transformados con asimetría negativa a partir de datos originales con asimetría positiva. El uso de la distribución Log-Pearson Tipo III en esta situación pondría una barrera artificial sobre la información”. (Bobbe, 1975)

La Distribución Log-Pearson Tipo III, puede lograr varias y distintas formas, esto depende de los valores obtenidos con los parámetros.

Una función de sus parámetros nos da la forma y ubicación de la moda para este método.

Tabla 1

Parámetros de Forma β

Parámetro de Forma β	$a < -\ln 10$	$-\ln 10 < a < 0$	$a > 0$
$0 > \beta < 1$	Sin moda, forma en J	Moda mínima forma en U	Sin moda, forma en J invertida
$\beta > 1$	Unimodal	Sin moda, forma en J invertida	Unimodal

Nota, Fuente: Bobbe, 1975

Ecuación de densidad para encontrar “X y Z”:

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

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

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

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

c. Método De Distribución De Gumbel (Valor Extremo Tipo I)

El enfoque de Gumbel, según Paulet (1977), se emplea a menudo para el análisis de la magnitud-duración-frecuencia de las precipitaciones y se utiliza para estimar las magnitudes máximas de las variables hidrológicas bajo el supuesto de que estos valores son independientes entre sí . “(Hershfiel, 1961)”.

Linsley empleó esta técnica en el Río Claro de Idaho, EE.UU. La distribución de Gumbel es conveniente para usar cuando se utilizan las descargas máximas anuales en un punto de control en un río. La distribución acumulada tiene la forma de:

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

$$\text{Para } -\infty < x < +\infty, \quad 0 < a < +\infty \quad -\infty < \beta < +\infty$$

Dónde:

El parámetro a se le conoce como parámetro de escala

El parámetro β se le conoce como parámetro de posición

La función de densidad reducida de Gumbel es:

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

Se usa el signo (+) para eventos mínimos y el signo (-) para eventos máximos.

2.2.7. Hidráulica de ríos.

La hidrodinámica del río incluye la evaluación del comportamiento de los ríos y los estanques. Con el conocimiento de la hidráulica fluvial es probable pronosticar el comportamiento de un río ante todos los elementos artificiales que se dan en el lecho del río y los márgenes, las llanuras de inundación y franja ribereña. El extenso alcance de la hidráulica fluvial depende de la información hidrológica, hidráulica, geomorfología y transporte de sedimentos.

Para estimar los niveles de flujo en el lecho del río Moche del tramo de estudio aplicamos la ecuación de energía, es decir plantear el balance de energético entre dos secciones contiguas para determinar los datos de tirante y velocidad. La ecuación de energía se presenta de la siguiente manera:

$$Z_1 + h_1 + (v_1)^2/(2g) = Z_2 + h_2 + (v_2)^2/(2g) + \Delta E$$

Donde:

Z(1,2): Cotas de fondo de las secciones transversales (m)

h(1,2): Tirantes de agua en las secciones transversales (m)

v(1,2): Velocidad del flujo en las secciones transversales (m/s)

g= 9.81: Aceleración de la gravedad (m/s²)

ΔE: Pérdida de carga en el tramo de evaluación entre las secciones transversales (m).

El resultado de la ecuación de energía consiste en realizar las iteraciones para lograr determinar los valores del flujo o tirante y velocidad en la sección de cálculo partiendo de una sección donde se conocen estos valores.

2.2.8. Ancho estable

Como ya se indicó anteriormente esta condición, es una característica fundamental en los cauces de ríos, ya que esta nos indicaría si el cauce se encuentra en equilibrio (Teoría del Régimen).

Sobre el ancho estable hay trabajos de muchos autores, diferenciándose entre ellos, ya que sus investigaciones lo realizaron en campo y en laboratorio, sus investigaciones también van para diversos tipos de sedimentos y diferentes caudales, por esta razón se debe elegir una fórmula teniendo en cuenta el tipo de sedimento que se encuentra en el fondo y orillas. En la práctica se ha encontrado que las fórmulas que se utilizan tienen algunos coeficientes erróneos que generan resultados equivocados.

En la sección de investigación del río Moche, se ha considerado una pendiente longitudinal, caudal y material de fondo. También se aplicaron las fórmulas de Blench, Lacey, Simons y Albertson, y la fórmula de Altunin-Manning.

a. Método de Lacey 1934 y 1958.

$$B = m Q^n$$

Donde:

B: Ancho de la superficie libre de agua (m)

Q: Caudal de diseño (m³/s)

m: constante =4.83

n: constante =0.50

Material de fondo: No cohesivo (arena con Dm entre 0.15 y 0.40 mm)

b. Método de Blench 1939 y 1941.

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

Donde:

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

Q: Caudal de diseño (m³/s)

Fb : Factor de Fondo.

Fs: Factor de Orilla.

Material de fondo: No cohesivo (arena)

Tabla 2

Valor de fondo (Fb) según el tipo de material

Tipo de Material de fondo	Factor de Fondo (Fb)
Material Fino	0.80
Material Grueso	1.20

Nota, Fuente: Estabilidad de Cauces, Maza Álvarez, (1975)

Tabla 3

Valor de Orilla (Fs) según el tipo de material

Tipo de Material de Orilla	Factor de Orilla (Fs)
Material poco cohesivo como, arena.	0.1
Material medianamente cohesivo.	0.2
Material muy cohesivo, como arcilla.	0.3

Nota, Estabilidad de cauces, Fuente: Maza Álvarez, (1975).

c. **Método de Simons y Albertson 1963 - Maza Álvarez**

$$B = 0.9K1 Q^{0.512}$$

Donde:

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

Q: Caudal de diseño (m³/s)

K1: Coeficiente de condiciones de fondo y orilla de río.

Material de fondo: No cohesivo (grava con D entre 0.028y 80 mm)

Tabla 4

Coeficiente de condiciones (K1): según el tipo de fondo y orillas del río

Tipo de fondo y orillas de río	K1
Fondo y orillas de arena	6.30
Fondo de arena y orillas cohesivas	4.74
Fondo y orillas cohesivas	3.96
Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16
Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	3.09

Nota, fuente: Open Channel Flow, Henderson

d. **Método de Simons y Albertson 1963 - Henderson**

$$B = 0.9K1 Q^{0.512}$$

Donde:

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

K1: Coeficiente de condiciones de fondo de río.

Q: Caudal de diseño (m³/s).

Material de fondo: No cohesivo (Grava con Diámetro entre 0.028 y 80 mm)

Tabla 5

Coeficiente de condiciones (k1) según el tipo de fondo y orillas del río

Tipo de fondo y orillas de río	K1
Fondo y orillas de arena	3.50
Fondo de arena y orillas cohesivas	2.60
Fondo y orillas cohesivas	2.20
Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75
Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm ≤ C ≤ 8000 ppm	1.70

Nota, coeficiente de condiciones k1 según el método de Simons y Albertson 1963 – Henderson, fuente: estabilidad de ríos de Maza Álvarez, (1975)

e. Método de Altunin y Manning de 1962

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

Donde:

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

Q: Caudal de diseño (m³/s).

S: Pendiente.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

K: Coeficiente de material de cauce.

m: Coeficiente de tipo de río.

Material de fondo: No cohesivo (Grava Gruesa)

Tabla 6

Coeficiente para tipo de material de río (K)

Tipo de material	Coefficiente de material de cauce (K)
Material de cauce muy resistente.	3
Material fácilmente erosionable.	16
Material aluvial	12
Valor práctico	10

Nota, Fuente: Estabilidad de Cauces, Maza Álvarez, (1975)

2.2.9. Características hidráulicas y geométricas

Las características hidráulicas de los ríos se calculó bajo la posibilidad de que los ríos se encuentran en un sistema uniforme y permanente, ya que con un ancho permanente, Después de un tramo extenso, el río se transforma en un canal prismático que varía su inclinación y sección, con un sistema cada vez más diverso en estas secciones, solo en las zonas de la parte posterior de los barrajes de las bocatomas se presenta un régimen rápidamente variado con números de Froude altos, generando un resalto hidráulico que son contenidos en los estanques amortiguadores.

Para este cálculo se ha utilizado la fórmula propuesta por Robert Manning

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

Q : Caudal (m³/s)

A : Área Hidráulica (m²)

R : Radio hidráulico

S : Pendiente del río (m/m)

n : Rugosidad del cauce

Los caudales utilizados para el cálculo son los siguientes:

Tabla 7*Caudales*

Río	Caudal
Moche	479.38

Nota, Fuente: Elaboración propia

Las características hidráulicas y geométricas calculadas son:

- Tirante
- Área hidráulica
- Perímetro mojado
- Radio hidráulico
- Velocidad media
- Profundidad media
- Número de Froude

a) Tirante

Fórmula de Manning – Strickler

$$y = \left(\frac{Q}{K_s \cdot B \cdot S^{1/2}} \right)^{3/5}$$

Donde:

y: Tirante (m)

Q: Caudal de diseño (m³/s).

Ks: Coeficiente de rugosidad.

B: Ancho estable. (m)

S: Pendiente.

Tabla 8

Coefficiente de rugosidad (Ks) según el lecho natural del cauce (ks)

Tipos de Cauces Naturales	Ks
Cauces con fondo sólido sin irregularidades.	40
Cauces de ríos con acarreo irregular.	33
Cauces de ríos con vegetación.	35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades.	30
Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo.	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza.	25
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil.	20

Nota, Fuente: Nueva Colombia, manual del ingeniero civil (manuale dell'ingegnere), (1990)

b) Área hidráulica

$$A=(B+Zy)y$$

Donde:

A: Área Hidráulica (m²).

B: Ancho Estable (m).

