

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del

CENAIM

INGE-2289

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Bryan David Paredes Caicedo

Joel Matheus Alcívar Fuentes

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedicamos a nuestras familias y seres queridos, su apoyo económico y emocional fueron un pilar fundamental para alcanzar nuestras metas durante toda nuestra carrera.

A nuestros compañeros y profesores que han sido parte integral en nuestra formación académica.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a todos los integrantes del Centro de Investigaciones y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT). Queremos destacar especialmente al PhD. Paúl Carrión, MSc. Bethy Merchán y al Ing. Josué Briones Bitar, su invaluable contribución ha sido esencial para la realización de este trabajo.

Al PhD. Mijaíl Arias Hidalgo y al MSc. Daniel Falquez Torrez, por su paciencia y orientación durante todo el proceso del proyecto y a lo largo de nuestra carrera.

Declaración Expresa

Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Bryan David Paredes Caicedo y Joel Matheus Alcívar Fuentes damos nuestro consentimiento para que la ESPOL 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



Firmado electrónicamente por:
**BRYAN DAVID PAREDES
CAICEDO**

**Bryan David
Paredes Caicedo**



Firmado electrónicamente por:
**JOEL MATHEUS
ALCIVAR FUENTES**

**Joel Matheus
Alcívar Fuentes**

Evaluadores



Firmado electrónicamente por:
DANIEL ANDRES
FALQUEZ TORRES

Ing. Daniel Falquez Torres, MSc.

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:
MIJAIL EDUARDO
ARIAS HIDALGO

Ing. Mijail Arias Hidalgo, Ph.D.

Tutor de proyecto

Resumen

Para contrarrestar el déficit hídrico que presenta la comuna de Palmar-Colonche y la estación experimental del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), se propone construir una represa que almacene el agua del río La Pampa. Esto va a generar una acumulación de agua superficial para llevar a cabo dos objetivos: primero, poder hacer uso del recurso hídrico en tiempos de estiaje; segundo, recargar los acuíferos para la apertura de nuevos pozos de captación. Mediante estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y topográficos se determinó la ubicación idónea para poder colocar la represa. Por lo cual se obtuvo un dique con una longitud de 60 metros, con una corona de 3 metros, un borde libre de 0.6 metros para evitar sobrevertido y una cota de elevación de 4.7 msnm. Adicional se propone el diseño de dos vertederos tipo cimacio, el vertedero principal tiene una longitud de 24.2 metros y una cota de cresta de 3.05 msnm y el vertedero de emergencia que posee una longitud de 18.8 metros y una cota de cresta de 3.65 msnm. Esta represa tiene como objetivo almacenar 74418.65 m³ de agua en el cual abastecerá la demanda del CENAIM de 50000 m³ y cierta parte de la dotación de la población Palmar-Colonche. La evaluación ambiental destacó impactos negativos especialmente en la fase de construcción, proponiendo medidas de mitigación y prevención. Para finalizar se propone un diseño hidrológico-hidrodinámico con las condiciones más cercanas a la realidad y en escenario extremo con periodo de retorno de 100 años, en donde se obtiene una relación de costo almacenamiento de 8.30 \$/m³ y un presupuesto referencial de 618063.25 dólares.

Palabras claves: Dique, Déficit Hídrico, Vertedero, Modelamiento hidrológico, Modelamiento hidrodinámico, Siembra y cosecha de agua.

Abstract

To counteract the water deficit presented by the commune of Palmar-Colonche and the experimental station of the National Center for Aquaculture and Marine Research (CENAIM), it is proposed to build a dam to store water from the La Pampa River. This will generate an accumulation of surface water to carry out two objectives, first to be able to make use of the water resource in times of dryness, second to recharge the aquifers for the opening of new collection wells. Through hydrological, hydraulic, geotechnical and topographic studies, the ideal location to place the dam was determined. Therefore, a dam with a length of 60 meters was obtained, with a crown of 3 meters, a free edge of 0.6 meters to avoid overflow and an elevation level of 4.7 meters above sea level (m.a.s.l.). Additionally, the design of two Cimacio Creager type weirs is proposed, the main one has a length of 24.2 meters and a crest level of 3.05 m.a.s.l., and an emergency weir with a length of 18.8 meters and a crest level of 3.65 m.a.s.l. This dam aims to store 74,418.65 m³ of water in which it will supply CENAIM's demand of 50,000 m³ and a certain part of the population of Palmar-Colonche. The environmental assessment highlighted negative impacts especially in the construction phase, proposing mitigation and prevention measures. Finally, a design modeled with the conditions closest to reality and in extreme scenarios with return periods of 100 years is proposed, where a storage cost ratio of 8.30 \$/m³ and a reference budget of USD 618,063.25.

Keywords: Dam, Water Deficit, weir, Hydrological modelling, hydrodynamic modelling, Water Harvesting.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Abreviaturas	VIII
Índice de figuras	X
Índice de tablas	XIII
Índice de planos	XVII
Capítulo 1	1
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Presentación general del problema	2
1.3 Justificación del problema	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos	4
Capítulo 2	5
2. Materiales y métodos	5
2.1 Revisión de literatura	5
2.1.1 Criterios de diseño de una represa	5
2.1.2 Siembra y cosecha de agua	6
2.1.3 Análisis de frecuencia	6
2.1.4 Criterio para modelación hidrológica	7
2.1.4.1 Método de abstracción del SCS	7
2.1.4.2 Hidrograma Unitario del SCS	7
2.1.4.3 Método de Muskingum	8
2.1.4.4 Programa HEC-HMS	8
2.1.5 Criterio para modelación hidrodinámico	8

2.1.5.1	Perfil batimétrico	8
2.1.5.2	Rugosidades.....	9
2.1.5.3	Programa HEC-RAS.....	10
2.2	Área de Estudio.....	10
2.2.1	Actividad económica	11
2.2.2	Caracterización del suelo	11
2.2.3	Condiciones climáticas	12
2.3	Trabajo de campo y laboratorio	12
2.3.1	Topografía.....	12
2.3.2	Batimetría.....	14
2.3.3	Estudio de suelos.....	16
2.3.4	Caracterización del suelo	18
2.3.4.1	Límites de Atterberg	18
2.3.4.2	Gravedad específica y absorción de los agregados	20
2.4	Análisis de datos	20
2.4.1	Datos meteorológicos.....	20
2.4.2	Modelo hidrológico.....	22
2.4.3	Modelo hidrodinámico.....	23
2.4.3.1	Procesamiento de datos topográficos	23
2.4.3.2	Modelado en HEC-RAS	25
2.5	Análisis de alternativas	29
2.5.1	Selección de propuesta.....	30
Capítulo 3	34
3.	DISEÑO Y ESPECIFICACIONES	34
3.1	Diseño del dique	34
3.1.1	Prediseño del dique	34
3.1.2	Tiempo de vida de la obra.....	37

3.1.3	Cálculo de la socavación.....	40
3.1.4	Diseño del Enrocado de protección del dique.....	42
3.1.5	Análisis de estabilidad de taludes	44
3.1.6	Capacidad del suelo	46
3.2	Diseño del vertedero principal	47
3.2.1	Control por volcamiento	50
3.2.2	Control por deslizamiento.....	51
3.2.3	Revisión por falla por capacidad de carga	52
3.2.4	Cargas, fuerzas de corte y momentos flectores en el muro.....	53
3.2.5	Cálculo de acero en la pantalla del muro	54
3.2.6	Cálculo de acero por contracción y temperatura de la estructura	56
3.2.7	Protección aguas debajo de la cresta.....	56
3.2.8	Fuerzas y momento flector en la risberma	60
3.2.9	Cálculo de acero en la risberma	61
3.2.10	Cálculo de acero por contracción y temperatura en la risberma	62
3.2.11	Diseño de las protecciones laterales y fondo del río.....	63
3.3	Diseño del vertedero de de emergencia	64
3.3.1	Control por volcamiento y deslizamiento	65
3.3.2	Revisión por falla por capacidad de carga	66
3.3.3	Cargas, fuerzas de corte y momentos flectores en el muro lateral y la risberma.....	66
3.3.4	Cálculo de acero en la pantalla del muro y la risberma	68
3.3.5	Cálculo de acero por contracción y temperatura de la estructura	69
3.3.6	Cálculo de acero por contracción y temperatura en la risberma	70
3.4	Especificaciones técnicas.....	70
3.4.1	Limpieza y desbroce	70
3.4.2	Excavación a maquinaria	71
3.4.3	Desalojo de material	72

