

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Diseño de un dique en el río Olón para el aprovechamiento hídrico de la comuna en el sector “El Bosque”

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Dayse Carolina Armijos Paño

Jordana Salomé Carrión Arrieta

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**I PAO 2023**

## **DEDICATORIA**

A toda mi familia, quienes fueron mi principal apoyo en mi carrera universitaria. En especial a mi mamá por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, a mi papá por siempre confiar en mis capacidades y motivarme a seguir mis sueños y aunque ya no está, su legado vive en mí y en cada página de esta tesis. A mis hermanos quienes fueron un ejemplo de admiración, respeto, perseverancia y me impulsaron a nunca rendirme. A todos mis amigos y compañeros que estuvieron conmigo en esta etapa académica y me brindaron todo su apoyo incondicional, en especial a mi mejor amiga Emely quien estuvo conmigo en todo momento principalmente en los más difíciles, siempre haciéndome ver el lado bueno de las situaciones y celebró conmigo cada uno de mis logros. Y, a mí por nunca rendirme a pesar de la adversidad.

**Dayse Carolina Armijos Paño**

# DEDICATORIA

A Dios, mi madre y mis hermanas.

**Jordana Salomé Carrión Arrieta**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por bríndame salud para continuar estudiando y sabiduría para no rendirme. Una vez más agradezco a mi familia por creer en mis capacidades y apoyarme en todo momento. A mis amigos y futuros colegas. A mi tutor Ing. Mijail Arias Hidalgo Ph.D, por impartir su conocimiento y guiarnos en todo este trabajo, a nuestra cotutora Ing. Bethy Merchán MSc. por recomendar el proyecto y por siempre impulsarnos a dar nuestro mejor potencial. Al centro de Investigación y proyectos aplicados a la ciencia de la Tierra (CIPAT) dirigido por el Ing. Paúl Carrión Ph.D, por brindarnos la oportunidad de realizar este proyecto y a su vez poner a nuestra disposición los recursos necesarios para la elaboración del mismo. A la junta de agua de Olón por la colaboración en el trabajo de campo realizado. Y a mi compañera de tesis Jordana Carrión, por confiar en mí y no rendirse a pesar de las dificultades y el arduo trabajo realizado.

**Dayse Carolina Armijos Paño**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por la familia y la salud que me dio. Un sincero agradecimiento a nuestro tutor el Ing. Mijail Arias Hidalgo PhD. por guiarnos y compartir su conocimiento para el desarrollo de este proyecto. Al Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a la ciencia de la Tierra (CIPAT) y a su director el Ing. Paúl Carrión Ph.D. por toda la ayuda brindada para la ejecución de este proyecto. A mi compañera de tesis Dayse Armijos, por su confianza y gran trabajo. Y al Ing. José Jurado MSc. por ser mi más grande apoyo en mi vida universitaria, mi *Bashert*.

## Declaración Expresa

---

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponden conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Dayse Carolina Armijos Paño* y *Jordana Salomé Carrión Arrieta* damos 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"



---

Dayse Carolina Armijos Paño



---

Jordana Salomé Carrión Arrieta

# EVALUADORES

---

Ing. Ingrid Orta Zambrano, MSc.

PROFESOR DE LA MATERIA

---

Ing. Mijail Arias Hidalgo, Ph.D.

PROFESOR TUTOR

# RESUMEN

Olón, es una comuna costera con recursos hídricos escasos. Su principal fuente de abastecimiento es la extracción y explotación de aguas subterráneas, acuíferos y captación en pozos de almacenamiento, los cuales presentan problemas de abastecimiento en temporada de estiaje. Es por esto que, el objetivo de este proyecto es diseñar un dique en el río Olón sector “El Bosque” mediante el modelado hidrológico y simulación hidrodinámica, considerando aspectos técnicos, socioeconómicos y criterios de sostenibilidad, para el aprovechamiento hídrico en la comuna. Para esto se obtuvo las características hidrológicas del río mediante el levantamiento y procesamiento topográfico de la zona de estudio, ensayos de caracterización de suelo, y recolección de anuarios meteorológicos del INAMHI. Se realizó análisis de la dinámica lluvia-escorrentía, y de tránsito de caudales mediante los programas ArcMap, Hec-HMS, Hec-RAS, obteniéndose un caudal de  $168.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Se definió la geometría del dique conforme a la cota máxima de la superficie del agua. El diseño consiste en un dique recubierto de hormigón de altura 4m con núcleo de arcilla y un dentellón de 1.5m de profundidad. De acuerdo con el cálculo de socavación, no se implementará compuertas, pero se añaden protecciones en una extensión de 20m que evite la desgaste al pie del dique. Los impactos ambientales generados no representan riesgos significativos; mientras que la capacidad de almacenamiento estimada es de  $6149.9 \text{ m}^3$  gracias al cauce del río, lo que permitirá que se beneficien directamente 29.512 habitantes e indirectamente 1000 turistas que visitan la comuna en distintos meses del año. Finalmente, el presupuesto referencial está valorado en \$ 88,643.72, incluido el plan de mitigación del análisis ambiental.

**Palabras Clave:** Recursos hídricos, sostenibilidad, acuíferos, dique.



# ABSTRACT

*Olon, is a coastal commune with scarce water resources. Its main source of supply is the extraction and exploitation of groundwater, aquifers and collection in storage wells, which present supply problems in the dry season. That is why, the objective of this project is to design a dam in the Olon river sector "El Bosque" through hydrological modeling and hydrodynamic simulation, considering technical, socioeconomic aspects and sustainability criteria, for water use in the commune. For this, the hydrological characteristics of the river were obtained through the survey and topographic processing of the study area, soil characterization tests, and collection of INAMHI meteorological yearbooks. The rain-runoff dynamics and flow transit were analyzed through the ArcMap, Hec-HMS, Hec-RAS programs, obtaining a flow of 168.5 m<sup>3</sup>/s. The geometry of the dam was defined according to the maximum height of the water surface. The design consists of a 4m high concrete-coated dike with a clay core and a 1.5m deep dentellon. According to the scour calculation, no gates will be implemented, but protections are added in an extension of 20m to prevent wear at the foot of the dike. The environmental impacts generated do not represent significant risks; while the estimated storage capacity is 6149.9 m<sup>3</sup> thanks to the riverbed, which will directly benefit 29,512 inhabitants and indirectly 1000 tourists who visit the commune in different months of the year. Finally, the referential budget is valued at \$ 88,643.72, including the mitigation plan of the environmental analysis.*

*Keywords: Water resources, sustainability, aquifers, dam.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VII
SIMBOLOGÍA .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Presentación general del problema .....	1
1.3. Justificación del problema.....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo General .....	3
1.4.2. Objetivos Específicos .....	3
CAPÍTULO 2.....	4
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	4
2.1 Revisión de literatura .....	4
2.2 Área de estudio .....	6
2.2.1. Ubicación geográfica .....	6
2.3 Trabajo de campo y laboratorio.....	7
2.3.1 Reconocimiento territorial .....	7

2.3.2	Recolección de datos .....	8
2.3.3	Levantamiento de información.....	9
2.3.4	Ensayos de laboratorio.....	10
2.3.4.1.	Ensayo Granulométrico:.....	10
2.3.4.2.	Ensayo Límites de Atterberg.....	14
2.3.4.3.	Gravedad específica .....	17
2.4	Análisis de datos .....	19
2.4.1	Simulación hidrológica.....	19
2.4.2	Modelación Hidrodinámica .....	24
2.5	Análisis de alternativas .....	27
2.5.1	Restricciones y criterios de evaluación.....	28
2.5.1.1	Parámetros técnicos .....	28
2.5.1.2	Parámetros sociales.....	28
2.5.1.3	Parámetros económicos .....	29
2.5.1.4	Parámetros ambientales .....	29
2.5.2	Selección de alternativa a través de escala Likert.....	29
CAPÍTULO 3.....		32
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES .....	32
3.1	Diseño hidráulico.....	32
3.1.1.	Ubicación del dique .....	32
3.1.2.	Dimensionamiento del dique .....	32
3.1.3.	Capacidad de almacenamiento .....	33
3.1.4.	Borde Libre.....	34
3.1.5.	Diámetro de enrocado de protección .....	35
3.1.6.	Espesor del enrocado. ....	37
3.1.7.	Socavación.....	37
3.1.8.	Análisis de factibilidad de implementación de compuertas .....	38

3.2	Diseño Estructural .....	40
3.2.1.	Muro de contención en voladizo .....	40
3.2.1.1.	Análisis por volcamiento .....	40
3.2.1.2.	Análisis de seguridad por desplazamiento: .....	43
3.3	Especificaciones técnicas .....	46
CAPÍTULO 4.....		48
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	48
4.1	Objetivos .....	48
4.1.1	Objetivo general.....	48
4.1.2	Objetivos específicos .....	48
4.2	Descripción del proyecto .....	48
4.3	Línea base ambiental.....	49
4.4	Actividades del proyecto .....	52
4.5	Identificación de impactos ambientales.....	53
4.6	Valoración de impactos ambientales .....	54
4.7	Medidas de prevención/mitigación .....	58
CAPÍTULO 5.....		59
5.	PRESUPUESTO .....	59
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo .....	59
5.2	Rubros y análisis de precios unitarios .....	60
5.3	Descripción de cantidades de obra .....	60
5.4	Valoración integral del costo del proyecto .....	61
5.5	Cronograma de obra .....	63
CAPÍTULO 6.....		64
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
6.1	Conclusiones.....	64
6.2	Recomendaciones .....	65

BIBLIOGRAFÍA.....66  
PLANOS Y ANEXOS.....74

# ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
ODS	Objetivos de Desarrollo sostenible
SCS	Soil Conservation Service
CN	Número de Curva
JASRAPO	Junta Administradora del Sistema Regional de Agua Potable
GADP	Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción

# SIMBOLOGÍA

m	Metro
km	Kilómetro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cubico
km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
g	Gramo
Tn	Toneladas
kg	Kilogramo
cm	Centímetro
kN	Kilo Newton
ft	Pies

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Delimitación del área de estudio. [Las Autoras, 2023] .....	6
Figura 2.2. Acuífero poroso libre costero. [IGME, 1991] .....	7
Figura 2.3. Información de pozos Olón. [Las Autoras, 2023].....	8
Figura 2.4. Procesos de topografía y datos de campo. [Las Autoras, 2023].....	9
Figura 2.5. Procesamiento y obtención del DEM.....	10
Figura 2.6. Curva Granulométrica D1. [Las autoras].....	12
Figura 2.7. Curva granulométrica D2. [Las autoras,2023].....	12
Figura 2.8. Curva granulométrica I1. [Las autoras,2023] .....	13
Figura 2.9. Curva granulométrica I2. [Las autoras, 2023] .....	14
Figura 2.10. Límite líquido. [Las autoras, 2023] .....	15
Figura 2.11. Carta de plasticidad. [Las autoras, 2023] .....	16
Figura 2.12. Curvas IDF. [Las Autoras, 2023] .....	21
Figura 2.13. Hietograma de precipitaciones, T:100 años. [Las Autoras, 2023] .....	22
Figura 2.14. Subcuencas de la cuenca Olón. [Las Autoras, 2023] .....	24
Figura 2.15. Geometría del Río con los modelos de elevación. ....	25
Figura 2.16. Geometría del río con puente existente.....	26
Figura 2.17. Calibración final.....	27
Figura 2.18. Ubicación de alternativas propuestas .....	28
Figura 3.1. Coordenadas del dique, vista en planta. ....	32
Figura 3.2. Ancho de corona del dique. [JICA, 2010] .....	33
Figura 3.3. Relación de taludes. [USBR, 1999].....	33
Figura 3.4. Curvas de nivel del área de embalse cada 0.1[m]. [Las autoras, 2023]	34
Figura 3.5. Capacidad de Almacenamiento del Dique. [Las autoras, 2023] .....	34
Figura 3.6. Tamaño de partícula mínimo y máximo permitido. [USBR 1999] .....	36
Figura 3.7. Protección de enrocado. [Las autoras, 2023].....	37
Figura 3.8. Perfil de socavación. [Las Autoras, 2023] .....	38
Figura 3.9. Diseño de muro de contención de 6 metros. ....	41
Figura 3.10. Estabilidad del muro al volteo.....	42
Figura 3.11. Detalle de cimentación. ....	46
Figura 4.1. Mapa de ubicación de Olón. (Plan Nacional de Adaptación en Ecuador, 2021) .....	49



**Figura 4.2. Mapa climático de Santa Elena. (Plan Nacional de Adaptación en Ecuador, 2021) .....50**

**Figura 4.3. Mapa de cobertura vegetal. [GAD-Manglaralto,2019] .....51**

**Figura 5.1. Estructura desglosada del trabajo. [Las Autoras,2023] .....59**

**Figura 5.2. Porcentaje de participación de cada sección del proyecto. [Las Autoras, 2023] .....62**

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Porcentaje de pérdida por lavado. [Las Autoras, 2023] .....	11
Tabla 2.2. Resumen de porcentajes de clasificación del suelo. [Las autoras, 2023] .....	11
Tabla 2.3. Diámetros efectivos D1mm. [Las autoras, 2023] .....	11
Tabla 2.4. coeficientes de uniformidad y curvatura D1 [Las Autoras,2023] .....	11
Tabla 2.5. Diámetros efectivos D2mm. [Las autoras,2023] .....	12
Tabla 2.6. Coeficientes de uniformidad y curvatura D2 [Las Autoras,2023].....	12
Tabla 2.7. Diámetros efectivos I1 mm. [Las Autoras,2023] .....	13
Tabla 2.8 Coeficientes de uniformidad y curvatura I1 [Las Autoras,2023]. .....	13
Tabla 2.9. Diámetros efectivos I2 mm. [Las atoras, 2023] .....	13
Tabla 2.10 Coeficientes de uniformidad y curvatura I2 [Las Autoras,2023]. .....	13
Tabla 2.11 limite líquido calicata derecha D1 [Las Autoras,2023]. .....	14
Tabla 2.12. Límite plástico calicata derecha D1. [Las Autoras, 2023] .....	15
Tabla 2.13 Tablas índices de plasticidad según el tipo de suelo .....	15
Tabla 2.14. Índice de liquidez y consistencia relativa. [Las Autoras,2023].....	16
Tabla 2.15 Tabla de consistencia de la muestra. [Las Autoras,2023].....	17
Tabla 2.16 consistencia de las arcillas. (Martínez Vargas, 1990) .....	17
Tabla 2.17 Tabla de cantidades para ensayo. [Las Autoras,2023] .....	17
Tabla 2.18 Gravedad específica Calicata derecha D1. [Las Autoras,2023] .....	18
Tabla 2.19 Gravedad específica Calicata derecha D2 [Las Autoras,2023]. .....	18
Tabla 2.20 Gravedad específica Calicata izquierda I1 [Las Autoras,2023].....	18
Tabla 2.21 Gravedad específica Calicata derecha I2 [Las Autoras,2023].....	18
Tabla 2.22. Tabla de distribuciones estadísticas. [Ven Te Chow, 2010] .....	19
Tabla 2.23. Resultados prueba de bondad de ajuste. [Las autoras, 2023] .....	20
Tabla 2.24. Constantes m, n y k. [Las Autoras,2023] .....	21
Tabla 2.25. Número de curva de escorrentía para uso y tipo de suelo. [Las Autoras,2023].....	23
Tabla 2.26. Ecuaciones cálculo tiempo de concentración. [Ven Te Chow, 2010]...	23
Tabla 2.27. Valores de Manning [Las Autoras,2023]. .....	26
Tabla 2.28. Medidas del puente. [Las autoras] .....	26
Tabla 2.29. Escala Likert. (Likert, 1932) .....	29

<b>Tabla 2.30. Porcentajes de los parámetros de las alternativas. [Las Autoras, 2023]</b>	30
.....	30
<b>Tabla 2.31. Matriz evaluadora de alternativas. [Las Autoras,2023]</b>	30
<b>Tabla 3.1. Socavación del río. [Las autoras, 2023]</b>	38
<b>Tabla 3.2 Coeficiente k para tipo de sedimento (Gill, 1979)</b>	39
<b>Tabla 3.3 Tabla de datos para cálculo de eficiencia de embalse (Te). [Las Autoras,2023]</b>	39
<b>Tabla 3.4 Datos de los sedimentos, [Las Autoras,2023]</b>	40
<b>Tabla 3.5 <math>\Delta t</math> para perdidas de volumen de agua en el embalse, [Las Autoras,2023]</b>	40
.....	40
<b>Tabla 3.6 Datos para el cálculo de fuerza de empuje. [Las Autoras, 2023]</b>	41
<b>Tabla 3.7 Cálculo de Momentos fuerzas verticales. [Las Autoras, 2023]</b>	42
<b>Tabla 3.8. Cálculo de Momentos fuerzas horizontales [Las Autoras, 2023]</b>	42
<b>Tabla 3.9. Resumen diseño de muro de 6.30 [m] [Las Autoras, 2023]</b>	45
<b>Tabla 4.1.Hidrografía de la parroquia Manglaralto. (GADP-Manglaralto, 2019)</b>	50
<b>Tabla 4.2. Resumen de actividades del proyecto. [Las Autoras, 2023]</b>	53
<b>Tabla 4.3. Identificación de impactos ambientales. [Las Autoras, 2023]</b>	53
<b>Tabla 4.4. Escala de valoración de extensión de impacto. (FAO, 1995)</b>	55
<b>Tabla 4.5. Escala de valoración de duración de impacto. (FAO, 1995)</b>	55
<b>Tabla 4.6.Peso de incidencia de los CRI. (FAO, 1995)</b>	55
<b>Tabla 4.7. Escala de valoración de reversibilidad de impacto. (FAO, 1995)</b>	56
<b>Tabla 4.8. Escala de valoración de riesgo de impacto. (FAO, 1995)</b>	56
<b>Tabla 4.9. Pesos relativos de los criterios. (FAO, 1995)</b>	56
<b>Tabla 4.10. Matriz de evaluación de impactos ambientales. [Las Autoras, 2023]</b>	57
<b>Tabla 4.11. Medidas de mitigación o prevención de impactos ambientales. [Las Autoras,2023]</b>	58
<b>Tabla 5.1. Descripción de rubros del proyecto. [Las Autoras, 2023]</b>	60
<b>Tabla 5.2. Descripción de rubros y cantidades de obra del proyecto. [Las Autoras, 2023]</b>	61
<b>Tabla 5.3. Resumen del presupuesto referencial del proyecto. [Las Autoras, 2023]</b>	61
.....	61
<b>Tabla 5.4. Resumen del cronograma de obras del proyecto. [Las Autoras, 2023]</b>	63



# ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Vistas y cortes del dique
PLANO 2	Diseño estructural muros de contención del dique
PLANO 3	Implantación y enrocamiento en el dique

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

De acuerdo con el Servicio Geológico de Estados Unidos, el 96.5% del agua de la Tierra está centrada en mares y océanos, mientras que el 1.7% está en casquetes polares y, aproximadamente, el 0.8% es agua dulce. El porcentaje restante está formado por aguas salobres, y aguas ligeramente saladas que se pueden encontrar como agua superficial en estuarios y como agua subterránea en acuíferos salados (Gleick, 1996).

La cantidad y calidad del agua es un tema de preocupación para muchos países y comunidades con un crecimiento demográfico significativo, porque la demanda poblacional supera el alcance de los recursos hídricos (Jackson et al., 2001). Aproximadamente más de mil millones de personas carecen de agua potable y 2.300 millones de personas a nivel mundial viven en regiones con escasez de agua (Service, 2006).

Los recursos hídricos de agua dulce como ríos, lagos y aguas subterráneas pueden disminuir por diferentes factores, como: cambio de clima, estrés hídrico, cambio del ciclo del agua y explotaciones indebidas o en exceso (Huntington, 2006). Sin embargo, existen diferentes métodos para resolver el problema de demanda de agua. Uno de ellos es la construcción de presas (Greenlee et al., 2009), las que proporcionan: energía, control de inundaciones y almacenamiento de agua (CDA, 2007), entre otros fines.

En zonas semiáridas donde el recurso hídrico es extraído de acuíferos, existen construcciones de presas artesanales y técnico artesanales que comúnmente son conocidas como tapes o diques (Carrión et al., 2019). La población opta por este tipo de construcciones para la preservación del agua, mejora del balance hídrico de los acuíferos y abastecimiento de la demanda urbana (Díaz et al., 2006).

### 1.2. Presentación general del problema

Existen zonas semiáridas donde las redes de distribución de agua dulce (potable) no logran llegar. En consecuencia, utilizan técnicas ancestrales como: pozos de agua, extracción de agua de acuíferos dulces con el fin de abastecerse de agua y cubrir las necesidades de todos los habitantes del sector. Mas, a futuro, la extracción del recurso hídrico de aguas subterráneas o de acuíferos podría agotarse.

En las regiones costeras de la provincia de Santa Elena, la mayor parte de fuentes de agua dulce son los ríos que existen en la zona. Pero en algunos casos el caudal de los ríos es intermitente, de modo que deja de proveer la misma cantidad de agua en determinado momento, principalmente en época de estiaje (cuando las precipitaciones disminuyen). En este periodo de tiempo el agua dulce en toda la zona es limitada, lo que conlleva a no ser suficiente para satisfacer las necesidades de todos los habitantes.

En consecuencia, al ser zonas turísticas y tener un aumento poblacional significativo, la dotación de agua incrementa y el recurso hídrico disminuye. Tal situación implica que estos sectores necesitan mejorar el sistema de abastecimiento de agua, aplicando recursos técnicos que permitan el aprovechamiento hídrico del cauce. De esta manera, se pueda cubrir la demanda necesaria de los habitantes durante todos los meses del año, sin interrupciones.

### **1.3. Justificación del problema**

Tener acceso al agua y saneamiento es un derecho prioritario en la vida de los seres humanos y uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La falta e incumplimiento de esta disposición es muy común en comunidades rurales y zonas semiáridas, donde el recurso hídrico es escaso y las redes de distribución de agua potable son de difícil acceso. La comuna Olón presenta los inconvenientes descritos, pero su fuente de abastecimiento hídrica es mediante la explotación de aguas subterráneas, acuíferos y ríos de agua dulce.

La distribución y regulación de agua la lleva a cabo por la Junta Administradora del Sistema Regional de Agua Potable Olón (JASRAPO), la cual tiene como prioridad el aprovechamiento del agua que alimenta a la cuenca del río Olón. Para lo cual, se ha implementado la construcción de diques artesanales con materiales del río, para controlar su desembocadura y almacenar agua durante los aumentos de caudal, con el fin de apaciguar la limitación de agua dulce de todos los habitantes. Pero al ser un diseño poco resistente, el aumento de caudales ha provocado que la corriente arrastre los materiales del dique y poco a poco se pierda su funcionalidad.

Por lo tanto, es importante la implementación de un dique que cumpla con los parámetros técnicos y esté diseñado a partir de estudios ingenieriles, con el fin de garantizar su resistencia y funcionamiento. De esta manera, se podría resolver el abastecimiento de agua en todo Olón y que su distribución hacia toda la zona céntrica y rural no se vea interrumpida. En consecuencia, se potenciará el desarrollo turístico, social y económico

de la zona, ya que, los turistas visitaran la comuna y ya no habrá escasez de agua, puesto que esta era una de las razones por las cuales el turismo de la zona decaía, principalmente en temporada de estiaje. También se aprovechará al máximo el recurso hídrico que la naturaleza provee y se convertirá en una solución beneficiosa para los habitantes y para la sostenibilidad de la cuenca hídrica.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar un dique en el río Olón sector “El Bosque” mediante la caracterización del cauce, modelado hidrológico y simulación hidrodinámica a través de un programa de libre acceso que permita la obtención del nivel del agua en presencia de precipitaciones altas y bajas, considerando la normativa vigente, aspectos constructivos, socioeconómicos y criterios de sostenibilidad, para el aprovechamiento hídrico en la comuna de Olón.

Con la determinación de este objetivo podemos cuestionar:

¿Por qué es importante realizar la caracterización del río?

¿En base a qué factores se seleccionó la ubicación del dique?

¿Cuáles son los parámetros de diseño del dique?

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Caracterizar el río Olón a través de datos hidrográficos y topográficos cercanos a la orilla de la cuenca para la obtención de las características hidrológicas.
2. Simular la dinámica hidrológica e hidrodinámica del cauce, utilizando un programa que permita la simulación del río bajo cambios de precipitaciones.
3. Diseñar un dique aplicando las normativas, restricciones de diseño y consideraciones del entorno hidráulico, estructural, geotécnico y ambiental.



# CAPÍTULO 2

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Revisión de literatura

La **recolección de agua** o conocida como cosecha de agua, es la recopilación y concentración de las aguas pluviales provenientes de las cuencas hídricas. Sirve de uso en la producción agrícola, la restauración del entorno natural, el control de la erosión, la mitigación de la sequía y para cubrir las necesidades domésticas de una población (Karrou et al., 2011; Ziadat et al., 2012). La recolección hídrica, como fuente de agua tiene un origen milenario. Con el pasar del tiempo se ha transmitido de una generación a otra, y ha sido un método alternativo para el abastecimiento del agua, principalmente en lugares con carencia de agua potable (Critchley et al., 2013; Oweis, 2001).

Las alteraciones en los **ciclos hidrológicos** causadas por el fenómeno del calentamiento global afectan considerablemente a la disponibilidad del agua (Cardona, 2008; Conor & Koncagol, 2015). Los cambios en las precipitaciones junto con el aumento de la evaporación impactan la escurrimiento, frecuencia e intensidad de inundaciones y sequías, desencadenan eventos geomorfológicos y consecuencias socioeconómicas y humanas (Rosenzweig et al., 2004; Sen Roy & Rouault, 2013). Además, la hidrología de la cuenca se ve impactada por diversos factores como: vegetación, propiedades del suelo, geología, topografía, prácticas de uso de la tierra e interacciones del clima junto con estos factores (Fohrer et al., 2001; Laurance, 1998; Schulze, 2000; van Griensven & Meixner, 2006).

Un **análisis hidrológico** es la evaluación cualitativa y cuantitativa entre datos de precipitaciones, nivel de agua, velocidades y caudales de un río, con el objetivo de determinar las características físicas e hidrológicas de una cuenca (Arumí et al., 2000; Wang et al., 2018). Y mediante una **simulación hidrológica** se pueden predecir los efectos del movimiento del flujo del agua (Ogden, 2021). Estimar la disponibilidad de agua subterránea en una cuenca, simular un cambio en el almacenamiento de agua, ayudar a la gestión de agua subterránea y cuantificar los procesos hidrológicos. A través de programas computacionales como HEC-HMS, SWAT (Liu et al., 2008; Ziolkowska & Peterson, 2017).

Analizar los flujos de agua de ríos y canales es posible mediante una **simulación hidrodinámica** que utiliza datos hídricos e implica principios físicos y matemáticos que

predicen la dirección del flujo, profundidad de agua, transporte de sedimentos y aproximaciones numéricas (Álvarez Álvarez et al., 2018; Barrero R & Pérez S, 2005; Ellis et al., 2012). Se utiliza para el estudio y predicción del funcionamiento y comportamiento de estructuras hidráulicas (Struiksmá et al., 1985). Los modelos están basados en esquemas numéricos que aproximan las ecuaciones de Navier-Stokes y Saint-Venant y permiten la simulación de escenarios hipotéticos del flujo del agua en una, dos y tres dimensiones (1D, 2D, 3D) mediante programas computacionales (Oertel, 2015; Ziegel, 2003).

Los **Sistemas de Información Geográfica** (GIS) se definen como la captura, manejo y análisis de datos e información que se representan geográficamente. Constituyen una herramienta fundamental para la planeación territorial, manejo integrado de cuencas, estimación y mitigación de desastres, además de permitir la subsistencia de recursos naturales (Lang, 1998; Morain, 1999; Triviño P & Ortiz R, 2005).

Por otra parte, **HEC-RAS** es un programa de simulación hidráulico unidimensional, que genera el perfil de la superficie del agua. Además, calcula el nivel y velocidad del agua en cada tramo del río (Bennett & Peters, 2000; Brunner, 1995; Martín Vide et al., 2003; Molero & Nanía S., 2007). La integración de los dos sistemas permite la modelación hidrológica e hidráulica de la cuenca de un río, tal como se ha realizado en varios casos de estudio en diversos países como Venezuela, México, Colombia, entre otros (Agudelo-Otálora et al., 2018; Ramos Moreno & Pacheco Fontalvo, 2017; Rincón Ortiz et al., 2017). En la actualidad, la inclusión de los programas descritos anteriormente junto con criterios ingenieriles permite el estudio y análisis de cuencas hídricas, tal que predecir y controlar las inundaciones sea posible. Además del control y gestión de los recursos hídricos y las posibles soluciones de la limitación de agua en las regiones más áridas del mundo. Puesto que estas zonas experimentan impactos más significativos, como: amenazas para la seguridad alimentaria, salud humana y ecosistemas naturales (Garavito Rincon & Caro Camargo, 2018; Seckler et al., 1999). Por otra parte, la disponibilidad limitada del recurso hídrico restringe el desarrollo social y económico de una región (Setegn et al., 2011). Por lo tanto, es importante desarrollar un plan integral en la gestión del agua para hacer frente a la escasez de este recurso (Sixt et al., 2018).

Generalmente en poblaciones pequeñas, la infraestructura artesanal que más predomina para el almacenamiento de agua, aparte de los pozos, son los tapes. En tal contexto, el nombre técnico es **dique** de retención (Roset Pagés et al., 1999), el cual es

probablemente una de las estructuras más utilizadas para el control de inundaciones. Implementarlo como una solución viable requiere más que una exploración de campo, porque se necesitan parámetros no sustituibles, como: coordenadas para el diseño y ubicación de la infraestructura, análisis hidrológico e hidráulico, análisis ambiental y aspectos socioeconómicos. En varios países se han realizado estudios hidrológicos sobre las cuencas hídricas de las zonas rurales y donde generalmente se implementan los diques (Liu & Li, 2016; Lummen, 2014; Martínez, R Hidalgo, 2017; Prastica et al., 2022; Santos et al., 2016).

Para el cálculo de los caudales de diseño no hidrostáticos se emplean los métodos estadísticos, en especial para la estimación de caudales mediante datos de precipitaciones. Esto se materializa a través de las curvas IDF, las cuales se estiman aplicando distribuciones estadísticas (Castro-Organ et al., 2023; Ziegel, 2003).

## 2.2 Área de estudio

### 2.2.1. Ubicación geográfica

La zona de estudio del presente proyecto es el sector “El Bosque”, ubicado en la comuna de Olón que forma parte de la parroquia Manglar-Alto la cual posee una población de 29.512 habitantes (Inec, 2010). Limita al Norte con la comuna de Curia seguida de la provincia de Manabí, al Sur con la comuna de Montañita, al Este cerca del límite con la provincia de Manabí y al Oeste el Océano Pacífico. Cuenta con una superficie de 5.728,70 hectáreas (GADP-Manglaralto, 2019) y forma parte de la provincia de Santa Elena. Está ubicado a 195 [km] de Guayaquil, Olón forma parte de la ruta del Spondylus, y en la figura 2.1 se puede observar la zona de estudio.

