

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA DEL RÍO REQUE,
TRAMO: CENTRO POBLADO LA CALERA 2 – BOCATOMA
MONSEFÚ-REQUE, DISTRITO DE REQUE, PROVINCIA DE
CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2017**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

AUTORA

PAULA CLARIBEL DEL PILAR ARENAS VILLALOBOS

ASESOR

Ing. JOAQUÍN HERNÁN ROJAS OBLITAS

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

A mi mamá Sisy, por las enseñanzas que me diste desde niña: siempre amar la vida y dar todo por salir adelante, sabemos que el camino no es fácil, pero cada pequeña victoria es grande.

A mi abuelo Antenor, por inspirarme a seguir esta carrera, y enseñarme las virtudes de ser fuerte, tener paciencia para alcanzar tus objetivos y entender que el trabajo que se hace bien dará buenos frutos.

A mi abuela Clara, por el gran ejemplo de la mujer fuerte e incansable, del que he sido testigo en mis años de vida.

EPÍGRAFE

“El truco consiste en que no te importe lo que todo el mundo piense de ti, sino solo lo que piensen las personas correctas” – Brian Michael Bendis.

“De nosotros depende hacer lo mejor de las cosas que se vendrán en nuestro camino.” – Noel Gallagher – The
Masterplan

“El impulso de guardarte para ti mismo lo que has aprendido no solo es reprobable: es destructivo. Lo que no das de manera gratuita y generosa, lo pierdes. Cuando lo abras solo encontraras cenizas”- Annie Dillard

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por acompañarme en cada momento de mi vida, sé que siempre has estado ahí,
dándome esa inexplicable fuerza de seguir adelante.

A mi mamá Sisy, porque nunca dejaste de confiar en mí, y darme la seguridad necesaria
para terminar lo iniciado.

A mi abuelo Antenor, por el apoyo incondicional durante todo el desarrollo de esta tesis,
nuestros viajes a Reque, realizar la topografía; hasta darme ánimos con sus historias de viajes
pasados.

A mi asesor Ing. Joaquín Rojas, por su amabilidad y gentileza al brindarme sus enseñanzas
y consejos al momento de realizar el presente trabajo.

A mi Universidad, porque en ella aprendí a superar mis debilidades y a convertirlas en
fortalezas para superarme y crecer como ser humano.

RESUMEN

Después del último fenómeno meteorológico “El Niño” ocurrido en 2017, el departamento de Lambayeque resultó siendo el más afectado de todo el país, registrando 52 mil 861 personas damnificados y un total de 30 millones de soles en pérdidas; frente a esta situación problemática se propuso como objetivo principal el análisis y diseño de la defensa ribereña del Río Reque en el tramo Bocatoma Monsefú – Reque hasta el Centro Poblado La Calera 2 como una solución para evitar pérdidas humanas, económicas y de infraestructura; para su realización primero se gestionó con las autoridades y pobladores de la zona los permisos para acceder a la zona y realizar los estudios respectivos, los mismos que tuvieron los siguientes resultados: el lecho del río tiene un relieve plano con pendientes que no superan el 5%, el tipo de suelo predominante es arena pobremente graduada (SP). Para el diseño se consideró usar un tipo de defensa de enrocado para un caudal máximo de 2100 m³/s, obteniendo las siguientes dimensiones: en las progresivas 0+000 – 2+940 y 3+800 – 5+534 m., la defensa tiene una altura de 6.60 m. para un ancho estable de 90 metros y en las progresivas 2+960 – 3+790 m. tiene una altura de 5.40 m. para un ancho estable de 120 metros, la piedra elegida para el enrocado es de tipo granodiorita con un D₅₀= 0.45 m. y para el filtro es de tipo canto rodado con un D₅₀=1 ½”. Finalmente, se comprobaron que las velocidades, niveles de agua y las tensiones de fondo de la defensa ribereña no excedieron los límites permitidos, mediante la realización del modelamiento hidráulico del proyecto en el software IBER, el cual permitió analizar desde un punto de vista técnico la situación más crítica ante una máxima crecida. El presupuesto total del proyecto es de S/41,082,996.27 soles (Cuarenta y uno Millones ochenta y dos mil novecientos noventa y seis soles con veintisiete céntimos) al 01 de septiembre del 2019 para un plazo de 464 días calendario, esto es, cumpliéndose todas las medidas preventivas del plan de mitigación ambiental en obra, las mismas que contemplan que la ejecución del proyecto no provocará un impacto negativo.

Palabras clave: inundación, socavación, modelamiento hidráulico, enrocado, defensa ribereña.

ABSTRACT

After the last “El Niño” meteorological phenomenon that occurred in 2017, the Department of Lambayeque was the most affected in the whole country, registering 52,861 victims and a total of 30 million soles in losses; In the face of this problematic situation, the analysis and design of the riverside defense of the Reque River on the Bocatoma Monsefú - Reque section to the La Calera 2 Town Center was proposed as a solution to avoid human, economic and infrastructure losses; For its realization, the permits to access the area and carry out the respective studies were first managed with the authorities and residents of the area, which had the following results: the riverbed has a flat relief with slopes that do not exceed 5 %, the predominant soil type is poorly graded sand (SP). For the design it was considered to use a type of casing defense for a maximum flow of 2100 m³ / s, obtaining the following dimensions: in the progressive 0 + 000 - 2 + 940 and 3 + 800 - 5 + 534 m., The defense It has a height of 6.60 m. for a stable width of 90 meters and in the progressive 2 + 960 - 3 + 790 m. It has a height of 5.40 m. for a stable width of 120 meters, the stone chosen for the castling is of granodiorite type with a D50 = 0.45 m. and for the filter it is of type boulder with a D50 = 1 ½ ”. Finally, it was found that the velocities, water levels and background tensions of the riverine defense did not exceed the permitted limits, by performing the hydraulic modeling of the project in the IBER software, which allowed to analyze from a technical point of view the most critical situation before a maximum flood. The total budget of the project is S / 41,082,996.27 soles (Forty-one Million eighty-two thousand nine hundred and ninety-six soles with twenty-seven cents) as of September 1, 2019 for a period of 464 calendar days, that is, all measures being met preventive environmental mitigation plan on site, which contemplate that the implementation of the project will not cause a negative impact.

Keywords: flooding, undermining, hydraulic modeling, rock, river defense.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases Teórico Científicas.....	6
III. METODOLOGÍA	8
3.1. Tipo de investigación.....	8
3.2. Población, muestra y muestreo	8
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	8
3.3.1. Técnicas.....	8
3.3.2. Instrumentos.....	11
3.4. Plan de procesamiento de datos	12
3.4.1. Fase I.....	12
3.4.2. Fase II	12
3.4.3. Fase III.....	13
3.4.4. Fase III.....	13
3.5. Procedimientos	13
3.5.1. Selección del tipo de defensa ribereña	13
3.5.2. Estudio topográfico.....	14
3.5.3. Estudio de Mecánica de Suelos:	14
3.5.4. Estudio de canteras.....	15
3.5.5. Estudio hidrológico.....	16
3.5.6. Evaluación de impacto ambiental	17
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	28
VI. CONCLUSIONES	30

VII. RECOMENDACIONES	32
VIII. BIBLIOGRAFÍA	33
IX. ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. PUNTOS BM DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	14
TABLA II. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO POR CALICATA	23
TABLA III. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO POR SPT.....	25
TABLA IV. DIMENSIONES DE LA DEFENSA RIBEREÑA	26

I. INTRODUCCIÓN

El planeta tierra actualmente sufre una contaminación a gran escala dentro de su atmósfera, desde la tan lejana primera revolución industrial en 1750, hasta nuestros días, en donde, el plástico al no degradarse dentro del medio ambiente, permanece durante varios años, desencadenando así el fenómeno del calentamiento global.

El calentamiento global trae consigo cambios dentro de las actividades humanas, el equilibrio ecológico, la estabilidad ambiental y el ciclo hidrológico, siendo ejemplo de este último la desaparición de glaciares en lugares como la Cordillera de los Andes y el Himalaya. Debido a ello, por un lado, encontramos la disminución de la fuente permanente de agua potable y riego agrícola para millones de personas y, por otro, la corriente de Humboldt atrae desastres naturales relacionados con el clima; tales como inundaciones, sequías, tormentas, fuertes precipitaciones, cambios bruscos de temperatura; los cuáles han obligado a más de 100 millones de personas a dejar sus hogares desde el año 2017 [1].

El aumento de temperatura provoca una variación en el régimen de precipitaciones basándose en el principio de que, al tener una mayor concentración de energía dentro de la atmósfera, esta se manifiesta en un incremento del vapor de agua, que posteriormente deriva en lluvias a nivel mundial, esto se corroboró mediante datos de las lluvias registrados durante medio siglo en el hemisferio norte, los mismos señalan que las inundaciones se duplicaron, haciendo de este un evento imprevisible y con tendencia a ser más frecuente a través del tiempo [2].