Z: Talud.

y: Tirante (m).

c) Perímetro mojado

$$P=B+2y*(1+Z^2)^{1/2}$$

Donde:

P: Perímetro mojado (m).

B: Ancho estable (m).

Z: Talud.

y: Tirante (m).

d) Radio hidráulico

$$R = A/P$$

Donde:

R: Radio Hidráulico (m)

A: Área Hidráulica (m²).

P: Perímetro mojado (m).

e) Velocidad media

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

Donde:

V: Velocidad media (m/s)

R: Radio Hidráulico (m)

S: Pendiente.

n: Rugosidad de Manning.

f) Profundidad hidráulica media

$$Y_m = A/B$$

Donde:

Y_m: Profundidad hidráulica media (m).

A: Área hidráulica (m²).

B: Ancho estable (m).

g) Número de Froude

$$F = V/(g * Y_m)^{1/2}$$

Donde:

F: Número de Froude.

V: Velocidad media (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m/s²).

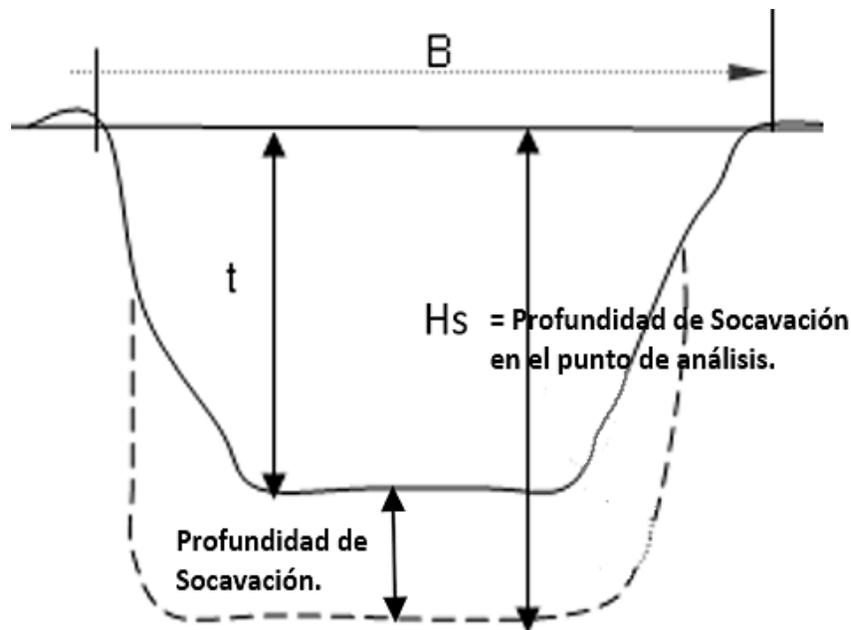
Y_m: Profundidad hidráulica media (m).

2.2.10. Socavación

Es muy importante tener conocimiento sobre la socavación que se produce en los cauces de los ríos, ya que de esto va a depender la estabilidad de las estructuras que se instalarán en los márgenes del cauce (bocatomas y puentes), así como la estabilidad de los diques de protección. Por lo general los ríos suelen tener lechos móviles en su fondo y los canales tienen un lecho fijo, por consiguiente, estos fondos se moverán de acuerdo al requerimiento que nos dé el estudio hidráulico de la corriente del río.

Figura 3

Socavación en una sección transversal



Nota, Fuente: Mecánica de Suelos, Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1974)

2.2.10.1. Socavación por contracción

a. Método Lischtvan-Levediev - Modificado por Maza Álvarez

Ecuación matemática aplicada a Suelos No Cohesivos:

$$H_s = \left(\frac{\alpha y^{5/3}}{0.68 D_{50}^{0.28} \beta} \right)^{1/(x+1)}$$

Donde:

HS: Profundidad de socavación (m)

α : Coeficiente ($\alpha=Q/(Ym^{5/3}B \mu)$) - μ : Coeficiente de Contracción.

y: Tirante (m).

D50: Diámetro por el que pasa el 50% total de las partículas (m)

β : Coeficiente.

X: Exponente Variable.

Tabla 9

Valores del Coeficiente (β)

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

Nota, Fuente: Mecánica de Suelos, Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1974)

Tabla 10

Selección de "X" para Suelos Cohesivos (Tn/m3) y No Cohesivos (mm)

Suelos cohesivos			Suelos no cohesivos		
Peso volumétrico Tn/m3	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			

Nota, Fuente: Mecánica de Suelos, Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1974)

2.2.11. Diseño de defensa ribereña

$$H = BL + y$$

Además:

$$BL = e \cdot \phi$$

Donde:

e: Carga de velocidad (m).

ϕ : Coeficiente recomendado para el cálculo del borde libre en muro de encauzamiento.

2.2.11.1. Altura de Dique

Tabla 11

Caudal de diseño (m ³ /s)	ϕ
3000.00 - 4000.00	2.00
2000.00 - 3000.00	1.70
1000.00 - 2000.00	1.40
500.00 - 1000.00	1.20
100.00 - 500.00	1.10

*Nota, Fuente: Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas, Rubén Terán, (1998)
Coeficiente para el cálculo del borde libre en un muro de encauzamiento.*

2.2.11.2. Ancho de Corona

Teniendo en cuenta el proceso constructivo se eligió el valor de 4.00 m para el ancho de la corona.

2.2.11.3. Talud

Las siguientes características se tomaron en cuenta para el diseño del talud:

-Cara húmeda: 1V: 2H

-Cara seca: 1V: 1.5H

2.2.12. Cálculo De Profundidad para Uña De Cimentación De Enrocado

$$\text{Puña} = F_s \cdot \text{Profundidad de Socavación}$$

Donde:

F_s: Factor de Seguridad.

2.2.13. Cálculo Del Diámetro Del Enrocado De Protección

A. Fórmula de Maynard

$$d = t \cdot C_1 \cdot F^3$$

Donde:

d: Diámetro del enrocado (m).

t: Tirante (m).

C₁: Coeficiente de corrección

F: Número de Froude

C₂: Coeficiente de corrección.

Tabla 12

valores del Coeficiente de Corrección (C1 - C2)

	Coeficientes	Condición
C1	0.28	Fondo plano
	0.28	Talud 1V : 3H
	0.32	Talud 1V : 2H
C2	1.50	Tramos en curva
	1.25	Tramos rectos
	2.00	Extremo de espigones

Nota, Fuente: Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje, MTC (2014)

B. Fórmula de Lopardo -Estellé

$$\frac{u}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D}} = 1.3 \cdot \left(\frac{H}{D} \right)^{\frac{1}{6}} \cdot \left(1 - \left(\frac{\text{sen} \theta}{\text{sen} \phi} \right)^2 \right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

Δ : Densidad Relativa del material.

ρ_s : Densidad de la roca. (Kg/m³)

ρ : Densidad del agua. (Kg/m³)

u: Velocidad media del flujo. (m/s).

H: Tirante. (m)

g: Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

ϕ : Ángulo de reposo del material

θ : Ángulo del talud respecto a la horizontal

D: Diámetro de la roca. (m)

C. Fórmula de California División de Highways

$$\frac{u}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D}} = 1.92 \cdot [\text{sen}(\phi - \theta)]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

u: Velocidad media el flujo. (m/s)

Δ : Densidad Relativa del material.

D: Diámetro. (m)

ρ_s : Densidad de la roca. (Kg/m³)

ρ : Densidad del agua. (Kg/m³)

g : Aceleración Gravedad: 9.81 m/s²

θ : Ángulo de talud.

2.2.14. Simulación hidráulica

Las simulaciones hidráulicas son muy importantes porque nos permiten ver cómo se comportará el agua dentro de un cauce para diferentes escenarios. Estas simulaciones son muy sensibles a diferentes parámetros que intervienen en la elaboración del modelo.

Con respecto a los softwares que se utilizan para el modelamiento estos se diferencian por la forma como resuelven las ecuaciones de flujo, es decir que métodos numéricos utilizan. Además, ayuda mucho la interface gráfica de los softwares facilitando el

trabajo y el ingreso de información para el modelamiento, siendo de igual forma la presentación de los resultados. Entre los softwares más utilizados para los modelamientos numéricos están el Hec Ras, Iber, Delft, Iric, Open Foam, Flow 3D, Flo2d, etc. Distintos enigmas planteados en el manejo de cauces naturales, para ello es necesario aprender a manejar diferentes tipos de software.

2.3. Marco Conceptual

Lecho: Continente de las aguas durante sus máximos crecientes, constituye un bien de dominio público hidráulico . “(Autoridad Nacional del Agua, 2014)”.

Fenómeno del Niño: Es un fenómeno climático cíclico que causa estragos en todo el mundo, siendo los más afectados Sudamérica y las zonas comprendidas entre Indonesia y Australia, con el consiguiente calentamiento de las aguas sudamericanas . (MINAGRI,2014)

Cauce: Son (originalmente) datos 3D sin referencia cartográfica almacenados en un formato de nube de punto. A menudo se procesan para crear superficies de ráster . “(DEM o DSM). (ESRI. 2016)”.

Captación: Son las estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal para captar, es decir extraer, una parte o la todo del caudal de la corriente principal . “(ROCHA, 2003)”.

Sedimentación: Pequeñas partículas que provienen de la erosión del estanque. Las partículas finas provienen de la erosión laminar, mientras que las partículas gruesas provienen de los deslizamientos de tierra y los deslizamientos de materiales de las orillas . “(RNE, 2015)”

Hidrología: Es una ciencia natural que estudia el agua, su aparición, circulación y distribución sobre la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas, y su relación con el entorno . “(VILLÓN,2002)”.

