

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño de una represa en el río El Palmar, Santa Elena, para el aprovechamiento y sostenibilidad del agua en la estación experimental del CENAIM

INGE-2290

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Victoria Adriana Cáceres Núñez

Bangner Stalin Moreira Chavarria

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres quienes fueron pilar fundamental para poder haber llegado en hasta momento, a mi hermano quien ha visto todo mi recorrido y al resto de mi familia, especialmente a los que ya no están, pero siempre los tengo presentes.

A mis amigos de colegio que aun mantenemos nuestra amistad y a las nuevas amistades que hice en la universidad.

Que esto sea el inicio de un camino de desarrollo y aprendizaje.

Bangner Stalin Moreira Chavarria.

Dedicatoria

Dedico el presente proyecto a toda mi familia, por todo el apoyo que me han brindado en todas las etapas de mi vida. En especial a mi mamá, quien es el pilar de mi vida y siempre me ha brindado su amor y apoyo incondicional, entregándome fuerzas para seguir adelante. A mi tía, quien siempre me ha cuidado, apoyado y aconsejado.

A todos mis amigos/as, quienes han estado a mi lado, y me han sacado una sonrisa cuando más lo necesitaba.

A mí, por no rendirme. El camino aún continúa.

Victoria Adriana Cáceres Núñez

Agradecimientos

Agradezco a mis padres y a mi hermano por todo lo que han hecho por mí. A mi tutora M.Sc. Bethy Merchán y mi profesor de materia integradora M.Sc. Daniel Falquez, quienes nos han guiado en este proyecto. A mi compañera de tesis y amiga durante todos estos años Victoria Cáceres por soportarme y esforzarse al máximo en este proyecto.

A mis amigos de la infancia David, Joshua, Fercho por esta larga amistad.

A mis amigos que hice en mi etapa universitaria Dareck, Cuba, Domenica, Forever, Rocket, Benjamin, Jefferson y Alex quienes estuvieron apoyando durante este periodo.

Bangner Stalin Moreira Chavarria.

Agradecimientos

Agradezco nuevamente a toda mi familia.

A mi tutora M.Sc. Bethy Merchán, y al PhD. Mijaíl Arias, M.Sc. Daniel Falquez y el Centro de Investigación de Ciencias de la Tierra por la ayuda y guía brindada para el desarrollo de este proyecto.

A mi amigo y compañero de proyecto Bangner Moreira por confiar en mí y dar su mejor esfuerzo.

A mis amigos Dareck, Jonathan, Alex, Cristóbal, Benjamín, Jefferson y Forever, quienes siempre me han entregado apoyo y cariño. A Doménica L. y Doménica B., por nuestra amistad incondicional que se ha continuado fortaleciendo con el paso de los años. A Keiry y Agus, quienes me enseñaron que el tiempo y la distancia no son rivales contra la amistad y los lazos que forjamos.

Victoria Adriana Cáceres Núñez

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*nombre de los participantes*) y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOC realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Victoria Adriana Cáceres
Núñez



Bangner Stalin Moreira
Chavarria

Evaluadores



Firmado electrónicamente por:
DANIEL ANDRES
FALQUEZ TORRES

M.Sc. Daniel Falquez Torres

Profesor de la Materia



Firmado electrónicamente por:
BETHY GUILLERMINA
MERCHAN SANMARTIN

M.Sc. Bethy Merchán Sanmartín

Tutor de proyecto

RESUMEN

La comuna de Palmar está ubicada en el kilómetro 176 de la Ruta del Spondylus, que conecta Santa Elena y Manglaralto. En el sector se encuentra la estación experimental del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), dedicada al cultivo intensivo de diversas especies en piscinas que requieren un mantenimiento continuo y una renovación del agua por la contaminación y aumento de salinidad; esto se vuelve complicado debido a la escasez de agua dulce que se produce durante la temporada seca. El objetivo del proyecto es diseñar una represa mediante el uso de información de base, sostenibilidad y criterios de ingeniería para el aprovechamiento del recurso hídrico y la regulación del entorno acuático en las piscinas del CENAIM. Se caracterizó la cuenca y el río con los programas HEC-RAS y HEC-HMS, estimando un caudal máximo de $67.3 \text{ m}^3/\text{s}$; un tirante máximo de agua de 3.99 m y las dimensiones del diseño, que consta de diques (15 m de largo, 19 m de ancho) y un vertedero (40 m de largo, 13 m de ancho) con material compactado, núcleo de arcilla y recubrimiento de hormigón. El diseño incluye una losa para prevenir la socavación y una geomalla para proteger los bordes del río aguas abajo. La capacidad de almacenamiento estimada es de $50,801.87 \text{ m}^3$. Los riesgos identificados en la fase de construcción y operación demandan un costo de USD5150+IVA para la implementación de medidas de mitigación y compensación. El presupuesto preliminar de construcción (CAPEX) es de USD252,790.03+IVA; por tanto, el presupuesto total del proyecto es de USD257,940.03+IVA, incluyendo la parte ambiental. El costo estimado para la operación y mantenimiento (OPEX) anual es inicialmente de USD2,342.00+IVA. Este proyecto beneficiará aproximadamente a 1,500 habitantes de Palmar y el CENAIM.

Palabras clave: Escasez, recurso hídrico, salinidad, impacto ambiental.

ABSTRACT

The commune of Palmar is located at kilometer 176 of the Spondylus Route, which connects Santa Elena and Manglaralto. In the sector is the experimental station of the National Center for Aquaculture and Marine Research (CENAIM), dedicated to the intensive cultivation of various species in pools that require continuous maintenance and renewal of water due to contamination and increased salinity; This becomes complicated due to the scarcity of fresh water that occurs during the dry season. The objective of the project is to design a dam through the use of basic information, sustainability and engineering criteria for the use of water resources and the regulation of the aquatic environment in the CENAIM pools. The basin and the river were characterized with the HEC-RAS and HEC-HMS programs, estimating a maximum flow of 67.3 m³/s; a maximum water depth of 3.99 m and the dimensions of the design, which consists of dikes (15 m long, 19 m wide) and a spillway (40 m long, 13 m wide) with compacted material, clay core and concrete coating. The design includes a slab to prevent scour and a geogrid to protect downstream river edges. The estimated storage capacity is 50,801.87 m³. The risks identified in the construction and operation phase demand a cost of USD5,150+VAT for the implementation of mitigation and compensation measures. The preliminary construction budget (CAPEX) is USD252,790.03+VAT; Therefore, the total budget of the project is USD257,940.03+VAT, including the environmental part. The estimated cost for annual operation and maintenance (OPEX) is initially USD2,342.00+VAT. This project will benefit approximately 1,500 inhabitants of Palmar and CENAIM.

Keywords: *Scarcity, water resources, salinity, environmental impact.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ABREVIATURAS	IX
SIMBOLOGÍA	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE PLANOS	XVII
CAPÍTULO 1.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Antecedentes	10
1.2 Presentación general del problema.....	10
1.3 Justificación del problema.....	11
1.4 Objetivos	12
1.4.1 Objetivo General.....	12
1.4.2 Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO 2.....	12
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
2.1 Revisión de literatura.....	13

2.1.1	Siembra y cosecha de agua	13
2.1.2	Captación de agua	13
2.1.3	Represa.....	14
2.1.3.1	Elementos de represa	15
2.1.3.2	Tipos de represa modernas.....	16
2.1.4	Conceptos hidrológicos.....	18
2.1.4.1	Método del número de curva del SCS	18
2.1.4.2	Tránsito hidrológico	19
2.2	Área de estudio.....	20
2.2.1	Condiciones geográficas	21
2.2.2	Actividades económicas.....	22
2.3	Trabajos de campo y laboratorio	23
2.3.1	Topografía.....	23
2.3.2	Batimetría.....	25
2.3.3	Muestras de suelo.....	27
2.3.4	Ensayos de suelos	32
2.3.4.1	Granulometría	32
2.3.4.2	Límites de Atterberg	35
2.3.4.3	Gravedad específica	36
2.3.4.4	Capacidad de carga ultima	37
2.4	Análisis de datos.....	40

2.4.1	Estudio hidrológico	40
2.4.2	Modelación hidrológica	44
2.4.3	Modelación hidrodinámica	46
2.5	Análisis de alternativas.....	51
2.5.1	Propuestas de alternativas	51
2.5.2	Criterios de selección	53
CAPÍTULO 3.....		57
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	12
3.1	Diseño de la presa.....	12
3.1.1	Capacidad de embalse	12
3.1.2	Tiempo de vida útil de la obra	12
3.1.3	Predimensionamiento del dique	20
3.1.4	Borde libre	21
3.1.5	Socavación	24
3.1.6	Diseño de enrocado de protección	26
3.1.7	Análisis de estabilidad de taludes	28
3.1.8	Muro de contención a gravedad.....	30
3.1.8.1	Predimensionamiento del muro	30
3.1.8.2	Cargas y fuerzas	31
3.1.8.3	Análisis de estabilidad al volteo	32
3.1.8.4	Análisis de estabilidad por deslizamiento.....	33

3.1.8.5	Capacidad portante del terreno	33
3.1.8.6	Diseño del acero en la pantalla	35
3.1.8.7	Diseño del acero en la zapata	36
3.1.8.8	Diseño del recubrimiento de hormigón.....	37
3.2	Especificaciones técnicas	38
3.2.1	Movimientos de tierra	38
3.2.1.1	Limpieza del terreno	38
3.2.1.2	Replanteo y nivelación.....	39
3.2.1.3	Excavación.....	39
3.2.1.4	Relleno y material de mejoramiento	39
3.2.2	Estructura de la presa	40
3.2.2.1	Acero de refuerzo ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$)	40
3.2.2.2	Malla electrosoldada	40
3.2.2.3	Hormigón simple ($f^c = 350 \text{ kg/cm}^2$).....	40
3.2.2.4	Hormigón ciclópeo ($f^c = 240 \text{ kg/cm}^2$).....	40
3.2.2.5	Enrocado de protección.....	41
3.2.3	Seguridad	41
3.2.4	Geomembrana HDPE.....	41
CAPÍTULO 4.....		42
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	43
4.1	Descripción del proyecto.....	43

4.2	Línea base ambiental	44
4.2.1	Aspectos físicos	44
4.2.1.1	Clima.....	44
4.2.1.2	Precipitaciones	45
4.2.1.3	Relieve	45
4.2.2	Aspectos Biológicos.....	45
4.2.2.1	Flora y fauna	45
4.2.3	Aspectos socioeconómicos	46
4.3	Actividades del proyecto	46
4.3.1	Fase de construcción	46
4.3.2	Fase de Operación.....	47
4.4	Identificación de impactos ambientales	47
4.5	Valoración de impactos ambientales.....	51
4.6	Medidas de prevención/mitigación	53
CAPÍTULO 5.....		57
5.	PRESUPUESTO.....	58
5.1	Estructura Desglosadora de Trabajo.....	58
5.2	Clasificación de Rubros.....	58
5.3	Análisis de precios unitarios.....	60
5.4	Descripción de cantidades de obra	69
5.5	Valoración integral del costo del proyecto.....	71

5.6 Cronograma de obra	73
CAPÍTULO 6.....	75
6. CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES.....	76
6.1 Conclusiones	76
6.2 Recomendaciones.....	78
REFERENCIAS	80
Planos y Anexos	85

ABREVIATURAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
CIPAT	Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra
CN	Número de Curva
DEM	Modelo de Elevación Digital
ESA	Agencia Espacial Europea
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FAO	Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
IDF	Intensidad-Duración-Frecuencia
IDW	Inverse Distance Weighting
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NEH	National Engineering Handbook
NWS	National Weather Service
ORNL	Oak Ridge National Laboratory
RTK	Real Time Kinematic
SCS	Soil Conservation Service
SIN	Sistema Nacional de Información
TCEQ	Texas Commission on Environmental Quality
USACE	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos
USBR	United States Bureau of Reclamation

USDA United States Department of Agriculture

USGS United States Geological Survey

SIMBOLOGÍA

°C	Grados Celsius
cm	Centímetro
g	Gramos
h	Horas
kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
Km ²	Kilómetro cuadrado
kN	Kilonewton
kPa	Kilopascal
m	Metros
m ³	Metro cúbico
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
min	Minuto
mm	Milímetro
mm/h	Milímetros por hora

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Esquema metodológico del presente proyecto.....	12
Figura 2. 2: Elementos de una represa (Bharti et al., 2020).	15
<i>Figura 2. 3: Área de estudio del río El Palmar. Elaborado por: Autores.</i>	<i>20</i>
Figura 2. 4: Mapa de la cuenca del área de estudio. Elaborado por: Autores.....	20
Figura 2. 5: Dron, RTK y GPS referencial utilizados en los trabajos de campo.....	23
Figura 2. 6: Plan de vuelo del dron dividido en 8 zonas. Fuente: Google Earth.	23
Figura 2. 7: Perspectiva del dron situado sobre uno de los puntos de referencia.....	24
Figura 2. 8. Registro de puntos mediante el RTK y GPS referencial.	25
Figura 2. 9: Medición del puente en el río El Palmar.....	26
Figura 2. 10. Secado de las muestras del río.	31
Figura 2. 11. Uso de los tamices.....	33
Figura 2. 12. Desarrollo del ensayo de límites de Atterberg.....	35
Figura 2. 13. Muestra del tubo Shelby.....	37
Figura 2. 14. Reducción del diámetro de la muestra.	38
Figura 2. 15. Compresión de la muestra.....	38
Figura 2. 16. Curva de capacidad de carga última.....	39
Figura 2. 17. Mapa de las estaciones pluviográficas de Ecuador (INAMHI, 2019).....	41
Figura 2. 18. Hietograma de diseño de la estación sintética del proyecto.	43
Figura 2. 19. Mapa de la cuenca delimitada en HEC-HMS.	44
Figura 2. 20. Procesamiento de imágenes en el programa Agisoft Metashape.....	47
Figura 2. 21. Modelo de elevación final con geometría del río.	48
Figura 2. 22. Modelación del río con el puente existente.	50
Figura 2. 23. Modelo hidrodinámico calibrado.	51

Figura 2. 24. Propuestas de ubicación de alternativa.....	52
Figura 3. 1. Vista en planta de la represa.....	12
Figura 3. 2: Mapa de factor de erodabilidad (Mora, 2021).	16
Figura 3. 3: Mapa de factor topográfico (Mora, 2021).	17
Figura 3. 4: Mapa de factor de cobertura vegetal (Mora, 2021).	18
Figura 3. 5. Relación de pendientes (USBR, 1987).	21
Figura 3. 6. Sección típica del dique.....	23
Figura 3. 7: Propuesta de diseño modelada en HEC-RAS.	24
Figura 3. 8: Perfil de socavación resultante.	25
Figura 3. 9: Tamaños de partícula permitidos en pulgadas (USBR, 1989).	27
Figura 3. 10: Perfil de enrocado.	27
Figura 3. 11: Dimensiones según el predimensionamiento.	31
Figura 3. 12: Distribución de cargas y fuerzas.....	31
Figura 3. 13: Distribución de cargas.....	34
Figura 3. 17: Detalle del armado.....	37
Figura 3. 18: Detalle del vertedero.....	38
Figura 5. 1: Estructura desglosada del proyecto.	58
Figura 5. 2: Distribución de los porcentajes de costos de los rubros.	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 <i>Tipos de represa (Novak et al., 2001)</i>	16
Tabla 2. 2 <i>Dimensiones de elementos del puente</i>	26
Tabla 2. 3 Muestras tomadas 800 metros aguas debajo de la zona 1	27
Tabla 2. 4 Muestras tomadas en otra ubicación aguas abajo	29
Tabla 2. 5 Porcentaje de material perdido por muestra.	32
Tabla 2. 6 Cantidades en gramos retenidas en cada tamiz	33
Tabla 2. 7 Porcentajes de error correspondientes a las muestras	34
Tabla 2. 8 Resultados de límites de Atterberg	35
Tabla 2. 9 Clasificación del tipo de suelo de las muestras. Elaborado por: Autores.....	36
Tabla 2. 10 Gravedad específica de las muestras	37
Tabla 2. 11 Resultados obtenidos en la máquina de compresión	40
Tabla 2. 12 Ecuaciones de curvas IDF para cada estación (INAMHI, 2019).....	42
Tabla 2. 13 Valores de CN según usos y tipos de suelo. Elaborado por: Autores.....	45
Tabla 2. 14 Resultados de coeficientes de Manning. Elaborado por: Autores	49
Tabla 2. 15 Escala de Likert	53
Tabla 2. 16 Resultados de la Matriz de Likert para el caso de estudio.....	55
Tabla 3. 1 Resultados de eficiencia de retención.....	13
Tabla 3. 2 Resultados del cálculo del factor de erosividad.....	15
Tabla 3. 3 Resultados de la ecuación USLE.....	19
Tabla 3. 4 Datos para estimar el tiempo de azolve	19
Tabla 3. 5 Resultados para pérdida de volumen de agua en embalse	20
Tabla 3. 6 Ancho de corona (JICA, 2010).....	21

Tabla 3. 7 Zonificación sísmica (MIDUVI, 2014)	22
Tabla 3. 8 Gradiente crítico (Sandoval, 2019).....	23
Tabla 3. 9 Cotas de elementos de presa	24
Tabla 3. 10 Factores de seguridad de talud aguas arriba	28
Tabla 3. 11 Factores de seguridad de talud aguas abajo	29
Tabla 3. 12 Fuerzas verticales.....	32
Tabla 3. 13 Fuerzas horizontales	32
Tabla 3. 20 Acero vertical calculado para la pantalla interior y exterior.....	35
Tabla 3. 21 Acero horizontal calculado para la pantalla interior y exterior	35
Tabla 3. 23 Acero horizontal calculado para la zapata	36
Tabla 4. 1 Identificación de impactos ambientales en construcción.....	47
Tabla 4. 2 Identificación de impactos ambientales en operación y mantenimiento.	48
Tabla 4. 3 Matriz de Leopold en la fase de construcción.	49
Tabla 4. 4 Matriz de Leopold en fase de operación y mantenimiento.....	50
Tabla 4. 5 Criterios de puntuación (Tito, 2020).	51
Tabla 4. 6 Valoración de impactos ambientales en la fase de construcción.....	52
Tabla 4. 7 Valoración de impactos ambientales en la fase de operación y mantenimiento.....	53
Tabla 4. 8 Medidas de prevención/mitigación para la fase de construcción	53
Tabla 4. 9 Medidas de prevención/mitigación para la fase de operación y mantenimiento	54
Tabla 4. 10 Presupuesto estimado para actividades de mitigación de la fase de operación y mantenimiento.	55
Tabla 4. 11 Plan de manejo ambiental.....	55
Tabla 5. 1 Rubros del proyecto.....	59

Tabla 5. 2 Análisis de precio unitario de los rubros	68
Tabla 5. 3 Cantidades de obra correspondientes al proyecto.....	69
Tabla 5. 4 Precio total de los rubros.	71
Tabla 5. 5 Presupuesto referencial desglosado.	72
Tabla 5. 6 Resumen del cronograma de obra.	73

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Ubicación de la represa

PLANO 2 Vista en planta y nivel del terreno

PLANO 3 Cortes del dique y vertedero

PLANO 4 Detallamiento del vertedero

PLANO 5 Vista 3D de la represa

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La escasez de agua se perfila como uno de los mayores desafíos del siglo XXI. Existen diversos factores detrás de este problema, donde el crecimiento de la población y los sectores de agricultura y producción desempeñan un papel dual como causa y víctima de la falta de agua (FAO, 2023).

A pesar de su diversa geografía, que brinda acceso a considerables recursos hídricos, Ecuador se enfrenta a desafíos relacionados con la insuficiencia de agua en diversas regiones. Tal situación se debe, en gran parte, a las precipitaciones estacionales que provocan fluctuaciones en la disponibilidad de agua a lo largo del año. Dichas variaciones estacionales pueden dar lugar a situaciones de sequía durante la estación seca (usualmente de mediados de mayo a mediados de diciembre), lo que impacta negativamente en la agricultura, el suministro de agua y la generación de energía hidroeléctrica.

El Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM) está ubicado en San Pedro de Manglaralto, Provincia de Santa Elena; es una unidad académica y de investigación que forma parte de la ESPOL. Cuenta con una estación experimental en Palmar en donde se desarrollan diversos proyectos, entre ellos está el cultivo de camarón blanco del Pacífico o *Penaeus vannamei*. Esta especie destaca por su capacidad para resistir las fluctuaciones ambientales durante su cría en cautiverio, y su producción es predominante en la región costera de Ecuador.

1.2 Presentación general del problema

Las instalaciones acuáticas del CENAIM se destinan al cultivo intensivo de diversas especies, como el camarón blanco del Pacífico, además de otros peces y moluscos. El agua en las piscinas de cultivo puede acumular desechos y otros contaminantes con el tiempo. Además, está expuesta al aire y al sol, lo que hace que se evapore y provoca que los iones y sales disueltas en

ella se concentren en un espacio más reducido. Esto implica que la concentración de sales en el agua aumenta con la evaporación, lo que afecta al desarrollo de los organismos que habitan en las piscinas.

Una forma para contrarrestar el impacto de la evaporación y evitar que la salinidad alcance niveles no deseados es añadir agua dulce a la ya tratada. Sin embargo, no se dispone de suficiente cantidad de este recurso, debido a la escasez de agua para reemplazar la utilizada en las piscinas. Dicha situación se vuelve más crítica durante la temporada de verano, cuando resulta más complicado asegurar un suministro adecuado.

1.3 Justificación del problema

Los camarones y otros organismos acuáticos llevan a cabo la osmorregulación, el cual es un proceso que les permite equilibrar el agua y las sales en sus cuerpos para sobrevivir en diferentes niveles de salinidad. El cambio de agua en las piscinas regula la salinidad e influye en la calidad del agua, incluyendo nutrientes y oxigenación, cruciales para la salud del ecosistema acuático de los camarones. No obstante, cuando no se efectúa esta medida, los camarones gastan más energía en la osmorregulación, afectando negativamente a su crecimiento y sistema inmunológico.

El no cambiar el agua o al no gestionarla adecuadamente, lleva a una serie de problemas tales como: (i) la acumulación de bacterias, desechos y otros contaminantes; (ii) disminución significativa en la calidad del agua; (iii) un ambiente turbio y con malos olores que afectan la salud de los organismos (cultivos) y dificulta la observación y el control de su crecimiento y comportamiento. En casos extremos se puede llegar a la mortalidad de los organismos debido a la falta de oxígeno, y la acumulación de toxinas.

Un beneficio adicional es el control de enfermedades, ya que el cambio de agua previene la propagación de agentes infecciosos entre los organismos. Al eliminar el agua en la que residen

estos patógenos, se reduce el riesgo de infecciones y se mantiene un ambiente acuático más saludable.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una represa mediante el uso de información de base como estudios de topografía, análisis de suelo y calidad del agua, modelos hidrológicos e hidráulicos y evaluaciones de impacto ambiental, para el aprovechamiento de un suministro adecuado del recurso hídrico y la regulación del entorno acuático en las piscinas de la Estación Experimental del CENAIM.

Este objetivo está relacionado con preguntas de diseño como:

¿Cuáles son los aspectos geotécnicos, hidráulicos y estructurales que participan en el diseño de la represa en el sector de Palmar?

¿Cuáles fueron los criterios considerados para elegir la ubicación de la presa?

¿Cuál es el impacto ambiental y las estrategias de mitigación relacionadas con la construcción de la represa en el entorno local?

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar la cuenca y el río mediante la aplicación de modelos hidrológicos e hidrodinámicos, para la obtención de caudales, la ubicación y forma geométrica de la represa.
2. Diseñar la represa a base de criterios de ingeniería y sostenibilidad, incorporando un desglose presupuestario que incluya el análisis de precios unitarios (APU), las especificaciones técnicas y un cronograma de actividades.

3. Evaluar los impactos ambientales potenciales de la construcción y de la operación de la represa, identificando riesgos para la propuesta de medidas de prevención, mitigación y compensación.

CAPÍTULO 2

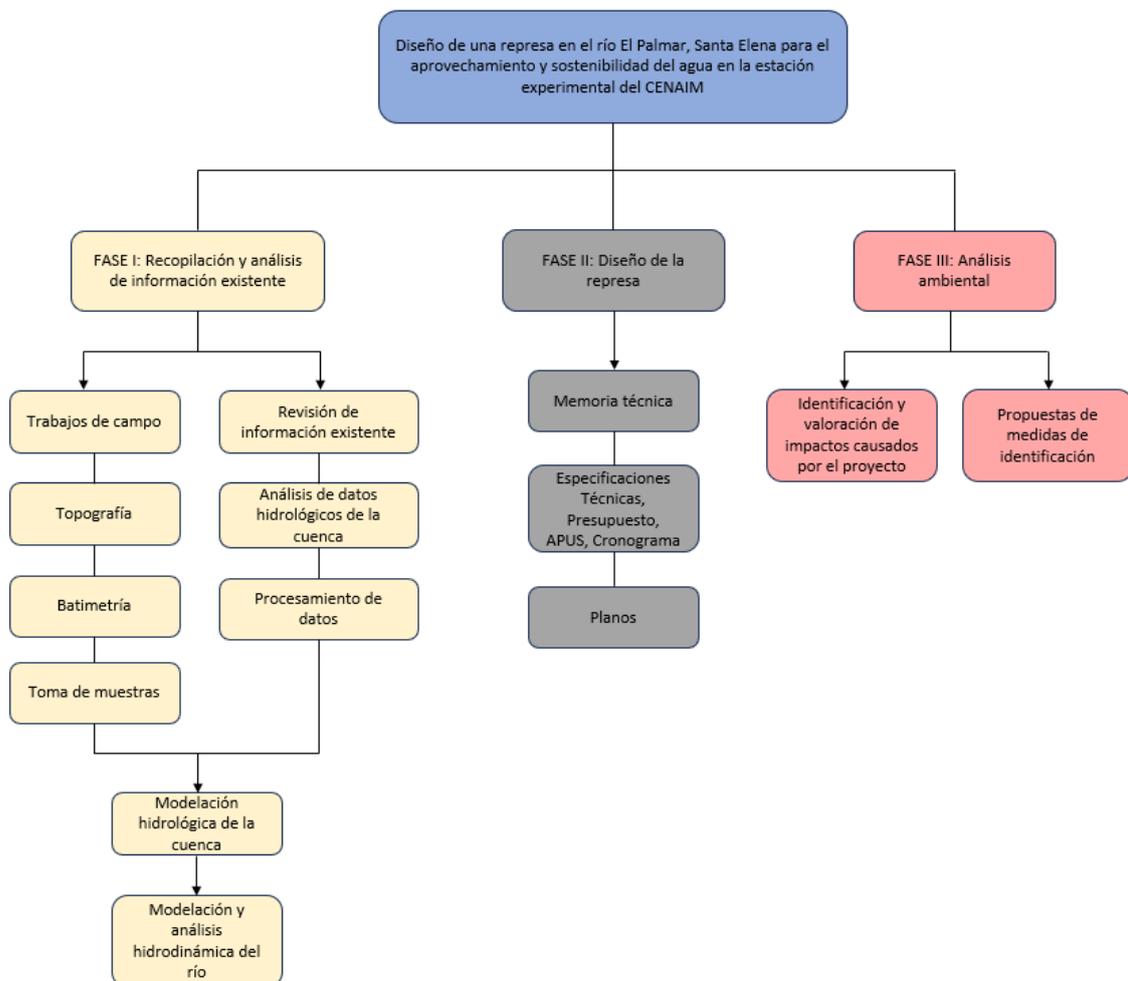
2. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de un proyecto de diseño para una represa significa un desafío crucial desde la perspectiva de la ingeniería. Esto exige una planificación y ejecución apropiada. En este capítulo, se presenta una descripción de la información y recursos utilizados para el desarrollo de propuestas de solución que ayuden a resolver el problema planteado en el capítulo 1.

A continuación, se muestra la metodología propuesta para abordar el proyecto de diseño (Figura 2.1).

Figura 2. 1

Esquema metodológico del presente proyecto.



2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Siembra y cosecha de agua

La siembra y cosecha de agua implica concentrar este recurso que puede llegar incluso de una región de mayor extensión y redirigirlo hacia zonas más reducidas, con el propósito de su aprovechamiento. Este procedimiento puede acontecer de forma natural o artificial. El agua que se recoge como consecuencia de este esfuerzo se utiliza comúnmente en campos agrícola contiguos o se almacena en una infraestructura de reserva (Oweis et al., 1999).

Desde las civilizaciones más antiguas, asegurar el acceso al agua fue esencial. Los Minoicos en la antigua Creta destacaron en el almacenamiento de agua superficial y de lluvia, recolectando agua de lluvia de tejados y patios (Antoniou et al., 2014). Los Mayas, en el sureste de México y Centroamérica, enfrentaron la escasez de agua y desarrollaron sistemas avanzados de embalses para gestionar este recurso, garantizando agua durante la estación seca (Lucero, 2023).

En Ecuador, se han implementado métodos tradicionales para la preservación del agua, particularmente en las áreas rurales, porque el acceso al agua potable es escaso. Entre las técnicas más documentadas se encuentran aquellas que se emplean en la región costera, donde se han identificado estructuras como el "jagüey", una especie de embalse, y el "tape", que es un dique artesanal (Herrera-Franco et al., 2020). En líneas generales, a lo largo de la historia, las comunidades en la parroquia de Colonche, como Cerezal Bellavista, han disfrutado de un acceso permanente a fuentes de agua, principalmente debido a la presencia de múltiples ríos y pozos asociados (Marcos, 2004).

2.1.2 Captación de agua

En el planeta Tierra, el agua es fuente de vida. Los humanos, al igual que cualquier ser vivo, tienen una necesidad tanto física como arraigada de obtener y retener agua de fuentes naturales, lagos y otros cuerpos de agua. Por tanto, la captación de agua es el procedimiento de reunir y

almacenar agua procedente de variadas fuentes naturales, que incluyen la lluvia, ríos, arroyos, lagos, manantiales y aguas subterráneas. Los sistemas de captación de agua son una tecnología que se utiliza para permitir que superficies impermeables acumulen agua (Martínez, 1996; Pennington & Cech, 2010).

Las estrategias utilizadas para recolectar agua pueden adaptarse según la fuente y las demandas particulares. En este contexto, la captación de agua de lluvia ha involucrado la implementación de diversos métodos y sistemas, como el enfoque de las trincheras. No solo disminuye el consumo de agua y los gastos asociados, sino que también mitiga el uso externo, previene inundaciones y controla la erosión al almacenar el agua de lluvia en el entorno (Proton & Chocat, 2021; Waterfall, 2004).

Las técnicas actuales para adquirir y emplear el agua se enfocan mayormente en la explotación de ríos y la extracción de aguas subterráneas a través de métodos como pozos y perforaciones. A pesar de esto, la suma del caudal de los ríos y el ciclo anual de aguas subterráneas representa menos del 40% de la precipitación total en forma de lluvia y nieve que llega a la superficie terrestre en todo el mundo. El resto se pierde debido a la evaporación desde el suelo, cuerpos de agua como estanques, humedales y lagos (Pacey & Cullis, 1986).

2.1.3 Represa

Son estructuras que retienen agua con diversos fines, como la prevención de inundaciones, abastecimiento de agua para personas y animales, irrigación y producción de energía (TCEQ, 2023). Una represa puede abarcar desde una construcción sencilla, hasta la creación de una represa de gran tamaño. Su propósito principal es retener el flujo de agua durante un breve lapso antes de liberarlo nuevamente a su curso de agua natural (Chow et al, 1994). En ciertos países, como México, se diferencia entre la "cortina" como la estructura que obstruye el flujo del agua y la

"presa" como el conjunto de estructuras que incluye la cortina y se utiliza para aprovechar los recursos hídricos (Sandoval, 2019).

En los siglos XVI y XVII, se introdujo técnicas innovadoras, como la utilización de arcos de gravedad y presas en forma de arco, con ejemplos notables como las presas de Tibi, Elche y Relleu, que sirvieron como modelos a seguir durante más de dos siglos. Hasta el siglo XX, la mayor parte del conocimiento aplicado en el diseño se basaba en la experiencia práctica. En las últimas cinco décadas, ha tenido lugar un significativo avance en el análisis numérico de presas de hormigón. Los científicos han desempeñado un papel fundamental en este progreso, lo que ha posibilitado desarrollar estructuras de gran envergadura, rentables y seguras (Berga & De Cea, 2006; Jansen, 1988).

2.1.3.1 Elementos de represa

Figura 2. 2

Elementos de una represa (Bharti et al., 2020).

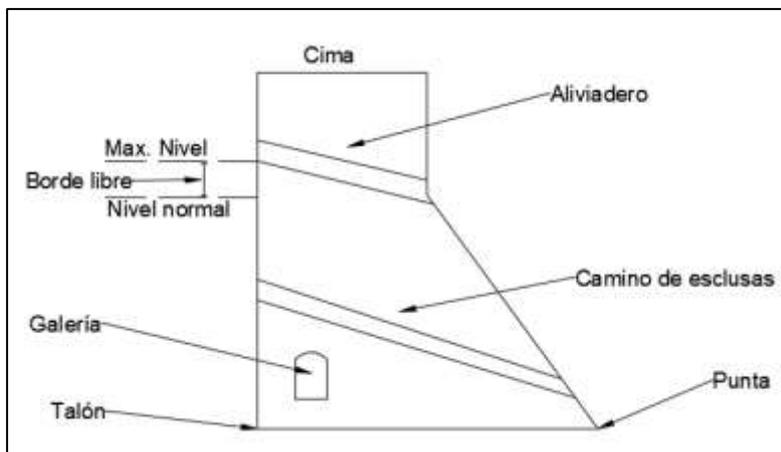
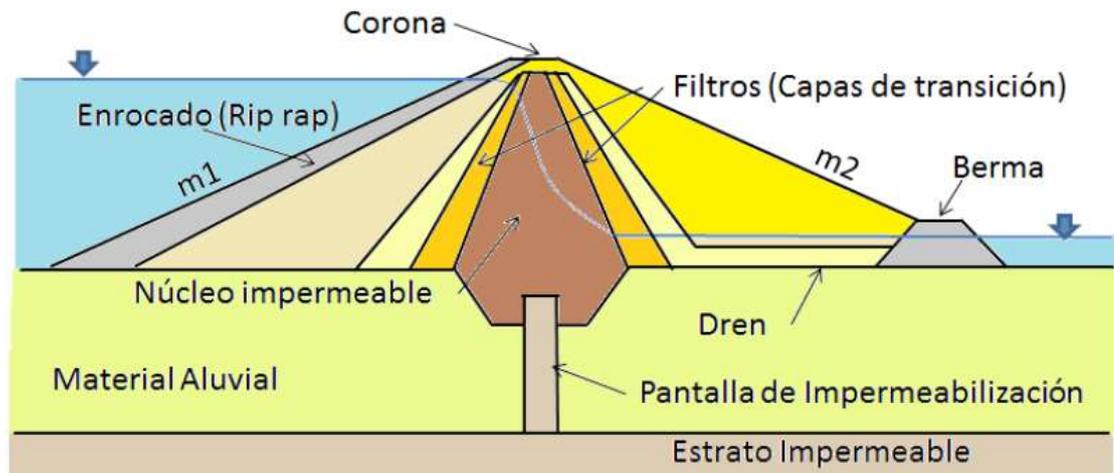


Figura 2.3

Elementos de una presa de materiales sueltos (Sandoval, 2019).



2.1.3.2 Tipos de represa modernas

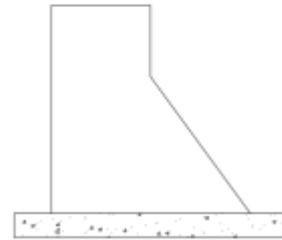
A continuación, según (Novak et al., 2001) se describen las variantes principales de las represas modernas construidas en hormigón:

Tabla 2. 1

Tipos de represa (Novak et al., 2001)

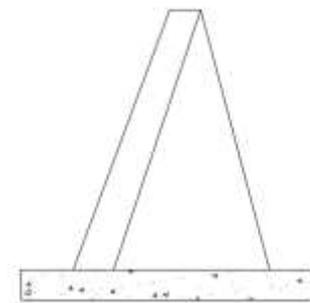
Represas de gravedad

- Se sostienen solo por su propio peso, suelen ser de forma triangular para mantener la estabilidad y reducir tensiones en la represa y su base.
- Algunas pueden tener una forma curva por motivos estéticos, sin necesidad de depender de un arco para su estabilidad.