Las inundaciones en el Perú son un problema recurrente de cada año, debido a la estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, la cual tiene una época seca y una de lluvia, en esta última, de diciembre a marzo los caudales de ríos que bajan de la región andina a la costa aumentan varias veces su magnitud, desbordándose y causando daños en ciudades de la costa, específicamente, en la zona norte del país como: Tumbes, Piura y Lambayeque [3].

El fenómeno “El Niño” se debe al arribo de la onda Kelvin (masa de agua cálida) a la costa peruana, lo cual, sumado al calentamiento estacional, originaría lluvias de 35 a 60 litros por metro cuadrado en las partes medias y bajas de Tumbes y Piura, así como de 20 litros por metro cuadrado en el caso de Lambayeque, lo cual pondría en riesgo a más de 30 000 familias en el departamento [4].

La Costa de nuestro país sufrió en numerosas ocasiones las fatales consecuencias del fenómeno “El Niño” en nuestras costas, las mismas que originaron grandes pérdidas económicas y sociales en los años de 1925, 1983, 1998 y recientemente en 2017.

Estudios recientes [5], demostraron que el período de retorno de este fenómeno es variable, entre 7 a 10 años aproximadamente, lo cual hace que sea difícil para los pobladores tomar medidas preventivas ante este tipo de eventos, haciéndolos propensos de sufrir pérdidas humanas y/o materiales.

Sumado a esto, las autoridades municipales no actúan a favor de la población, desatendiéndose de medidas de prevención en casos de emergencia, y en este caso, la elaboración de estructuras de control del río para que comunidades más alejadas de la ciudad, como el Centro Poblado La Calera 2, tengan la seguridad de no perder gran parte de sus cosechas y tener el tiempo suficiente para ponerse a salvo e ir al centro de salud más cercano en caso de emergencia.

El Centro Poblado La Calera 2 tiene alrededor de 400 hectáreas de cultivo, de entre los cuáles sobresale: la caña de azúcar, maíz, menestras y espárragos, además de ganadería, según lo contado por los propios pobladores y agricultores, estos productos son en su mayoría para autoconsumo y exportación (espárrago), pero durante cierto tiempo existe el peligro de los impredecibles desbordamiento del Río Reque, que les lleva parte de su terrenos de cultivo (entre 15 a 20 has), y en algunos casos, hasta sus viviendas.

Se estimó que, en el año 2017, el 20% de los habitantes de este centro poblado perdieron sus viviendas, producto de la inundación que azotó al pueblo y, además, los dejó en un constante peligro debido a que durante este incidente el terreno colapsó en ciertas partes.

El tramo del río Reque vulnerable a inundaciones bordea este centro poblado, y comprende una longitud de aproximadamente 5 km; desde la coordenada E: 638918.00 m y S: 9246703.00 m hasta el fin del proyecto en E: 635841.32 m y S: 9245133.06 m.

Por lo que, de ocurrir un evento de similar magnitud a lo ocurrido en años anteriores, se podrían generar daños que conduzcan a un estancamiento económico en la actividad productiva, además de un descenso en el nivel de ingreso, deterioro de la calidad de vida de la población cercana a este tramo de estudio, desabastecimiento de productos alimenticios, de bienes y de insumos básicos, pérdida de empleos, entre otros.

Es por ello que el proyecto se justifica en lo siguiente:

Desde el punto de vista técnico, aplica los conocimientos hidráulicos que favorecen el diseño de estructuras de control para el manejo de grandes precipitaciones fluviales, previniendo desbordes e inundaciones del Río Reque, evitando así la pérdida de ganado, cultivos agrícolas y viviendas.

Desde el punto de vista social, mejora la calidad de vida de los pobladores aledaños a la zona afectada y evitó la proliferación de insectos como zancudos y enfermedades como el dengue.

Desde el punto de vista económico, disminuye el riesgo en la pérdida de producción agrícola, viviendas, infraestructura de salud y educativa, puesto que, en caso de haber una crecida similar a la del Fenómeno del Niño de 1998, traería grandes pérdidas económicas para los pobladores de la zona en riesgo.

Considerando lo expuesto, y para tener un orden en el desarrollo del proyecto se planteó como objetivo general: analizar y diseñar la defensa ribereña del Río Reque, Tramo Centro Poblado La Calera 2 – Bocatoma Monsefú Reque, Distrito de Reque, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, para ello se debe cumplir con los siguientes objetivos específicos: realizar los estudios de topografía, mecánica de suelos e hidrología, evaluar las alternativas de diseño de Defensa Ribereña, y el impacto ambiental de las actividades del proyecto ejecutadas durante y después dentro de la zona, realizar el presupuesto y cronograma de obra y el modelamiento hidráulico del proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En la realización de la tesis se consideraron los siguientes antecedentes:

A. Aguilar y L. Henriquez, Diseño Hidráulico y Estructural de la Defensa Ribereña del Río Chicama Tramo Puente Punta Moreno – Pampas de Jagüey aplicando el programa River, Tesis de Pregrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú, 2014.

Este proyecto de investigación se desarrolla con el objetivo de dar seguridad y protección las áreas de cultivo emplazadas a lo largo de la margen izquierda el Río Chicama, así como para proteger la carretera que discurre por la margen izquierda, contra las frecuentes desbordamientos del río; es por ello que el autor propone el diseño de defensa ribereña del Río Chicama en el tramo Punta Moreno, Pampas de Jagüey, con ayuda de estudios básicos de ingeniería y metodologías de diseño existentes aplicando el programa RIVER.

J. Peláez y L. Aragón, Plan de Gestión para los servicios de consultoría para proyectos de defensas en la región Cusco, Tesis de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, 2014.

Este plan de gestión desarrolla una propuesta de administración de riesgos en función a los proyectos que incorporen técnicas y herramientas adecuadas para maximizar el valor de la inversión del cliente en proyectos de defensas ribereñas dentro de la Región de Cusco. Para ello, se siguió la metodología propuesta por el PMI que presenta un capítulo de Gestión de Riesgos, en el cual se evalúan cualitativamente (tiempo, costo y calidad). Para la evaluación de riesgos se tuvo como base la revisión documentaria, con el fin de efectuar un análisis de afinidad para obtener una lista final.

J. Galecio, Diseño de Defensas Ribereñas del Río Piura en el Tramo Presa Los Tejidos – Puente Cáceres, Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Piura, Perú, 2014.

Este proyecto de investigación describe el comportamiento y problemática del Río Piura, mostrando la información necesaria para el estudio: hidrología, niveles típicos, precipitación, topografía, sedimentología, geología y geotecnia, la cual contempla los parámetros hidrológicos, sedimentológicos e hidráulicos que influyen dentro del

funcionamiento de la estructura de protección; evalúa los sistemas de protección ribereña más usados en el mundo, luego, selecciona la alternativa más adecuada para la zona de estudio según ciertas condiciones y criterios técnico – económicos y finalmente, elabora el diseño de la alternativa seleccionada y da algunas recomendaciones para el mantenimiento de la protección ribereña.

Ministerio de Defensa. *Comportamiento Agroclimático y Pronóstico de Lluvias para las Cuencas del Río Chancay – Lambayeque, Jequetepeque, Rimac, Pampas y Apurímac. Proyecto: Pronóstico de Sequías a Nivel Cuencas para Programas de Prevención. Perú: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2010.*

Según este estudio, en la cuenca del Chancay- Lambayeque, las estaciones de Chancay Baños y Santa Cruz el índice de humedad fue de 0.8, adecuada para el cultivo de maíz. El acumulado de precipitación del mes fue 118,3 mm y 103,3 mm, respectivamente. La estación de Jayanca presentó sequías ligeras, las estaciones de Santa Cruz y Tinajones sequía moderada y la estación de Llama presentó una sequía severa; solo la estación de Reque mostró condiciones normales. Las lluvias en las zonas altas de la cuenca fueron superiores a su normal, sin embargo, los terrenos de la cuenca aún no están con la humedad necesaria para el desarrollo adecuado de los cultivos.

H. Pantoja (2004, abril 3). *El Evento el Niño – Oscilación Sur 1997 – 1998: Su impacto en el Departamento de Lambayeque (Perú). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) [Online]. Available: <https://www.tiempo.com/ram/1472/el-evento-el-nio-oscilacion-sur-1997-1998-su-impacto-en-el-departamento-de-lambayeque-peru-parte-ii/>*

Según este estudio, el evento ENOS 1997 – 1998, fue uno de los más intensos del siglo XX, llegó a impactar notablemente en la colectividad y sobre gran parte de los principales sectores económicos del país por sus severos daños. Así al llover intensamente en la costa norte entre diciembre 1997 – abril 1998, se elevaron los caudales en los principales ríos costeros lo cual generó excepcionales inundaciones, sobre todo lo costa norte. El Instituto Nacional de Estadística (INEI), estimó 51 muertos, 137 heridos, una población afectada de 152,305 habitantes, 16,960 familias afectadas, 14,447 viviendas afectadas, 4,700 ha de cultivos destruidos y 150 ha de cultivos afectados.