3.4.4	Relleno compactado con material de préstamo importado	73
3.4.5	Relleno compactado del núcleo impermeable de arcilla.....	73
3.4.6	Relleno compactado de material granular del cuerpo de talud del dique	74
3.4.7	Protección de enrocado en el talud del dique del reservorio	75
3.4.8	Replanteo esp=10 cm	76
3.4.9	Acero de refuerzo $f_y=42000 \text{ kg/cm}^2$ (con alambre galvanizado No 18).....	77
3.4.10	Hormigón armado para el vertedero principal y de emergencia (incluye encofrado) $f_c=400 \text{ kg/cm}^2$ protección a los sulfatos.....	78
3.4.11	Protecciones con hidro malla.....	79
Capítulo 4	81
4.	ANÁLISIS AMBIENTAL	81
4.1	Descripción del Proyecto	81
4.2	Línea base ambiental.....	82
4.3	Actividades del proyecto.....	83
4.4	Identificación de impactos ambientales	85
4.5	Valoración de impactos Ambientales	87
4.6	Medidas de prevención/mitigación	92
Capítulo 5	97
5.	PRESUPUESTO	97
5.1	Estructura desglosada de trabajo.....	97
5.2	Rubros y análisis de precio unitarios	98
5.3	Descripción de cantidades de obra.....	99
5.4	Valoración integral del costo del proyecto	100
5.5	Cronograma del proyecto.....	102
Capítulo 6	103
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	103
6.1	Conclusiones	103

6.2	Recomendaciones	104
	Bibliografía.....	106
	Planos y Anexos.....	113

Abreviaturas

ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
CENAIM	Centro de Investigación Marina y Acuícola.
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
SCS	Soil Conservation Center.
CN	Curve Number.
USACE	United States Army Corps of Engineers.
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos.
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado.
RTK	Real Time Kinematic.
GPS	Global Positioning System.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e hidrología.
DEM	Digital Elevation Model.
ESA	European Space Agency.
NASA	National Aeronautics and Space Administration.
USDA	United States Department of Agriculture.
CIPAT	Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a Ciencias de la Tierra.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
GIS	Geographical Information System.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
PMA	Plan de Manejo Ambiental.
NAME	Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias.
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
USBR	United States Bureau of Reclamation.

JICA Agencia Japonesa de Cooperación Internacional.

SUCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials.

NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Índice de figuras

Figura 2.1 Partes de un dique, (Daniel Francisco, 2013)	5
Figura 2.2 Esquema y sección transversal de un tramo hipotético de un canal para asignar los valores de n , (Arcement & Schneider, 1989b)	10
Figura 2.3 Ubicación local de la Zona de Estudio, Autores.....	11
Figura 2.4 Delimitación de las zonas de estudio. Google Earth	12
Figura 2.5 Establecimiento de la base para RTK para la captura de puntos	13
Figura 2.6 Marcación de punto de control con cal.....	13
Figura 2.7 Vuelo de dron.....	14
Figura 2.8 Registro de puntos en el lecho del río.....	14
Figura 2.9 Registro de puntos en el lecho del río.....	15
Figura 2.10 Toma de medidas del puente El Palmar.....	16
Figura 2.11 Secado de las muestras al sol.....	18
Figura 2.12 Ensayo de los límites de Atterberg (limite líquido).....	19
Figura 2.13 Ensayo de los límites de Atterberg (limite plástico).....	19
Figura 2.14 Ensayo de gravedad específica	20
Figura 2.15 Hietograma de precipitación de diseño para 100 años	22
Figura 2.16 Delimitación de la cuenca en HEC-HMS	22
Figura 2.17 Procesamiento de imágenes topográficas	24
Figura 2.18 Procesamiento del modelo de elevación.....	25
Figura 2.19 Modelo digital de elevación.....	25
Figura 2.20 Modelo de elevación de geometría del río.....	26
Figura 2.21 Nivel del cauce en un retorno de 100 años	28
Figura 2.22 Perfil batimétrico del cauce	28

Figura 2.23 Propuesta de las alternativas	31
Figura 3.1 Colocación del dique y el vertedero principal en Hec-Ras.....	35
Figura 3.2 Perfil longitudinal del cauce del río	36
Figura 3.3 Curva de la capacidad de embalse	36
Figura 3.4 Factor R para las cuencas de Jipijapa y Zapotal, (Mora, 2021).....	38
Figura 3.5 Factor K para las cuencas de Jipijapa y Zapotal, (Mora, 2021).....	39
Figura 3.6 Socavación producida aguas arriba del dique.....	41
Figura 3.7 Socavación general producida en todo el cauce del río	42
Figura 3.8 Modelación del embalse en el Civil 3d.....	44
Figura 3.9 Estabilización de talud en tiempos de estiaje.....	45
Figura 3.10 Estabilización de talud con un periodo de retorno de 100 años.....	45
Figura 3.11 Análisis de infiltración del cuerpo del dique	46
Figura 3.12 División del azud en cuadrantes, criterio general del (USB, 1987)	47
Figura 3.13 Valores de k y n para determinar la forma del azud (USB, 1987)	48
Figura 3.14 Constantes para la forma aguas arriba del azud (USB, 1987).....	49
Figura 3.15 Diagrama de cuerpo libre del azud	50
Figura 3.16 Cargas actuantes sobre la pantalla del azud.....	54
Figura 3.17 Relación de la longitud del resalto hidráulico con el tirante conjugado (USB, 1987)	59
Figura 3.18 Relación del radio mínimo en la cresta aguas abajo del azud (USB, 1987)	60
Figura 3.19 Geometría del azud y las protecciones para el resalto hidráulico.....	60
Figura 3.20 Diseño de la Geoestera	63
Figura 3.21 Geometría del cimacio lateral y las protecciones para el resalto hidráulico.....	64
Figura 3.22 Diagrama de cuerpo libre del azud lateral	65
Figura 3.23 Fuerzas actuantes sobre la pantalla del muro lateral.....	67

Figura 5.1 Estructura de descomposición del trabajo	97
Figura 5.2 Cronograma de trabajo del proyecto.....	102
Figura 6.1 Línea de flujo para límite líquido en muestra 1	116
Figura 6.2 Línea de flujo para límite líquido en muestra 2	117
Figura 6.3 Línea de flujo para límite líquido en muestra 3	117
Figura 6.4 Línea de flujo para límite líquido en muestra 4	118
Figura 6.5 Línea de flujo para límite líquido en muestra 5	119
Figura 6.6 Línea de flujo para límite líquido en muestra 6	119
Figura 6.7 Sección 50 metros aguas arriba del dique colocado	122
Figura 6.8 Sección 100 metros aguas arriba del dique colocado	122
Figura 6.9 Sección 50 metros aguas abajo del dique colocado	122

Índice de tablas

Tabla 2.1 Dimensiones del puente Palmar	15
Tabla 2.2 Descripción de las calicatas	16
Tabla 2.3 Resultado de los límites de Atterberg	19
Tabla 2.4 Resultado de gravedad específica y absorción.....	20
Tabla 2.5 Coeficientes de ajuste para cada una de las estaciones	21
Tabla 2.6 Uso de suelo y valores de CN	23
Tabla 2.7 Rugosidades estimadas.....	26
Tabla 2.8 Escala de Likert (Likert, 1932)	30
Tabla 2.9 Matriz Likert con las propuestas.....	31
Tabla 3.1 Borde libre y ancho de corona mínimo requerido, (JICA,2010).....	34
Tabla 3.2 Relación de taludes sugerido por el USBR según el tipo de la presa y clasificación del material, (USBR 1997).....	35
Tabla 3.3 Resultado parciales de la vida útil.....	40
Tabla 3.4 Resultado del tiempo y capacidad de embalse final.....	40
Tabla 3.5 Tamaño de partícula mínimo y máximo permitido en pulgadas, (NHI, 2009)	43
Tabla 3.6 Parámetros para la capacidad última, (Meyerhof & Hanna, 1978).....	46
Tabla 3.7 Parámetros para el diseño del cimacio	49
Tabla 3.8 Cálculo de fuerzas y momentos con respecto al punto A	50
Tabla 3.9 Datos y valores de fuerza active de Rankine	51
Tabla 3.10 Parámetros obtenidos para la capacidad última del azud.....	52
Tabla 3.11 Datos para el cálculo de fuerzas en la estructura	53
Tabla 3.12 Cálculo de momentos en la pantalla del cimacio	54
Tabla 3.13 Datos para el cálculo de acero en la pantalla	55
Tabla 3.14 Acero requerido en la pantalla	55