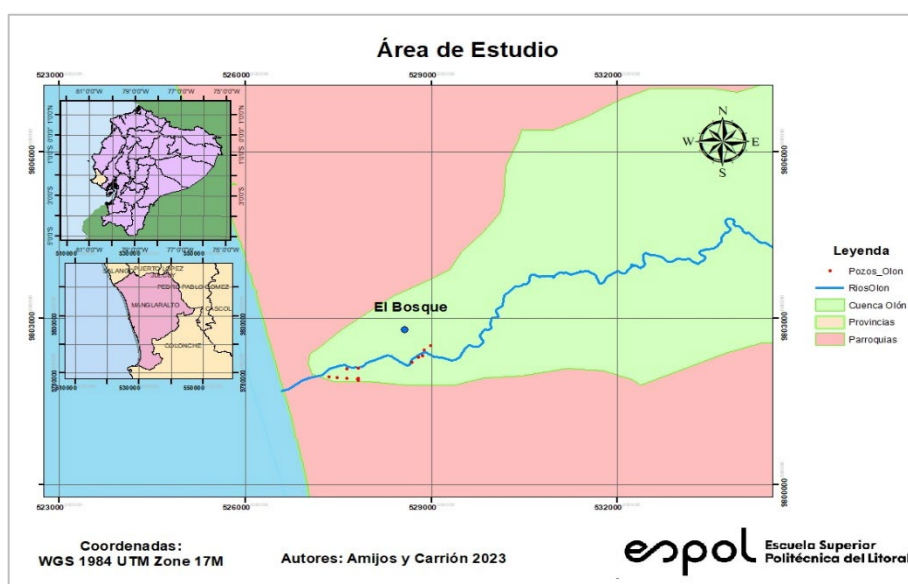
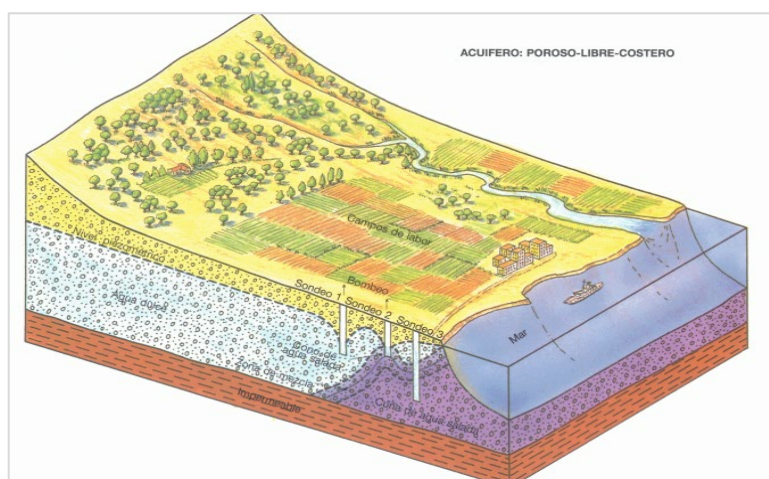


Figura 2.1. Delimitación del área de estudio. [Las Autoras, 2023]

El clima en Olón se caracteriza por ser tropical-árido, aunque también cuenta con una gran cantidad de área verde en la parte alta de la que está formada la cuenca. La temperatura media que presenta es de 24°C a 5 metros sobre el nivel del mar (Borja et al., 2013).

En cuanto a hidrogeología los suelos de la comuna Olón se caracterizan por ser más consolidados y los taludes que se presentan están formados de rocas sedimentarias, y su estratigrafía muestra que se conforma principalmente de arcillas, limos, arenas y gravas (Calderon Torres & Romero Crespo, 2011). Otra estructura geológica con la que cuenta Olón es un acuífero subterráneo del tipo poroso libre-costero. Este ayuda a la recarga de los pozos que utiliza la junta de agua potable para atender la escasez de hídrica en época de estiaje.



**Figura 2.2. Acuífero poroso libre costero. [IGME, 1991]**

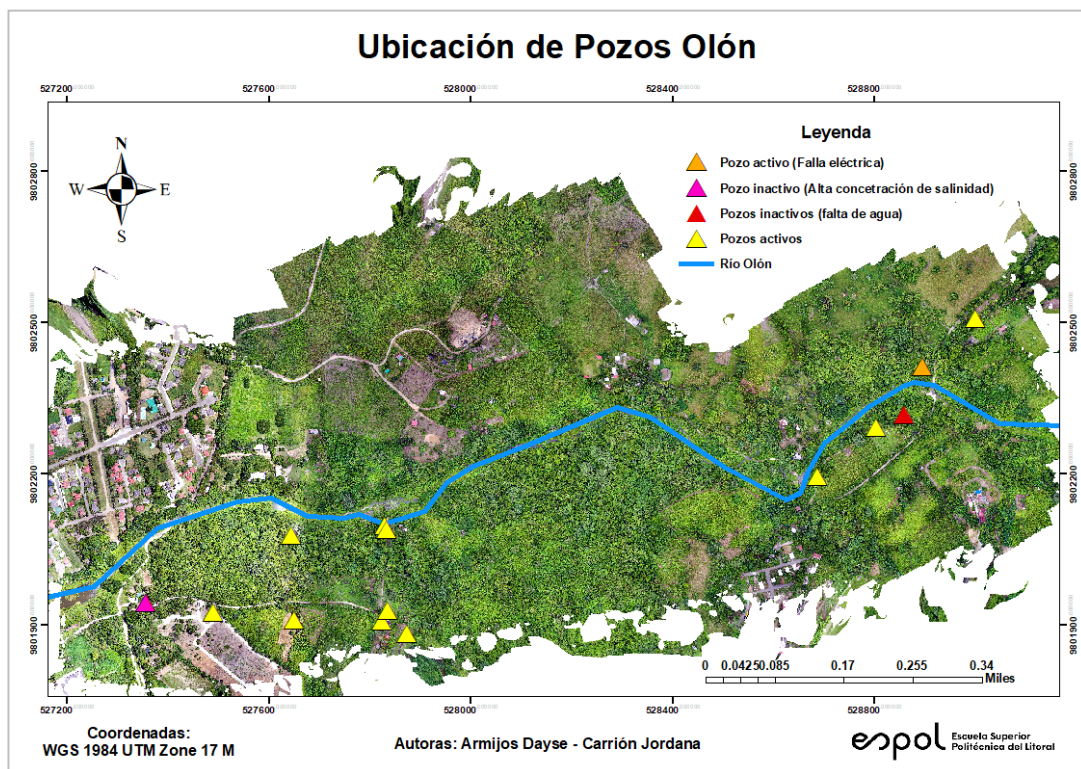
Sin embargo, estos acuíferos corren el riesgo de ser afectados por la salinidad debido a su cercanía al mar, ya sea por el nivel manométrico de profundidad o incluso por la litología del acuífero. Además, en sus zonas rurales no cuentan con sistemas de recolección de aguas residuales, situación que afecta a las familias, porque deben utilizar letrinas. Esto último puede afectar los acuíferos a través de la infiltración (Tomalá Guale & Bailón Piguave, 2022).

## **2.3 Trabajo de campo y laboratorio**

### **2.3.1 Reconocimiento territorial**

La comuna Olón ha realizado la explotación de la cuenca hídrica del río del mismo nombre, hace aproximadamente 25 años. El agua extraída se utiliza para el abastecimiento de agua potable y es administrada por la JASRAPO. De acuerdo con la exploración de la zona intervenida y con información recolectada de estudios previos, la

junta posee quince pozos destinados a la extracción de agua. En la figura 2.3 se puede observar las coordenadas respectivas y el estado de su funcionamiento. Los pozos activos se encuentran sometidos a una explotación aproximada de 5 hasta 12 horas diarias. Tal esquema depende de su concentración de salinidad y el volumen de agua, en especial los pozos 2 y 7, que son aquellos con mejor calidad. Las horas de explotación de los pozos son prolongadas, debido al elevado nivel de demanda hídrica que los habitantes requieren y la insuficiente disponibilidad (Montalván et al., 2008).



**Figura 2.3. Información de pozos Olón. [Las Autoras, 2023]**

### 2.3.2 Recolección de datos

Los valores correspondientes a precipitaciones anuales fueron extraídas a través de anuarios del INAMHI. Debido a la ubicación del área de estudio se tomó en consideración una estación meteorológica aledaña a la zona. La estación Ayampe con código M1074, es la más adecuada por su cercanía a la zona de interés. De modo que se descargaron los anuarios hídricos pertenecientes a los últimos 28 años, específicamente 1995-2008 y 2012-2015. Se utilizó las precipitaciones anuales de cada uno durante los años mencionados, con lo que posteriormente se realizó el análisis de extremos en la sección



2.4.1 y se estimó los caudales de diseño para la elaboración de la modelación hidrológica.

### 2.3.3 Levantamiento de información

Para el presente proyecto fue necesario levantar topográficamente el cauce y las planicies del río, para encontrar la ubicación ideal en la que se va a colocar la obra hidráulica. Esto se da porque es necesario e indispensable que el lugar del diseño tenga cercanía a un acuífero, de modo que el agua pueda infiltrarse hasta llegar a los pozos y así permitir la recarga y descarga.

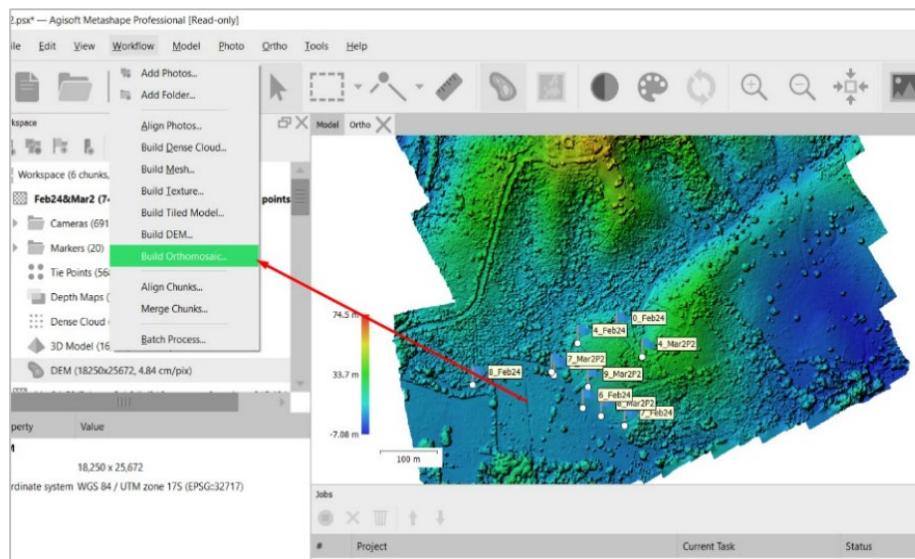
Para el levantamiento topográfico se utilizó un dron y la tecnología RTK registro (*Real Time Kinematic*). El equipo completo está formado por una base principal, base móvil (*Rover*) y un dispositivo portátil que almacena las coordenadas de los puntos de control. Para iniciar el levantamiento se caló y niveló el equipo, se señalaron los puntos de control y con la colectora se registraron las coordenadas respectivas, en la figura 2.4 se observan fotografías tomadas en campo de la ejecución del procedimiento.



**Figura 2.4. Procesos de topografía y datos de campo. [Las Autoras, 2023]**

Una vez levantada la topografía se inició el procesamiento de las imágenes del sobre vuelo. Para ello, se usó un programa de licencia libre llamado *Agisoft Metashape* donde primero se georreferenció las imágenes de acuerdo con su centroide y se verificó que no se encuentren desfasadas. En tal contexto se utilizó los puntos de control tomados en campo. A continuación, se obtuvo la nube de puntos densa y, finalmente, se obtuvo el modelo digital de elevación (DEM) y la ortofoto de la zona procesada, terminando de esta

manera el procesamiento topográfico. Con los documentos obtenidos se pudo simular la hidrodinámica que se explica en la sección 2.4.2 del presente documento.



**Figura 2.5. Procesamiento y obtención del DEM.**

### **2.3.4 Ensayos de laboratorio**

Para el diseño y construcción del dique es preciso conocer las características del suelo. Para ello, es necesario tomar muestras del lugar y someterlas a ensayos de laboratorio. Es por esto que se excavó 2 calicatas *in situ* a 20 metros del perfil de río cada uno, a una profundidad de 2m. De esta manera, se observó los diferentes estratos que conformaban el suelo y se recolectaron muestras de ellos. Finalmente se obtuvo dos estratos bien definidos, que fueron sometidos a diferentes ensayos de laboratorio.

#### **2.3.4.1. Ensayo Granulométrico:**

El ensayo granulométrico permite separar y clasificar por tamaños los granos que se encuentren en una muestra. Con la finalidad de clasificar los suelos gruesos y observar si este material cumple con las especificaciones recomendadas para, hormigones, carreteras, aeropuerto, etc. En el presente caso, se ejecutó este ensayo mediante la guía de la normativa ASTM D-421-85, la cual establece que, luego de tamizar la muestra usando el tamiz N° 200 para realizar el lavado de suelo fino (arenas y limos), se descarte la realización del ensayo granulométrico a las muestras con más del 50% de pérdida. Es por esto que, de acuerdo con los porcentajes obtenidos del lavado de muestras, el ensayo granulométrico no se efectuara para la muestra D1.

**Tabla 2.1. Porcentaje de pérdida por lavado. [Las Autoras, 2023]**

Muestra	Masa inicial (g)	Masa después del lavado (g)	% pérdida
D1	330.1	68.73	79.18%
D2	520.72	297.9	42.79%
I1	338.8	207.14	38.86%
I2	547.87	303.5	44.6%

De esta manera, se confirmó que el primer estrato de la calicata 1 del lado derecho del río no es aceptable para aplicarle granulometría. Por lo tanto, se clasifica como material fino. Para ejecutar el análisis granulométrico mediante la elaboración y análisis de la curva, se consultó a la norma ASTM en la sección D-422.

**Tabla 2.2. Resumen de porcentajes de clasificación del suelo. [Las autoras, 2023]**

%	D1	D2	I1	I2
Grava	17.37	39.35	0.39	37.45
Arenas	20.37	39.91	0.98	37.82
Finos	97	99.4	99.4	9.6

De acuerdo con la tabla 2.2 se observa que el porcentaje de finos es >50%, lo que indica que es el suelo se comporta como fino granular. El porcentaje que pasa por el tamiz N°200 se visualiza en las tablas de resultados granulométrico que se adjunta en anexos.

**Tabla 2.3. Diámetros efectivos D1mm. [Las autoras, 2023]**

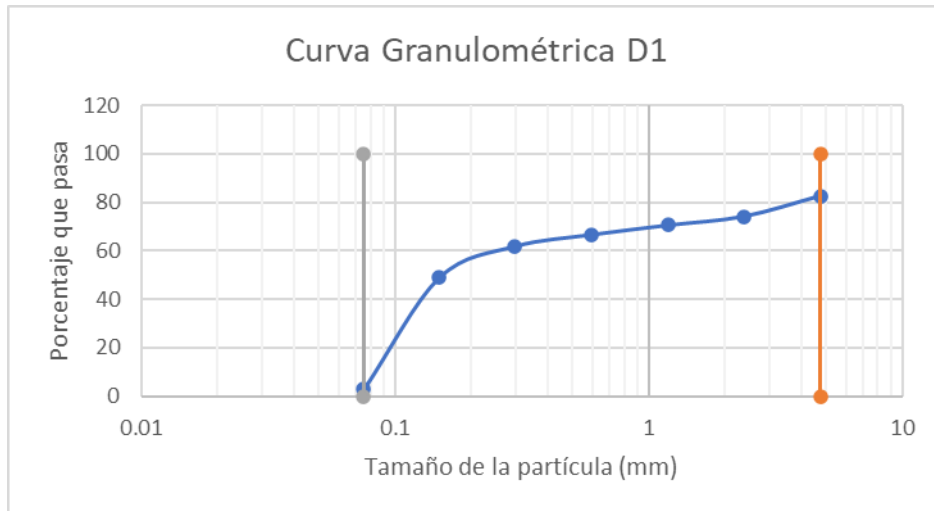
D10	0.083263	D30	0.112227	D60	0.268758
0.075	2.997236	0.075	2.997236	0.149	48.9888
0.149	48.9888	0.149	48.9888	0.297	61.86527

**Tabla 2.4. coeficientes de uniformidad y curvatura D1 [Las Autoras,2023]**

<b>Cu</b>	3.227801
<b>Cc</b>	0.562834

En la tabla 2.4 se observa que el coeficiente de uniformidad (Cu) es menor a 5; lo que indica que la muestra posee una granulometría uniforme. No presenta gravas gruesas en esta muestra y analizando la gráfica se obtuvo lo siguiente.





**Figura 2.6. Curva Granulométrica D1. [Las autoras]**

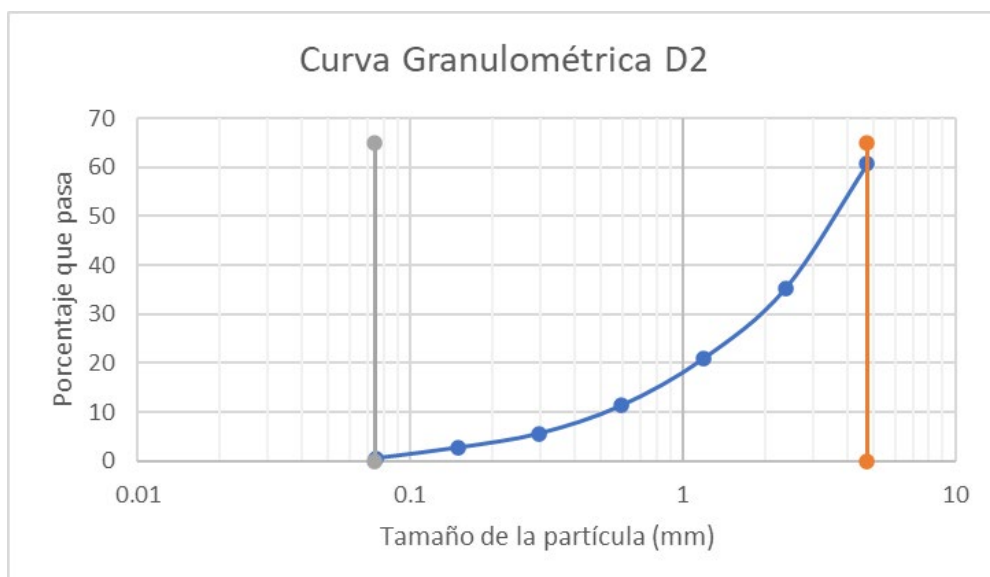
Los resultados de la muestra D2, se pueden observar en las tablas 2.5 y 2.6, con lo cual se verifica que la granulometría no es uniforme, y su porcentaje de grava es mayor que en el primer estrato, más continúa conteniendo gran cantidad de limos y arcillas,

**Tabla 2.5. Diámetros efectivos D2mm. [Las autoras,2023]**

<b>D10</b>	0.505284	<b>D30</b>	1.845872	<b>D60</b>	4.66698
0.297	5.612622	1.19	20.91977	2.38	35.2568
0.595	11.34945	2.38	35.2568	4.75	60.64787

**Tabla 2.6. Coeficientes de uniformidad y curvatura D2 [Las Autoras,2023].**

Cu	9.236357
Cc	1.444881



**Figura 2.7. Curva granulométrica D2. [Las autoras,2023]**

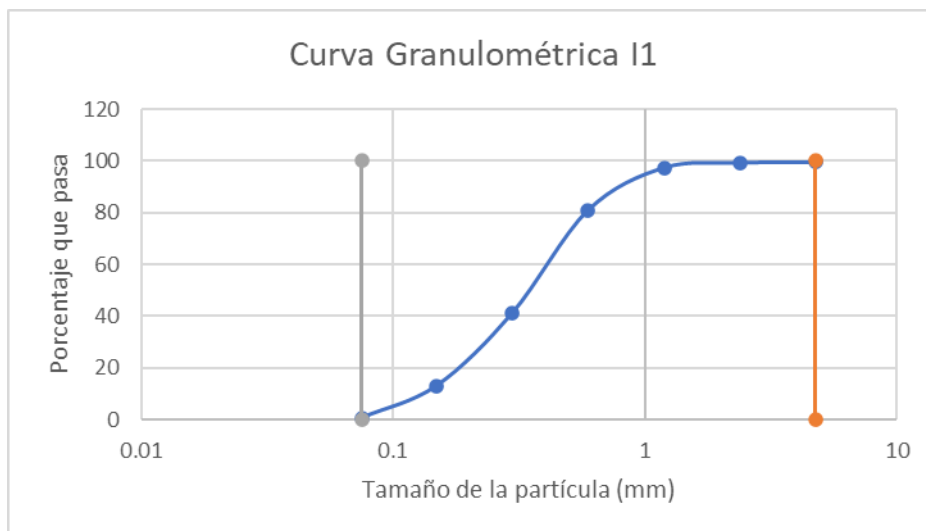
De acuerdo con los resultados de la muestra I1, el estrato 1 que se extrajo de la calicata izquierda arroja un coeficiente de uniformidad de 3.27, lo que lo define como una muestra uniforme al igual que en el estrato 1 de la calicata derecha. En general, resulta coherente debido a que se tratan de muestras cerca de la superficie.

**Tabla 2.7. Diámetros efectivos I1 mm. [Las Autoras,2023]**

<b>D10</b>	0.126104	<b>D30</b>	0.226305	<b>D60</b>	0.413071
0.075	0.593801	0.149	13.02018	0.297	41.0447
0.149	13.02018	0.297	41.0447	0.595	80.96939

**Tabla 2.8 Coeficientes de uniformidad y curvatura I1 [Las Autoras,2023].**

Cu	3.275646
Cc	0.98318



**Figura 2.8. Curva granulométrica I1. [Las autoras,2023]**

Los resultados de la muestra I2, se presentan en las tablas 2.9 y 2.10.

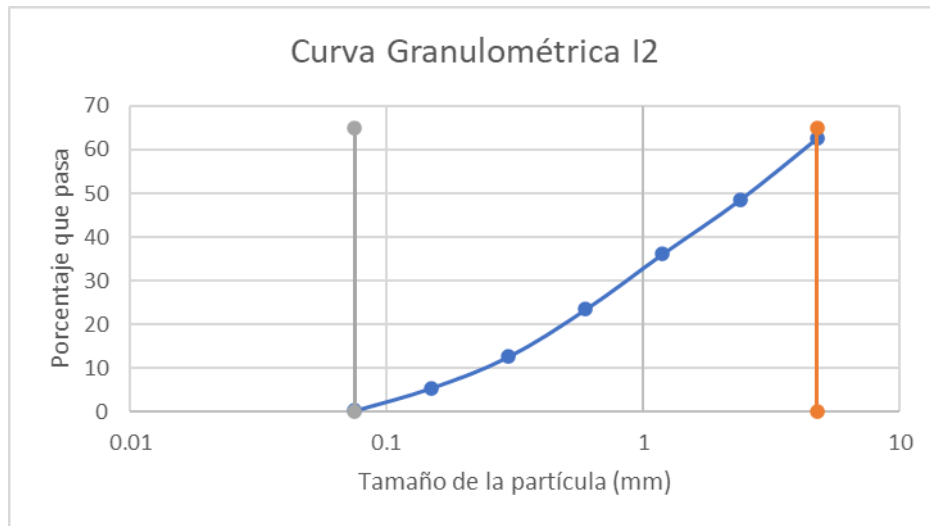
**Tabla 2.9. Diámetros efectivos I2 mm. [Las atoras, 2023]**

<b>D10</b>	0.229948	<b>D30</b>	0.849739	<b>D60</b>	4.190826
0.149	5.518946	0.595	23.46623	2.38	48.49423
0.297	12.6425	1.19	36.17463	4.75	62.54695

**Tabla 2.10 Coeficientes de uniformidad y curvatura I2 [Las Autoras,2023].**

Cu	18.22509
Cc	0.749275

En esta ocasión el coeficiente de uniformidad tiene valores que indican que la muestra del segundo estrato de la calicata izquierda no es uniforme. Los porcentajes de grava son mayores que en el estrato 1 y la presencia de limos se mantiene elevada también.



**Figura 2.9. Curva granulométrica I2. [Las autoras, 2023]**

### 2.3.4.2. Ensayo Límites de Atterberg

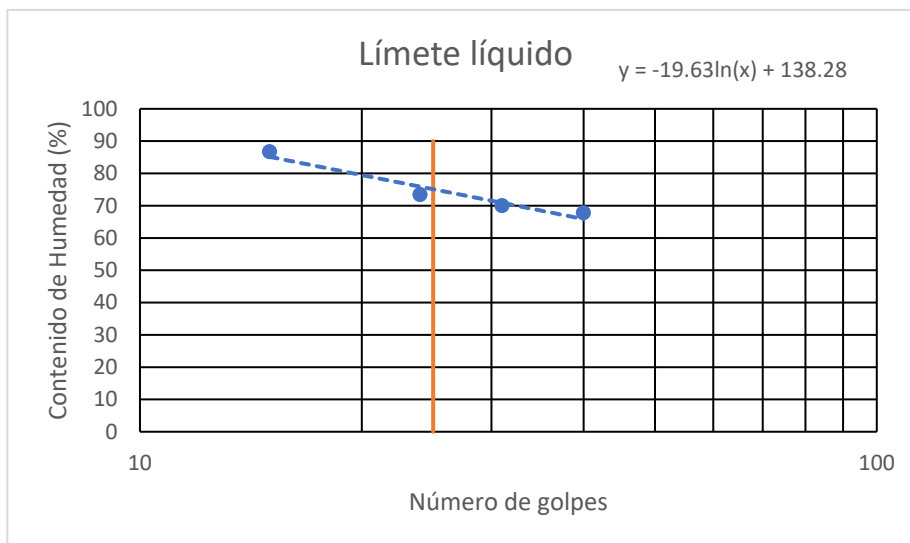
Conocidos también como límites de consistencias que son contenidos de humedad que indican el cambio de estado de un suelo fino. Se realizó el ensayo mediante dos formas:

- Límite plástico. – suelo semi sólido pasa a estado plástico
- Límite líquido. – suelo en estado plástico pasa a líquido o viscoso.

Este ensayo se ejecutó mediante la guía de la normativa ASTM D-4318, la cual estipula que luego del cuarteo mecánico realizado a la muestra, se debe separar una parte de ella para límites y que para tamizar la muestra se debe emplear el tamiz N° 40. Esto permite discretizar si se puede realizar el ensayo a todos los estratos o no. El rango que se debe obtener del fondo es entre 90 – 110 g. De tal forma que, la única muestra que cumple esta condición es la del estrato 1 de la calicata de la ribera derecha del río.

**Tabla 2.11 limite líquido calicata derecha D1 [Las Autoras,2023].**

Determinación del límite líquido	1	2	3	4
masa del recipiente A	6.06	6.36	6.11	6.34
Número de golpes	40	31	24	15
Masa de suelo húmedo + Recipiente B	11.78	12.53	12.56	12.78
Masa de suelo seco + recipiente C	9.47	9.99	9.83	9.79
Masa de agua evaporada D= B-C	2.31	2.54	2.73	2.99
Masa de suelo seco E= C-A	3.41	3.63	3.72	3.45
Humedad D/E*100 (%)	67.74	69.97	73.39	86.67



**Figura 2.10. Límite líquido. [Las autoras, 2023]**

Para la prueba de 25 golpes obtenemos un *Límite líquido* = 76.66%.

**Tabla 2.12. Límite plástico calicata derecha D1. [Las Autoras, 2023]**

Determinación del límite plástico	1	2
masa del recipiente A	6.29	6.09
Masa de suelo húmedo + recipiente B	11.37	11.47
Masa de suelo seco + recipiente C	9.97	9.98
Masa de agua evaporada D = B - C	1.4	1.49
Masa de suelo seco E = C - A	3.68	3.89
Humedad D/E*100 (%)	38.04348	38.30334
Promedio	38.17	

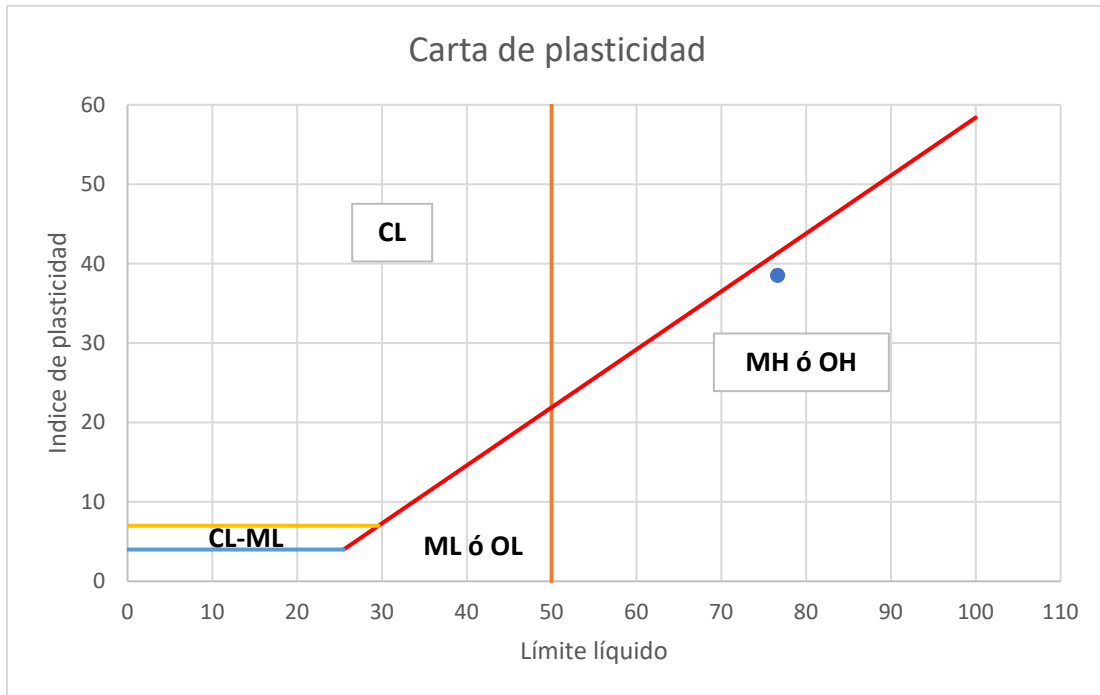
Para determinar el índice de plasticidad (IP) se aplicó la resta de los resultados obtenidos del límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

$$IP = LL - LP \quad (2.1)$$

$$IP = 38.49\%$$

**Tabla 2.13 Tablas índices de plasticidad según el tipo de suelo**

Plasticidad	Descripción del suelo	Rango IP
Nula	Limo	0 – 3
Baja	Limo con trazas de arcilla	4 – 15
Media	Limo arcilloso Arcilla limosa Arcillas y limos orgánicos	16 – 30
Alta	Arcilla limosa Arcilla	>31



**Figura 2.11. Carta de plasticidad. [Las autoras, 2023]**

Se verificó que el suelo del estrato superficial se clasifica como limoso y arcilloso. Y luego se determinó los índices de liquidez ( $IL$ ) y consistencia relativa ( $C_r$ ) utilizando la humedad natural ( $w_n$ ) mediante las ecuaciones descritas a continuación:

$$IL = \frac{w_n - LP}{IP} \quad (2.2)$$

$$C_r = \frac{LL - w_n}{IP} \quad (2.3)$$

Luego de aplicar las fórmulas 2.2 y 2.3 se llegó a los siguientes resultados:

**Tabla 2.14. Índice de liquidez y consistencia relativa. [Las Autoras,2023]**

$IL$	0.0033757
$C_r$	1.0033757

En base a la normativa americana ASTM D4318, el comportamiento de suelo para un  $IL$  entre (0-1), describe al suelo como un suelo plástico, que es el comportamiento en la mayoría de las arcillas en su estado natural. Respecto al  $C_r$  calculado, si este es igual a 1, el suelo se encuentra en su límite plástico de igual manera.