2.2. Bases Teórico Científicas

Manual River: Diseño de defensas ribereñas. Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación – PERPEC [Online]. (2016, junio 7). Available: <http://www.irhperu.com/manuales/diseo-de-defensas-ribereas-manual-river-ana>

Este manual es una guía de uso del programa RIVER, dirigido a profesionales e instituciones involucradas en el diseño de obras para protección de cauces o defensas ribereñas. Además, este programa permite calcular el caudal de diseño usando los métodos estadísticos tales como: Log Normal, Gumbel y Pearson, de forma rápida y sencilla, ingresando parámetros como el tiempo de retorno, tirante, registro de caudales por año, y la máxima eficiencia. También se pueden diseñar defensas enrocadas (Diques laterales y Espigones) y canales.

A. Rocha, *Introducción a la Hidráulica de Obras Viales*. Tercera Edición. Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2015.

En este libro, el autor nos indica las consideraciones que se deben tener para el diseño de espigones, así como las ventajas y desventajas, como herramientas para la protección ante inundaciones o desbordes de ríos, causadas por desastres naturales como el Fenómeno del Niño o grandes precipitaciones, con el fin de controlar la dinámica fluvial y manejar el encauzamiento del río.

J. Suárez, *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. Primera Edición. Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2001.

Este libro resume los modelos conceptuales y matemáticos de los mecanismos de erosión y de las prácticas de ingeniería para el control de la erosión. La erosión y sedimentación son los procesos que más daño han causado al medio ambiente tropical, es por ello, que surge la necesidad de este libro para llenar ese vacío que deja el avance de la tecnología sobre el control de la erosión.

T. Velásquez, *Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas*. Primera Edición. Perú: Ministerio de Economía y Finanzas, 2006.

En esta guía, nos indica las consideraciones generales de la estructura general para el desarrollo de un proyecto de protección y/o control de inundaciones, para el cual se han

agregado unos conocimientos adicionales sobre el análisis de las obras de protección y/o control de inundaciones, en lo que respecta al tema al diseño de la estructura de encauzamiento, integrando propuestas integrales.

Manual de Hidrología y Drenaje. Perú – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2012.

Es un documento que sirve de guía para obtener los parámetros hidrológicos e hidráulicos necesarios para el diseño de estructuras de drenaje vial y obras de protección para la infraestructura vial. Para ello, este libro nos proporciona criterios y metodologías para el estudio de la cuenca hidrológica, y la posterior obtención del caudal de diseño. Teniendo en cuenta la variación en las condiciones de cada proyecto vial o hidráulico.

Iber Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas Manual básico de usuario [Online]. (2010, junio 7). Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Available: hispagua.cedex.es/sites/default/files/cursoliberal.pdf

Es una guía que contiene las operaciones básicas del programa IBER. Este programa tiene la capacidad de realizar la simulación hidráulica del proyecto en una situación de máxima crecida del desplazamiento del fluido en 2D, antes, para ello se deben ingresar el modelo en 3D del proyecto, así como los datos obtenidos de la topografía y del estudio hidrológico, seguidamente se deben realizar una serie de pasos contenidos en el pre-proceso y postproceso.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El proyecto denominado Análisis y Diseño la Defensa Ribereña del Río Reque, Tramo C.P. La Calera 2, Distrito de Reque, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, 2016, desarrolló los siguientes tipos de investigación:

De acuerdo al **diseño** de investigación es descriptiva, porque para solucionar la situación problemática, se hizo una descripción profunda de las características y condiciones actuales de la zona, a través de visitas de campo y una recolección de datos.

De acuerdo al **fin** que se persigue es aplicativa, porque se hizo una recopilación de datos e información relacionada al tema y posteriormente se procedió a realizar el diseño de las estructuras, cumpliendo con los objetivos trazados en el proyecto.

3.2. Población, muestra y muestreo

El principal elemento de estudio está constituido por la defensa ribereña de enrocado. Por tanto:

- La población es el área que abarca la cuenca del río Chancay Lambayeque.
- La muestra es el tramo de río Reque que comprende desde la Bocatoma Monsefú – Reque hasta el Centro Poblado La Calera 2, en dónde se desarrolla el proyecto de la defensa ribereña.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas

3.3.1.1. Estudio Topográfico

Es un procedimiento en el cual se levantan la mayor cantidad de puntos con sus respectivas coordenadas para reconocer la morfología y superficie de un terreno, y trasladar esa información a plano de curvas de nivel, perfiles longitudinales y secciones transversales.

3.3.1.2. Estudio de Mecánica de Suelos

3.3.1.2.1. Contenido de Humedad: NTP 339.127: 1998 (revisada el 2014)

Este ensayo determinó en laboratorio el contenido de agua (humedad) de una masa de suelo [6].

Su importancia radica en explicar el comportamiento de un suelo (especialmente los finos), ante cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica, etc., [6].

$$w = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100 \quad (1)$$

Dónde:

W= contenido de humedad expresado en porcentaje (%)

Ww= peso del agua presente en la muestra de suelo

Ws= peso seco del suelo

3.3.1.2.2. Análisis granulométrico por tamizado: NTP 339:128 (revisada el 2014)

Es un proceso mecánico mediante el cual se clasifican las partículas de un suelo de acuerdo a sus diferentes tamaños, empleando tamices normalizados en orden decreciente hasta el tamiz N°200 (0.074 mm) [7].

Los tamices serán montados uno sobre otro, de tal manera, que se evite la pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001 (ASTM D 422).

3.3.1.2.3. Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos: NTP 339.129: 1999 (revisada en el 2014)

3.3.1.2.3.1. Límite Líquido

Representa el contenido de humedad expresado en el porcentaje del suelo secado en el horno, cuando este se halla entre el límite entre el estado plástico, y el estado líquido [8].

$$LL = w^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad (2)$$

Dónde:

N=Número de golpes que causa el cierre de la abertura para el contenido de humedad.

Wn=Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

3.3.1.2.3.2. Límite plástico

Representa la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos objetos se desmoronen, es decir, cuando este se halla entre el límite entre el estado sólido y el plástico [8].

$$LP = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100 \quad (3)$$

3.3.1.2.3.3. Índice de Plasticidad

Es la diferencia entre el límite líquido y límite plástico [8].

$$IP = LL - LP \quad (4)$$

Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso, por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso.

3.3.1.2.4. Corte Directo NTP 339.171:2002

Determina la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo a través de su cohesión, y de su ángulo de fricción interna, de esta manera, se puede calcular la capacidad de carga de un suelo para estabilidad de taludes con fines de cimentación [9].

3.3.1.2.5. Contenido de Sales NTP 339.177:2001

Determina la cantidad de sales en un extracto acuoso preparado usando una relación suelo-agua de 1:5 para la mezcla [10].

El método de ensayo que se indica es también conocido como determinación de sólidos disueltos en aguas (TDS).

3.3.1.2.6. Método de ensayo de penetración estándar NTP 339.133:199

Es un método de exploración geotécnica para obtener muestras de suelo con el fin de identificarlos y hacer los ensayos de laboratorio respectivos [11].

Consiste en la caída libre desde una altura de 76 cm (12 pulg.) de un martillo a través de una barra guía, el cual golpea a un cabezal conectado a un penetrómetro. Se necesita contar el número de golpes (N) necesarios para que este se hunda en el suelo 30 cm (12 pulg.), se le denomina resistencia a la penetración [11].

Para el cálculo de la capacidad portante, se disponen de muchas correlaciones que relacionan el valor de N (número de golpes) y el comportamiento del suelo de cimentación de la estructura.

3.3.1.2.7. Método de resistencia por abrasión en la Máquina de los Ángeles NTP 400.019: 2014

Este método es una medida de degradación de agregados minerales sometido a acciones de abrasión o desgaste, dentro de un tambor de acero en rotación que contiene un número de esferas de acero (el cual depende del tipo de gradación de la muestra de ensayo). Se ingresan la muestra y las bolas de acero, para hacerlas rotar dentro del tambor durante un número de revoluciones, posteriormente el agregado se retira del tambor y se tamiza para medir su degradación como porcentaje de pérdida [12].

3.3.2. Instrumentos

3.3.2.1. Equipo Topográfico

- Prisma
- Jalón
- Estación total
- Trípode
- Wincha
- GPS
- Estacas, libreta de campo, entre otros.