Hidráulica Fluvial: Investiga el comportamiento hidráulico de los ríos, en lo que respecta a los caudales a niveles medios y extremos, velocidades de flujo, fluctuaciones del fondo provocadas por la socavación y la sedimentación, capacidad de transporte de sedimentos y ataques contra las orillas y los ataques contra las márgenes . “(ROCHA, 1998)”

Llanura inundable: Son las áreas adyacentes al cause principal del río que y en tiempo de fuertes precipitaciones estas se inundan . “(VIDE, 2002)”

Enrocado: El método más sencillo para proteger una pila o estribo es por medio de enrocado. El relleno de piedra que se necesita para proteger los cauces, sin obstáculos son las piedras de mayor tamaño . “(GUEVARA, 2016)”

Período de Retorno: Se denomina a el período promedio, en donde el valor del caudal pico de una avenida determinada es asemejado o sobrepasado una vez cada "T " años . (GUEVARA, 2016)".

Modelo Digital de Elevación: Es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo . "(Instituto Geográfico Nacional. (IGN, 2015))"

Socavación: Fenómeno hidrodinámico, es la causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes y orillas de ríos en consecuencia de la acción erosiva del agua . "(GUEVARA, 2016)"

Caudal de diseño: Es el caudal que se elige, de acuerdo a distintas estimaciones, para así dimensionar distintas obras hidráulicas . "(GUEVARA, 2016)"

2.4. Hipótesis

Con el diseño de un encauzamiento y defensas ribereñas se mejorará el comportamiento hidráulico y evitará desbordes e inundaciones en el río Moche tramo "1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal."

2.5. Variables/ Operacionalización de variables

Se tiene como variable general analítica el diseño de la defensa ribereña en el río Moche tramo "1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal, el cual contiene las siguientes dimensiones: Estudio de mecánica de suelos, hidrológicos, topográficos y modelamiento numérico.

2.5.1. Operacionalización de variables:

Tabla 13

Cuadro de variable general analítica

	DIMENSIONES	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p><u>VARIABLE</u></p> <p>Diseño de defensa ribereña en el río Moche tramo "1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal.</p>	Modelo Digital terreno	Características en la cual nos ayuda a representar de manera gráfica la superficie de terreno.	Puntos topográficos	Estación total
			Secciones transversales (m ²)	AutoCAD civil 3D
			Perfiles longitudinales (km, m)	AutoCAD civil 3D
	Hidrología	Análisis de los caudales del río Moche de diferentes años.	Máximas Avenidas (m ³ /s)	Hydroesta 2
				Excel
	Análisis de los sedimentos de fondo del río	Características del suelo la cual nos ayuda a reconocer el tipo de suelo según su distribución de partículas.	Granulometría (%)	Tamices
			Peso específico (gr.)	Formula
	Socavación general	Es la profundidad máxima hasta donde se puede erosionar el fondo del cauce para un caudal determinado	Profundidad (m)	Formulas
	Simulación Hidráulica	Modelamiento que permite conocer el comportamiento del flujo y sus parámetros hidráulicos.	Tirante (m)	Hec - Ras
			Velocidad (m/s)	

Nota, Fuente: propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA.

3.1. Nivel y tipo de investigación

3.1.1. Nivel de Investigación

Descriptiva

3.1.2. Tipo de Investigación

Aplicada

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Está conformado por la cuenca hidrográfica del Río Moche.

3.2.2. Muestra

Se considera el cauce del río Moche río Moche tramo “1+400 a 3+400 aguas arriba de la confluencia con el río Simbal”.

3.3. Diseño de investigación

Recopilación de información de campo; ya que la recopilación de datos se realizó in situ en la zona en estudio por medio de levantamiento topográfico y data de caudales.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Realizar el reconocimiento en campo del tramo para determinar la realidad problemática e identificar los puntos críticos ante una inundación y socavación del tramo en estudio del Río Moche.
- Determinar las características morfológicas del Río Moche, para ello se realizará un análisis de las máximas avenidas y el levantamiento topográfico con equipo de estación total obteniendo las curvas de nivel para determinar la pendiente de nuestro tramo en estudio.
- Se usó la base de datos de SENAMHI para sacar el registro de caudales de la estación Quirihuac.
- Civil 3D 2022: Se usó para visualizar el plano topográfico, verificar cotas y la georreferenciación del terreno.

- El modelamiento de la cuenca se realizó en el programa HEC-RAS.

3.5. Procesamiento de datos

3.5.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)

Después del levantamiento topográfico de los 2.0km del tramo de estudio, se procedió con los siguientes pasos:

- **Microsoft Word 2022:**

Se utilizará para realizar el informe final de este trabajo de investigación para su presentación.

- **Microsoft Excel 2022:**

Se usará para exportar los puntos topográficos levantados con la estación total en la zona de estudio.

- **AutoCAD Civil 3D 2020:**

Descargar los puntos generados por la estación total y los datos obtenidos al Excel (formato csv) al AutoCAD Civil 3D.

Realizar el alineamiento, perfiles longitudinales y secciones transversales del eje del río.

- **ArcGis 10.6**

Importar los datos del AutoCAD o Civil 3D y Originar el DEM (Modelo Digital de Elevación)

- **HecRas 6.1**

Realizar el modelo bidimensional del tramo del Río Moche para determinar las áreas inundables y profundidades de socavación.

3.5.2. Estudio Hidrológico

De la estación meteorológica de Quirihuac se recopiló los datos de caudales diarios, mensuales y anuales; ya obtenida esta información se procedió con lo siguiente:

- Evaluar los registros de caudales del Río Moche y clasificar los caudales máximos mensuales de cada año.
- Procesar los caudales máximos anuales.
- Aplicar distribuciones estadísticas para el periodo de retorno (T= 50 años).

3.5.3. Modelamiento Hidráulico

3.5.3.1. Modelo Bidimensional

- Importar la topografía en el Ras Mapper para creación del terreno.
- Importa la ortofoto del área de estudio.
- Generar el perímetro y mallado del modelo.
- Crear las condiciones de contorno aguas arriba y aguas abajo.
- Generar los caudales no permanentes.
- Correr el modelo.

3.5.4. Estimación de socavación.

Se calcula la profundidad de socavación general que se genera en el río utilizando el método de Lischtvan – Levediev.

3.5.5. Diseño de diques de enrocado

- Calcular la sección estable del cauce del río Moche con los métodos de: Simons - Henderson, Altunin - Manning, Blench y Pettit.
- Calcular las características hidrológicas del río como lo son: velocidad media, tirante, radio hidráulico, perímetro mojado, área hidráulica, y número de Froude.
- Calcular las dimensiones del dique tipo enrocado (ancho y altura de corona).
- Calcular la profundidad de socavación.
- Diseño de profundidad de uña del dique tipo enrocado.
- Cálculo del diámetro de la piedra utilizando los métodos de Maynard, R.A Lopardo.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis y presentación de resultados

- **Caudales del río Moche**

Se han calculado los caudales para el periodo de 50 años por los modelos de Gumbel, distribución Log Normal y Log Pearson, luego se realizó un promedio con los resultados, ya que estos eran muy similares.

Tabla 14*Resultados de caudales de diseño*

METODO	R²	Tr = 50 años Q(m³/s)	Tr = 100 años Q(m³/s)	Tr = 500 años Q(m³/s)
LOG NORMAL	0.965	753.04	961.58	1,577.25
GUMBEL	0.999	465.72	537.91	704.74
LOG PEARSON	0.983	493.05	549.94	661.16
	Q(m³/s) =	479.38	543.93	682.95

Nota, podemos ver los resultados de caudales obtenidos por los diferentes metodos para diferentes periodos de retorno. Fuente: propia

Donde:

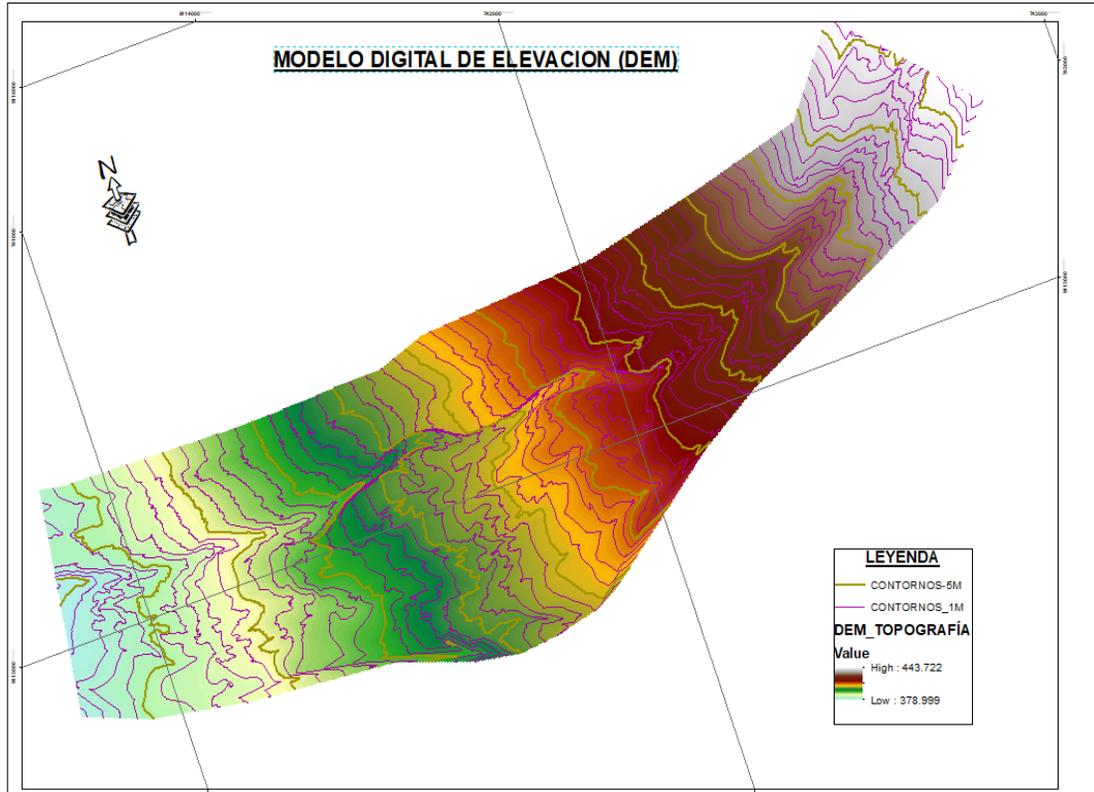
R = Coeficiente de correlación

- **Modelamiento digital del terreno**

El modelo digital del terreno se realizó con los datos del levantamiento topográfico donde se incluyó las zonas de inundación, el tamaño de pixel para el modelamiento fue de 1m.