Los resultados muestran que el material del estrato superior está conformado por porcentajes altos de arcillas y limos de muy alta plasticidad. Esto implica que se podría considerar este material para la construcción del dique, sin embargo, se descarta el uso

de esta arcilla, porque, la caracterización del suelo se encuentra al borde de los rangos permitidos.

**Tabla 2.15 Tabla de consistencia de la muestra. [Las Autoras,2023]**

Muestra	Profundidad (m)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL	Cr	Consistencia
D1	0.30	76.66	38.17	38.49	0.00337	1	Blanda

Se estimó el  $q_u$  del suelo mediante la consistencia del suelo.

**Tabla 2.16 consistencia de las arcillas. (Martínez Vargas, 1990)**

Consistencia	Número penetraciones estándar	$q_c$ (kPa)	$q_u$ (T/m <sup>2</sup> )
Muy blanda	0-2	0 – 25	0 – 2.5
Blanda	2 – 5	25 – 50	2.5 – 5.0
Media	5 – 10	50 – 100	5.0 – 10
Firme	10 – 20	100 – 200	10 – 20
Muy firme	20 – 30	200 – 400	20 – 40
Dura	>30	>400	>40

### 2.3.4.3. Gravedad específica

Al igual que en el ensayo de límites de Atterberg, se tiene una muestra separada del cuarteado que se realizó de la muestra seca y se la tamizó utilizando el tamiz N° 10. En esta ocasión el rango permitido es de 75 – 85 g, y se observó que todas las muestras de los estratos tamizados cumplen con este rango de aceptación. Por consiguiente, se utilizó los valores de la tabla 2.17 para cada muestra con respecto a los resultados de la granulometría presentada.

**Tabla 2.17 Tabla de cantidades para ensayo. [Las Autoras,2023]**

Estratos	g
D1	50
D2	100
I1	75
I2	100

$$G_t = \frac{M_s}{(M_{\rho w,t}(M_{\rho w,t} - M_s))} \quad (2.4)$$

**Tabla 2.18 Gravedad específica Calicata derecha D1. [Las Autoras,2023]**

<b>Determinación de la gravedad específica a la temperatura de ensayo</b>		
Temperatura de ensayo ( $T_f$ )	28.3	°C
Masa seca del suelo ( $M_s$ )	50	g
Masa del matraz + agua a la temperatura de ensayo ( $M_{pw,t}$ )	688.73	g
Masa del matraz + agua + muestra a la temperatura de ensayo ( $M_{pws,t}$ )	719.47	g
Gravedad específica a la temperatura de ensayo ( $G_t$ )	2.60	

**Tabla 2.19 Gravedad específica Calicata derecha D2 [Las Autoras,2023].**

<b>Determinación de la gravedad específica a la temperatura de ensayo</b>		
Temperatura de ensayo ( $T_f$ )	28.3	°C
Masa seca del suelo ( $M_s$ )	100	g
Masa del matraz + agua a la temperatura de ensayo ( $M_{pw,t}$ )	688.73	g
Masa del matraz + agua + muestra a la temperatura de ensayo ( $M_{pws,t}$ )	749.42	g
Gravedad específica a la temperatura de ensayo ( $G_t$ )	2.54	

**Tabla 2.20 Gravedad específica Calicata izquierda I1 [Las Autoras,2023].**

<b>Determinación de la gravedad específica a la temperatura de ensayo (I1)</b>		
Temperatura de ensayo ( $T_f$ )	28.3	°C
Masa seca del suelo ( $M_s$ )	75	g
Masa del matraz + agua a la temperatura de ensayo ( $M_{pw,t}$ )	688.73	g
Masa del matraz + agua + muestra a la temperatura de ensayo ( $M_{pws,t}$ )	733.15	g
Gravedad específica a la temperatura de ensayo ( $G_t$ )	2.45	

**Tabla 2.21 Gravedad específica Calicata derecha I2 [Las Autoras,2023].**

<b>Determinación de la gravedad específica a la temperatura de ensayo</b>		
Temperatura de ensayo ( $T_f$ )	28.3	°C
Masa seca del suelo ( $M_s$ )	100	g
Masa del matraz + agua a la temperatura de ensayo ( $M_{pw,t}$ )	688.73	g
Masa del matraz + agua + muestra a la temperatura de ensayo ( $M_{pws,t}$ )	748.65	g
Gravedad específica a la temperatura de ensayo ( $G_t$ )	2.50	

Los resultados obtenidos de las muestras son aceptables dentro del rango de 2.6, lo que define su composición por arcillas definiendo al tipo de suelo de gravas, arenas y limos.

## 2.4 Análisis de datos

### 2.4.1 Simulación hidrológica

Para la simulación hidrológica se utilizaron los datos de precipitaciones anuales de la estación Ayampe M1074. A pesar de que la estación meteorológica seleccionada no contaba con las precipitaciones anuales de ciertos años, se puede considerar a la lluvia como un fenómeno aleatorio y se sabe que la intensidad respecto al tiempo de duración se la puede asociar a una probabilidad estadística. Así, se construyó las curvas IDF. (Paoli & Malinow, 2010).

En la tabla 2.22. se muestran las distribuciones utilizadas para obtener las precipitaciones correspondientes a los diferentes periodos de retorno establecidos.

**Tabla 2.22. Tabla de distribuciones estadísticas. [Ven Te Chow, 2010]**

Distribución	Ecuación	Parámetros
Probabilidad de Gumbel	$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (2.5)$	$\alpha = \frac{\sqrt{6}S_x}{\pi} \quad (2.8)$ $u = \bar{x} - 0.5772\alpha \quad (2.9)$
Pearson tipo III	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (y - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(x-\epsilon)}}{xT\beta} \quad (2.6)$	$\lambda = \frac{S_x}{\sqrt{\beta}} \quad (2.10)$ $\beta = \left[ \frac{2}{C_s} \right]^2 \quad (2.11)$ $\epsilon = \bar{x} - S_x \sqrt{\beta} \quad (2.12)$
LogNormal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (2.7)$	$y = \log x \quad (2.13)$ $\mu_y = \bar{y}, \sigma_y = S_y \quad (2.14)$

Para determinar el modelo estadístico de mejor ajuste se usó la prueba *Kolmogorov Smirnov*, la cual trabaja con los valores máximos absolutos de la diferencia de distribuciones de probabilidad observada y teórica, ver ecuación 2.15 (Chachero, 2012). Se pudo discernir qué distribución de probabilidad representa mejor a la muestra analizando las desviaciones máximas del ajuste de cada distribución con el delta del ajuste de distribución ecuación 2.16.

$$\Delta_{max} = |F_{o(x)} - F_{(x)}| \quad (2.15)$$

$$\Delta_0 = \frac{k(\alpha)}{\sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}} \quad (2.16)$$

$$\Delta_0 = 0.170084$$

Si:

$\Delta_{max} < \Delta_0$  Se acepta el ajuste.



$\Delta_{max} \geq \Delta_0$  Se rechaza el ajuste.

**Tabla 2.23. Resultados prueba de bondad de ajuste. [Las autoras, 2023]**

Kolmogorov	DISTRIBUCIONES		
	Gumbel	Pearson III	LogNormal
$\Delta_0$	$\Delta_{max}$	$\Delta_{max}$	$\Delta_{max}$
	0.01895	0.21424	2.20874
0.170084	ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO

Con esta prueba se comprobó que la distribución de Gumbel se adapta mejor a los datos obtenidos de la estación meteorológica. De modo que, las precipitaciones por período de retorno de 100 años fueron las empleadas para simular los procesos hidrológicos en el programa *Hec-HMS*.

### **Método Dyck y Peschke - Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia**

Se empleó el método de Dyck y Peschke, para la obtención de las curvas IDF, porque este método solicita como dato de entrada las precipitaciones máximas de 24 horas, las cuales fueron obtenidas previamente en la sección 2.3.2 (Cubillo-Arce, 2015). Para la aplicación del método primero se utiliza la ecuación 2.17, con la cual se obtuvo las precipitaciones máximas cada 5 minutos:

$$P_D = P_{24h} \left( \frac{D}{1440} \right)^{0.25} \quad (2.17)$$

Donde:

$P_D$  = precipitación máxima de duración D [mm]

$P_{24h}$  = precipitación máxima de 24 horas [mm]

$D$  = duración de la precipitación [mm]

Y luego se calculó la intensidad de precipitación por hora con la ecuación 2.18. Para lo cual fue necesario calcular las constantes K, m, y n, por medio de regresión múltiple empleando un cambio de variable. Este procedimiento se describe mediante las ecuaciones 2.19, 2.20 y 2.21, mientras que los valores obtenidos se muestran en la Tabla 2.24.

$$I_{max} = \frac{K * T^m}{D^n} \quad (2.18)$$

Donde:

$I_{max}$  = Intensidad de precipitación [mm/hr]

$D$  = Tiempo de duración [min]

$T$  = Periodo de retorno [años]

$K, m, n$  : constantes

$$\log I_{max} = \log K * T^m * D^{-n} \quad (2.19)$$

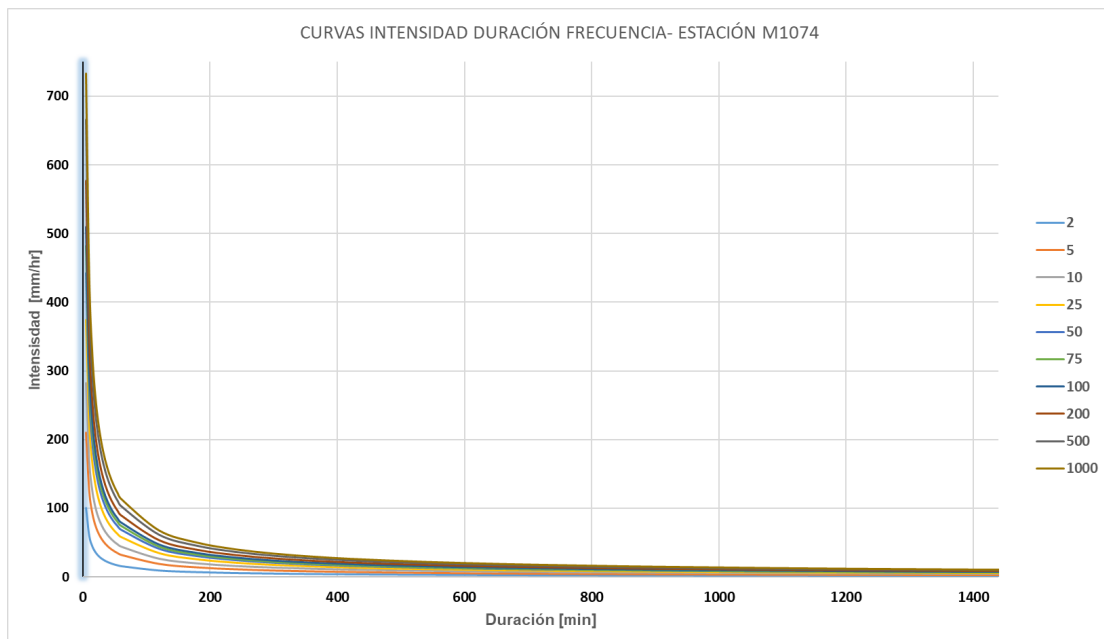
$$\log I_{max} = \log K + \log T^m + \log D^{-n} \quad (2.20)$$

$$y = X_1 + mX_2 - nX_3 \quad (2.21)$$

**Tabla 2.24. Constantes  $m$ ,  $n$  y  $k$ . [Las Autoras, 2023]**

$m$	0.2875
$n$	-0.7606
$K$	446.7280

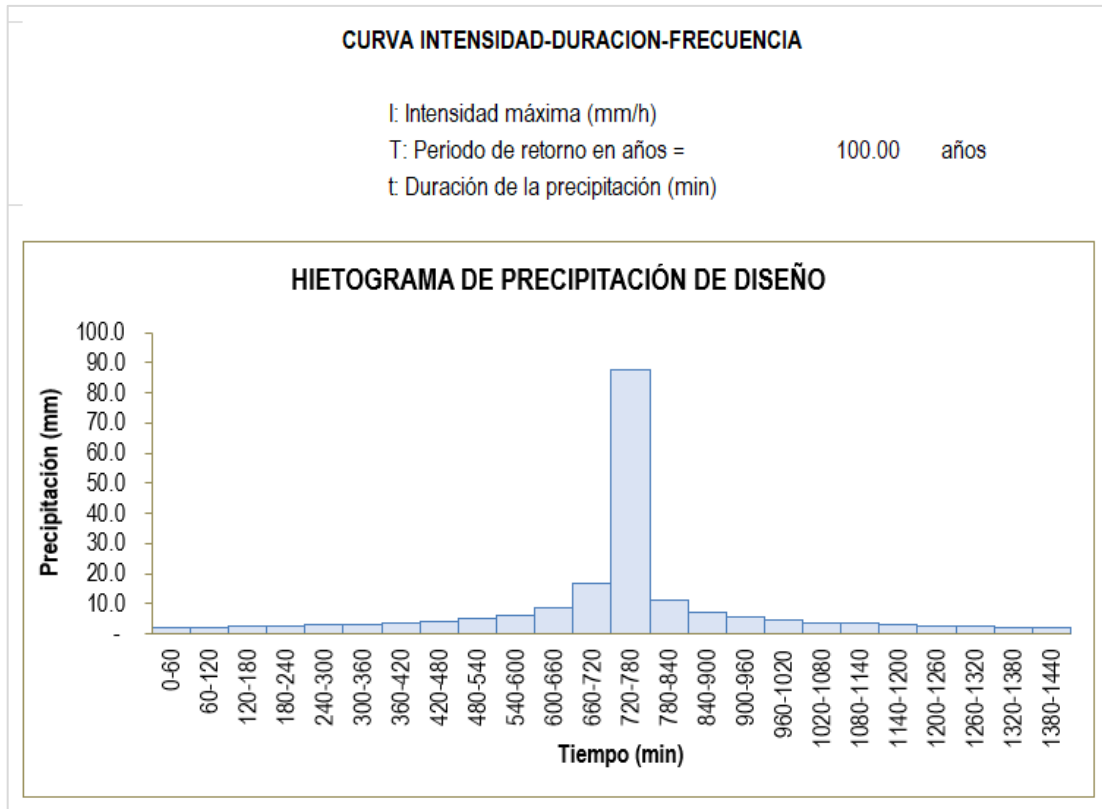
Finalmente, luego de aplicar las ecuaciones descritas previamente se llegó a la gráfica de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la estación M1074.



**Figura 2.12. Curvas IDF. [Las Autoras, 2023]**

### Método del bloque alternativo

Este método resalta las precipitaciones de mayor duración o puede modificarse para las precipitaciones de diferentes períodos de retorno, donde estas precipitaciones máximas se presentan en la mitad de la duración total de la tormenta (Chahín, 2017). Para la construcción del hietograma de precipitaciones de diseño, se implementó el método del bloque alternativo, empleando las curvas IDF y los parámetros  $m$ ,  $n$  y  $K$  calculados anteriormente. De esta manera se calculó la intensidad, la profundidad acumulada y precipitaciones por hora (ver figura 2.13).



**Figura 2.13. Hietograma de precipitaciones, T:100 años. [Las Autoras, 2023]**

### **Método SCS para Abstracciones**

Es implementado por el servicio de conservación de suelos (SCS). Este método toma como parámetro de entrada el número de curva (CN) los que representan el coeficiente de escorrentía (Villón, 2004). El CN es base de los cálculos de infiltraciones para la determinación de la profundidad de la precipitación efectiva. Para el modelado de escorrentía basado en los CN se trabajó con la información sobre el uso de suelo que se obtiene mediante la plataforma de (ESA, 2020) de una resolución de 10 [m] y sobre el tipo de suelo se pudo utilizar la información de la NASA (Nasa Earthdata, 2020).

Para obtener los CN aproximados referente al uso de suelo se generó la tabla 2.25 que incluye los grupos hidrológicos del suelo. Para esto se debe utilizó una superficie irregular de triangulación (TIN) de la zona de estudio, Con estos parámetros se obtiene el hidrograma unitario de escurrimiento por consecuencia de las precipitaciones de altura muy grandes, y que se distribuyen en toda la cuenca uniformemente (Villón, 2004).

**Tabla 2.25. Número de curva de escorrentía para uso y tipo de suelo. [Las Autoras,2023]**

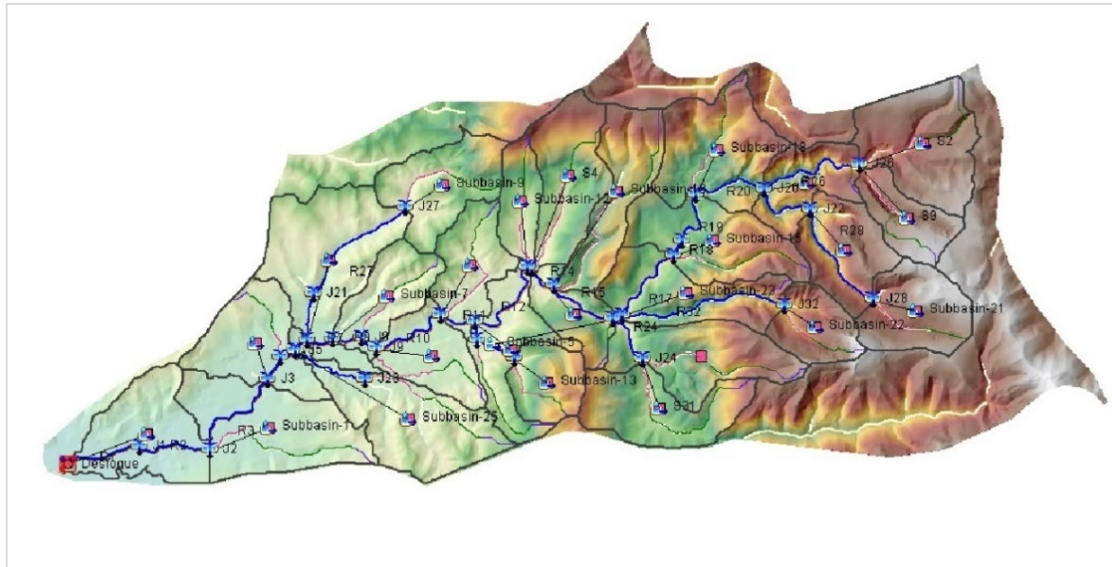
cod	Descripción	C	D	C/D	D/D
10	Cubierto árboles	70	77	73.5	82
20	Laderas	74	80	77	86
30	Pradera	74	80	77	84
40	Tierras de cultivo	88	91	89.5	89
50	Urbanizado	94	95	94.5	92
60	Suelo desnudo o vegetación escasa	86	89	87.5	94
80	Cuerpos de agua permanente	71	78	74.5	98
90	Humedales herbáceos	71	78	74.5	78
95	Mangle	71	78	74.5	78

El tiempo que tarda el flujo en descender del punto más alto hasta la salida de drenaje de la cuenca es lo que se define como tiempo de concentración. Este parámetro se necesitó estimar el tiempo de retardo y así el diagrama unitario del método SCS. Con ello, se identificó las variaciones en el caudal de la escorrentía que se presenta en la cuenca (Cabrera, lucio Figueroa, 2022). Al igual que con la prueba de bondad de ajuste fue necesario la ejecución de diferentes autores sobre el cálculo del tiempo de concentración por eso se utilizó: *Kirpich*, *Témez* y *SCS*.

**Tabla 2.26. Ecuaciones cálculo tiempo de concentración. [Ven Te Chow, 2010]**

Métodos	Ecuación para $t_c$	Observaciones
<b><i>Kirpich (1940)</i></b>	$t_c = 0.066 \left( \frac{L}{S^{1/2}} \right)^{0.77} \quad (2.22)$	Para cuencas de con pendientes de 3 a 10%
<b><i>Témez</i></b>	$t_c = 0.30 * \left( \frac{L}{S^2} \right)^{0.75} \quad (2.23)$	Para cuencas rurales, con grado de urbanización no mayor a un 4% del área de la cuenca
<b><i>Ecuación de retardo SCS (1973)</i></b>	$t_c = \frac{0.0136L^{0.8} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}} \quad (2.24)$	Para cuencas pequeñas urbanas, área menor a 800 Ha.

Se creó el modelo digital y en el programa *HEC-HMS 4.10* se ingresaron todos los parámetros obtenidos, de esta manera se obtuvo los hidrogramas de la crecida de todas las subcuencas, introduciendo las precipitaciones máximas por hora obtenidas con la distribución estadística establecida.



**Figura 2.14. Subcuencas de la cuenca Olón. [Las Autoras, 2023]**

Debido a que el río Olón cuenta con un puente en el desfogue hacia al mar se trabaja con el período de retorno con el que se diseña, en este caso un  $T=100$  años. De igual manera el módulo hidrológico e hidráulico deben trabajar con el mismo período de retorno. Tal valor de probabilidad de excedencia es adecuado para el tape propuesto.

### **Método de Muskingum**

Mediante la implementación de este método se estimó el incremento de crecidas en el río, con el hidrograma de la avenida que corresponde al tránsito en cauce de la cuenca (Choudhury et al., 2002). Si se ve al río de una forma prismática, la capacidad que este pueda almacenar en un tramo ( $X$ ) es un parámetro que se utiliza en este método, y el otro sería el tiempo ( $K$ ) que tarda en almacenarse en dicho tramo. El valor de  $X$  para los *subreaches* se definió constante de 0.3, antes de calibrar el modelo, mientras que el parámetro  $K$ , se lo calculó mediante la ecuación 2.25.

$$K(hr) = 0.18 * \left( \frac{\Delta x}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (2.25)$$

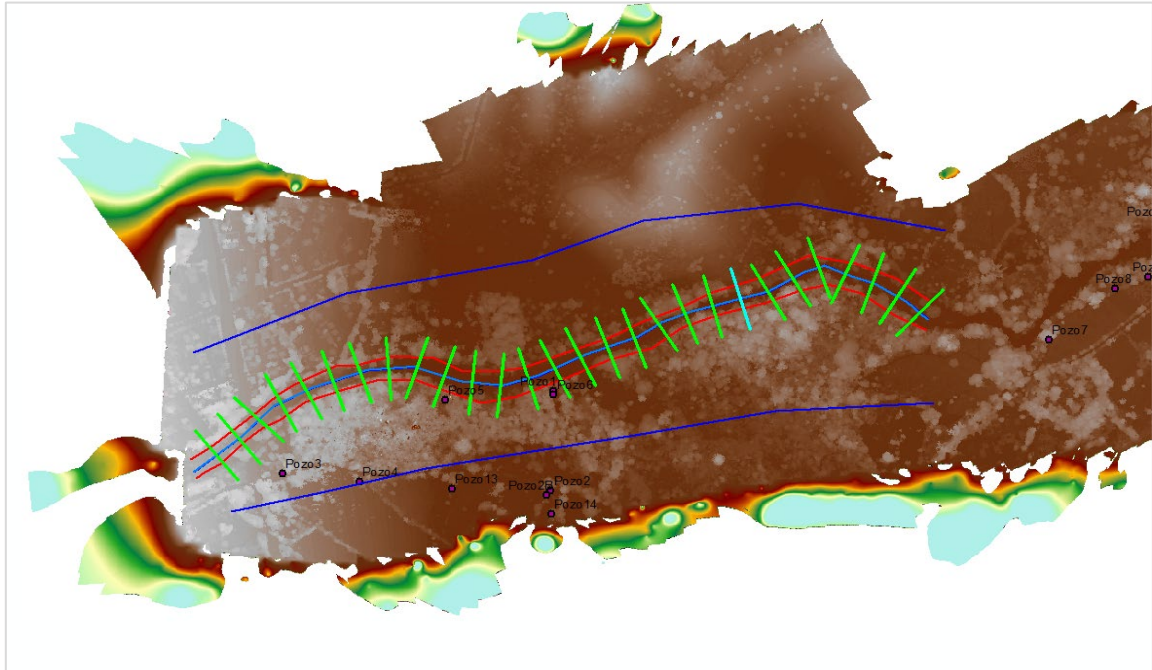
Donde:

S: pendiente

$\Delta x$ : longitud [m]

### **2.4.2 Modelación Hidrodinámica**

Para la modelación hidrodinámica se utilizó el DEM y la ortofoto obtenida a partir del levantamiento topográfico descritos en la sección 2.3.3. Así, con lo cual se generó la geometría del río, mediante el programa *ArcMap* y *HEC-RAS*.



**Figura 2.15. Geometría del Río con los modelos de elevación.**

Adicionalmente para la simulación se necesitó estimar el coeficiente de rugosidad o factor de Manning. Para esto se usó el método de Cowan el cual sigue el criterio de la USGS (Arcement, 1989; Phillips & Tadayan, 2006). Este método toma en cuenta los factores que puedan afectar su magnitud y esta descrito por la ecuación (2.26)

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5 \quad (2.26)$$

Donde:

$n_0$ : Factor que depende de la superficie del canal

$n_1$ : Factor que depende de las irregularidades de fondo y susceptibilidad a socavación.

$n_2$ : Factor que depende de la geometría de la sección transversal

$n_3$ : Factor que depende de las obstrucciones del canal

$n_4$ : Factor que depende de la presencia de vegetación

$m_5$ : Factor que depende de la densidad de meandros

Fue necesario segmentar la zona de estudio, dado que poseen características diferentes y específicas para cada sección; sin embargo, las características de superficie del río se mantienen. Tomando en consideración todos los factores establecidos en cada sección se tiene los siguientes resultados de rugosidad:

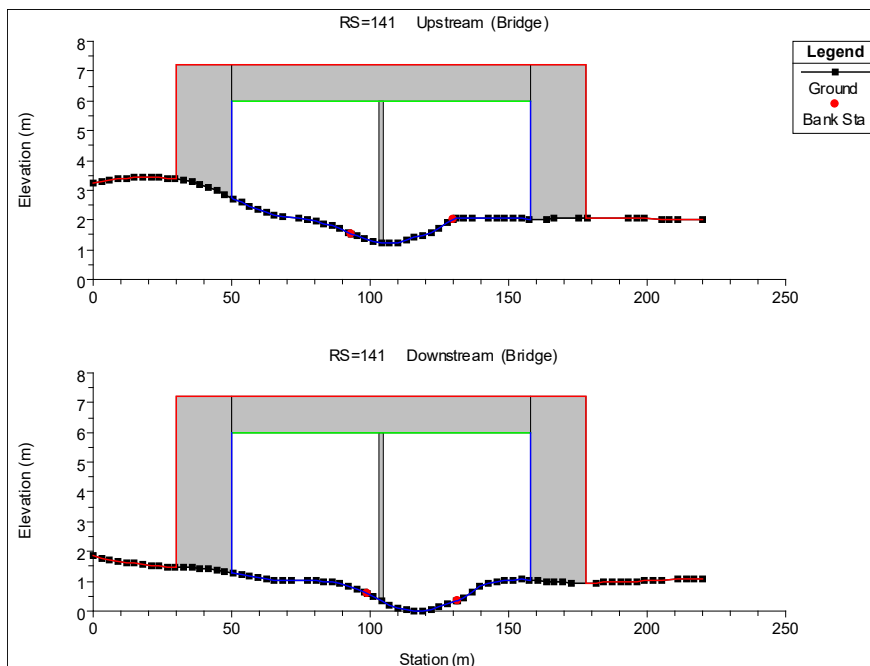
**Tabla 2.27. Valores de Manning [Las Autoras,2023].**

Río Olón - Sector El Bosque								
Tramo	Elemento	$n_0$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$m_5$	$n_{corr}$
1+550-1+150	Llanura izq.	0.028	0.01	0.02	0.017	0.05	1.17	0.146
	Canal	0.028	0	0	0.01	0.05	1	0.088
	Llanura der.	0.028	0.009	0.02	0.018	0.07	1.17	0.170
1+150-0+750	Llanura izq.	0.028	0.012	0.01	0.019	0.06	1.15	0.148
	Canal	0.028	0	0	0.02	0.07	1	0.118
	Llanura der.	0.028	0.01	0.015	0.02	0.05	1.15	0.141
0+750-0+350	Llanura izq.	0.028	0.01	0.015	0.02	0.025	1.17	0.115
	Canal	0.028	0	0	0.02	0.025	1	0.073
	Llanura der.	0.028	0.01	0.015	0.02	0.025	1.2	0.118
0+350-0+50	Llanura izq.	0.028	0.01	0.012	0.015	0.05	1.15	0.132
	Canal	0.028	0	0	0.02	0.015	1	0.063
	Llanura der.	0.028	0.009	0.012	0.02	0.035	1.15	0.120

Por otro lado, se agregó el puente existente en la zona de estudio tal como se muestra en la figura adjunta.

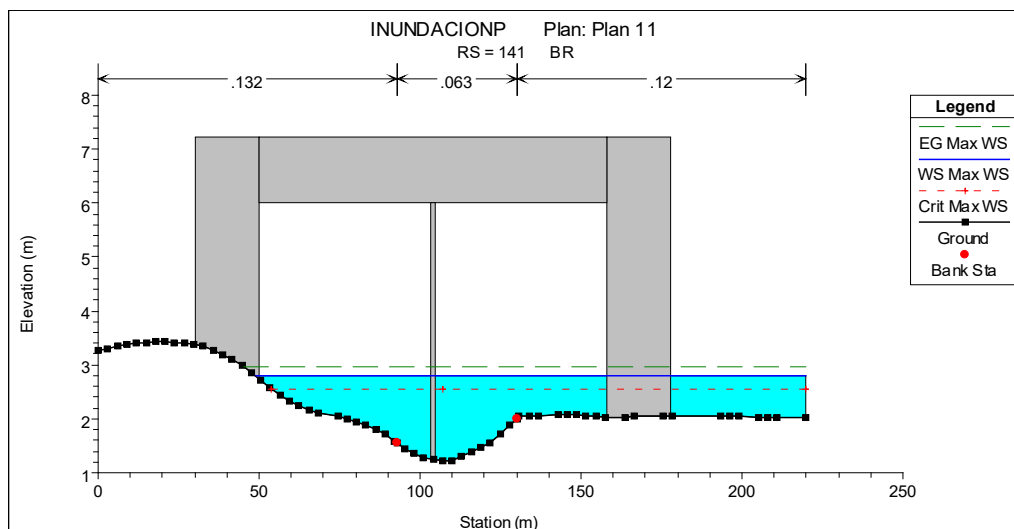
**Tabla 2.28. Medidas del puente. [Las autoras]**

Rasante	7.22 m
Altura inferior de vigas	6 m
Luz del puente	54 m



**Figura 2.16. Geometría del río con puente existente.**

Posteriormente se modeló el diseño hidráulico con un caudal obtenido para un período de retorno de 100 años, sacado de la sección de modelación hidrológico, a partir del hidrograma de caudales, del DEM del río y los coeficientes de rugosidad previamente calculados. Sin embargo, con la finalidad de alcanzar la cota histórica de inundación, se tomó como referencia el puente existe, con esto se determinó que el caudal de diseño es  $168.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , para esto se modificaron los valores de  $k$  y  $x$  del método de Muskingum para alcanzar dicha cota histórica alcanzando la cota de 13 msnm.