3.3.2.2. Equipo del Laboratorio de Mecánica de Suelos

- Tamices.
- Depósitos de plástico con tapa.
- Horno electrónico.
- Balanza electrónica.
- Copa de Casagrande.
- Máquina para realizar corte directo.
- Equipo de perforación SPT (polea, trípode, martillo, barra guía, cabeza de golpeo, barra de perforación, entre otros).

3.3.2.3. Programas de Cómputo

- AutoCAD Civil 3D 2018.
- Programas de Microsoft Office: Excel, Power Point y Project 2016.
- S10.
- River.
- HEC-RAS.
- Iber.

3.4. Plan de procesamiento de datos

3.4.1. Fase I

1. Se visitó la zona del proyecto, con el fin de coordinar con las autoridades locales.
2. Se recopiló información bibliográfica y antecedentes del proyecto.
3. Se revisó la normativa nacional y manuales vigentes de diseño de defensa ribereña.
4. Se realizó el estudio hidrológico.
5. Se inició la Evaluación de Impacto Ambiental.

3.4.2. Fase II

6. Se realizó el levantamiento topográfico en las áreas de estudio correspondientes de las defensas.
8. Se tomaron muestras y ensayos de mecánica de suelos.
9. Se elaboraron planos topográficos, correspondientes a las áreas que se han levantado para el proyecto.

10. Se continuó la Evaluación de Impacto Ambiental.

3.4.3. Fase III

11. Se hizo el modelamiento hidráulico del proyecto con Hec-Ras
12. Se evaluó y seleccionó la mejor alternativa de defensas ribereñas.
13. Se elaboró la memoria de cálculo.
14. Elaboración de planos definitivos.
15. Elaboración del cronograma de obra.
16. Finalizó la Evaluación del Impacto Ambiental.

3.4.4. Fase III

17. Se elaboró el informe final de la Evaluación de Impacto Ambiental
18. Análisis de Resultados.
19. Se elaboró el modelamiento hidráulico.
20. Recomendaciones y conclusiones.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Selección del tipo de defensa ribereña

En el presente proyecto se evaluaron tres alternativas de defensa ribereña. Con la finalidad de escoger la mejor alternativa, se tomaron las siguientes consideraciones:

- Diagnóstico de la situación actual de la infraestructura, población y las áreas de cultivo a proteger.
- Verificar si se desarrollaron proyectos similares, cerca de la zona de estudio.
- Se debe identificar el tipo de recorrido del río (rectilíneo, meándrico, anastomosado, etc.) según la morfología del terreno que comprende el tramo de estudio de la defensa ribereña.
- Se debe tener un reporte de los materiales disponibles dentro de la zona del proyecto (arena, piedra, etc.).
- El tipo de suelo del terreno de la zona del proyecto.

3.5.2. Estudio topográfico

3.5.2.1. Levantamiento topográfico

Se inició en el punto de Bench Marking (BM) pintado en forma de círculo con corrector, por el testista, referido al sistema WGS-84 Zona 17S, dependientes de la Red Geodésica Nacional – Instituto geográfico nacional (IGN).

TABLA I. PUNTOS BM DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Descripción	Progresiva	Este	Norte	Cota
BM-01	0+000	635882.1766m	9245073.5720m	41.031m
BM-02	0+000	635846.2884m	9245214.5730m	42.136m
BM-03	1+000	636427.0474m	9245662.3245m	42.510m
BM-04	1+000	636529.5395m	9245707.6159m	42.835m
BM-5	2+000	637308.4853m	9245958.5340m	40.557m
BM-6	2+000	637294.2898m	9245869.9065m	46.145m
BM-7	3+000	637896.8913m	9246598.1458m	43.690m
BM-8	3+000	637960.7233m	9246491.3032m	42.323m
BM-9	4+000	638873.1503m	9246729.4893m	45.020m
BM-10	4+000	638919.1270m	9246682.9960m	45.629m
BM-11	5+000	639753.1600m	9246952.2650m	46.323m
BM-12	5+000	639723.7090m	9246844.8780m	44.648m
BM-13	5+500	640135.8936m	9247035.1686m	45.621m
BM-14	5+500	640222.1310m	9246841.3010m	47.750m

Para este trabajo se posicionó una estación total sobre cada uno de los puntos de BM, antes citados, sirviendo el otro punto de BM para orientar dicha Estación Total, luego se usó el método de radiación, dentro de una poligonal abierta, para todo el terreno que corresponde al área de influencia del proyecto.

3.5.3. Estudio de Mecánica de Suelos:

Sirvió para determinar las características físico – mecánicas de los materiales que conforman el terreno sobre el que se apoyará la estructura y verificar si cumple con las condiciones que requiere el proyecto.

3.5.3.1. Registro de excavaciones

Para este proyecto se realizó el muestreo de TRECE (13) calicatas en la modalidad “cielo abierto” y CINCO (5) ensayos de penetración estándar.

Primero, se hicieron exploraciones de suelo (calicatas) cada 500 metros a lo largo del lecho del río, pero debido a que se identificó el suelo como arenoso y con peligro de licuefacción, se decidió complementar el estudio con exploraciones de SPT cada 1000 m. a lo largo del margen del río.

De los materiales encontrados en los diversos estratos (capas) se tomaron en cuenta muestras representativas, las que fueron descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación, número de muestra y profundidad, para luego ser colocadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio.

3.5.3.2. Ensayos de laboratorio generales

Las muestras extraídas en las exploraciones de calicata y SPT fueron ensayadas dentro del laboratorio de Concreto, Suelos y Pavimentos de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT).

- Contenido de Humedad: NTP 339.127: 1998 (revisada el 2014).
- Análisis granulométrico por tamizado: NTP 339:128 (revisada el 2014).
- Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos: NTP 339.129: 1999 (revisada en el 2014).

3.5.3.3. Ensayos especiales:

- NTP 339.133:1999: método de ensayo de penetración estándar SPT
- NTP 339.171:2002: método de ensayo de Corte Directo.
- NTP 400.019:2014: método de resistencia por abrasión en la Máquina de los Ángeles

3.5.4. Estudio de canteras

Se identificó y clasificó el material a utilizar en la conformación del enrocado, filtro y el afirmado de la defensa ribereña. Se verificó que las propiedades físicas cumplan con las especificaciones técnicas requeridas del proyecto. Como referencia de ubicación, la cantera Siete Techos está situada en la margen derecha del río cerca a la bocatoma Monsefú-Reque y la cantera Tres Tomas está ubicada cerca de Ferreñafe.

3.5.4.1. Fase de campo

Se realizó una evaluación de los cauces de las quebradas que existen en los Distritos de Reque y Chiclayo, se tuvo en consideración la parte técnica y económica, es por ello que se consideró que la cantera “Siete Techos” y “Tres Tomas”, ubicadas en el Distrito de Reque y Ferreñafe respectivamente, como referencia que la primera está ubicada en la margen derecha del Río Reque, la segunda está en el km. 0+500 de la carretera Chiclayo-Ferreñafe; ambas cuentan con gran potencial de explotación.

Es propio mencionar que, estas dos canteras fueron utilizadas en proyectos anteriores, tales como: bocatoma Monsefú - Reque, asimismo en la obra Puente Reque km. 25 de la vía Reque y en la Defensa Ribereña del Puente Etén, donde se establecieron las áreas para obtener los materiales de base granular y el agregado grueso; los mismos que deben de pasar por proceso de trituración.

3.5.4.2. Material para conformar la base granular del dique:

Los materiales de la cantera Tres Tomas cumplieron las especificaciones del manual [13], después de realizar los ensayos se comprobó que están dentro del rango de la gradación “B”, al igual que su CBR para tráfico y las características de los suelos yacentes.

Cumplió los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste de los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4 – 9 (MTC E 111)
- CBR (1): 80% mín. (MTC E 132)
- Equivalente de Arena: 20% mín. (MTC E 114)
- Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1” (2.5 mm).

3.5.5. Estudio hidrológico

Es esencial diseñar la defensa ribereña para el máximo caudal que tenga en su histórico, asegurando que el proyecto podrá enfrentar un caudal de igual magnitud durante el período de vida útil de la estructura.

Es por ello que se realizaron los siguientes pasos:

- Se delimito el área de la cuenca del río Chancay-Lambayeque, basándose en la información topográfica del cuadrante 14-e: CHONGOYAPE proveniente de la carta nacional del IGN, la misma que se subdividió en una cuenca de aporte (Raca Rumi) y dos cuencas de sub-aporte (Juana Ríos y Montería). De estas cuencas se obtuvieron datos como precipitación y caudales de las estaciones pluviométricas e hidrológicas.
- Se determinaron los parámetros hidrológicos de la cuenca con ayuda del programa ArcGis y hojas de cálculo en Excel.
- Se hizo una recopilación de los caudales máximos anuales desde el año 1970 hasta 2017.