Figura 4

Modelamiento digital del terreno



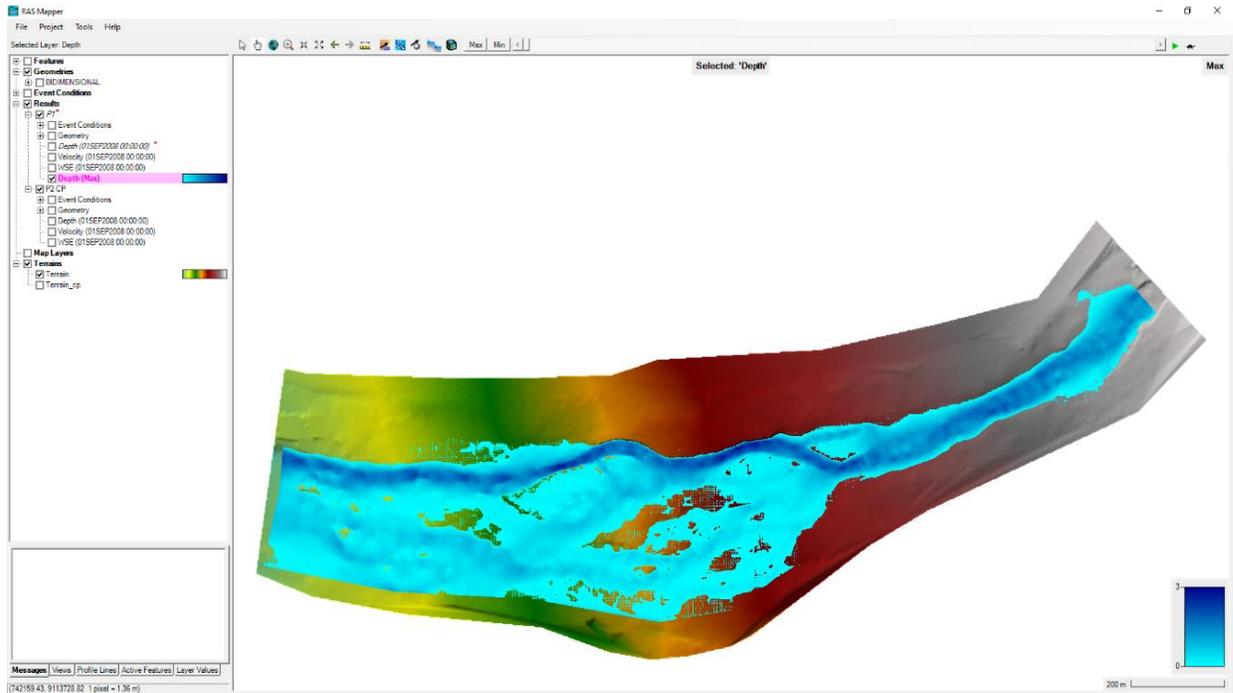
Nota, fuente: elaboración propia

- **Modelamiento del cauce sin proyecto**

Se ha realizado el modelamiento sin proyecto considerando el modelo digital de terreno y los caudales obtenidos de la hidrología.

Figura 5

Modelamiento digital del río sin proyecto



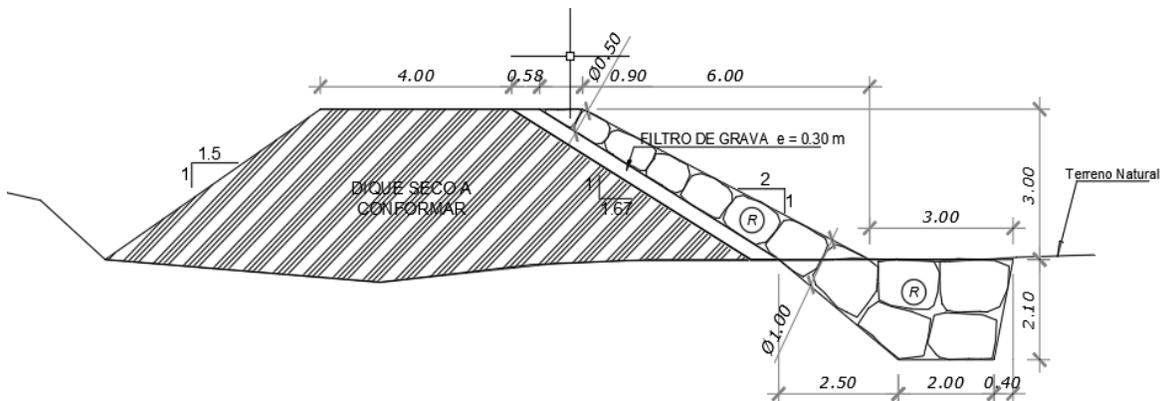
Nota, fuente: elaboración propia

- **Diseño de defensas ribereñas**

Este diseño de defensa ribereña se desarrolló considerando los valores de tirante y velocidad del río, asimismo, la profundidad de socavación que alcanzaría el cauce para una avenida con un periodo de retorno de 50 años.

Figura 6

Sección típica de Dique Enrocado



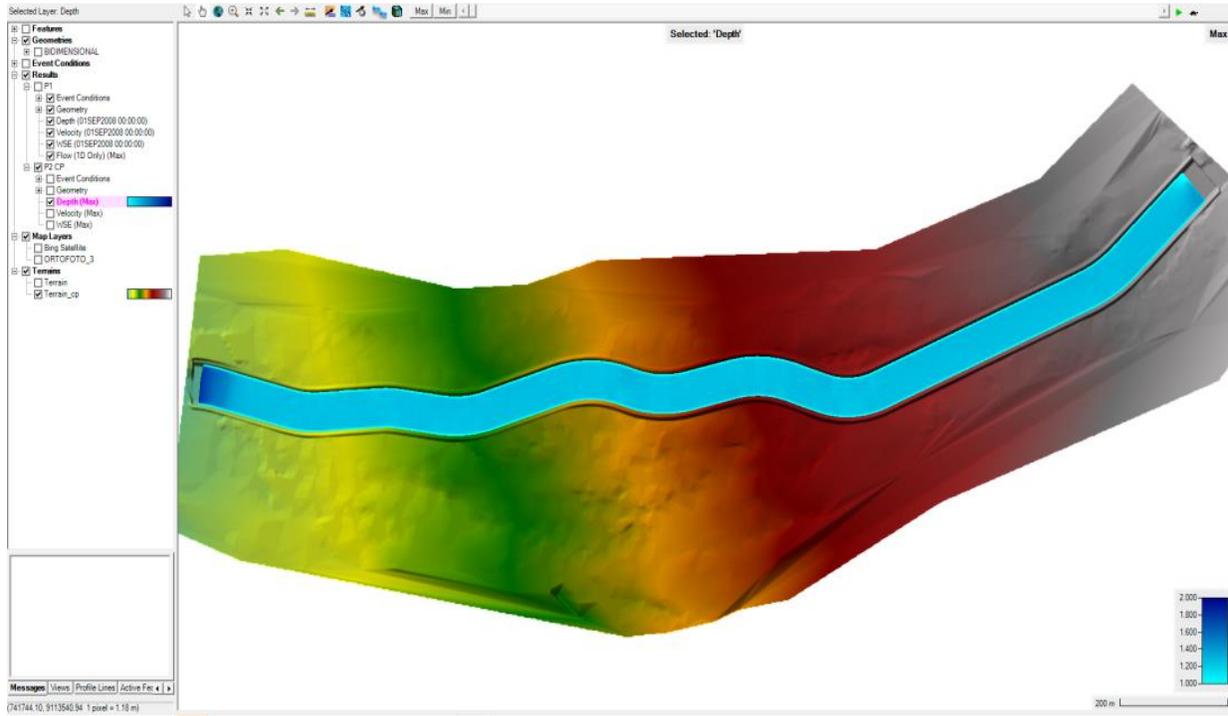
Nota, fuente: elaboración propia

- **Modelamiento con proyecto**

Luego del diseño se realizó el modelo del cauce incluyendo la nueva sección descolmatada y con la defensa ribereña a ambos márgenes para evaluar si cumplía con los valores de velocidad y tirante, asimismo verificar que no ocurra inundación en el tramo.

Figura 7

Modelamiento digital del río con proyecto



Nota, fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **Caudales del río Moche**

Los caudales del río Moche han sido evaluados desde el año 1950 y se le ha aplicado las distribuciones de Gumbel, Log Pearson y Log Normal para un periodo de retorno de 50, 100 y 500 años. Se evaluaron los coeficientes de correlación verificando que las distribuciones Gumbel y Log Pearson III tienen un coeficiente de correlación más cerca a 1, y resultados son bastante similares, por lo que se procedió en hacer un promedio entre ellos obteniendo un caudal de diseño de 479.38 m³/s para un periodo de retorno de 50 años.