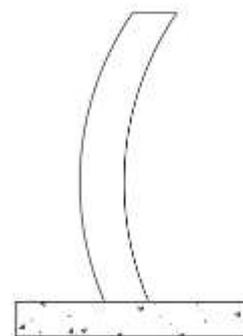
Represas de contrafuerte

- Las represas de contrafuerte se caracterizan por tener un muro continuo en la zona aguas arriba respaldado por contrafuertes regularmente espaciados en la zona aguas abajo.
- Una variante moderna es la represa de contrafuerte macizo o de cabeza sólida, que es conceptualmente similar a las represas de gravedad, pero menos pesada.



Represa de arco

-
- Las represas de tipo arco tienen una forma curvada hacia la corriente del agua y funcionan estructuralmente como arcos horizontales, desviando la carga del agua hacia los contrafuertes o los flancos del valle en lugar de transmitirla al lecho del río.



- Un arco con una curvatura horizontal constante en la parte aguas arriba es más estructuralmente eficiente que las represas de gravedad o de contrafuerte, ya que requiere menos concreto.
-

2.1.4 Conceptos hidrológicos

2.1.4.1 Método del número de curva del SCS

El método del número de curva del SCS es un modelo de estimación de la lluvia en exceso en una cuenca, que está influenciada principalmente por un número de curva empírico. El número de curva (CN) es adimensional y define el potencial de generación de escorrentía en una región, tomando en consideración el grupo hidrológico del suelo, la naturaleza de la cobertura del suelo, el estado hidrológico y las condiciones previas de humedad (Chow et al., 1988; Maidment, 1993; Subramanya, 2008).

$$P_e = \frac{(CN(P + 2) + 200)^2}{CN[CN(P - 8) + 800]} \quad (2.1)$$

El tiempo de retardo t_{lag} [min] el intervalo de tiempo entre el comienzo de lluvia hasta que la escorrentía alcanza su pico máximo. Para estimar este parámetro, es necesario calcular el tiempo de concentración (t_c) en minutos. El t_c representa el período que requiere el agua de lluvia para desplazarse desde la parte más alejada de la cuenca hasta su punto de salida. La extensión de este tiempo varía en función de la inclinación del terreno y las características de la superficie (USDA, 2008).

$$t_c = \frac{0.6 * 258.7 * L^{0.8} * \left[\left(\frac{1000}{CN} - 9 \right) \right]^{0.7}}{1900 * S^{0.5}} \quad (2.2)$$

Donde L es la longitud del cauce más largo [m], CN es el número de curva y S es la pendiente del cauce más largo, en %.

2.1.4.2 Tránsito hidrológico

El método de Muskingum es utilizado para estimar el tránsito en el cauce de un río. Es esencial identificar los valores de los parámetros K [h], y X [adimensional], que se emplearán para caracterizar las propiedades de almacenamiento del tramo (Aparicio, 1989; Chow et al., 1988; Gupta, 2017). La ecuación que se emplea para representar dicho método es la siguiente, en [m³/s]:

$$S = K * [XI + (1 - X)O] \quad (2.3)$$

El tiempo de tránsito, designado como K , (en horas) representa la cantidad de tiempo requerida para que ondas de crecida viajen desde un punto de inicio hasta un punto de finalización en el tramo de agua bajo análisis (NWS, 2004). Este parámetro se expresa en unidades de horas y se estima mediante la siguiente ecuación:

$$K = 0.18 * \left(\frac{\Delta x}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (2.4)$$

En donde Δx es la longitud del cauce [Km] y S es la pendiente del cauce. X es adimensional y debe estar entre 0.1 y 0.5.

2.2 Área de estudio

El área de estudio se encuentra en una zona del río El Palmar, situado en la comuna homónima (Figura 2.3).

Figura 2. 3

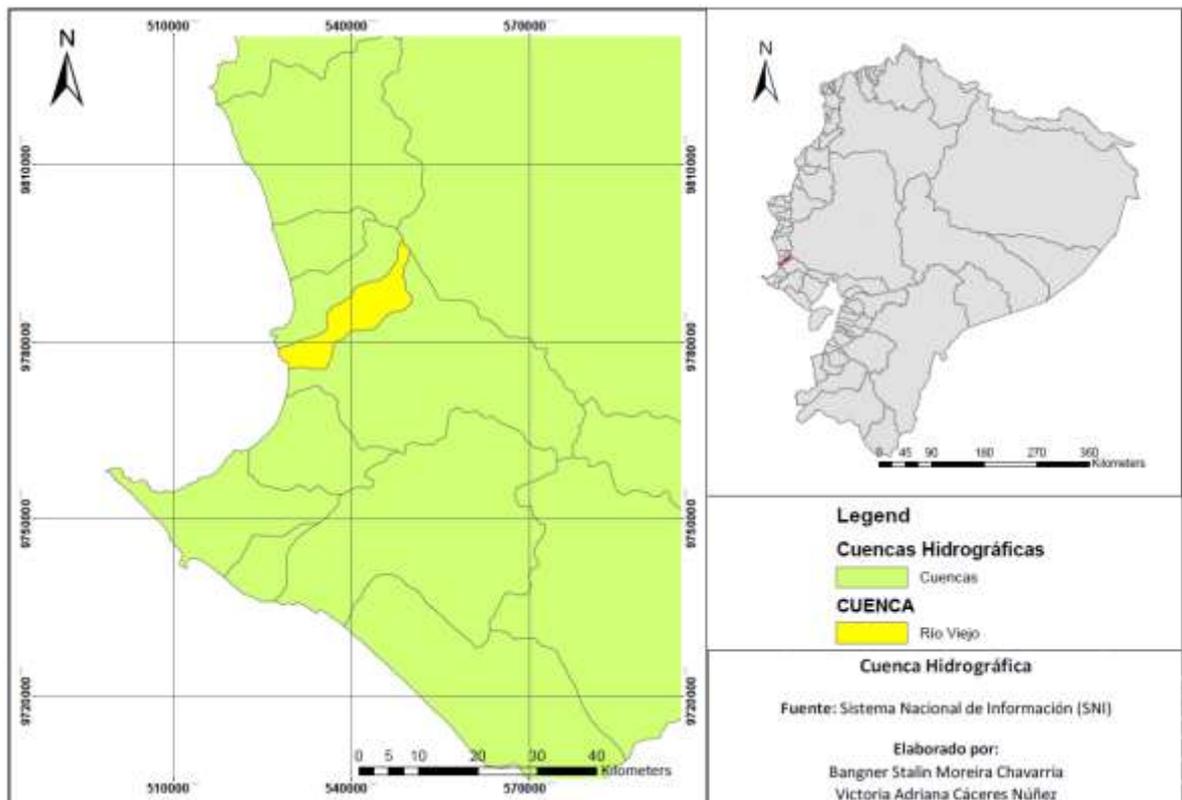
Área de estudio del río El Palmar. Elaborado por: Autores.



Este río se encuentra situado en la cuenca llamada Río Viejo, la cual limita al norte con la cuenca del Río Valdivia, al sur con la cuenca del Río Javita y al este con la cuenca del Río Guayas (SNI, 2023).

Figura 2. 4

Mapa de la cuenca del área de estudio. Elaborado por: Autores.



El área de estudio se extiende por una distancia de aproximadamente 3.5 kilómetros, comenzando en las proximidades de la comuna Palmar y extendiéndose hasta la vía que conduce a la parroquia Colonche. Al ser un río intermitente, durante la temporada seca (llamada de verano por estos sitios), este río pierde completamente su caudal y escorrentía, lo que resulta en la acumulación de agua estancada en ciertas secciones de su cauce. Este fenómeno de sequía estacional tiene un impacto significativo en la disponibilidad de agua en la región durante los meses más secos del año (León et al., 2008).

2.2.1 Condiciones geográficas

La comuna de Palmar está ubicada en el kilómetro 176 de la vía que conecta Santa Elena y Manglaralto, la cual es reconocida como la Ruta del *Spondylus*, previamente denominada Ruta del Sol. Este punto de entrada se localiza en el cruce de San Pablo-Colonche, y la carretera que lleva a este lugar está revestida con asfalto (GAD Colonche, 2019; Olives et al., 2020). Forma

parte de la parroquia Colonche, en la provincia de Santa Elena. Su territorio se extiende hacia el Norte limitando con la comuna de Ayangue, hacia el Sur con la comuna de Jambelí; hacia el Este alcanza las áreas colindantes con la Cordillera de Colonche; y hacia el Oeste con el Océano Pacífico.

Las condiciones climáticas en esta área de investigación se ven influenciadas por la interacción entre las corrientes principales del hemisferio norte y sur, además de la importancia crucial de la posición de la Zona de Convergencia Intertropical en la definición del clima (Marcos, 2004). Según la clasificación de Köppen-Geiger, se clasifica como clima Aw, lo que significa que es cálido durante todo el año con una estación seca. La temperatura promedio anual reportada en Palmar es de 23.4 °C, de acuerdo con los datos disponibles, y la cantidad anual de precipitación alcanza los 805 mm. La información completa se puede encontrar en el portal: www.climate-data.org (Climate Data, 2023).

2.2.2 Actividades económicas

En la localidad de Colonche, hay un total de 696 productores en el sector agropecuario. De estos, el 59% son agricultores, el 19% se dedican a la ganadería, y el 22% participa en ambas actividades. La población enfocada en la agricultura, se dedican a cultivos de ciclo corto como sandía y melón, así como cultivos de ciclo largo como limón y cacao en diversas ubicaciones. Por lo general, estos residentes poseen un sistema de riego a bombeo en donde obtienen agua de los acuíferos través de pozos o crean estanques artificiales (Alvarado et al., 2012; Rosales, 2021).

La economía de la región se ha basado principalmente en la agricultura, aprovechando las extensas áreas de tierra y la disponibilidad de recursos hídricos. Sin embargo, el cambio climático ha tenido un impacto significativo en esta actividad. Además, la ganadería también ha desempeñado un papel crucial como fuente económica en la zona, centrándose en la crianza y explotación de animales destinados al consumo, así como en la gestión de sus productos derivados.

Estas dos actividades se clasifican en el sector primario de la economía, ya que su objetivo principal es satisfacer las necesidades de la población (GAD Colonche, 2019; Olives et al., 2020).

2.3 Trabajos de campo y laboratorio

2.3.1 Topografía

Para llevar a cabo la topografía, se ocupó dispositivos como dron, *Real Time Kinematic* (RTK) y GPS referencial (Figura 2.5), pertenecientes al CIPAT-ESPOL. El procedimiento inicial consistió en dividir el terreno de interés en múltiples secciones, determinando la extensión de cada una en función de la autonomía prevista para el dron y considerando el consumo de batería estimado para cada vuelo.

Figura 2. 5

Dron, RTK y GPS referencial utilizados en los trabajos de campo.



En la preparación del dron, se usó dos aplicaciones diferentes. Dando uso a programa *DroneDeploy* para diseñar el plan de vuelo, dividiéndolo en 8 secciones alrededor de la zona de estudio, cada una con dimensiones aproximada de 400 y 500 metros (Figura 2.6). Además, se empleó la aplicación *DJI GO 4* para supervisar el vuelo del dron y para monitorear el nivel de la batería de la aeronave.

Figura 2. 6

Plan de vuelo del dron dividido en 8 zonas. Fuente: Google Earth.



Una vez que se ha configurado el vuelo, es necesario colocar cuatro marcadores “X” con cal en las proximidades de las esquinas de cada área, permitiendo al dron establecer un punto de referencia (Figura 2.7). En este punto, se utilizó tanto el sistema RTK como el GPS referencial para registrar las coordenadas de las ubicaciones de estas “X”, que serán fundamentales para el posterior procesamiento de las imágenes en el laboratorio.

Figura 2.7

Perspectiva del dron situado sobre uno de los puntos de referencia.



2.3.2 Batimetría

Para determinar la profundidad del río, se implementó dispositivos RTK y GPS de referencia. Se utilizó las áreas que previamente se dividió para la operación del dron, proporcionando una estructura organizativa y una manera precisa de ubicar las áreas de interés. Los puntos de medición fueron registrados a intervalos aproximados de 20 a 30 metros, o en secciones del río con cambios bruscos en su trayectoria, como curvas o meandros. Allí se tomó una medición en cada extremo y en el punto medio del río (Figura 2.8).

Figura 2. 8

Registro de puntos mediante el RTK y GPS referencial.



Se obtuvo los datos del puente, que incluyó sus dimensiones, y se entrevistó a los residentes locales para estimar el nivel máximo histórico de inundación que el río había alcanzado en la zona del puente (Figura 2.9). Esta cota fue posteriormente empleada para calibrar los modelos hidrológicos e hidrodinámicos.

Figura 2. 9

Medición del puente en el río El Palmar.



Tabla 2. 2

Dimensiones de elementos del puente

Elemento	Dimensiones [m]
Altura del estribo	2.70
Altura de losas	0.30
Altura de paso peatonal	0.50
Ancho del paso peatonal	0.82
Altura de vigas	1.30
Separación de vigas	2.80
Ancho del patín superior	1.80
Ancho del patín inferior	0.60
Largo del puente	19.50
Ancho del puente	11.20

2.3.3 Muestras de suelo

En este contexto, para adquirir las muestras de suelo, se llevó a cabo excavaciones llamadas calicatas. Estas excavaciones implican la perforación de la superficie del suelo a diversas profundidades con el propósito de obtener muestras de tierra. La profundidad de cada calicata varió en función de las condiciones del nivel freático, que presentaba fluctuaciones en cada sitio de muestreo. En total, se excavó seis calicatas, para obtener sendas muestras de suelo. Se extrajo en los extremos, en el centro del lugar donde se construirá la presa, y a 800 metros de la zona de estudio, aguas abajo, en las mismas posiciones.

Tabla 2. 3

Muestras tomadas 800 metros aguas debajo de la zona 1

Calicatas	Descripción	Fotografía
<p>Muestra # 1</p> <p>Zona 17 S</p> <p>Coordenadas:</p> <p>9776651.72</p> <p>530816.06</p>	<p>Calicata extremo derecho del río</p> <p>Nivel freático a una profundidad cercana a los 0.40 metros</p> <p>Presencia de suelo arenoso</p>	
<p>Muestra # 2</p> <p>Zona 17 S</p> <p>Coordenadas:</p> <p>9776644.86</p> <p>530819.37</p>	<p>Calicata en medio del río</p> <p>Nivel freático a una profundidad cercana a los 0.8 m</p> <p>Presencia de suelo arenoso</p>	
<p>Muestra # 3</p> <p>Zona 17 S</p> <p>Coordenadas:</p> <p>9776639.05</p> <p>530823.14</p>	<p>Calicata extremo izquierdo del río</p> <p>Nivel freático a una profundidad cercana a los 0.40 metros</p> <p>Presencia de suelo arenoso</p>	

Tabla 2. 4

Muestras tomadas en otra ubicación aguas abajo

Calicatas	Descripción	Fotografía
Muestra # 4 Zona 17 S Coordenadas: 9776772.53 531660.95	Calicata extremo derecho del río Nivel freático a una profundidad cercana a los 0.60 metros Presencia de suelo arenoso y arcilloso	
Muestra # 5 Zona 17 S Coordenadas: 9776762.47 531654.48	Calicata en medio del río Nivel freático a una profundidad cercana a los 0.5 m Presencia de suelo arenoso y arcilloso	

Muestra # 6	Calicata extremo	
Zona 17 S	izquierdo del río	
Coordenadas: 9776749.51	Nivel freático a una	
531657.11	profundidad cercana a los	
	0.40 metros	
	Presencia de suelo	
	arenoso y arcilloso	

Las muestras de suelo se transportaron al Laboratorio de Geotecnia y Construcción de ESPOL, donde se realizó los ensayos necesarios. Se recolectaron alrededor de 5 kilogramos de cada muestra, las cuales se sometieron a procesos de secado, tanto al aire libre como en el horno de secado, antes de proceder con los ensayos de laboratorio.

Figura 2. 10.

Secado de las muestras del río.



2.3.4 Ensayos de suelos

2.3.4.1 Granulometría

Con el objetivo de construir la curva granulométrica de la norma ASTM D-422 y determinar la fracción de material que atraviesa el tamiz #200, se tomó una porción de la muestra inicial y se sometió a un proceso de secado en un horno durante un período de 24 horas. Posteriormente, se lavó esta muestra a través del tamiz #200 (74 μm) para eliminar las partículas finas. Después de completar el proceso de lavado, se volvió a someter la muestra al horno durante otras 24 horas. Al concluir este segundo período de secado, se pesó la muestra para calcular la cantidad de material que se perdió durante el proceso de lavado.

Tabla 2. 5

Porcentaje de material perdido por muestra.

Muestra	800 metros aguas debajo de la zona	Ubicación de la represa aguas				
	1	abajo				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Porcentaje de material perdido (%)	34.00	59.42	63.62	39.24	7.94	9.18

Luego de pesar la muestra, esta se pasa a través de varios tamices con el fin de categorizarla y determinar la cantidad de agregado fino que atraviesa el tamiz No. 200.

Figura 2. 11

Uso de los tamices.



Tabla 2. 6

Cantidades en gramos retenidas en cada tamiz

No. Tamiz	800 metros aguas debajo de la zona			Ubicación de la represa aguas		
	1			abajo		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
4	0.00	0.00	0.27	0.00	1.04	0.00
10	0.16	0.05	0.57	0.18	2.36	0.35
30	0.3	0.21	0.31	0.34	2.3	0.63
50	2.2	1.31	1.07	1.16	4.81	2.76
100	51.4	22.48	27.8	10.1	67.82	80.88
200	66.78	44.74	37.46	85.52	103.81	95.36
Fondo	78.92	131.38	132.44	103.25	17.88	19.87

Con respecto al porcentaje de error del ensayo se debe tener en cuenta que este valor no debe ser mayor que 0.3% con el fin de que los resultados sean considerados como aceptables. Para esto se emplea la siguiente expresión:

$$\% \text{ Error} = \frac{|Masa \text{ final} - Masa \text{ inicial}|}{Masa \text{ inicial}} * 100 \quad (2.5)$$

Tabla 2.7

Porcentajes de error correspondientes a las muestras

Muestra	800 metros aguas debajo de la zona		Ubicación de la represa aguas abajo			
	1		abajo			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Masa inicial (g)	200	200.01	200	200.01	200.01	200.02
Masa final (g)	199.76	200.17	199.92	200.55	200.02	199.85
Error porcentual (%)	0.12	0.08	0.04	0.27	0.005	0.08

De acuerdo con los valores alcanzados, cada muestra presenta un porcentaje inferior al 0.3%, lo que indica que estos resultados son adecuados. Luego de verificar los porcentajes de error de las muestras, se elaboró la curva granulométrica de cada una, las cuales se adjuntan en la sección

de anexos. De esta manera se puede clasificar a qué tipo de suelo corresponde de acuerdo con las proporciones de los materiales y evaluar si es posible ejecutar el ensayo de límites de Atterberg.

2.3.4.2 Límites de Atterberg

Con el propósito de establecer los límites de Atterberg, se evaluaron el límite plástico, el límite líquido y el índice de plasticidad, siguiendo las pautas establecidas en la norma ASTM D-4318-10, para conocer el tipo de suelo y el comportamiento hidráulico y mecánico que estos poseen. Es relevante destacar que los límites fueron determinados únicamente para las muestras 2 y 4 porque las otras muestras contenían una mayor cantidad de arena.

Figura 2. 12

Desarrollo del ensayo de límites de Atterberg.



Tabla 2. 8

Resultados de límites de Atterberg

Parámetro	Muestra 2	Muestra 4
Índice de plasticidad IP (%)	15.52	18.29
Límite líquido LL (%)	37.10	41.07
Límite plástico LP (%)	21.58	22.78

Para identificar la naturaleza del suelo presente en las muestras, se aplicó el diagrama de flujo para la clasificación de suelos de grano grueso y la tabla de plasticidad conforme a las directrices estipuladas en la normativa ASTM D-2487, lo cual resultó en la Tabla 2.9.

Tabla 2. 9

Clasificación del tipo de suelo de las muestras. Elaborado por: Autores.

Clasificación según el Unified Soil Classification System (USCS)	
Muestra	Tipo de Suelo
800 metros aguas debajo de la zona 1	
Muestra	
1	SM – Arena arcillosa
Muestra	
2	OH – Arcilla orgánica arenosa
Muestra	
3	SM – Arena limosa
Ubicación de la represa aguas abajo	
Muestra	
4	SC SM – Arena arcillosa
Muestra	
5	SP SC – Arena arcillosa pobremente graduada
Muestra	
6	SP SC – Arena arcillosa pobremente graduada

2.3.4.3 Gravedad específica

Se evaluó la determinación de la gravedad específica de los suelos, con el uso la normativa ASTM D-854. Se seleccionó una porción de muestra con respecto a la masa mínima establecida

luego de pasarlo sobre el tamiz número 4. Posteriormente, se llevó a cabo el ensayo siguiendo los pasos prescritos en la normativa una vez que se cumplieron estos requisitos.

Tabla 2. 10

Gravedad específica de las muestras

Muestras	Gravedad específica a temperatura del ensayo	
	Ensayo # 1	Ensayo # 2
Muestra #1	2.71	2.71
Muestra #2	2.62	2.71
Muestra #3	2.66	2.65
Muestra #4	2.48	2.49
Muestra #5	2.75	2.74
Muestra #6	2.81	2.80

2.3.4.4 Capacidad de carga ultima

Para determinar la capacidad de carga última de nuestro suelo, en primer lugar, se obtuvo una muestra intacta utilizando el tubo de Shelby. Este dispositivo conservó la humedad original del área durante la extracción de la muestra (Figura 2.13).

Figura 2. 13. Muestra del tubo Shelby.



Se extrajo una porción de la muestra, con una longitud de aproximadamente 8 cm, y se ajustó el diámetro recortándolo unos 3 cm utilizando una sierra de alambre. Este paso se realizó con el objetivo de obtener el diámetro adecuado para que la muestra pueda ser introducida en la máquina de compresión (Figura 2.14).

Figura 2. 14. Reducción del diámetro de la muestra.



La muestra fue pesada y luego sometida a la máquina de compresión. Esta máquina permitía determinar la carga máxima que la muestra podía resistir. A través de un ordenador, se pudo identificar hasta qué punto la muestra aguantó la carga, y este momento se confirmó al observar una línea de rotura en la muestra.

Figura 2. 15

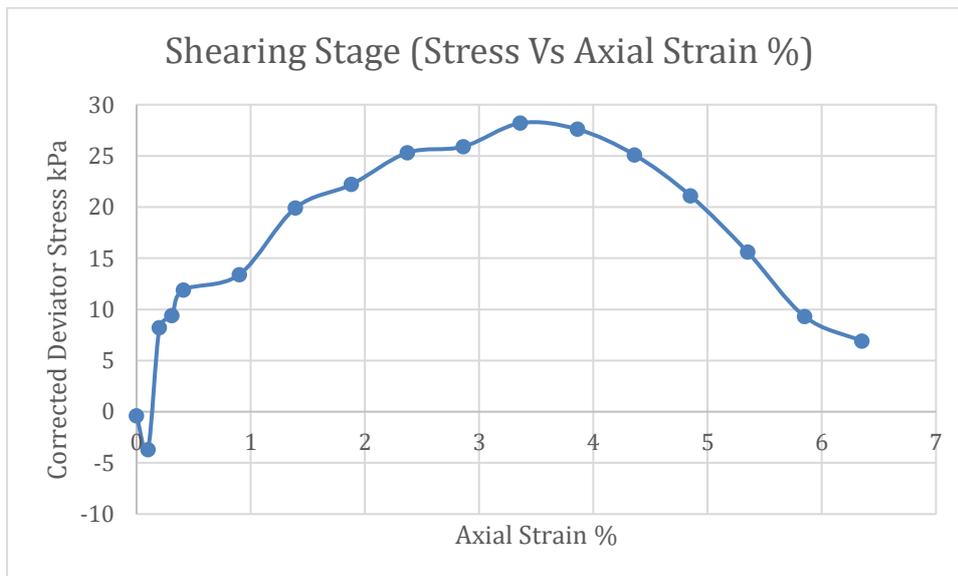
Compresión de la muestra.



Del análisis, se derivaron los siguientes resultados:

Figura 2. 16

Curva de capacidad de carga última.



La máquina de compresión proporcionó los siguientes resultados a través de su ordenador.

Tabla 2. 11*Resultados obtenidos en la máquina de compresión*

Condiciones de falla	
Fuerza compresiva	28.2 kPa
Deformación axial	3.36
Corrección de tensión del desviador aplicada	0.00 kPa
Estrés principal mayor	28.1 kPa
Estrés principal menor	-0.1 kPa
Contenido de humedad	14.75%
Peso unitario Final	19.08 kN/m ³

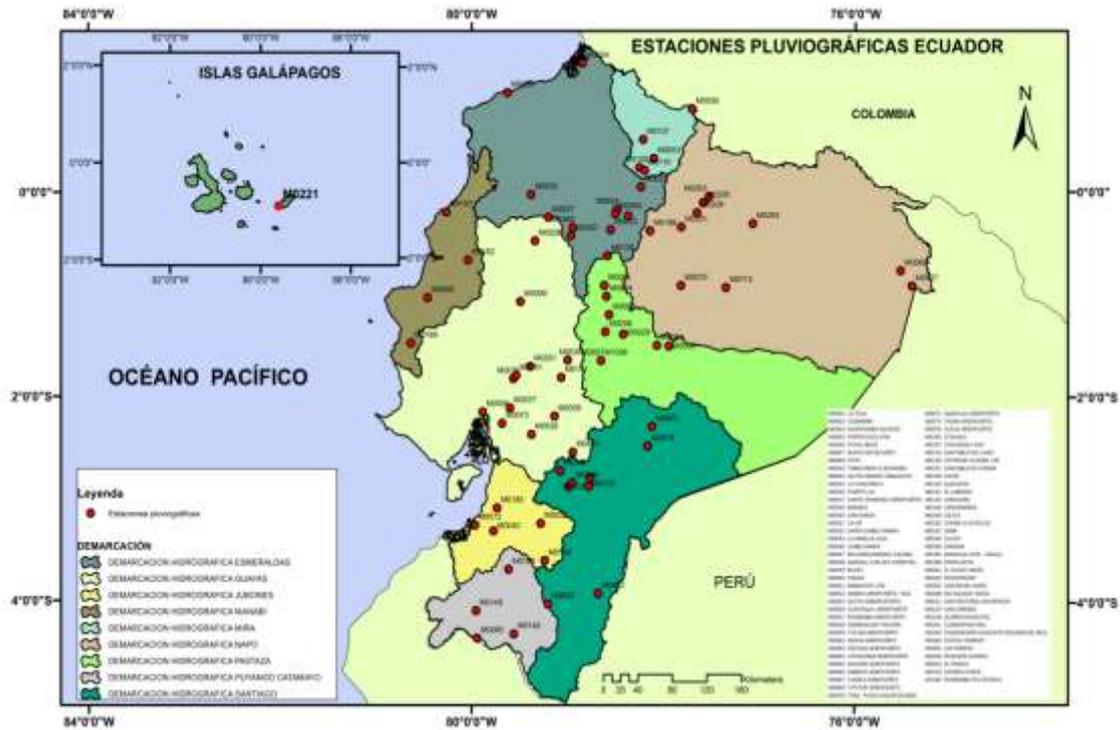
2.4 Análisis de datos

2.4.1 Estudio hidrológico

La información se obtuvo del estudio más reciente de determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación del INAMHI en el año 2019 (INAMHI, 2019). Dicho estudio, que abarca información de estaciones pluviográficas como coordenadas de ubicación de las estaciones y ecuaciones para las curvas IDF, sirve como base para el análisis hidrológico posterior. La información de estas estaciones es esencial para comprender los patrones de precipitación en la zona de interés. Por ello se definió una estación sintética representativa de la cuenca de análisis. Para lograr esto, se seleccionó las tres estaciones pluviográficas más cercanas, las cuales son M0036, M0056 y M0169.

Figura 2. 17

Mapa de las estaciones pluviográficas de Ecuador (INAMHI, 2019).



Para el desarrollo de la estación sintética se empleó el método del bloque alterno. El método de bloque alterno es un procedimiento simple para generar patrones de lluvia sintéticos (Chow et al., 1988) que permite diseñar hietogramas a partir de las curvas IDF. Con este fin, es necesario conocer los valores de intensidad en [mm/h] durante 2 horas como duración de lluvia patrón por cada estación utilizando la siguiente expresión:

$$i = \frac{c * T^f}{t_d^e} \quad (2.6)$$

Donde i es la intensidad, T es el período de retorno [años] y t_d es la duración de lluvia [min]. Los valores de c , f y e se extraen de las ecuaciones de curvas IDF de cada estación para cada intervalo de tiempo.

Tabla 2. 12*Ecuaciones de curvas IDF para cada estación (INAMHI, 2019)*

Estación M0036 – Isabel María	
Duración	Ecuación
5 min a 30 min	$i = 192.4568 * T^{0.1448}$ $* t^{-0.309}$
30 min a 120 min	$i = 254.4995 * T^{0.2022}$ $* t^{-0.443}$
Estación M0056 – Guayaquil Aeropuerto	
Duración	Ecuación
5 min a 30 min	$i = 135.7748 * T^{0.2169}$ $* t^{-0.3063}$
30 min a 120 min	$i = 203.0259 * T^{0.2169}$ $* t^{-0.417068}$
Estación M0169 – Julcuy	
Duración	Ecuación
5 min a 30 min	$i = 161.6041 * T^{0.2087}$ $* t^{-0.4192}$
30 min a 120 min	$i = 302.5648 * T^{0.2098}$ $* t^{-0.6122}$

En base a estos conceptos y datos se construyeron los hietogramas de las 3 estaciones cercanas a Palmar. Finalmente, se utilizó el método de ponderación con *Inverse Distance Weighting* (IDW) para generar el hietograma ponderado en la ubicación del proyecto (Abedini & Nasser, 2008).

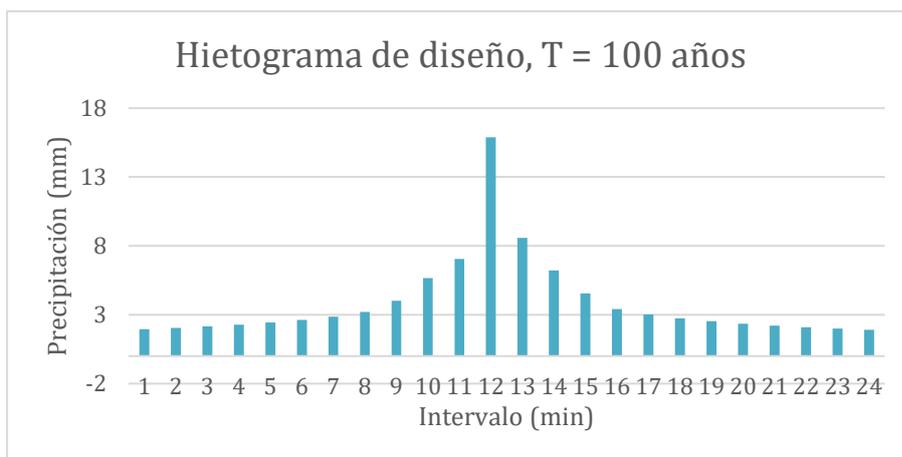
$$z_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{z_i}{d_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)} \quad (2.7)$$

En este contexto, la expresión matemática representa la sumatoria de las intensidades de lluvia divididas para el cuadrado de las distancias de las estaciones, y sobre la sumatoria del inverso de la distancia al cuadrado de estas. z_i es la intensidad de precipitación en cierta duración [mm/h], y d_i^2 es el cuadrado de la distancia de la estación a la que corresponde [m].

Adicionalmente, se tuvo en cuenta un período de retorno de 100 años al ser una represa pequeña (USBR, 1987), obteniendo así el siguiente resultado (Figura 2.18):

Figura 2. 18.

Hietograma de diseño de la estación sintética del proyecto.

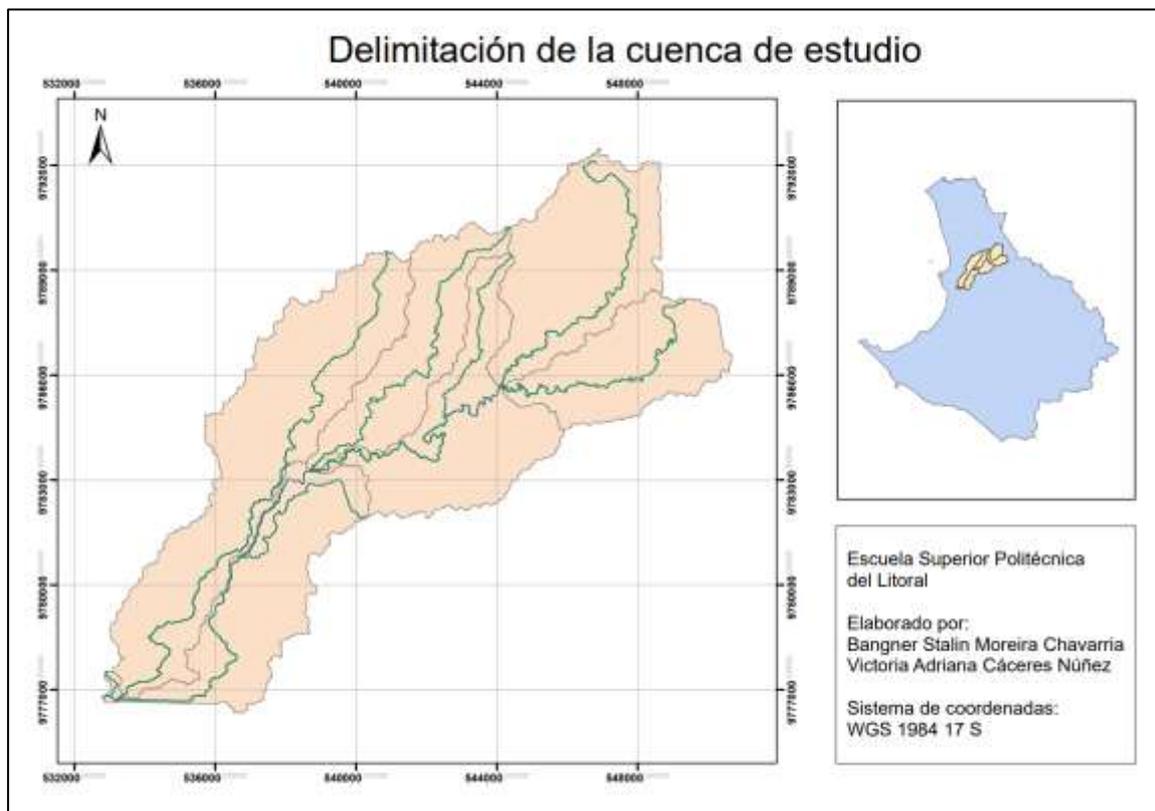


2.4.2 Modelación hidrológica

Para la elaboración del modelo lluvia-escorrentía se empleó el programa HEC-HMS. Este es un software desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE), a fin de simular procesos hidrológicos. Se empezó el proceso con la delimitación de la cuenca de estudio a través de un modelo de elevación digital (DEM).

Figura 2. 19.

Mapa de la cuenca delimitada en HEC-HMS.



A continuación, el método utilizado para estimar las pérdidas o abstracciones es el del número de curva del SCS. Para esto, se necesita saber el uso del suelo, información que se obtuvo de ESA (2020). Con respecto al tipo de suelo, este fue definido con ayuda de la página web de la NASA: https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/Global_Hydrologic_Soil_Group.html (ORNL, 2020) sobre horizontes de suelo para la aplicación del número de curva. Esta se usó para aproximar los números de curva de acuerdo con (Chow et al., 1988) y NEH 630-Capítulo 9 (USDA, 2004).

Tabla 2. 13*Valores de CN según usos y tipos de suelo. Elaborado por: Autores*

Copernicus (ESA, 2020)	Uso de suelo	Tipo de suelo			
		C	D	C/D	D/D
20	Arbustos	76	82	79	82
30	Pastizales	74	80	77	80
40	Tierras de cultivo	78	81	80	81
50	Construido	87	89	88	89
60	Suelo desnudo o vegetación escasa	86	89	88	89
80	Cuerpos de agua permanentes	98	98	98	98
90	Vegas de ríos	74	80	77	80
112	Bosque cerrado, siempre verde, de hoja ancha	70	77	74	77
116	Bosque cerrado, desconocido	70	77	74	77
126	Bosque abierto, desconocido	77	83	80	83

Para el tipo de suelo mixto C/D se usó un promedio entre los valores correspondientes a C y D, y para D/D se usó el mismo valor del tipo de suelo D. Luego, se creó un archivo con el número de curva calculado para cada subcuenca, mediante la expresión (2.8):

$$CN_{sc} = \frac{\sum CN_i * A_i}{A_{sc}} \quad (2.8)$$

Donde CN_i representa el número de curvas totales en la subcuenca y A_{sc} es el área de la subcuenca [km²].