3.5.6. Evaluación de impacto ambiental

Es un procedimiento que se encargó de recoger y analizar datos del entorno físico, dentro del cual se realiza el proyecto, con el fin de identificar, evaluar y describir los posibles impactos ambientales de la ejecución del proyecto en su entorno para llevar una gestión que evite una situación ambientalmente adversa.

3.5.6.1. Antecedentes

- Alteración de la topografía y/o geomorfología de la cuenca.
- Alrededor de 200 hectáreas en suelos agrícolas, de ambos márgenes del cauce del río fueron erosionados.
- Pérdida de infraestructura de captación después de la ocurrencia del Fenómeno del Niño en el año 1998.
- Destrucción de hitos que delimitaban la faja marginal (terrenos aledaños al cauce natural).
- Las crecidas extraordinarias de los años 1925, 1983 y 1998, las cuales ocasionaron desbordes del río Reque, causando daños en los sectores agrícolas como Rinconazo y Calerita I, llegando inclusive hasta la ciudad de Etén y ocasionando la pérdida de grandes extensiones de áreas de cultivo.

- El Fenómeno del Niño de 1983 destruyó el puente vehicular que unía Etén y Monsefú, además, rompió el muro de defensa en el margen izquierdo, inundando la ciudad de Etén con la desaparición del 70 % de las viviendas.

3.5.6.2. Marco legal de la evaluación de impacto ambiental

Constitución Política del Perú [14], Carta Magna que norma, dirige y resguarda los derechos y deberes del Estado y sus habitantes, protegiendo el medio ambiente, garantizando de esta manera un adecuado desarrollo de la vida dentro del ecosistema. Dentro de ella podemos destacar los siguientes artículos, con respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental:

Artículo N.º 2: indica que toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, y disfrutar su tiempo libre, en un medio ambiente adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo N.º 66: establece que los Recursos Naturales Renovables y no Renovables, son patrimonio de la nación, por tanto, el Estado es quién fija las condiciones de utilización a particulares.

Artículo N.º 67º: trata sobre la Política Nacional Ambiental que establece que el Estado promueve el uso sostenible de recursos naturales.

Ley General del Ambiente [15], en su Capítulo III: Gestión Ambiental, Artículo N.º 25: “De los estudios de impacto ambiental”, señala que los estudios de impacto ambiental son instrumentos de gestión que contienen una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de dicha actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica del mismo, luego en sus Disposiciones Transitorias, Complementarias y Finales, la ley indica que “En tanto no se establezcan en el país Estándares de Calidad Ambiental, Límites Máximos Permisibles y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, son de uso referencial los establecidos por instituciones de Derecho Internacional Público y los de la Organización Mundial de la Salud (OMS)”.

Código Penal [16], en su Título XIII, Capítulo Único: “Delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente”: Artículo 304º describe los términos de contaminación y responsabilidad ambiental culposa. En el Artículo 305º habla de

la contaminación agravada y en el 313° del daño al ambiente natural. Además, se mencionan los delitos contra la ecología.

Ley N° 26631 [17], dicta normas para efectos de formalizar denuncia por infracción de la legislación ambiental.

Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades [18], establece que los Ministerios deberán comunicar al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) las regulaciones al respecto.

Ley Del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental [19], establece el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas a través de los proyectos de inversión. Para ello todos proyectos de inversión, que deseen iniciar, deben contar con Certificación Ambiental expedida por la autoridad competente.

Ley Orgánica De Municipalidades [20], establece que la Municipalidad es una unidad fundamental de la gestión local, por lo que, en materia ambiental, tienen las siguientes funciones:

1. Velar por la conservación de la flora y fauna local, promover ante las entidades las acciones necesarias para el desarrollo, aprovechar y recuperar los recursos naturales ubicados en el territorio de su jurisdicción.
- 2.- Difundir programas de educación ambiental.
- 3.-Propiciar campañas de reforestación.
- 4.-Control de tránsito y el ruido.
- 5.-Promover y asegurar la conservación y custodia del patrimonio cultural local y defender la integridad de los monumentos arqueológicos, históricos y artísticos, colaborando con los organismos regionales y nacionales correspondientes en su restauración y conservación.

Ley General de Residuos Sólidos [21] y su reglamento [22], establece los derechos, obligaciones, y responsabilidades de la sociedad, para asegurar una gestión y manejo ambiental de residuos sólidos, dirigido a la prevención de riesgos ambientales, protección de la salud y el bienestar de la persona humana. La gestión de residuos sólidos, estará a cargo la municipalidad de cada distrito, la cual delegará esta responsabilidad a Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPSRS), durante un determinado período, en el cual, mediante la aplicación de planes, programas y acciones, se encargarán de proponer y ejecutar una eficiente planificación y evitar las malas prácticas durante todo el proceso del manejo de residuos sólidos.

Ley General de Salud Ley [23], establece los derechos, deberes y responsabilidades con respecto a la salud individual y de terceros, considerando la protección de la salud como indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo.

La Ley General de Recursos Hídricos [24], es una ley que regula el uso y gestión de los recursos hídricos (agua superficial, subterránea, continental, etc.), por lo cual el Estado debe gestionar y priorizar el acceso de agua a la población y fomentar la participación ciudadana en la cultura del agua.

IV. RESULTADOS

Finalizado el trabajo de campo, todos los puntos fueron descargados en una data adjuntada al informe del levantamiento topográfico (ver ANEXO N°02) para luego ser procesados en el programa AutoCAD Civil 3D a través de una malla de triangulación irregular, y obtener una superficie basado en las coordenadas (Este, Norte y Cota) de cada punto levantado dentro de la zona de estudio.

Los puntos de Bench Marking (BM) fueron colocados con estacas metálicas y pintadas con corrector, y se ubicaron en sus respectivas coordenadas, como lo indica la Tabla I.

El relieve de la zona de estudio es plano sin accidentes topográficos y las condiciones climáticas de la zona facilitaron el levantamiento topográfico. Después del procesamiento de las curvas de nivel en el programa Civil 3D, se obtuvo el perfil longitudinal del cauce del río con pendientes de terreno que varían entre 1% a 5%, así como las secciones transversales del río y movimiento de tierras. Todos los planos están dentro del ANEXO N°21.

Se realizó un análisis y selección de diferentes alternativas tecnológicas para defensas ribereña, tales como: gaviones, dique enrocado y muro con contrafuerte, optándose como mejor alternativa el dique enrocado, por sus ventajas frente a las demás alternativas, en aspectos tales como adecuarse a la morfología del cauce del río, es económicamente más viable, y para su construcción se pueden usar materiales de la zona del proyecto, esto quedó demostrado en los buenos resultados de proyectos similares en zonas cercanas al área del proyecto (Rinconazo) (ver ANEXO N°03).

Para la conformación del filtro se tuvieron dos alternativas: canto rodado (diámetro medio entre 1-1/2" a 2") y malla de geotextil de alta resistencia, se eligió el primero debido a su capacidad de retener las partículas de arena que conforman el núcleo del dique y proporcionar una estabilidad al enrocado sobre el terraplén, la otra alternativa se descartó, debido a que si bien posee resistencia química, intemperismo y rayos UV, no poseen una buena resistencia física, que garantice que no se rompa y sea duradera debajo de la capa de enrocado.

Con el fin de determinar las características del suelo sobre el que se apoyará la defensa ribereña, se hicieron dos tipos de exploraciones: calicatas y SPT.

Las muestras de calicatas se clasificaron dentro de un perfil estratigráfico (ver ANEXO N°04), en función de las propiedades físico-mecánicas y de la profundidad a la que fue extraída

la muestra de suelo. La profundidad máxima de exploración fue de 1.50 metros. Se encontró nivel freático a 1.00 metro de profundidad.

En la Tabla II, se indica que la mayor parte de muestras de calicatas se clasificaron según SUCS como arena pobremente graduada (SP), excepto por ciertas muestras en las se encontró arena mal graduada con limo (SP-SM), arena bien graduada (SW-SM) y arena limosa (SM). Su cantidad de finos (limos y arcillas) es menor al 5% y la mayor parte son no plásticos. El color del estrato era gris oscuro (por la humedad), de consistencia compacta, deleznable y granulosa. El suelo es no plástico, por tanto, si recibe deformaciones rápidas no tiende a desagregarse ni agrietarse. En los resultados de corte directo, se obtuvo que la capacidad admisible de cada muestra de suelo es menor a 1 kg/cm², debido a que el nivel del suelo está bajo nivel freático y tiene presencia de finos.