Tabla 3.15 Datos para el acero por contracción y temperatura.....	56
Tabla 3.16 Datos para el coeficiente de descarga	57
Tabla 3.17 Datos para el cálculo de fuerzas en la risberma	60
Tabla 3.18 Fuerzas y momento flector máximo en la risberma	61
Tabla 3.19 Datos para el cálculo de acero en la risberma	61
Tabla 3.20 Acero requerido en la risberma	61
Tabla 3.21 Acero requerido en el cuenco dissipador.....	62
Tabla 3.22 Datos para el acero por contracción y temperatura en la risberma	62
Tabla 3.23 Parámetros para el diseño del cimacio lateral	64
Tabla 3.24 Cálculo de fuerzas y momentos con respecto al punto A en estructura lateral.....	65
Tabla 3.25 Datos para el cálculo de fuerzas en la pantalla lateral.....	66
Tabla 3.26 Cargas actuantes en la pantalla del muro lateral	66
Tabla 3.27 Cálculo de momentos en la pantalla del muro lateral	67
Tabla 3.28 Datos para el cálculo de fuerzas en la risberma	67
Tabla 3.29 Fuerzas y momento flector máximo en la risberma	67
Tabla 3.30 Datos para el cálculo de acero en la pantalla del muro	68
Tabla 3.31 Acero requerido en la pantalla del muro	68
Tabla 3.32 Datos para el cálculo de acero en la risberma	69
Tabla 3.33 Acero requerido, número de varillas y separación en la risberma	69
Tabla 3.34 Datos para el acero por contracción y temperatura.....	69
Tabla 3.35 Datos para el acero por contracción y temperatura en la risberma	70
Tabla 4.1 Matriz causa-efecto en fase de construcción.....	86
Tabla 4.2 Matriz causa-efecto en fase de mantenimiento y operación	86
Tabla 4.3 Matriz de Leopold de la fase de construcción.....	89
Tabla 4.4 Matriz de Leopold para de fase mantenimiento y operación	90

Tabla 4.5 Valores de impacto ambiental en la fase de construcción.....	91
Tabla 4.6 Valores de impacto ambiental en la fase de operación y mantenimiento	92
Tabla 4.7 Plan de impacto ambiental en fase de construcción.....	93
Tabla 4.8 Plan de impacto ambiental en fase de operación y mantenimiento	94
Tabla 5.1 Precios unitarios de los rubros	98
Tabla 5.2 Cantidades de los rubros	99
Tabla 5.3 Precios de los rubros	101
Tabla 6.1 Rugosidades estimadas en el tramo 1.....	113
Tabla 6.2 Rugosidades estimadas en el tramo 2.....	113
Tabla 6.3 Rugosidades estimadas en el tramo 3.....	114
Tabla 6.4 Rugosidades estimadas en el tramo 4.....	114
Tabla 6.5 Rugosidades estimadas en el tramo 5.....	115
Tabla 6.6 Rugosidades estimadas en el tramo 6.....	115
Tabla 6.7 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 1	115
Tabla 6.8 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 2.....	116
Tabla 6.9 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 3.....	117
Tabla 6.10 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 4.....	118
Tabla 6.11 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 5.....	118
Tabla 6.12 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 6.....	119
Tabla 6.13 Resultados del ensayo de gravedad específica en todas las muestras.....	120
Tabla 6.14 Tiempo de concentración en cada subcuenca	121
Tabla 6.15 Datos para el tiempo de travesía K para el método de Muskingum clásico	121
Tabla 6.16 APU rubro 1.1	123
Tabla 6.17 APU rubro 1.2	124
Tabla 6.18 APU rubro 2.1	125

Tabla 6.19 APU rubro 2.2	126
Tabla 6.20 APU rubro 2.3	127
Tabla 6.21 APU rubro 2.4	128
Tabla 6.22 APU rubro 2.5	129
Tabla 6.23 APU rubro 3.1	130
Tabla 6.24 APU rubro 3.2	131
Tabla 6.25 APU rubro 3.3	132
Tabla 6.26 APU rubro 3.4	133
Tabla 6.27 APU rubro 3.5	134
Tabla 6.28 APU rubro 3.6	135
Tabla 6.29 APU rubro 3.7	136
Tabla 6.30 APU rubro 4.1	137
Tabla 6.31 APU rubro 4.2	138
Tabla 6.32 APU rubro 5.1	139
Tabla 6.33 APU rubro 5.2	140
Tabla 6.34 APU rubro 5.3	141

Índice de planos

PLANO 1	Ubicación e implantación
PLANO 2	Vista superior y protecciones
PLANO 3	Cortes del dique
PLANO 4	Corte del vertedero principal
PLANO 5	Corte del vertedero de emergencia
PLANO 6	Estructura y armado del vertedero principal
PLANO 7	Estructura y armado del vertedero principal
PLANO 8	Estructura y armado del vertedero de emergencia
PLANO 9	Estructura y armado del vertedero de emergencia

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La organización de las Naciones Unidas propuso en septiembre del 2015, 17 objetivos globales para asegurar la prosperidad sostenible y vivir en paz con la naturaleza. El acceso a recursos hídricos limpios, potables y seguros constituye el objetivo número 6 de la ODS, en el cual es parte fundamental para el desarrollo de las comunidades. Una de las principales metas de este objetivo es, mejorar la calidad del agua para evitar la contaminación y propagación de enfermedades como así mismo permitir que todas las comunidades tengan un acceso equitativo al recurso hídrico (Naciones Unidas, 2015).

La península de Santa Elena que se encuentra ubicada en la costa sur de Ecuador. Posee una creciente necesidad para el abastecimiento de agua debido a que presenta un déficit hídrico por las condiciones climáticas del terreno. Es por esta razón que se materializó el proyecto hidráulico acueducto de Santa Elena y el trasvase Chongón San Vicente aprovechando el agua cruda de la cuenca Guayas. A pesar de todos estos esfuerzos para dotar a la península del recurso hídrico, Santa Elena presenta aún una falta de agua por lo cual obstaculiza su desarrollo económico (Velasco Andrade & Tamayo Ortiz, 2020).

El CENAIM es un centro de investigación marina y acuícola que se encuentra gestionado por la ESPOL. Tiene como principal objetivo mejorar y desarrollar técnicas sustentables para la acuicultura y biodiversidad marina. La línea de investigación del CENAIM está enfocada en el camarón, principalmente tópicos de salud, herramientas de diagnóstico de enfermedades, manejo de sistema de cultivo y mejoramiento genético.

La siembra y cosecha de agua es una técnica sostenible para la obtención del recurso hídrico. Consiste en crear tapes artesanales para el almacenamiento de agua superficial, recargando los acuíferos por medio de filtración. Existen ciertas comunidades en Santa Elena que captan el

agua por medio de pozos someros como; Manglar alto, Libertador Bolívar, Cadete, San Antonio, Río Chico, Montañita. Estas se benefician de este recurso, ya que le permite abastecerse de agua constante durante tiempos de sequía, para sus actividades.

1.2 Presentación general del problema

La región de Colonche ubicada en Santa Elena ha experimentado un crecimiento significativo de industrias locales en los últimos años. Esto ocasionando un aumento en la demanda de agua debido a numerosas camaroneras y sectores dedicados a la siembra y la cosecha. En este sentido estas industrias han enfrentado retos debido a la falta de agua en los pozos y la contaminación del agua de los acuíferos por intrusión salina.

Esta situación se agrava durante la época de estiaje, cuando los niveles de agua son naturalmente bajos. Las industrias locales pueden verse obligadas a reducir sus operaciones debido a la falta de agua disponible en estos periodos. También, puede verse afectado la economía y la calidad de vida de las personas de la comunidad. Por consiguiente, es importante encontrar soluciones que sean sostenibles y puedan asegurar un suministro constante de agua para las actividades que se requieran.

1.3 Justificación del problema

La elaboración de un dique alrededor de los ríos es una técnica que se utiliza desde tiempo atrás, que tiene la intención de almacenar agua durante tiempo de sequía. Adicionalmente, alimenta los acuíferos subterráneos por medio de infiltración del suelo incrementando la apertura de nuevos pozos para la captación del agua. Hace tiempo atrás se utilizaban tapes artesanales para cumplir con este objetivo. Sin embargo, ya no es la opción viable debido a que no presenta seguridad en casos de caudales elevados, aparte de ser construcciones informalmente elaboradas.

La construcción de la represa será beneficioso para la población de Colonche, debido a que alrededor del río se encuentran varias empresas que tiene como principal fuente de ingreso la acuicultura, ganadería y agricultura. Esto potenciará la economía de la población ya que se

preservará la calidad del agua dulce que es un recurso fundamental para el desarrollo de las poblaciones y convertirá a Palmar en un lugar atractivo para la apertura de nuevas empresas.

Adicionalmente, la construcción de la represa impulsará la investigación de técnicas sostenibles. Estas están enfocadas en el manejo de sistemas de cultivo de camarón, herramientas de diagnóstico de enfermedades y mejoramiento de genética. Así, se garantizará un suministro constante de agua a las empresas camaroneras que se dedican a la investigación acuícola.

En caso de que no se construya el dique, puede traer grandes pérdidas para las empresas que se encuentran asentada en la zona. Tal situación incentivaría a los pobladores a elaborar tapes artesanales para tiempos de sequía, sin considerar los riesgos que estos pueden traer. Debido a que no son seguros, no presentan un estudio previo de la zona y es muy probable que se produzca una inundación y consecuentemente un colapso del tape artesanal. Esto provocaría pérdidas económicas e incluso arriesgando la vida de los pobladores.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar integralmente una represa en el sector Colonche de la provincia de Santa Elena, empleando información de base topográfica, ensayos de suelo, y modelos hidrológicos e hidráulicos, para el almacenamiento de agua superficial del CENAIM.

Este fin se vincula con interrogantes de diseño tales como:

¿Cómo el modelado hidrológico e hidráulico podrían afectar en la toma de decisión de la ubicación de la represa?