El método para transformar la lluvia en exceso en escorrentía de superficie es el del SCS, el cual primero necesita la estimación del tiempo de retraso en minutos. Una vez completado esto, se estimó el tránsito hidrológico en los canales mediante el método de Muskingum.

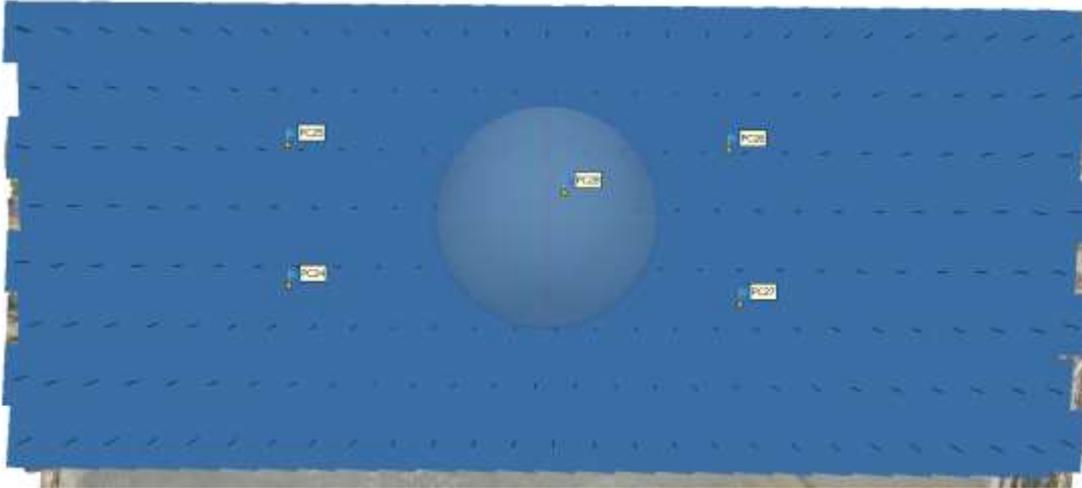
Finalmente, se insertó el hietograma de diseño en el software, y se ejecutó el análisis para un período de retorno de 100 años. Posterior a esto, se obtuvo el hidrograma de caudales.

2.4.3 Modelación hidrodinámica

Para esta sección, primero se procesó las imágenes y puntos tomados en campo en el área de estudio mediante el programa *Agisoft Metashape*. Este procedimiento se realizó por zona debido a que la información levantada era muy pesada.

Figura 2. 20

Procesamiento de imágenes en el programa Agisoft Metashape.

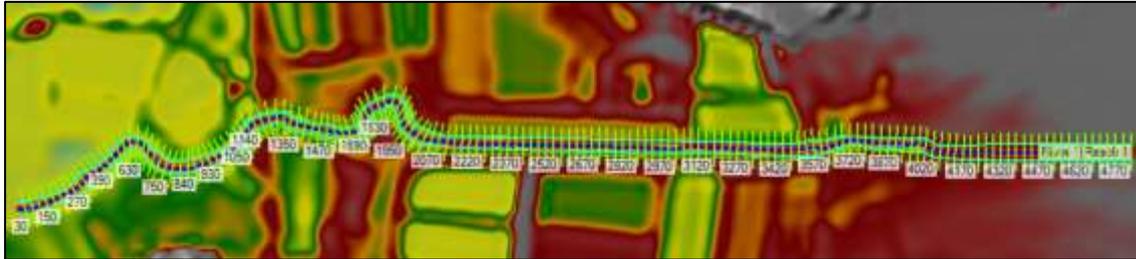


En la figura 2.20, los cuadros de color azul representan cada una de las imágenes capturadas por el dron durante el vuelo. Estas actúan como “cámaras” en el software y con esto se generó un mapa de cada zona. Mediante tal información se creó un mapa de profundidad, nube de puntos, modelos de elevación digital y curvas de nivel. Después, se verificó si los modelos elaborados contenían puntos aberrantes que pudieran afectar el procesamiento de los datos, los cuales fueron desechados. Una vez obtenidos los DEM de cada zona, fueron traslapados para crear un mosaico general del área.

Dicho modelo de elevación luego se importó a HEC-HMS y, mediante la herramienta *RAS Mapper* se elaboró la geometría del río. El procedimiento implicó la creación e importación, mediante un sistema de información geográfica, de las *bank lines* que representan las líneas de bancos, y del eje del río. Esto se logró utilizando datos de batimetría recopilados en el campo para definir los puntos, así como los *flowpaths* que indican las líneas de flujo (Figura 2.21).

Figura 2. 21.

Modelo de elevación final con geometría del río.



En el proceso de modelación, se requirió calcular los coeficientes de rugosidad de Manning mediante la metodología del USGS, la cual se basa en el enfoque desarrollado por (Cowan, 1956) para la estimación de los coeficientes de rugosidad de los ríos.

En este método, se considera individualmente seis elementos de rugosidad que afectan la resistencia al flujo y luego se integran en el coeficiente de rugosidad final para un tramo de río específico (Kim et al., 2010). Tales criterios son: tamaño de los sedimentos, nivel de irregularidad de la superficie, variación en la sección del canal, impacto de obstrucciones, presencia de vegetación y grado de meandros (USGS, 1989). La expresión que propone para calcular el valor de dicha variable es la siguiente:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m \quad (2.9)$$

Donde:

n_b es la rugosidad base

n_1 representa las irregularidades en la superficie

n_2 considera los cambios en la sección

n_3 toma en cuenta obstrucciones presentes

n_4 es la cantidad de vegetación existente

m determina la presencia de meandros

Tabla 2. 14

Resultados de coeficientes de Manning. Elaborado por: Autores

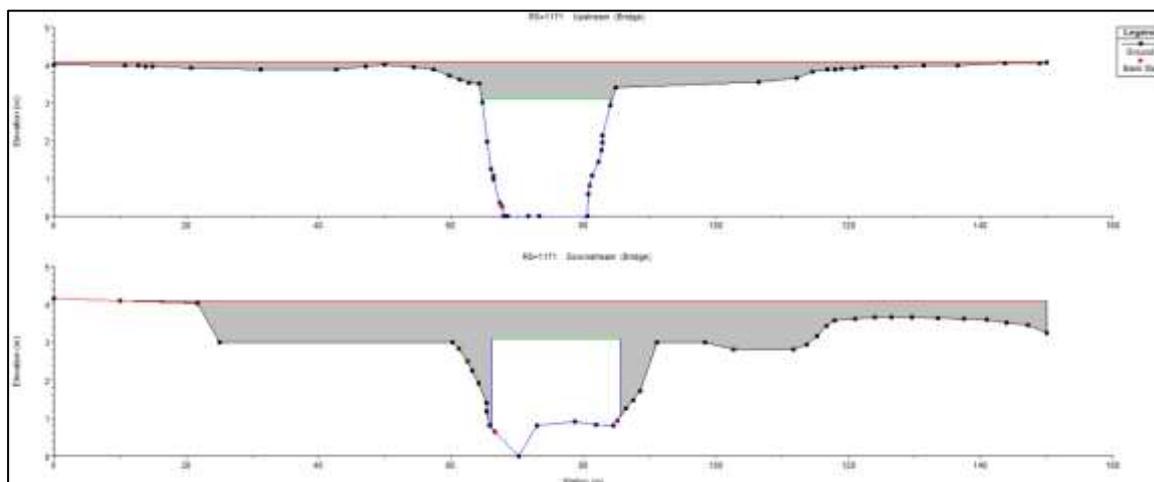
Tra mo	Elemen to	Base	Irregularidad	Cambios sección	Obstrucció n	Vegetaci ón	Meandr os	n correc
		Limo- arcilloso	Moderado/M oderado/Mod erado	Gradual	Apreciable/ apreciable/ apreciable	Medio/Gr ande/Me dio	Menor	[s/m ^{1/3}]
4+7 70	Llanur a izq.	0.028	0.006	0.000	0.020	0.010	1	0.064
3+8 40	Canal	0.028	0.006	0.000	0.020	0.025	1	0.079
	Llanur a der.	0.028	0.006	0.000	0.020	0.010	1	0.064
		Limo- arcilloso	Moderado/M enor/Modera do	Gradual	Menor/Des preciable/ Menor	Medio/Pe queña/M edio	Menor	[s/m ^{1/3}]
3+8 40	Llanur a izq.	0.028	0.006	0.000	0.002	0.010	1	0.046
3+4 80	Canal	0.028	0.001	0.000	0.010	0.006	1	0.045
	Llanur a der.	0.028	0.006	0.000	0.002	0.010	1	0.046
		Arcilla/Ar ena/Arcill a	moderado/su ave/moderad o	Gradual	Menor/Me nor/Menor	Pequeña/ Pequeña/ Pequeña	Menor	[s/m ^{1/3}]
3+4 80	Llanur a izq.	0.028	0.008	0.000	0.002	0.006	1	0.044
2+1 00	Canal	0.032	0.000	0.000	0.002	0.006	1	0.04
	Llanur a der.	0.028	0.008	0.000	0.002	0.006	1	0.044
		Arcilla/Ar ena/Arcill a	moderado/su ave/moderad o	Gradual	Menor/Me nor/Menor	Medio/Pe queña/M edio	Menor	[s/m ^{1/3}]
2+1 00	Llanur a izq.	0.028	0.008	0.000	0.002	0.010	1	0.048
1+3 50	Canal	0.032	0.000	0.000	0.002	0.006	1	0.04
	Llanur a der.	0.028	0.008	0.000	0.002	0.010	1	0.048
		Arena	moderado/su ave/moderad o	Gradual	Menor/Me nor/Apreci able	Medio/Pe queña/M edio	Menor	[s/m ^{1/3}]
1+3 50	Llanur a izq.	0.032	0.008	0.000	0.002	0.010	1	0.052
	Canal	0.032	0.000	0.000	0.002	0.006	1	0.04

0+9 30	Llanur a der.	0.032	0.008	0.000	0.020	0.010	1	0.07
		Arena	moderado/su ave/moderad o	Gradual	Menor/Me nor/Menor	Medio/Pe queña/Pe queño	Menor	[s/m ^{1/3}]
0+9 30	Llanur a izq.	0.032	0.008	0.000	0.002	0.010	1	0.052
0+0 00	Canal	0.032	0.000	0.000	0.002	0.006	1	0.04
00	Llanur a der.	0.032	0.008	0.000	0.002	0.006	1	0.048

Inicialmente, se modeló sin el puente, con un período de retorno de 100 años. Después, se agregó el puente existente en la abscisa 1171 de la zona 1 a la geometría creada para su posterior análisis.

Figura 2. 22

Modelación del río con el puente existente.

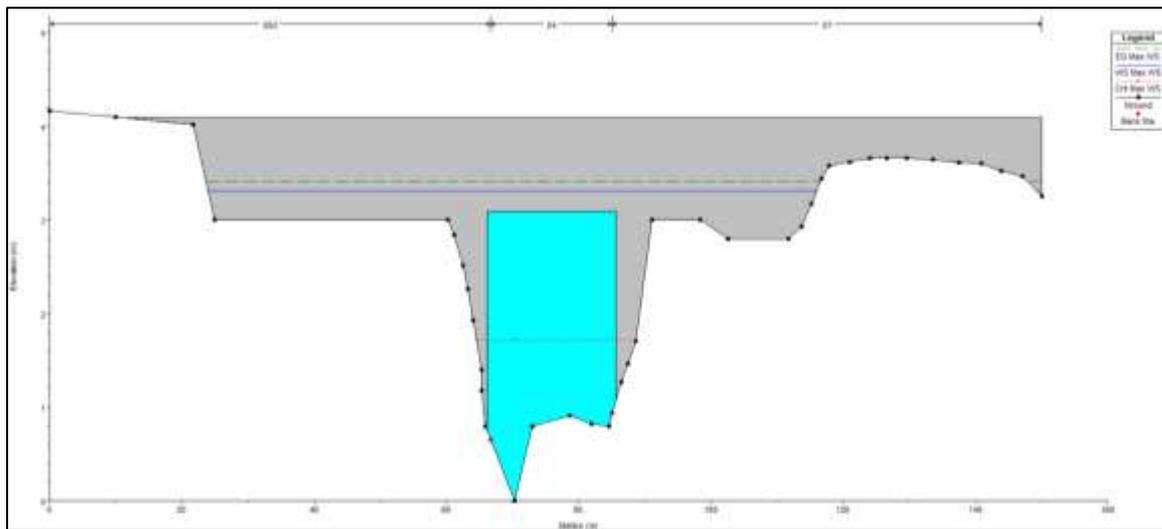


El análisis se llevó a cabo con la modelación del río, y empleando un caudal asociado a un periodo de retorno de 100 años. Este dato se obtuvo de la sección 2.4.2, que aborda la modelación hidrológica, en donde se tomó como referencia el hidrograma de caudales resultante.

Para calibrar el modelo y llegar a la cota histórica de 3.40 msnm, se ajustaron los valores de k y x en el método de Muskingum, y así, se obtuvo un caudal máximo de 67.3 m³/s.

Figura 2. 23.

Modelo hidrodinámico calibrado.



2.5 Análisis de alternativas

Esta sección, hace referencia al análisis de alternativas, para lo cual se aplicó la escala y matriz de Likert. A través de esta metodología, se asignan valores numéricos a criterios establecidos para cada alternativa propuesta, y así brindar una calificación final para definir cuál de estas será desarrollada en el diseño del capítulo 3. Los elementos o indicadores representan las variables que interesan al investigador, y se solicita a los encuestados que expresen en qué medida llevan a cabo o no las actividades que están siendo evaluadas (Reyes-Cruz et al., 2018).

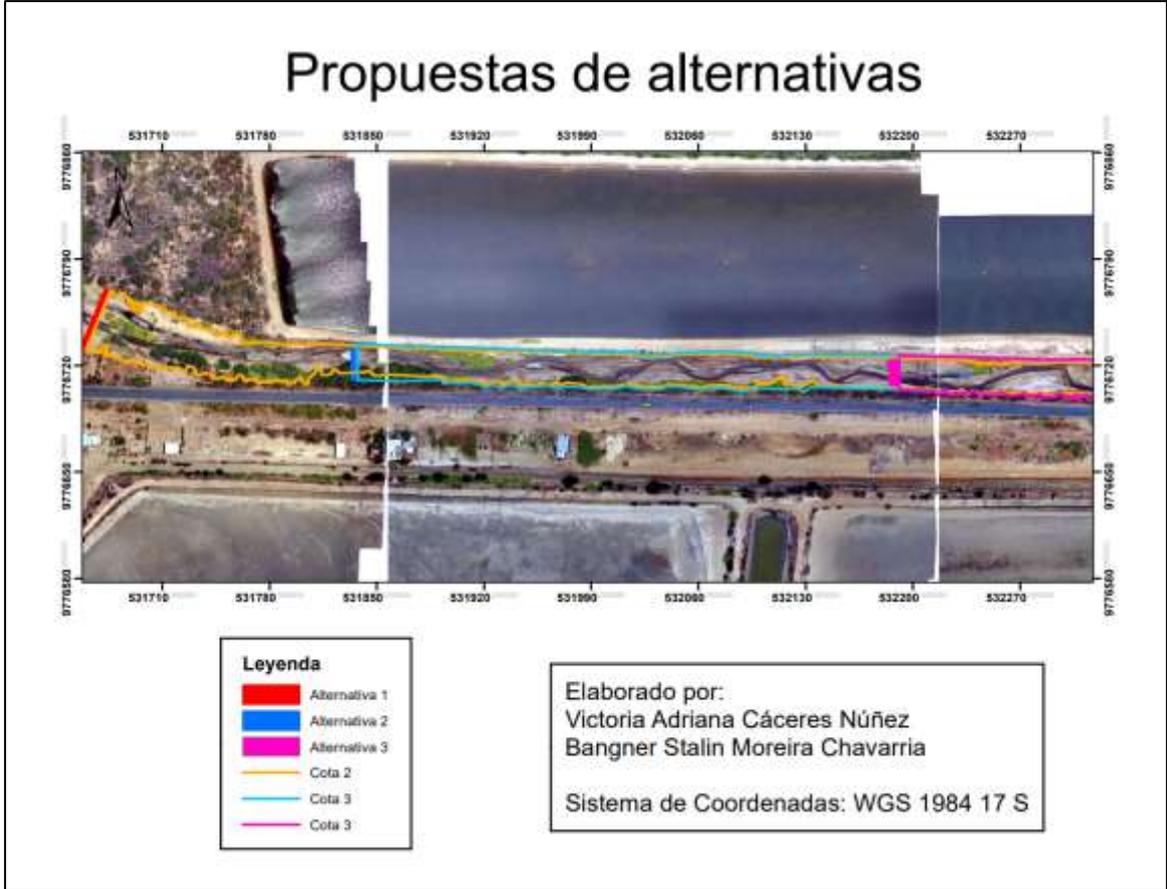
2.5.1 Propuestas de alternativas

Durante el planteamiento de las potenciales opciones de diseño, se empleó la información recopilada, y obtenida en campo. Con esto, se determinó tres alternativas de diseño (Figura 2.24).

Para determinar la ubicación de estas, se utilizó las curvas de nivel generadas de la topografía, y así estimar la llanura de inundación.

Figura 2. 24.

Propuestas de ubicación de alternativa.



Esta elección se basa en la consideración de evitar la instalación de la represa en las proximidades del pueblo, porque esto podría conllevar riesgos de posibles inundaciones y amenazar la calidad del agua disponible para la población. La selección de estas ubicaciones se fundamenta en la necesidad de minimizar tanto los impactos directos sobre la comunidad como las posibles afectaciones a la calidad del recurso hídrico.

En la alternativa 1, estará formado por material de relleno y se empleará roca para el enrocado del mismo, con un vertedero totalmente recubierto de hormigón. Así mismo, la alternativa 2 y 3 estarán formados por el mismo material, pero la diferencia es la ubicación de cada una.

2.5.2 Criterios de selección

En el proceso de elección de la opción adecuada, se tomó en cuenta aspectos técnicos, sociales, económicos, ambientales y culturales. Tal como se indicó al inicio de esta sección, se creó la matriz de valoración en la que se otorgó una ponderación a cada uno de estos elementos. Para cada uno de ellos se calificaron y evaluaron los subcriterios asociados, empleando la escala tipo Likert que varía de 1 a 5 (Likert, 1932).

Tabla 2. 15

Escala de Likert

Escala	Ponderación
Totalmente conveniente	5
Conveniente	4
Indistinta	3
Inconveniente	2
Totalmente inconveniente	1

Para la evaluación de alternativas se estableció un porcentaje de importancia por cada uno de los criterios de selección.

Los aspectos técnicos representan un **30%**, porque tienen en cuenta detalles esenciales vinculados a la construcción de la presa, los cuales tienen el potencial de limitar el progreso del proyecto. En este contexto, se consideró lo siguiente:

1. La disponibilidad de materiales en la ubicación para llevar a cabo el proyecto.
2. La ubicación de la construcción.
3. La extensión de la zona inundable, ya que no es ventajoso contar con áreas demasiado amplias.
4. La cercanía al acuífero, debido a que se debe tomar en cuenta la infiltración y recarga de este para el propósito de siembra y cosecha de agua.

Para los aspectos económicos se contempló un **30%**, en donde se tomó en cuenta los gastos relacionados con la construcción y el funcionamiento, así como el mantenimiento de la represa. La consideración de estos parámetros es esencial para asegurar la viabilidad financiera del proyecto, lo que lleva a una planificación, implementación y operación adecuada. De esta manera, se incluyó lo siguiente:

1. Los costos de implementación (CAPEX), los cuales están vinculado a la cantidad de labores y recursos empleados.
2. Los costos de operación y mantenimiento (OPEX), relacionados con las actividades que se efectuarán en la represa una vez que ha sido construida y esté en funcionamiento.

Los aspectos sociales comprenden un **20%**, ya que estos inciden en el desarrollo del proyecto. Se consideró la evaluación del CENAIM debido a que conocer su opinión sobre la represa ayudará a satisfacer sus necesidades y expectativas. Además, se tuvo en cuenta la opinión de la comunidad, porque la respuesta de esta puede proporcionar información acerca de cómo el proyecto podría influir en la calidad de vida y en las rutinas diarias de los habitantes locales. Por ello se evaluó la perspectiva y conformidad de las partes involucradas, es decir:

1. El juicio emitido por el CENAIM.
2. La opinión de los pobladores sobre el proyecto planteado.

Los aspectos ambientales abarcan el **20%** de la ponderación total. Se consideró tal valor porque la zona no se encuentra cerca de un área protegida. No obstante, esto no implica que este parámetro sea menos importante, porque se enfoca en la biodiversidad presente en las inmediaciones de la represa, destacando su relevancia debido a la presencia de insectos y aves que utilizan la vegetación a lo largo del río como sitio de descanso. La calidad del agua representa otro factor crítico, ya que es esencial prevenir la contaminación y reducir la salinidad. Por consiguiente, se analizaron:

1. La afectación que provocaría la construcción de la represa para la flora y fauna del lugar.
2. La calidad del agua que ésta va a retener.

En base al análisis de los parámetros mencionados anteriormente, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 2. 16

Resultados de la Matriz de Likert para el caso de estudio

Criterios		Alternativa	Alternativa	Alternativa
		1	2	3
Aspectos técnicos (30%)				
Disponibilidad de los materiales en el lugar	9%	4	4	4
Ubicación de la represa	8%	5	3	2
Área de inundación	7%	3	4	3
Cercanía al acuífero	6%	1	1	1
Total 1	30%	2.91	2.60	2.23
Aspectos económicos (30%)				
Costos de implementación (CAPEX)	15%	4	3	2
Costos de operación y mantenimiento (OPEX)	15%	5	3	3
Total 2	30%	4.5	3	2.5
Aspectos sociales (20%)				
Aceptación del CENAIM	8%	3	3	3
Aceptación de los pobladores	7%	3	3	3
Afectación del reservorio	5%	3	3	3
Total 3	20%	3	3	3
Aspecto ambiental (20%)				
Flora y fauna	10%	3	4	4

Calidad de agua	10%	3	3	3
Total 4	20%	3	3.5	3.5
Total	100%	3.35	3.03	2.81

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseño de la presa

3.1.1 Capacidad de embalse

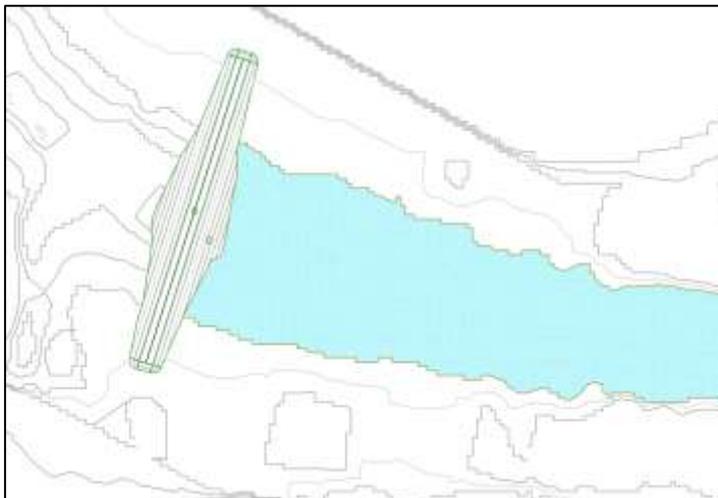
Mediante el uso de un programa de sistema de información geográfica y el modelo de elevación digital derivado de los datos de topografía de la zona de estudio del en el capítulo 2, se usó las cotas generadas en el programa para delimitar un polígono elaborado a partir de las curvas de nivel, que representaba la extensión proyectada del embalse. A través de la aplicación de las herramientas de análisis espacial disponibles en el programa, se estimó el volumen de almacenamiento del embalse, alcanzando un resultado de 50,801.87 metros cúbicos usando una cota de 2.6 m.s.n.m para la alternativa ganadora.

Empotramiento Derecho: 9776805.59 N, 531673.43 E.

Empotramiento Izquierdo: 9776729.97 N, 531651.42 E.

Figura 3. 1.

Vista en planta de la represa.



3.1.2 Tiempo de vida útil de la obra

La duración operativa de una presa guarda una estrecha relación con su habilidad para retener sedimentos de manera eficaz, ya que la acumulación progresiva de sedimentos en la

estructura de esta conlleva a una disminución gradual de su capacidad de retención. La eficiencia de retención del embalse se define como la proporción del peso del sedimento retenido durante un año específico con respecto al peso total del flujo de sedimento entrante en ese mismo año (Gill, 1979). Para calcular este porcentaje, se empleó el método de (Brown, 1944), a través de la ecuación 3.1.

$$E = 1 - \frac{1}{\left(1 + k * \frac{C}{A}\right)} \quad (3.1)$$

Donde E corresponde a la eficiencia de retención [%], C es la capacidad del embalse [acre*ft], A es el área de la cuenca sobre el embalse [mi²], y k es un coeficiente que varía dependiendo del tipo de sedimento.

Tabla 3. 1

Resultados de eficiencia de retención

Parámetro	Unidad	Valor
C	m ³	25551.33
C	acre*ft	20.71
Área de la cuenca	km ²	29.58
Área de la cuenca	mi ²	11.42
k	adimensional	0.1
C/A	acre*ft/ mi ²	1.81
E	%	15.35

Se obtuvo un rendimiento del 15.35%, y este resultado se empleó posteriormente para estimar la cantidad de sedimentos que se acumularán en el embalse con el paso del tiempo, mediante la ecuación 3.2, desarrollada por (Gill, 1979).

$$C - C_o = G * E * \frac{\Delta t}{\bar{\gamma}} \quad (3.2)$$

Donde C_o y C representan la capacidad inicial y reducida del reservorio respectivamente [acre*ft], G es el peso característico del sedimento en un año [lb/año], E es la eficiencia de retención del embalse [%], Δt es el intervalo de tiempo en el que se reduce la capacidad [años], $\bar{\gamma}$ es la densidad promedio del sedimento [lb/m³].

El valor de G se calculó a partir de la ecuación universal de pérdida de suelo, o USLE, por sus siglas en inglés. Este método permite estimar la pérdida de suelo anual al integrar de manera efectiva la comprensión de los principios fundamentales relacionados con sedimentación y erosión, generando así un modelo con la capacidad de anticipar las pérdidas de suelo (Wischmeier & Smith, 1978). Este método emplea la ecuación 3.3:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (3.3)$$

Donde A corresponde a la pérdida anual de suelo [Ton/ha/año], R es el factor de erosividad del suelo [MJ*mm/ha/h*año], K es el factor de erodabilidad del suelo [Ton*h/MJ*mm], LS es el factor topográfico [adimensional], C es el factor de cobertura vegetal [adimensional], y P es el factor de prácticas de conservación para prevenir la erosión [adimensional].

El factor R se calculó en base a los datos de precipitación, tiempo e intensidad generados de la estación sintética, correspondientes a la sección 2.4.1. A partir de esta información se estimó los valores de e (energía cinética por milímetro de lluvia), según la ecuación 3.4.

$$e = 0.1191 + 0.0873 * \log_{10} I \quad (3.4)$$

Donde I representa la intensidad de precipitación [mm/h] en cada intervalo de tiempo. Luego, se determinó el valor de E , que es la energía cinética total de la lluvia. Este se calculó como

la sumatoria de la energía cinética de la ecuación 3.4 multiplicada por la cantidad de precipitación [mm] asociada a dicho intervalo, mediante la ecuación 3.5.

$$E = \sum e * P \quad (3.5)$$

El factor de erosividad R finalmente se calculó multiplicando la energía total (E) por la máxima intensidad en 30 minutos.

Tabla 3. 2

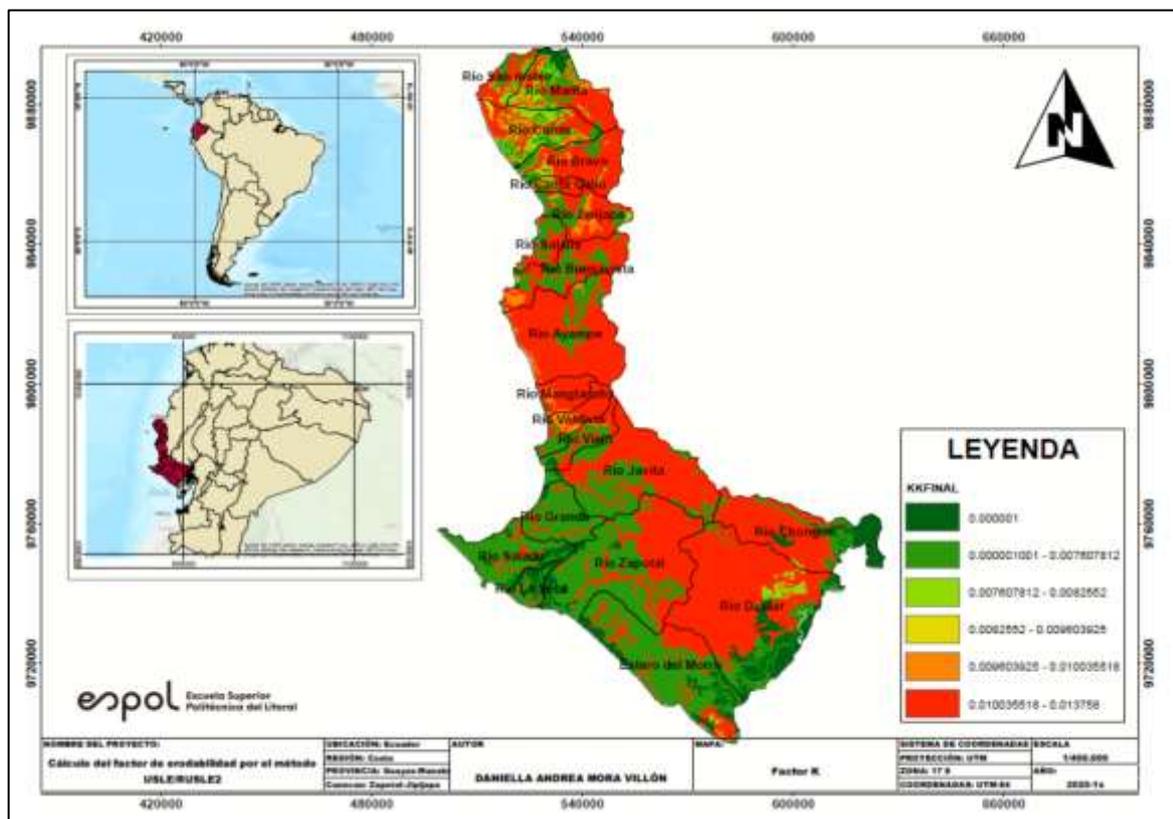
Resultados del cálculo del factor de erosividad

Parámetro	Valor
E	26.81
I30	111.72
R	2995.14

Los valores de los parámetros K, LS y C se estimaron mediante el uso de mapas correspondientes a los factores de erodabilidad, topográfico y cobertura vegetal respectivamente, para una sección específica de la zona litoral de Ecuador que engloba el área de estudio (Mora, 2021).

Figura 3. 2

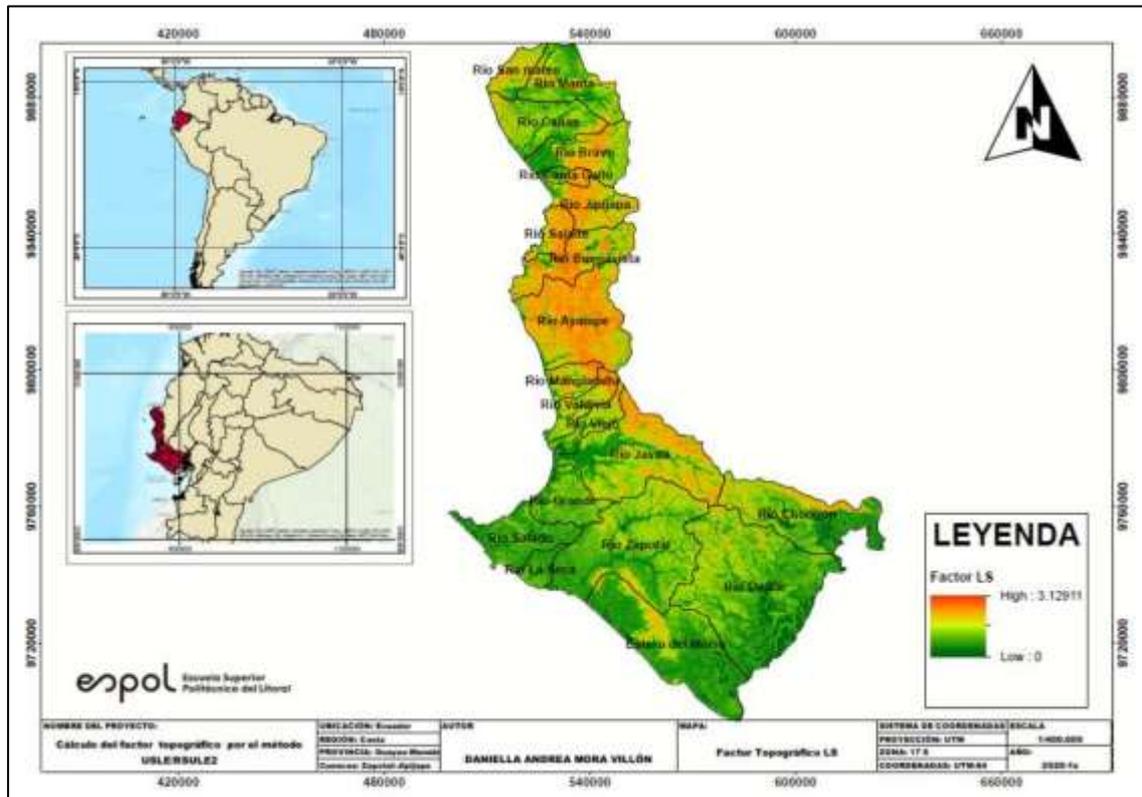
Mapa de factor de erodabilidad (Mora, 2021).



La cuenca correspondiente a la zona de estudio es la del Río Viejo, por lo que se estimó un valor de 0.000001 para el valor de K.

Figura 3. 3

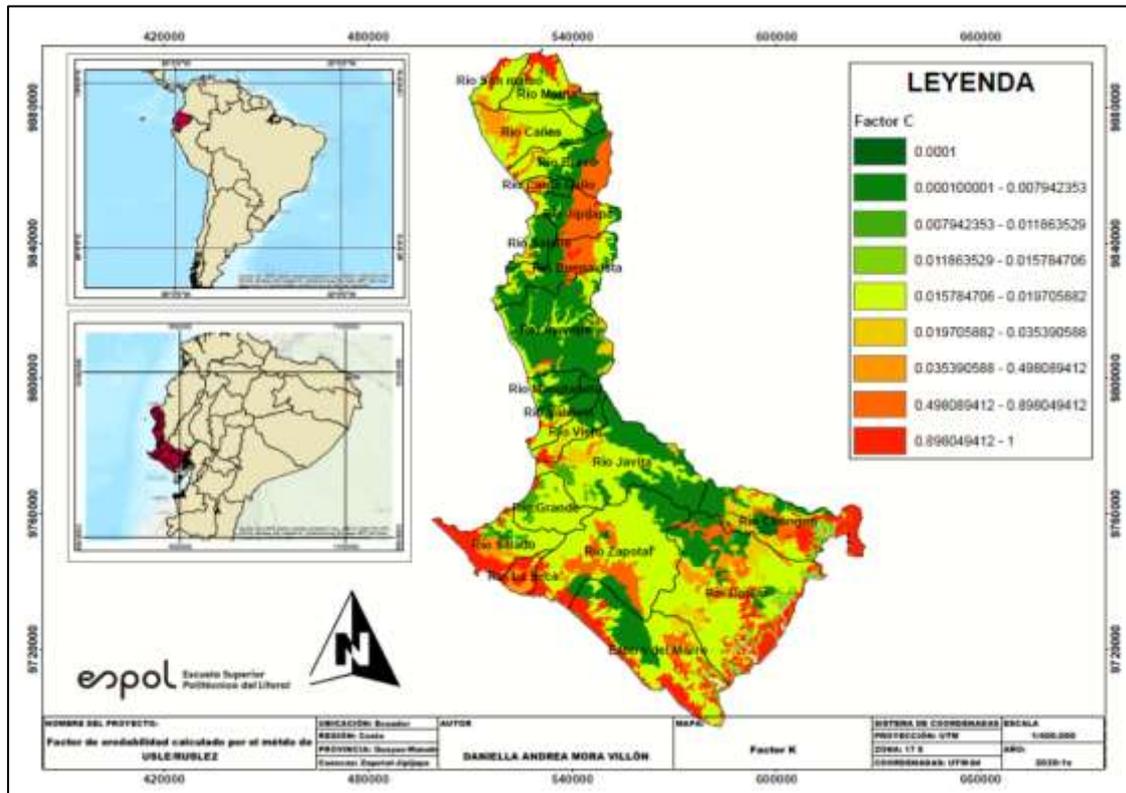
Mapa de factor topográfico (Mora, 2021).