TABLA II. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO POR CALICATA

Calicatas	Muestra	Progresiva	Profundidad (M)	Humedad natural	Límites De Atterberg			Simbología	Clasificación SUCS	Cap. Portante Qn (kg/cm2)
					L.L	L.P	I.P		Descripción	
C1	M1	0+000	0.00 - 0.70	6.56 %	21.08	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	0.563
	M2		0.70 - 1.50	15.18%	18.47	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
C2	M1	0+500	0.00 - 1.50	27.10 %	13.54	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	0.650
C3	M1	1+000	0.00 - 0.60	48.15 %	18.54	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	0.560
C4	M1	1+500	0.00 - 0.50	18.06 %	25.46	N. P	N. P	SW-SM	Arena Limosa Bien Graduada	0.240
	M2		0.50 - 1.30	30.25 %	34.15	N. P	N. P	SW - SP	Arena limosa mal graduada	
C5	M1	2+000	0.00 - 1.50	30.47 %	22.50	20.90	1.60	SP-SC	Arena Limosa Bien Graduada	0.620
C7	M1	3+000	0.00 - 0.60	24.26 %	16.57	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	0.530
	M2		0.60 - 1.10	18.13 %	34.65	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		1.10 - 1.50	15.18 %	43.13	40.26	2.84	SW-SM	Arena bien graduada con limo	
C8	M1	3+500	0.00 - 0.60	16.23 %	18.65	N. P	N. P	SP-SM	Arena bien graduada con limo	0.610
	M2		0.60 - 1.20	30.96 %	27.63	19.95	19.95	SP	Arena mal graduada con limo	
	M3		1.20 - 1.50	15.18 %	39.90	N. P	N. P	SM	Arena limosa	
C9	M1	4+000	0.00 - 0.50	16.23 %	20.50	N. P	N. P	SP	Arena Mal Graduada	0.560
	M2		0.50 - 1.30	30.96 %	34.10	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		1.30 - 1.50	15.18 %	39.90	19.95	19.95	SP-SM	Arena mal graduada con limo	
C10	M1	4+500	0.00 - 0.50	16.23 %	20.50	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	0.640
	M2		0.50 - 1.00	30.96 %	34.10	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		1.00 - 1.50	15.18 %	37.90	18.95	17.95	SP-SM	Arena mal graduada con limo	
C11	M1	5+000	0.00 - 0.60	24.26 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	0.530
	M2		0.60 - 1.10	18.13 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		1.10 - 1.50	15.18 %	39.43	40.26	19.23	SW-SM	Arena mal graduada con limo	
C12	M1	5+500	0.00 - 0.60	30.47 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	0.620
C13	M1	5+534	0.00 - 0.50	18.06 %	22.50	20.90	1.60	SW-SM	Arena bien graduada con limo	0.540
	M2		0.50 - 1.50	30.25 %	22.00	18.47	3.53	SW - SP	Arena bien graduada con limo	

Las muestras del SPT se clasificaron dentro de un perfil estratigráfico (ver ANEXO N°04), en función de las propiedades físico-mecánicas, el número de golpes y la profundidad a la que fue extraída la muestra de suelo. La profundidad máxima de exploración fue de 5.50 metros. Se encontró el nivel freático a 2.20 metros de profundidad.

En la Tabla III, se indica que la mayoría de muestras se clasificaron según SUCS como arena pobremente graduada (SP), sin embargo, se encontró también arena limosa con arcilla (SM-SC), arena bien graduada con arcilla (SW-SC) y arena arcillosa (SC). El color del estrato es gris claro antes del nivel freático y debajo del nivel freático es gris oscuro (por la humedad), de consistencia compacta, deleznable y granulosa. El suelo es no plástico, por tanto, si recibe deformaciones rápidas no tiende a desagregarse ni agrietarse. Con el número de golpes, se calculó que la capacidad portante última de cada muestra es mayor a 1 kg/cm², debido a que las muestras de suelo que no poseen nivel freático y son arena mal graduada y grava con finos no plásticos.

TABLA III. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO POR SPT

MARGENES DEL RÍO										
SPT	Muestra	Progresiva	Profundidad (M)	Humedad Natural	Límites De Atterberg			Clasificación SUCS		Cap. portante Qu (kg/cm2)
					L.L	L.P	I.P	Simbología	Descripción	
SPT-01	M1	1+000	0.00 – 1.45	6.21 %	20.50	18.65	1.85	SM-SC	Arena arcillosa con limo	2.530
	M2		1.45 - 1.90	8.64 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		1.90 – 2.80	10.14 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M4		2.80 – 3.70	3.46 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
SPT-02	M1	2+000	0.00 – 1.45	17.17 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	3.360
	M2		1.45 - 1.90	11.11 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		1.90 – 2.80	5.23 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M4		2.80 – 3.70	24.72 %	31.10	25.90	5.20	SW-SC	Arena bien graduada con limo	
SPT-03	M1	3+000	0.00 - 1.00	4.78 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	1.820
	M2		1.00– 1.45	27.95 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		1.45 – 1.90	24.69 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M4		3.70 – 4.60	25.66 %	N. P	N. P	N. P	SM-SC	Arena limosa con arcilla	
	M5		3.70 – 4.60	26.31 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M6		4.60 – 5.50	28.34 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
SPT-04	M1	4+000	0.00 – 1.45	5.02 %	20.50	18.65	1.85	SP	Arena mal graduada	0.720
	M2		1.45 - 1.90	6.71 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		3.70 – 4.60	9.42 %	69	18.25	50.75	SP	Arena mal graduada	
	M4		4.60 – 5.50	17.78 %	4.50	25.90	5.20	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla	
SPT-05	M1	5+000	0.00 – 1.45	5.02 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	0.620
	M2		1.45 - 1.90	6.71 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M3		1.90 – 2.80	9.42 %	N. P	N. P	N. P	SP	Arena mal graduada	
	M4		2.80 – 3.70	17.78 %	31.10	25.90	5.20	SP	Arena mal graduada	
	M5		3.70 – 4.60	6.02 %	N. P	N. P	N. P	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla	
	M6		4.60 – 5.50	23.72 %	4.50	25.90	5.20	SC	Arena arcillosa	

Se consideró que la Cantera Cerro La Vieja, es óptima para la obtención de roca para la conformación de la protección del dique, asimismo cumplió con la normativa establecida por la norma AASTHO – T – 96 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), para las obras de protección y encauzamiento. En tanto se consideró a la Cantera 3 Tomas para obtener material afirmado el mismo que, cumplió con los requisitos (granulometría, CBR, Proctor Modificado), que establece el MTC para afirmado. (ver ANEXO N°05).

Se realizó el estudio hidrológico para la “Cuenca Chancay” (ver ANEXO N°06), para ello se subdividió en tres subcuencas: “Raca Rumi” con un caudal de 954. 24 m3/seg, “Yaipón” con un caudal de 354.583 m3/seg y “Montería”, con un caudal de 198.77 m3/seg. Sumando estos tres aportes se obtuvo que el caudal de diseño para la cuenca Chancay es de 1507.593 m3/seg, pero según la medición que se realizó el día 01 de marzo de 1998, el río Reque obtuvo un aforo extraordinario de 2100 m3/seg, a consecuencia del Fenómeno “El Niño” [25]. Finalmente, se optó por tomar como caudal máximo 2100 m3/seg., por ser el mayor de los dos.

La defensa ribereña se diseñó para un caudal de 2100 m3/seg (ver ANEXO N°06), con respecto a la altura del dique, está en función del tirante de agua, el mismo que se calculó usando la fórmula de Manning – Strickler, dentro de la cual intervinieron parámetros como la rugosidad (n) de 0.03, pendiente (So) de 0.0123. y los anchos estables de 90 y 120 metros. Las dimensiones finales de la defensa están en la Tabla IV.

TABLA IV. DIMENSIONES DE LA DEFENSA RIBEREÑA

Ancho estable	90 metros	120 metros
Progresivas	0+000 – 2+220, 2+880 – 5+534	2+240 – 2+860
Ancho de corona	4 metros	4 metros
Altura de dique	6.60 metros	5.40 metros
Profundidad de uña en tramo recto	1.50 metros	1.90 metros
Profundidad de uña en tramo curvo	2.20 metros	2.20 metros

Con respecto a la simulación hidráulica (ver ANEXO N°08), se obtuvieron los siguientes resultados: la cota de agua en el punto más alto es 4.927 metros y en el punto más bajo es 1.8727 metros. La velocidad del agua en la zona del lecho de la defensa ribereña es de 3.84 m/seg en el tramo 0+000 – 2+460 m y 3+320 – 5+534 m. es de 3.76 m/seg, mientras que en el tramo 2+460 m – 3+330 m. El valor del número de Froude es de 0.61, siendo uniforme a lo largo de toda la sección hidráulica de la defensa ribereña, por tanto, estamos dentro del régimen subcrítico, puesto que su valor es menor que 1.