- **Modelo digital del terreno**

Con los datos del levantamiento topográfico se modeló el terreno determinando que no estaba formado el cauce produciéndose inundación. La pendiente del río es 2.95%, lo que significa que existe una pendiente que puede transportar gravas de 0.20 m y esta en régimen supercrítico.

- **Modelamiento del cauce sin proyecto**

El modelamiento se realizó considerando las características del cauce con la topografía en pixel de 1 m, rugosidad de Manning de 0.040, condición de borde en la entrada y salida del modelo en subcrítico. En el modelamiento hidráulico sin proyecto se verificó que existe inundación con tirantes en el orden de 1.8 m y velocidades de 8.9 m/s, siendo estos valores un riesgo alto.

- **Diseño de defensas ribereñas**

Para el diseño de las defensas ribereñas se han realizado cálculos del ancho estable, hidráulica, profundidad de socavación, profundidad de la uña y diámetro del enrocado, tales cálculos se describen en los anexos.

- **Modelamiento con proyecto**

El modelamiento con proyecto arrojó que no existe inundación y los tirantes van en el orden de 1.25 m y velocidades promedio de 5.80 m/s, los criterios para el modelamiento fueron similares al escenario sin proyecto, y en estas condiciones para los valores obtenidos el riesgo es bajo para los terrenos adyacentes al cauce.

VI. CONCLUSIONES

- El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años es de 479.38 m³/s, el cual fue analizado por las distribuciones Gumbel, Log Pearson y Log Normal.
- Del levantamiento topográfico y el modelo digital de terreno se verificó que existen zonas de inundación y la pendiente es de 2.95%.

- El modelamiento con proyecto arrojo valores de inundación con tirantes que van en el orden de 0 a 1.8 m y velocidades 0 a 8.9 m/s.
- En el diseño de defensas ribereñas se obtuvo los siguientes resultados:
 - Ancho estable = 60 m.
 - Tirante = 1.41 m.
 - Velocidad = 5.22 m/s
 - Profundidad de socavación = 1.85 m.
 - Profundidad de uña = 2.10 m.
 - D50 = 1.44 m.
- El modelamiento con proyecto arrojo que no existe inundación y los tirantes van en el orden de 1.25 m y velocidades promedio de 5.80 m/s.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se comparta esta tesis con la Junta de Usuarios del Valle Moche para que sirva como documento base para el expediente técnico de defensas ribereñas.

- Se profundice en el diseño de defensas ribereñas con metodología actual y herramientas modernas.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Hidrología

ANALISIS ESTADISTICO DE MAXIMAS DESCARGAS

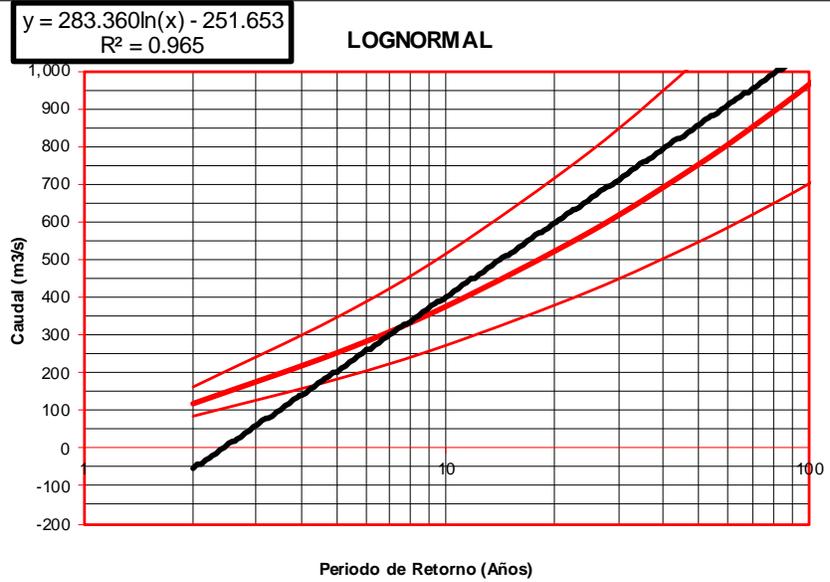
DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD

Información Básica						
Nombre:	LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD					
Tiempo de Retorno (T _R) =	50.00					
Medición de Caudales (Año) =	1,950					
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
1,950	56.00	4,348	-286,731	4.03	0.57	-0.43
1,951	48.26	5,429	-400,013	3.88	0.82	-0.74
1,952	170.17	2,326	112,179	5.14	0.13	0.04
1,953	94.33	762	-21,051	4.55	0.06	-0.01
1,954	93.26	823	-23,594	4.54	0.06	-0.02
1,955	132.75	117	1,263	4.89	0.01	0.00
1,956	212.88	8,270	752,046	5.36	0.33	0.19
1,957	197.93	5,774	438,778	5.29	0.26	0.13
1,958	88.33	1,130	-37,972	4.48	0.09	-0.03
1,959	117.50	20	-88	4.77	0.00	0.00
1,960	198.63	5,881	451,016	5.29	0.26	0.13
1,961	43.92	6,087	-474,943	3.78	1.00	-1.00
1,962	180.31	3,407	198,855	5.19	0.17	0.07
1,963	117.57	19	-84	4.77	0.00	0.00
1,964	119.19	8	-21	4.78	0.00	0.00
1,965	78.40	1,896	-82,548	4.36	0.18	-0.07
1,966	58.45	4,031	-255,944	4.07	0.51	-0.36
1,967	336.60	46,078	9,891,103	5.82	1.07	1.11
1,968	23.42	9,706	-956,295	3.15	2.65	-4.32
1,969	91.81	908	-27,356	4.52	0.07	-0.02
1,970	96.10	668	-17,256	4.57	0.05	-0.01
1,971	117.63	19	-80	4.77	0.00	0.00
1,972	138.25	266	4,338	4.93	0.02	0.00
1,973	152.96	962	29,845	5.03	0.06	0.02
1,974	50.29	5,134	-367,853	3.92	0.75	-0.65
1,975	170.88	2,395	117,207	5.14	0.13	0.05
1,976	112.85	83	-751	4.73	0.00	0.00
1,977	201.52	6,333	503,951	5.31	0.27	0.14
1,978	24.00	9,593	-939,505	3.18	2.57	-4.13
1,979	54.88	4,497	-301,591	4.01	0.60	-0.47
1,980	56.00	4,348	-286,731	4.03	0.57	-0.43
1,981	160.00	1,448	55,126	5.08	0.09	0.03
1,982	90.00	1,020	-32,588	4.50	0.08	-0.02
1,983	280.00	24,983	3,948,700	5.63	0.73	0.62
1,984	152.00	904	27,158	5.02	0.06	0.01
1,985	20.80	10,230	-1,034,635	3.03	3.05	-5.34
1,986	72.00	2,494	-124,561	4.28	0.26	-0.13
1,987	64.00	3,357	-194,521	4.16	0.39	-0.24
1,988	98.53	548	-12,832	4.59	0.04	-0.01
1,989	40.00	6,714	-550,187	3.69	1.20	-1.31
1,990	22.64	9,861	-979,189	3.12	2.76	-4.60
1,991	41.50	6,471	-520,522	3.73	1.12	-1.18
1,992	26.06	9,193	-881,462	3.26	2.32	-3.53
1,993	66.97	3,022	-166,116	4.20	0.33	-0.19
1,994	204.80	6,866	568,869	5.32	0.29	0.16
1,995	23.84	9,624	-944,117	3.17	2.60	-4.18
1,996	64.00	3,357	-194,521	4.16	0.39	-0.24
1,997	200.00	6,093	475,622	5.30	0.27	0.14
1,998	1,000.00	770,987	676,971,621	6.91	4.52	9.60
1,999	240.36	14,023	1,660,579	5.48	0.49	0.34
2,000	71.02	2,593	-132,039	4.26	0.27	-0.14
2,001	150.00	787	22,090	5.01	0.05	0.01
2,002	109.46	156	-1,944	4.70	0.01	0.00
2,003	42.51	6,309	-501,161	3.75	1.07	-1.10
2,004	39.41	6,811	-562,158	3.67	1.23	-1.36
2,005	38.96	6,886	-571,403	3.66	1.25	-1.40
2,006	46.60	5,676	-427,663	3.84	0.89	-0.83
2,007	47.26	5,577	-416,522	3.86	0.86	-0.80
2,008	53.72	4,654	-317,514	3.98	0.64	-0.51
2,009	61.01	3,713	-226,216	4.11	0.45	-0.30
2,010	43.97	6,080	-474,031	3.78	1.00	-1.00
2,011	61.00	3,714	-226,328	4.11	0.45	-0.30
2,012	30.00	8,453	-777,202	3.40	1.91	-2.63
2,013	130.00	65	523	4.87	0.01	0.00
2,014	42.50	6,311	-501,350	3.75	1.07	-1.10
2,015	80.00	1,759	-73,778	4.38	0.16	-0.06
2,016	43.30	6,184	-486,356	3.77	1.03	-1.04
2,017	187.13	4,250	277,022	5.23	0.20	0.09
2,018	32.50	8,000	-715,511	3.48	1.69	-2.20
2,019	51.27	4,995	-353,010	3.94	0.71	-0.60
2,020	31.00	8,270	-752,117	3.43	1.82	-2.45
2,021	35.00	7,559	-657,174	3.56	1.51	-1.85
2,022	58.33	4,046	-257,398	4.07	0.51	-0.37
2,023	303.50	32,964	5,984,809	5.72	0.87	0.81
Suma =	8,292.02	1,178,324	683,946,166	325.201	53.882	-40.022

Media (Q_x)	Desv. Estandar	Coef. Asimetria	Coef. Variacion
Q_x	S_x	C_s	C_v
121.941	132.616	4.509	1.088
Q_y	S_y	C_{sY}	C_{vY}
4.782	0.897	-0.853	0.188