El factor LS toma en cuenta la influencia de la topografía en el proceso de erosión. Para este caso, se asignó un valor de 0.75 aproximadamente, según la escala de colores en la leyenda del mapa.

Figura 3. 4

Mapa de factor de cobertura vegetal (Mora, 2021).



En relación con el factor C, correspondiente la cobertura vegetal, se otorgó un valor de 1.

El factor P expresa la conexión entre las pérdidas de suelo que se producen bajo una práctica específica de conservación del suelo y las pérdidas que tienen lugar en la misma área en ausencia de dichas prácticas de conservación. Por ello escogimos el valor más crítico de 1 para simular que no existe ninguna práctica de conservación.

Una vez establecidos cada parámetro, se estimó la cantidad de pérdida del suelo ocasionada por la erosión hídrica en una cuenca hidrográfica, según la ecuación 3.3. El valor de G se obtuvo a partir del producto del resultado de la ecuación USLE y el área de la cuenca en [ha].

Tabla 3. 3*Resultados de la ecuación USLE*

Parámetro	Valor	Unidades
R	2995.14	MJ*mm/ha*h*año
K	0.000001	Ton*h/MJ*mm
LS	0.75	Adimensional
C	1	Adimensional
P	1	Adimensional
A	0.002246353	Ton/ha/año
Área de la cuenca	14126.395	ha
G	31.733	Ton/año

Para calcular el valor de la densidad promedio del sedimento se usó la ecuación 3.6, considerando que los sedimentos traerán una mezcla de arcilla, limo y arena (Garg & Jothiprakash, 2008).

$$\bar{y} = (y_1 - 0.434B) + \left(\frac{Bt}{t - 1} \right) * \ln t \quad (3.6)$$

En donde y_1 es la gravedad específica y B es el grado de inmersión de sedimentos.

Tabla 3. 4*Datos para estimar el tiempo de azolve*

Parámetro	Unidad	Valor
Co	m ³	25551.33
G	Ton/año	31.733
E	%	15.35

\bar{y}	lb/ft ³	93.48
-----------	--------------------	-------

Tabla 3. 5

Resultados para pérdida de volumen de agua en embalse

Pérdida de embalse de agua [%]	Δt [años]
0	0
25	2164.60
50	4329.20
75	6493.80
100	8658.40

Según los resultados obtenidos, al alcanzar el 50% de la capacidad del reservorio, necesitará más de mil años. Por tanto, no se requiere el empleo de compuertas para la evacuación de sedimentos.

3.1.3 Predimensionamiento del dique

En el diseño de la infraestructura hidráulica, se determinó una altura de 4.6 metros con la superficie del terreno hasta la corona del dique junto con el borde libre, se consideró tanto la superficie del terreno y el nivel máximo que ha llegado el agua en la zona. Con respecto al ancho de corona, este se determinó mediante la tabla 3.6, la cual estableció una corona de 3 metros basada en el caudal de diseño estimado.

Tabla 3. 6*Ancho de corona (JICA, 2010)*

Caudal máximo, Q [m ³ /sec]	Ancho de corona [m]
Menos de 500	3
500 hasta 2,000	4
2,000 hasta 5,000	5
5,000 hasta 10,000	6
10,000 y más	7

Además de considerar el diseño de los diques, es crucial garantizar su estabilidad a través de la configuración de los taludes. Para lograrlo, se aplicó los criterios establecidos por la (USBR, 1987), teniendo en cuenta el tipo de suelo detallado en la Tabla 2.9. En este contexto, se estableció una relación de 2H:1V para las condiciones tanto aguas arriba como aguas abajo, según la figura 3.5.

Figura 3. 5.*Relación de pendientes (USBR, 1987).*

Case	Type	Purpose	Subject to rapid drawdown ¹	Soil classification ²	Upstream slope	Downstream slope
A	Homogeneous or modified-homogeneous	Detention or storage	No	GW,GP,SW,SP	Pervious, unsuitable	
				GC,GM,SC,SM	2.5:1	2:1
				CL,ML	3:1	2.5:1
				CH,MH	3.5:1	2.5:1
B	Modified-homogeneous	Storage	Yes	GW,GP,SW,SP	Pervious, unsuitable	
				GC,GM,SC,SM	3:1	2:1
				CL,ML	3.5:1	2.5:1
				CH,MH	4:1	2.5:1

3.1.4 Borde libre

El borde libre se define como la diferencia entre la elevación de la cresta del dique y el nivel de inundación previsto en el diseño. Este margen de altura ayuda a impedir desbordamientos.

Al analizar las condiciones más críticas, se obtuvo un nivel de agua de 3.99 [m], es decir, 1.19 [m] por encima del vertedero y un borde libre de 0.61 [m], cumpliendo el 30% de borde recomendado según (Chow et al., 1988).

Dado que la ubicación está en una región propensa a movimientos sísmicos, es necesario calcular la altura de la onda generada por el terremoto mediante el uso de ecuaciones.

Tabla 3. 7

Zonificación sísmica (MIDUVI, 2014)

Zona	Z	Caracterización
I	0.15	Intermedia
II	0.25	Alta
III	0.30	Alta
IV	0.35	Alta
V	0.40	Alta
VI	0.50	Muy Alta

Como el proyecto se encuentra en la zona VI se eligió el valor de Z de 0.5. Para calcular la altura de la corona considerando la altura de la onda se usó la ecuación 3.7.

$$hs = 0.5 * Z * t_e * \sqrt{g * H} \quad (3.7)$$

Donde el valor de Z es el valor obtenido en la Tabla 3.8, t_e es el gradiente crítico que posee el suelo (Tabla 3.9) [s], g la gravedad [m/s^2] y H es la altura del dique menos el tirante de agua [m].

Tabla 3. 8

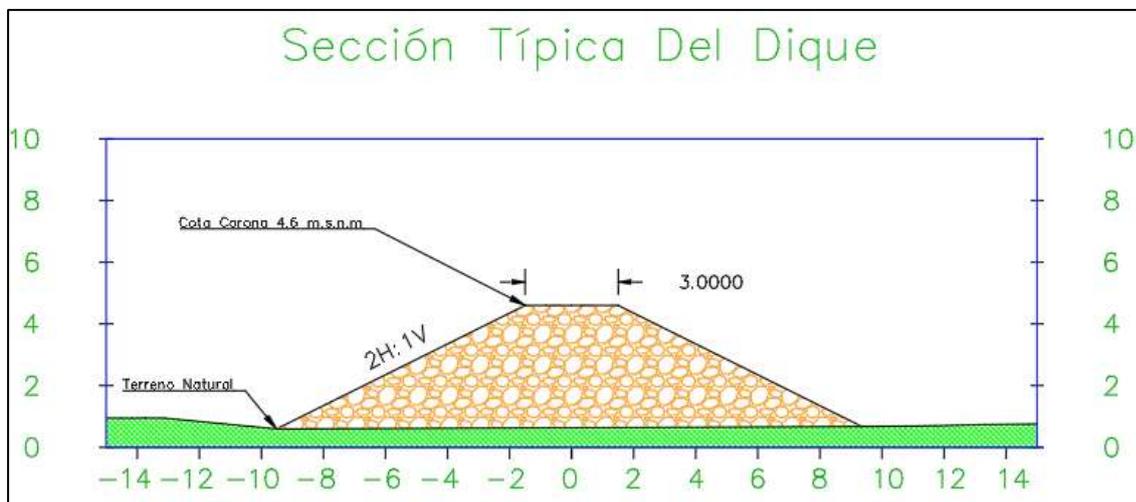
Gradiente crítico (Sandoval, 2019).

Nombre del suelo	Gradiente crítico
Arena fina	0.32
Arena media	0.42
Arena gruesa	0.48
Marga	0.6
Limo	0.8
Arcilla	1.35

Para este valor se calculó un valor de 0.20 metros, por lo que se optó dejar el borde libre de 0.6 metros inicial.

Figura 3. 6.

Sección típica del dique.



Una vez establecidas las dimensiones del dique, se modeló en el programa HEC-RAS, en donde se seleccionó las dimensiones del vertedero teniendo en cuenta las elevaciones de la llanura de inundación.

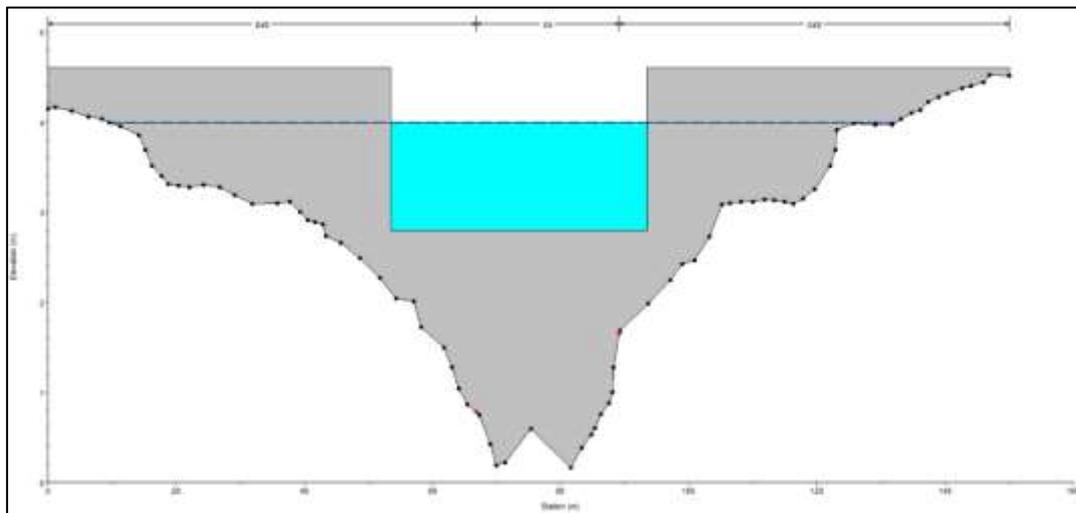
Tabla 3.9

Cotas de elementos de presa

Elemento	Valor	Unidades
Altura del dique	4.6	[m]
Altura del vertedero de excedencias	2.8	[m]

Figura 3.7

Propuesta de diseño modelada en HEC-RAS.



3.1.5 Socavación

Se define como la reducción del fondo de un río durante una crecida, generada por el aumento en la capacidad de transporte de material sólido que la corriente adquiere en ese momento debido a su mayor velocidad. La erosión en el lecho de un cauce, por el cual fluye una corriente, está condicionada por el equilibrio entre la cantidad de material sólido que el agua puede transportar hacia una sección específica y la cantidad de material que el agua elimina de dicha sección. Durante una crecida, la velocidad del agua se incrementa, lo que potencia su capacidad de transporte (Juárez & Rico, 1974).

Para estimar la erosión general del río se implementó el método de Lischvan-Lebediev. Se identificó un material cohesivo, ya que presenta finos y arcilla, y se basó en los resultados de los ensayos geotécnicos obtenidos en el capítulo 2, especialmente en el diámetro de partícula d_{50} (Chávez & González, 2014).

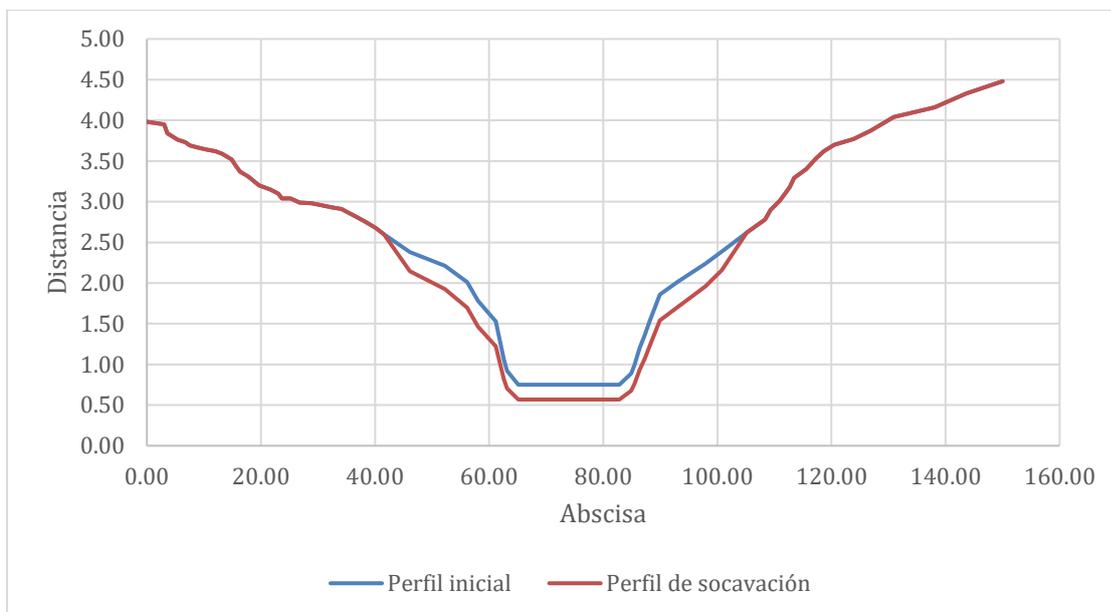
$$H_s = \left(\frac{\alpha H_0^{\frac{5}{3}}}{4.7\beta d_m^{0.28}} \right)^{\frac{d_m^{0.03}}{0.322 + d_m^{0.03}}} \quad (3.8)$$

Donde α es el coeficiente de sección, H_0 es el tirante inicial [m], β el coeficiente en función del periodo de retorno, α es la conductancia de la sección de escurrimiento y d_m es el diámetro de la partícula que atraviesa el tamiz d_{50} [m].

Se evaluó la socavación en las áreas próximas al emplazamiento de la obra hidráulica y en la zona cercana a la ubicación del puente. La figura 3.8 muestra el perfil del río resultante de la socavación general cerca de la presa. Los perfiles restantes se encuentran en la sección de anexos.

Figura 3. 8:

Perfil de socavación resultante.



3.1.6 Diseño de enrocado de protección

El revestimiento de protección, también referido como revestimiento de escollera, se emplea en diques y otras estructuras con el objetivo de brindar estabilidad, resistencia, y mitigar los impactos de la socavación generada por las fuerzas del agua y otros factores ambientales. Para el diseño, se empleó la ecuación 3.9, proveniente de la guía HEC 24 Volumen II, la cual proporciona pautas y métodos para el diseño hidráulico de estructuras encargadas de gestionar agua (FHWA, 2009).

$$d_{30} = y(S_f * C_s * C_v * C_T) * \left[\frac{V_{des}}{\sqrt{K_1 * (S_g - 1) * gy}} \right]^{2.5} \quad (3.9)$$

Donde:

d_{30} = Dimensión de partícula que es 30% más fino en peso [m].

y = Profundidad de flujo en un punto específico [m].

S_f = Factor de seguridad (mayor a 1.0).

C_s = Coeficiente de estabilidad.

C_v = Coeficiente de distribución de velocidad.

C_T = Coeficiente de espesor de la manta en relación con el índice de uniformidad.

V_{des} = Velocidad de diseño característica, que se define como la velocidad promedio a una profundidad específica, ubicada aproximadamente un 20% hacia arriba desde la base del revestimiento [m/s].

K_1 = Factor de corrección de pendiente lateral.

S_g = Gravedad específica de la escollera.

g = Aceleración de la gravedad [m/s²].

Figura 3. 9

Tamaños de partícula permitidos en pulgadas (USBR, 1987)

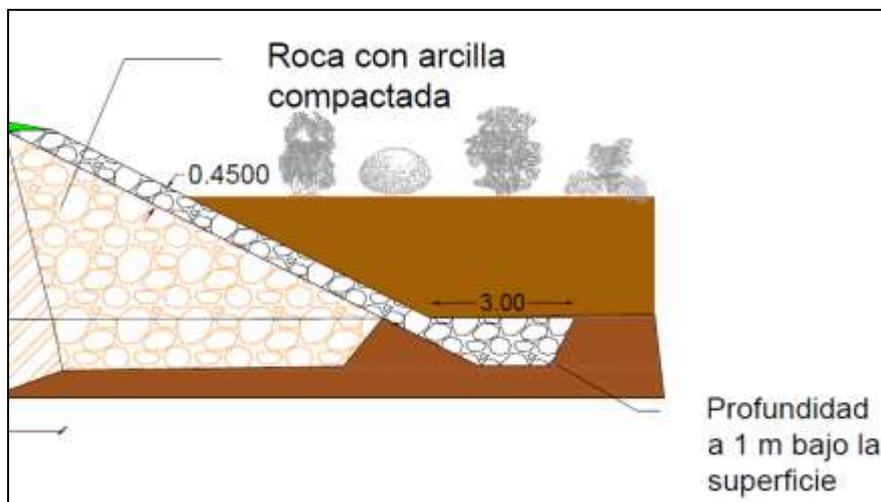
Nominal Riprap Class by Median Particle Diameter		d ₁₅		d ₅₀		d ₈₅		d ₁₀₀
Class	Size	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max
I	6 in	3.7	5.2	5.7	6.9	7.8	9.2	12.0
II	9 in	5.5	7.8	8.5	10.5	11.5	14.0	18.0
III	12 in	7.3	10.5	11.5	14.0	15.5	18.5	24.0
IV	15 in	9.2	13.0	14.5	17.5	19.5	23.0	30.0
V	18 in	11.0	15.5	17.0	20.5	23.5	27.5	36.0
VI	21 in	13.0	18.5	20.0	24.0	27.5	32.5	42.0
VII	24 in	14.5	21.0	23.0	27.5	31.0	37.0	48.0
VIII	30 in	18.5	26.0	28.5	34.5	39.0	46.0	60.0
IX	36 in	22.0	31.5	34.0	41.5	47.0	55.5	72.0
X	42 in	25.5	36.5	40.0	48.5	54.5	64.5	84.0

Note: Particle size d corresponds to the intermediate ("B") axis of the particle.

Para este cálculo se obtuvo como resultado $d_{50} = 11.39$ [in]. Por ende, se seleccionó el aproximado en la figura 3.9, el cual corresponde a la clase III con un tamaño de 12 [in] = 0.30 [m]. Con respecto al espesor del enrocado, se estableció que no debe ser menor a $1.5d_{50}$ según (USACE, 1970). De esta manera, se determinó un valor de 0.45 [m].

Figura 3. 10

Perfil de enrocado.



3.1.7 Análisis de estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes se determina a través del factor de seguridad, que se describe como la proporción entre la resistencia al corte disponible y la fuerza que tiende a inducir el deslizamiento. Según las disposiciones de la sección correspondiente a geotecnia y cimentaciones en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), un talud se considera estable bajo condiciones estáticas si el factor de seguridad es igual o superior a 1.5. Además, en condiciones pseudoestáticas, que consideran fuerzas sísmicas, se acepta un factor mayor o igual a 1.05 (MIDUVI, 2014).

Este criterio se evaluó mediante el uso de un software especializado, en donde se introdujo la geometría del talud, así como los datos relacionados con las propiedades del material del talud, tal vez como su peso específico (23 kN/m^3), ángulo de fricción (33°) y cohesión (10 kN/m^2). Cabe recalcar que se consideró dique, sin enrocado, para la modelación. Se empleó tres métodos de análisis de estabilidad: Bishop simplificado, Janbu simplificado y GLE (también conocido como Método de Morgenstern-Price). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.11 y 3.12, reflejando que la infraestructura hidráulica cumple con los factores de seguridad indicados en la norma y, por ende, es estable en las condiciones analizadas.

Tabla 3. 10

Factores de seguridad de talud aguas arriba

Condición	Factor de seguridad				
	Bishop simplificado	Janbu simplificado	GLE/Morgenstern-Price	Normativa	Evaluación

Sin agua, condiciones estáticas	2.667	2.497	2.664	1.5	Cumple
Sin agua, condiciones pseudoestáticas	1.189	1.101	1.198	1.05	Cumple
Con agua, condiciones estáticas	3.079	2.836	3.075	1.5	Cumple
Con agua, condiciones pseudoestáticas	1.145	1.053	1.152	1.05	Cumple

Tabla 3. 11

Factores de seguridad de talud aguas abajo

Condición	Factor de seguridad				
	Bishop simplificado	Janbu simplificado	GLE/Morgenstern -Price	Normativa	Evaluación
Sin agua, condiciones estáticas	2.364	2.188	2.359	1.5	Cumple
Sin agua, condiciones	1.380	1.177	1.398	1.05	Cumple

pseudoestática					
s					
Con agua,					
condiciones	2.790	2.543	2.786	1.5	Cumple
estáticas					
Con agua,					
condiciones	1.117	1.058	1.126	1.05	Cumple
pseudoestática					
s					

3.1.8 Muro de contención a gravedad

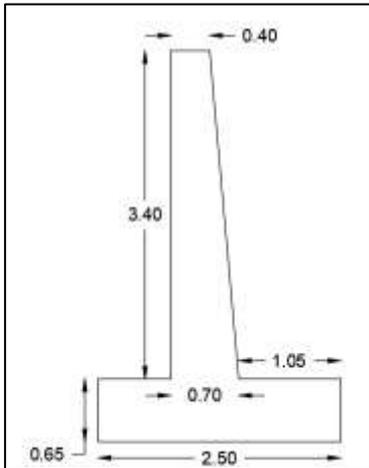
Se consideró el diseño de un muro de contención, ya que este tipo de estructuras resultan efectivas en asegurar la estabilidad de las pendientes. El muro utiliza su propio peso para contrarrestar las fuerzas laterales generadas por el suelo y el agua, previniendo así posibles deslizamientos y colapsos. Con este propósito, se aplicaron zapatas corridas para asegurar la estabilidad integral del muro. Además, para el cumplimiento del factor de seguridad, se empleó el criterio de la NEC-SE-GC, la cual indica que el factor por volcamiento debe ser mayor 3 y por deslizamiento es mayor a 1.6 (MIDUVI, 2014).

3.1.8.1 Predimensionamiento del muro

En la fase inicial del diseño, es fundamental empezar con un proceso de predimensionamiento (Figura 3.11) que será sometido a un análisis detenido. Este análisis tiene como objetivo verificar si el diseño cumple con todos los requisitos establecidos por la normativa correspondiente. Este paso es crucial, ya que sienta las bases para un desarrollo posterior más detallado del proyecto, garantizando la conformidad con los estándares y normas aplicables.

Figura 3. 11

Dimensiones según el predimensionamiento.



3.1.8.2 Cargas y fuerzas

Para evaluar la estabilidad del muro en términos de desplazamiento y volteo, es necesario reconocer todas las fuerzas que ejercen influencia sobre él (Figura 3.12), ya sean de fuerzas verticales u horizontales, abarcando tanto fuerzas puntuales como distribuidas, como también la fuerza ejercida por el agua sobre el vertedero.

Figura 3. 12

Distribución de cargas y fuerzas.

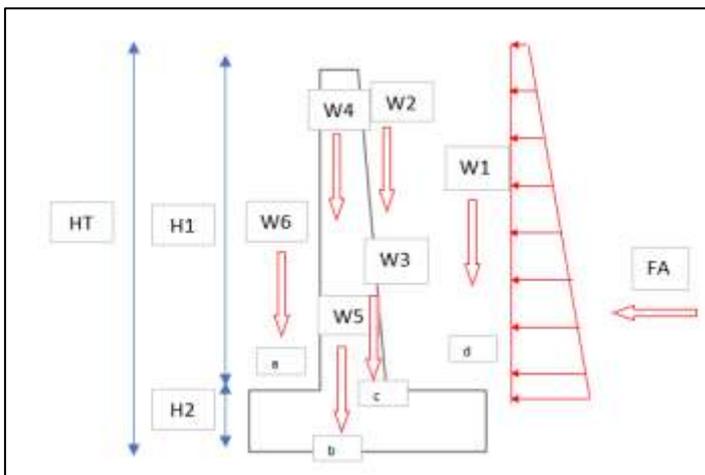


Tabla 3. 12*Fuerzas verticales*

F	Peso	Brazo [m]	Momento [kg-m]
W1	10.56	1.98	20.90
W2	1.17	1.35	1.58
W3	1.22	1.25	1.53
W4	3.40	0.95	3.23
W5	3.90	1.25	4.88
W6	5.87	0.38	2.23
$\sum Fv$	26.12	$\sum MFv$	34.35

Cálculo de la fuerza de empuje del agua:

$$F3 = \frac{1}{2} * \rho * g * h^2 \quad (3. 10)$$

Tabla 3. 13*Fuerzas horizontales*

F	Peso	Brazo [m]	Momento [kg-m]
Fa	7.96	1.33	10.59
$\sum Fh$	7.96	$\sum MFh$	10.59

3.1.8.3 Análisis de estabilidad al volteo

Factor de seguridad ante volcamiento:

$$FSV = \frac{\sum M_{Fy}}{\sum M_{Fh}} \quad (3.11)$$

$$FSV = 3.24 > 3 ; \text{Cumple}$$

3.1.8.4 Análisis de estabilidad por deslizamiento

$$FSV = 3.24 > 3 ; \text{Cumple} \quad (3.12)$$

$$FSD = 3.28 > 1.6 ; \text{Cumple}$$

3.1.8.5 Capacidad portante del terreno

Ubicación de fuerza resultante:

$$x = \frac{\sum MFy - \sum MFh}{\sum Fy} \quad (3.13)$$

$$x = 0.91$$

Excentricidad de la resultante:

$$e = \frac{B}{2} - x \quad (3.14)$$

$$e = 0.34$$

Presión actuante:

$$q = \frac{\sum Fy}{A * B} * \left(1 \pm \frac{6 * e}{B}\right) \quad (3.15)$$

$$q_{max} = 29.20 \left[\frac{ton}{m^2} \right]$$

$$q_{min} = 2.95 \left[\frac{ton}{m^2} \right]$$

Se calcula la capacidad de carga del suelo mediante el método propuesto por Terzaghi. Se considera un suelo con ángulo de fricción de 33 y cohesión de 5 kPa:

$$q_{ult} = c' * Nc + \sigma'zd * Nq + 0.5 * \gamma' * B * Ny \quad (3.16)$$

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{3} \quad (3.17)$$

$$q_{adm} = 60.194 \left[\frac{ton}{m^2} \right]$$

$$q_{adm} > q_{max} ; \text{Cumple}$$

Carga sobre la base del muro:

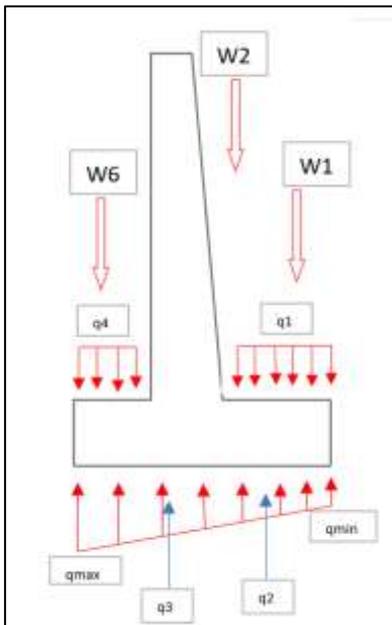
$$q1 = \frac{W1 + W2}{\text{Área talón}} \quad (3.18)$$

$$q4 = \frac{W6}{\text{Área punta}} \quad (3.19)$$

$$q_1 = 17.19 \left[\frac{ton}{m^2} \right] ; q_2 = 15.21 \left[\frac{ton}{m^2} \right] ; q_3 = 17.85 \left[\frac{ton}{m^2} \right] ; q_4 = 12.03 \left[\frac{ton}{m^2} \right]$$

Figura 3. 13

Distribución de cargas.



3.1.8.6 Diseño del acero en la pantalla

Para el cálculo del acero requerido se utilizó las siguientes expresiones:

$$M_u = 1.6 * M_{max} \quad (3.20)$$

$$K_u = \frac{M_u}{b * d^2} \quad (3.21)$$

$$A_s = \rho * b * d \quad (3.22)$$

Tabla 3. 14

Acero vertical calculado para la pantalla interior y exterior

Sección		Datos	Varillas y separación por usar
Acero principal vertical	Cara interior	$\rho = 0.0015$	4 varillas Ø 14 mm c/25 cm
		$A_s = 5.25$ [cm ²]	
Acero secundario vertical	Cara exterior	$\rho = 0.0015$	4 varillas Ø 14 mm c/25 cm
		$A_s = 5.25$ [cm ²]	

Tabla 3. 15

Acero horizontal calculado para la pantalla interior y exterior

Sección		Datos	Varillas y separación por usar
Cara Interior	Superior	$\rho = 0.0020$	7 varillas Ø 14 mm c/15 cm
		$A_s = 10$ [cm ²]	
	Medio	$\rho = 0.0020$	6 varillas Ø 14 mm c/15 cm

		$\rho = 0.0020$	
		$As = 9 \text{ [cm}^2\text{]}$	
	Inferior	$\rho = 0.0020$	5 varillas \varnothing 14 mm c/20 cm
		$As = 8 \text{ [cm}^2\text{]}$	
Cara Exterior	Superior	$\rho = 0.0020$	5 varillas \varnothing 14 mm c/20 cm
		$As = 6.67 \text{ [cm}^2\text{]}$	
	Medio	$\rho = 0.0020$	4 varillas \varnothing 14 mm c/25 cm
		$As = 6 \text{ [cm}^2\text{]}$	
	Inferior	$\rho = 0.0020$	4 varillas \varnothing 14 mm c/25 cm
		$As = 5.33 \text{ [cm}^2\text{]}$	

3.1.8.7 Diseño del acero en la zapata

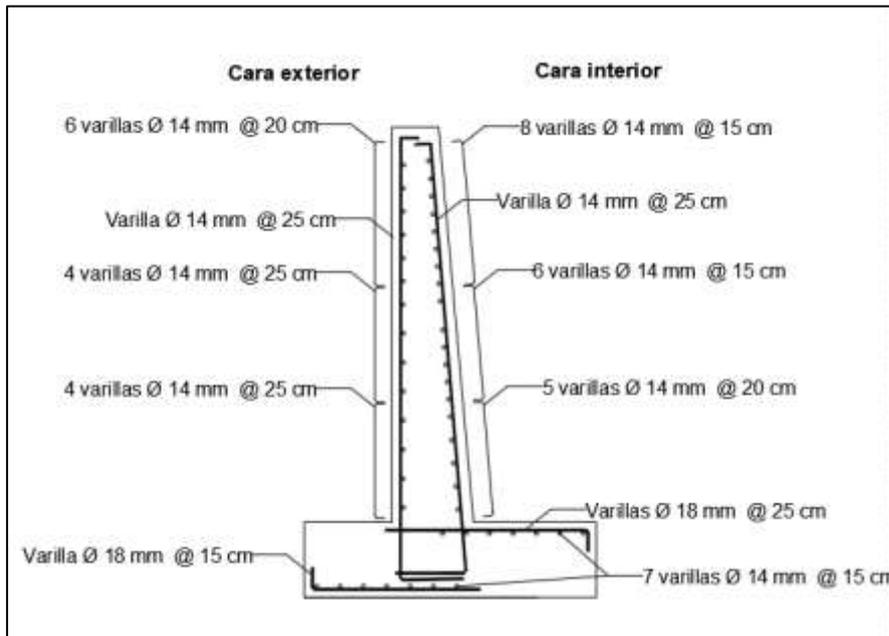
Tabla 3. 16

Acero horizontal calculado para la zapata

Sección		Datos	Varillas y separación por usar
Posterior	Superior Transversal	$\rho = 0.0018$	7 varillas \varnothing 14 mm c/20 cm
		$As = 9 \text{ [cm}^2\text{]}$	
	Longitudinal	$\rho = 0.0020$	4 varillas \varnothing 18 mm c/25 cm
		$As = 8.44 \text{ [cm}^2\text{]}$	
Anterior	Inferior Transversal	$\rho = 0.0018$	7 varillas \varnothing 14 mm c/20 cm
		$As = 9 \text{ [cm}^2\text{]}$	
	Longitudinal	$\rho = 0.0020$	7 varillas \varnothing 18 mm c/15 cm
		$As = 16.04 \text{ [cm}^2\text{]}$	

Figura 3. 14:

Detalle del armado.



3.1.8.8 Diseño del recubrimiento de hormigón

Se emplea la siguiente fórmula para calcular el grosor de la pantalla de concreto:

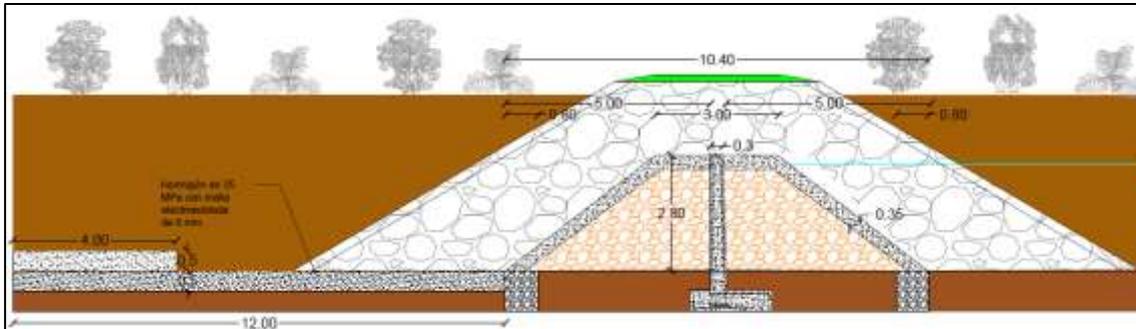
$$t = 1 + (0.00735 * h)[ft] \quad (3.23)$$

$$t = 0.35[m]$$

Se seleccionó una malla electrosoldada de 8 mm longitudinal y transversalmente, con 20 cm de separación en ambos sentidos, la cual estará dentro del recubrimiento de hormigón. La malla desempeña un papel crucial al actuar como refuerzo para prevenir y gestionar la aparición de fisuras en el hormigón, y contribuye de manera significativa a mejorar la durabilidad de este. Además, se implantó una losa en la base del vertedero para disminuir la velocidad del agua al momento de caer.

Figura 3. 15

Detalle del vertedero.



3.2 Especificaciones técnicas

3.2.1 Movimientos de tierra

Operaciones que implican la manipulación y transporte de grandes cantidades de tierra, rocas u otros materiales terrestres en proyectos de construcción. Estas operaciones son fundamentales en la preparación del terreno para la construcción.

3.2.1.1 Limpieza del terreno

Se identifica y evalúa la vegetación de la zona. Puede ser que incluya árboles, matorrales, pastizales y otras variedades de vegetación. Esa vegetación que puede dificultar la promoción y construcción del proyecto o que necesita conservarse por razones ecológicas o normativas recibe especial atención. Se marcan las áreas donde se encuentran árboles u otras plantas que se deben preservar y se procede a la remoción de la vegetación no deseada que pueda obstaculizar la construcción.

3.2.1.2 Replanteo y nivelación

Se identifican y establecen puntos de control en el área del dique. Estos puntos se colocan con estacas o marcas en el terreno que servirán como referencias fijas y estables para realizar mediciones y marcar las ubicaciones específicas del dique. Se usa instrumentos de topografía, como estaciones totales, para medir distancias, ángulos y elevaciones con alta precisión. Durante el replanteo, se asegura que las pendientes del dique, así como cualquier geometría específica, se reproduzcan de acuerdo con las especificaciones del diseño.