Dentro del Estudio de Impacto Ambiental (ver ANEXO N°09) se propuso un Plan de Mitigación Ambiental (PMA) que implementó las siguientes medidas preventivas:

En la etapa de planificación se debe desarrollar un plan de manejo social que involucre a los propietarios de los terrenos y demás población beneficiada de la obra durante la ejecución de la obra, y posteriormente en el mantenimiento ordinario.

En la etapa de construcción se deben regar con agua todas las superficies de actuación (canteras, depósito de material excedente, accesos y en la propia obra) de forma que estas áreas mantengan el grado de humedad necesario para evitar, en lo posible, la producción de polvo, para la disposición de excretas se indicó la construcción de un silo artesanal, en un lugar seleccionado que no afecte a los cuerpos de agua, que al finalizar el proyecto será sellado y para la disposición de los desechos sólidos (basura) generados en el campamento, se indicó que deben ser almacenados en recipientes apropiados, y llevados al relleno municipal de la ciudad.

En la etapa de operación se debe realizar una capacitación en el uso y conservación de esta estructura para su óptimo uso por parte de los agricultores.

De la evaluación económica del proyecto se obtuvo que el Valor Actual Neto Social (VANS) es positivo con un valor de S/ 621,188.79 y que el valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR) es 9.65%, por tanto, es mayor que la Tasa social de descuento (9%), estos parámetros indican que el proyecto es viable y socialmente rentable para la población.

V. DISCUSIÓN

Para la realización del levantamiento topográfico se usó el método de poligonal abierta con la presencia de BM referenciales cada 500 metros, para ser usados posteriormente en la georreferenciación de un replanteo o en la compensación lineal de los puntos del levantamiento, sirviendo de puntos de referencia durante el levantamiento, debido a que es un proyecto de regular extensión que inicia en el Centro Poblado La Calera 2 y termina en la Bocatoma Monsefú – Reque, en el que se levantaron ambos márgenes del río que presentaron un relieve plano poco accidentado con presencia de árboles frutales, cultivos de panllevar, plantas silvestres, etc.; lo cual dificultó la medición de los puntos.

En el estudio de mecánica de suelos, se realizaron exploraciones a través de calicatas de 1.50 metros de profundidad y perforaciones de SPT de 5.50 metros de profundidad. Las muestras, en su mayoría, según la clasificación SUCS son arena pobremente graduada fina y gruesa, por tanto, al ser un suelo no cohesivo sin compactar puede sufrir grandes deformaciones, lo cual ocasionaría el colapso de cualquier estructura, es por ello, que se evaluó el potencial de licuefacción según los métodos de Iwasaki y Tokimatsu en el terreno correspondiente a las márgenes del río.

Esta evaluación indicó que el suelo tiene un nivel medio de riesgo de licuación ante un sismo de 6.5 Mw, para un período de retorno no menor de 50 años, pero como el proyecto se enfocó en elegir y diseñar un tipo de defensa ribereña que se adecue a las condiciones del proyecto, para un período de vida útil de 50 años, no se profundizó en estudiar métodos para reducir el potencial de licuefacción. Como precaución, se recomendó realizar una compactación al material del dique en capas de 30 cm, dejando abierta la posibilidad de realizar más investigaciones sobre este fenómeno de licuefacción dentro de la zona.

Con respecto al estudio hidrológico, se calcula para la cuenca Raca Rumi el caudal usando tres métodos estadísticos: método Gumbel, Pearson Tipo III y Logaritmo Normal, del cual el más preciso fue el primero obteniendo un caudal de 1063.28 m³/seg, asimismo este caudal obtenido se compara con el resultado del programa River, coincidiendo en el mismo resultado.

Sin embargo, dada la constante ocurrencia de desastres naturales en el río Reque relacionados con el fenómeno “El Niño”, se realizaron estudios tales como: el expediente técnico de la obra “Encauzamiento y defensa ribereña del sector Rinconazo, 2009”, en el cual se registró un aforo de

2100 m³/seg, el día 01 de marzo de 1998 en la estación hidrometeorológica Reque. La variación del registro de los caudales máximos anuales está en función del punto de aforo de la estación hidrometeorológica, siendo la más cercana a nuestra zona de estudio la estación Reque, por tanto, el caudal máximo anual de 2100 m³/seg, se tomó por caudal de diseño.

Con respecto a la simulación hidráulica, se usó el software IBER, para ello se hicieron dos tipos de simulación para anteproyecto, con estado actual del terreno, y otra para post proyecto, con el dique proyectado, ambos se someten a un caudal máximo de 2100 m³/seg., a través del análisis de sus resultados se demuestra el buen comportamiento y efectividad del diseño de la estructura hidráulica ante una avenida máxima.

Con respecto a la evaluación de impacto ambiental, se usó la matriz de Leopold para conocer el impacto de las actividades constructivas del proyecto en los factores ambientales, esta matriz nos dio un valor referencial negativo el cual indicó posibles efectos negativos en actividades como limpieza y desbroce (planificación), explotación de canteras, generación de desechos y eliminación de excretas (construcción) y posibles fallos por construcción (operación), para ello se han implementado medidas preventivas dentro del plan de mitigación ambiental en el informe de la evaluación de impacto ambiental.

VI. CONCLUSIONES

- El estudio topográfico se cumplió a través un levantamiento de poligonal abierta para todo el tramo estudiado del curso del río, en el cual se clasificó a la zona del proyecto como plana con pocos accidentes, y pendientes suaves que no superan el 5% en su perfil longitudinal, además, permitió mejorar el trazo y colocación de la defensa ribereña adecuándose al relieve de la zona del proyecto.
- Se concluyó que el mejor tipo de defensa ribereña para el proyecto es el dique enrocado, siendo diseñado para un período de vida útil de 50 años, con una sección trapezoidal que varía con una altura de 6.60 metros para un ancho estable de 90 metros y otra de una altura de 5.40 metros para un ancho estable de 120 metros.
- Se identificó mediante el estudio de mecánica de suelos, que el terreno del lecho del Río Reque, está conformado por un estrato de arena gruesa pobremente graduada (SP) con una capacidad de 0.65 kg/cm², mientras que el terreno en las márgenes del río posee un estrato de arena gruesa mal graduada que incluyó pequeños porcentajes de arcilla y/o limo con una capacidad portante de 0.84 kg/cm².
- Se concluyó con ayuda del estudio hidrológico de la cuenca Chancay – Lambayeque que el caudal de diseño del proyecto es de 2100 m³/s para un período de retorno de 50 años.
- La evaluación del impacto ambiental de la defensa ribereña concluyó que, si bien existe la posibilidad de que ocurran posibles impactos ambientales negativos, el equilibrio ambiental del río y sus alrededores no será perjudicado si se ejecutan las actividades de obra conforme a lo indicado en el proyecto y se cumplen las medidas correctivas que se incluyeron dentro del Plan de Manejo Ambiental (PMA).
- Que, el presupuesto total del proyecto, el cual incluyó los gastos generales (10% del costo directo), utilidades (5% del costo directo) e IGV (18% del subtotal), fue de S./ 41,082,996.27 (Cuarenta y uno Millones Ochenta y dos Mil Novecientos Noventa y Seis soles con veintisiete céntimos) al 02/09/2019, este presupuesto contiene el cómputo de costos directos

tales como: la construcción de la defensa ribereña con un valor de S/ 40'553,189.25 soles (Cuarenta Millones Quinientos cincuenta y tres Mil Ciento Ochenta y Nueve soles con veinticinco céntimos) a fecha 02/09/2019, el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST) con un valor de S/. 266,573.83 (Doscientos Sesenta y Seis Mil Quinientos Setenta y Tres soles con Ochenta y Tres céntimos) a fecha 02/09/2019, y el Plan de Manejo Ambiental (PMA) con un valor de 231,553.95 (Doscientos Treinta y unos Mil Quinientos Cincuenta y Tres soles con Noventa y cinco céntimos) a fecha 02/09/2019.