**Figura 2.17. Calibración final.**

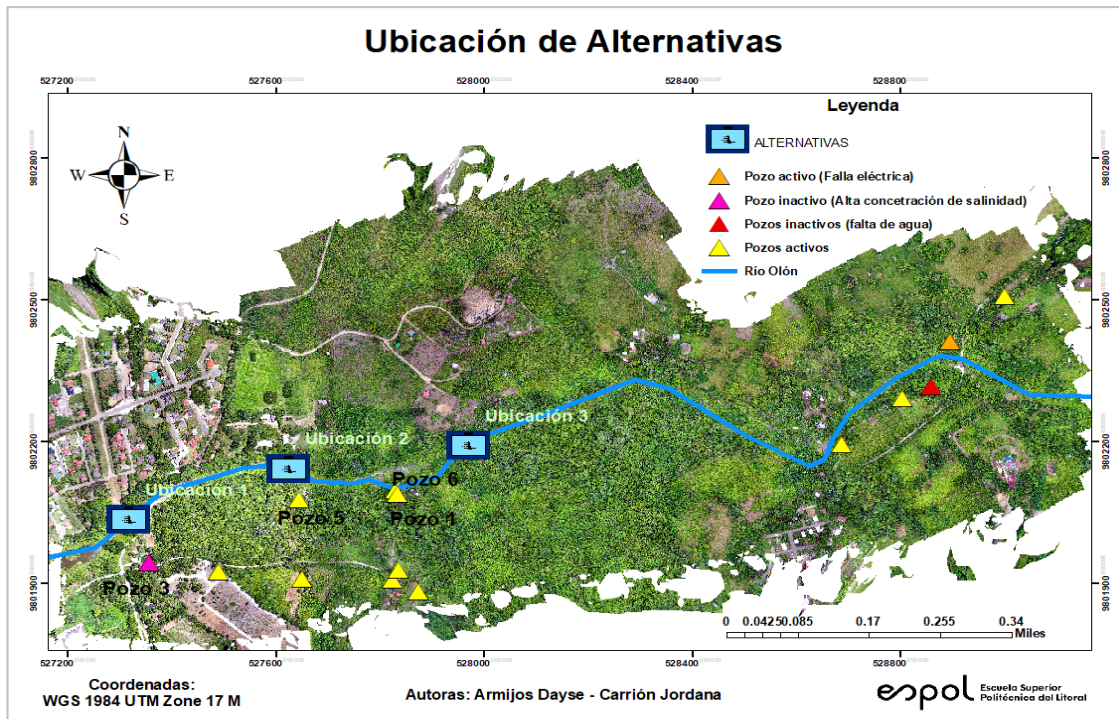
## 2.5 Análisis de alternativas

En este trabajo se propone realizar el diseño de un dique en el sector el Bosque tomando en consideración las características hidrológicas e hidráulicas de la cuenca que alimenta al río Olón. Adicionalmente se toma en cuenta la información preliminar del área de estudio y ubicaciones tentativas, las cuales se pueden observar en la figura adjunta.

Por lo tanto, las opciones propuestas son:

- I. Alternativa No.1: Diseño de un dique cercano al pozo 3.
- II. Alternativa No.2: Diseño de un dique cercano al pozo 5.
- III. Alternativa No 3 Diseño de un dique cercano al pozo 6.





**Figura 2.18. Ubicación de alternativas propuestas**

### **2.5.1 Restricciones y criterios de evaluación**

Los criterios a considerar para la evaluación de las distintas alternativas son: parámetros técnicos, parámetros sociales, parámetros económicos y parámetros ambientales.

#### **2.5.1.1 Parámetros técnicos**

El diseño de la alternativa seleccionada debe cumplir con las facilidades constructivas de acuerdo con los aspectos económicos de la zona. Y debe estar elaborado siguiendo las normativas de construcción nacionales, e internacionales si fuese necesario. Adicionalmente es importante identificar la zona intervenida, y verificar si existe cercanía al acuífero y al menos un pozo, otras infraestructuras, sistemas de agua, caminos alternos, de modo que no se vea interrumpido su funcionamiento y se evite cualquier tipo de daño causado por obra civil.

Dentro de este apartado es importante considerar los siguientes puntos:

1. Ubicación del dique
2. Geometría del dique
3. Materiales de construcción

#### **2.5.1.2 Parámetros sociales**

La socialización con los moradores del sector es importante, porque permite conocer los aspectos preliminares de las zonas propuestas, los antecedentes, las condiciones y

restricciones que tienen acerca del diseño a emplear. Además, la gestión de las soluciones ante una eventualidad que lo requiera en caso de ejecutarse el proyecto. Este componente involucra a toda la población cercana del sector el Bosque y principalmente a la JASRAPO. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Aceptación de la comunidad
2. Obstrucciones a áreas turísticas

#### **2.5.1.3 Parámetros económicos**

El presupuesto de la obra es un factor importante en la ejecución del proyecto. Debido a que la comuna Olón es una zona rural con recursos económicos limitados, se busca elegir una alternativa más económica, pero garantizando la durabilidad del diseño. Por lo tanto, se considera los siguientes aspectos:

1. Costos directos de la obra
2. Costos por operación y mantenimiento (OPEX)

#### **2.5.1.4 Parámetros ambientales**

Debido a la ubicación del sector, hay bastante presencia de vegetación y con ello flora y fauna, se debe tomar en cuenta que el dique no se encuentre proyectado en zonas preservadas. Por tanto, es conveniente que se proyecte la estructura en un área donde se genere la menor cantidad de impactos ambientales como:

1. Pérdida de flora y fauna
2. Invasión en espacios protegidos
3. Contaminación del suelo, agua o el entorno.

#### **2.5.2 Selección de alternativa a través de escala Likert.**

La aplicación de la escala Likert permitirá obtener datos cualitativos de cada una de las alternativas propuestas (Likert, 1932), con el fin de escoger la que obtenga un mayor puntaje, basado en los parámetros establecidos en la sección 2.5.1. A continuación la tabla 2.29 muestra la escala empleada para la selección de la mejor alternativa.

**Tabla 2.29. Escala Likert.** (Likert, 1932)

Muy desfavorable	1
Parcialmente desfavorable	2
Neutro	3
Parcialmente favorable	4
Totalmente favorable	5

Adicionalmente para la evaluación de las alternativas se asignó diferentes porcentajes a los parámetros definidas en la sección 2.5.1., acorde a la importancia y desarrollo y funcionalidad del diseño de la obra hidráulica.

**Tabla 2.30. Porcentajes de los parámetros de las alternativas. [Las Autoras, 2023]**

Parámetros	Peso	Justificación
Técnicos	35%	El propósito de este proyecto es diseñar un dique funcional y durable que sirva para el aprovechamiento hídrico de toda la comuna y solucione la escasez de agua.
Sociales	25%	El diseño debe cumplir con las necesidades de la comunidad, pero acoplarse a los parámetros técnicos.
Económicos	20%	Debe ser rentable para la comunidad, pero cumplir con los parámetros técnicos.
Ambientales	20%	La mayor parte de la zona de estudio cuenta con vegetación y por lo general la construcción de obras hidráulicas siempre atentan en contra del desarrollo ambiental.

**Tabla 2.31. Matriz evaluadora de alternativas. [Las Autoras,2023]**

Parámetros	Peso	Alternativas		
		Alternativa: Diseño de un dique, cercano al pozo 3.	Alternativa 2: Diseño de un dique, cercano al pozo 5.	Alternativa 3: Diseño de un dique, cercano al pozo 6.
<b>Técnicos</b>				
Ubicación idónea	35%	3	4	4
Geometría ideal para el almacenamiento de agua		4	5	5
Materiales (Mayor durabilidad)		3	5	5
<b>Sociales</b>				
Aceptación de la comunidad	25%	5	4	5
Obstrucción a áreas turísticas		4	4	4
<b>Económicos</b>				
Menor costo de construcción	20%	5	3	2
Menor costo de OPEX		3	4	3

<b>Ambientales</b>				
Menor pérdida de flora y fauna	20%	5	3	2
No representa invasión a espacios protegidos		5	5	5
Menor contaminación del suelo, agua y entorno		3	4	2
<b>Promedio</b>	100%	3.96	4.13	3.86

De acuerdo con la tabla 2.31, la alternativa 2: diseño de un dique cercano al pozo 5, es la seleccionada. Porque representa mejor puntaje de evaluación del análisis de restricciones y es la que más se adapta a todos los parámetros establecidos.

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

### 3.1 Diseño hidráulico

#### 3.1.1. Ubicación del dique

El dique estará ubicado en las coordenadas representadas por los dos empotramientos que posee la estructura, uno de cada costado.

Empotramiento derecho: 982151.98 N, 527621.19 E

Empotramiento izquierdo: 9802123.04 N, 527613.92 E

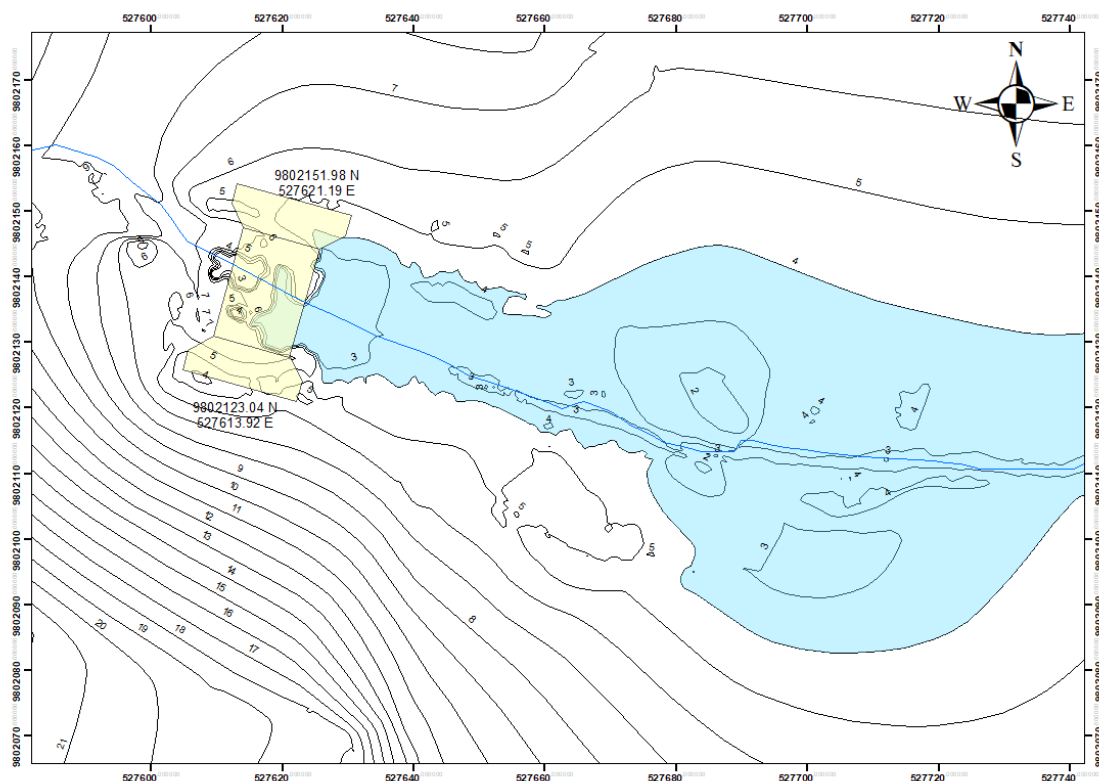


Figura 3.1. Coordenadas del dique, vista en planta.

#### 3.1.2. Dimensionamiento del dique

Para el dimensionamiento de la estructura hidráulica, se estableció una altura de 4m, desde la superficie del terreno hasta la corona del dique, un ancho de corona de 3m. También se estimó un borde libre, para evitar cualquier desborde sobre la corona. De acuerdo con (JICA, 2010) el ancho de la corona estimado para este proyecto es de 3m, el cual es aceptable, ya que está basado en el caudal de diseño.

Ancho de cresta del dique	
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	Ancho (m)
< 500	3
500 – 2,000	4
2,000 – 5,000	5
5,000 – 10,000	6
> 10,000	7

*Nota.* Adaptado de *Technical Standards and Guidelines for Design of Flood Control Structures*, por JICA, 2010, p. 6.

**Figura 3.2. Ancho de corona del dique. [JICA, 2010]**

Con el fin de garantizar la estabilidad de los taludes de la estructura, se toma en consideración los criterios establecidos por el (USBR, 1999), para terraplenes conformados por limo arcillosos de 2.5 H: 1V para la condición aguas arriba y 2 H: 1 V para la condición de aguas abajo. Sin embargo, se ha definido 2 H: 1: V, para ambas condiciones.

Case	Type	Purpose	Subject to rapid drawdown <sup>1</sup>	Soil classification <sup>2</sup>	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

**Figura 3.3. Relación de taludes. [USBR, 1999]**

### 3.1.3. Capacidad de almacenamiento

A través de las curvas de nivel obtenidas con la topografía del terreno, se calculó el volumen de embalse desde la cota más baja hasta la cota máxima de embalse. Para lo cual fue necesario utilizar las herramientas de *ArcMap*, primero se delimitó el área de embalse y se generó curvas de nivel cada 0.1m. Mediante las herramientas de *ArcToolbox*, se creó un polígono de las nuevas curvas y se calculó el área parcial m<sup>2</sup> de cada una y el área promedio m<sup>2</sup> o acumulada, con lo que finalmente se estimó el volumen m<sup>3</sup>. De tal manera, que el volumen de almacenamiento es 6149.868 m<sup>3</sup>.

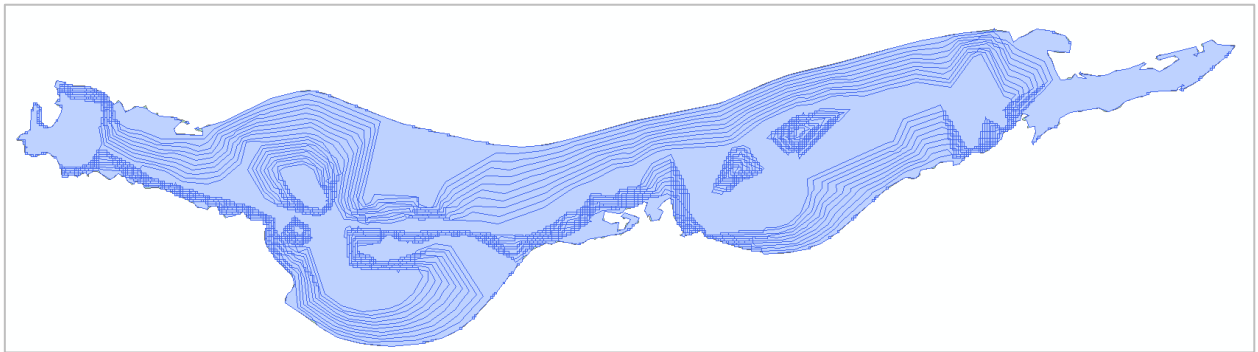


Figura 3.4. Curvas de nivel del área de embalse cada 0.1[m]. [Las autoras, 2023]

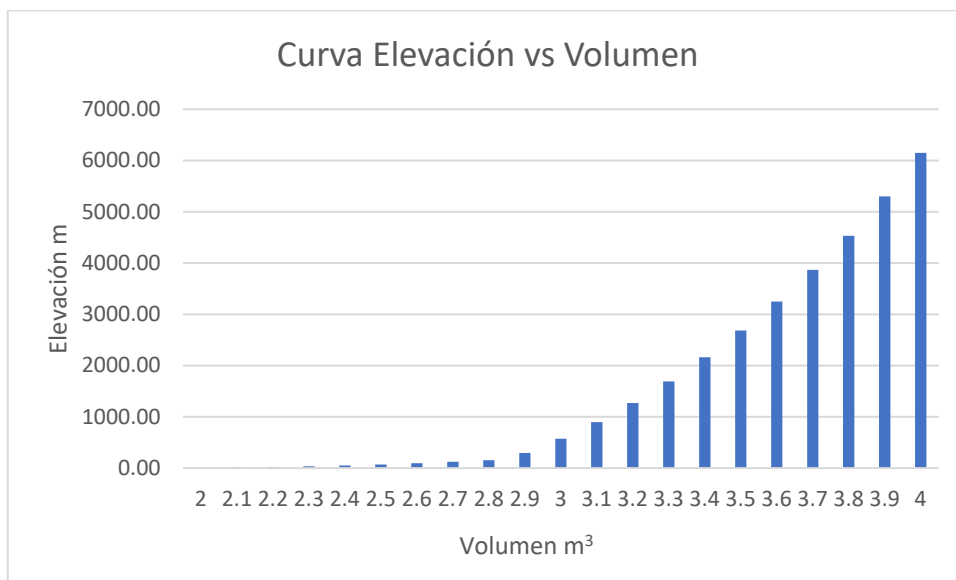


Figura 3.5. Capacidad de Almacenamiento del Dique. [Las autoras, 2023]

### 3.1.4. Borde Libre

Es una altura que va desde la cota de inundación hasta la corona del dique, con la finalidad de evitar futuros desbordamientos. Para determinar el borde libre se aplica la ecuación establecida por (USB, 1999).

$$BL = \sqrt{J * y} \quad (3.2)$$

*BL*: Borde libre [ft]

*J*: Coeficiente entre 1.5 para canales con capacidad de 20ft³/s (0.57 m³/s) hasta 2.5 para canales con capacidad de 3000 ft³/s (85m³/s) o mayores

*y*: Profundidad hidráulica [m]

Para el cálculo de este proyecto, se utilizó  $J = 2.5$ , puesto que el caudal excede los  $85 \text{ m}^3/\text{s}$ , de modo que, reemplazando los datos se tiene un borde libre de  $2 \text{ [m]}$ .

$$BL = \sqrt{2.5 * 17.741} = 6.659 \text{ [ft]} = 2.0 \text{ [m]}$$

### 3.1.5. Diámetro de enrocado de protección

El enrocado de protección sirve para proteger los terraplenes, con el fin de brindar resistencia contra la inestabilidad. Se debe tomar en cuenta consideraciones de diseño y elección de material, por lo tanto, se utilizó la guía de diseño de la Normativa HEC 23 Volumen II, la cual está basada en el método desarrollado por Maynard (1989,1990). Esta utiliza la profundidad y velocidad (halladas en la modelación hidrodinámica) como datos de entrada para los parámetros de diseño y esta descrita por medio de la ecuación (3.3). En esta ecuación, para su correcta aplicación, define parámetros de restricciones para cada variable.

$$d_{30} = y(S_f C_S C_V C_T) \left[ \frac{V_{des}}{\sqrt{K_1(S_g - 1)gy}} \right]^{2.5} \quad (3.3)$$

$$d_{50} = 1.2d_{30} \quad (3.4)$$

Donde:

$d_{30}$ : Tamaño de partícula para el cual el 30% es más fino en peso, ft [m]

$y$ : Profundidad de flujo local, ft [m]

$S_f$ : Factor de seguridad (debe ser  $> 1.0$ )

$C_S$ : Coeficiente de estabilidad (para matriz de espesor de manta =  $d_{100}$  o  $1.5d_{50}$

cualquiera que sea mayor y relación de uniformidad  $\frac{d_{85}}{d_{15}} = 1.7$  a  $5.2$ ).

= 0.30 para roca angular.

= 0.375 para roca redondeada.

$C_V$ : Coeficiente de distribución de velocidad.

= 1.0 para canales rectos o interior de curvas.

=  $1.283 - 0.2 \log(R_c/W)$  para el exterior de las curvas (1.0 para  $R_c/W > 26$ )

= 1.25 aguas abajo de los canales de hormigón

= 1.25 al final de los diques.

$C_T$ : Coeficiente espesor de manto dado en función de la relación de uniformidad  $\frac{d_{85}}{d_{15}}$ .

= 1.0 es recomendable porque se basa en datos muy limitados.



$V_{des}$ : Velocidad característica para el diseño, definida como la velocidad promediada en profundidad en un punto 20% pendiente arriba desde el pie del revestimiento, ft/s [m/s]

Para canales naturales:  $V_{des} = V_{avg} \left( 1.74 - 0.52 \log \left( \frac{R_c}{W} \right) \right)$  (3.5)

$V_{des} = V_{avg}$  para  $\frac{R_c}{W} > 26$  (3.6)

Para canales trapezoidales:  $V_{des} = V_{avg} \left( 1.71 - 0.78 \log \left( \frac{R_c}{W} \right) \right)$

$V_{des} = V_{avg}$  para  $\frac{R_c}{W} > 8$

$V_{avg}$ : Velocidad promedio de la sección transversal del canal, ft/s [m/s]

$K_1$ : Factor de corrección de pendiente lateral

$$K_1 = \sqrt{1 - \left( \frac{\sin(\theta - 14^\circ)}{\sin(32^\circ)} \right)^{1.6}} \quad (3.7) \quad \theta: \text{ángulo de inclinación en grados}$$

$R_c$ : Radio de la línea central de la curvatura de la curva del canal, ft [m]

$W$ : Ancho de la superficie del agua en el extremo aguas arriba de la curva del canal, ft [m]

$S_g$ : Gravedad específica de la escollera (normalmente se toma como 6.25)

$g$ : Aceleración de la gravedad 9.81 [m/s<sup>2</sup>]

Finalmente desarrollando la ecuación 3.3 se obtiene  $d_{30}$ , sin embargo, para el cálculo se requiere  $d_{50}$ , es por esto que, para su obtención basta con aplicar la ecuación 3.4 y se obtiene  $d_{50} = 0.26$  [m] y de acuerdo con la tabla 4.1 de la guía de diseño, se seleccionó la escollera de clase III,  $d_{50} = 12$  [in] = 0.3 [m]

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.

Figura 3.6. Tamaño de partícula mínimo y máximo permitido. [USBR 1999]

### 3.1.6. Espesor del enrocado.

De acuerdo con (USACE, 1970) el espesor del enrocado no debe ser menor que  $1.5 D_{50}$ , de tal forma que se obtiene un espesor de 0.45 m.

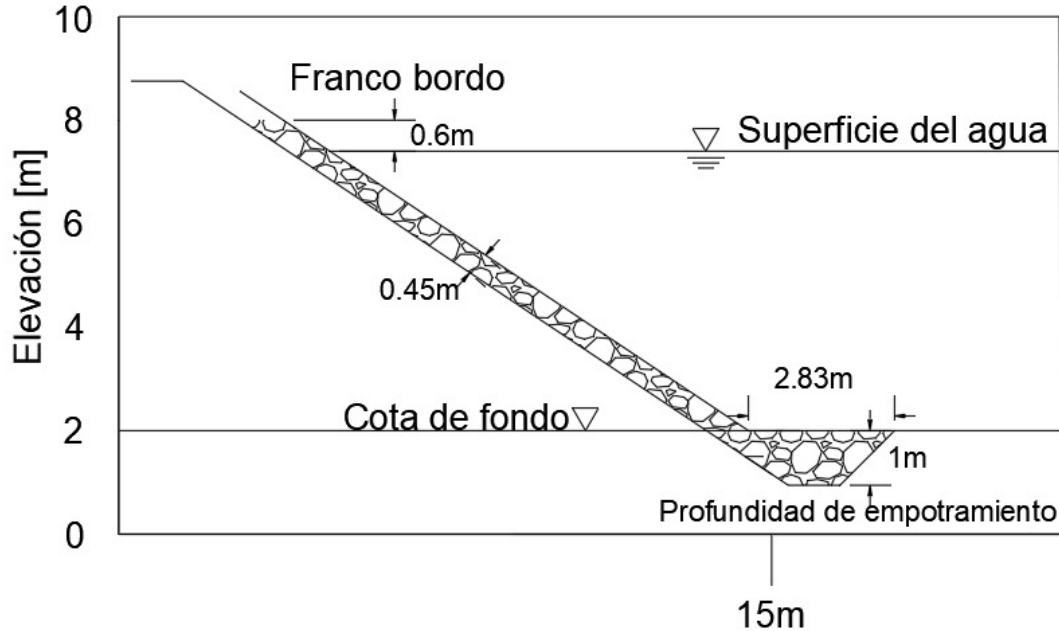


Figura 3.7. Protección de enrocado. [Las autoras, 2023]

### 3.1.7. Socavación

El desgaste del fondo de un río está dado por el transporte de las partículas sólidas que conforman al río, las mismas que causan erosión a largo plazo, siempre que la velocidad que tenga el cauce supere a la producción de desgaste del río (Juárez & Rico, 1984). Se utilizó el método de *Lischtvan-Lebediev* (Galiano Ayala & Toapaxi Alvarez, 2010) para estimar la socavación general del río, esto debido a que considera el tipo de sedimento que se presenta. En este caso, se trató de un material cohesivo y se utilizó los resultados de los ensayos geotécnicos ejecutados capítulos anteriores, principalmente el diámetro de la partícula  $D_{50}$ .

$$D_s = \left( \frac{\alpha D_0^{5/3}}{4.7 \beta d_m^{0.28}} \right)^{\frac{d_m^{0.092}}{0.233 d_m^{0.092}}} \quad (3.9)$$

Donde:

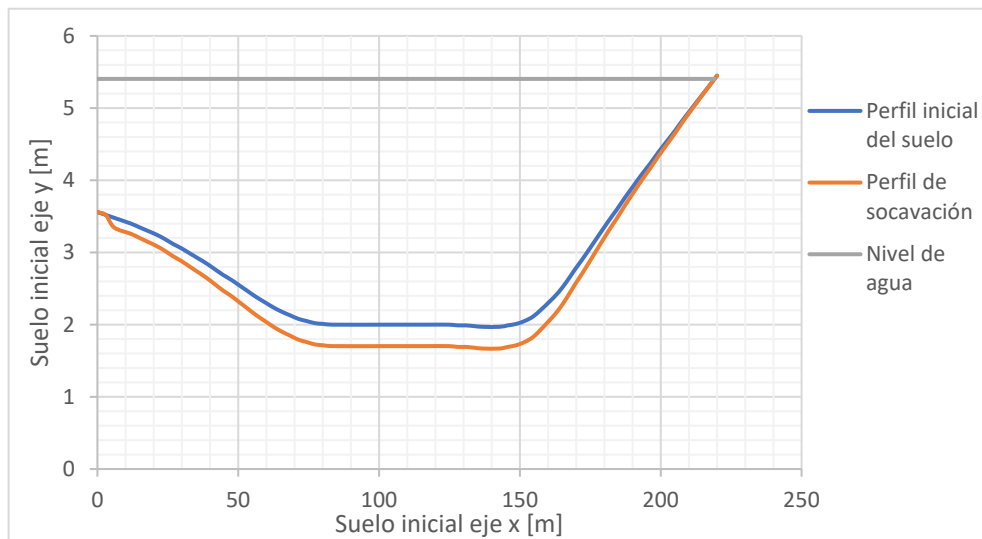
$D_0$  = tirante inicial (m)

$d_m$  = diámetro de la partícula que pasa por el tamiz  $D_{50}$  (m)

$\beta$  = coeficiente en función del periodo de retorno

$\alpha$  = representa la conductancia de la sección de escurrimiento

Se estimó la socavación en los puntos cercanos a la ubicación del dique y en la zona donde se encuentra el puente. En este caso se cuenta con estaciones cada 50 [m]. En la figura 3.8 se observa el nuevo perfil del río, causado por la socavación general cerca del dique.



**Figura 3.8. Perfil de socavación. [Las Autoras, 2023]**

**Tabla 3.1. Socavación del río. [Las autoras, 2023]**

Socavación (m)			
Perfil	Talud izquierdo	Fondo del Río	Talud derecho
Pozo 5	0.30	0.30	0.29

El desplazamiento final del suelo es considerable por lo que se propuso un enrocado en los taludes del cauce del río para mitigar los efectos de la socavación.

### 3.1.8. Análisis de factibilidad de implementación de compuertas

Los sedimentos que transporta el río van ocupando poco a poco un volumen destinado inicialmente al almacenamiento de agua y le van restando a través del tiempo utilidad a la obra. Un embalse ha complementado su periodo útil cuando el volumen de sedimentos es considerable en comparación con el volumen de.

El *Federal Interagency Sedimentation Project* define que cuando se ha perdido un 50% de la capacidad inicial de un embalse, se considera que se ha cumplido la vida útil. La eficiencia del embalse se puede describir como el peso de sedimento que se retiene en un embalse en un año aleatorio, expresado como proporción del peso total de entrada

de sedimentos en ese año (Gill, 1979). Se empleó el método de (Brown, 1944) para calcular la eficiencia del embalse ( $T_e$ ) con ayuda de la siguiente ecuación:

$$T_e = 1 - \frac{1}{\left(1 + k \frac{C}{A}\right)} \quad (3.10)$$

Donde:

C: Capacidad del embalse [ $m^3$ ]

A: Área de la cuenca sobre el embalse [ $km^2$ ]

k: coeficiente que refiere a los agregados que se involucren

**Tabla 3.2 Coeficiente k para tipo de sedimento (Gill, 1979)**

k	Tipo de sedimento
0.046	Agregado fino
0.1	Arenas
1	Agregado grueso

**Tabla 3.3 Tabla de datos para cálculo de eficiencia de embalse ( $T_e$ ). [Las Autoras,2023]**

Volumen del reservorio ( $m^3$ )	6149.9
C ( $m^3$ )	12186.8
Área de la cuenca ( $km^2$ )	57.3
C/A ( $m^3/km^2$ )	0.45
k	0.08

Obteniendo un  $T_e = 3\%$ , se determinó la cantidad de sedimentación que se irá acumulando en el embalse al transcurso del tiempo con la ayuda de ecuación implementada por (Gill, 1979).

$$C - C_0 = G * T_e * \frac{\Delta t}{\bar{y}} \quad (3.11)$$

Donde:

$C - C_0$ : Capacidades del reservorio [ $m^3$ ]

G: Peso de la sedimentación acumulada por un año [ $kg/año$ ]

$T_e$ : Eficiencia del embalse

$\bar{y}$ : Densidad sedimento [ $kg/m^3$ ]

$\Delta t$ : tiempo de sedimentación acumulada [años]

**Tabla 3.4 Datos de los sedimentos, [Las Autoras,2023].**

G [kg/año]	51.11
Te	3%
$\bar{y}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	2522.908

**Tabla 3.5  $\Delta t$  para perdidas de volumen de agua en el embalse, [Las Autoras,2023].**

<b>Pérdida en embalse (%)</b>	<b><math>\Delta t</math> (año)</b>
0	0.0
25	1164.8
50	2329.6
75	3494.4
100	4659.2

Con estos cálculos se obtuvo el tiempo de vida útil del embalse y observando la tabla se ve que cuando el embalse llegue al 50% de su capacidad se necesitará un período de tiempo de mil años como mínimo. Esto sugiere que la implementación de una compuerta para el desalojo de los sedimentos acumulados por arrastre del fondo no será necesaria.

## **3.2 Diseño Estructural**

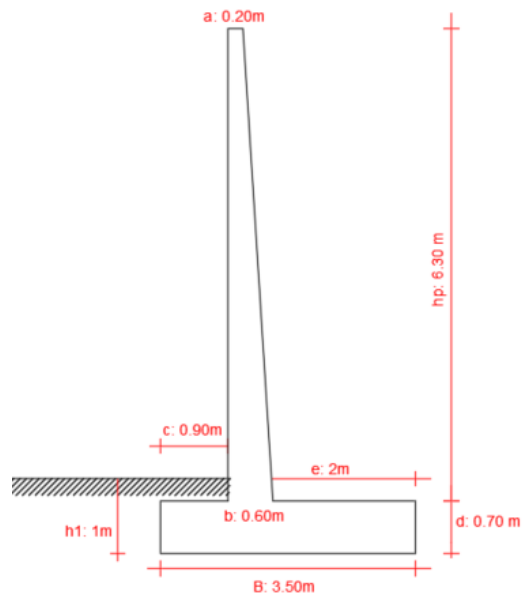
### **3.2.1. Muro de contención en voladizo**

Para el diseño del muro de contención se empleó en la estructura zapatas corridas donde se consideró las secciones del dique que se encuentran a los laterales puesto que proporciona soporte al empuje lateral del suelo. El deslizamiento horizontal en suelos cohesivos provoca una falla por la resistencia al corte por cohesión; por ello se implementa una zapata corrida para garantizar la estabilidad de todo el muro.