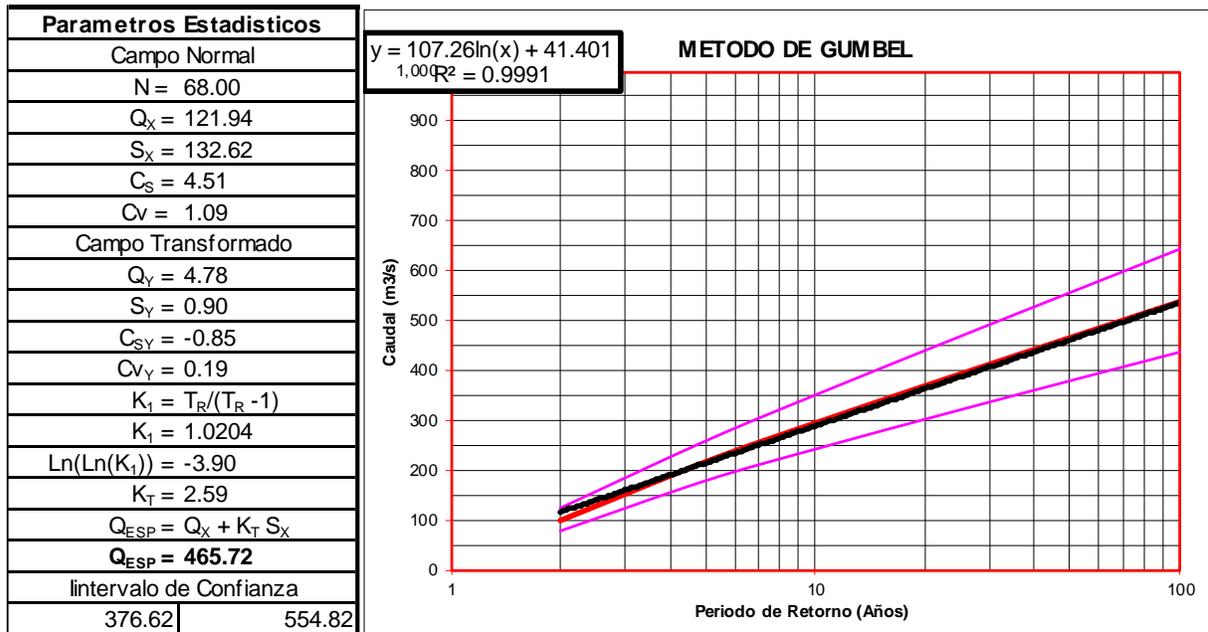
DISTRIBUCION LOGNORMAL DE DOS PARAMETROS

Parametros Estadisticos	
Campo Normal	
N =	68.00
$Q_x =$	121.94
$S_x =$	132.62
$C_s =$	4.51
$C_v =$	1.09
Campo Transformado	
$Q_y =$	4.78
$S_y =$	0.90
$C_{sY} =$	-0.85
$C_{vY} =$	0.19
$K = F'(1-1/T_R)$	
$K = F'$	0.98
$K =$	2.05
$Q_{ESP} = \text{Exp}(Q_y + K S_y)$	
$Q_{ESP} = 753.04$	
Intervalo de Confianza	
549.34	1,032.28



T_R (Años)	Probabilidad	$F'(1-1/T_R)$	$K = Z$	Q_{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.5000	0.0000	119.39	87.09	163.66
5	0.2000	0.8000	0.8416	253.94	185.25	348.11
10	0.1000	0.9000	1.2816	376.77	274.85	516.48
25	0.0400	0.9600	1.7507	573.83	418.61	786.62
50	0.0200	0.9800	2.0537	753.04	549.34	1,032.28
75	0.0133	0.9867	2.2164	871.27	635.59	1,194.34
100	0.0100	0.9900	2.3263	961.58	701.47	1,318.15
150	0.0067	0.9933	2.4747	1,098.45	801.32	1,505.77
200	0.0050	0.9950	2.5758	1,202.69	877.35	1,648.65
300	0.0033	0.9967	2.7131	1,360.18	992.24	1,864.55
400	0.0025	0.9975	2.8070	1,479.78	1,079.50	2,028.50
500	0.0020	0.9980	2.8782	1,577.25	1,150.60	2,162.11
1000	0.0010	0.9990	3.0902	1,907.63	1,391.61	2,615.00

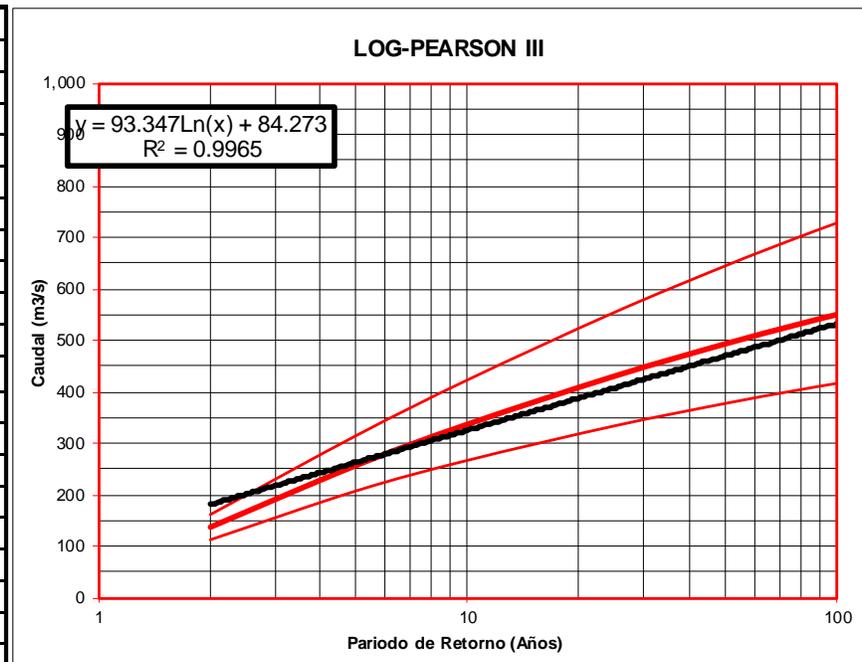
DISTRIBUCION DE GUMBEL O EXTREMA TIPO I



T_R (Años)	Probabilidad	$\ln \ln T_R / (T_R - 1)$	K_T	Q_{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	-0.3665	-0.16	100.16	75.88	124.44
5	0.2000	-1.4999	0.72	217.35	176.46	258.24
10	0.1000	-2.2504	1.30	294.95	239.72	350.17
25	0.0400	-3.1985	2.04	392.99	318.52	467.45
50	0.0200	-3.9019	2.59	465.72	376.62	554.82
75	0.0133	-4.3108	2.91	507.99	410.30	605.69
100	0.0100	-4.6001	3.14	537.91	434.12	641.71
150	0.0067	-5.0073	3.45	580.01	467.60	692.43
200	0.0050	-5.2958	3.68	609.85	491.30	728.39
300	0.0033	-5.7021	4.00	651.86	524.67	779.04
400	0.0025	-5.9902	4.22	681.65	548.32	814.97
500	0.0020	-6.2136	4.39	704.74	566.65	842.84
1000	0.0010	-6.9073	4.94	776.47	623.55	929.39

DISTRIBUCION LOG - PEARSON III O GAMA DE TRES PARAMETROS

Parametros Estadisticos	
Campo Normal	
N =	68.00
C _S =	4.51
C _V =	1.09
Campo Transformado	
Q _Y =	4.78
S _Y =	0.90
C _{S_Y} =	-0.85
K = F'(1-1/T _R)	
K = F'	0.9800
Z =	2.05
Z ² -1 =	3.22
Z ³ -6Z =	-3.66
C _S /6 =	-0.14
K _T =	1.581
Q _{ESP} = Exp(Q _Y + K _T S _Y)	
Q_{ESP} =	493.05
Intervalo de Confianza	
377.00	644.81
Factor de Frecuencia	



$$K_T = Z + (Z^2 - 1) \left(\frac{C_S}{6}\right) + \left(\frac{1}{3}\right) (Z^3 - 6Z) \left(\frac{C_S}{6}\right)^2 - (Z^2 - 1) \left(\frac{C_S}{6}\right)^3 + Z \left(\frac{C_S}{6}\right)^4 + \left(\frac{1}{3}\right) \left(\frac{C_S}{6}\right)^5$$

T _R (Años)	Probabilidad	Z	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.0000	0.1393	135.28	113.02	161.91
5	0.2000	0.8416	0.8526	256.45	208.11	316.02
10	0.1000	1.2816	1.1549	336.31	266.96	423.68
25	0.0400	1.7507	1.4290	430.03	333.47	554.55
50	0.0200	2.0537	1.5815	493.05	377.00	644.81
75	0.0133	2.2164	1.6558	527.04	400.15	694.16
100	0.0100	2.3263	1.7033	549.94	415.63	727.66
150	0.0067	2.4747	1.7637	580.59	436.20	772.78
200	0.0050	2.5758	1.8027	601.22	449.96	803.34
300	0.0033	2.7131	1.8527	628.80	468.25	844.40
400	0.0025	2.8070	1.8851	647.34	480.49	872.14
500	0.0020	2.8782	1.9087	661.16	489.57	892.90
1000	0.0010	3.0902	1.9741	701.11	515.69	953.20