¿Cuáles son los aspectos de diseño, hidráulicos, comportamiento del suelo y estructural que se deben considerar para la construcción de la represa?

¿Qué impacto ambiental y social va a tener el dique, en caso de que se llegue a implementar?

1.4.2 Objetivos Específicos

Evaluar la dinámica hidrológica e hidrodinámica mediante información de datos hidrometeorológicos, topografía y batimetría, para la obtención de la ubicación estratégica y forma geométrica idónea que permita un adecuado almacenamiento del recurso hídrico.

Diseñar la represa y las estructuras pertinentes basándose en normativas y estándares técnicos de construcción vigentes para una futura implementación de la represa.

Analizar los posibles efectos ambientales y sociales de la construcción y operación de la represa identificando impactos en la biodiversidad, comunidades locales y patrimonio cultural, garantizando así la sostenibilidad del proyecto.

Capítulo 2

2. Materiales y métodos

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Criterios de diseño de una represa

Los tapes artesanales suelen construirse con sacos de arena, arcilla o rocas. Esto permite almacenar un cierto volumen de agua superficial para el riego de cultivo (Álvarez et al., 2004). Los moradores poseen una gran experiencia en la colocación de los tapes artesanales. Debido a que identifican zonas en las cuales el suelo es muy permeable y eventualmente se almacena gran cantidad de agua por lluvia esorrentía (Oyonarte et al., 2022).

Las presas normalmente suelen ser de materiales sueltos o de hormigón. Los tapes artesanales normalmente son elaboradas de arcillas y compactadas con material pétreos. La arcilla impide la existencia de filtraciones sobre el núcleo de la presa (Guzmán Garaicoa et al., 2021). Las presas están conformadas por dos partes importantes. El dique es la que represa el agua e impide que esta continúe el flujo normal del cauce. El vertedero se diseña para proteger la presa en caso de desbordamiento (Campos, 2013).

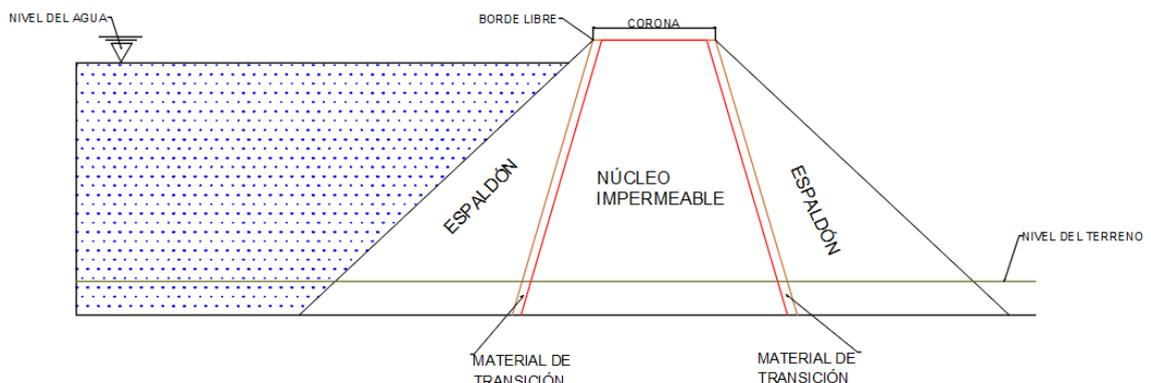


Figura 2.1 Partes de un dique, (Daniel Francisco, 2013)

2.1.2 Siembra y cosecha de agua

La siembra y cosecha de agua es un proceso sostenible en el cual consta de dos partes. Primero la infiltración del agua superficial al suelo subterráneo y segundo la captación de esta agua por medio de pozos someros (Albarracín et al., 2021). La correcta administración del agua es primordial para la sostenibilidad. Por esta razón, debemos emplear criterios de almacenamiento, recarga, control ambiental de la cuenca y utilizar la sabiduría ancestral para complementar el criterio ingenieril (Herrera-Franco, 2020).

Este proceso de sostenibilidad ya se encuentra operando en América-Ecuador, en las faldas del volcán Chimborazo. El terreno presenta grandes depresiones por lo cual es perfecto para almacenar grandes cantidades de agua y filtración de la misma (Carrión-Mero et al., 2023). En el altiplano mexicano, en la Altiplanicie Mexicana se forma una gran llanura de inundación que recarga a los acuíferos para que las comunidades que se encuentran cerca de las zonas puedan obtener agua por medio de los pozos someros (Peñuela Arévalo & Carrillo Rivera, 2013).

En el sur de España existen cuencas alpinas en la que tienen muchos canales antiguos en el cual recogen toda la nieve que se derrite y se transporta hasta un reservorio natural. En este punto el agua se empieza a filtrar por medio del suelo y recarga los acuíferos subterráneos (Barberá et al., 2018). En Estados Unidos, en la cordillera Alpina Frontal se observó que el agua del deshielo de los glaciales abastecía a los acuíferos subterráneos. La geografía de la cordillera, la refracción sísmica y la estimación de la porosidad y permeabilidad del suelo. Finalmente, daba como resultado grandes reservorios de agua en los taludes de la cordillera (Clow et al., 2003).

2.1.3 Análisis de frecuencia

Para elaborar un diseño en hidráulica, es necesario desarrollar un análisis hidrológico, en el cual se centra en la escorrentía y no en la lluvia que lo genera. El análisis es de gran importancia dado que nos permite conocer la frecuencia y la magnitud en la que puede aumentar la escorrentía de un río (McCuen, 1941). Este proceso de análisis de frecuencia consiste en ajustar los datos a

las diferentes distribuciones probabilísticas. Se pueden aplicar en diversas variables hidroclimáticas como: precipitaciones, caudales, evapotranspiración (Merritt et al., 1999).

2.1.4 Criterio para modelación hidrológica

2.1.4.1 Método de abstracción del SCS

Consiste en seleccionar un valor adimensional, CN que indica el potencial de escorrentía de un suelo. Este es la combinación de un grupo hidrológico de suelo, una clase de uso y tratamiento de tierra (Chow, 1958). El valor de CN se encuentra en un rango de 0 a 100. Mientras mayor sea el valor indicara un mayor potencial de escorrentía. En la actualidad es muy usado debido a la facilidad de poder ser aproximado mediante herramientas de información geográfica (USDA, 2004) (Dingman, 1993).

$$CN_{subcuenca} = \frac{\sum CN_i * A_i}{A_{subcuenca}} \quad (2.1)$$

Donde $CN_{subcuenca}$ es el número total de CN de cada subcuenca y es un valor adimensional, mientras que $A_{subcuenca}$ es el área total de toda la subcuenca y está en metros cuadrados.

2.1.4.2 Hidrograma Unitario del SCS

Es la respuesta para un sistema hidrológico lineal. Que es la escorrentía directa resultante de una pulgada de exceso de lluvia generado de manera uniforme sobre un área de drenaje a una tasa constante (Carrascal Leal et al., 2013). En la aplicación de este método la variable más importante es el tiempo de retardo, en el cual se define como el tiempo que existe entre el centro de gravedad del hietograma y la punta del hidrograma. El tiempo de retardo depende del tiempo de concentración (Chow, 1988) (Linsley & Franzini, 1980).

$$T_{lag} = \frac{0.6 * 258.7 * L^{0.8} * \left[\left(\frac{100}{CN} - 9 \right) \right]^{0.7}}{1900 * S^{0.5}} \quad (2.2)$$

Donde T_{lag} es el tiempo de retardo que se encuentra en minutos, L es la longitud más larga del cauce en metros, CN es el número de curva de cada subcuenca y S es la pendiente en porcentaje más larga del cauce.

2.1.4.3 Método de Muskingum

El método de Muskingum sirve para el calcular el tránsito en un cauce, mediante el modelado del depósito volumétrico del flujo del río (Shaw, 1994). Este método indica que la reserva en un extremo del cauce se puede dividir en dos partes. Almacenamiento en prisma que sería equitativo al caudal de salida y el almacenamiento en cuña que es la diferencia entre el caudal de entrada y salida. Los variables de interés en este método son K que es el tiempo de recorrido del río de un extremo a otro y X que es una constante teórica que se encuentra entre el rango de 0 a 0.5 (Sánchez, 2017) (Wisler & Brater, 1949).

$$K = 0.18 * \left(\frac{\Delta x}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (2.3)$$

Donde Δx es la longitud del cauce que está en kilómetros, S es la pendiente en porcentaje del cauce y K es el tiempo de travesía expresado en horas.

2.1.4.4 Programa HEC-HMS

Esta herramienta desarrolla simulaciones de precipitación-escorrentía y sistemas de cuencas dendríticas. Puede producir hidrogramas para posibles estudios de drenaje urbano, diseño de aliviaderos, disponibilidad de agua y regulación de llanuras aluviales (USACE, 2023^a). El HEC-HMS se puede utilizar para elaborar alertas de inundaciones mediante un modelado hidrológico y sistemas de análisis de ríos (Mattos et al., 2022).