El diseño de este elemento estructural se basó en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015). Se implementó la normativa ACI 318S-14, para que cumpla con el factor de seguridad por volcamiento  $FSV = 3$  y factor de seguridad por desplazamiento  $FSD = 2$ , además del análisis de los esfuerzos presentes por corte y por tracción. En la figura 3.9 se muestran las dimensiones del muro de contención.

#### **3.2.1.1. Análisis por volcamiento**

Se estimó la fuerza de empuje que ejerce el suelo y los momentos y el ángulo de fricción del suelo lo estimaremos tablas (Hoek & Bray, 1991) en base a la clasificación del suelo que se había hallado.



**Figura 3.9. Diseño de muro de contención de 6 metros.**

$$\frac{h}{3} = 2.33 \quad (3.12)$$

$$P = \frac{1}{2} K_a \gamma h_p^2 \quad (3.13)$$

$$k_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (3.14)$$

**Tabla 3.6 Datos para el cálculo de fuerza de empuje. [Las Autoras, 2023]**

$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	1680
$\phi$	17
$k_a$	0.548
$P$ (kg)	31.46

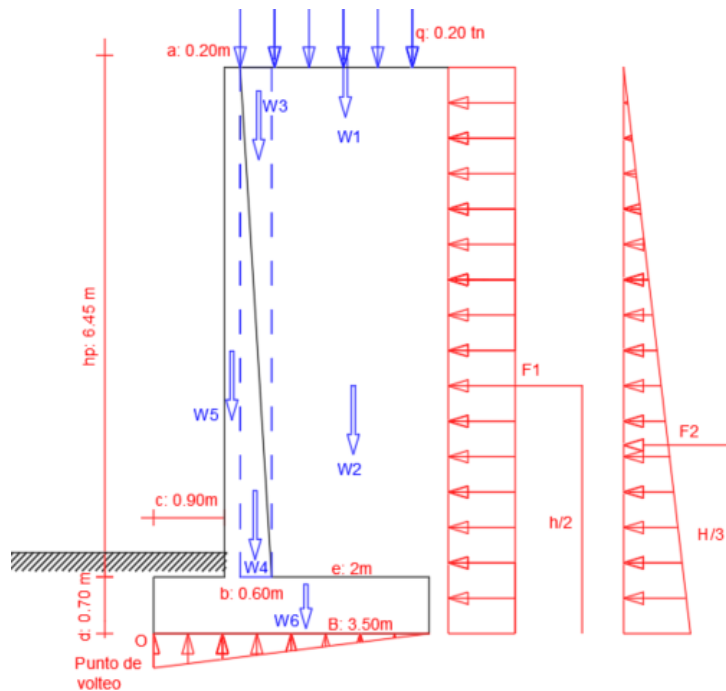


Figura 3.10. Estabilidad del muro al volteo.

Tabla 3.7 Cálculo de Momentos fuerzas verticales. [Las Autoras, 2023]

Peso	Pesos W (kg)					Brazo de giro X(m)	MOMENTO (kg-m)	
	W1	0.20 t/m2	1	2.4	480		2.60	1248
W2	2	6.3	1	1.7	214	2.60	556.92	
W3	0.4	6.3	1	1.7	21	1.30	27.85	
W4	0.4	6.3	1	2.4	3024	1.30	3931.2	
W5	0.2	6.3	1	2.4	3024	1.00	3024	
W6	3.5	0.7	1	2.4	5880	1.75	10290	
TOTAL			MFf=	12644	MoFy=	19077.97		

Tabla 3.8. Cálculo de Momentos fuerzas horizontales [Las Autoras, 2023]

Peso	W (kg)	Brazo (m)	MOMENTO (kg-m)
F1	706	3.15	2224.94
F2	194	2.33	451.13
$\Sigma Fh$	899.95	$\Sigma MFh$	2676.07

Factor de seguridad por volcamiento:

$$FSV = \frac{\sum M_{Fy}}{\sum M_{Fh}} \quad (3.15)$$

$$FSV = 7.3$$

$$FSV = 7.3 > 3 \text{ Cumple}$$

### 3.2.1.2. Análisis de seguridad por desplazamiento:

$$FSD = \frac{\mu \sum F_v}{\sum F_h} \quad (3.16)$$

$$\mu = \tan \phi$$

$$\mu = 0.306$$

$$FSD = 4.42$$

$$FSV = 4.42 > 2 \text{ Cumple}$$

Los factores de seguridad por volteo y desplazamiento son aceptados debido a que cumple con la NEC.

$$P_u = 1.2DL + 1.6LL \quad (3.17)$$

$$P_u = 295 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = \frac{P_u}{A * B} \quad (3.18)$$

$$q_u = 15 \text{ tn/m}^2$$

Cálculo del peralte efectivo

Varilla  $\phi 1/2'' = 2.54 \text{ cm}^2$

rec=7.5 cm en losas

$$d = e - rec - db \quad (3.19)$$

$$d = 31.33 \text{ cm}$$

Verificación por corte a flexión

$L_v = 2.6 \text{ m}$

$$V_{ua} = q_u * (L_v - d) * B \quad (3.20)$$

$$V_{ua} = 17.11 \text{ ton}$$

Calculo esfuerzo cortante admisible  $V_u$ :

$\phi = 0.85$

$B = 1 \text{ m}$

$$V_u = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad (3.21)$$

$$V_u = 27.87$$

$$V_{au} < V_u \text{ cumple esfuerzo por corte}$$

Verificación por punzonamiento  $V_{ua}$ :



$$m = 1m \quad ; \quad n = 0.51m$$

$$b_o = 2 * (m + n) \quad (3.22)$$

$$A_c = b_o * d \quad (3.23)$$

$$A_c = 0.94 m^2$$

$$Fvu = p_u - q_u * m * n \quad (3.24)$$

$$Fvu = 39.04 ton$$

$$V_{ua} = \frac{Fvu}{A_c} \quad (3.25)$$

$$V_{ua} = 36.88 tn/m^2$$

Esfuerzo cortante admisible  $V_u$ :

$$\Phi = 0.85$$

$$V_u = \Phi * V_c \quad (3.26)$$

Para el cálculo de  $V_c$  se escoge el menor

$$V_{c1} = \Phi * 0.53 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f'c} * b_o * d \quad (3.27)$$

$$V_{c1} = 71.93 ton$$

$$V_u = 61.15$$

$$V_{au} < V_u \text{ cumple esfuerzo por corte}$$

Diseño del acero de refuerzo

$$M_u = \frac{q_u * Lv^2 * B}{2} \quad (3.28)$$

$$M_u = 15.60tn * m$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} - \sqrt{\frac{1.7 * f'c * b}{fy^2} * \left(\frac{0.85 * f'c * b * d^2}{2} - \frac{Mu * 10^5}{0.9}\right)} \quad (3.29)$$

$$A_s = 13.95cm^2$$

Varilla  $\Phi 1/2"$ - $Ab=2.54 cm^2$

$$n = \frac{A_s}{Ab} = 6.58 \cong 7 \quad (3.30)$$

$$s = \frac{b}{n + 1} + 1 \quad (3.31)$$

$$s = 30cm$$

Se emplean varillas de  $\Phi 1/2"$  c/a 30 cm

Acero a temperatura:

$$A_{stemp} = 0.0018 * b * d \quad (3.32)$$

$$A_{stemp} = 17.13$$

Varilla  $\Phi$  1/2"-Ab = 1.27

$$n = \frac{As}{Ab} = 13.5 \cong 14$$

$$s = 25cm$$

Se emplean varillas de  $\Phi$ 1/2" c/a 25 cm

Detalle de muro de contención:

**Tabla 3.9. Resumen diseño de muro de 6.30 [m] [Las Autoras, 2023]**

Sección		Cantidad y número de varilla a usar	Separación (cm)
Punta		7 varillas de $\Phi$ 5/8"	30
Talón		4 varillas de $\Phi$ 1/2"	25
Acero por temperatura		4 varillas de $\Phi$ 1/2"	30
Pantalla	Vertical	5 varillas de $\Phi$ 5/8"	40
		5 varillas de $\Phi$ 5/8"	20
		6 varillas de $\Phi$ 1/2"	20
	Horizontal	5 varillas de $\Phi$ 1/2"	25
		5 varillas de $\Phi$ 5/8"	25



### **Calidad de los materiales**

Los materiales implementados en el proceso constructivo deberán ser de primera calidad, el almacenamiento de los materiales deberá ser establecido de modo que se garantice la conservación de la calidad y seguridad de los materiales a ser utilizados.

### **Piedra o material de enrocado**

Serán resistentes, no alteradas y deben cumplir con el tamaño de partícula mínimo y máximo permitido establecido en el diseño y regido por la Norma *Hec 23 Volume II Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. La unidad de medida del rubro es m<sup>3</sup>.

### **Material de préstamo (Arcilla)**

La arcilla utilizada para la construcción del núcleo del dique deberá ser arcilla de buena calidad, que cumpla con los requerimientos técnicos y los ensayos pertinentes, la arcilla de baja plasticidad (LL<50). Se prohíbe el uso del material de arcilla proveniente del mismo río u orillas, puesto que no cumplen con los estándares de calidad comprobados bajo los ensayos realizados. La unidad de medida del rubro es m<sup>3</sup>.

### **Transporte del material**

Se deberá garantizar el transporte de los materiales, de modo que no se produzca segregación, ni daños o pérdidas del material, con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación con el ambiente, su unidad de medida será en Km.

### **Dosificación de hormigones**

Las estructuras que llevarán hormigón deberán ser preparadas y dosificadas conforme a lo que indican los planos de diseño, de acuerdo con las especificaciones técnicas y lo estipulado en la norma INEN 1855-1 y 1885-2

Para el recubrimiento del dique se utilizará hormigón  $f_y = 2400 \text{ kg/m}^3$  con el espesor indicado en los planos de diseño.

Para las cimentaciones se utilizará hormigón simple, pero con aditivo con el fin de evitar la corrosión y se deberá seguir las especificaciones del plano de diseño. la unidad de medida del rubro es m<sup>3</sup>.

# CAPÍTULO 4

## 4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

### 4.1 Objetivos

#### 4.1.1 Objetivo general

Elaborar un estudio de impacto ambiental para el proyecto: “Diseño de un dique en el río Olón para el aprovechamiento hídrico de la comuna en el sector El Bosque”, mediante la identificación y evaluación de los factores ambientales causados por la construcción del proyecto, para la implementación de las medidas preventivas que permitan la reducción de los impactos ambientales, garantizando la preservación de la biodiversidad, calidad del agua, desarrollo sostenible y bienestar de la comunidad.

#### 4.1.2 Objetivos específicos

1. Identificar los aspectos ambientales mediante la valoración ambiental sobre los factores del área de estudio que pueden llegar a alterar el medio ambiente, con la finalidad de que se disminuyan las afectaciones en la zona de interés implementando medidas de mitigación.
2. Definir un presupuesto base sobre el plan de manejo ambiental que necesita la etapa de ejecución y funcionamiento de este proyecto e incluirlo en el presupuesto referencial.

### 4.2 Descripción del proyecto

El proyecto plantea la implementación de un dique que permitirá el aprovechamiento de la cuenca del río Olón, almacenando el agua e infiltrándola en los pozos cercanos, los cuales sirven como abastecimiento de la comuna. Debido a que en esta comunidad no cuenta con acceso al agua potable mediante la red de distribución, motivo por el cual el diseño establecido mejora la calidad de vida garantizando el acceso al agua y saneamiento y de esta manera cumplir con el sexto objetivo de desarrollo sostenible.

Se plantea el diseño de un dique, cercano al pozo 5. Esta alternativa plantea aumentar su capacidad de producción, porque actualmente trabaja a menos de la mitad, debido a los altibajos del caudal del río.

El análisis ambiental que se debe realizar para el proyecto estará centrado principalmente en la etapa constructiva, puesto que, en esta etapa se provee que existan riesgos ambientales, pero controlables. Sin embargo, para la realización del análisis se

debe definir la etapa constructiva del proyecto, la misma que estará en la sección 4.4 del presente capítulo.

### 4.3 Línea base ambiental

La línea base ambiental permite conocer el estado de las condiciones iniciales del área de estudio, recopila información de factores, físicos, biológicos y ambientales del entorno natural antes de que se realice la ejecución del proyecto.

#### Ubicación

La zona de estudio del presente proyecto es el sector “El Bosque”, ubicado en la comuna de Olón que forma parte de la parroquia Manglar-Alto la cual posee una población de 29.512 habitantes (Inec, 2010). Limita al norte con la comuna de Curia seguida de la provincia de Manabí, al Sur con la comuna de Montañita, al Este cerca del límite con la provincia de Manabí y al Oeste el Océano Pacífico.

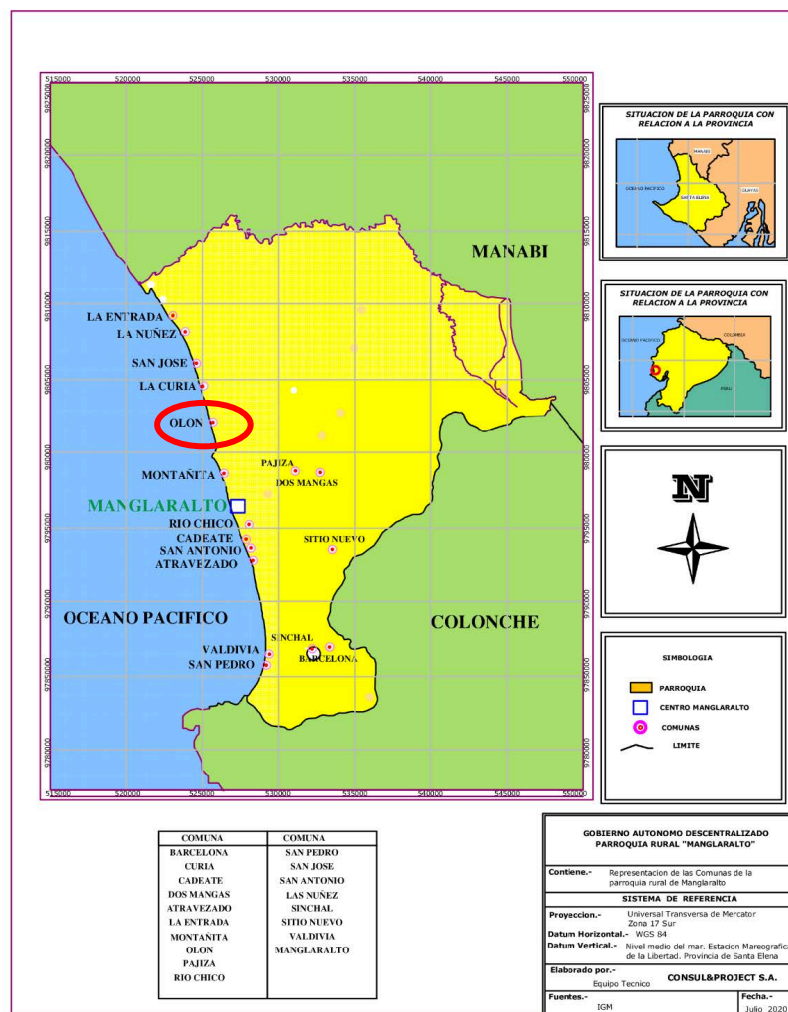


Figura 4.1. Mapa de ubicación de Olón. (Plan Nacional de Adaptación en Ecuador, 2021)

## Clima

El clima en la provincia de Santa Elena es seco y árido, debido a la influencia de la corriente fría de Humboldt. Se presenta el clima tropical húmedo, seco y de sabana, en Olón la temperatura predominante es de 24°C a 26°C, tal como se puede observar en la figura 4.1, que representa el mapa de las temperaturas de toda la provincia. (GADP-Manglaralto, 2019)

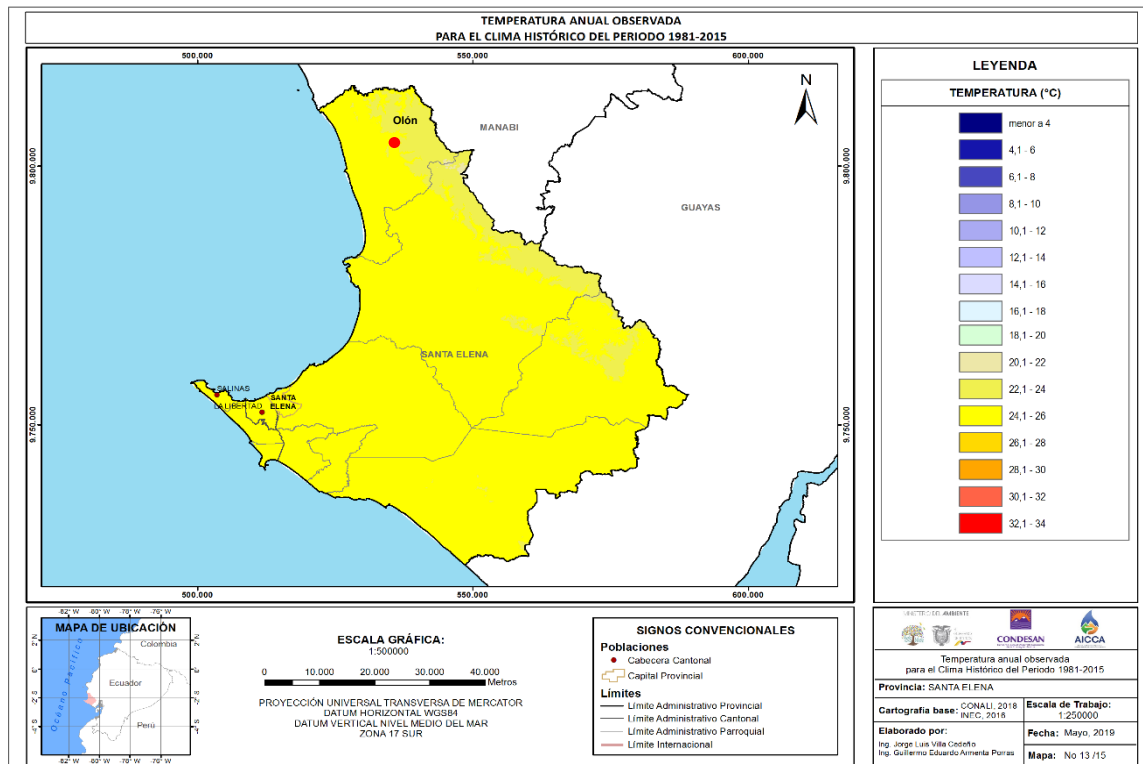


Figura 4.2. Mapa climático de Santa Elena. (Plan Nacional de Adaptación en Ecuador, 2021)

## Cuencas hidrográficas

Manglaralto está compuesto por los ríos Valdivia, Olón, Manglaralto y Río Grande, los cuales se caracterizan por tener cambios estacionales y variaciones en el caudal debido a las fluctuaciones de cobertura vegetal.

Tabla 4.1. Hidrografía de la parroquia Manglaralto. (GADP-Manglaralto, 2019)

Cuencas hidrográficas	Extensión km <sup>2</sup>	Régimen
Río Valdivia	137.52	Permanente
Río Olón	53.29	Permanente
Río Manglaralto	65.98	Permanente
Atravesado	81.88	Permanente
Río Grande	161.3	Intermitente

## Uso de suelo y cobertura vegetal

Todas las actividades y acciones que ejecutan las personas sobre una superficie para producirla, modificarla o mantenerla se conoce como uso de suelo. De acuerdo con el plan de ordenamiento territorial del (GADP-Manglaralto, 2019) en Olón predomina la zona boscosa, la cual influye directamente en el acuífero, también las áreas agrícolas y ganaderas que se presentan a lo largo del terreno. De esta manera, los problemas ambientales que se presentan en estas zonas son la degradación de ecosistemas, deforestación, contaminación por desechos líquidos y sólidos, escasez hídrica, aumento de población sin planificación.

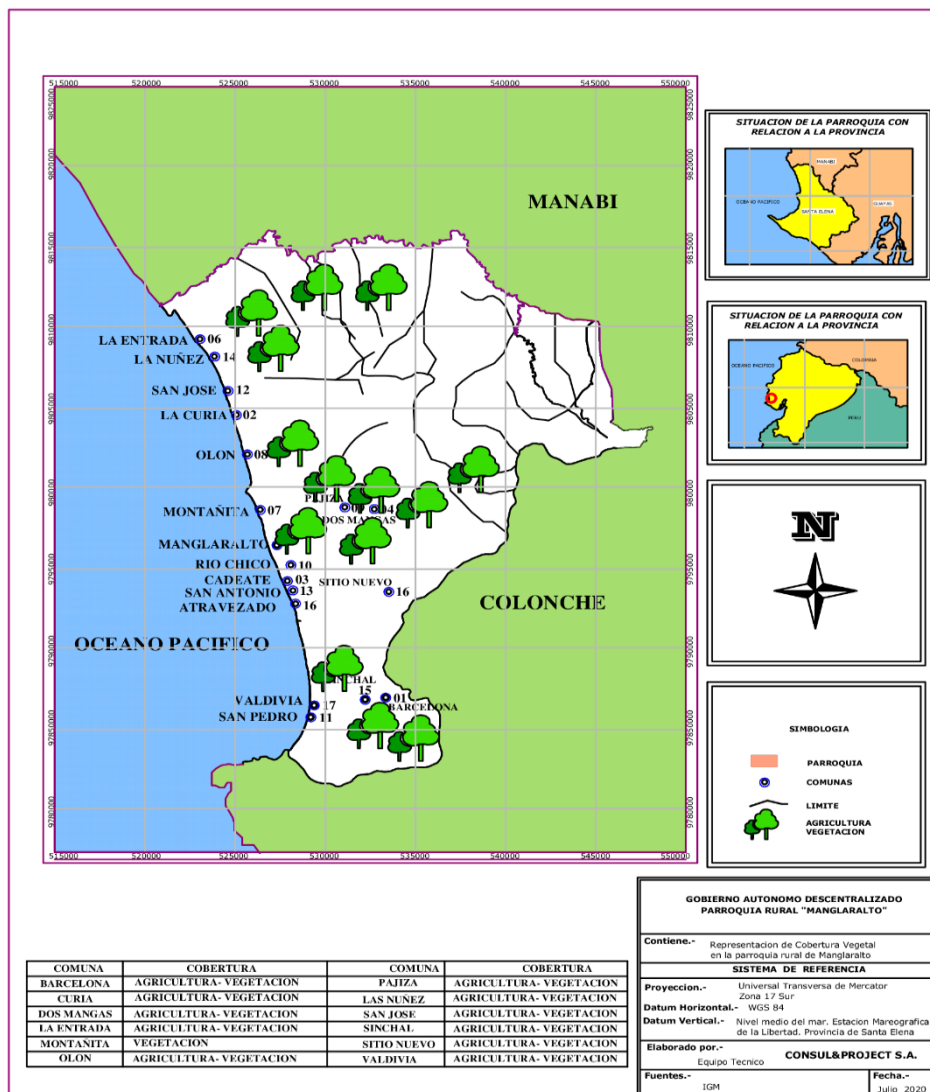


Figura 4.3. Mapa de cobertura vegetal. [GAD-Manglaralto,2019]



#### **4.4 Actividades del proyecto**

Definir las actividades del proyecto es la parte fundamental para la elección del tipo de análisis ambiental que se va a realizar. Para ellos se han identificado y subdividido las actividades por las siguientes etapas: construcción, operación / mantenimiento / cierre y abandono de obra.

##### **Construcción**

Esta etapa detalla todas las actividades de ejecución que se deben llevar a cabo para la implementación del dique en el río Olón. Como las obras preliminares, la preparación de las instalaciones para la construcción, limpieza de sitio de trabajo, lugares de acceso a la obra, entre otras. Se cubre todas las actividades necesarias para cumplir con las propuestas de prevención sobre las afectaciones a la comuna, la seguridad del ambiente que albergará al dique mediante la valoración de impacto.

##### **Operación y mantenimiento**

Luego de haber desarrollado la etapa constructiva el proyecto, es importante considerar el mantenimiento de la presa hidráulica. Durante el funcionamiento es importante la limpieza de taludes, desbordamiento en las zonas aledañas, extracción del agua, revisión periódica de las compuertas y el mantenimiento de la presa con el fin de evitar obstrucciones que impidan el paso del agua.

##### **Cierre**

Una vez construida y verificado el correcto funcionamiento de la obra hidráulica, se plantean las actividades de cierre de construcción, posteriormente se procede a la preparación para el desalojo de la maquinaria utilizada, limpieza del suelo, restauración del terreno.

##### **Abandono de obra**

Detalla los efectos causados al concluir el tiempo de vida útil del proyecto, en esta etapa intervienen diferentes actividades que va desde, el desmontaje de la estructura realizada, derrocamiento de la cimentación de las obras hasta la limpieza y rehabilitación del terreno utilizado.

En la tabla 4.2 se resumen las fases de proyecto con las actividades pertinentes y su descripción.

**Tabla 4.2. Resumen de actividades del proyecto. [Las Autoras, 2023]**

Fase	Actividad	Descripción
Construcción	Obras preliminares	Movimiento de tierra
		Limpieza y desbroce
		Excavación con maquinaria
		Replanteo y nivelación
		Caminos de acceso
		Acceso de maquinarias pesadas
	Construcción e instalación	Desvío del río
		Encofrado
		Cimentaciones
		Montaje de instalaciones
Instalación de tubería		
Operación y mantenimiento	Mantenimiento de taludes	Limpieza de taludes
	Extracción del agua	Distribución del agua hacia los pozos
	Revisión de protecciones	Control del enrocado de protección
Cierre	Retiro de maquinaria	Retiro de todo el equipo y maquinaria utilizada
	Limpieza del sitio	Recolección de escombros
Abandono de Obra	Desmontaje de estructura	Excavación y demolición de la estructura
	Limpieza luego del desmontaje	Limpieza y rehabilitación de espacios ocupados

#### 4.5 Identificación de impactos ambientales

Esta sección identifica los impactos ambientales producidos en todas las etapas de ejecución del proyecto, de acuerdo con las actividades de cada fase. Además, establece los posibles factores ambientales que pueden ser afectados por las actividades del proyecto, entre ellos los más significativos son: el suelo, agua, flora y fauna. Por lo tanto, en la tabla 4.3, se observa cada una de las actividades del proyecto y los factores ambientales que pueden afectar al medio ambiente.

**Tabla 4.3. Identificación de impactos ambientales. [Las Autoras, 2023]**

Fase	Actividad	Descripción	Factor ambiental	Impactos ambientales
Construcción	Obras preliminares	Limpieza y desbroce	Suelo y flora	Eliminación de vegetación y calidad del suelo
		Movimiento de tierra	Suelo	Cambio en el nivel del suelo y calidad del mismo
		Excavación con maquinaria	Suelo	
		Replanteo y nivelación	Suelo	
		Caminos de acceso	Suelo-Flora	

		Acceso de maquinarias pesadas	Suelo-Flora	Cambios en la sección del suelo y eliminación de vegetación
	Construcción e instalación	Desvío del río	Agua	Modificación de corrientes, contaminación hídrica por materiales.
		Encofrado	Agua	
		Cimentaciones	Agua	
		Montaje de instalaciones	Paisaje-Agua	Eliminación de vegetación
Instalación de tubería	Agua	Transporte de agua.		
Operación y mantenimiento	Mantenimiento de taludes	Limpieza de taludes	Flora	Eliminación de vegetación
	Extracción del agua	Distribución del agua hacia los pozos	Agua	Disminución de agua en el embalse almacenado
	Revisión de protecciones	Control del enrocado de protección	Suelo- Aire	Alteraciones en el aire y suelo por partículas de materiales sobrantes
Cierre	Retiro de maquinaria	Retiro de todo el equipo y maquinaria utilizada	Suelo-Aire	
	Limpieza del sitio	Recolección de escombros	Suelo-Aire	
Abandono de Obra	Desmontaje de estructura	Excavación y demolición de la estructura	Suelo-Agua-Aire	Alteraciones y posible contaminación del agua, deterioro del suelo por materiales de construcción y alteraciones en el aire por partículas residuales
	Limpieza luego del desmontaje	Limpieza y rehabilitación de espacios ocupados		

#### 4.6 Valoración de impactos ambientales

Para valorar los impactos ambientales previamente definidos en la sección anterior, se utiliza la metodología de los criterios relevantes integrados (CRI). En esta se elaboran índices de impacto ambiental para cada efecto identificado en la matriz de impactos ambientales especificados en la Tabla 4.2. Esta metodología considera los siguientes criterios (Buroz, 1994; Meneses & Gayoso, 1995).

**Carácter de impacto (CI):** hace referencia al nivel de impacto de cada actividad, es positivo (P) si es beneficioso y negativo (N) si genera una alteración o daño al estado inicial. En caso de que el impacto sea imperceptible, no recibe calificación alguna.

**Intensidad (I):** muestra el cambio producido por las acciones del proyecto. Su valor numérico está relacionado con el índice de calidad ambiental que varía entre 0 y 10.

**Extensión (E):** considera el área afectada por las acciones del proyecto sobre el componente ambiental, ya sea de manera directa o indirecta. Su escala de valoración es la siguiente:

**Tabla 4.4. Escala de valoración de extensión de impacto. (FAO, 1995)**

Extensión	Valoración
General	10
Local	5
Muy local	2

**Duración (D):** Establece el tiempo de duración de las actividades que representan cambios ambientales, a continuación, se muestra la escala de valoración:

**Tabla 4.5. Escala de valoración de duración de impacto. (FAO, 1995)**

Duración (años)	Plazo	Valoración
>10	Largo	10
5-10	Mediano	5
1-5	Corto	2

**Magnitud (M):** es un criterio integrado expresado por la ecuación 4.1, que relaciona los índices de: intensidad, duración e influencia, con el peso incidencia de cada criterio establecido en la tabla 4.6.

$$M = \pm[(I * W_I) + (E * W_E) + (D * W_D)] \quad (4.1)$$

Donde:

*I*: Criterio de intensidad       $W_I$ : Peso del criterio de intensidad

*E*: Criterio de extensión       $W_E$ : Peso del criterio de extensión

*D*: Criterio de duración       $W_D$ : Peso del criterio de duración

**Tabla 4.6. Peso de incidencia de los CRI. (FAO, 1995)**

Criterio	Peso
$W_I$	0.4
$W_E$	0.4
$W_D$	0.2

**Reversibilidad (Rv):** es la capacidad que tiene el sistema para retornar a su estado inicial luego de todas las actividades implicadas en el proyecto, se resume su valoración y capacidad en la tabla 4.6.