Anexo 2: Cálculos hidráulicos

DATOS					
Proyecto:	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD				
Ubicación:	Río Moche				
Progresivas	Km 1+400.00 - Km 3+400.00				
RÍO MOCHE					
PROGRESIVA INICIAL (Km)	PROGRESIVA FINAL (Km)	PENDIENTE (S)	Qdiseño(m³/s)	MUESTREO	
				D50 (mm)	D90 (mm)
1+400.00	3+400.00	0.0295	479.38	35.00	42.00

RESUMEN DE LOS CÁLCULOS DE SOCAVACIÓN GENERAL			
Proyecto:	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD		
Ubicación:	Río Moche		
Progresivas:	Km 1+400.00 - Km 3+400.00		
PROGRESIVA INICIAL (Km)	PROGRESIVA FINAL (Km)	PENDIENTE (m/m)	PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (m)
1+400.00	3+400.00	0.0295	1.74

RESUMEN														
Proyecto:	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD													
Ubicación	Río Moche													
Progresivas:	Km 1+400.00 - Km 3+400.00													
PROGRESIVA INICIAL (Km)	PROGRESIVA FINAL (Km)	PENDIENTE (m/m)	ANCHO ESTABLE (B) (m)	TIRANTE (m) (y)	VELOCIDAD (m/s) (V)	RADIO HIDRÁULICO (m) (R)	CARGA DE VELOCIDAD (m) (e)	PROFUNDIDAD HIDRÁULICA MEDIA (m) (Ym)	NÚMERO DE FROUDE (F)	TIPO DE FLUJO	ALTURA DE DIQUE (m)	ANCHO DE CORONA (m)	TALUD	
1+400.00	3+400.00	0.0295	60.00	1.41	5.22	1.34	1.39	1.48	1.37	SUPERCRÍTICO	3.00	4.00	1:20:1	1:50:1

CÁLCULO DEL ANCHO ESTABLE (B)					
Proyecto :	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD				
Ubicación :	Río Moche				
Progresivas :	Km 1+400.00 - Km 3+400.00				
Q diseño (m³/s)	Pendiente (m/m)	MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON) $B = 0.9K1 Q^{0.512}$			
479.38	0.0295	Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75	34.48	
		Descripción	K1		
		Fondo y orillas de arena	3.50		
		Fondo de arena y orillas cohesivas	2.60		
		Fondo y orillas cohesivas	2.20		
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	1.75		
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm≤Cs≤8000 ppm	1.70		
		MÉTODO DE SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ) $B = 0.9K1 Q^{0.512}$			
		Condiciones de fondo de río (K1)	K1	B (m)	
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	62.27	
		Descripción	K1		
		Fondo y orillas de arena	6.30		
		Fondo de arena y orillas cohesivas	4.74		
		Fondo y orillas cohesivas	3.96		
		Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16		
		Igual que 2 pero con mucho transporte 2000 ppm≤Cs≤8000 ppm	3.09		
		MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING $B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$			
		Rugosidad de Manning (n)	n	B (m)	
		Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040	55.87	
Descripción	n				
Cauces con fondo sólido sin irregularidades	0.025				
Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030				
Cauces de ríos con vegetación	0.029				
Cauces naturales con derrubio o irregularidades	0.033				
Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo	0.035				
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040				
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.050				
Coefficiente de Material de Cauce (K)	K				
Valor práctico (10)	10.00				
Descripción	K				
Material de cauce muy resistente (3 a 4)	3.00				
Material fácilmente erosionable (16 a 20)	16.00				
Material aluvial (8 a 12)	12.00				
Valor práctico (10)	10.00				
Coefficiente de tipo de río (m)	m				
Para cauces aluviales	1.00				
Descripción	m				
Para ríos de montaña	0.50				
Para cauces arenosos	0.70				
Para cauces aluviales	1.00				
MÉTODO DE BLENCH $B = 1.81(Q F_p/F_s)^{1/2}$					
Factor de Fondo (Fb)	Fb	B (m)			
Material Grueso	1.20	137.28			
Descripción	Fb				
Material Fino	0.80				
Material Grueso	1.20				
Factor de Orilla (Fs)	Fs				
Materiales poco cohesivo, como arena	0.10				
Descripción	Fs				
Materiales poco cohesivo, como arena	0.10				
Materiales medianamente cohesivo	0.20				
Materiales muy cohesivo, como arcilla	0.30				
MÉTODO DE LACEY $B = m Q^n$					
m	4.83	B (m)			
n	0.50	105.75			
RESUMEN					
MÉTODO	ANCHO ESTABLE (B)				
SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)	34.48				
SIMONS Y ALBERTSON (MAZA ÁLVAREZ)	62.27				
ALTUNIN - MANNING	55.87				
BLENCH	137.28				
LACEY	105.75				
PROMEDIO	79.13				
SE ADOPTA	60.00				

CÁLCULOS HIDRÁULICOS						
Proyecto:	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD					
Ubicación:	Río Moche					
Progresivas:	Km 1+400.00 - Km 3+400.00					
TIRANTE (y)						
FÓRMULA DE MANNING - STRICKLER						
$y = ((Q)/(K_s \cdot B \cdot S^{1/2}))^{3/5}$						
Qdiseño(m³/s)	Valores para Ks para Cauces Naturales		Ks	y(m)		
479.38	Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza		25	1.45		
Pendiente (m/m) 0.0295	Descripción		Ks			
	Cauces con fondo sólido sin irregularidades		40			
	Cauces de ríos con acarreo irregular		33			
Ancho Estable (m) (B) 60.00	Cauces de ríos con vegetación		35			
	Cauces naturales con derrubio e irregularidades		30			
	Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo		28			
	Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza		25			
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil		20				
VELOCIDAD MEDIA (V)						
FÓRMULA DE MANNING						
$V = (R^{2/3} \cdot S^{1/2})/n$						
Talud (Z)	2	Valores de rugosidad de Manning (n)		V (m/s)		
Área Hidráulica (m²) A=(B+Z)y	91.3	Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza		5.30		
		Descripción			n	
Perímetro Mojado (m) P = B+2y* (1+Z)¹/²	66.49	Cauces con fondo sólido sin irregularidades				
		Cauces de ríos con acarreo irregular			0.030	
		Cauces de ríos con vegetación			0.029	
Radio Hidráulico (m) R=A/P	1.37	Cauces naturales con derrubio e irregularidades				
		Cauces de ríos con fuerte transporte de acarreo			0.033	
e = V²/2g (m)	1.43	Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza				
		Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil			0.040	
					0.050	
NÚMERO DE FROUDE (F)						
$F = V/(g \cdot Y_m)^{1/2}$						
Aceleración de la gravedad (m/s²)	9.81	F		TIPO DE FLUJO		
Profundidad Hidráulica media (m) Ym =A/B	1.52	1.37		SUPERCRÍTICO		
ALTURA DE DIQUE						
Qdiseño (m³/s)		ϕ		ϕ	Borde Libre (BL) (m)	Altura de Dique (m)
3000.00	4000.00	2.00		1.10	1.58	3.00
2000.00	3000.00	1.70				
1000.00	2000.00	1.40				
500.00	1000.00	1.20				
100.00	500.00	1.10				
ANCHO DE CORONA (m)						
4.00						
TALUD (Z)						
Talud del Dique	H		V			
Húmedo	2		1			
Seco	1.5		1			

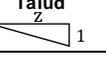
CÁLCULO DE SOCAVACIÓN GENERAL													
Proyecto:	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD												
Ubicación:	Río Moche												
Progresivas:	Km 1+400.00 - Km 3+400.00												
Tabla N°1 :Coeficiente de Contraccion, μ													
Velocidad media (m/s)	Longitud libre entre los estribos												
	10.00	13.00	16.00	18.00	21.00	25.00	30.00	42.00	52.00	63.00	106.00	124.00	200.00
0.1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
10	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Tabla N°2: Valores del Coeficiente β		
Probabilidad de Retorno (%)	Periodo de Retorno (Años)	Coeficiente β
100.00	1.00	0.77
50.00	2.00	0.82
20.00	5.00	0.86
10.00	10.00	0.90
5.00	20.00	0.94
2.00	50.00	0.97
1.00	100.00	1.00
0.33	300.00	1.03
0.20	500.00	1.05
0.10	1,000.00	1.07