2.1.5 Criterio para modelación hidrodinámico

2.1.5.1 Perfil batimétrico

Para un modelo hidrodinámico es de gran importancia elaborar un levantamiento batimétrico de un río. Dado que se puede conocer la profundidad y la dirección del flujo del cauce

(Yang et al., 2023). Debido a la baja confiabilidad y la falta de información que presenta un mapa batimétrico, la información debe complementarse con imágenes satelitales (Chu et al., 2019). La obtención de un mapa batimétrico mediante el método tradicional debe ser corregido conectando los puntos más bajos del perfil batimétrico de la línea del eje del río (Knudby et al., 2016)

2.1.5.2 Rugosidades

Los coeficientes de Manning se obtienen mediante una minuciosa observación. Estos coeficientes se estiman mediante factores que depende de las irregularidades del canal, irregularidades de fondo, variaciones en el ancho, obstrucciones vegetales y de meandros (Hadi & Almansori, 2023) (Krochin, 1968). Hay que considerar que los valores de Manning son experimentales y depende mucho del criterio del observador, por lo cual el valor puede tener variaciones y porcentaje de error (Arcement & Schneider, 1989) (Azevedo & Alvarez, 1976).

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m \quad (2.4)$$

Donde n_b es el valor base del material del suelo para un canal recto y uniforme, n_1 es la corrección debido a las irregularidades que se pueden presentar en la sección del cauce, n_2 es la corrección para las variaciones de forma y tamaño. n_3 es la corrección debido a las obstrucciones que presenta el cauce. n_4 es la corrección dada la vegetación y m es el factor de corrección por los meandros presentes en el cauce.

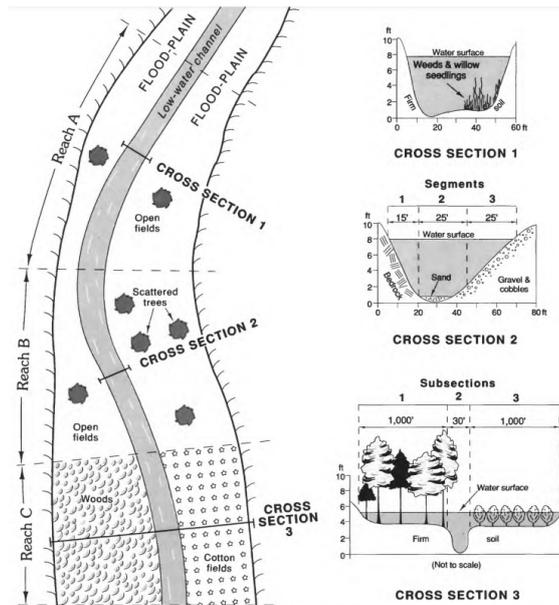


Figura 2.2 Esquema y sección transversal de un tramo hipotético de un canal para asignar los valores de n , (Arcement & Schneider, 1989b)

2.1.5.3 Programa HEC-RAS

Esta herramienta tiene como principal función la delineación de las planicies de inundación en otras palabras. Su función es estimar el nivel del agua en cada sección transversal del tramo del río o canales abiertos, entre otras variables como caudales, parámetros geométricos. Este programa puede ser calibrarlo para un flujo permanente o no permanente (Ikirri, 2021) (USACE, 2023b). Adicionalmente, Hec-Ras puede estimar la socavación que se produce en las bases y los elementos de apoyo de los puentes, como también el transporte de sedimentos y contaminante (Quintero, 2009).

2.2 Área de Estudio

La zona de interés es el río de la Pampa, que se encuentra ubicado en la comuna Palmar, de la parroquia de Colonche, en la provincia de Santa Elena. Delimita al norte con la parroquia Manglaralto y el cantón Pedro Pablo Gómez. Sur con parroquias de Simón Bolívar y Santa Elena. Este con cantones de Pedro Carbo y Cascol de Manabí. Oeste con el Océano Pacífico y parroquias de Manglaralto. Según los datos proporcionados por la INEC en el censo

del 2010. Colonche posee una extensión territorial de 1.149.33 km² y un número de habitantes de 41.050 proyectados al año 2020 (GAD Colonche, 2019)

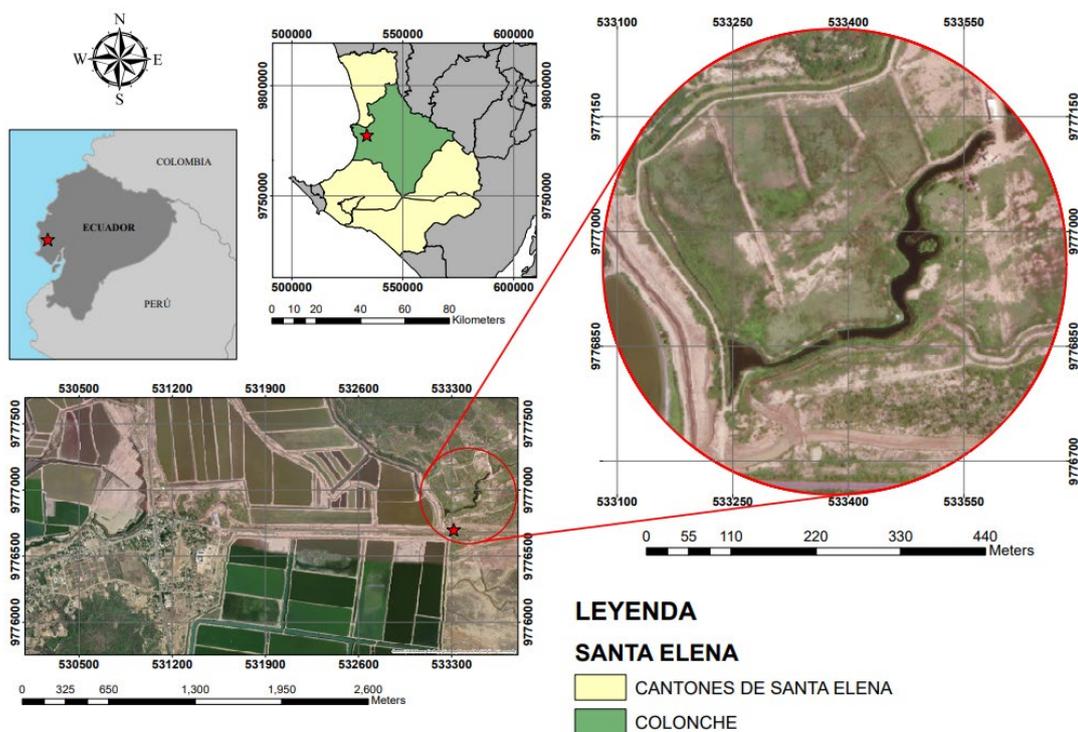


Figura 2.3 Ubicación local de la Zona de Estudio, Autores

2.2.1 Actividad económica

La parroquia Colonche presenta un crecimiento económico regular. Según lo estipulado en el último censo realizado por el INEC del 2010, la economía del sector se basa en la agricultura, pesca y ganadería con un porcentaje del 46.14%. No obstante, en el plan de desarrollo territorial del 2015 se presenció un ligero aumento en el comercio mayorista y minorista 8.25%, construcción 4.84% e industrias manufactureras 10.02% (Q. K. Alvarado & Martínez, 2021)(INEC et al., 2011).

2.2.2 Caracterización del suelo

La gran parte del suelo de la cordillera Chongón Colonche dispone de rocas sedimentarias antiguas en el cual prevalecen relieves abruptos y pocos profundos (GAD Colonche, 2019). Colonche posee en la mitad de su extensión territorial una superficie plana con pendientes que no sobrepasan el 5%. Las depresiones que posee se deben a los valles de los ríos Javita y Nuevo. Gran

parte del suelo de Colonche se pueden encontrar texturas finas arcillosas y franco arcillosas, que pueden ser capaz de sufrir erosión (Marcos, 2004).

2.2.3 Condiciones climáticas

La comuna de Colonche pertenece a una región con clima muy seco subtropical. En los meses de enero hasta abril el sector puede llegar alcanzar una temperatura máxima de 30.7 °C. Debido a que se encuentra influenciado por la corriente cálida del niño. Mientras que, en los meses de mayo hasta diciembre, la zona puede alcanzar temperaturas mínimas de 19.9 °C. Dado que el sector se encuentra predominado por la corriente fría de Humboldt (Flores & Proaño, 2019) (Alvarado et al., 2017).

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

2.3.1 Topografía

En relación con el trabajo de campo, se elaboró 8 levantamientos topográficos con dron. El programa Google Earth fue utilizado para seccionar el área de estudio y estimar la posición de los puntos de control necesarios para la calibración. Antes de ir al campo, se elaboró el plan de vuelo utilizando la aplicación DroneDeploy.