**Tabla 4.7. Escala de valoración de reversibilidad de impacto. (FAO, 1995)**

Categoría	Capacidad de reversibilidad	Valoración
Irreversible	Baja, el proceso de reversibilidad puede darse a muy largo plazo (más de 50 años)	10
Parcialmente reversible	Media, la reversibilidad se presenta a largo plazo	5
Reversible	Alta, el impacto es reversible en un periodo corto (0 a 10 años)	2

**Riesgo (Rg):** es la probabilidad de ocurrencia del impacto, se presenta con la siguiente escala de valoración

**Tabla 4.8. Escala de valoración de riesgo de impacto. (FAO, 1995)**

Probabilidad	Rango (%)	Valoración
Alto	>50	10
Medio	10-50	5
Bajo	1-10	2

**Índice integral de impacto (VIA):** integra los criterios descritos mediante la siguiente ecuación matemática.

$$VIA = [(Rv)^{W_r} * (Rg)^{W_g} * |M|^{W_m}] \quad (4.2)$$

Donde:

*Rv*: Criterio de reversibilidad       $W_r$ : Peso del criterio de reversibilidad

*Rg*: Criterio de riesgo               $W_g$ : Peso del criterio de riesgo

*M*: Magnitud del efecto               $W_m$ : Peso del criterio de magnitud

**Tabla 4.9. Pesos relativos de los criterios. (FAO, 1995)**

Criterio	Peso
$W_r$	0.22
$W_g$	0.17
$W_m$	0.61

Integrando todos los criterios con sus respectivos cálculos, se obtiene la matriz final expresada en la tabla 4.10, que relaciona las actividades del proyecto, aspectos ambientales y nivel de impacto generado en todas las etapas definidas.

**Tabla 4.10. Matriz de evaluación de impactos ambientales. [Las Autoras, 2023]**

Actividades del proyecto	Aspecto Ambiental afectado	Impactos ambientales	Valoración de Impactos Ambientales								Nivel de impacto
			CI	I	E	D	M	Rv	Rg	VIA	
Limpieza y desbroce	Suelo y flora	Eliminación de vegetación y calidad del suelo	N	5	2	2	3.2	2	2	4.3	Medio
Movimiento de tierra	Suelo	Cambio en el nivel del suelo y calidad del mismo	N	7	2	2	4	2	2	4.6	Medio
Excavación con maquinaria	Suelo		N	7	2	2	4	2	2	4.6	Medio
Replanteo y nivelación	Suelo		P	5	2	2	3.2	2	2	4.3	Medio
Camino de acceso	Suelo-Flora	Cambios en la sección del suelo y eliminación de vegetación	P	5	5	2	4.4	2	2	4.8	Medio
Acceso de maquinarias pesadas	Suelo-Flora		N	5	5	2	4.4	2	2	4.8	Medio
Desvío del río	Agua	Modificación de corrientes, contaminación hídrica por materiales.	N	7	5	2	5.2	2	2	5.0	Medio
Encofrado	Agua		N	7	2	2	4	2	2	4.6	Medio
Cimentaciones	Agua		N	7	2	2	4	2	2	4.6	Medio
Montaje de instalaciones	Paisaje-Agua	Eliminación de vegetación	P	0	2	2	1.2	2	2	3.4	Bajo
Instalación de tubería	Agua	Transporte de agua.	P	0	2	2	1.2	2	2	3.4	Bajo
Limpieza de taludes	Flora	Eliminación de vegetación	P	3	2	2	2.4	2	2	4.0	Medio
Distribución del agua hacia los pozos	Agua	Disminución de agua en el embalse almacenado	P	3	10	2	5.6	2	2	5.1	Medio
Revisión de protecciones	Suelo-Aire	Alteraciones en el aire y suelo por partículas de materiales sobrantes	P	3	2	2	2.4	2	2	4.0	Medio
Retiro de todo el equipo y maquinaria utilizada	Suelo-Aire		P	5	5	2	4.4	2	2	4.8	Medio
Recolección de escombros	Suelo-Aire		P	5	5	2	4.4	2	2	4.8	Medio
Excavación y demolición de la estructura	Suelo-Agua-Aire	Alteraciones y posible contaminación del agua, deterioro del suelo por materiales de construcción y alteraciones en el aire por partículas residuales	N	6	5	3	5	2	2	5.0	Medio
Limpieza y rehabilitación de espacios ocupados			N	7	5	3	5.4	2	2	5.1	Medio

#### 4.7 Medidas de prevención/mitigación

De acuerdo con la evaluación de impactos ambientales de la tabla 4.10, se considera los impactos ambientales más relevantes generados por las actividades del proyecto. De modo que en la tabla 4.11, se detalla los impactos ambientales con un nivel de impacto medio y sus respectivas medidas de prevención o mitigación.

**Tabla 4.11. Medidas de mitigación o prevención de impactos ambientales. [Las Autoras,2023]**

Actividades del proyecto	Impactos ambientales	Medidas de prevención o mitigación
Limpieza y desbroce	Eliminación de vegetación y calidad del suelo	Tener mucho cuidado con la flora y fauna del terreno, desalojando maleza y arbustos solo en caso de ser necesario.
Movimiento de tierra	Cambio en el nivel del suelo y calidad del mismo	Destinar un lugar para ubicación de la tierra extraída, de modo que no se vea afectado el entorno
Excavación con maquinaria		
Replanteo y nivelación		
Caminos de acceso	Cambios en la sección del suelo y eliminación de vegetación	Crear caminos de acceso solo si el proyecto lo considere necesario, y en lugares donde haya menor presencia de vegetación.
Acceso de maquinarias pesadas		
Desvío del río	Modificación de corrientes, contaminación hídrica por materiales.	Dado que la corriente del agua se ve afectada para minimizar su impacto es recomendable el uso del caudal ecológico, de modo que las especies presentes puedan continuar con sus condiciones iniciales del hábitat
Encofrado		Tener un buen uso de los materiales utilizados y no botar desperdicios en el río, de modo que no se contamine.
Cimentaciones		
Limpieza de taludes	Eliminación de vegetación	Retirar maleza de los taludes, sin afectar la flora nativa.
Distribución del agua hacia los pozos	Disminución de agua en el embalse almacenado y posibles contaminantes por sedimentos	Mejorar la calidad de vida, no sobre explotar los pozos activos, es decir, respetar el mínimo de horas de extracción del pozo.
Control de sedimentos		
Retiro de todo el equipo y maquinaria utilizada	Alteraciones en el aire y suelo por partículas de materiales sobrantes	Definir un lugar para los residuos sólidos y controlar el levantamiento de partículas contaminantes con el riego de agua sobre el terreno.
Recolección de escombros		
Desmontaje de estructura	Alteraciones y posible contaminación del agua, deterioro del suelo por materiales de construcción y alteraciones en el aire por partículas residuales	Definir un lugar para el desalojo de escombros fuera de la zona y controlar el levantamiento de partículas mediante riego.
Limpieza luego del desmontaje		

# CAPÍTULO 5

## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

La estructura desglosada del trabajo es importante porque permite conocer los entregables del proyecto en ejecución, adicionalmente permite conocer el alcance del proyecto de una manera sencilla y bien estructurada. A continuación, se muestra un diagrama de flujo donde se desglosaron las etapas relacionadas al proceso constructivo.

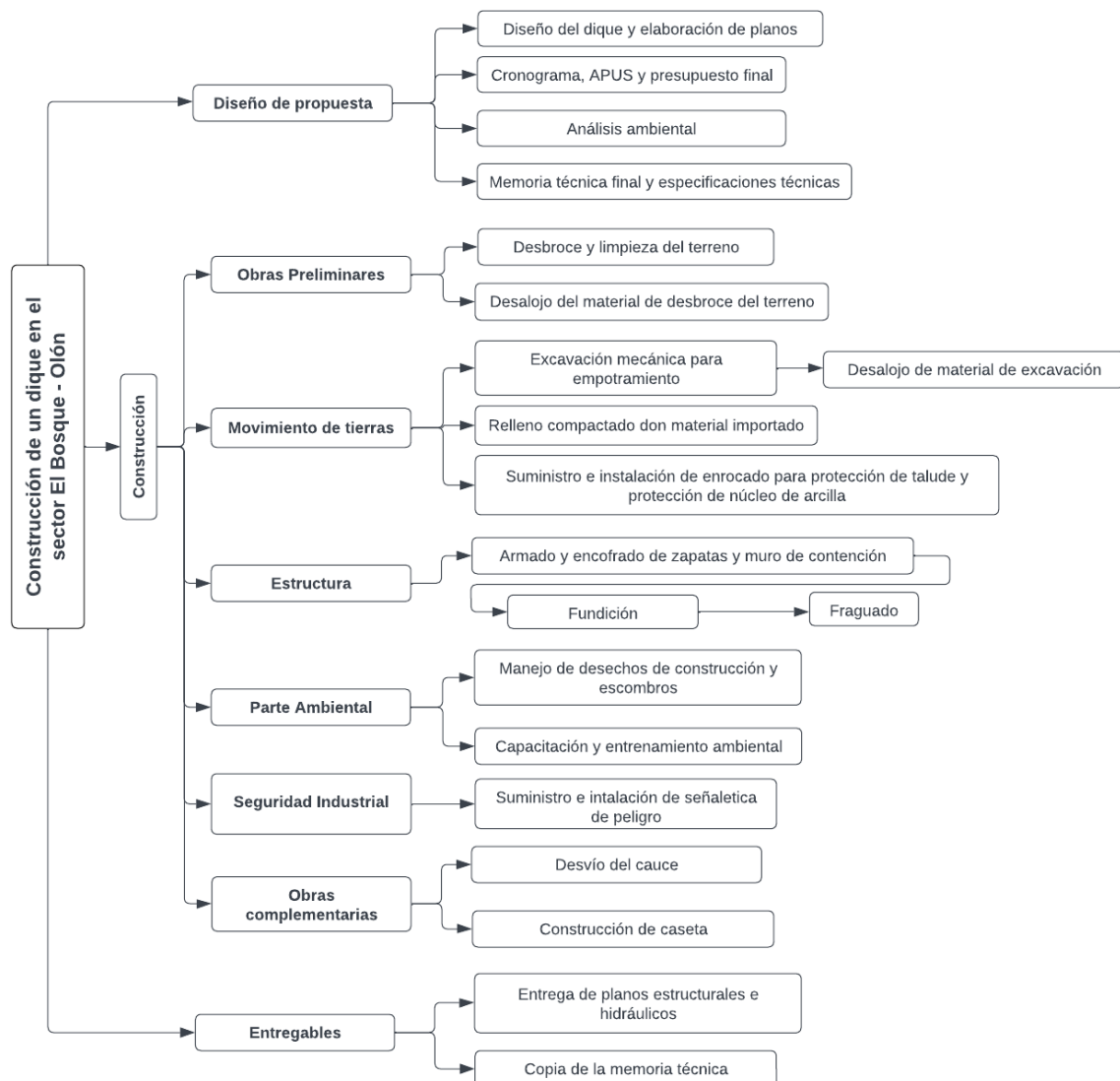


Figura 5.1. Estructura desglosada del trabajo. [Las Autoras,2023]



## 5.2 Rubros y análisis de precios unitarios

A continuación, se muestran los rubros que fueron utilizados en la construcción del dique en el sector el Bosque en Olón.

**Tabla 5.1. Descripción de rubros del proyecto. [Las Autoras, 2023]**

N°	DESCRIPCION	UNIDAD
I	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	
1	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2
2	DESALOJO DE MATERIAL DE TERRENO NATURAL	M3
3	REPLANTEO Y NIVELACION	M2
II	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
4	EXCAVACION MECANICA PARA EMPOTRAMIENTO	M3
5	DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACION	M3
6	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3
7	SUMINISTRO E INTALACIÓN DE ENROCADO DE PROTECCIÓN D=0.3 M	M3
8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ENROCADO DE PROTECCIÓN NÚCLEO DE ARCILLA	M2
III	<b>ESTRUCTURA</b>	
9	MALLA ELECTROSOLDADA 15x15x5,5mm	M2
10	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG
11	HORMIGÓN SIMPLE EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2 INC. ENCOFRADO	M3
12	HORMIGÓN SIMPLE RECUBRIMIENTO DEL DIQUE F'C= 210 KG/CM2	M3
IV	<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	
13	SUMINISTRO E INTALACIÓN DE SEÑALÉTICA DE "PELIGRO"	U
V	<b>PARTE AMBIENTAL</b>	
14	MANEJO DE DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESCOMBROS	U
15	CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO AMBIENTAL	U
VI	<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>	
16	DESVÍO DEL CAUCE (EXTRACCIÓN CAUDAL MEDIANTE BOMBA)	MES
17	ALQUILER DE BATERIA SANITARIA (INC. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO)	MES
18	BODEGA, CASETA	M2
19	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	GLOBAL

Adicionalmente se realizó el análisis de precios unitarios (APUs), considerando los costos de mano de obra establecidos por la Contraloría Nacional del Estado. Mientras que los costos de equipos y materiales utilizados en el proyecto fueron definidos acorde a cotizaciones en constructoras y centros comerciales dedicados a la construcción. Por otra parte, se consideró un costo indirecto del 20% del costo total de cada rubro, este porcentaje estará destinado a los imprevistos que puedan suceder en obra. En los anexos se encuentra el detalle de los APUS del proyecto.

## 5.3 Descripción de cantidades de obra

La cuantificación de los rubros fue calculada de acuerdo con las especificaciones de los planos establecidos, en la siguiente tabla se pueden evidenciar los rubros con cada una de las cantidades calculadas y su respectiva unidad de medida.

**Tabla 5.2. Descripción de rubros y cantidades de obra del proyecto. [Las Autoras, 2023]**

N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
<b>I</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
1	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	680.00
2	DESALOJO DE MATERIAL DE TERRENO NATURAL	M3	544.00
3	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	240.00
<b>II</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
4	EXCAVACION MECANICA PARA EMPOTRAMIENTO	M3	200.70
5	DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACION	M3	200.70
6	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	252.65
7	SUMINISTRO E INTALACIÓN DE ENROCADO DE PROTECCIÓN D=0.3 M	M3	40.00
8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ENROCADO DE PROTECCIÓN NÚCLEO DE ARCILLA	M2	126.92
<b>III</b>	<b>ESTRUCTURA</b>		
9	MALLA ELECTROSOLDADA 15x15x5,5mm	M2	285.57
10	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1856.00
11	HORMIGÓN SIMPLE EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2 INC. ENCOFRADO	M3	152.70
12	HORMIGÓN SIMPLE RECUBRIMIENTO DEL DIQUE F'C= 210 KG/CM2	M3	24.15
<b>IV</b>	<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>		
13	SUMINISTRO E INTALACIÓN DE SEÑALÉTICA DE "PELIGRO"	U	1.00
<b>V</b>	<b>PARTE AMBIENTAL</b>		
14	MANEJO DE DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESCOMBROS	U	1.00
15	CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO AMBIENTAL	U	1.00
<b>VI</b>	<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>		
16	DESVÍO DEL CAUCE (EXTRACCIÓN CAUDAL MEDIANTE BOMBA)	MES	2.00
17	ALQUILER DE BATERIA SANITARIA (INC. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO)	MES	2.00
18	BODEGA, CASETA	M2	16.00
19	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	GLOBAL	1.00

#### 5.4 Valoración integral del costo del proyecto

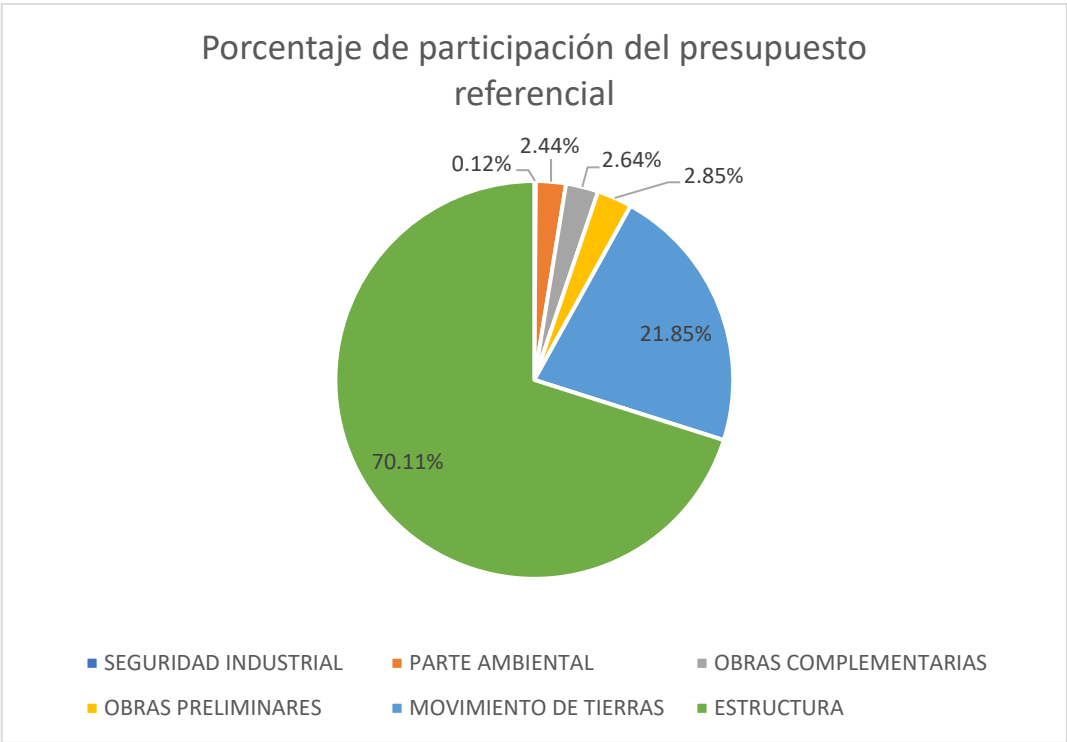
A continuación, se muestra la tabla 5.3 con el resumen de costos de cada sección del proyecto y el valor final del presupuesto referencial.

**Tabla 5.3. Resumen del presupuesto referencial del proyecto. [Las Autoras, 2023]**

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
OBRAS PRELIMINARES	\$ 2,525.28
MOVIMIENTO DE TIERRAS	\$ 19,366.56
ESTRUCTURA	\$ 62,146.60
SEGURIDAD INDUSTRIAL	\$ 102.00
PARTE AMBIENTAL	\$ 2,160.00
OBRAS COMPLEMENTARIAS	\$ 2,343.28
<b>Total</b>	<b>\$ 88,643.72</b>

En Manglaralto se realizó un proyecto similar, sobre la construcción de un dique, el cual tuvo un presupuesto referencial de \$94662.53 (Herrera, 2018). Comparando los dos proyectos, se determinó que este proyecto es menor en un 6.36% en comparación con el otro diseño, esto se debe a que las condiciones no son las mismas. Sin embargo, realizar esta comparación es importante, porque permite ver la similitud en costos de una obra, tomando como referencia otros proyectos similares.

Adicionalmente se realizó el análisis de los porcentajes de las secciones del proyecto, con el fin de evidenciar con mayor claridad donde se presenta la mayor participación económica de los rubros del proyecto.



**Figura 5.2. Porcentaje de participación de cada sección del proyecto. [Las Autoras, 2023]**

De acuerdo con la figura 5.2, el componente de estructura del proyecto representa un 70.11% del presupuesto total, significa que aquí se presentan los rubros más costosos, los mismos que corresponden al acero de refuerzo, malla electrosoldada, hormigón para zapatas y recubrimiento. Los cuales son más elevados debido a la cantidad de los materiales que se va a emplear, adicionalmente la mano de obra que se necesitara para la construcción. El movimiento de tierras representa el 21.85% del presupuesto total, aquí se generan todos los rubros de excavaciones, desalojo de tierras e importación de material de préstamo, estos rubros sobresalen en precio de los otros rubros, puesto que adicionalmente de la mano de obra se necesita maquinaria pesada para su ejecución.

En el presupuesto referencial se consideró la parte ambiental y los rubros establecidos para las medidas de mitigación que el proyecto necesita, también se consideró la seguridad industrial como un componente importante en el proyecto y aunque no representa un porcentaje significativo, sirve como medidas preventivas para la seguridad de los trabajadores y moradores del sector.

### 5.5 Cronograma de obra

Se estimó el periodo de duración del proyecto a partir de los rendimientos estipulados en el análisis de precios unitarios previamente desarrollado. Se utilizó el programa *Microsoft Project*, sin embargo, en esta sección se muestra una tabla resumen de la duración del proyecto y en el apartado de anexos se incluye el cronograma completo.

**Tabla 5.4. Resumen del cronograma de obras del proyecto. [Las Autoras, 2023]**

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	5 Días
LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	3 Días
DESALOJO DE MATERIAL DE TERRENO NATURAL	2 Días
REPLANTEO Y NIVELACIÓN	3 Días
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	15 Días
EXCAVACION MECANICA PARA EMPOTRAMIENTO	3 Días
DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	2 Días
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	4 Días
SUMINISTRO E INTALACIÓN DE ENROCADO DE PROTECCIÓN D=0.3 M	3 Días
SUMINISTRO E INSTALACIÓN ENROCADO DE PROTECCIÓN NÚCLEO DE ARCILLA	3 Días
<b>ESTRUCTURA</b>	56 Días
ARMADO Y ENCOFRADO DE ZAPATAS Y MURO DE CONTENCIÓN	25 Días
FUNDICIÓN	3 Días
FRAGUADO	28 Días
<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	1 Días
SUMINISTRO E INTALACIÓN DE SEÑALÉTICA DE "PELIGRO"	1 Días
<b>PARTE AMBIENTAL</b>	82 Días
MANEJO DE DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESCOMBROS	3 Días
CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO AMBIENTAL	2 Días
<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>	2 Días
<b>TOTAL</b>	<b>84 Días</b>

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

La caracterización realizada del río Olón, permitió conocer el caudal de diseño, las elevaciones del terreno y desestimar el uso de materiales del mismo río para la construcción del dique. A partir de la recolección de datos meteorológicos, levantamiento topográfico de la zona de estudio y recolección de muestras de suelo. Con ello se elaboró la simulación hidrodinámica de la cuenca del río y se determinó que el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años es de  $168.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , con el cual se alcanza la cota máxima histórica de elevación de agua. Adicionalmente con los ensayos de laboratorio aplicados a las muestras de suelo se determinó que la arcilla del sitio no es apta para la construcción del núcleo del dique, puesto que es una arcilla muy plástica y el diseño requiere del uso de una arcilla impermeable de baja plasticidad con  $IP < 4\%$ .

Además de la topografía del terreno, simulación hidrodinámica del río y ubicación de pozos de almacenamiento, fue importante realizar la socialización con los dirigentes de la junta de agua de Olón para la selección de la ubicación más idónea del dique, de esta manera se determinó que la estructura deberá ser implementada por los alrededores del pozo 5, ya que en este lugar se embalsarán aproximadamente  $6149.868 \text{ m}^3$  de agua, lo cual permitirá que se beneficien directamente 29.512 habitantes e indirectamente 1000 turistas que visitan la comuna, adicionalmente el pozo 5 tendrá una mayor recarga de agua, mejorará su rendimiento y se preservará la sostenibilidad de la cuenca.

De acuerdo con las características del cauce se diseñó un dique trapezoidal de 3m de ancho de corona, altura 4m hasta la corona y un borde libre de 2m, con protección de enrocamiento lateral con el fin de evitar socavaciones al pie del dique. Las dimensiones de la estructura son apropiadas de acuerdo con los parámetros de verificación de estabilidad de deslizamiento y volteo, obteniendo como resultado un factor de seguridad mayor a 2 y 3 respectivamente. Con esto se concluye que la estructura es resistente frente a cargas actuantes.

## **6.2 Recomendaciones**

Al momento de realizar el levantamiento topográfico es recomendable considerar todas las estructuras hidráulicas presentes en el río e incluirlas dentro de los puntos de control. Además, es importante tomar los datos geométricos de cada una.

Utilizar más de una estación meteorológica con ubicaciones al norte de la zona de estudio, que tengan datos de precipitaciones con no menos de 10 años para mejorar el desempeño de la modelación hidrológica.

Es recomendable ejecutar el proyecto durante la temporada de estiaje en la zona, debido a que el cauce disminuirá su caudal; y, por tanto, será más factible la construcción de la obra y el desvío del caudal.

Debido a la importancia del agua para toda la comunidad de Olón y de acuerdo con los impactos ambientales generados en la zona, es recomendable llevar a cabo charlas de concientización ambiental y prevención de contaminación del agua. Esto con el fin de establecer el buen uso del agua por parte de los moradores debido a que en algunas observaciones de campo se encontró acumulación de basura.

Para las actividades del mantenimiento respecto a la remoción de sedimentos acumulados en el fondo, se recomienda no sobre pasar la cota de fondo para no afectar el empotramiento del enrocado colocado en los taludes del río.

# BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo-Otálora, L. M., Moscoso-Barrera, W. D., Paipa-Galeano, L. A., & Mesa-Sciarrotta, C. (2018). Comparación de modelos físicos y de inteligencia artificial para predicción de niveles de inundación. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 09(4), 209–236. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-04-09>
- Álvarez Álvarez, M. J., Parrales Parrales, E. L., Plúa Marcillo, L. A., Gutiérrez Sánchez, L. A., Parrales García, C. E., Marcillo Merino, G. L., Guillen Morales, F. H., & Merchán García, W. (2018). *Hidráulica aplicada para ingenieros civiles*. Editorial Científica 3Ciencias. <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2018.37>
- Arcement, G. (1989). *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*. <https://doi.org/10.3133/wsp2339>
- Arumí, J. L., Jara, J., & Salgado, L. (2000). *Análisis Hidrológico*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/39933>
- Barrero R, A., & Pérez S, M. (2005). *Fundamentos y aplicaciones de la mecánica de fluidos* (M. Pérez-Saborid Sánchez-Pastor (ed.); 1. edición). McGraw-Hill.
- Bennett, T. H., & Peters, J. C. (2000). Continuous Soil Moisture Accounting in the Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System (HEC-HMS). *Building Partnerships*, 1–10. [https://doi.org/10.1061/40517\(2000\)149](https://doi.org/10.1061/40517(2000)149)
- Borja, J. L., Herrera, P. F., Sánchez, J. C., & Gavilanez, J. (2013). Evaluación del uso turístico y recreativo de Olón en la provincia de Santa Elena. *Trabajo de Grado, Licenciatura En Turismo, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador*.
- Brown, C. B. (1944). *The control of reservoir silting* (Issue 521). US Department of Agriculture.
- Brunner, G. W. (1995). *HEC-RAS river analysis system. Hydraulic reference manual. Version 1.0*. Hydrologic Engineering Center Davis CA.
- Buroz, E. (1994). *Métodos de evaluación de impactos*. II Curso de Postgrado sobre Evaluación de Impactos Ambientales.
- Cabrera, Lucio Figueroa, J. (2022). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Olón*. Universidad Estatal Península de Sant Elena.
- Calderon Torres, M. A., & Romero Crespo, P. L. (2011). *Modelo conceptual del acuífero del río de olón*.

- Cardona, J. (2008). *La agricultura latinoamericana y sus posibilidades de adaptación a los cambios climáticos globales*. 2, 53–75.
- Carrión, P., Herrera, G., Cordero, K., Erazo, K., Zambrano, K., & Limón, J. (2019). Recarga artificial de acuíferos en Santa Elena, experiencia de origen ancestral. Caso Manglaralto, Ecuador. In *El patrimonio geológico y minero*. (Cuadernos, pp. 633–647).
- Castro-Orgaz, O., Hager, W. H., & Katopodes, N. D. (2023). Variational Models for Nonhydrostatic Free-Surface Flow: A Unified Outlook to Maritime and Open-Channel Hydraulics Developments. *Journal of Hydraulic Engineering*, 149(7). <https://doi.org/10.1061/JHEND8.HYENG-13338>
- CDA. (2007). *Dam safety guidelines 2007*. Canadian Dam Association, Edmonton, AB (Canada). <https://doi.org/https://doi.org/>
- Chachero, M. J. (2012). *Estudio de precipitaciones en la ciudad de Trelew, análisis estadístico y ecuación de lluvia*.
- Chahín, R. E. G. (2017). Comparación de los métodos: bloques alternos e hietograma histórico para la selección de tormentas de diseño, cuenca del río Chiquito, Tegucigalpa, Honduras. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 12(1), 34–42.
- Choudhury, P., Shrivastava, R. K., & Narulkar, S. M. (2002). Flood routing in river networks using equivalent Muskingum inflow. *Journal of Hydrologic Engineering*, 7(6), 413–419.
- Conor, R., & Koncagol, E. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015: agua para un mundo sostenible*. [https://unesdoc.unesco.org/notice?id=p::usmarcdef\\_0000232272\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/notice?id=p::usmarcdef_0000232272_spa)
- Critchley, W., Siegert, K., Chapman, C., & Finket, M. (2013). *Water harvesting: A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production*. Scientific Publishers.
- Cubillo-Arce, O. (2015). *Evaluación del Sistema de Alcantarillado Pluvial del Cuadrante Urbano del Distrito de Colón, Cantón Mora, Mediante la Utilización de Paquetes Computacionales*.
- Díaz, A., Estrella, T., & Lloris, M. (2006). *Utilización de diques de corrección hidrológica ya existentes para recarga de acuíferos y propuesta de otros nuevos en la cuenca del río Quipar (Sureste de España)* (pp. 413–418).
- Ellis, E. A., Romero, J. A., Hernández, I. U., Gallo, C. A., & Alanís, J. L. (2012). Evaluación



- geográfica de áreas susceptibles a inundación en la cuenca del río Tuxpan, Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(1), 7–28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83723442002>
- ESA. (2020). *ESA WORLD COVER*. <https://worldcover2020.esa.int/>
- FAO. (1995). *Impacto Ambiental de las Prácticas de Cosecha Forestal y Construcción de Caminos en Bosques Nativos Siempreverdes de la X Región de Chile*. <https://www.fao.org/3/V9727S/v9727s0d.htm>
- Fohrer, N., Haverkamp, S., Eckhardt, K., & Frede, H.-G. (2001). Hydrologic response to land use changes on the catchment scale. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26(7–8), 577–582.
- GADP-Manglalaralto. (2019). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2019-2023*.
- Galiano Ayala, L. M., & Toapaxi Alvarez, J. A. (2010). *Análisis de la socavación en cauces naturales*. QUITO/EPN/2010.
- Garavito Rincon, L. N., & Caro Camargo, C. (2018). *Effect of Climate Change on Rainfall in the Upper Basin of Chicamocha River in the Period of 1980 - 2012*. 24, 81–90. <https://doi.org/10.18180/tecciencia.2017.24.9>
- Gill, M. A. (1979). Sedimentation and useful life of reservoirs. *Journal of Hydrology*, 44(1–2), 89–95.
- Gleick, P. H. (1996). Water resources. *Encyclopedia of Climate, Weather*, 817–823.
- Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., & Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water Research*, 43(9), 2317–2348. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.03.010>
- Herrera, P. (2018). *ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE COMO SOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA PARROQUIA MANGLARALTO*. Universidad Politécnica del Litoral.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1991). Rock slope engineering, 3rd edn (reprinted). *Inst. Min. Met., London*, 358.
- Huntington, T. G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319(1–4), 83–95.
- Inec, I. N. (2010). Instituto Nacional de estadísticas y Censos. *Obtenido de Http://Www.Ecuadorencifras.Gob.Ec/Institucional/Home*.
- Jackson, R. B., Carpenter, S. R., Dahm, C. N., McKnight, D. M., Naiman, R. J., Postel,