Para la nivelación se usa instrumentos de nivelación automática, se mide la diferencia de altura entre los puntos de nivelación y se determinan las elevaciones en diferentes ubicaciones. Se generan perfiles de elevación para representar gráficamente las variaciones en la altura del terreno. Esto ayuda a identificar cualquier irregularidad que pueda requerir.

3.2.1.3 Excavación

Se identifican y se marcan las áreas clave donde se construirá la represa. Esto incluye la ubicación del núcleo del dique, el vertedero y otros elementos estructurales importantes. Se despliegan maquinaria y equipos de excavación, que pueden incluir excavadoras, retroexcavadoras y camiones volquete para remover la capa superficial del suelo hasta llegar a la capa subyacente según las especificaciones del diseño. El material excavado, como tierra y rocas, se transporta y descarga en áreas designadas

3.2.1.4 Relleno y material de mejoramiento

Se emplearán tres tipos de materiales para el relleno en el proyecto. El primero será un material de mejoramiento destinado a la base del terreno donde se llevará a cabo la construcción, basándonos en los resultados de los estudios de suelos que señalan la necesidad de cambiar el tipo de suelo existente. El segundo tipo de material a utilizar será arcilla, designada específicamente

para la parte central de los diques. Por último, se utilizará roca con arcilla compactada para el relleno del vertedero y para las áreas laterales de los diques.

3.2.2 Estructura de la presa

3.2.2.1 Acero de refuerzo ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$)

Se utilizará acero de refuerzo con una resistencia especificada de 4200 kg/cm^2 en el armado del muro de contención, para garantizar la resistencia y estabilidad de la estructura.

3.2.2.2 Malla electrosoldada

La malla electrosoldada se suministrará e instalará de acuerdo con las especificaciones del diseño. Se utilizará para fortalecer áreas particulares de la presa, tales como la losa y el revestimiento. Este refuerzo contribuirá a brindar resistencia adicional frente a las fuerzas hidráulicas, asegurando la integridad estructural del proyecto.

3.2.2.3 Hormigón simple ($f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$)

El hormigón convencional, con una resistencia a la compresión de 350 kg/cm^2 , será utilizado para el recubrimiento de la presa. Asimismo, se incorporará un aditivo diseñado para potenciar la resistencia del concreto ante la exposición al agua y las condiciones ambientales, fortaleciendo así su durabilidad y desempeño.

3.2.2.4 Hormigón ciclópeo ($f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)

El hormigón ciclópeo, con una resistencia a la compresión de 240 kg/cm^2 , se utilizará en la cimentación continua en los extremos del vertedero, brindando así una base sólida para la estructura.

3.2.2.5 Enrocado de protección

El enrocado de protección se empleará en los taludes del dique, ya que son zonas propensas a la erosión. Este método consistirá en la disposición estratégica de rocas o bloques meticulosamente escogidos para formar una sólida barrera defensiva, cuyo propósito principal será disminuir el impacto del flujo de agua y sus efectos, y mitigar el proceso erosivo, que puede comprometer la estabilidad de la obra.

3.2.3 Seguridad

La prioridad crítica para prevenir accidentes, proteger la sanitaria de los trabajadores y garantizar el éxito de este proyecto es la seguridad del personal en la obra de una represa. Por lo tanto, antes de que puedan ponerse en marcha, todos deben recibir formación específica en seguridad. Usted necesitará ser entrenado primero a fondo en seguridad, lo cual incluirá no solamente el uso de equipos de protección en el trabajo sino también procedimientos para casos de urgencia. Se le facilitará equipo de protección personal apropiado, cascos, gafas de protección, guantes, calzado de seguridad. Las zonas de peligro se señalarán y delimitarán correctamente para advertir a los trabajadores sobre peligros potenciales. Esto incluye las zonas de excavación, áreas con riesgo de caída, y lugares donde se utilizan maquinarias pesadas.

3.2.4 Geomembrana HDPE

Material de polietileno de alta resistencia con espesor de 1.5 mm, usada para evitar la filtración de agua hacia el cuerpo del dique al momento de que el agua pasa por el vertedero. Es un material que no necesita ser recubierto, puede soportar temperaturas elevadas, es durable y resistente a la degradación química como a la presencia de fluoruros.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto implica diseñar una presa en el río Palmar con el fin de aprovechar el agua para la gestión y cuidado de las piscinas en la estación experimental del CENAIM. La presa funcionará como un reservorio de agua dulce, asegurando un suministro adecuado y generando beneficios adicionales para la comunidad a través de la recarga del acuífero del que se abastecen mediante pozos para el sistema de agua potable. Esto se alinea con diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), no solamente el número 6, centrado en agua y saneamiento, sino, también en los de:

- Salud y bienestar.
- Producción y consumo responsable
- Acción por el clima.

El ODS número 13 aborda la necesidad de tomar medidas concretas para enfrentar el cambio climático y sus impactos. El aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como inundaciones o sequías, requiere que el diseño de la represa considere estos factores para asegurar la seguridad de la infraestructura frente a las variaciones en las condiciones climáticas.

Al encontrarse el proyecto en proximidad a una zona costera, también contribuye al logro del ODS número 14, la cual se enfoca en la conservación y uso sostenible de los océanos, mares y recursos marinos. El agua utilizada desempeñará un papel crucial en el cuidado y estudio de los animales marinos alojados en las piscinas del CENAIM, como el camarón blanco. También, la construcción de una represa puede tener implicaciones significativas para la ODS 15, ya que podría afectar directa o indirectamente a los ecosistemas terrestres.

Se optó por elaborar el diseño utilizando materiales disponibles en las proximidades del lugar, dando importancia al uso de roca con recubrimiento de hormigón en la construcción del dique, y la aplicación de un revestimiento de hormigón en la sección del vertedero.

El proyecto inicia desde la determinación de la línea base, el análisis ambiental, que posibilitará la detección de posibles impactos adversos en el ecosistema local, su valoración, así como la formulación de medidas de mitigación apropiadas con el debido presupuesto referencial.

4.2 Línea base ambiental

Es esencial examinar cada aspecto que pueda resultar afectado para evaluar el grado de impacto en la ejecución del proyecto. Al reconocer estos elementos, se facilita la predicción de las repercusiones que el proyecto podría tener en su entorno, permitiendo la adopción de medidas preventivas. Estos datos abarcan aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos.

4.2.1 Aspectos físicos

4.2.1.1 Clima

La parroquia de Colonche, a la que pertenece la comuna de Palmar, presenta tres variantes climáticas. En primer lugar, se encuentra el clima tropical mega térmico seco, caracterizado por precipitaciones anuales que oscilan entre 500 y 1000 mm, con una estación lluviosa que abarca de enero a abril. En segundo lugar, está el clima tropical mega térmico semiárido, que exhibe características semidesérticas con precipitaciones inferiores a 500 mm y temperaturas que oscilan entre 20 y 30 °C. Por último, se presenta el clima tropical mega térmico semihúmedo, con precipitaciones anuales superiores a 2000 mm y una variación de temperatura anual entre 15 y 24 °C (GAD Colonche, 2019).

4.2.1.2 Precipitaciones

Según el promedio mensual de lluvias, se puede notar un aumento significativo en los valores plurimétricos durante los meses de enero a marzo. Desde abril hasta septiembre, estos valores experimentan una disminución sustancial, y de octubre a diciembre muestran un leve incremento. La precipitación anual promedio alcanza los 600 mm, lo que corresponde al 23,99% de la superficie total. En la región montañosa o elevada, las precipitaciones se mantienen por encima de los 750 mm al año, representando el 35,41%. Por último, la franja costera presenta un porcentaje mínimo (6,51%) de precipitaciones entre 0 a 250 mm al año (INAMHI, 2019). Esta situación es similar en el sitio del proyecto.

4.2.1.3 Relieve

El relieve terrestre de la parroquia Colonche forma parte de la cadena montañosa en la región costera, conocida como la "Cordillera Chongón Colonche". Esta cordillera tiene una longitud de 100 km y su amplitud oscila entre 10 y 20 km. Inicia en el kilómetro 22 de la carretera hacia la Costa, al norte de la ciudad de Guayaquil, y se extiende hasta el límite sur del Parque Nacional Machalilla, atravesando las provincias de Guayas, Santa Elena y Manabí. La geografía de la Cordillera Chongón Colonche genera una diversidad de climas asociados a las diferentes altitudes y la dirección de las pendientes (USAID, 2011).

4.2.2 Aspectos Biológicos

4.2.2.1 Flora y fauna

En la comuna de El Palmar se pueden descubrir diversas especies, tanto de flora como de fauna. En lo que respecta a la flora, existe la presencia de manglares cercanos al mar, así como otros tipos de plantas como ornamentales, árboles, arbustos y hierbas. En cuanto a la fauna, se

pueden hallar moluscos como la concha hacha y la concha prieta. En el mundo de los crustáceos, destacan el camarón blanco, la jaiba azul y verde. Entre los mamíferos presentes se encuentran el cuchucho y el armadillo. También se pueden observar reptiles como la iguana y la culebra. En las aguas locales, nadan peces como caritas, lisas y róbalo. Además, la presencia de aves como fragatas, pelícanos, flamencos, martines pescadores, gaviotas y garzas (Paredes, 2006).

4.2.3 Aspectos socioeconómicos

La parroquia Colonche sobresale principalmente debido a su ubicación geográfica estratégica. La actividad económica predominante en esta zona incluye la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, representando un 46,14% de la Población Económicamente Activa (PEA). La fuerza laboral significativa en este sector está mayormente conformada por personas de 15 a 64 años, quienes constituyen la fuerza productiva esencial de esta parroquia. De acuerdo con la información recopilada durante el censo poblacional, la principal fuente de la Población proviene de actividades vinculadas a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (INEC, 2010).

4.3 Actividades del proyecto

El proyecto se divide en dos etapas claramente definidas: la etapa de construcción y la etapa operativa.

4.3.1 Fase de construcción

- I. Optimización de vías de acceso: Se llevará a cabo la adaptación de los accesos a la obra con el fin de facilitar el transporte de equipos y materiales.

- II. Actividades de movimiento de tierra mediante el uso de maquinaria pesada, que engloban la preparación del terreno mediante limpieza y despeje, así como la disposición de materiales de relleno.
- III. Compactación y nivelación del suelo
- IV. Construcción de la represa

4.3.2 Fase de Operación

- I. Evaluación visual de la altura del nivel del agua.
- II. Remoción de sedimentos compuestos por partículas acumuladas en la presa.
- III. Inspección para determinar el estado de las protecciones y la estabilidad de la estructura.

4.4 Identificación de impactos ambientales

En esta sección reconocen los efectos medioambientales generados durante todas las fases de implementación del proyecto, según las actividades llevadas a cabo en cada etapa. Asimismo, se señalan los potenciales elementos del entorno que podrían verse afectados por las actividades del proyecto, destacándose principalmente el suelo, el agua, la vegetación y la fauna.

Tabla 4. 1 *Identificación de impactos ambientales en construcción.*

Fase	Actividad	Descripción	Factor ambiental	Impacto ambiental
		Desplazamiento de tierra	Flora, Aire y Suelo	Deforestación y disminución la calidad del suelo

Construcción	Trabajos iniciales	Excavación del terreno	Aire, Flora y Suelo	Variación del nivel y la calidad del suelo
		Camino de acceso	Suelo y Aire	
	Relleno y Nivelación	Suelo y Aire		
	Ingreso de la maquinaria	Aire, Flora y Suelo	Eliminación de la vegetación y modificación del suelo	
Construcción y montaje		Cimentación	Suelo y Agua	Alteración del flujo y contaminación del agua
		Encofrado	Aire y Agua	
		Montaje e instalación de la represa	Suelo, Flora, Aire y Agua	

Tabla 4. 2 *Identificación de impactos ambientales en operación y mantenimiento.*

Fase	Actividad	Descripción	Factor ambiental	Impacto ambiental
	Mantenimiento de taludes	Limpieza	Flora	Deforestación
Operación y mantenimiento	Extracción del recurso hídrico	Distribución del agua para el CENAIM	Agua	Reducción del volumen de agua almacenada en el embalse

Inspección de protecciones	Supervisión del enrocado de protección	Aire y Suelo	Cambios en la calidad del aire y en el suelo ocasionados por partículas de materiales
Inspección a la estructura	Supervisión de la estructura de la represa	Suelo	Posibles afectaciones causadas por la erosión

Se elaboró la matriz causa-efecto, también conocida como matriz de Leopold, según se muestra en la Tabla 4.2 y 4.3. A través de ambas matrices se identificó las acciones que tienen efectos sobre los diferentes componentes en las fases de construcción, y operación y mantenimiento.

Tabla 4.3

Matriz de Leopold en la fase de construcción.

		Fase de construcción									Impactos					
		Impacto	Desplazamiento de tierra	Excavación del terreno	Camino de acceso	Relleno y Nivelación	Ingreso de maquinaria	Cimentación	Encofrado	Montaje instalación	Positivo	Negativo	Impacto del agregado			
Magnitud	Importancia	Componente														
		Características	Físicos	Suelo	Calidad del suelo	-2	-4	-1	-1	-4	-1	4	3	1	6	-19
Agua	Calidad del agua superficial			-1	-1	3	3	3	1	3	-4	-2	-4	0	5	-38
Aire	Calidad del aire			-2	-2	1	1	-2	-6	1	1	3	1	3	0	4
Biológicos	Fauna		Especies terrestres y avifauna	-1	-1	3	3	3	1	1	3	-2	3	0	4	-14
	Flora		Alteración del hábitat	-6	-8	-2	2	-5	-2	-1	-2	3	3	0	7	-69
Socioeconómico	Social		Modo de vida	2	2	4	4	4	2	2	3	1	3	2	0	16
	Económico	Empleo	4	4	4	1	5	4	5	3	3	7	8	0	93	
Impactos	Positivo			2	2	1	1	1	1	1	1	2	11	26	-43	
	Negativo			5	5	2	2	4	3	2	3	26				
	Impacto del agregado			-11	-23	-6	0	-6	-6	0	9	-43				

Tabla 4. 4

Matriz de Leopold en fase de operación y mantenimiento.

		Fase de mantenimiento y operación										
		Magnitud	Impacto	Mantenimiento de taludes	Extracción de recurso hídrico	Inspección de protecciones	Inspección de la estructura	Impactos				
								Importancia	Positivo	Negativo	Total	
		Componente										
Características	Físicos	Suelo	Calidad del suelo	-1	1			-5	2	0	2	2
		Agua	Calidad de la superficie del agua		6	5				1	0	1
		Aire	Calidad del aire							0	0	0
	Biológicos	Fauna	Especies terrestres y avifaunas			-2	5			0	1	1
		Flora	Alteración del habitat	-1	1					0	1	1
	Socioeconómico	Social	Modo de vida			8	6			1	0	1
		Economico	Empleo	2	1	7	6	3	4	4	0	4
	Impactos				3	4	1	2	10	4	10	
					2	1	0	1	4	Total		
				3	4	1	2	10	Total			

4.5 Valoración de impactos ambientales

La evaluación cualitativa implica representar la significancia del impacto al medir la importancia de la acción sobre el elemento afectado a través de atributos específicos mediante las ecuaciones 4.1 y 4.2 (Tito, 2020).

$$Imp = \pm(We * E + Wd * D + Wr * R) \quad (4.1)$$

$$IA = \pm\sqrt{Imp * |Mag|} \quad (4.2)$$

Para la ecuación 4.1, *Imp* denota el significado del impacto ambiental, mientras que *E* y *We* representan el valor de extensión y su peso. *D* y *Wd* corresponden al valor de reversibilidad y su peso.

En la ecuación 4.2, *IA* es el valor de Impacto Ambiental y *Mag* corresponde al valor de Magnitud.

La tabla 4.4 representa el criterio de puntuación de acuerdo con la magnitud para cada parámetro de la ecuación 4.1. Un impacto evaluado con una magnitud de 10 indica una influencia significativamente elevada de esa acción en la calidad ambiental del factor con el que interactúa. En contraste, los valores de magnitud de 1 y 2.5 señalan interacciones con una incidencia mínima en la calidad ambiental del factor mencionado.

Tabla 4.5

Criterios de puntuación (Tito, 2020).

Característica	Puntaje				
	1	2.5	5	7.5	10
Extensión (E)	Puntual	Particular	Local	Generalizad	Regional
				a	

Duración (D)	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad (R)	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversible	Completamente irreversible
Magnitud (Mag)	Poca incidencia		Mediana incidencia	Alta incidencia	

La calificación del impacto ambiental causado depende del índice de impacto ambiental (IA) obtenido, donde el máximo es 10 y el mínimo es 1. Es considerado altamente significativo si $IA \geq 6.5$, es significativo si el IA está entre 6.5 y 4.5, despreciable si el IA es menor a 4.5 y benéfico si el IA es mayor a 0.

Tabla 4. 6 Valoración de impactos ambientales en la fase de construcción.

Actividad	Factor ambiental	Impacto	We	E	Wd	D	Wr	R	Imp	Mag	IA	Nivel de impacto
Desplazamiento de tierra	Flora, Aire y Suelo	Deforestación y disminución de la calidad del suelo	0.35	1	0.4	2.5	0.3	1	1.6	5	2.83	Despreciable
Excavación del terreno	Flora, Aire y Suelo	Variación del nivel y la calidad del suelo	0.35	1	0.4	2.5	0.3	1	1.6	5	2.83	Despreciable
Camino de acceso	Suelo y Aire		0.35	2.5	0.4	2.5	0.3	2.5	2.5	2.5	2.5	Despreciable
Relleno y Nivelación	Suelo y Aire		0.35	1	0.4	2.5	0.3	5	2.6	7.5	4.42	Despreciable
Ingreso de la maquinaria	Flora, Aire y Suelo	Eliminación de la vegetación y modificación del suelo	0.35	2.5	0.4	2.5	0.3	5	3.1	5	3.95	Despreciable
Cimentación	Suelo y Agua	Alteración del flujo y contaminación del agua	0.35	1	0.4	2.5	0.3	10	3.9	5	4.39	Despreciable
Encofrado	Aire y Agua		0.35	1	0.4	2.5	0.3	1	1.6	1	1.26	Despreciable
Montaje e instalación de la represa	Flora, Aire, Suelo y Agua		0.35	1	0.4	2.5	0.3	7.5	3.2	7.5	4.92	Es significativo

Tabla 4. 7*Valoración de impactos ambientales en la fase de operación y mantenimiento*

Actividad	Factor ambiental	Impacto	We	E	Wd	D	Wr	R	Imp	Mag	IA	Nivel de impacto
Mantenimiento de taludes	Flora	Deforestación	0.35	1	0.4	2.5	0.3	2.5	2	2.5	2.22	Despreciable
Extracción del recurso hídrico	Agua	Reducción del volumen de agua	0.35	5	0.4	2.5	0.3	2.5	3.4	2.5	2.9	Despreciable
Inspección de protecciones	Aire y Suelo	Cambios en la calidad del aire y en el suelo	0.35	1	0.4	2.5	0.3	1	1.6	2.5	2	Despreciable
Inspección a la estructura	Suelo	Posibles afectaciones causadas por la erosión	0.35	1	0.4	2.5	0.3	5	2.6	5	3.61	Despreciable

La actividad con mayor impacto en la fase de construcción fue la actividad de montaje e instalación de la represa, la cual presentó un nivel de impacto significativo. En la fase de operación y mantenimiento la actividad con un impacto significativo resultó ser la extracción del recurso hídrico con un IA de 6.35.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

Siguiendo la evaluación de impactos ambientales presentada en las tablas 4.5 y 4.6, se identificó los impactos ambientales más significativos derivados de las actividades del proyecto. Por lo tanto, se proporciona información detallada sobre estos, junto con las correspondientes medidas de prevención o mitigación y su presupuesto referencial.

Tabla 4. 8*Medidas de prevención/mitigación para la fase de construcción*

Actividades	Impacto ambiental	Medidas de prevención
Desplazamiento de tierra	Deforestación y disminución la calidad del suelo	Aplicar técnicas como la siembra de cobertura vegetal mediante la identificación de áreas degradadas cerca de la presa para mejorar las condiciones del suelo.
Excavación del terreno		

Relleno y nivelación		
Camino de acceso	Eliminación de la vegetación y modificación del suelo	Restaurar áreas degradadas mediante la siembra de especies nativas. Utilizar prácticas de construcción que minimicen la alteración del suelo.
Ingreso de maquinaria		
Cimentación		
Encofrado	Alteración del flujo y contaminación del agua	Considerar técnicas de diseño que reduzcan la sedimentación y la erosión aguas abajo.
Montaje e instalación		

Tabla 4. 9

Medidas de prevención/mitigación para la fase de operación y mantenimiento

Actividades	Impacto ambiental	Medidas de prevención
Mantenimiento de taludes	Deforestación	Implementar programas de reforestación y revegetación en áreas afectadas.
Extracción del recurso hídrico	Reducción del volumen de agua almacenada en el embalse	Establecer un sistema de administración que controle la extracción de agua de acuerdo con la demanda y las condiciones hidrológicas.
Inspección de protecciones	Cambios en la calidad del aire y en el suelo ocasionados por partículas de materiales	Controlar el polvo durante el mantenimiento mediante métodos efectivos, y gestionar los materiales sueltos de manera adecuada para evitar su dispersión y cumplir con regulaciones ambientales.

Inspección a la estructura Posibles afectaciones causadas por la erosión Utilizar técnicas como la revegetación para reforzar taludes expuestos y prevenir la erosión.

Tabla 4. 10

Presupuesto estimado para actividades de mitigación de la fase de operación y mantenimiento.

Actividades	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total (USD)
Limpieza de sedimento	M ³	120	5.82	698.40
Mantenimiento en áreas revegetadas	Día	16	34.56	552.96
Limpieza de dique	Día	48	15	720
Resane y reparación del recubrimiento del vertedero de hormigón	M	10	13.64	130.64
Inspección periódica	Hora	24	10	240
Total				2342.0

Tabla 4. 11

Plan de manejo ambiental.

Plan de manejo ambiental		
Sub-plan de restauración vegetal		
Impacto ambiental	Actividades	Presupuesto

Deforestación y eliminación de la vegetación	Siembra de cobertura vegetal	USD 800
---	---------------------------------	---------

Sub-plan de seguridad

Impacto ambiental	Actividades	Presupuesto
Posibles afectaciones causadas por la erosión y otros factores físicos	Control de riesgos	USD 1000

Sub-plan de educación ambiental

Impacto ambiental	Actividades	Presupuesto
Eliminación de la vegetación y reducción en la calidad del suelo	Capacitación ambiental	USD 800
Contaminación y alteración de la calidad del agua	Capacitación ciudadana	USD 250

Sub-plan de manejo de recurso hídrico

Impacto ambiental	Actividades	Presupuesto
Extracción excesiva del volumen de agua almacenada en el embalse	Capacitación sobre el manejo del agua	USD 400

Sub-plan de control de contaminantes

Impacto ambiental	Actividades	Presupuesto
Cambios en la calidad del aire debido a partículas de materiales	Control de polvo	USD 250
Alteración en la calidad del suelo y del agua	Manejo de desechos	USD 1650

TOTAL	USD 5150
--------------	-----------------

CAPÍTULO 5

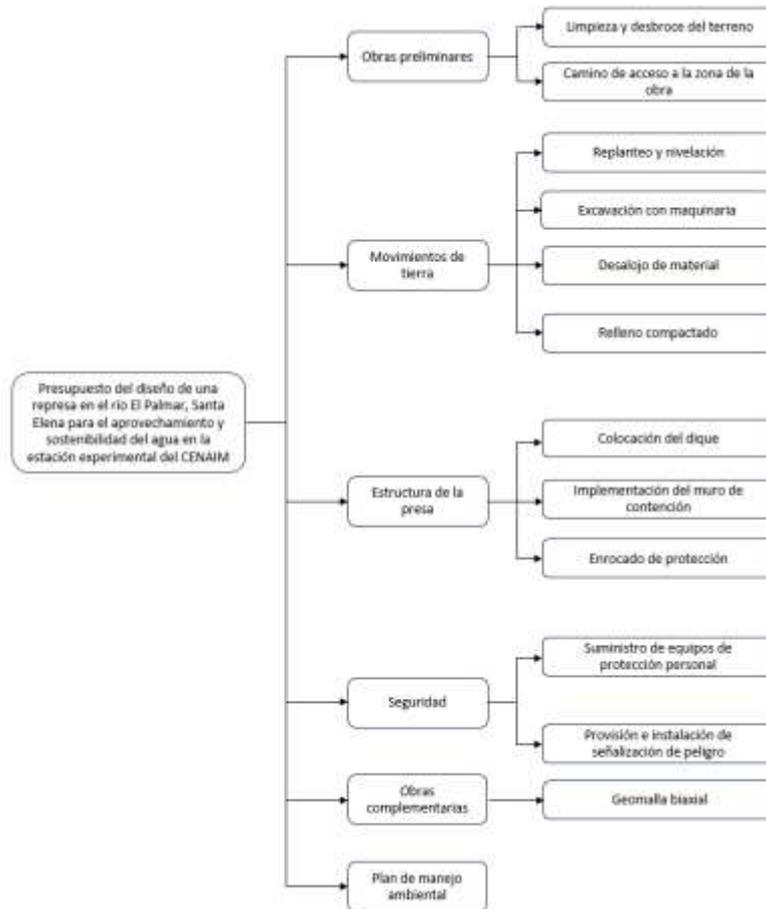
5. PRESUPUESTO

5.1 Estructura Desglosadora de Trabajo

La estructura desglosada proporciona información detallada sobre los resultados esperados durante la ejecución del proyecto. Además, facilita la comprensión del alcance del proyecto de manera clara y organizada. A continuación, se presenta las fases vinculadas al proceso de construcción (Figura 5.1).

Figura 5.1

Estructura desglosada del proyecto.



5.2 Clasificación de Rubros

A continuación, se detallan los rubros (Tabla 5.1) que fueron clasificados en cinco tipos:

1. Obras preliminares

2. Movimientos de tierra
3. Estructura de la presa
4. Seguridad
5. Obras complementarias

Tabla 5. 1

Rubros del proyecto

Rubro	Descripción
1	Obras preliminares
1.1	Limpieza y desbroce del terreno
1.2	Desalojo de material de limpieza y desbroce del terreno
1.3	Camino de acceso a la zona de la obra
2	Movimientos de tierra
2.1	Replanteo y nivelación
2.2	Excavación de cimientos hasta 1.00 m de profundidad
2.3	Excavación con maquinaria
2.4	Desalojo del material excavado
2.5	Relleno compactado con material de mejoramiento
2.6	Relleno compactado para construcción de cuerpo de la presa
3	Estructura de la presa
3.1	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
3.2	Suministro e instalación de malla electrosoldada
3.3	Hormigón simple $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

3.4 Hormigón ciclópeo $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

3.5 Enrocado de protección

4 Seguridad

4.1 Suministro de equipos de protección personal

4.2 Señalización de seguridad

5 Obras complementarias

5.1 Geomalla biaxial

5.2 Geomembrana HDPE $e=1.5 \text{ mm}$

5.3 Análisis de precios unitarios

En base a esto, se realizó el análisis de precios unitarios (APU), tomando en cuenta los valores de mano de obra establecidos por la Cámara de Construcción y la Dirección de Obras Públicas (Tabla 5.2). Con respecto al rendimiento, se emplearon valores obtenidos en obras similares. Los costos asociados con maquinaria y materiales fueron determinados conforme a las tarifas de plataformas especializadas en construcción en Ecuador.

Rubro 1.1: Limpieza y desbroce del terreno

Descripción: Este trabajo implica llevar a cabo una serie de acciones, destinadas a preparar el sitio de construcción para los trabajos posteriores que pueden incluir cortar, desenraizar y eliminar distintos tipos de hierbas, arbustos, maleza y otros tipos de vegetación no deseados presente en el terreno donde se llevará a cabo la obra, de tal manera que quede apto para iniciar trabajos.

Equipo mínimo: Retroexcavadora, desbrozadora, herramientas menores.

Unidad de medida: Se mide la extensión del terreno limpio de vegetación no deseada, expresada en metros cuadrados [m²].

Análisis de precio unitario (APU): USD 2.64

Rubro 1.2: Desalojo del material de limpieza y desbroce del terreno

Descripción: Proceso de retirar y desechar adecuadamente los residuos, escombros y otros materiales generados durante las actividades de limpieza del terreno. Este proceso es crucial para mantener la eficiencia en el sitio y cumplir con normativas ambientales. Es fundamental para mantener la seguridad en el sitio, preservar el medio ambiente y cumplir con las regulaciones gubernamentales.

Equipo mínimo: Retroexcavadora, Herramientas manuales, volqueta.

Unidad de medida: utilizada para medir la cantidad de residuos sólidos, como escombros y materiales de construcción. Metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 0.41

Rubro 1.3: Camino de acceso a la zona de la obra

Descripción: Vía o ruta que permite la entrada y salida de personas, vehículos y equipo hacia y desde el lugar donde se llevarán a cabo trabajos de construcción u otras actividades relacionadas con un proyecto. Permite planificar y mantener un entorno seguro y eficiente para todas las actividades relacionadas con el proyecto.

Equipo mínimo: Herramientas de nivelación, vehículos de transporte, herramientas manuales.

Unidad de medida: Usada para medir el área total del camino, especialmente si se necesita conocer la extensión de áreas pavimentadas o mejoradas. Metro cuadrado [m²].

Análisis de precio unitario (APU): USD 13.44

Rubro 2.1: Replanteo y nivelación

Descripción: Fases cruciales en la preparación de un terreno para proyectos de construcción. Estas actividades se llevan a cabo para establecer las bases adecuadas y garantizar que la obra se ejecute de manera precisa y segura. Además, establecen las condiciones iniciales correctas en un sitio de construcción.

Equipo mínimo: Cinta métrica, nivel de burbuja, teodolito, maquinaria pesada, herramientas menores.

Unidad de medida: Para expresar cambios de altura o desniveles en la superficie del terreno. Metro cuadrado [m²].

Análisis de precio unitario (APU): USD 1.14

Rubro 2.2: Excavación con maquinaria

Descripción: Implica la remoción de tierra, rocas u otros materiales del suelo para crear espacios necesarios para la construcción de cimientos, sótanos, zanjas, entre otros. Para el proyecto se usará para remover la tierra que está en la ubicación tanto del dique como el vertedero y para esto se debe la nivelación hecha para saber cuánto se debe excavar y remover.

Equipo mínimo: Excavadora, cargador frontal, volqueta, instrumentos de medición, herramientas menores.

Unidad de medida: Para medir la cantidad de tierra, rocas u otros materiales excavados. Metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 3.77

Rubro 2.3: Excavación de cimientos

Descripción: Consiste en la remoción controlada de tierra para crear el espacio necesario donde se colocarán los cimientos que soportarán la estructura. Para el vertedero se excavará 1

metro bajo la nivelación, para el dique se excavará 1.5 metros en su núcleo la parte central, mientras que en los extremos se excavará 1 metro.

Equipo mínimo: Excavadora, instrumento de medición, volqueta, herramientas menores.

Unidad de medida: Para medir la cantidad de tierra o material excavado, así como para calcular la capacidad de carga de los camiones volquete. Metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 2.64

Rubro 2.4: Desalojo del material excavado

Descripción: Retiro y transporte de tierra, rocas y otros materiales excavados en el sitio de la ubicación del dique y transportados fuera del lugar de construcción hacia una ubicación designada.

Equipo mínimo: volqueta, cargador frontal, herramientas menores.

Unidad de medida: La unidad para cuantificar el desalojo del material excavado es el metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 7.55

Rubro 2.5: Relleno compactado con material de mejoramiento

Descripción: Proceso en el que se coloca y compacta el material importado de la cantera más cercana ubicada en la parroquia colonche, este material permitirá mejorar las propiedades del suelo existente. Este procedimiento se utiliza comúnmente en proyectos de construcción para estabilizar el suelo, aumentar la capacidad de carga o corregir deficiencias en la calidad del terreno.

Equipo mínimo: Excavadora, volqueta, compactadora, herramientas menores.

Unidad de medida: Unidad para cuantificar el material de mejoramiento y el resultado del relleno compactado es el metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 17.67

Rubro 2.6: Relleno compactado para construcción de cuerpo de la presa

Descripción: Implica la colocación y compactación de materiales específicos para crear una estructura de represamiento sólida y segura. Para esto se usará arcilla para el núcleo central y para los lados roca con arcilla compactada para los cuerpos del dique. Con respecto al vertedero se usará roca con arcilla compactada.

Equipo mínimo: Compactadora de suelo, volqueta, herramienta menor.

Unidad de medida: Para cuantificar el material de relleno y el resultado del proceso de compactación en la construcción de un cuerpo de presa es el metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 23.33

Rubro 3.1: Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Descripción: Se centra en el suministro e instalación del acero de refuerzo utilizado en el armado del muro de contención. Este rubro involucra una serie de procesos y actividades especializadas para garantizar la integridad estructural y la resistencia adecuada del muro. La disposición del acero de refuerzo seguirá las pautas establecidas en el Capítulo 7 del Código Ecuatoriano de la Construcción. En cuanto a la soldadura del acero, se regirá por las normativas indicadas en la sección 3.5.2 del Código Ecuatoriano de la Construcción.

Equipo mínimo: Cortadora, herramienta menor.

Materiales mínimos: Alambre recocido, varillas de hierro.

Unidad de medida: El acero de refuerzo se vende y se utiliza comúnmente en forma de barras, y se cuantifica en kilogramo [kg].

Análisis de precio unitario (APU): USD 2.00

Rubro 3.2: Suministro e instalación de malla electrosoldada

Descripción: Se trata de la entrega e instalación de una malla metálica específica que se une mediante soldadura con el objetivo de ofrecer refuerzo adicional y fortalecer la resistencia del hormigón. Puede ser necesario realizar ajustes en la malla electrosoldada para que se ajuste a las dimensiones y formas específicas del área de recubrimiento, y estos ajustes se llevan a cabo mediante el uso de herramientas especializadas. En caso de ser necesario, se puede requerir soldadura adicional durante la instalación para asegurar la integridad estructural y la continuidad de la malla.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Materiales mínimos: Malla electrosoldada, alambre recocido.

Unidad de medida: La malla electrosoldada se constituye a partir de la unión mediante soldadura de alambres de acero. La cantidad de material presente en la malla se vincula directamente con su peso completo, siendo cuantificada en kilogramos [kg].

Análisis de precio unitario (APU): USD 14.57

Rubro 3.3: Hormigón simple $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Descripción: Se describe el uso de un tipo particular de hormigón, con una resistencia a la compresión de 350 kg/cm^2 , en la construcción de componentes esenciales de una presa como muros de contención, losas y recubrimiento. Su alta resistencia es crucial en construcciones hidráulicas que enfrentan cargas intensas, presiones del agua y fuerzas externas considerables. La adquisición de materiales, asegurando la calidad de cemento, agregados y agua, es fundamental para cumplir con la resistencia requerida. Además, se incorpora un aditivo destinado a mejorar la resistencia del hormigón frente al impacto del agua y ambientes agresivos.

Equipo mínimo: Concretera, vibrador, herramienta menor.

Materiales mínimos: Agua, cemento fuerte tipo GU, ripio, arena, Plastiment BV-40, aditivo Sikafume.

Unidad de medida: Metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 190.03

Rubro 3.4: Hormigón ciclópeo $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Descripción: Se describe el uso de hormigón ciclópeo, una mezcla que combina hormigón convencional con piedras o fragmentos grandes de roca, con el propósito de brindar una base más sólida y estable para la estructura. Estos fragmentos, actuando como agregados gruesos, confieren propiedades específicas al hormigón. La resistencia a la compresión ($f'c$) del hormigón ciclópeo es de 240 kg/cm^2 . Los materiales esenciales, como cemento, agregados gruesos, agregados finos y agua, son requeridos para la preparación de este.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Materiales mínimos: Piedra bola, hormigón.

Unidad de medida: Metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 154.86

Rubro 3.5: Enrocado de protección

Descripción: Proceso de colocación de bloques de roca con el propósito de proteger contra la erosión, estabilizar taludes, y proporcionar defensas para el dique contra la acción del agua u otras fuerzas naturales.

Equipo mínimo: Excavadora con brazo, compactadora, herramientas menores.

Unidad de medida: La unidad métrica de volumen que representa el espacio ocupado por una roca es el metro cúbico [m³].