Figura 2.4 Delimitación de las zonas de estudio. Google Earth

Una vez en el campo, se ubicó la base *Real Time Kinematic* (RTK) en las intercesiones de las zonas previamente delimitadas. Los puntos de control se marcaron con una X y se utilizó cal para que el dron pueda identificarlas. También se tomaron las coordenadas de los elementos hidráulicos que se encontraban en el río como: ducto cajo, alcantarillas y compuertas de descarga. Finalmente, el dron fue operado utilizando el software *DJI GO 4*.



Figura 2.5 Establecimiento de la base para RTK para la captura de puntos



Figura 2.6 Marcación de punto de control con cal



Figura 2.7 Vuelo de dron

2.3.2 Batimetría

Para el levantamiento batimétrico se utilizó la base (RTK), el receptor *GPS* diferencial y la colectora de datos. Debido a que el río presentaba un bajo caudal, se registraron los datos de elevación en el medio y en ambos extremos del cauce. Los datos se tomaron cada 10 metros en caso de presentar meandros o cambios de dirección. En cambio, en trayectos donde el río presentaba superficies no irregulares se tomó el dato cada 40 o 30 metros. Dado que se necesitó la mayor información posible se tomó, tanto para aguas arriba y aguas abajo, 800 metros más de nuestra zona de estudio.



Figura 2.8 Registro de puntos en el lecho del río



Figura 2.9 Registro de puntos en el lecho del río

Para el levantamiento del puente se registró todas sus dimensiones, que se pueden visualizar en la tabla 2.1. Además, los moradores proporcionaron información sobre los niveles normales del río. En el cual en tiempo de invierno el cauce alcanza una altura de 1.60 m y en épocas extremas como lo fue el fenómeno de El Niño de 1997-1998 el río alcanza una altura máxima de 3.40 msnm. Esta información es importante ya que permite calibrar los modelos hidrodinámicos e hidrológicos.

Tabla 2.1 Dimensiones del puente Palmar

Elemento del puente	Descripción	Dimensiones (m)
Altura	Medido desde la mitad del puente hasta el río	3.0
Largo	Longitud total del puente	19.5
Ancho	Tomado desde la capa de rodadura. Sin contar la acera peatonal	11.2
Losa	Altura	0.3
Estribo	Altura	2.7
Viga	Altura	1.3
	Separación	2.8
	número de vigas	5.0
	Ancho del patín superior	1.8
	Ancho del patín inferior	0.6



Figura 2.10 Toma de medidas del puente El Palmar

2.3.3 Estudio de suelos

La extracción de la muestra se llevó a cabo durante la visita del 4 de octubre del 2023. Se excavó 3 calicatas en la zona de interés, donde se tiene planeado colocar la presa. Para cada una de la muestra se tomó a una profundidad de 40 cm evitando de esta forma obtener muestra de la capa vegetal. Las calicatas se tomaron en los dos extremos del río y en el centro de este tal y como se puede observar en la tabla 2.2. Las muestras se llevaron al laboratorio de geotecnia y construcción en la ESPOL para caracterizar las muestras.

Tabla 2.2 Descripción de las calicatas

Muestra	Descripción	Imagen
Muestra #1		
Coordenadas	Calicata en el extremo derecho del río.	
Zona 17S	Nivel freático a 0.80 m	
533429.30 E	Presencia de suelo arcilloso.	
9776720.25 N		

<p>Muestra # 2</p> <p>Coordenadas</p> <p>Zona 17S</p> <p>533431.17 E</p> <p>9776734.87 N</p>	<p>Calicata en el extremo izquierdo del río.</p> <p>Nivel freático a 0.85 m</p> <p>Presencia de suelo arcilloso.</p>	
<p>Muestra # 3</p> <p>Coordenadas</p> <p>Zona 17S</p> <p>533429.54 E</p> <p>9776729.32 N</p>	<p>Calicata en el medio del río.</p> <p>Nivel freático a 0.70 m</p> <p>Presencia de suelo arcilloso.</p>	
<p>Muestra # 4</p> <p>Coordenadas</p> <p>Zona 17S</p> <p>532151.03 E</p> <p>9776705.12 N</p>	<p>Calicata en el extremo izquierdo del río.</p> <p>Nivel freático a 0.85m</p> <p>Presencia de suelo arcilloso.</p>	
<p>Muestra # 5</p> <p>Coordenadas</p> <p>Zona 17S</p> <p>532150.96 E</p> <p>9776725.36 N</p>	<p>Calicata en el extremo derecho del río.</p> <p>Nivel freático a 0.90m</p> <p>Presencia de suelo arcilloso.</p>	
<p>Muestra # 6</p> <p>Coordenadas</p> <p>Zona 17S</p> <p>532151.41 E</p> <p>9776716.65 N</p>	<p>Calicata en el medio del río.</p> <p>Nivel freático a 0.30m</p> <p>Presencia de suelo arenoso.</p>	

2.3.4 Caracterización del suelo

El primer procedimiento en el laboratorio de suelos fue tender la muestra y dejarla secando al sol, dado que la muestra presentaba una alta cantidad de humedad, se dejó secando por alrededor de 7 días. Después se procedió a caracterizar la muestra del suelo, por lo cual se necesitó realizar ensayo de límites de Atterberg, gravedad específica, contenido de humedad, consolidación y permeabilidad. Debido a que el suelo presentaba una gran cantidad de limos y arcillas no se realizó el ensayo de granulometría.



Figura 2.11 Secado de las muestras al sol

2.3.4.1 Límites de Atterberg

Este ensayo se elaboró con el principal objetivo de clasificar el tipo de suelo y también conocer los rangos de humedad de nuestro suelo. La práctica se logró siguiendo las especificaciones técnicas de la norma ASTM D4318-95a.



Figura 2.12 Ensayo de los límites de Atterberg (limite líquido)



Figura 2.13 Ensayo de los límites de Atterberg (limite plástico)

Tabla 2.3 Resultado de los límites de Atterberg

	Muestra 1	Muestra2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Limite líquido	42	41	57	41	46	39
Limite Plástico	26	24	33	26	24	23
Índice de plasticidad	16	17	24	15	22	16
Clasificación del suelo	Limo de baja plasticidad (ML)	Arcilla de baja plasticidad (CL)	Limo de alta plasticidad (MH)	Limo de baja plasticidad (ML)	Arcilla de baja plasticidad (CL)	Arcilla de baja plasticidad (CL)

2.3.4.2 Gravedad específica y absorción de los agregados

La gravedad específica es una forma particular para obtener la densidad relativa del suelo. Dado que no se posee datos del volumen del suelo, se elaboró una relación entre la temperatura de la muestra junto con la densidad de la muestra. Siguiendo el procedimiento que se indica en la normativa ASTM C127.



Figura 2.14 Ensayo de gravedad específica

Tabla 2.4 Resultado de gravedad específica y absorción

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Gravedad específica	2.46	2.68	2.58	2.56	2.41	2.59
Absorción	8.10 %	9.73 %	4.40 %	4.27 %	8.26 %	2.12 %

2.4 Análisis de datos

2.4.1 Datos meteorológicos

Primero, se extrajo información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017). Específicamente sobre las estaciones meteorológicas más cercanas a nuestra zona de estudio. Luego, se identificó que las tres estaciones más cercanas son: M0036 (Isabel María), M0056 (Guayaquil Aeropuerto) y M0169 (Julcuy). Con estas estaciones se obtuvo la

información necesaria para calcular las precipitaciones en un tiempo de dos horas, con intervalos de cinco minutos. Posteriormente, se elaboró el hietograma de cada estación meteorológica utilizando las ecuaciones de intensidad propuestas (INAMHI, 2015).

$$I = \frac{K * T^m}{t^n} \quad (2.5)$$

Donde la I es la intensidad en milímetros sobre hora, T es el periodo de retorno en años, t es el tiempo de duración en minutos de la precipitación y K, m, n son coeficientes adimensionales de ajuste propio de cada estación.

Tabla 2.5 Coeficientes de ajuste para cada una de las estaciones

Estación		Intervalos de tiempo	Coeficientes		
Código	Nombre		K	n	m
M0036	ISABEL MARÍA	5<30	192.4568	0.309	0.1448
		30<120	254.4995	0.443	0.2022
		120<1440	2046.162	0.882	0.2334
M0056	GUAYAQUIL AEROPUERTO	5<30	135.7748	0.3063	0.2169
		30<120	203.0259	0.4171	0.2169
		120<1440	1113.454	0.7779	0.2169
M0169	JULCUY	5<30	161.6041	0.4192	0.2087
		30<120	302.5648	0.6122	0.2098
		120<1440	1043.321	0.8892	0.2669

Esto permitió obtener las precipitaciones en un tiempo de dos horas y un periodo de retorno de 100 años. Finalmente, se calculó un hietograma resultante para la zona de estudio basado en los tres hietogramas de cada estación. La tormenta de diseño se configuró en función de la proximidad de cada estación meteorológica: a menor distancia de la estación, mayor influencia.