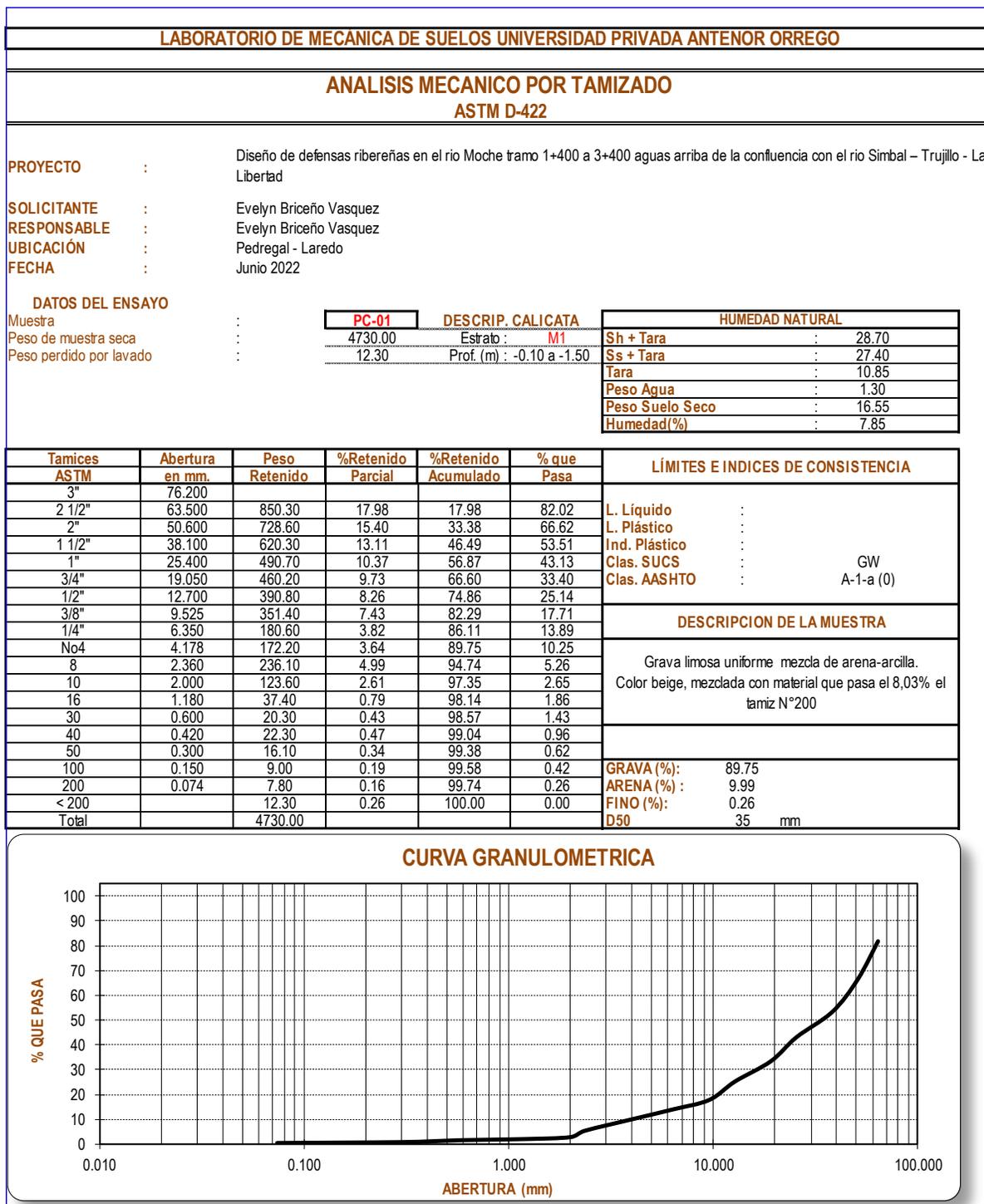
Tabla N° 3 : Selección de x en Suelos Cohesivos (Tn/m3) o Suelos No Cohesivos (mm)					
Peso volumétrico Tn/m3	Suelos Cohesivos		Suelos No Cohesivos		
	X	1/(X +1)	D (mm)	X	1/(X +1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
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			

CÁLCULO DE SOCAVACIÓN GENERAL					
Proyecto:	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD				
Ubicación:	Río Moche				
Progresivas:	Km 1+400.00 - Km 3+400.00				
MÉTODO DE MAZA Y ECHEVARRIA					
$H_s = 0.365 \cdot (Q^{0.784} / B^{0.784} \cdot D_{50}^{0.157})$					
Qdiseño(m³/s)	479.38	Ancho Estable (m) (B)	Tirante (m) (y)	Hs (m)	Profundidad de socavación (m)
D50 (m)	0.03500	60.00	1.45	3.15	1.70
Tabla N°4: Clasificación Según el Tamaño de Partículas					
Tamaño (mm)			Tipo de material		
4000	-	2000	Canto rodado muy grande		
2000	-	1000	Canto rodado grande		
1000	-	500	Canto rodado medio		
500	-	250	Canto rodado pequeño		
250	-	130	Cascajo grande		
130	-	64	Cascajo pequeño		
64	-	32	Grava muy gruesa		
32	-	16	Grava gruesa		
16	-	8	Grava media		
8	-	4	Grava fina		
4	-	2	Grava muy fina		
2	-	1	Arena muy gruesa		
1	-	0.500	Arena gruesa		
0.500	-	0.250	Arena media		
0.250	-	0.125	Arena fina		
0.125	-	0.062	Arena muy fina		
0.062	-	0.031	Limo grueso		
0.031	-	0.016	Limo medio		
0.016	-	0.008	Limo fino		
0.008	-	0.004	Limo muy fino		
0.004	-	0.002	Arcilla gruesa		
0.002	-	0.001	Arcilla media		
0.001	-	0.0005	Arcilla fina		
0.0005	-	0.00024	Arcilla muy fina		
Diametro medio (D₅₀) (mm) =	<input type="text" value="35.00"/>		=====>	<input type="text" value="Grava muy gruesa"/>	
	<input type="text" value="Material :"/>		=====>	<input type="text" value="NO COHESIVO"/>	

CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DE UÑA			
Proyecto:	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD		
Ubicación:	Río Moche		
Progresivas:	Km 1+400.00 - Km 3+400.00		
PROFUNDIDAD DE UÑA Puña=Fs*Prof.Socavación			
Progresivas	Profundidad de Socavación (m)	Fs	Profundidad de uña
1+400.00 - 3+400.00	1.70	1.20	2.10

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE ROCA								
Proyecto:	DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MOCHE TRAMO 1+400 A 3+400 AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO SIMBAL – TRUJILLO - LA LIBERTAD							
Ubicación:	Río Moche							
FÓRMULA DE MAYNORD								
$d50 = t^*C1^*F^3$								
Progresivas	Tirante	Velocidad Media	Coeficiente (C1)		Coeficiente por ubicación de roca (C2)		$F = C_2 V / (g y)^{0.5}$	d
			Tipo	C1	Tipo	C2		
1+400.00 - 3+400.00	1.45	5.30	Talud 1V: 2H	0.32	Tamos rectos	1.25	1.757	2.52
FÓRMULA DE LOPARDO -ESTELLÉ								
$\frac{V}{\sqrt{g*\Delta*d}} = 1.3 * \left(\frac{H}{d}\right)^{\frac{1}{6}} * \left(1 - \left(\frac{\sin\theta}{\sin\phi}\right)^2\right)^{\frac{1}{4}}$								
Progresivas	Tirante	Velocidad Media	F	ϕ	Talud 	θ	Δ	d
1+400.00 - 3+400.00	1.45	5.30	1.37	45.00 °	2.00	2 6.57 °	1.65	1.27
FORMULA DE CALIFORNIA DIVISION OF HIGHWAYS								
$\frac{V}{\sqrt{g*\Delta*d}} = 1.92 * [\sin(\phi-\theta)]^{\frac{1}{2}}$								
Progresivas	Tirante	Velocidad Media	ϕ	Talud 	θ	Δ	d	
1+400.00 - 3+400.00	1.45	5.30	45.00 °	2.00	2 6.57 °	1.65	1.49	

Anexo 3: Granulometría del fondo del cauce



IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Reglamento De Grados Y Títulos, (2020), *Esquema De Proyecto De Tesis* – Facultad De Ingeniería Civil -UPAO.
- Portilla Castillo, V., & Chacon Yupanqui, L. (2017). *Diseño Y Simulación Del Comportamiento Hidraulico De Muros De Contención Y Gaviones En El Cauce Del Rio Tingo En El Anexo Vijus -Pataz*. Trujillo: UPAO.
- Alvaro , A., & Fasanando, H. (2014). *Diseño Hidraulico Y Estructural De Defensa Ribereña Del Rio Chuquillanqui Tramo Puente Punta Moreno – Pampas De Jaguey Aplicando El Programa River*. Trujillo: UPAO.
- Corimanya Timoteo, Milagros Katherin.(2018). *Diseño De Defensas Ribereñas En El Rio Chili, Para El Tramo Comprendido Entre El Poblado De Chusicani Y Arancota, Distrito De Sachaca, En Una Longitud De 1.3km*. Arequipa-UNAS
- Mohammad Naghi Namakforoosh (2013). *Metodología De La Investigación*, Segunda Edición. México, Limusa, S.A. De C.V.
- Lily Rocio Vasquez Chavez .(2018). *Diseño De Defensas Ribereñas Y Su Aplicación En El Cause Del Rio La Leche, Distrito De Pacora – Lambayeque*. Chiclayo-UCSTM
- Cegarra, J (2011). *Metodología De La Investigación Científica Y Tecnológica*. Edición Díaz De Santos S.A
- Juan P. Martin Vide, (2001). *Ingeniería De Ríos*. Mexico
- Rodríguez Zubiate, (2004) *Diques De Tierra Y Enrocado*
- Camargo, J. E., Franco, V. (1996). *Cap. 2 del Manual de Ingeniería de Ríos. Adquisición de Datos*. México, Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Vide, J. M. (2002). *Ingeniería de Ríos (UPC)*. BARCELONA.
- Villón, M. (2007). *Hidrología Estadística*. (1° Edición; Villón, Ed.). Lima.

Rocha, A. (1998). *Introducción A La Hidráulica Fluvial*. Primera Ed; UNI, Ed.

Rocha, A. (2003). *La Bocatoma, Clave Un Proyecto De Aprovechamiento Hidráulico*.

Revista Ingeniería Civil, 27. Recuperado de http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

Autoridad Nacional Del Agua (ANA). (2010). *Criterios De Diseño De Obras Hidráulicas*.

Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-diseños-](http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-diseños-1.pdf?fbclid=IwAR3SRs91fBbuUi7EjKWn1xr6nMSpa5VUSF_JK1FnuaB7aQ3CD6FrY)

[1.pdf?fbclid=IwAR3SRs91fBbuUi7EjKWn1xr6nMSpa5VUSF_JK1FnuaB7aQ3CD6FrY](http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-diseños-1.pdf?fbclid=IwAR3SRs91fBbuUi7EjKWn1xr6nMSpa5VUSF_JK1FnuaB7aQ3CD6FrY)
RlteYs

Instituto Nacional De Defensa Civil (INDECI). (2011). *Manual De Estimación Del Riesgo Ante*

Inundaciones Fluviales. Recuperado de

<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1743/doc1743-contenido.pdf>