Análisis de precio unitario (APU): USD 27.03

Rubro 4.1: Suministro de equipos de protección personal

Descripción: Parte esencial en cualquier proyecto o entorno laboral para garantizar la seguridad y bienestar de los trabajadores. Los trabajadores estarán bien equipados y protegidos para evitar cualquier siniestro que pueda ocurrir dentro del horario laboral.

Equipo mínimo: Casco, chaleco reflectivo, botas, guantes.

Unidad de medida: Depende de la cantidad de trabajadores dentro de la obra, por lo que la medida usada es la unidad U.

Análisis de precio unitario (APU): USD 216.00

Rubro 4.2: Señalización de seguridad

Descripción: Componente crucial en cualquier entorno laboral para comunicar de manera efectiva información sobre riesgos, prohibiciones, ubicaciones de equipos de emergencia y otras directrices de seguridad. Para ellos se prevé usa cinta de seguridad de peligro puestas con estacas para evitar que las personas que no sean del equipo de trabajo puedan ingresar.

Equipo mínimo: Cinta de seguridad, estacas, herramientas menores.

Unidad de medida: la cinta de seguridad se la adquiere comprando el rollo por lo que unidad de medida es la unidad U.

Análisis de precio unitario (APU): USD 183.35

Rubro 5.1: Geomalla biaxial

Descripción: La dotación e instalación de geomalla biaxial en los bordes de un río aguas abajo de la represa, se realiza para proteger las orillas del río de los efectos causados por la erosión.

Equipo mínimo: Geomalla, estacas para anclaje.

Unidad de medida: Será de la superficie colocada en metros cuadrados. Metro cuadrado [m²].

Análisis de precio unitario (APU): USD 4.24

Rubro 5.2: Geomembrana HDPE e=1.5 mm

Descripción: La instalación de geomembrana elaborada con polietileno de alta densidad (HDPE) para el recubrimiento lateral de los diques. Se colocará desde la corona del dique hasta unos centímetros incrustado bajo la corona del vertedero.

Equipo mínimo: Geomembrana, herramienta menor.

Unidad de medida: Será de la superficie colocada en metros cuadrados. Metro cuadrado [m²].

Análisis de precio unitario (APU): USD 7.39

Tabla 5. 2

Análisis de precio unitario de los rubros

Rubro	Descripción	Unidad	Precio
1	Obras preliminares		
1.1	Limpieza y desbroce del terreno	M2	2.64
1.2	Desalojo del material de limpieza y desbroce del terreno	M3	0.41
1.3	Camino de acceso a la zona de la obra	M2	13.44
2	Movimientos de tierra		
2.1	Replanteo y nivelación	M2	1.14
2.2	Excavación con maquinaria	M3	3.77
2.3	Excavación de cimientos hasta 1.00 m de profundidad	M3	2.64
2.4	Desalojo del material excavado	M3	7.55
2.5	Relleno compactado con material de mejoramiento	M3	17.67
2.6	Relleno compactado para construcción de cuerpo de la presa	M3	23.33

3 Estructura de la presa			
3.1	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	2.00
3.2	Suministro e instalación de malla electrosoldada	kg	14.57
3.3	Hormigón simple $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$	M3	190.03
3.4	Hormigón ciclópeo $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	M3	154.86
3.5	Enrocado de protección	M3	27.03
4 Seguridad			
4.1	Suministro de equipos de protección personal	U	216.00
4.2	Señalización de seguridad	U	183.35
5 Obras complementarias			
5.1	Geomalla biaxial	M2	4.24
5.2	Geomembrana HDPE $e=1.5 \text{ mm}$	M2	7.39
5.3	Siembra de plantas	U	3.59
5.3	Siembra de plantas	U	107.70

5.4 Descripción de cantidades de obra

La determinación de las cantidades en cada rubro se llevó a cabo de acuerdo con los planos correspondientes, y a través del uso de programas como AutoCAD, Civil 3D para el cálculo de volúmenes. En la tabla 5.3 se presenta una lista detallada de los rubros junto con las cantidades calculadas y las unidades de medida correspondientes.

Tabla 5.3

Cantidades de obra correspondientes al proyecto.

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Obras preliminares		

1.1	Limpieza y desbroce del terreno	M2	1882
1.2	Desalojo del material de limpieza y desbroce del terreno	M3	525
1.3	Camino de acceso a la zona de la obra	M2	133
2	Movimientos de tierra		
2.1	Replanteo y nivelación	M2	1090
2.2	Excavación con maquinaria	M3	75.09
2.3	Excavación de cimientos hasta 1.00 m de profundidad	M3	1362.5
2.4	Desalojo del material excavado	M3	1437.59
2.5	Relleno compactado con material de mejoramiento	M3	1635
2.6	Relleno compactado para construcción de cuerpo de la presa	M3	2507.4
3	Estructura de la presa		
3.1	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	5778.76
3.2	Suministro e instalación de malla electrosoldada	kg	176.85
3.3	Hormigón simple $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$	M3	611.6
3.4	Hormigón ciclópeo $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	M3	64
3.5	Enrocado de protección	M3	128
4	Seguridad		
4.1	Suministro de equipos de protección personal	U	10
4.2	Señalización de seguridad	U	1
5	Obras complementarias		
5.1	Geomalla biaxial	M2	200

5.2	Geomembrana HDPE e=1.5 mm	M2	73.12
5.3	Siembra de plantas	U	30

5.5 Valoración integral del costo del proyecto

A continuación, se presenta la tabla 5.4, que resume los costos de cada sección del proyecto.

Tabla 5. 4

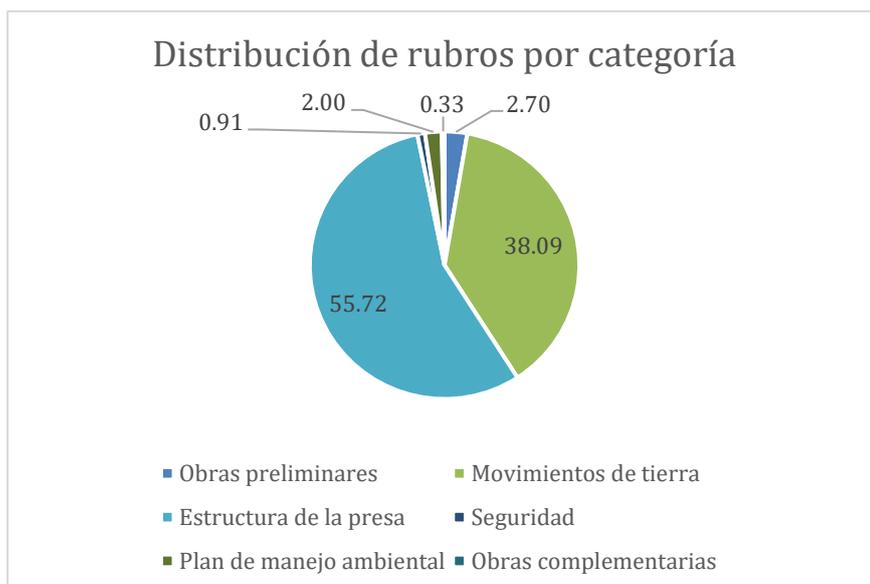
Precio total de los rubros.

Rubro	Total
Obras preliminares	6971.25
Movimientos de tierra	98251.88
Estructura de la presa	143727.50
Seguridad	2343.35
Obras complementarias	1496.06

El valor total estimado del proyecto es de USD252,790.03+ IVA. Junto al plan de manejo ambiental, el valor resultante es de USD257,940.03+IVA, con una relación de 236.64 \$/m². Se elaboró un gráfico que ilustra los porcentajes de los costos asociados a cada componente del proyecto (Figura 5.2), con el propósito de destacar cuáles son los rubros que tienen mayor influencia económica.

Figura 5. 2

Distribución de los porcentajes de costos de los rubros.



La propuesta de diseño del presente proyecto incluye un sistema de refuerzo estructural y la utilización de hormigón de alta resistencia, lo que ejerce una considerable influencia en el costo total estimado del rubro correspondiente a la estructura de la presa.

Se realizó una comparación de precios con el diseño de presa propuesto por (Mullo & Oquendo, 2021) cuyo valor es de 113,509.72 dólares. Aunque el precio final resultante es menor en comparación, es esencial tener en cuenta las diferencias en los diseños y las condiciones para cada caso de estudio. No obstante, llevar a cabo esta comparación es importante, ya que proporciona una perspectiva sobre las diferencias entre costos de proyectos similares.

Adicionalmente, la tabla 5.3 muestra el presupuesto referencial final, que incluye el valor de la ejecución del manual de OPEX.

Tabla 5.5

Presupuesto referencial desglosado.

CAPEX	USD252682.33+IVA
Plan de manejo ambiental	USD5150+IVA
Total	USD257832.33 + IVA

OPEX

USD1052.40+IVA

5.6 Cronograma de obra

La duración del proyecto se estimó mediante el uso de un programa especializado en administración de proyectos. La tabla 5.5 muestra un resumen de las actividades del proyecto y su respectiva duración. Se elaboró en base a una jornada laboral de 8 horas durante 5 días a la semana, y se consideró los feriados a nivel local y nacional.

Tabla 5. 6

Resumen del cronograma de obra.

Rubro	Descripción	Duración
1	Obras preliminares	
1.1	Limpieza y desbroce del terreno	2 días
1.2	Desalojo de material de limpieza y desbroce del terreno	3 días
1.3	Camino de acceso a la zona de la obra	1 día
2	Movimientos de tierra	
2.1	Replanteo y nivelación	3 días
2.2	Excavación de cimientos hasta 1.00 m de profundidad	2 días
2.3	Excavación con maquinaria	3 días
2.4	Desalojo del material excavado	2 días
2.5	Relleno compactado con material de mejoramiento	4 días

2.6	Relleno compactado para construcción de cuerpo de la presa	20 días
3	Estructura de la presa	
3.1	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	27 días
3.2	Suministro e instalación de malla electrosoldada	1 días
3.3	Hormigón simple $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$	45 días
3.4	Hormigón ciclópeo $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$	10 días
3.5	Enrocado de protección	3 días
4	Seguridad	
4.1	Suministro de equipos de protección personal	1 día
4.2	Señalización de seguridad	1 día
5	Obras complementarias	
5.1	Geomalla biaxial	3 días
5.2	Geomembrana HDPE	1 día
Duración total		121 días

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES

6.1 Conclusiones

1. Se caracterizó la cuenca y el río mediante la aplicación de modelos hidrológicos e hidrodinámicos, para la obtención de caudales, la ubicación y forma geométrica de la represa.
 - a) Mediante los datos provenientes del levantamiento topográfico y las simulaciones realizadas en los programas HEC-RAS y HEC-HMS, se estimó un caudal de diseño de $67.3 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 100 años, y una altura de elevación máxima del agua de 3.99 m.
 - b) Para prevenir inundaciones en áreas cercanas, asegurar un margen de seguridad que evite el desbordamiento, y mediante el análisis hidrodinámico, se obtuvo las cotas de corona del dique y el vertedero, en 4.60 y 2.80 metros sobre el nivel del mar, respectivamente. De igual forma, se estimó la capacidad de almacenamiento del embalse, obteniendo un total de $50,801.87 \text{ m}^3$.
 - c) Las coordenadas del empotramiento derecho de la represa se fijaron en 9776805.59 N, 531673.43 E, y el empotramiento izquierdo en 9776729.97 N, 531651.42 E. Con respecto a los taludes, se estableció una relación de 2H:1V. Según las particularidades de la zona, se propuso la forma trapezoidal para el dique y el vertedero.
2. Se diseñó la represa a base de criterios de ingeniería y sostenibilidad, incorporando un desglose presupuestario que incluya el análisis de precios unitarios (APU), las especificaciones técnicas y un cronograma de actividades (6 meses).

- d) Según las particularidades del caudal, se elaboró un diseño para el dique y el vertedero, incorporando medidas de protección con enrocado para prevenir socavaciones en la base del dique, en los dos lados de la represa.
 - e) El diseño se ajustó según la evaluación de estabilidad para prevenir volcamientos y deslizamiento, obteniendo valores de 3.24 y 3.28; que cumplen los factores mínimos de seguridad establecidos en la NEC, de 3 y 1.6 respectivamente.
 - f) El costo de construcción (CAPEX) es de USD252,790.03+IVA, este valor no incluye el aspecto ambiental.
3. Se evaluó los impactos ambientales potenciales de la construcción y de la operación de la represa, identificando riesgos para la propuesta de medidas de prevención, mitigación y compensación.
- g) La matriz de Leopold se dividió en dos fases: la fase de construcción y la fase de operación y mantenimiento. Para la fase de construcción se obtuvo mayores impactos negativos que positivos, teniendo para los negativos un valor de 26 y para los positivos un valor de 11. Para la fase de operación y manteniendo se tiene que hay más impactos positivos con un valor de 10, en cambio en los impactos negativos se obtuvo un valor de 4.
 - h) Los efectos negativos más prominentes para el entorno surgen principalmente durante la fase de construcción, en las actividades de montaje e instalación de la represa para lo cual se propuso considerar técnicas de diseño que reduzcan la sedimentación y la erosión aguas abajo como medida de mitigación.
 - i) Los impactos que se generan en la etapa de operación y mantenimiento provienen de la actividad de inspección de la estructura. En respuesta, se propuso la siembra

de cobertura vegetal, y contribuir a la recuperación de la biodiversidad de la región afectada.

- j) La valoración del aspecto ambiental significa una inversión de capital de USD5150.00+IVA, mientras que, el valor del costo de operación y mantenimiento (OPEX) es de USD2342.00+IVA.

4. Todos los proyectos de agua y saneamiento requieren un manual de operación y mantenimiento. En este proyecto se ha elaborado el respectivo borrador de manual de OPEX, sin embargo, este es un manual preliminar que contempla actividades que se han previsto que puedan suceder durante esta fase. El costo de la implementación del manual es de USD2,342.00+IVA por año. Este enfoque implica inspecciones periódicas, monitoreo geotécnico y controles exhaustivos, asegurando la detección temprana de posibles problemas. Al abordar factores clave como el estado estructural, la erosión del suelo y el control de la vegetación, se fortalece la resiliencia, minimizando riesgos y promoviendo la seguridad continua de la infraestructura.

6.2 Recomendaciones

1. Realizar pruebas de caracterización del agua almacenada, dado que la investigación se llevó a cabo durante la temporada seca. Esto es útil con el fin de obtener información sobre los niveles de salinidad del recurso hídrico y compararlos con los niveles presente en las piscinas de la institución.
2. Dada la importancia del agua y los impactos ambientales asociados, se aconseja organizar sesiones de prevención de la contaminación del agua y sensibilización ambiental para promover un uso y cuidado responsable del agua por parte de los residentes, ya que se observó la acumulación de basura y desechos sólidos en algunas inspecciones de campo.

3. Al borrador de manual de OPEX que se ha entregado junto al proyecto es fundamental que se actualice y se ajuste para garantizar la integridad del corto, mediano y largo plazo de la represa.

4. Finalmente, se sugiere adoptar prácticas de construcción que reduzcan al máximo la alteración del suelo, promoviendo así la preservación de la integridad del terreno y la afectación a los ecosistemas.

REFERENCIAS

- Abedini, M. J., & Nasser, M. (2008, January). *Inverse distance weighting revisited*.
- Alvarado, M., López, M., & Suárez, M. (2012). *Evaluación del uso recreativo de Palmar, Provincia de Santa Elena*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Antoniou, G., Kathijotes, N., Spyridakis, D. S., & Angelakis, A. N. (2014). Historical development of technologies for water resources management and rainwater harvesting in the Hellenic civilizations. *International Journal of Water Resources Development*, 30(4), 680–693. <https://doi.org/10.1080/07900627.2014.900401>
- Aparicio, F. (1989). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Limusa, Grupo Noriega Editores.
- Berga, L., & De Cea, J. C. (2006). *The role of dams in Spain*.
- Bharti, M. K., Sharma, M., & Islam, N. (2020). Study on the Dam & Reservoir, and Analysis of Dam Failures: A Data Base Approach. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 07(05).
- Brown, C. B. (1944). Discussion of Sedimentation in reservoirs. *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.*, 1080–1086.
- Chávez, L., & González, Y. (2014). *Estudio de Socavación para un sector aguas arriba de la botacoma de la quebrada Palmichala, ubicada en el municipio de Valparaíso - Antioquia*.
- Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Cowan. (1956). *Estimating hydraulic roughness coefficients*. Agricultural engineering.
- FAO. (2023). *Addressing water scarcity in agriculture and food systems*. <https://www.fao.org/wasag>

- FHWA. (2009). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*.
- GAD Colonche. (2019). *GAD Colonche*.
- Garg, V., & Jothiprakash, V. (2008). Estimation of useful life of a reservoir using sediment trap efficiency. *Journal of Spatial Hydrology*, 8.
- Gill, M. (1979). Sedimentation and useful life of reservoirs. *Journal of Hydrology*, 89–95.
- Gupta, R. (2017). *Hydrology and Hydraulic Systems: Fourth Edition* (Fourth). Waveland Press.
- Herrera-Franco, G., Martos-Rosillo, S., Carrión-Mero, P., Morante-Carballo, F., Briones-Bitar, J., Durán, A., Upegui, J. V., Lucic, M. C., Mateos, L., Bardales, J. D., Peña, F., & Gutiérrez-Ojeda, C. (2020). Water Sowing and Harvesting (SyCA), ancestral techniques that solve problems of the XXI century. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*.
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.299>
- INAMHI. (2019). *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación*.
- INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda*.
- Jansen, R. (1988). *Advanced Dam Engineering For Design Construction and Rehabilitation*. Springer New York.
- JICA. (2010). *Technical Standards and Guidelines for Design of Flood Control Structures*.
- Juárez, E., & Rico, A. (1974). *Mecánica de suelos, Tomo III: Flujo de agua en suelos*.
- Kim, J.-S., Lee, C.-J., Kim, W., & Kim, Y.-J. (2010). Roughness coefficient and its uncertainty in gravel-bed river. *Water Science and Engineering*.
- León, C., Sánchez, M., & Montoya, R. (2008). *Propuesta de Equipamiento en el Sector de Palmar*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- Likert, R. (1932). *A Technique for the Measurement of Attitudes* (Vol. 22). Archives of Psychology.
- Lucero, L. J. (2023). Ancient Maya reservoirs, constructed wetlands, and future water needs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(42). <https://doi.org/10.1073/pnas.2306870120>
- Maidment, D. (1993). *Handbook of Hydrology*.
- Marcos, J. G. (2004). *Las Albarradas en la Costa del Ecuador: Rescate del conocimiento ancestral del manejo sostenible de la biodiversidad*. CEAA-ESPOL.
- Martínez, A. (1996). *Diseño de Sistemas de Recolección de Agua para la Repoblación Forestal*. Ediciones Mundi-Prensa.
- MIDUVI. (2014). *NEC-SE-DS, Parte 1*.
- Mora, D. (2021). *Evaluación del Balance sedimentario de las Cuencas Hidrográficas de Zapotal y Jipijapa hacia la zona litoral*. ESPOL.
- Mullo, A., & Oquendo, C. (2021). *ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1*.
- Novak, P., Moffat, A. I. B., & Narayanan, R. (2001). *Estructuras Hidráulicas* (Second). McGraw-Hill.
- NWS. (2004). *Muskingum Routing*.
- Olives, J., Sáenz, R., Ponce, D., Orrala, J., Andino, S., & Vera, J. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- Oweis, T., Hachum, A., & Kijne, J. (1999). *Water Harvesting and Supplemental Irrigation for Improved Water Use Efficiency in Dry Areas*.
- Pacey, A., & Cullis, A. (1986). *Rainwater Harvesting: The Collection of rainfall and runoff in rural areas*. Intermediate Technology Publications.

- Paredes, D. (2006). *Evaluación multicriterio social del manglar “Palmar, Guayas-Ecuador”* . Zamorano.
- Pennington, K., & Cech, T. (2010). *Water Resources and Environmental Issues*. Cambridge University Press.
- Proton, A., & Chocat, B. (2021, June). Long behaviour of an infiltration trench. *6ème Conférence Sur Les Techniques et Stratégies Durables Pour La Gestion Des Eaux Urbaines Par Temps de Pluie / 6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies for Urban Water Management*.
- Reyes-Cruz, J. L., Garzón-Castrillón, M. A., & Tapia-Sánchez, B. (2018). Design and validation of a likert type scale to establish entrepreneurial characteristics. *Dimensión Empresarial*, 135–160.
- Rosales, A. (2021). *Diagnóstico de los sistemas agroproductivos de la parroquia Colonche, cantón Santa Elena, provincia Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Sandoval, W. (2019). *Diseño de Obras Hidrotécnicas*. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- SNI. (2023). *Archivos de Información Geográfica*.
- Subramanya, K. (2008). *Engineering Hydrology* (Third). Tata McGraw-Hill.
- TCEQ. (2023). *Chapter 2: Introduction to Dams*.
- Tito, B. (2020, August 2). *Matriz de Leopold modificada*.
- USACE. (1970). *Hydraulic Design of Flood Control Channels*.
- USAID. (2011, April 11). *SISTEMATIZACIÓN DEL ESTADO DE LA TENENCIA DE LA TIERRA AL INTERIOR DEL PNM Y SUS LÍMITES*.
- USBR. (1987). *Design of Small Dams*.
- USDA. (2004). *National Engineering Handbook*.

USDA. (2008). *Chapter 15: Time of Concentration*.

USGS. (1989). *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*.

Waterfall, P. (2004). *Harvesting rainwater for landscape use* (Second).

Wischmeier, W., & Smith, D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. United States Department of Agriculture.

Planos y Anexos

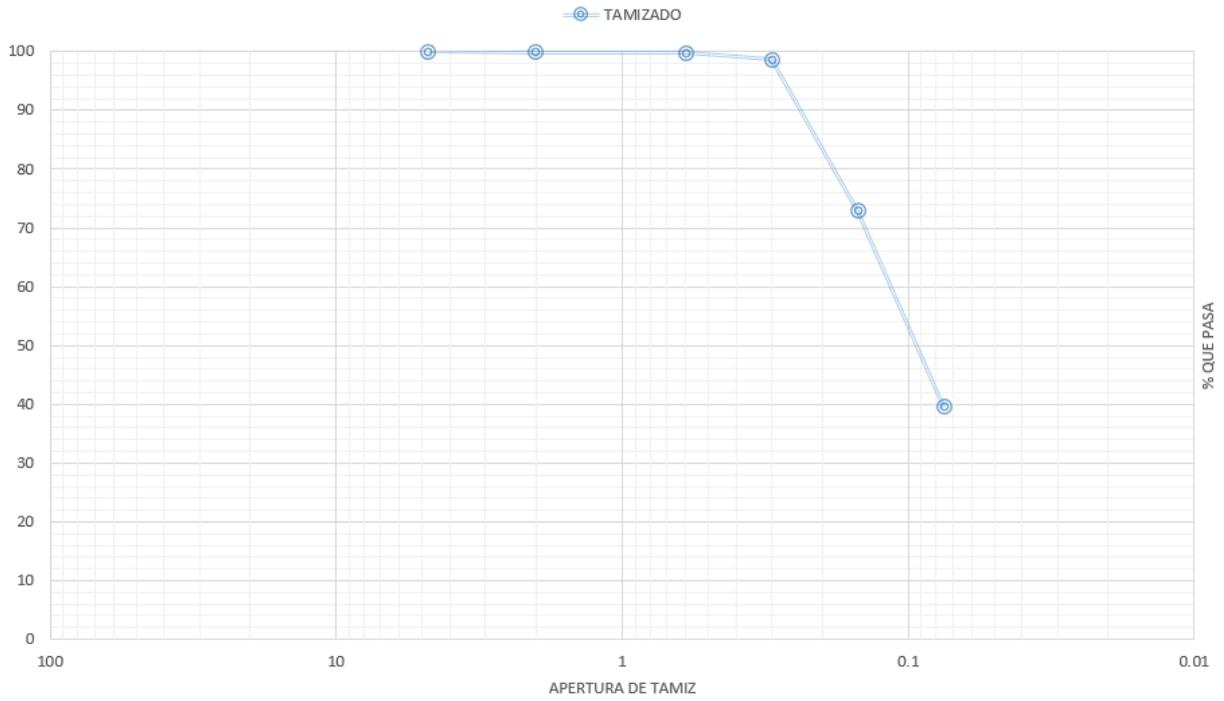


Figura 6.1 Granulometría muestra 1.

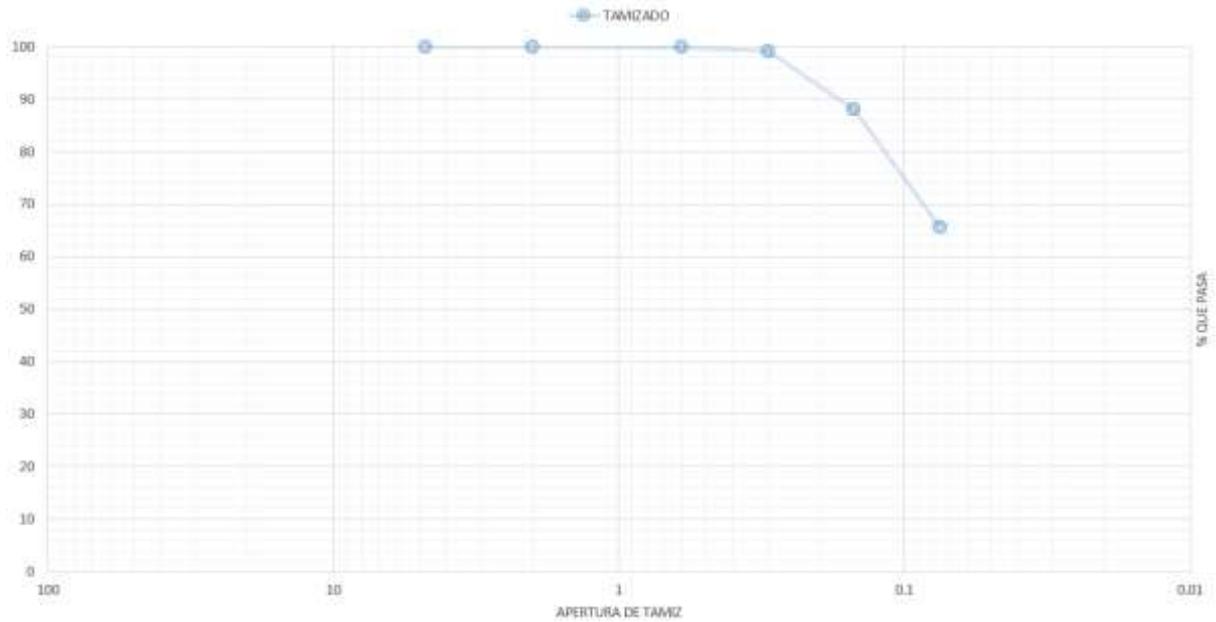


Figura 6.2 Granulometría muestra 2.

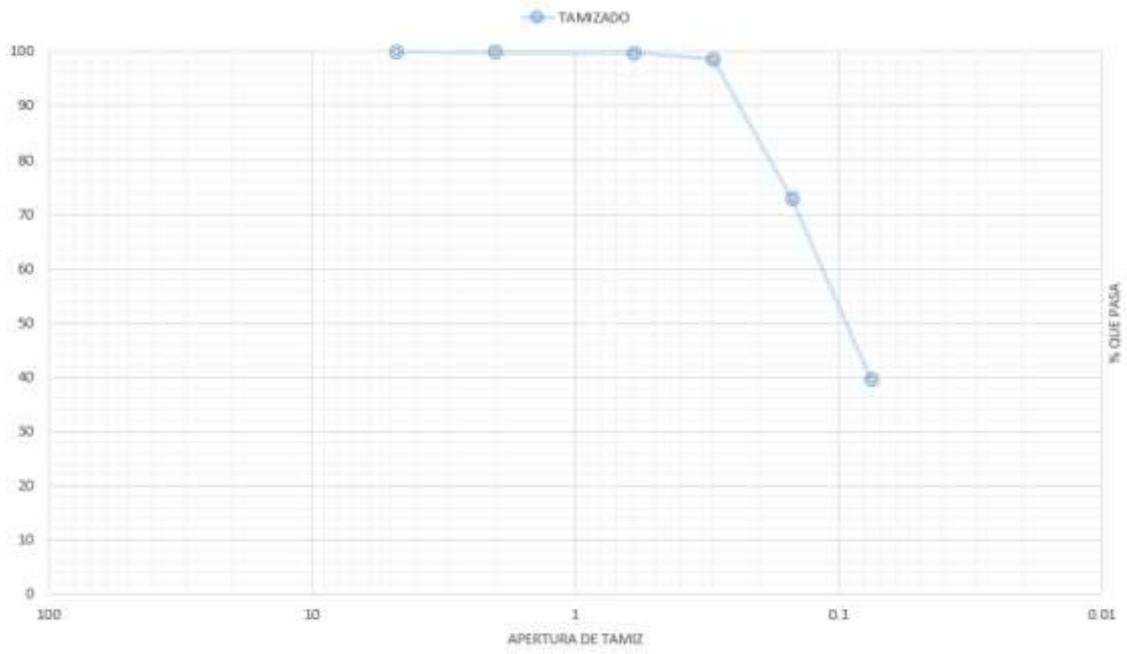


Figura 6.3 Granulometría muestra 3.

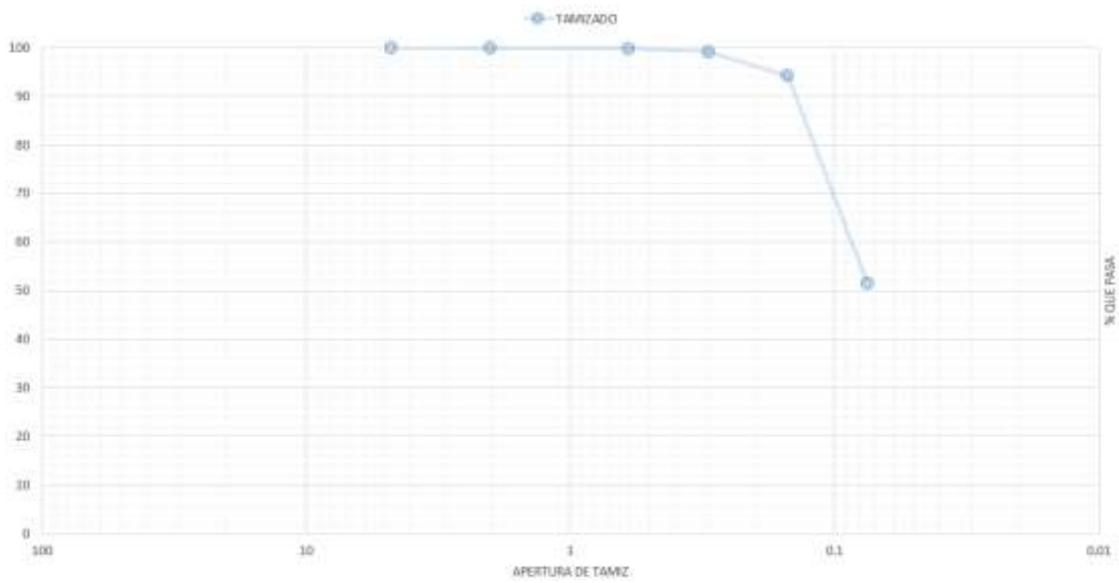


Figura 6.4 Granulometría muestra 4.

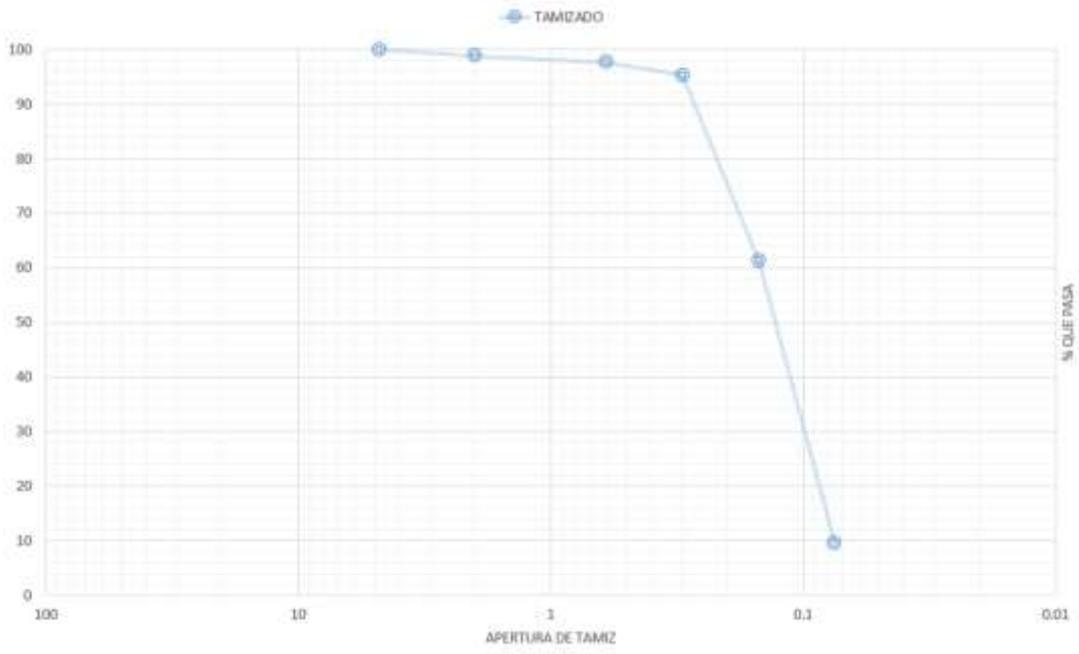


Figura 6.5 Granulometría muestra 5.

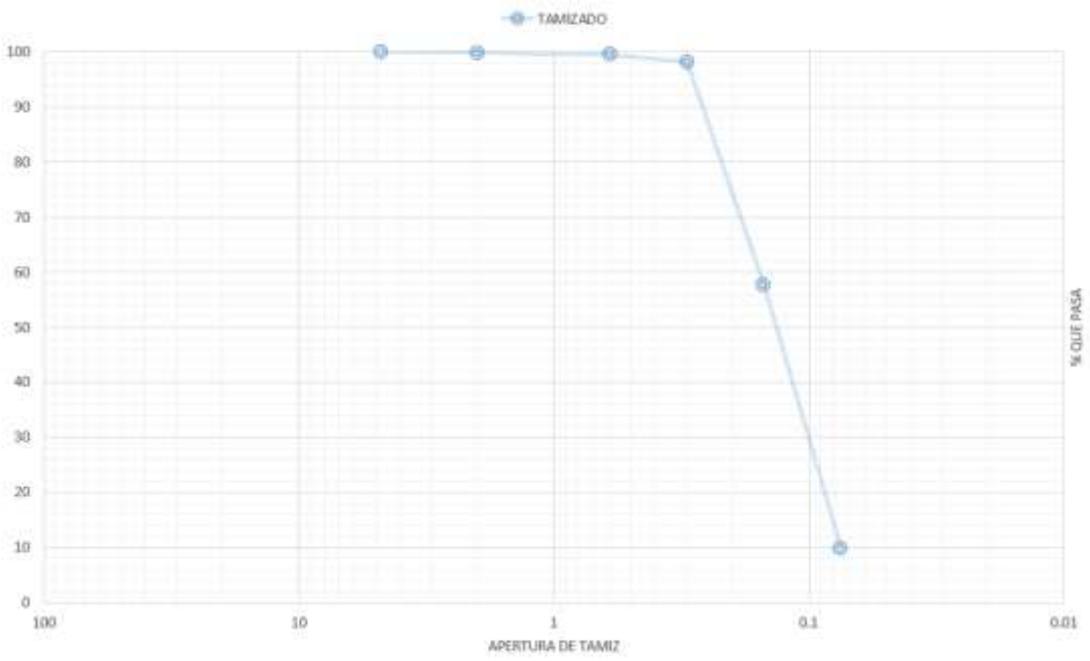


Figura 6.6 Granulometría muestra 6.