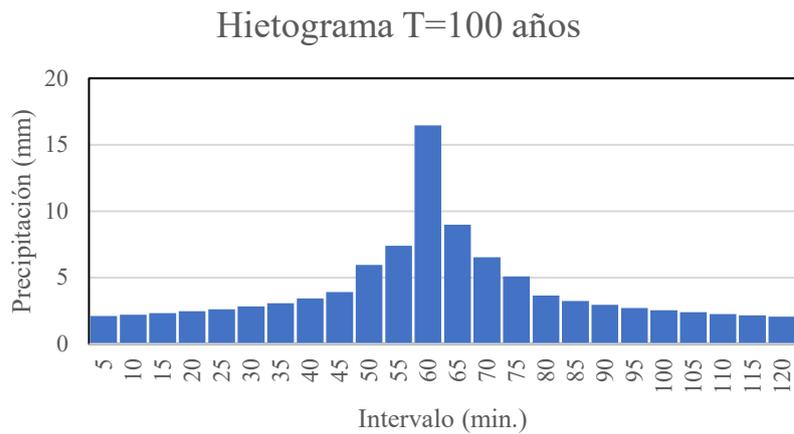


Figura 2.15 Hietograma de precipitación de diseño para 100 años

2.4.2 Modelo hidrológico

Para el análisis hidrológico, se empleó el programa de licencia libre HEC-HMS. A partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM) de Santa Elena, se delimitó la cuenca en el punto inicial de nuestro análisis. Posteriormente, se establecieron las direcciones y acumulaciones de flujo, seleccionando aquellos ríos con un área de 5 km².

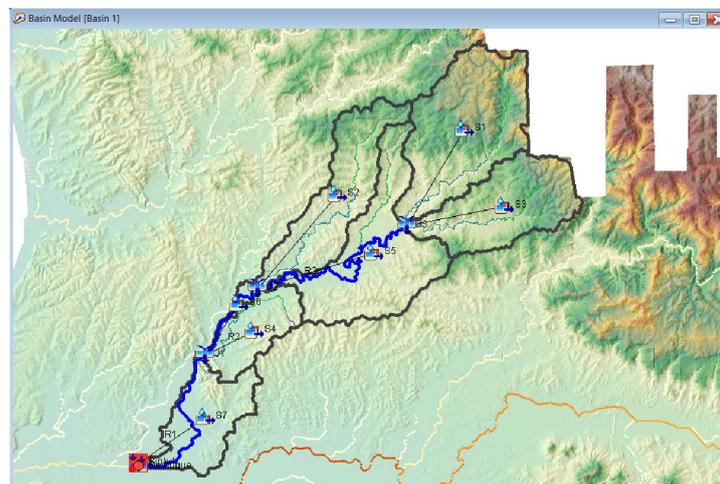


Figura 2.16 Delimitación de la cuenca en HEC-HMS

La cuenca se dividió en subcuencas y se determinó el número de curva para cada una utilizando el método del SCS explicado en la sección 2.1.4.1. Para calcular este número, se recurrió a datos de uso y tipo de suelo obtenidos de Nasa *Earthdata* (2017) y *European Space Agency* (ESA); Los valores de CN se expresan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Uso de suelo y valores de CN

Código en el mapa (ESA)	Uso de suelo	Tipo de suelo			
	Descripción	C	D	C/D	D/D
20	Shrubland / Arbustos	76	82	79	82
30	Pastizales	74	80	77	80
40	Tierras de cultivo	78	81	79.5	81
50	Construido	87	89	88	89
112	Bosque de hoja ancha	70	77	73.5	77
116	Bosque cerrado	70	77	73.5	77
126	Bosque abierto	77	83	80	83

Es importante mencionar que para el suelo tipo C/D, se utilizó un promedio entre los suelos tipo C y D. En el caso del suelo D/D, se empleó el mismo valor que para el suelo tipo D. Para encontrar el valor de CN en cada subcuenca se usó un archivo *raster* del número de curva y se lo subió al *HEC-HMS* para que pueda calcularlo usando la ecuación 2.1.

Para la transformación de convertir la lluvia efectiva en escorrentía superficial. Se utilizó el método del diagrama unitario SCS, mencionado en el apartado 2.1.4.2. El parámetro de interés que se necesitó para aplicar este método es el tiempo de retardo de la cuenca. Por lo cual se necesitó estimarlo mediante el uso de la ecuación 2.2 de la USDA, para cuencas pequeñas de 8 km^2 , cabe aclarar que este es uno de muchos métodos disponibles. Para la estimación del tránsito hidrológico se usó el método de Muskingum clásico, explicado en el apartado 2.1.4.3. Esto se empleó con la finalidad de estimar el modelado hidrológico mediante el uso de la ecuación 2.3.

2.4.3 Modelo hidrodinámico

2.4.3.1 Procesamiento de datos topográficos

Se procesaron las imágenes obtenidas mediante el vuelo del dron. Esta información se subió a un programa que procesa fotogramétricamente imágenes y las convierte en un modelo de elevación. Se tomó la decisión de procesar la información por separado como se puede visualizar

en la Figura 2.17. Además, se puede apreciar los cuadros azules, que son las fotos que tomó el dron durante el vuelo. El procesamiento se hizo para las 8 zonas que se encuentran indicadas en la sección 2.3.1. Cada proceso se elaboró con la calidad de imagen más alta, en las computadoras proporcionadas por el *Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra* (CIPAT).

Con los puntos de control se calibró el modelo para poder obtener la nube de puntos densa y adicionalmente el modelo digital de elevación, como se puede observar en la Figura 2.18. En donde se detalla las elevaciones y las curvas de nivel de cada zona. Adicional, se corrigió la malla de puntos, debido a que se encontró ciertos datos aberrantes. Esto se debió a que el dron capturó la copa de los árboles como terreno de elevación. Finalmente, mediante una mezcla de puntos (*merge*), se generó un mosaico de elevación traslapando las 8 zonas una con otra. Por consiguiente, se obtuvo un modelo de elevación de toda nuestra área de estudio tal como se visualiza en la Figura 2.19.

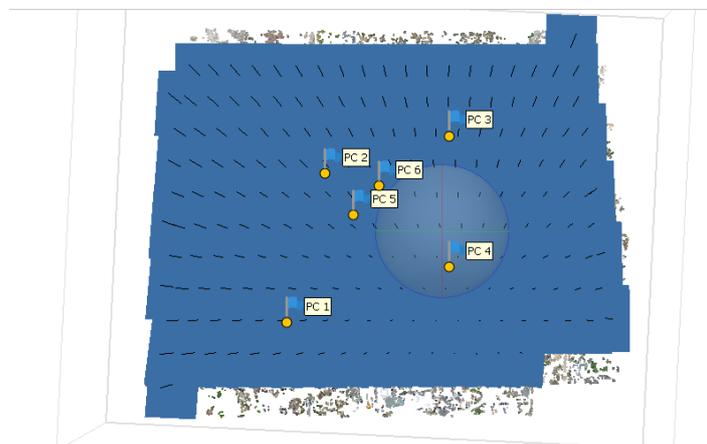


Figura 2.17 Procesamiento de imágenes topográficas

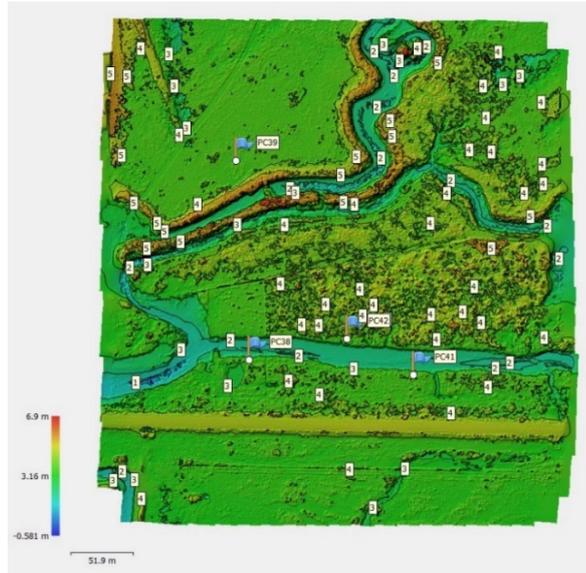


Figura 2.18 Procesamiento del modelo de elevación

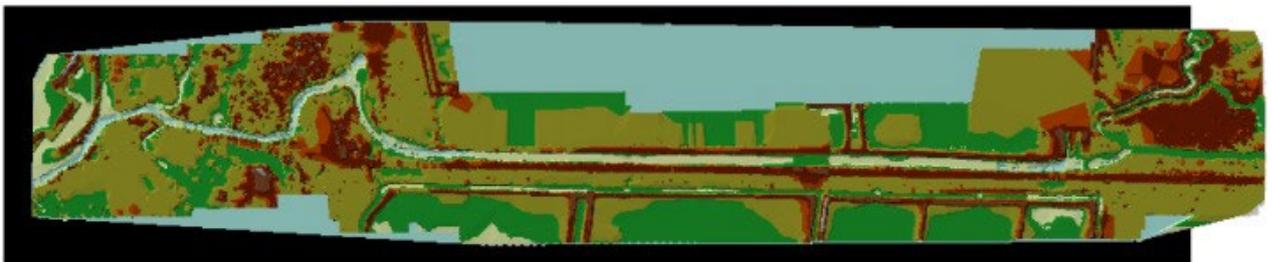


Figura 2.19 Modelo digital de elevación

2.4.3.2 Modelado en HEC-RAS

Una vez terminado la parte de la topografía, se subió el modelo digital de elevación a un *software* que permite visualizar y explorar sistemas de información geográfica. Se interceptó nuestro *DEM* con un *DEM* de menor resolución proporcionado por el *instituto geográfico militar (IGM)*. Con la finalidad de obtener la mayor parte de la topografía del cauce. En tal plataforma se dibujó el eje del río, mediante la unión de los puntos obtenidos por la batimetría (los de cita más baja según se avanza hacia aguas abajo) y a su vez se trazó los bancos o riveras (*bankpoints*), en el mismo sentido.