- Se determinó por medio del cronograma de obra del proyecto de defensa ribereña que si no se cumplen a tiempo las siguientes actividades: relleno compactado con maquinaria para el núcleo del material, colocación y acomodo de roca en talud de dique, la elaboración, implementación y administración del Plan de Salud y Seguridad en el Trabajo, y el Plan de Mitigación Ambiental, consecuentemente habrá un retraso general para toda la ejecución del proyecto, por lo que, se deberá supervisar con atención cada una de estas actividades para evitar inconvenientes, así mismo cabe señalar que el tiempo de ejecución programado para la defensa ribereña es de 464 días calendario.
- La simulación hidráulica de la defensa ribereña demostró que el enrocado puede contener un caudal de 2100 m³/s dentro de su sección trapezoidal sin rebalsar el borde libre y asegurar velocidades no erosivas (menores de 4.81 m/seg.) en todo el tramo de estudio.
- Se definió el proyecto de la defensa ribereña del río Reque Tramo C.P La Calera 2 – Bocatoma Monsefú – Reque como viable y socialmente rentable para los centros poblados La Calera 2 y Ventarrón, debido a que el proyecto obtuvo un VANS positivo con un valor de S/5,191,336.62 y su TIR es 11.3%. Siendo esto así, se proyectó construir diques con material propio de la zona (arena pobremente graduada) siendo colocada mediante compactación siendo protegido por una capa de canto rodado (con diámetro medio entre 1-1/2” a 2”) de 45 cm de espesor para que funcione como filtro y así evitar segregación frente a las presiones hidrostáticas que ofrezca el caudal que pase entre las separaciones del enrocado, finalmente se colocará el enrocado (diámetro medio entre 45 cm a 50 cm) de 1 m de espesor, para culminar la construcción de la defensa ribereña.

VII. RECOMENDACIONES

- Aumentar el número de estudios sobre estructuras de control de inundaciones a lo largo de toda la cuenca del río Chancay - Lambayeque, debido a que aún existen zonas altamente inundables como Zaña, Saltur, Chongoyape, etc., las cuáles originan múltiples pérdidas, humanas, económicas y sociales ocasionadas por las inundaciones.
- Implementar más descolmataciones o limpiezas del cauce del Río Reque como parte del mantenimiento de la infraestructura hidráulica, a fin de evitar la sedimentación o acumulación de ramas, troncos de árboles, etc. dentro de la sección del río, dificultando la circulación normal de caudal.
- Hacer un mantenimiento periódico a la bocatoma Monsefú - Reque, vertederos y canales de aliviadero Reque y Monsefú a fin de que la estructura hidráulica esté en óptimo estado para hacer frente ante cualquier fenómeno de inundación.
- Incrementar el número de investigaciones referentes a proveer soluciones contra la licuefacción de suelos dentro la cuenca del río Chancay - Lambayeque.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] National Geographic, «Fenómeno El Niño: alerta sobre la grave crisis de alimentos y la propagación del virus Zika,» National Geographic, 19 Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.nationalgeographic.es/historia/fenomeno-el-nino-alerta-sobre-la-grave-crisis-de-alimentos-y-la-propagacion-del-virus-zika>. [Último acceso: 16 Febrero 2019].
- [2] P. Cáceres, «El calentamiento global aumenta las lluvias torrenciales y el riesgo de las inundaciones,» El Mundo, 17 Febrero 2011. [En línea]. Available: <https://www.elmundo.es/elmundo/2011/02/16/ciencia/1297873522.html>. [Último acceso: 16 Febrero 2019].
- [3] Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED, Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales, Lima, Lima: Dirección de Gestión de Procesos Subdirección de Normas y Lineamientos, 2014.
- [4] Redacción Correo, «Lambayeque: Confirman lluvias por fenómeno de El Niño,» 22 Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://diariocorreo.pe/edicion/lambayeque/lambayeque-confirman-lluvias-por-fenomeno-de-el-nino-655383/>. [Último acceso: 17 Febrero 2019].
- [5] Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, «Mapa de Peligros de la Ciudad de Reque,» BVPAD - Biblioteca Virtual en Gestión del Riesgo de Desastres, Agosto 2003. [En línea]. Available: bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_lambayeque/Chiclayo/Reque_mp.pdf. [Último acceso: 17 Febrero 2019].
- [6] Comité Técnico Permanente de Geotecnia, *Norma Técnica Peruana 339.127: 1998, SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*, 1 ed., Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 1998.
- [7] Comité Técnico Permanente de Geotecnia, *Norma Técnica Peruana 339.128: 1999, SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico*, 1 ed., Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 1999.
- [8] Comité Técnico Permanente de Geotecnia, *Norma Técnica Peruana 339.129: 199, SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelo.*, 1 ed., Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 1999.

- [9] Comité Técnico Permanente de Geotecnia, *Norma Técnica Peruana 339.129: 2002, SUELOS: Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas*, Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2002.
- [10] Comisión Técnico Permanente de Geotecnia, *Norma Técnica Peruana 339.129: 2002, SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea*, 1 ed., Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2002.
- [11] Comité Permanente de Geotecnia, *NTP 339.133 SUELOS. Método de ensayo de penetración estándar*, Lima: Comité de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 1999.
- [12] Asociación d Productores de Cemento - ASOCEM, *AGREGADOS: Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Ángeles*, Tercera ed., Lima, Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI, 2014, p. 20.
- [13] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Capítulo III - HIDROLOGÍA,» de *Manual de Hidrología y Drenaje*, 5 ed., Lima, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2014, pp. 19-52.
- [14] Congreso Constituyente Democrático, «Constitución Política del Perú,» 1 Setiembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf>. [Último acceso: 17 Febrero 2019].
- [15] Ministerio del Ambiente, «Ley General del Ambiente - Ley N°28611,» 15 Octubre 2005. [En línea]. Available: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>. [Último acceso: 17 Febrero 2019].
- [16] Congreso Constituyente Democrático, «Código Penal,» 4 Agosto 2018. [En línea]. Available: <http://www4.congreso.gob.pe/documentos/00163DC15MAY290115.pdf>. [Último acceso: 18 Febrero 2018].
- [17] Congreso Constituyente Democrático, «Ley N°26631,» 21 Junio 1996. [En línea]. Available: <http://www.leyes.congreso.gob.pe/documentos/Leyes/26631.pdf>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].

- [18] Congreso Constituyente Democrático, «Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades - Ley N°26786,» 13 Mayo 1997. [En línea]. Available: <http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/26786.pdf>. [Último acceso: 18 Febrero 18].
- [19] Ministerio del Ambiente, «Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento, Ley N°27446,» 1 Diciembre 2011. [En línea]. Available: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].
- [20] Congreso Constituyente Democrático, «Ley Orgánica de Municipalidades,» 27 Mayo 2003. [En línea]. Available: <http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/27972.pdf>. [Último acceso: 27 Febrero 2019].
- [21] Congreso Constituyente Democrático, «Ley General de los Residuos Sólidos, Ley N°27314,» 21 Julio 2000. [En línea]. Available: <http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/27314.pdf>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].
- [22] Presidencia del Consejo de Ministros - PCM, «Decreto Supremo que reglamenta la Ley N°27314, Ley General de Residuos Sólidos,» 18 Junio 2004. [En línea]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-ley-general-residuos-solidos>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].
- [23] Congreso Constituyente Democrático, «Ley General de Salud, Ley N°26842,» 20 Julio 1997. [En línea]. Available: <http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/26842.pdf>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].
- [24] Congreso Constituyente Democrático, «Ley de Recursos Hídricos, Ley N°29338,» 31 Marzo 2009. [En línea]. Available: <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/leyes/ley29338-recursoshidricos.pdf>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].
- [25] Proyecto Especial Olmos Tinajones, *Encauzamiento y Defensa Ribereña de las Zonas Críticas del Río Etén*, vol. I, Chiclayo, Chiclayo: PEOT, 2000.

- [26] Ministerio de Economía y Finanzas. Dirección General de Política de Inversiones - DGPI, Guía simplificada para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de protección frente a inundaciones, a nivel perfil, vol. I, G. Ludens y M. Ludens, Edits., Lima, Lima: Dirección de Normatividad, Metodologías y Capacitación, 2013.
- [27] J. P. Herrera Dávila, *Implementación de una herramienta para diseño de muros de contención con contrafuertes y de tierra armada para el laboratorio virtual de ingeniería geotécnica*, Loja, Loja: Universidad Técnica Particular de Loja, 2009.

IX. ANEXOS

ANEXO N° 01: DOCUMENTOS

ANEXO N° 02: ESTUDIO TOPOGRÁFICO

ANEXO N° 03: ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE DEFENSA RIBEREÑA

ANEXO N° 04: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANEXO N° 05: ESTUDIO DE CANTERA DE SUELO

ANEXO N° 06: ESTUDIO HIDROLÓGICO

ANEXO N°07: DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA

ANEXO N°08: SIMULACIÓN HIDRÁULICA

ANEXO N° 09: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEXO N° 10: PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

ANEXO N° 11: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

ANEXO N° 12: METRADO

ANEXO N° 13: COSTO DEL FLETE

ANEXO N° 14: COSTOS UNITARIOS

ANEXO N° 15: COSTO DIRECTO

ANEXO N° 16: DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES

ANEXO N° 17: PRESUPUESTO TOTAL

ANEXO N° 18: INSUMOS

ANEXO N° 19: FÓRMULA POLINÓMICA

ANEXO N° 20: CRONOGRAMA

ANEXO N° 21: PLANOS