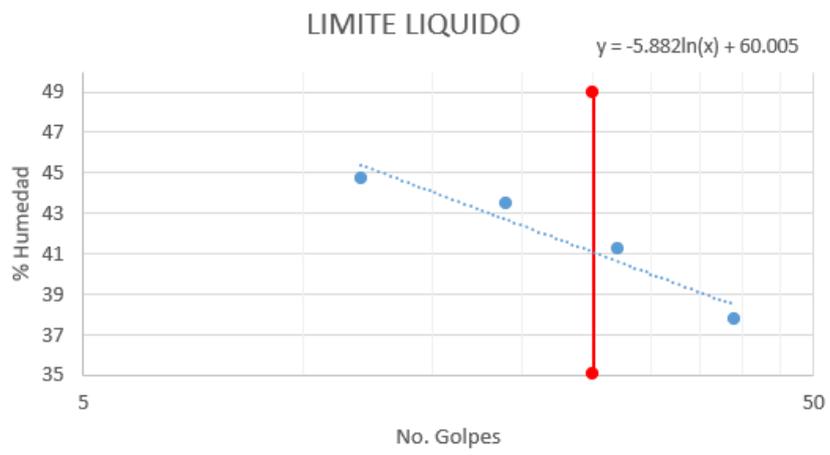


Figura 6.7 Límite líquido muestra 4.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Limpieza y desbroce del terreno				
UNIDAD:	M2				
RENDIMIENTO:	0.050				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.04
Retroexcavadora	1.0000	27.00	27.00	0.050	1.35
Subtotal de Equipo:					1.39
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.050	0.21
Peón	2.00	3.83	7.66	0.050	0.38
Operador de retroexcavadora	1.00	4.29	4.29	0.050	0.21
Subtotal de Mano de Obra:					0.81
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Materiales:					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				2.20
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	0.44
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2.64
	VALOR OFERTADO				2.64

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Desalojo de material de limpieza y desbroce del terreno				
UNIDAD:	M2				
RENDIMIENTO:	0.007				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.01
Volqueta 8 m3	1.00	30.00	30.00	0.007	0.21
Subtotal de Equipo:					0.22
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.007	0.03
Peón	2.00	3.83	7.66	0.007	0.05
Chofer (ESTRUC. OCUP. C1)	1.00	5.62	5.62	0.007	0.04
Subtotal de Mano de Obra:					0.12
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Materiales:					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.34
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	0.07
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.41
	VALOR OFERTADO				0.41

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Camino de acceso a la zona de la obra				
UNIDAD:	M2				
RENDIMIENTO:	0.080				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.10
Rodillo liso	1.00	35.00	35.00	0.080	2.80
Motoniveladora	1.00	60.00	60.00	0.080	4.80
Camión cisterna	1.00	18.00	18.00	0.080	1.44
Subtotal de Equipo:					9.14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.080	0.34
Peón	2.00	3.83	7.66	0.080	0.61
Chofer (ESTRUC. OCUP. C1)	1.00	5.62	5.62	0.080	0.45
Operador rodillo	1.00	3.83	3.83	0.080	0.31
Operador motoniveladora	1.00	4.29	4.29	0.080	0.34
Subtotal de Mano de Obra:					2.06
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Materiales:					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				11.20
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	2.24
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				13.44
	VALOR OFERTADO				13.44

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Replanteo y nivelación				
UNIDAD:	M2				
RENDIMIENTO:	0.030				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.03
Equipo topográfico	1.00	3.75	3.75	0.030	0.11
Subtotal de Equipo:					0.14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.030	0.13
Topógrafo	1.00	4.29	4.29	0.030	0.13
Cadenero	1.00	3.87	3.87	0.030	0.12
Peón	2.00	3.83	7.66	0.030	0.23
Subtotal de Mano de Obra:					0.60
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Accesorios (clavos, piola, etc.)	u	1.00	0.2000	0.20	
Subtotal de Materiales:					0.20
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.95
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	0.19
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.14
	VALOR OFERTADO				1.14

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Excavación de cimientos hasta 1m de profundidad				
UNIDAD:	M3				
RENDIMIENTO:	0.050				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.04
Retroexcavadora	1.00	27.00	27.00	0.050	1.35
Subtotal de Equipo:					1.39
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.050	0.21
Peón	2.00	3.83	7.66	0.050	0.38
Operador de retroexcavadora	1.00	4.29	4.29	0.050	0.21
Subtotal de Mano de Obra:					0.81
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Materiales:					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				2.20
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	0.44
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2.64
	VALOR OFERTADO				2.64

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Excavación con maquinaria				
UNIDAD:	M3				
RENDIMIENTO:	0.100				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.08
Excavadora de oruga	1.00	50.00	50.00	0.100	5.00
Subtotal de Equipo:					5.08
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.100	0.43
Peón	2.00	3.83	7.66	0.100	0.77
Operador de excavadora	1.00	4.29	4.29	0.100	0.43
Subtotal de Mano de Obra:					1.62
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Materiales:					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				6.71
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	1.34
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				8.05
	VALOR OFERTADO				8.05

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Desalojo del material excavado				
UNIDAD:	M3				
RENDIMIENTO:	0.040				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.04
Volqueta 8 m3	2.00	30.00	60.00	0.040	2.40
Subtotal de Equipo:					2.44
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.040	0.17
Peón	2.00	3.83	7.66	0.040	0.31
Chofer (ESTRUC. OCUP. C1)	1.00	5.62	5.62	0.040	0.22
Subtotal de Mano de Obra:					0.70
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Materiales:					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				3.14
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	0.63
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.77
	VALOR OFERTADO				3.77

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Relleno compactado con material importado					
UNIDAD:	M3					
RENDIMIENTO:	0.030					
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas menores (5% MO)					0.03	
Volqueta 8 m3	1.00	30.00	30.00	0.030	0.90	
Rodillo liso	1.00	35.00	35.00	0.030	1.05	
Vibro-apisonador	1.00	3.50	3.50	0.030	0.11	
Subtotal de Equipo:					2.09	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.030	0.13	
Peón	2.00	3.83	7.66	0.030	0.23	
Chofer (ESTRUC. OCUP. C1)	1.00	5.62	5.62	0.030	0.17	
Operador de rodillo	1.00	3.83	3.83	0.030	0.11	
Subtotal de Mano de Obra:					0.64	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Material de mejoramiento	M3	1.20	10.00	12.00		
Subtotal de Materiales:					12.00	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Subtotal de Transporte:					0.00	
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				14.73	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES				20%	2.95
	OTROS INDIRECTOS					
	COSTO TOTAL DEL RUBRO					17.67
	VALOR OFERTADO					17.67

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO:	Relleno compactado para construcción del cuerpo de presa						
UNIDAD:	M3						
RENDIMIENTO:	0.010						
DETALLE:							
EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO		
Herramientas menores (5% MO)					0.01		
Volqueta 8 m3	1.00	30.00	30.00	0.010	0.30		
Vibro-apisonador	1.00	3.50	3.50	0.010	0.04		
Tanquero 8 m3	1.00	23.50	23.50	0.010	0.24		
Subtotal de Equipo:					0.58		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO		
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.010	0.04		
Peón	2.00	3.83	7.66	0.010	0.08		
Chofer (ESTRUC. OCUP. C1)	1.00	5.62	5.62	0.010	0.06		
Chofer: TANQUEROS (ESTR. OC.C1)	1.00	5.62	5.62	0.010	0.06		
Subtotal de Mano de Obra:					0.23		
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO			
Arcilla	M3	1.00	8.00	8.00			
Piedra	M3	1.00	10.63	10.63			
Subtotal de Materiales:					18.63		
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO			
Subtotal de Transporte:					0.00		
Estos precios no incluyen IVA.					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	19.44	
					INDIRECTOS Y UTILIDADES	20%	3.89
					OTROS INDIRECTOS		
					COSTO TOTAL DEL RUBRO		23.33
					VALOR OFERTADO		23.33

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2				
UNIDAD:	kg				
RENDIMIENTO:	0.010				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.01
Cortadora-Dobladora	1.00	1.68	1.68	0.010	0.02
Subtotal de Equipo:					0.02
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.010	0.04
Peón	2.00	3.83	7.66	0.010	0.08
Fierrero	1.00	3.87	3.87	0.010	0.04
Subtotal de Mano de Obra:					0.16
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2	kg	1.02	1.22	1.24	
Alambre recocido #18	kg	0.13	1.94	0.24	
Subtotal de Materiales:					1.49
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1.67
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	0.33
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2.00
	VALOR OFERTADO				2.00

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Suministro e instalación de malla electrosoldada				
UNIDAD:	kg				
RENDIMIENTO:	0.010				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramientas menores (5% MO)					0.01
Subtotal de Equipo:					0.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.010	0.04
Peón	2.00	3.83	7.66	0.010	0.08
Fierrero	1.00	3.87	3.87	0.010	0.04
Subtotal de Mano de Obra:					0.16
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Malla electrosoldada D=8 mm	kg	1.02	11.50	11.73	
Alambre recocido #18	kg	0.13	1.94	0.24	
Subtotal de Materiales:					11.97
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				12.14
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	2.43
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				14.57
	VALOR OFERTADO				14.57

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Hormigón simple f'c = 350 kg/cm2					
UNIDAD:	M3					
RENDIMIENTO:	0.250					
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas menores (5% MO)					0.66	
Concretera	1.00	4.80	4.80	0.250	1.20	
Vibrador	1.00	4.06	4.06	0.250	1.02	
Subtotal de Equipo:					2.88	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Peón	10.00	4.05	40.50	0.250	10.13	
Albañil	2.00	4.10	8.20	0.250	2.05	
Mestro de obra	1.00	4.33	4.33	0.250	1.08	
			0.00	0.250	0.00	
Subtotal de Mano de Obra:					13.26	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Agua	m3	0.19	0.85	0.16		
Cemento Fuerte Tipo GU - Holcim DISENSA	Saco	10.00	7.68	76.80		
Ripio	m3	0.95	18.00	17.10		
Arena	m3	0.65	13.50	8.78		
Plastiment BV-40 10 kg - Sika DISENSA	kg	0.10	22.60	2.26		
Sikafume	kg	15.47	2.40	37.13		
				0.00		
Subtotal de Materiales:					142.22	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Subtotal de Transporte:					0.00	
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				158.36	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES				20%	31.67
	OTROS INDIRECTOS					
	COSTO TOTAL DEL RUBRO					190.03
	VALOR OFERTADO					190.03

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón ciclopeo f'c= 240 kg/cm2				
UNIDAD:	M3				
RENDIMIENTO:	0.600				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Equipo menor	1.0000	0.25	0.25	0.600	0.15
Subtotal de Equipo:					0.15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Peón	6.00	3.69	22.14	0.600	13.28
Albañil	2.00	5.63	11.26	0.600	6.76
Subtotal de Mano de Obra:					20.04
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Piedra Bola	M3	0.60	14.7500	8.85	
Conformación Hormigón 240 kg/cm2	M3	0.60	95.0200	57.01	
Transporte de Hormigón	M3	0.60	10.2900	6.17	
Colocación de Hormigón con Bomba	M3	0.60	61.3700	36.82	
Subtotal de Materiales:					108.86
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				129.05
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	25.81
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				154.86
	VALOR OFERTADO				154.86

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Enrocado de protección				
UNIDAD:	M3				
RENDIMIENTO:	0.100				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Herramienta manual					0.07
Volqueta 8 m3	1.00	20.00	20.00	0.100	2.00
Subtotal de Equipo:					2.07
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Mestro mayor en ejecución de obras	0.30	4.29	1.29	0.100	0.13
Peón	2.00	3.83	7.66	0.100	0.77
Chofer	1.00	5.62	5.62	0.100	0.56
Subtotal de Mano de Obra:					1.46
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Piedra bola para Gavión	m3	1.00	19.0000	19.00	
Subtotal de Materiales:					19.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				22.53
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	4.51
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				27.03
	VALOR OFERTADO				27.03

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Suministro de equipos de protección					
UNIDAD:	U					
RENDIMIENTO:	1.000					
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Subtotal de Equipo:					0.00	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Subtotal de Mano de Obra:					0.00	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Equipos de protección personal (chalecos reflectivos, casco, mascarillas, etc.)	U	1.00	180.0000	180.00		
Subtotal de Materiales:					180.00	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Subtotal de Transporte:					0.00	
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				180.00	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES				20%	36.00
	OTROS INDIRECTOS					
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				216.00	
	VALOR OFERTADO				216.00	

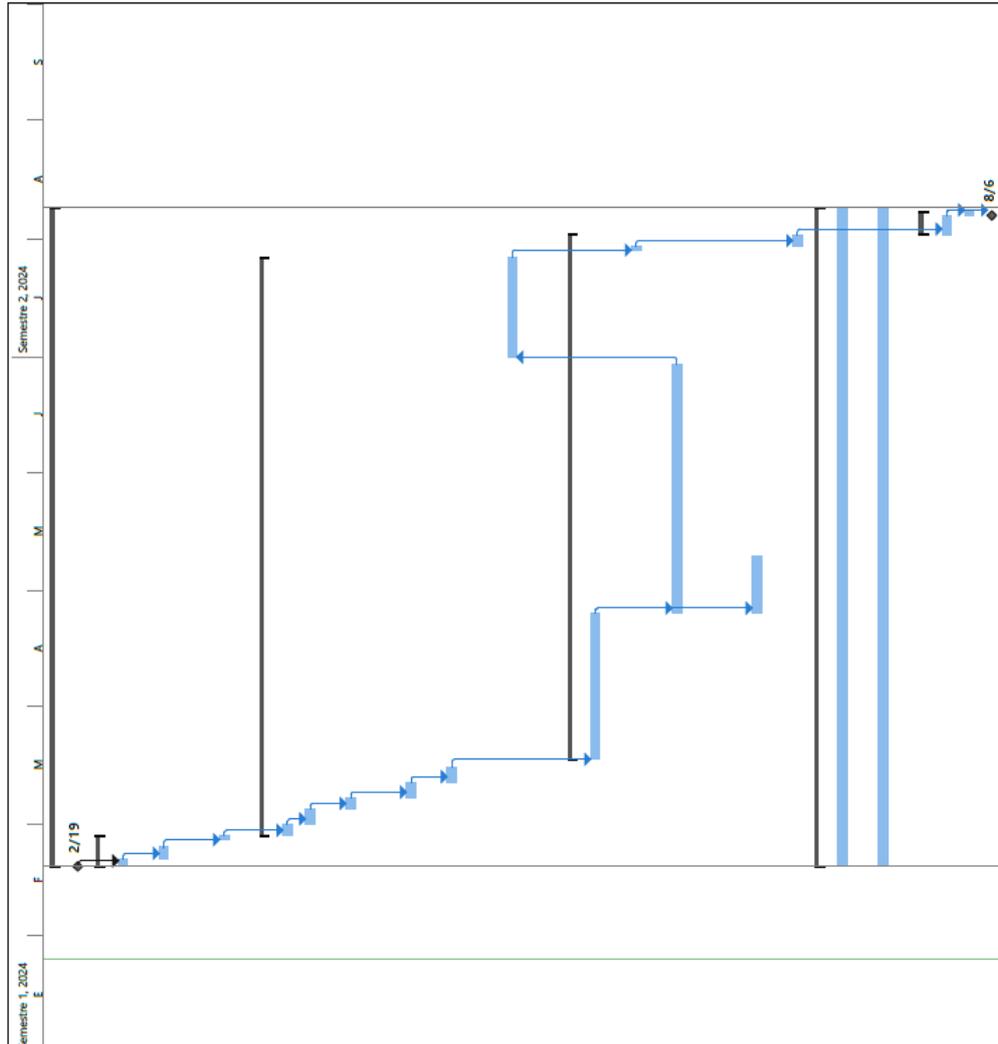
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Señalización de seguridad					
UNIDAD:	U					
RENDIMIENTO:	1.000					
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas menor	1.0000	2.00	2.00	1.000	2.00	
Subtotal de Equipo:					2.00	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Peón	2.00	3.83	7.66	1.000	7.66	
Subtotal de Mano de Obra:					7.66	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Conos de seguridad reflectivos	U	1.00	24.00	24.00		
Cinta reflectiva de peligro	Rollo	1.00	13.02	13.02		
Señal de seguridad	U	1.00	100.00	100.00		
Subtotal de Materiales:					137.02	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Subtotal de Transporte:					0.00	
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				146.68	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES				25%	36.67
	OTROS INDIRECTOS					
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				183.35	
	VALOR OFERTADO				183.35	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Geomalla Biaxial				
UNIDAD:	M2				
RENDIMIENTO:	0.250				
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Subtotal de Equipo:					0.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO
Peón	0.50	4.05	2.03	0.250	0.51
Albañil	0.25	4.10	1.03	0.250	0.26
Subtotal de Mano de Obra:					0.76
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Macgrid EGB Geomalla Biaxial	M2	1.05	2.3500	2.47	
Estacas	U	2.00	0.1500	0.30	
Subtotal de Materiales:					2.77
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal de Transporte:					0.00
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				3.53
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			20%	0.71
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				4.24
	VALOR OFERTADO				4.24

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Geomembrana HDPE e=1.5mm					
UNIDAD:	M2					
RENDIMIENTO:	0.250					
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Herramientas menores (5% MO)					0.17	
Subtotal de Equipo:					0.17	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIM.	COSTO	
Maestro mayor	1.00	4.29	4.29	0.250	1.07	
Peón	2.00	3.83	7.66	0.250	1.92	
Subtotal de Mano de Obra:					2.99	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Geomembrana HDPE e=1.5mm	M2	1.00	3.00	3.00		
Subtotal de Materiales:					3.00	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Subtotal de Transporte:					0.00	
Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				6.16	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES				20%	1.23
	OTROS INDIRECTOS					
	COSTO TOTAL DEL RUBRO					7.39
	VALOR OFERTADO					7.39

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO:	Siembra de plantas						
UNIDAD:	Unidad						
RENDIMIENTO:	0.250						
DETALLE:							
EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HOR.	RENDIM.	COSTO		
Herramientas menores	0.5000	1.32	0.66	0.250	0.17		
Subtotal de Equipo:					0.17		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HOR.	RENDIM.	COSTO		
Cuadrilla	0.50	2.00	1.00	0.250	0.25		
Subtotal de Mano de Obra:					0.25		
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO			
Fertilizante	Bulto	0.08	14.3600	1.08			
Tierra negra abonada	m3	0.20	5.00	1.00			
Plantas de guayacan y Diefembaquia.	u	1.00	0.5000	0.50			
Subtotal de Materiales:					2.58		
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO			
Subtotal de Transporte:					0.00		
Estos precios no incluyen IVA.					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+F)	2.99	
					DIRECTOS Y UTILIDADES	20%	0.60
					OTROS INDIRECTOS		
					COSTO TOTAL DEL RUBRO		3.59
					VALOR OFERTADO	3.59	

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	1	Proyecto represa	121 días	febrero 19 2024	agosto 8 2024
2	1	Inicio	0 días	febrero 19 2024	febrero 19 2024
3	1	1 Obras preliminares	6 días	febrero 19 2024	febrero 26 2024
4	1	1.1 Limpieza y desbroce del terreno	2 días	febrero 19 2024	febrero 20 2024
5	1	1.2 Desalijo del material de limpieza y desbroce del terreno	3 días	febrero 21 2024	febrero 23 2024
6	1	1.3 Camino de acceso a la zona de la obra	1 día	febrero 26 2024	febrero 26 2024
7	1	2 Movimiento de tierra	106 días	febrero 27 2024	julio 26 2024
8	1	2.1 Replanteo y nivelación	3 días	febrero 27 2024	febrero 29 2024
9	1	2.2 Excavación con maquinaria	2 días	marzo 1 2024	marzo 4 2024
10	1	2.3 Excavación de cimientos hasta 1 metro de profundidad	3 días	marzo 5 2024	marzo 7 2024
11	1	2.4 Desalijo del material excavado	2 días	marzo 8 2024	marzo 11 2024
12	1	2.5 Relleno compactado con material de mejoramiento	4 días	marzo 12 2024	marzo 15 2024
13	1	2.6 Relleno compactado para construcción de cuerpo de la presa	20 días	julio 1 2024	julio 26 2024
14	1	3 Estructura de la presa	96 días	marzo 18 2024	agosto 1 2024
15	1	3.1 Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	27 días	marzo 18 2024	abril 24 2024
16	1	3.2 Suministro e instalación de mallas	1 día	julio 29 2024	julio 29 2024
17	1	3.3 Hormigón para muro de contención, recubrimiento y losa con hormigón simple Fc =	45 días	abril 25 2024	junio 28 2024
18	1	3.4 Hormigón ciclopeo para cimentación	10 días	abril 25 2024	mayo 9 2024
19	1	3.5 Entrocado de protecci	3 días	julio 30 2024	agosto 1 2024
20	1	4 Seguridad	121 días	febrero 19 2024	agosto 8 2024
21	1	4.1 Suministro de equipo de protección personal	121 días	febrero 19 2024	agosto 8 2024
22	1	4.2 Señalización de seguridad	121 días	febrero 19 2024	agosto 8 2024
23	1	5 Obras complementarias	4 días	agosto 2 2024	agosto 7 2024
24	1	5.1 Geomalla biaxial	3 días	agosto 2 2024	agosto 6 2024
25	1	5.2 Geomembrana HDPE	1 día	agosto 7 2024	agosto 7 2024
26	1	Fin	0 días	agosto 6 2024	agosto 6 2024



Proyecto: CronogramaProject.m
 Fecha: enero 26 2024

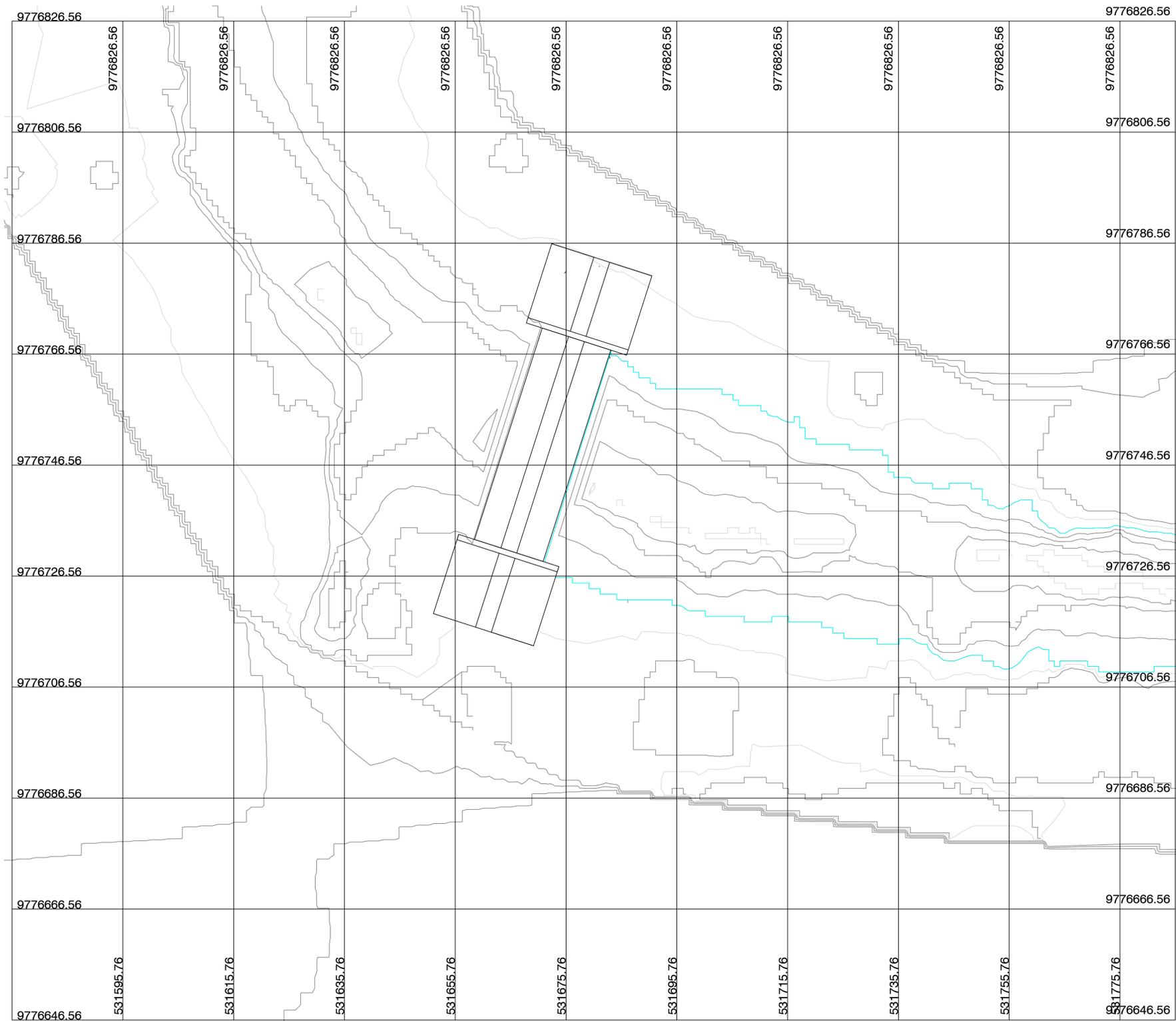
Tarea: [Barra azul] Resumen del proyecto
 División: [Barra blanca] Tarea inactiva
 Hitos: [Diamante] Hitos inactivos
 Resumen: [Barra gris] Resumen inactivo

Fecha límite: [Barra azul con flecha] Fecha límite
 Progreso: [Barra azul con flecha] Progreso
 Progreso manual: [Barra azul con flecha] Progreso manual

solo el comienzo: [Barra azul] solo el comienzo
 solo fin: [Barra azul] solo fin
 Tareas externas: [Barra azul] Tareas externas
 Hitos externos: [Diamante] Hitos externos

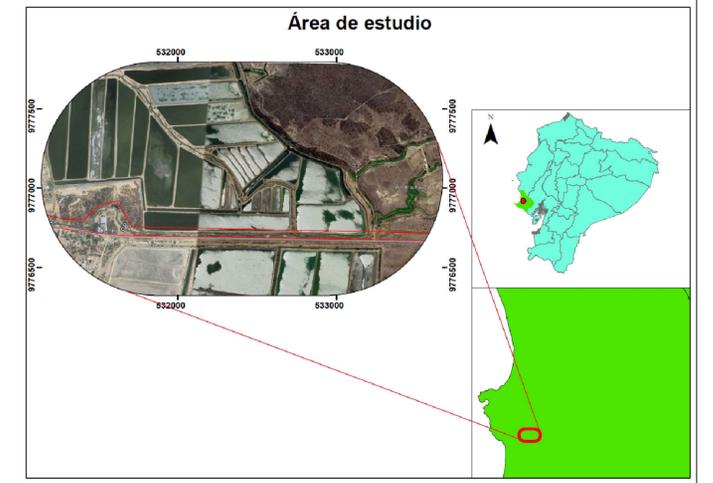
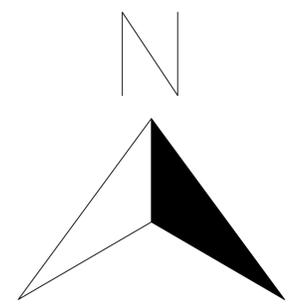
Tarea manual: [Barra azul] Tarea manual
 solo duración: [Barra azul] solo duración
 Informe de resumen manual: [Barra azul] Informe de resumen manual
 Resumen manual: [Barra azul] Resumen manual

Página 1



Ubicación de la represa

Escala 1:400



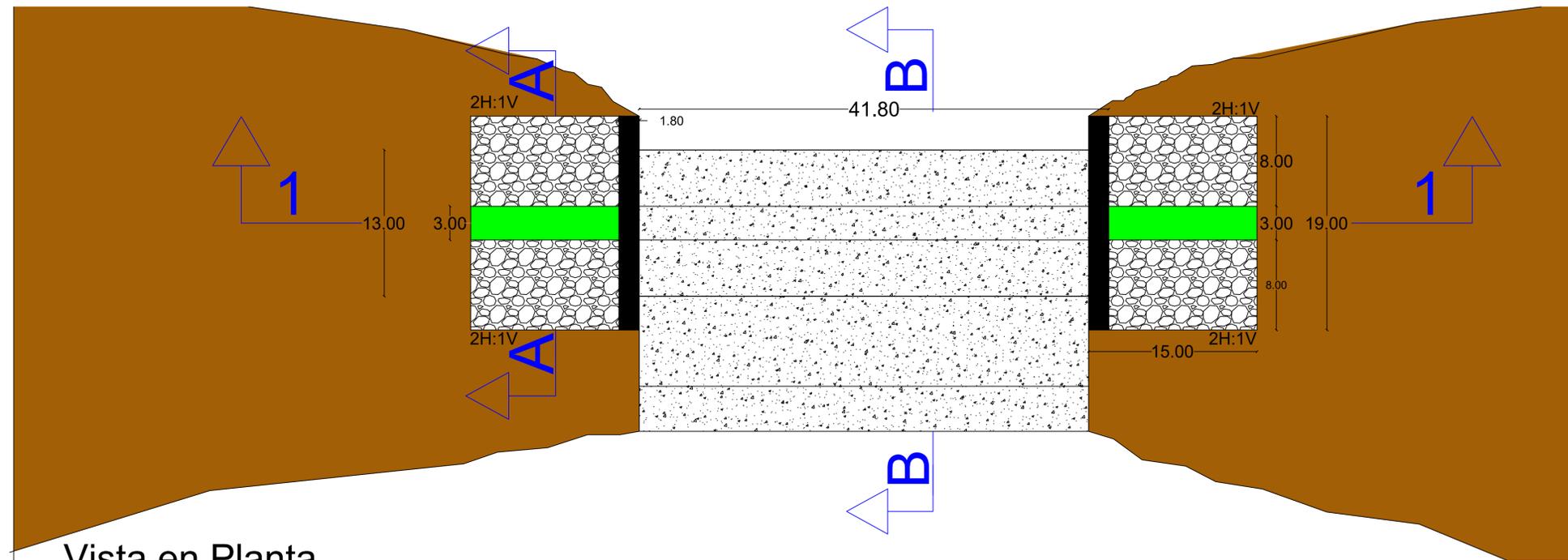
LEYENDA

Llanura de inundación 

Área de estudio

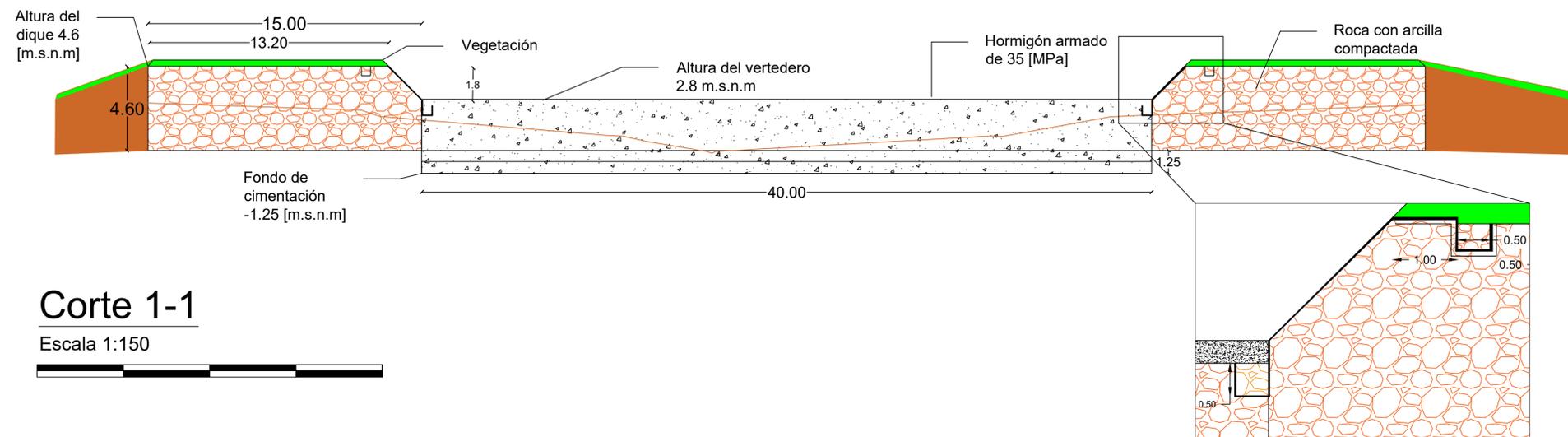
El área de estudio se encuentra en una zona del río El Palmar, situado en la comuna homónima, perteneciente a la parroquia Colonche

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA		
PROYECTO: Diseño de una represa en el río El Palmar, Santa Elena, para el aprovechamiento y sostenibilidad del agua en la estación experimental del CENAIM		
OBSERVACIONES:		
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Daniel Andrés Falquez Torres	Estudiantes: Victoria Adriana Cáceres Nuñez Bangner Stalin Moreira Chavarria	Fecha de Entrega: 28 de Diciembre 2023
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Bethy Guillermina Merchan Sanmartin	Lámina: 1/5	Escala: Indicadas



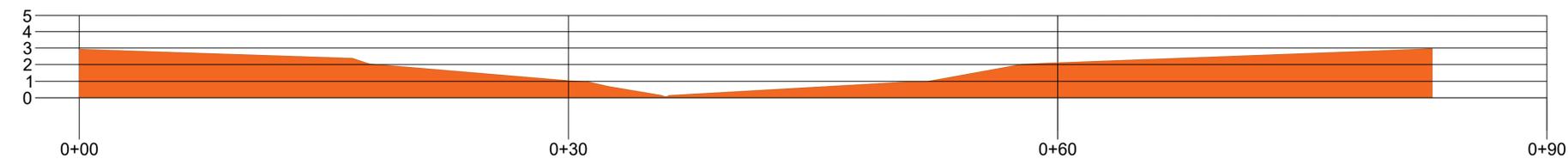
Vista en Planta

Escala 1:240



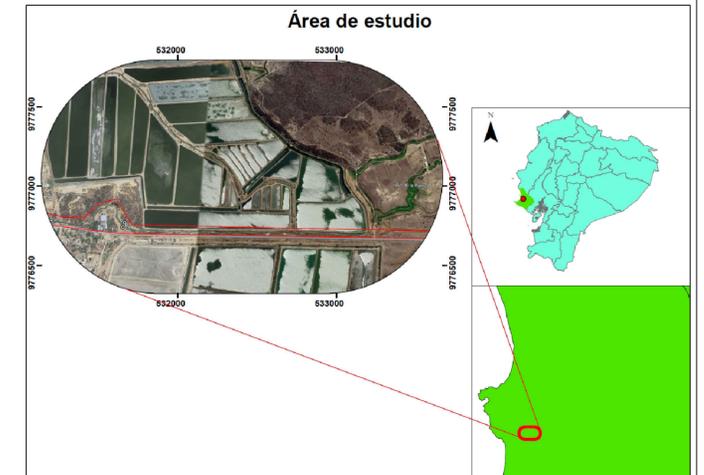
Corte 1-1

Escala 1:150



Nivel del terreno en la ubicación de la represa

Escala 1:175



LEYENDA

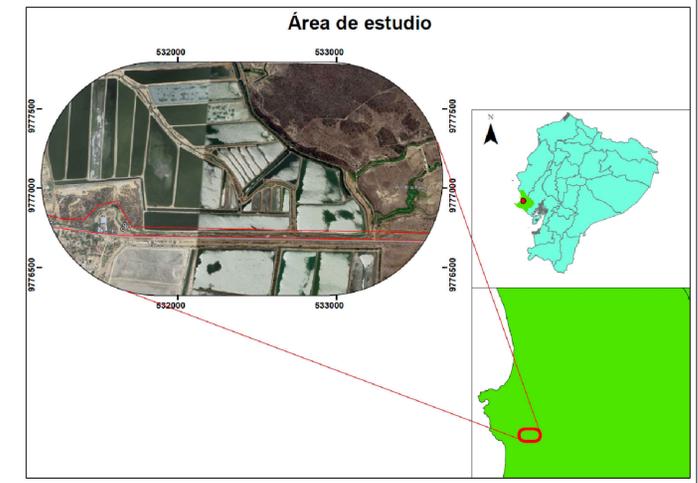
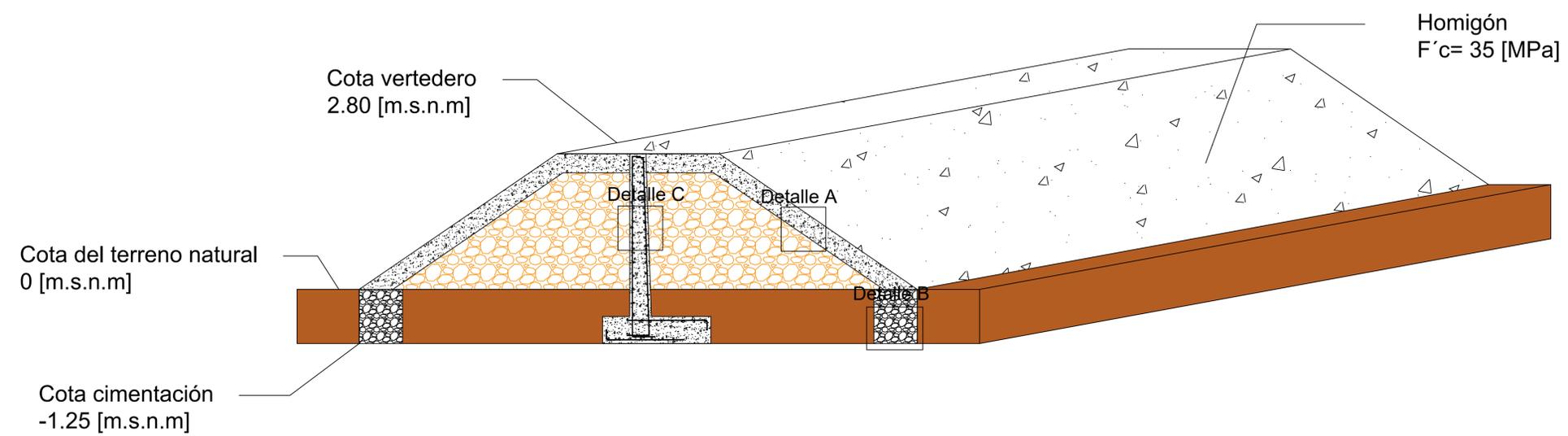
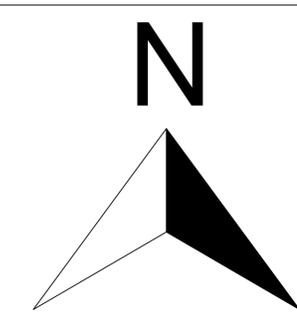
- Hormigón 35 [MPa]
- Enrocado
- Nivel del terreno
- Terreno
- Vegetación
- Roca con arcilla compactada
- Geomembrana de HDPE