- S. L., & Running, S. W. (2001). Water in a changing world. *Ecological Applications*, 11(4), 1027–1045.
- JICA. (2010). *Technical Standards and Guidelines for Design of Flood Control Structures*.
- Juárez, B. E., & Rico, R. A. (1984). *Mecánica de suelos, tomo III*.
- Karrou, M., Oweis, T., Ziadat, F., & Awawdeh, F. (2011). Rehabilitation and integrated management of dry rangelands environments with water harvesting. *Community-Based Optimization of the Management of Scarce Water Resources in Agriculture in CWANA Report*, 9, 1–202.
- Lang, L. (1998). *Managing Natural Resources with GIS*. Environmental Systems Research Institute. [https://books.google.com.ec/books?id=R%5C\\_WMDr71VgYC](https://books.google.com.ec/books?id=R%5C_WMDr71VgYC)
- Laurance, W. (1998). A crisis in the making: responses of Amazonian forests to land use and climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(10), 411–415. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01433-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01433-5)
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22 140, 55.
- Liu, C., & Li, Y. (2016). Measuring eco-roof mitigation on flash floods via GIS simulation. *Built Environment Project and Asset Management*, 6(4), 415–427.
- Liu, C., Wang, Z., Zheng, H., Zhang, L., & Wu, X. (2008). Development of Hydro-Informatic Modelling System and its application. *Science in China Series E: Technological Sciences*, 51(4), 456–466. <https://doi.org/10.1007/s11431-008-0040-x>
- Lummen, N. (2014). Flooding due to torrential rainfall in Kumamoto, 2012. *International Journal of Law in the Built Environment*, 4, 292–304. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-01-2014-0013>
- Martín Vide, J. P., López Querol, S., Martín Moreta, P., Simarro Grande, G., & Benito Ferrández, G. (2003). Uso de modelos uni- y bidimensionales en llanuras de inundación. Aplicación al caso del río Tajo en Talavera de la Reina. *Ingeniería Del Agua*, 10(1), 49. <https://doi.org/10.4995/ia.2003.2576>
- Martínez, R Hidalgo, A. (2017). Diseño de diques en la cuenca inferior del río Luna. V *Jornadas de Ingeniería Del Agua Entornos Fluviales y Aguas de Transición: Impactos de Los Medios Urbanos. Libro de Resúmenes*, 263. [http://geama.org/jia2017/wp-content/uploads/2017/11/Libro.Resúmenes.JIA17\\_web.pdf](http://geama.org/jia2017/wp-content/uploads/2017/11/Libro.Resúmenes.JIA17_web.pdf)

- Meneses, M., & Gayoso, J. (1995). *Estudio de impacto ambiental proyecto forestal de los predios Tepuhueico y El Canelo GOLDEN SPRING FORESTAL (CHILE) CIA. LTDA.*
- Molero, E., & Nanía S., L. (2007). *Manual Básico de HEC-RAS 3.1. 3 y HEC-GeoRAS 3.1.*
- Montalván, F., Carrión, P., Fun-Sang, B., Romero, S., & Jiménez, S. (2008). Caracterización Geoelectrica del Acuífero de la Cuenca del Río Olón para Propuesta de Plan de Explotación. *Revista Tecnológica de Espol (RTE)*, 21, 31–38. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/135>
- Morain, S. A. (1999). *GIS Solutions in Natural Resource Management: Balancing the Technical-political Equation.* OnWord Press. <https://books.google.com.ec/books?id=0mIYAQAAMAAJ>
- Nasa Earthdata. (2020). *Global Hydrologic Soil Groups (HYSOGs250m) for Curve Number-Based Runoff Modeling.* [https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/Global\\_Hydrologic\\_Soil\\_Group.html](https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/Global_Hydrologic_Soil_Group.html)
- NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción.*
- Oertel, M. (2015). *Numerical Modeling of Free-Surface Flows in Practical Applications* (pp. 193–211). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-17719-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17719-9_8)
- Ogden, F. L. (2021). Geohydrology: Hydrological Modeling. In *Encyclopedia of Geology* (pp. 457–476). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00115-6>
- Oweis, T. (2001). Water harvesting: indigenous knowledge for the future of the drier environments. *Beirut, Lebanon: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).*
- Paoli, C. U., & Malinow, G. V. (2010). *Criterios para la determinación de crecidas de diseño en sistemas climáticos cambiantes.* Universidad Nacional del Litoral.
- Phillips, J. V., & Tadayon, S. (2006). Selection of Manning's Roughness Coefficient for Natural and Constructed Vegetated and Non-Vegetated Channels, and Vegetation Maintenance Plan Guidelines for Vegetated Channels in Central Arizona. In *Scientific Investigations Report*. <https://doi.org/10.3133/sir20065108>
- Plan Nacional de Adaptación en Ecuador. (2021). *Plataforma sobre Adaptación al Cambio Climático de Ecuador.* <https://www.adaptacioncc.com/node/328>
- Prastica, R. M. S., Soeryantono, H., & Marthanty, D. R. (2022). Mathematical modelling of hydraulics and water quality characteristics for small dam maintenance. *Magazine of Civil Engineering*, 109(1). <https://doi.org/10.34910/MCE.109.3>

- Ramos Moreno, A., & Pacheco Fontalvo, J. A. (2017). Análisis hidrológico e hidráulico de la cuenca del Río Frío, municipios de Ciénaga y Zona Bananera, departamento del Magdalena. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 9(1). <https://doi.org/10.22335/rlct.v9i1.302>
- Rincón Ortiz, J., Pérez, M., Delfín, G., Freitez, C., & Martínez, F. (2017). ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS MODELOS HEC-RAS E IBER EN LA EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE PUENTES COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN HEC-RAS MODELS AND IBER IN THE HYDRAULIC ASSESSMENT OF BRIDGES.
- Rosenzweig, C., Strzepek, K. M., Major, D. C., Iglesias, A., Yates, D. N., McCluskey, A., & Hillel, D. (2004). Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies. *Global Environmental Change*, 14(4), 345–360. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.09.003>
- Roset Pagés, D., Saurí Pujol, D., & Ribas Palom, A. (1999). Las obras hidráulicas en los sistemas fluviales de la Costa Brava: preferencias locales y limitaciones de un modelo convencional de adaptación al riesgo de inundación. *Investigaciones Geográficas*, 22, 79. <https://doi.org/10.14198/INGEO1999.22.07>
- Santos, M., Corredor, A., Maciñeira, E., Bajo, V., Gómez-Martín, M. E., & Medina, J. R. (2016). Aspectos innovadores en el diseño y construcción del dique Oeste en el puerto exterior de A Coruña en Punta Langosteira (España). *Ribagua*, 3(2), 89–100. <https://doi.org/10.1016/j.riba.2016.07.005>
- Schulze, R. E. (2000). Modelling hydrological responses to land use and climate change: a southern African perspective. *Ambio*, 12–22.
- Seckler, D., Barker, R., & Amarasinghe, U. (1999). Water Scarcity in the Twenty-first Century. *International Journal of Water Resources Development*, 15(1–2), 29–42. <https://doi.org/10.1080/07900629948916>
- Sen Roy, S., & Rouault, M. (2013). Spatial patterns of seasonal scale trends in extreme hourly precipitation in South Africa. *Applied Geography*, 39, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.11.022>
- Service, R. F. (2006). Desalination Freshens Up. *Science*, 313(5790), 1088–1090. <https://doi.org/10.1126/science.313.5790.1088>
- Setegn, S. G., Rayner, D., Melesse, A. M., Dargahi, B., & Srinivasan, R. (2011). Impact of climate change on the hydroclimatology of Lake Tana Basin, Ethiopia. *Water Resources Research*, 47(4). <https://doi.org/10.1029/2010WR009248>

- Sixt, G. N., Klerkx, L., & Griffin, T. S. (2018). Transitions in water harvesting practices in Jordan's rainfed agricultural systems: Systemic problems and blocking mechanisms in an emerging technological innovation system. *Environmental Science & Policy*, 84, 235–249. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.010>
- Struiksma, N., Olesen, K. W., Flokstra, C., & De Vriend, H. J. (1985). Bed deformation in curved alluvial channels. *Journal of Hydraulic Research*, 23(1), 57–79. <https://doi.org/10.1080/00221688509499377>
- Tomalá Guale, H. M., & Bailón Piguave, I. M. (2022). *Determinación de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Olón por el método GOD*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022.
- Triviño P, A., & Ortiz R, S. (2005). Metodología para la modelación distribuida de la escorrentía superficial y la delimitación de zonas inundables en ramblas y ríos-rambla mediterráneos. In *Investigaciones Geográficas*. Núm. 35, 2004. <https://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcvx0r5>
- USACE. (1970). *Engineering and Design: Hydraulic Design of Flood Control Channels*. Department of the Army, Corps of Engineers, Office of the Chief of Engineers. <https://books.google.com.ec/books?id=m74IFvZqI9YC>
- USBR. (1999). *Design of Small Dams*. (Bureau of Reclamation (ed.)).
- van Griensven, A., & Meixner, T. (2006). Methods to quantify and identify the sources of uncertainty for river basin water quality models. *Water Science and Technology*, 53(1), 51–59. <https://doi.org/10.2166/wst.2006.007>
- Villón, M. (2004). *Hidrología*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Wang, L., Wang, Z., Yu, J., Zhang, Y., & Dang, S. (2018). Hydrological Process Simulation of Inland River Watershed: A Case Study of the Heihe River Basin with Multiple Hydrological Models. *Water*, 10(4), 421. <https://doi.org/10.3390/w10040421>
- Ziadat, F., Bruggeman, A., Oweis, T., Haddad, N., Mazahreh, S., Sartawi, W., & Syuof, M. (2012). A Participatory GIS Approach for Assessing Land Suitability for Rainwater Harvesting in an Arid Rangeland Environment. *Arid Land Research and Management*, 26(4), 297–311. <https://doi.org/10.1080/15324982.2012.709214>
- Ziegel, E. R. (2003). The Cambridge Dictionary of Statistics. *Technometrics*, 45(2), 183. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/cambridge-dictionary-statistics/docview/213700613/se-2?accountid=171402>
- Ziolkowska, J., & Peterson, J. (2017). *Competition for Water Resources*. Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/C2014-0-03820-8>

# PLANOS Y ANEXOS

Valores iniciales para K y X método de Muskingum [Las Autoras,2023]

Reach	K[hr]	X
R1	0.704463	0.3
R10	0.550167	0.3
R11	0.316499	0.3
R12	0.601789	0.3
R13	0.069429	0.3
R14	0.216455	0.3
R15	0.465733	0.3
R16	0.092588	0.3
R17	0.568464	0.3
R18	0.140892	0.3
R19	0.398167	0.3
R2	0.566245	0.3
R20	0.406706	0.3
R21	0.353497	0.3
R22	0.350628	0.3
R23	0.475808	0.3
R24	0.335039	0.3
R25	0.165223	0.3
R26	0.458682	0.3
R27	0.660525	0.3
R28	0.466185	0.3
R3	0.68104	0.3
R30	0.242236	0.3
R32	0.640969	0.3
R4	0.263198	0.3
R5	0.179624	0.3
R6	0.201517	0.3
R7	0.225004	0.3
R8	0.264907	0.3
R9	0.169866	0.3

**Valores calibración final para K y X método de Muskingum [Las Autoras,2023]**

Reach	K[hr]	X
R1	0.675162	0.2
R10	0.52031	0.2
R11	0.301524	0.2
R12	0.579205	0.2
R13	0.061796	0.2
R14	0.210845	0.2
R15	0.449841	0.2
R16	0.078681	0.2
R17	0.547078	0.2
R18	0.136098	0.2
R19	0.387641	0.25
R2	0.522549	0.25
R20	0.405674	0.25
R21	0.324637	0.25
R22	0.34641	0.25
R23	0.460847	0.25
R24	0.319941	0.25
R25	0.15096	0.25
R26	0.457115	0.25
R27	0.64888	0.25
R28	0.463964	0.3
R3	0.659211	0.3
R30	0.225573	0.3
R32	0.632005	0.3
R4	0.245407	0.3
R5	0.157066	0.3
R6	0.184675	0.3
R7	0.212293	0.3
R8	0.24077	0.3
R9	0.158339	0.3



**Resultados análisis granulométrico calicata Derecha D1 [Las Autoras,2023].**

Calicata Derecha P1		# Tamiz	Peso Parcial [gr]	% Retenido [gr]	% Retenido Acumulado [gr]	% Pasante [gr]
PIEDRA Ó CANTOS		4"				
		3"				
GRAVA	GRUESA	2.5"				
		2"				
		1.5"				
		1"				
		3/4				
		1/2				
	FINA	3/8				
		1/4				
		N° 4	11.94	17.37	17.37	82.63
ARENA	GRUESA	N° 8	5.78	8.41	25.78	74.22
		N° 10				
	MEDIA	N° 16	2.52	3.67	29.45	70.55
		N° 20				
		N° 30	2.67	3.88	33.33	66.67
		N° 40				
	FINA	N° 50	3.30	4.80	38.13	61.87
		N° 60				
		N°80				
		N° 100	8.85	12.88	51.01	48.99
		N° 200	31.61	45.99	97.00	3.00
		Fondo	2.06	3.00	100.00	0.00

**Resultados análisis granulométrico calicata Derecha P2 [Las Autoras,2023].**

Calicata Derecha P2		# Tamiz	Peso Parcial [gr]	% Retenido [gr]	% Retenido Acumulado [gr]	% Pasante [gr]
PIEDRA Ó CANTOS		4"				
		3"				
GRAVA	GRUESA	2.5"				
		2"				
		1.5"				
		1"				
		3/4				
	FINA	1/2				
		3/8				
		1/4				
	N° 4	117.23	39.35	39.35	60.65	
ARENA	GRUESA	N° 8	75.64	25.39	64.74	35.26
		N° 10				
	MEDIA	N° 16	42.71	14.34	79.08	20.92
		N° 20				
		N° 30	28.51	9.57	88.65	11.35
		N° 40				
	FINA	N° 50	17.09	5.74	94.39	5.61
		N° 60				
		N°80				
		N° 100	8.58	2.88	97.27	2.73
		N° 200	6.48	2.18	99.44	0.56
	Fondo	1.66	0.56	100.00	0.00	

**Resultados análisis granulométrico calicata Izquierda I1 [Las Autoras,2023].**

Calicata Izquierda P1		# Tamiz	Peso Parcial [ gr]	% Retenido [gr]	% Retenido Acumulado [gr]	% Pasante [gr]
PIEDRA Ó CANTOS		4"				
		3"				
GRAVA	GRUESA	2.5"				
		2"				
		1.5"				
		1"				
		3/4				
		1/2				
	FINA	3/8				
		1/4				
		N° 4	0.80	0.39	0.39	99.61
		N° 8	0.56	0.27	0.66	99.34
ARENA	GRUESA	N° 10				
		N° 16	3.94	1.90	2.56	97.44
	MEDIA	N° 20				
		N° 30	34.12	16.47	19.03	80.97
		N° 40				
		N° 50	82.70	39.92	58.96	41.04
	FINA	N° 60				
		N°80				
		N° 100	58.05	28.02	86.98	13.02
		N° 200	25.74	12.43	99.41	0.59
		Fondo	1.23	0.59	100.00	0.00

**Resultados análisis granulométrico calicata Izquierda I2 [Las Autoras,2023].**

Calicata Izquierda P2		# Tamiz	Peso Parcial [ gr]	% Retenido [gr]	% Retenido Acumulado [gr]	% Pasante [gr]
PIEDRA Ó CANTOS		4"				
		3"				
GRAVA	GRUESA	2.5"				
		2"				
		1.5"				
		1"				
		¾				
	FINA	½				
		3/8				
		¼				
		N° 4	113.67	37.45	37.45	62.55
		N° 8	42.65	14.05	51.50	48.49
ARENA	GRUESA	N° 10				
		N° 16	37.39	12.32	63.82	36.17
	MEDIA	N° 20				
		N° 30	38.57	12.71	76.53	23.47
		N° 40				
		N° 50	32.85	10.82	87.36	12.64
	FINA	N° 60				
		N°80				
		N° 100	21.62	7.12	94.48	5.52
		N° 200	15.64	5.15	99.63	0.36
		Fondo	1.11	0.37	100.00	0.00

## Volumen de embalsamiento [Las Autoras,2023].

Cota	ÁreaPar_m <sup>2</sup>	Área_Acum_m <sup>2</sup>	Volumen_m <sup>3</sup>
2	82.394	82.394	0.000
2.1	19.967	102.361	9.238
2.2	23.457	125.817	20.647
2.3	27.357	153.174	34.596
2.4	29.521	182.696	51.390
2.5	33.751	216.447	71.347
2.6	36.405	252.852	94.812
2.7	37.607	290.458	121.977
2.8	42.931	333.389	153.170
2.9	2187.602	2520.991	295.889
3	481.259	3002.250	572.051
3.1	484.583	3486.833	896.505
3.2	492.391	3979.224	1269.808
3.3	483.657	4462.881	1691.913
3.4	489.055	4951.936	2162.654
3.5	483.457	5435.393	2682.020
3.6	478.810	5914.203	3249.500
3.7	490.793	6404.996	3865.460
3.8	492.932	6897.928	4530.606
3.9	1593.153	8491.080	5300.056
4	14.070	8505.150	6149.868

## Especificaciones Varillas corrugadas proveedor NOVACERO

Diámetro nominal	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	mm
Área = $\pi r^2$	0.503	0.786	1.131	1.539	2.011	2.545	3.142	3.801	4.909	6.158	8.043	cm <sup>2</sup>
Perímetro = $2 \pi r$	2.513	3.142	3.770	4.398	5.027	5.655	6.283	6.912	7.854	8.797	10.053	cm
Masa	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	1.998	2.466	2.984	3.853	4.843	6.313	kg/m
Masa de 1 varilla												
de 6 m	2.370	3.702	5.328	7.248	9.468	11.988	14.796	17.904	23.118	29.004	37.878	kg
de 9 m	3.555	5.553	7.992	10.872	14.202	17.982	22.194	26.856	34.677	43.506	56.817	kg
de 12 m	4.740	7.404	10.656	14.496	18.936	23.976	29.592	35.808	46.236	58.008	75.756	kg
Número de varillas en 45.36 kg (1 quintal)	19.139	12.253	8.513	6.258	4.791	3.784	3.006	2.533	1.962	1.564	1.198	de 6 m
	12.759	8.169	5.676	4.172	3.194	2.523	2.004	1.689	1.308	1.043	0.798	de 9 m
	9.570	6.126	4.257	3.129	2.395	1.892	1.533	1.267	0.981	0.782	0.599	de 12 m

VARILLA MICROALEADA  
FICHA TÉCNICA

EL ACERO DEL FUTURO  
**NOVACERO**



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: DESALOJO DE MATERIAL DE TERRENO NATUF UNIDAD: M3			RENDIMIENTO (H/U): 0.0400		
<b>RUBRO N°2</b>					
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Herramienta manual (5% M.O)					\$ 0.04
Volquete 8 m3	2.00	20.00	40.0000	0.0400	\$ 1.60
Retroexcavadora 75 HP	1.00	19.00	19.0000	0.0400	\$ 0.76
				<b>Subtotal M</b>	<b>\$ 2.40</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Retroexcavadora	1.00	4.29	4.2900	0.0400	\$ 0.17
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	2.00	5.62	11.2400	0.0400	\$ 0.45
Peón	1.00	3.83	3.8300	0.0400	\$ 0.15
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.50	4.29	2.1450	0.0400	\$ 0.09
				<b>Subtotal N</b>	<b>\$ 0.86</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRE. UNIT.	COSTO	
				<b>Subtotal O</b>	<b>\$ -</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				<b>Subtotal P</b>	<b>\$ -</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>3.2640</b>
<b>INDIRECTOS %</b>				20.00%	0.6530
<b>UTILIDAD %</b>					0.0000
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>3.9170</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>3.92</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
FIRMA DEL OFERTANTE O SU REPRESENTANTE LEGAL					
OFERENTE					







ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACION		UNIDAD: M3		RENDIMIENTO (H/U):	0.0400
<b>RUBRO N°5</b>					
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Herramienta manual (5% M.O)					\$ 0.04
Volquete de 12 m3	2.00	40.00	80.0000	0.0400	\$ 3.20
Retroexcavadora 75 HP	1.00	19.00	19.0000	0.0400	\$ 0.76
				<b>Subtotal M</b>	<b>\$ 4.00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Retroexcavadora	1.00	4.29	4.2900	0.0400	\$ 0.17
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	2.00	5.62	11.2400	0.0400	\$ 0.45
Peón	1.00	3.83	3.8300	0.0400	\$ 0.15
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.50	4.29	2.1450	0.0400	\$ 0.09
				<b>Subtotal N</b>	<b>\$ 0.86</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRE. UNIT.	COSTO	
				<b>Subtotal O</b>	<b>\$ -</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				<b>Subtotal P</b>	<b>\$ -</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>4.8640</b>
<b>INDIRECTOS %</b>					20.00% 0.9730
<b>UTILIDAD %</b>					0.0000
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>5.8370</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>5.84</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
FIRMA DEL OFERTANTE O SU REPRESENTANTE LEGAL					
OFERENTE					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPO UNIDAD: M3			RENDIMIENTO (H/U): 0.0400		
<b>RUBRO N°6</b>					
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Herramienta manual (5% M.O)					\$ 0.02
Retroexcavadora 75 HP	1.00	19.00	19.0000	0.0400	\$ 0.76
Rodillo Vibratorio liso	1.00	35.00	35.0000	0.0400	\$ 1.40
Volquete 8 m3	1.00	20.00	20.0000	0.0400	\$ 0.80
Subtotal M					\$ 2.98
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Retroexcavadora	1.00	4.29	4.2900	0.0400	\$ 0.17
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.30	4.29	1.2870	0.0400	\$ 0.05
Peón	1.00	3.83	3.8300	0.0400	\$ 0.15
Subtotal N					\$ 0.38
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRE. UNIT.	COSTO	
Arcilla	m3	1.100	\$ 8.00	\$ 8.80	
Agua potable	lt	0.010	\$ 0.00	\$ -	
Subtotal O					\$ 8.80
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$ -
<b>TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>12.1550</b>
<b>INDIRECTOS %</b>					20.00% 2.4310
<b>UTILIDAD %</b>					0.0000
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>14.5860</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>14.59</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
FIRMA DEL OFERTANTE O SU REPRESENTANTE LEGAL					
OFERENTE					









ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: HORMIGÓN SIMPLE EN ZAPATAS F'c= 210 KG/C UNIDAD: M3				RENDIMIENTO (H/U):	1.3365
<b>RUBRO N°11</b>					
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Herramienta manual (5% M.O)					\$ 1.52
Concretera de 1 Saco	1.00	3.50	3.5000	1.3365	\$ 4.68
Vibrador de Manguera	1.00	2.50	2.5000	1.3365	\$ 3.34
				<b>Subtotal M</b>	<b>\$ 9.54</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.80	4.29	3.4320	1.3365	\$ 4.59
Peón	2.00	3.83	7.6600	1.3365	\$ 10.24
Albañil	2.00	3.87	7.7400	1.3365	\$ 10.35
Carpintero	1.00	3.87	3.8700	1.3365	\$ 5.17
				<b>Subtotal N</b>	<b>\$ 30.34</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRE. UNIT.	COSTO	
Arena gruesa	m3	0.650	\$ 13.50	\$ 8.78	
Piedra 3/4"	m3	0.950	\$ 16.00	\$ 15.20	
CEMENTO FUERTE	SACO	6.600	\$ 7.68	\$ 50.69	
Agua potable	lt	0.180	\$ 0.00	\$ -	
Cuarton encofrado S-D 5V 2"x3"	u	1.000	\$ 4.20	\$ 4.20	
Tabla de encofrado (20cm) dos usos	u	1.000	\$ 3.00	\$ 3.00	
Clavos de 2" a 4"	kg	0.200	\$ 1.60	\$ 0.32	
Aditivo acelerante /s/	litro	0.015	\$ 3.32	\$ 0.05	
				<b>Subtotal O</b>	<b>\$ 82.23</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				<b>Subtotal P</b>	<b>\$ -</b>
				<b>TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)</b>	<b>122.1110</b>
				<b>INDIRECTOS %</b>	<b>20.00%</b>
				<b>UTILIDAD %</b>	<b>0.0000</b>
				<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>146.5330</b>
				<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>146.53</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
FIRMA DEL OFERTANTE O SU REPRESENTANTE LEGAL					
OFERENTE					



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: HORMIGÓN SIMPLE RECUBRIMIENTO DEL DIQL UNIDAD: M3			RENDIMIENTO (H/U): 0.0000		
<b>RUBRO N°12</b>					
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Herramienta manual (5% M.O)					\$ -
Concretera de 1 Saco	1.00	3.50	3.5000	0.0000	\$ -
Vibrador de Manguera	1.00	2.50	2.5000	0.0000	\$ -
Subtotal M					\$ -
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COS.HORA	RENDIM	COSTO
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.80	4.29	3.4320	0.0000	\$ -
Peón	2.00	3.83	7.6600	0.0000	\$ -
Albañil	2.00	3.87	7.7400	0.0000	\$ -
Carpintero	1.00	3.87	3.8700	0.0000	\$ -
Subtotal N					\$ -
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRE. UNIT.	COSTO	
Arena gruesa	m3	0.650	\$ 13.50	\$ 8.78	
Piedra 3/4"	m3	0.950	\$ 16.00	\$ 15.20	
CEMENTO FUERTE	SACO	6.600	\$ 7.68	\$ 50.69	
Agua potable	lt	0.180	\$ 0.00	\$ -	
Cuarton encofrado S-D 5V 2"x3"	u	1.000	\$ 4.20	\$ 4.20	
Tabla de encofrado (20cm) dos usos	u	1.000	\$ 3.00	\$ 3.00	
Clavos de 2" a 4"	kg	0.200	\$ 1.60	\$ 0.32	
Aditivo acelerante /s/	litro	0.015	\$ 3.32	\$ 0.05	
Subtotal O					\$ 82.23
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					\$ -
<b>TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>82.2330</b>
<b>INDIRECTOS %</b>				20.00%	16.4470
<b>UTILIDAD %</b>					0.0000
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>98.6800</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>98.68</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
FIRMA DEL OFERTANTE O SU REPRESENTANTE LEGAL					
OFERENTE					









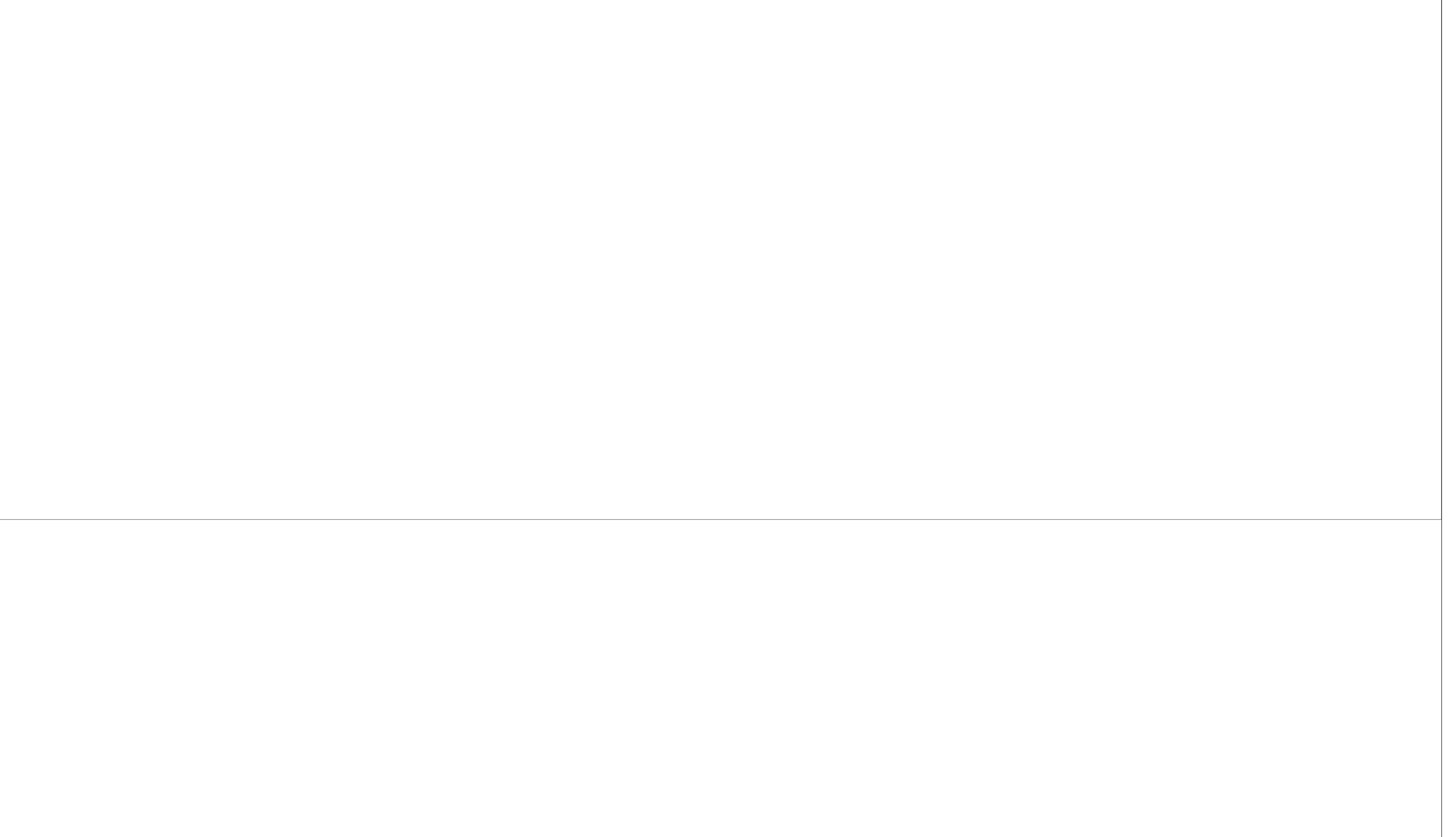








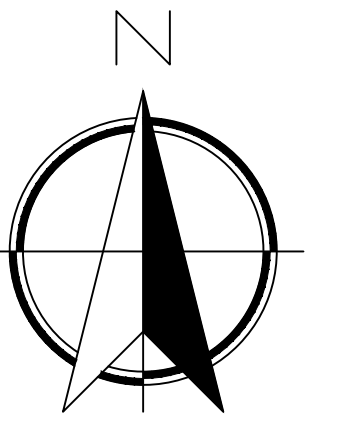




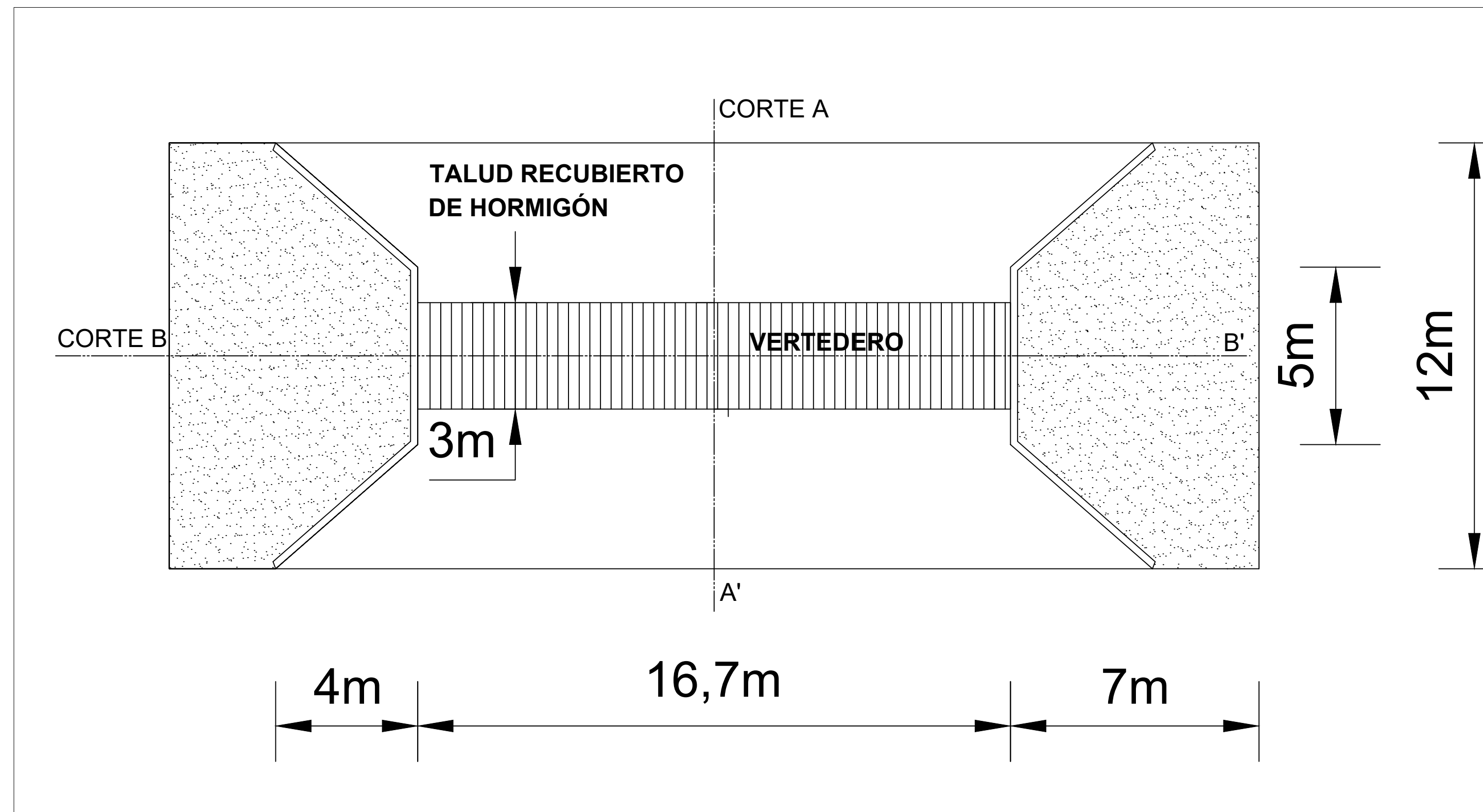
Proyecto: DISEÑO DE UN DIQU  
 Fecha: jue 17/08/23

Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

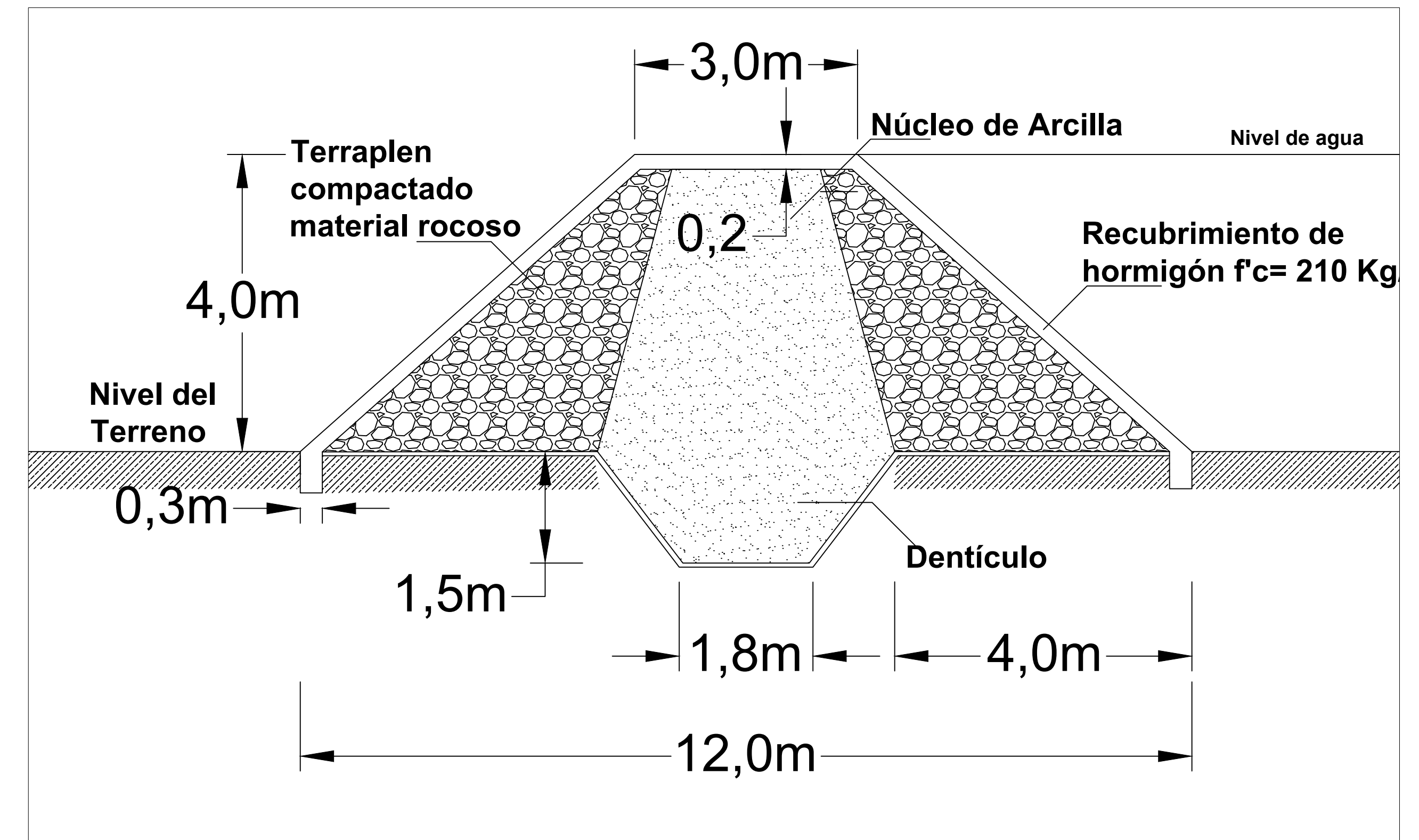
# CORTES Y VISTAS



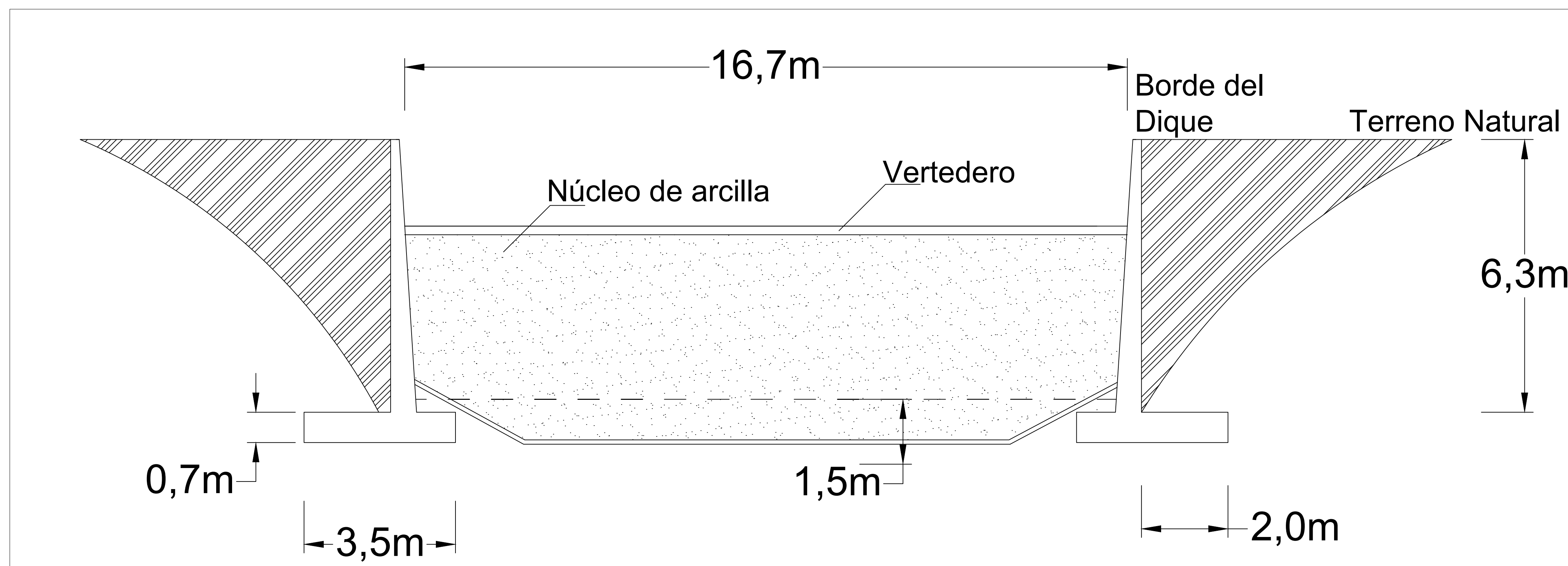
VISTA SUPERIOR



CORTE A - A'

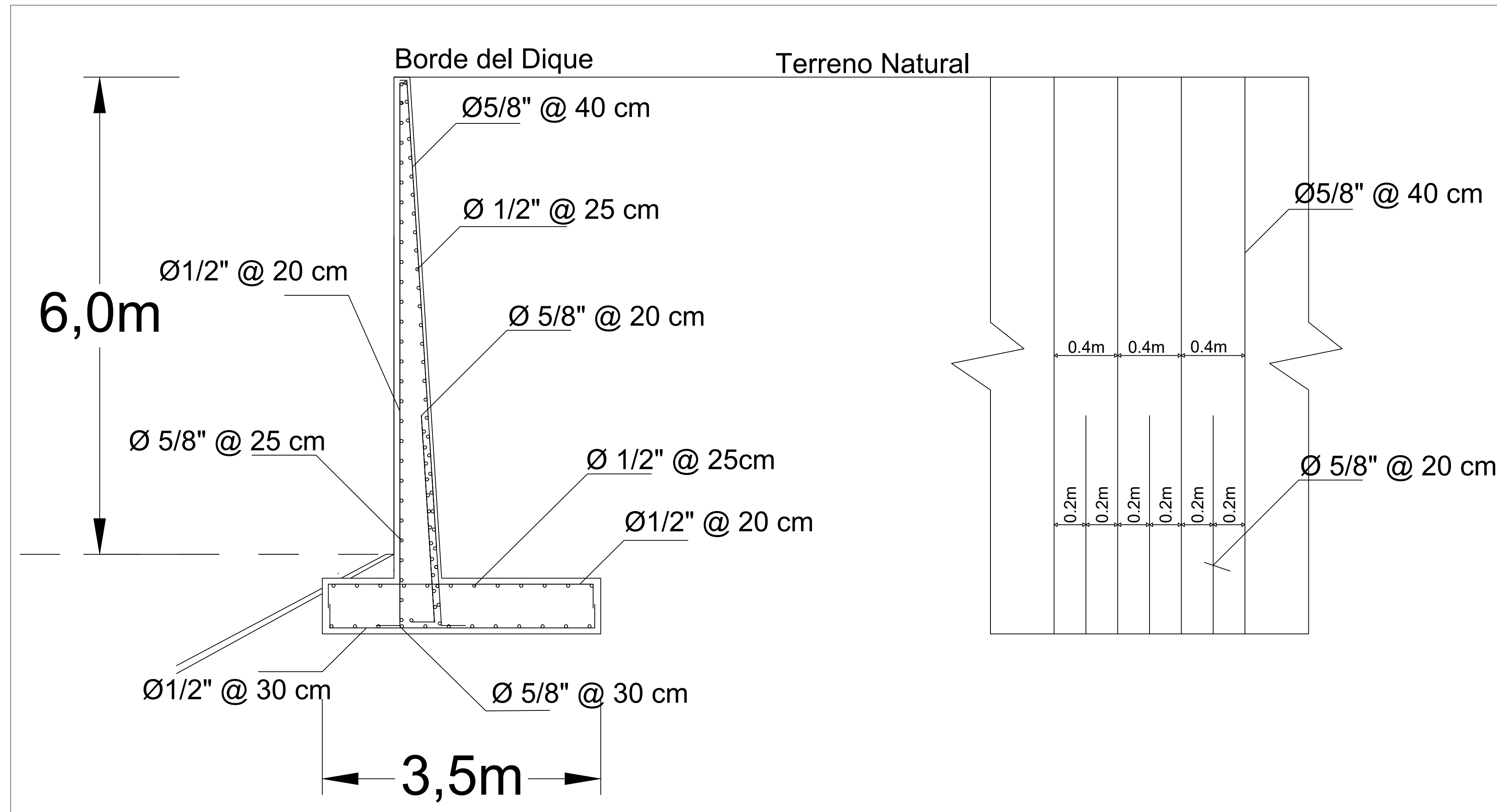
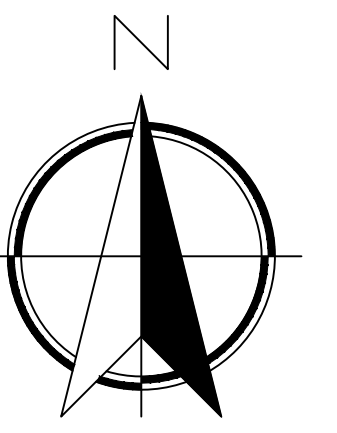


CORTE B - B'



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UN DIQUE EN EL RÍO OLÓN PARA EL APROVECHAMIENTO HÍDRICO DE LA COMUNA EN EL SECTOR "EL BOSQUE"</b>			
CONTENIDO: <b>VISTAS Y CORTES</b>			
Coordinador de Materia Integradora: Ing. Andres Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: Ing. Mijail Arias PhD. Ing. Bethy Merchán MSc	Estudiantes: Dayse Armijos Paño Jordana Carrión Arrieta	Fecha de Entrega: 25 de Agosto, 2023
Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Ingrid Orta		Lámina: A 1/3	Escala: 1:1

# ACERO DE REFUERZO MURO DE CONSTRUCCIÓN

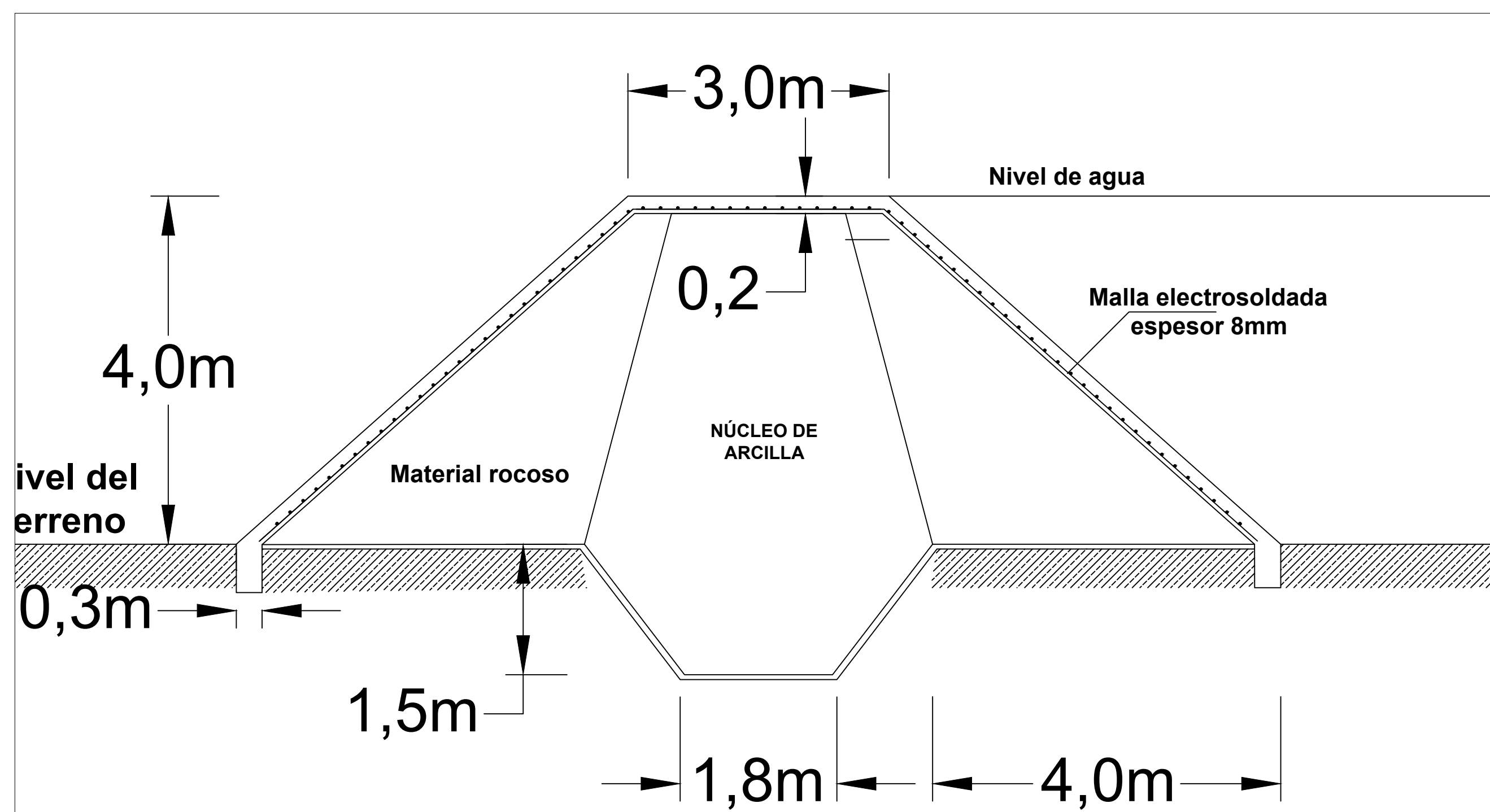


## Corte Muro de contención

Varillas Ø 1/2"  
Varillas Ø 5/8"

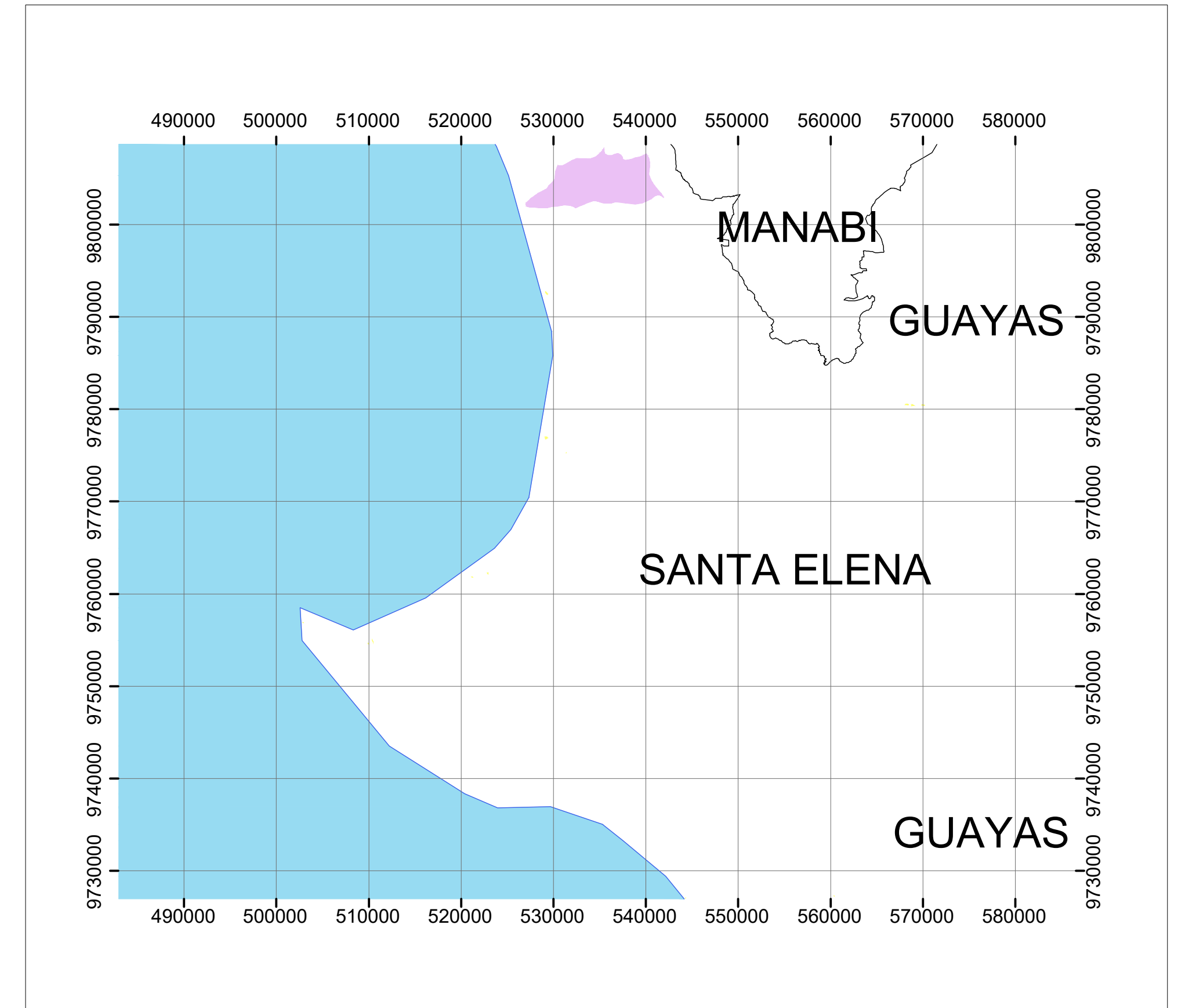
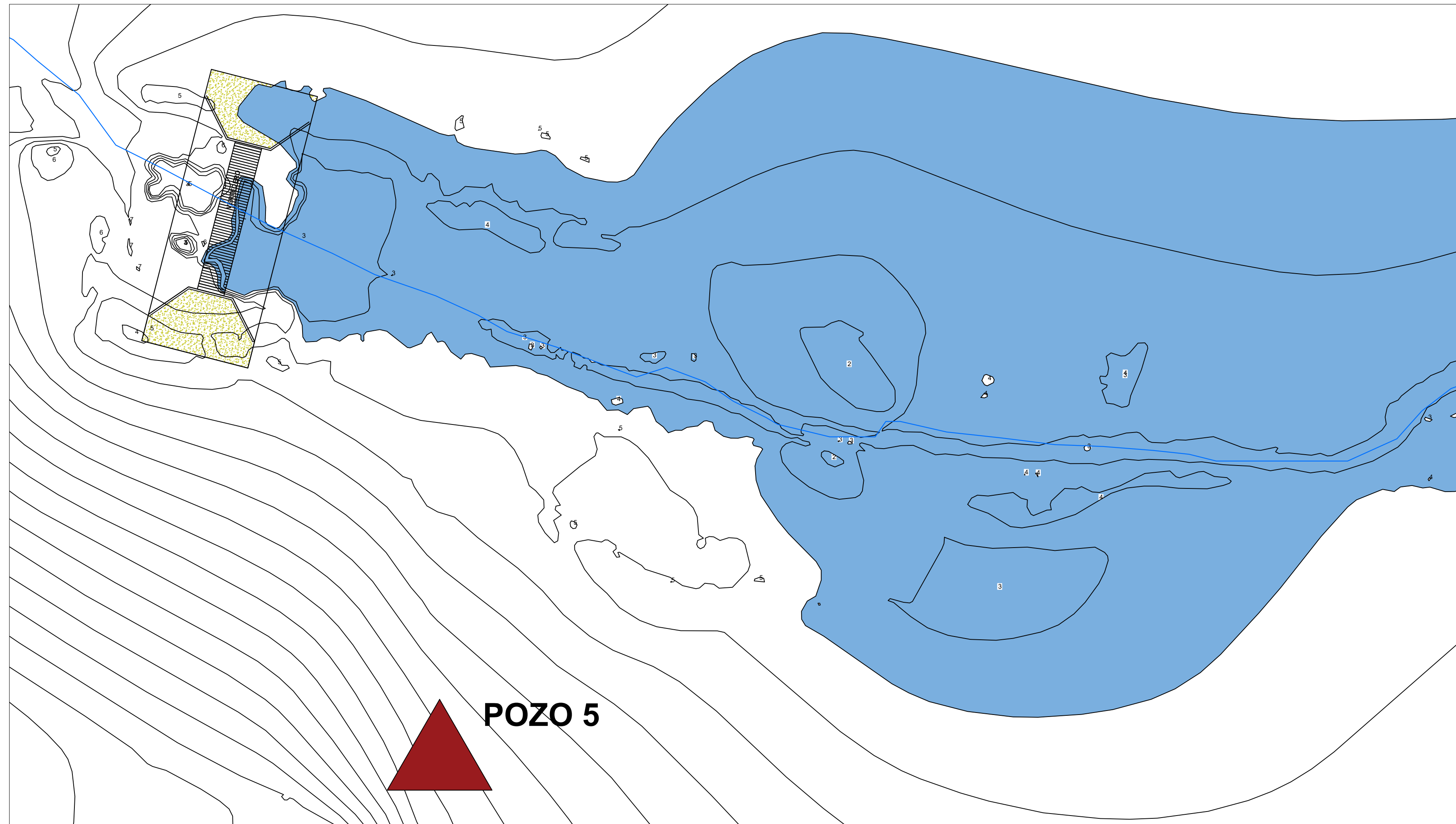
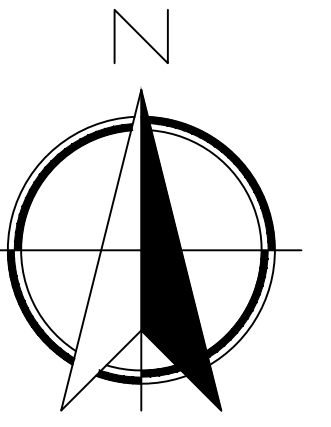
## Recubrimiento de hormigón

malla electrosoldada de 8 mm  
de espesor.



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UN DIQUE EN EL RÍO OLÓN PARA EL APROVECHAMIENTO HÍDRICO DE LA COMUNA EN EL SECTOR "EL BOSQUE"</b>			
CONTENIDO: <b>PLANO ESTRUCTURAL DEL DIQUE</b>			
Coordinador de Materia Integradora: Ing. Andres Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: Ing. Mijail Arias PhD Ing. Bethy Merchán MSc	Estudiantes: Dayse Armijos Paño Jordana Carrión Arrieta	Fecha de Entrega: 25 de Agosto, 2023
Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Ingrid Orta		Lámina: A 2/3	Escala: 1:1

# PLANO DE IMPLANTACIÓN

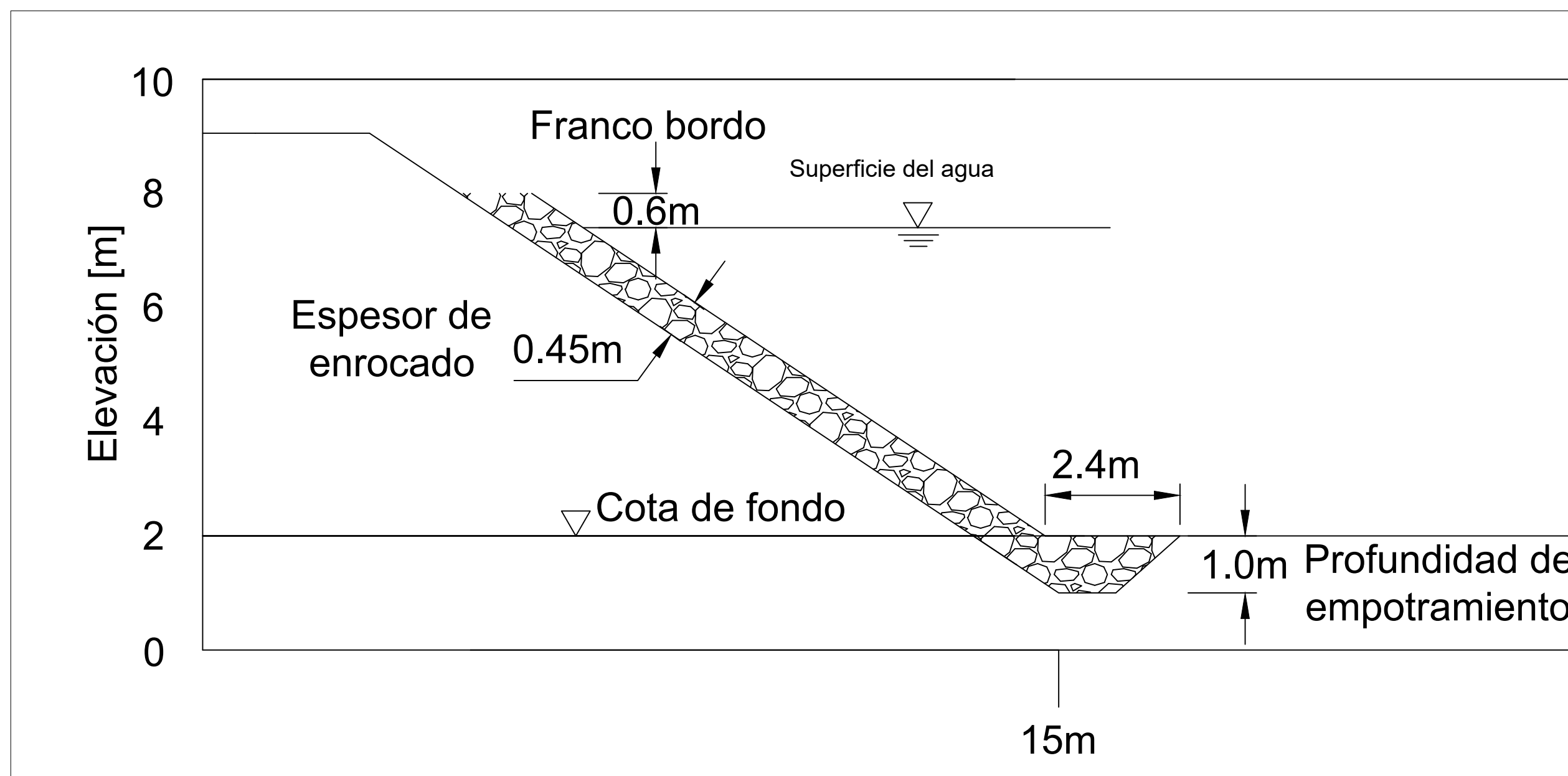


MAPA PROVINCIA DE SANTA ELENA

Escala 1:100000

## VISTA SUPERIOR

Escala 1:100



### PROTECCIONES

Enrocado Ø30cm  
Extensión del recubrimiento 20m

## DETALLE ENROCADO-PROTECCIÓN

Escala 1:1

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

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UN DIQUE EN EL RÍO OLÓN PARA EL APROVECHAMIENTO HÍDRICO DE LA COMUNA EN EL SECTOR "EL BOSQUE"**

CONTENIDO:  
**PLANO DE IMPLANTACIÓN**

Coordinador de Materia Integradora: Ing. Andres Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: Ing. Mijail Arias PhD Ing. Bethy Merchán MSc	Estudiantes: Dayse Armijos Paño Jordana Carrión Arrieta	Fecha de Entrega: 25 de Agosto, 2023
Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Ingrid Orta			Lámina: A 3/3