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: Diseño de una represa en el río El Palmar, Santa Elena, para el aprovechamiento y sostenibilidad del agua en la estación experimental del CENAIM

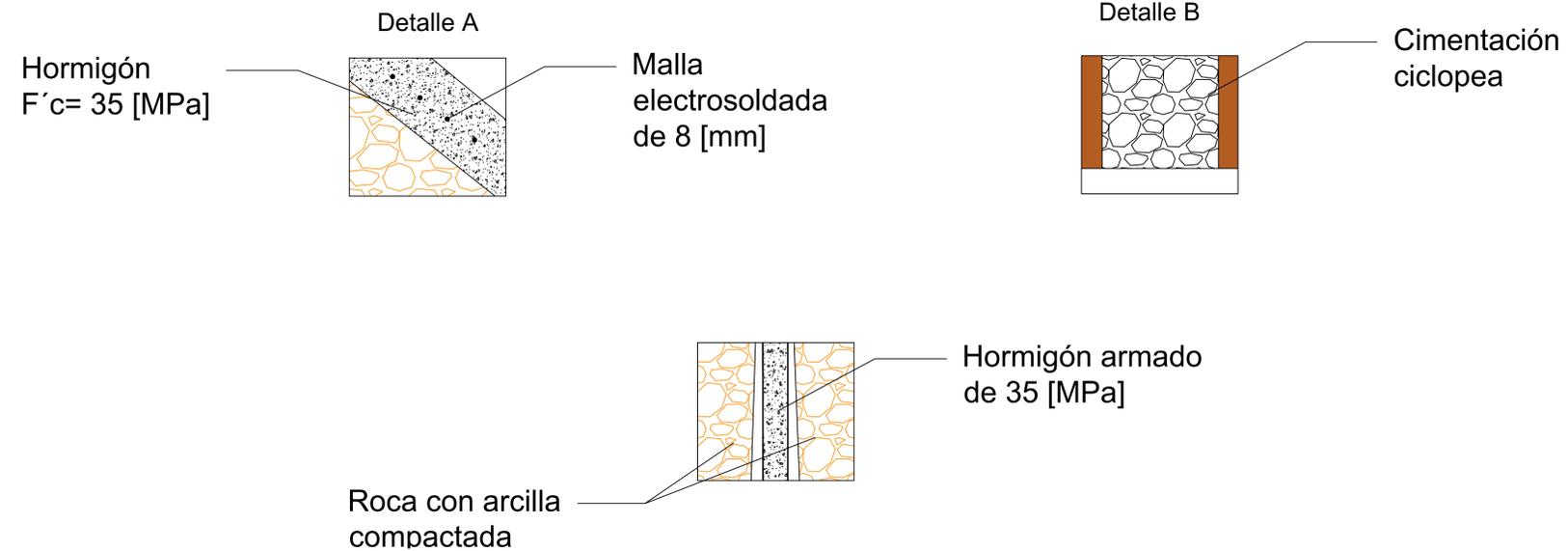
OBSERVACIONES:

Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Daniel Andrés Falquez Torres	Estudiantes: Victoria Adriana Cáceres Nuñez Bangner Stalin Moreira Chavarria	Fecha de Entrega: 28 de Diciembre 2023
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Bethy Guillermina Merchan Sanmartin	Lámina: 2/5	Escala: Indicadas



Detallamiento del vertedero

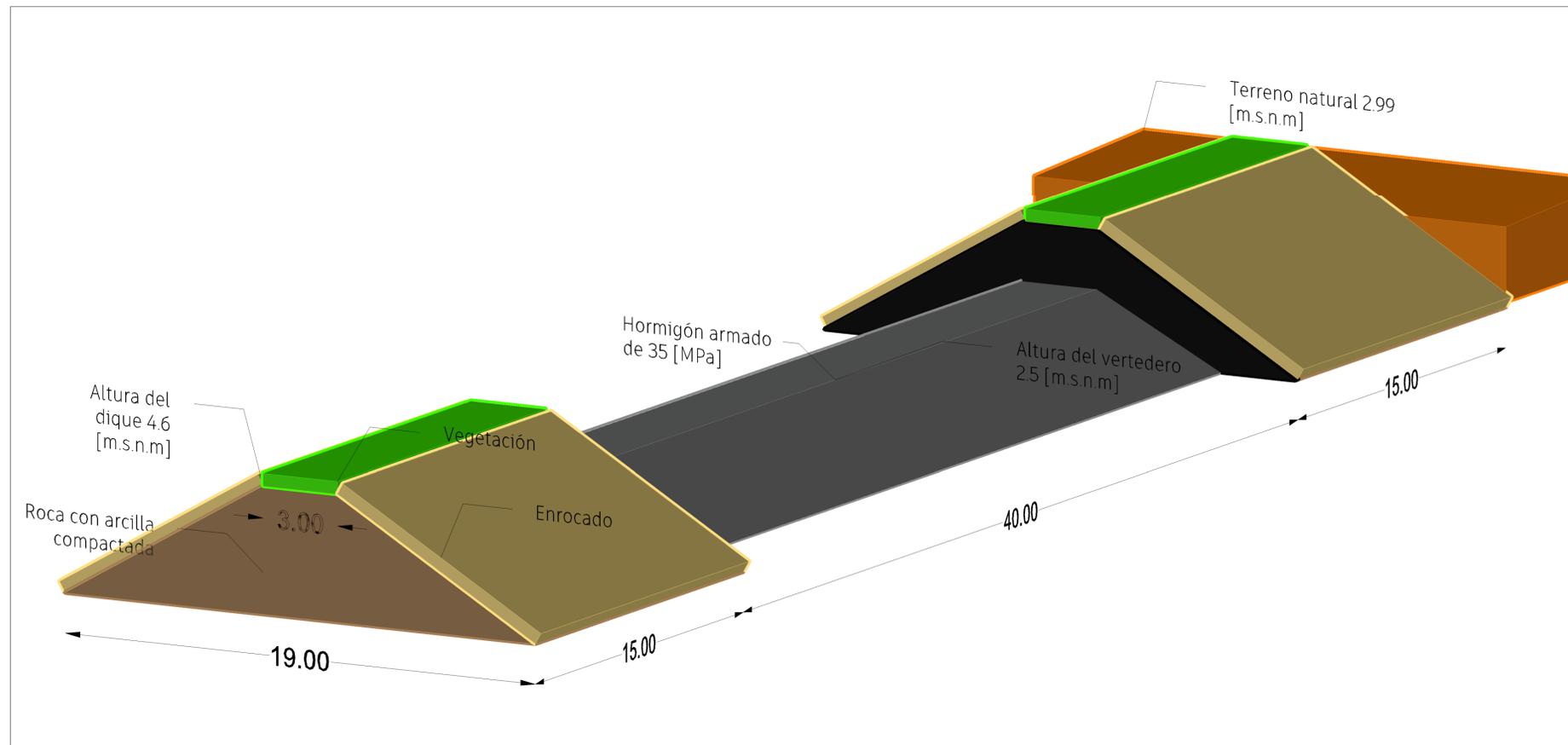
Escala 1:50



LEYENDA

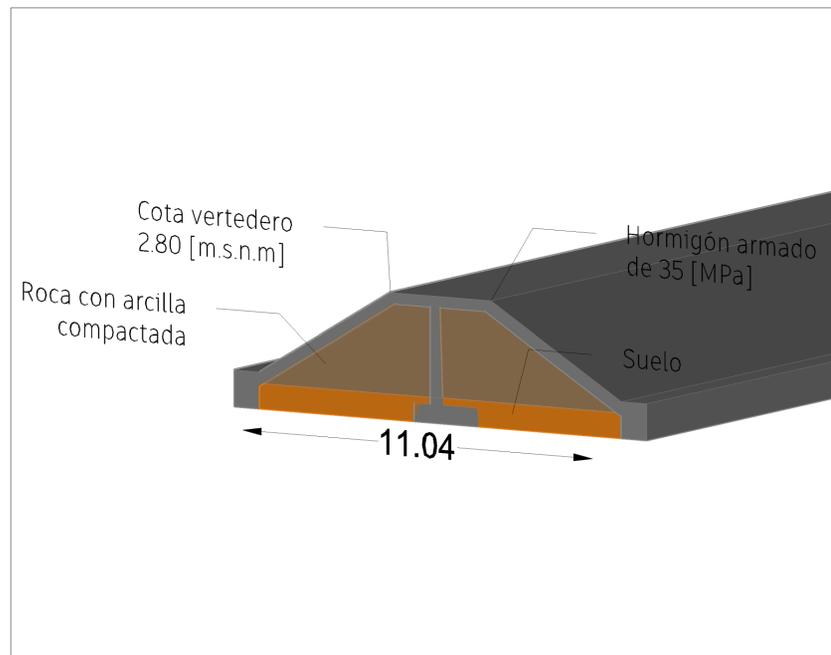
Hormigón 35 [MPa]	
Homigón ciclopea	
Nivel del terreno	
Terreno	
Armado del acero	

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño de una represa en el río El Palmar, Santa Elena, para el aprovechamiento y sostenibilidad del agua en la estación experimental del CENAIM			
OBSERVACIONES:			
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Daniel Andrés Falquez Torres	Estudiantes: Victoria Adriana Cáceres Nuñez Bangner Stalin Moreira Chavarria	Fecha de Entrega: 28 de Diciembre 2023	
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Bethy Guillermina Merchan Sanmartin	Lámina: 4/5	Escala: Indicadas	



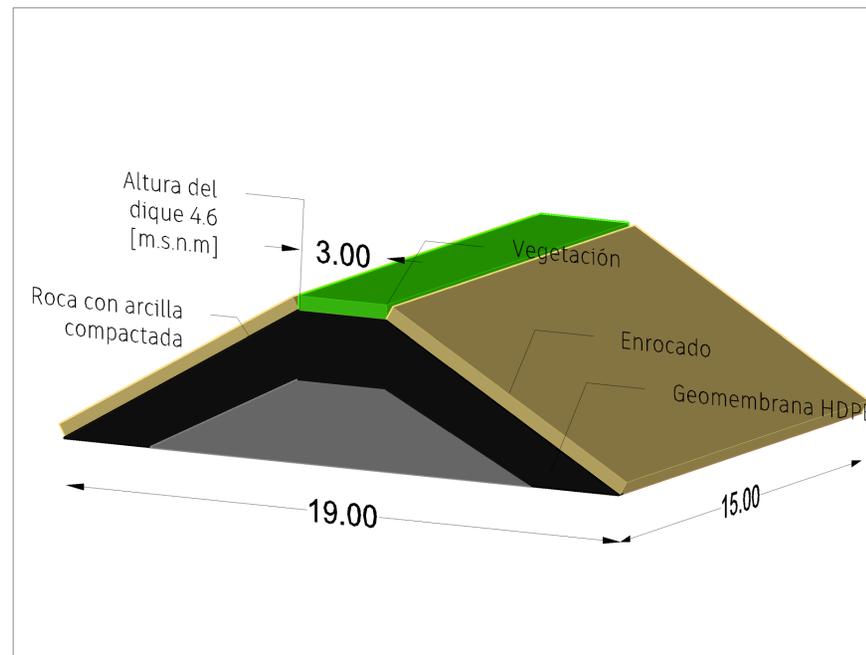
Vista 3D de la presa

Escala 1:100



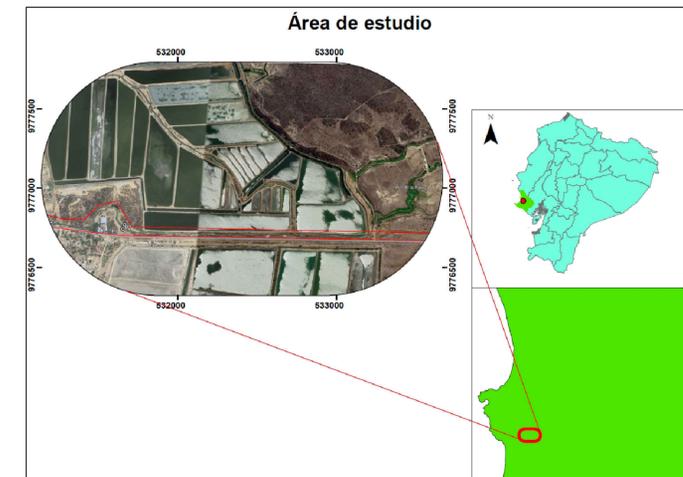
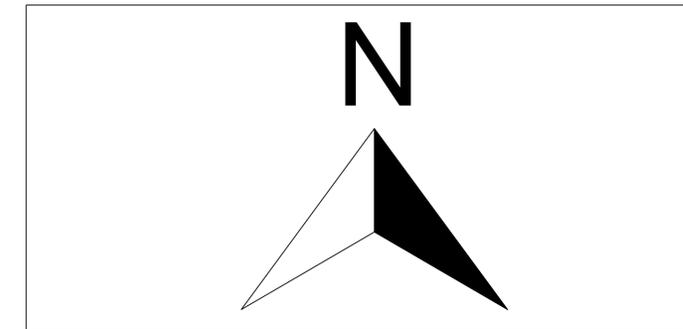
Vista 3D del vertedero

Escala 1:90



Vista 3D del dique

Escala 1:100



LEYENDA

Hormigón 35 [MPa]	
Roca con arcilla compactada	
Vegetación	
Terreno	
Enrocado	
Geomembrana de HDPE	

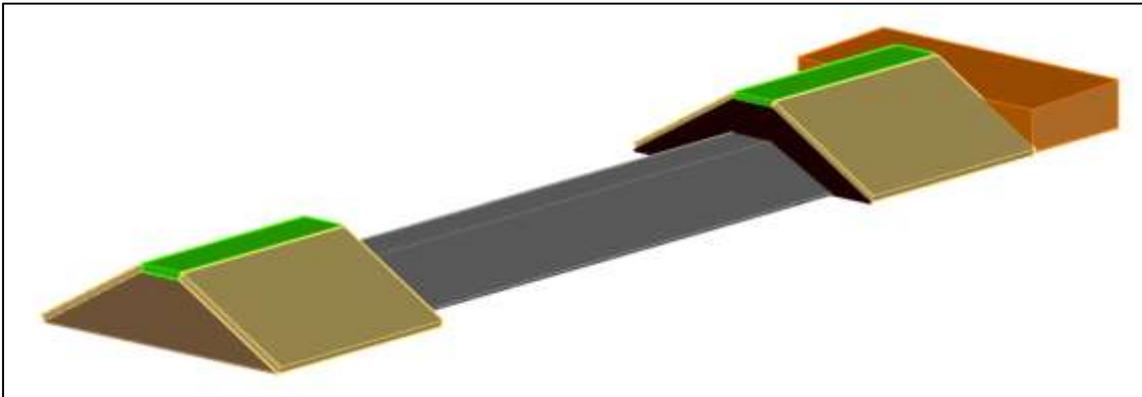
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: Diseño de una represa en el río El Palmar, Santa Elena, para el aprovechamiento y sostenibilidad del agua en la estación experimental del CENAIM

OBSERVACIONES:

Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Daniel Andrés Falquez Torres	Estudiantes: Victoria Adriana Cáceres Nuñez Bangner Stalin Moreira Chavarria	Fecha de Entrega: 28 de Diciembre 2023
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Bethy Guillermina Merchan Sanmartin	Lámina: 5/5	Escala: Indicadas

MANUAL PRELIMINAR DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LA REPRESA DEL RÍO EL PALMAR



Elaborado por:

Bangner Stalin Moreira Chavarria

Victoria Adriana Cáceres Núñez

Revisado por: Bethy Merchán

Guayaquil – Ecuador

2024

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS	3
1. extracción de sedimentos.....	3
1.1 Procedimiento:	4
1.2 Recomendaciones:.....	5
2. Inspecciones periódicas para la verificación de estabilidad de la represa.....	5
3. Mantenimiento en área revegetadas	6
3.1 Procedimiento:	8
3.2 Recomendaciones:.....	8
4. Limpieza del dique	8
5. Resane y reparación del recubrimiento del vertedero de hormigón.....	9
5.1 Procedimiento.....	10
5.2 Recomendaciones.....	11
REFERENCIAS	12

INTRODUCCIÓN

El presente manual se desarrolló como **borrador y guía preliminar**, en donde se describen actividades, procedimientos y recomendaciones para realizar la gestión durante la fase de operación y mantenimiento de la represa, que le permita mantener la vida útil prevista en el diseño. En este contexto, es fundamental que el manual **se actualice** durante la fase de arranque, puesta en marcha y calibración, para garantizar la integridad a corto, mediano y largo plazo de la represa.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

Establecer una guía preliminar para el lector sobre las actividades y el procedimiento a seguir para ayudar a mantener la vida útil de la estructura.

1. Proveer actividades iniciales previas a la ejecución del manual.
2. Proporcionar instrucciones detalladas de las actividades a realizar.

1. EXTRACCIÓN DE SEDIMENTOS

La sedimentación en la represa se genera por la acumulación de materiales que son atraídos por la lluvia o por el viento, los cuales son llevados por el río hasta llegar al cuerpo de la represa. Estos están compuestos por partículas sólidas como pueden ser: arena, tierra, rocas pequeñas. La eliminación de los sedimentos (limpieza) es importante para mantener la funcionalidad y la eficiencia de la represa en buen estado y prevenir problemas ambientales.

3. Antes de llevar a cabo la ejecución de la actividad, se deberán realizar:

1. Inspecciones periódicas del nivel de los sedimentos aguas arriba (Se va a iniciar después que la represa entre en funcionamiento apenas el nivel del agua baje, es decir en época seca).
2. Esperar a que el sedimento esté relativamente firme, una señal es la aparición de sartenejas (Figura 1).



Figura 1. Formación de sartenejas (Fuente: 123RF).

3. Medir la altura de sedimento y valorar el área aproximada con el fin de determinar el tipo y volumen de sedimentos a remover. Con el volumen se estima qué tipo de herramientas y equipos (*manual o mecanizado*) se van a utilizar, así como el tiempo de la ejecución de la actividad.

1.1 Procedimiento:

1. A partir de la información del numeral 3, se planifica la contratación o la programación de mano de obra, equipos en buen estado, junto con los accesorios necesarios para la extracción, manipulación y disposición final los sedimentos.

2. Una vez extraído los sedimentos del fondo; estos deben disponerse conforme la normativa vigente para evitar que, por efecto de lluvia y escorrentía, lleguen nuevamente al cauce del río y terminen en el fondo de la represa.

1.2 Recomendaciones:

1. Implementar medidas de control de polvo generado por el manipuleo (o uso de maquinaria), puede ser mediante el uso de agua para humedecer el área de trabajo y evitar la dispersión de partículas.
2. Monitorear la ejecución de la operación, asegurando que se cumpla con los objetivos de limpieza y prevenir cualquier impacto ambiental no deseado.
3. Implementar medidas de seguridad adecuada para el personal, equipos de protección personal-EPPs (mascarilla, faja, gorra, cascos, etc.) que manejan los equipos y/o sedimentos.

2. INSPECCIONES PERIÓDICAS PARA LA VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD DE LA REPRESA

Esta actividad permite determinar de manera preventiva cuando se empieza a erosionar la zona aguas abajo de la represa. Para lograr esto, los pasos a seguir serían los siguientes:

1. Inspeccionar una vez cada 15 días. Recorrer aguas abajo, toda la parte de los bordes y la parte de la represa para determinar posibles eventos de erosión.
2. En el caso que la inspección cada 15 días (durante 3 veces) determine que no hay ningún tipo de problema, se podría hacer la siguiente inspección cada mes.
3. Luego de haber ido unas 3 veces consecutivas y que no haya ningún tipo de evidencia, se recomienda que la inspección periódica sea cada dos meses.

4. Al final de la realización de los numerales 1 al 3, cuando se calibre el manual de OPEX se va a tener la frecuencia de inspección efectiva, no olvidar actualizar.

Es importante que, apenas se detecte que haya algún tipo de socavación, realizar los correctivos.

¿Cuáles serían los correctivos en caso de socavación?

1. Reponer el material de soporte cuando haya o se observe algún indicio de socavación.

Lo importante de esta actividad es que dentro de las dos semanas después que se haya identificado algún tipo de erosión, se ejecute inmediatamente la reposición del material, ajuste y compactación para que no se siga socavando.

3. MANTENIMIENTO EN ÁREA REVEGETADAS

La instalación de vegetación en estos tipos de proyectos es fundamental. La vegetación en la corona del dique debe ser de raíces poco profundas como la Diefembaquia (planta de porte herbáceo de hojas amplias) (Figura 2), mientras que la vegetación en los terraplenes que protegen el cauce del río debe ser endémicas o plantas de raíz profunda como el árbol de guayacán (Figura 3), para que protejan y ayuden a evitar la erosión del suelo. Para ambos casos se requiere, durante la época seca, que se utilice el agua de la represa para el riego. En caso de que las distancias sean largas o el acceso al agua de riego sea complejo, se recomienda emplear una pequeña bomba, sino la comunidad deberá determinar cuál sería el tipo de riego más adecuado.



Figura 2. Dieffenbachia (Fuente: PictureThis).



Figura 3. Guayacán (Fuente: Expreso).

Antes de llevar a cabo la ejecución de la actividad, se deberá realizar lo siguiente:

1. Evaluar el estado de la vegetación en la zona y estimar el área de riego.
2. Verificar que la represa cuente con suficiente agua para usarla en el riego (Figura 4), caso contrario se deberá solicitar apoyo externo en función de la situación (Figura 5).



Figura 4. Extracción por bombeo (Fuente: MABA Water).

3. La ejecución de la actividad debe desarrollarse considerando dos estaciones climáticas: época seca y época lluviosa.
4. Durante la época seca se recomienda regar la vegetación de manera periódica para favorecer a su crecimiento debido a la ausencia de precipitaciones.
5. En la temporada invernal se sugiere no llevar a cabo la actividad debido a la presencia de lluvia y el aumento del nivel del agua en el río.

3.1 Procedimiento:

1. Preparar el sitio.
2. Instalar correctamente el equipo, cumpliendo con los requisitos de seguridad.
3. Seleccionar la fuente de agua, que en este caso es el agua que se retiene en la represa.
4. Ajustar el sistema de bombeo según el área que se va a cubrir.
5. Regar la vegetación.

3.2 Recomendaciones:

1. Implementar un sistema de riego que maximice la absorción del agua.
2. Establecer horarios de riego y así evitar las horas más calurosas para reducir la evaporación.

4. LIMPIEZA DEL DIQUE

La limpieza del dique se debe realizar periódicamente. En la época de lluvias, y debido a que la corriente puede arrastrar consigo una mayor cantidad de desechos sólidos y residuos generados por la acción humana, esta actividad se vuelve prioritaria. Con esto se

fortalece la capacidad para prevenir impactos negativos y se asegura que el dique continúe cumpliendo su función correctamente.

Antes de llevar a cabo la ejecución de la actividad, se deberán realizar:

1. Realizar una inspección visual a los diques, identificando y clasificando los residuos a remover como escombros, vegetación, u otros elementos no deseados.
2. Estimar la mano de obra necesaria, junto a las herramientas y equipos a utilizar para retirar los residuos.
3. Una vez completado los puntos 1 y 2, retirar los desechos y residuos, clasificando los materiales que van directamente a la basura de aquellos como troncos y vegetación, los cuales deberán ser alejados de los márgenes del río.

5. RESANE Y REPARACIÓN DEL RECUBRIMIENTO DEL VERTEDERO DE HORMIGÓN

Con el pasar del tiempo, el recubrimiento del vertedero de la represa podría verse comprometido debido a la acción de agentes externos, movimientos sísmicos, asentamientos, etc., por lo que es necesario realizar revisiones periódicas para verificar su estado y detectar la necesidad de cualquier mantenimiento a tiempo (preventivo).

Antes de llevar a cabo la ejecución de la actividad, se deberán realizar:

1. Inspeccionar visualmente el área del recubrimiento del vertedero.
2. En el caso de que exista verifique si la reparación es tipo fisura o grieta, para esto se mide el largo y el ancho de la fractura (Figura 5).



Figura 5. Diferencia entre fisura y grieta (Fuente: ClubMaestros).

3. Escoger el sellante y las herramientas adecuadas de acuerdo con la falla existente.

5.1 Procedimiento

1. Limpiar los residuos sobre y alrededor de la fisura con un cepillo u otro objeto que permita retirar los desechos. De ser necesario, picar con un cincel para eliminar las secciones deterioradas.
2. Rellenar las fisuras con el sellante.
3. Utilizar una paleta para alisar el sellante aplicado sobre la superficie (Figura 6).



Figura 6. Reparación de grietas.

4. En caso de que el sellante se haya aplicado sobre una fisura que se encuentre al aire libre, se deberá cubrir con una pieza sin que ejerza presión sobre la reparación durante 24 horas, con el fin de mantenerla seca.

5.2 Recomendaciones

1. En caso de que las grietas sean considerables o se produzcan fracturas graves, se aconseja reemplazar la sección del recubrimiento afectada, previamente compactando el material debajo de esta.

CONCLUSIONES

Se estableció una guía preliminar para el lector sobre las actividades y el procedimiento a seguir para ayudar a mantener la vida útil de la estructura.

1. Se recomendaron actividades iniciales previas a la ejecución del manual, como inspecciones periódicas para determinar el estado de la estructura y del terreno aguas arriba y aguas abajo e identificar las actividades de mantenimiento que se deberán realizar.
2. Se proporcionaron instrucciones detalladas de las actividades establecidas en el manual.

REFERENCIAS

- 123RF. (s.f.). 123RF. Obtenido de 123RF:
https://es.123rf.com/photo_124159268_silueta-vectorial-editable-de-una-excavadora-cargando-tierra-en-un-cami%C3%B3n.html
- 123RF. (s.f.). 123RF. Obtenido de 123RF: https://es.123rf.com/photo_457031_grietas-de-lodo-seco-de-textura-en-un-r%C3%ADo-valtrebbia-italia.html
- Centro, D. L. (17 de Junio de 2021). Diris Lima Centro. Obtenido de Diris Lima Centro:
<https://dirislimacentro.gob.pe/diris-lima-centro-inspecciono-calidad-de-agua-de-camiones-cisterna-y-del-surtidor-huanta-en-san-juan-de-lurigancho/>
- ClubMaestros. (s.f.). ClubMaestros. Obtenido de ClubMaestros:
<https://clubmaestros.co/como-tratar-grietas-y-fisuras/>
- Expreso. (s.f.). Expreso. Obtenido de Expreso:
<https://imghandler.expreso.ec/guayaquil/750-guayacanes-sembrados-relleno-sanitario-iguanas-103095.html>
- Jesús, G. D. (s.f.). MABA Water. Obtenido de MABA Water:
<https://mabawater.com/que-bomba-de-agua-es-mejor-para-el-hogar/>
- PictureThis. (s.f.). PictureThis. Obtenido de PictureThis:
https://www.picturethisai.com/es/wiki/Dieffenbachia_seguine.html

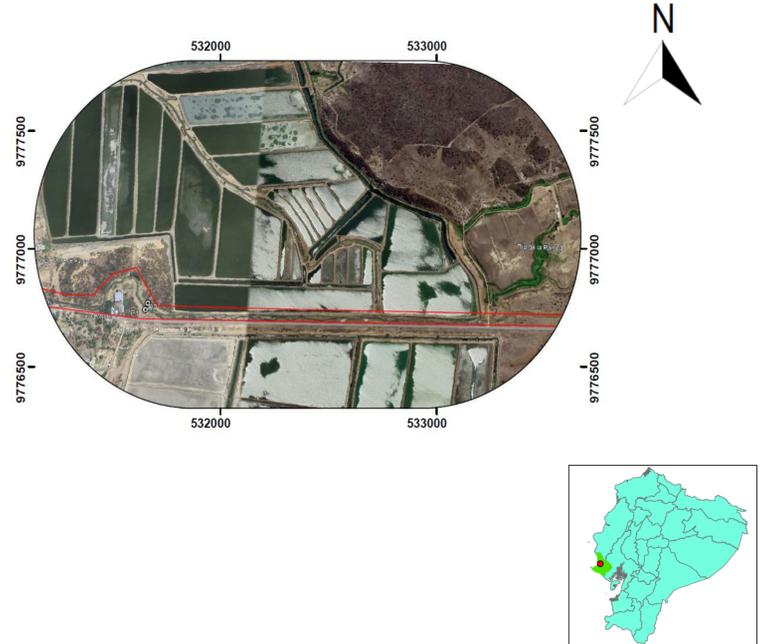
DISEÑO DE UNA REPRESA EN EL RÍO EL PALMAR, SANTA ELENA, PARA EL APROVECHAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD DEL AGUA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL CENAIM

PROBLEMA

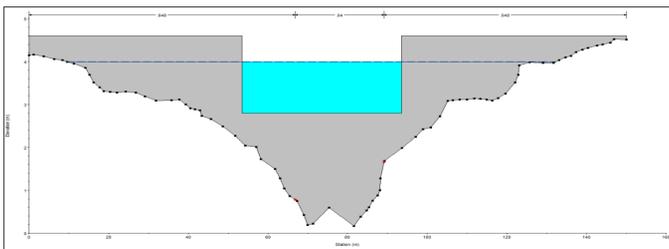
La comuna de Palmar, en Santa Elena, alberga la estación experimental del CENAIM, centrada en el cultivo intensivo de especies marinas en piscinas. La dificultad radica en el mantenimiento y renovación del agua, debido a la contaminación y salinidad, especialmente durante la temporada seca debido a la escasez de este recurso.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una represa mediante el uso de información de base como estudios de topografía, análisis de suelo, calidad del agua, evaluación de impacto ambiental, modelos hidrológicos e hidráulicos, para el aprovechamiento del recurso hídrico y la regulación del entorno acuático en las piscinas de la Estación Experimental del CENAIM.



PROPUESTA



La propuesta estará compuesta por material de relleno y se empleará roca para el enrocado del mismo, con un vertedero totalmente recubierto de hormigón. Las tres alternativas se plantearon en ubicaciones diferentes:

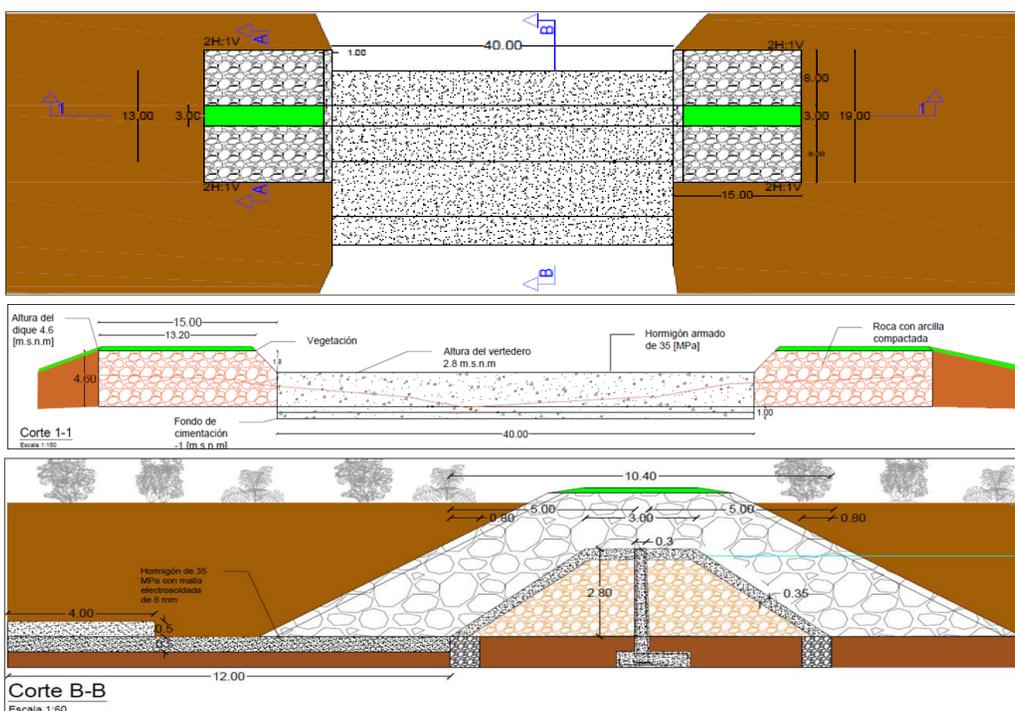
- Alternativa 1:** Diagonal a la fábrica de hielo.
- Alternativas 2:** Al inicio de piscinas.
- Alternativa 3:** Cerca de la primera piscina.

Tabla 1: Criterios de valoración

Criterios
Aspectos técnicos (30%)
Disponibilidad de los materiales en el lugar
Ubicación de la represa
Área de inundación
Cercanía al acuífero
Aspectos económicos (30%)
Costos de implementación (CAPEX)
Costos de operación y mantenimiento (OPEX)
Aspectos sociales (20%)
Aceptación del CENAIM
Aceptación de los pobladores
Afectación del reservorio
Aspecto ambiental (20%)
Flora y fauna
Calidad de agua

Se estableció un porcentaje de importancia para cada uno de los criterios de selección (Tabla 1), donde se seleccionó la alternativa 1 en base a la mayor calificación obtenida.

RESULTADOS



Resultados	Valor
Caudal de diseño (T=100 años)	67.3 [m ³ /s]
Altura del dique	4.60 [m]
Longitud del dique	15.00 [m]
Ancho del dique	19.00 [m]
Altura del vertedero	2.80 [m]
Longitud del vertedero	40.00 [m]
Ancho del vertedero	13.00 [m]
Volumen de almacenamiento	50,801.87 m ³

CONCLUSIONES

1. Se caracterizó la cuenca y el río mediante la aplicación de modelos hidrológicos e hidrodinámicos, para la obtención de la ubicación y forma geométrica de la represa, así como la estimación de caudal de diseño (67.3 m³/s), con el fin de prevenir inundaciones en áreas cercanas y asegurar un margen de seguridad contra posibles desbordamientos.

2. Se diseñó la represa a base de criterios de ingeniería y sostenibilidad, incorporando un desglose presupuestario que incluyó los costos (USD 290,042.83 +IVA), las especificaciones técnicas y un cronograma de 6 meses para su ejecución. Se analizó la estabilidad para prevenir deslizamientos y volcamientos, que garantizan el cumplimiento de los factores mínimos de seguridad establecidos en las normas.

3. Se evaluó los impactos ambientales potenciales tanto en la fase constructiva y operativa, que identificó los riesgos para la propuesta de medidas de mitigación y compensación. El costo de la implementación asciende a USD 5150+IVA.