Toda esta información se exportó al programa *HEC-RAS* donde en su modulo *RasMapper* se generó las secciones transversales (*cross sections*). Con una separación de 30 metros y un ancho

de 160 metros. Se verificó junto con los puntos de batimetría, que los bancos de las secciones transversales tengan la elevación determinada en campo. Se utilizó la información generada del modelo hidrológico, descrita en el apartado 2.4.1, donde se obtuvo un caudal de $66 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 100 años.

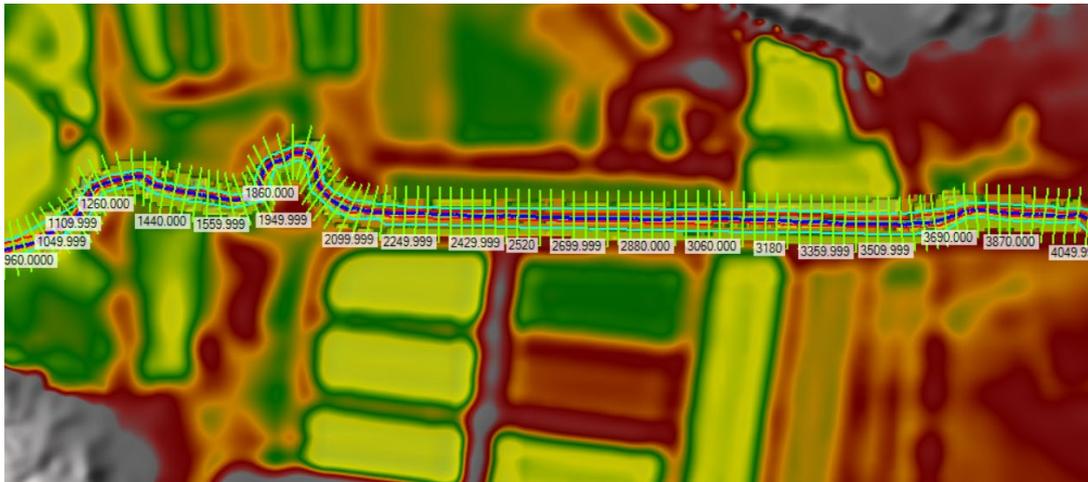


Figura 2.20 Modelo de elevación de geometría del río

Mediante una minuciosa observación del cauce, usando las imágenes satelitales de *Google Earth Pro* y las fotos que se tomaron en la salida de campo, se estimó los valores de rugosidad de Manning (apartado 2.1.5.2). La tabla 2.7 muestra un resumen de las rugosidades, del cauce que se usaron para la calibración del modelado hidrodinámico.

Tabla 2.7 Rugosidades estimadas

Secciones	Elemento	Base	Irregularidad supresión	Cambios de Sección	Obstrucción	Vegetación	m	Total
Tramo 1 (0+000 - 0+327)	Izquierda	0.028	0.006	0	0	0.05	1	0.084
	Medio	0.026	0	0	0.005	0.05	1	0.081
	Derecha	0.028	0.006	0	0	0.05	1	0.084
Tramo 2 (0+327 - 0+932)	Izquierda	0.028	0.006	0	0	0.05	1	0.084
	Medio	0.026	0	0	0.005	0.05	1	0.081
	Derecha	0.028	0.006	0	0	0.05	1	0.084
Tramo 3 (0+932 - 1+682)	Izquierda	0.028	0.006	0	0	0.01	1	0.044
	Medio	0.028	0	0	0.005	0.002	1	0.035

	Derecha	0.028	0.006	0	0	0.01	1	0.044
Tramo 4 (1+682 - 3+104)	Izquierda	0.028	0.006	0	0	0.01	1	0.044
	Medio	0.028	0	0	0.005	0.002	1	0.035
	Derecha	0.028	0.006	0	0	0.01	1	0.044
Tramo 5 (3+104 - 4+010)	Izquierda	0.028	0.011	0	0	0.01	1	0.049
	Medio	0.026	0	0.001	0.02	0.002	1	0.049
	Derecha	0.028	0.011	0	0	0.01	1	0.049
Tramo 6 (4+010 - 5+201)	Izquierda	0.028	0.011	0	0.000	0.025	1	0.064
	Medio	0.026	0	0.001	0.02	0.002	1	0.049
	Derecha	0.028	0.011	0	0	0.025	1	0.064

Posteriormente, se insertó en el *HEC-RAS* (Figura 2.21) la geometría del puente obtenida en la salida de campo y detallada en la tabla 2-1. Esto con la finalidad de calibrar el modelado hidrodinámico, debido a que se usó el puente como referencia para obtener la cota máxima de crecida del río en épocas de invierno. Se obtuvo un nivel máximo de tirante de agua de 3.09 metros sobre el nivel del mar. Esto se verificó con la información de la comunidad, en donde se indicaba que en épocas de invierno la altura del agua alcanzaba las vigas del puente.

Para un periodo de retorno de 100 años normalmente característico para una represa pequeña según (CISPDR, 2016). Se elaboró un perfil batimétrico (Figura 2.22). En el perfil longitudinal, se puede visualizar en la primera sección 0+010 una crecida aberrante, pero es debido a la condición de borde aguas abajo, sin que afecte a la sección de control del puente. Se observa en el perfil batimétrico crecidas que se encuentran en un promedio de 3.90 metros, debido a que la carretera se encuentra a una cota de 4.40 metros no se presentará sobrevertido en el dique.

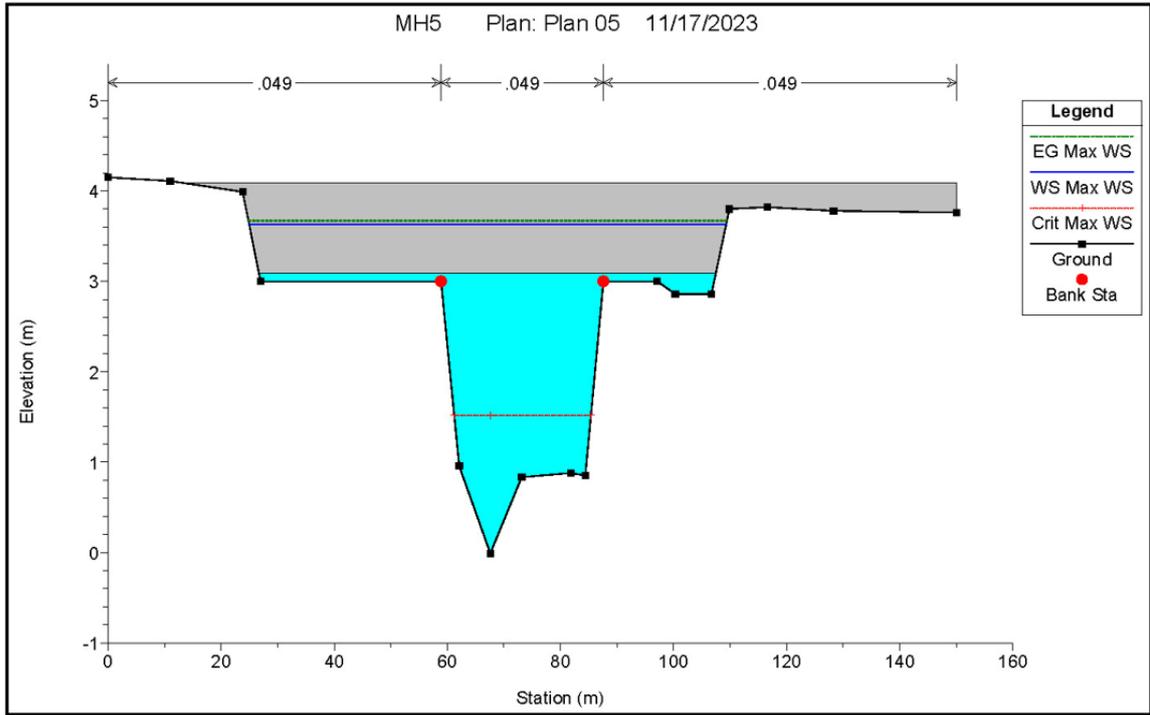
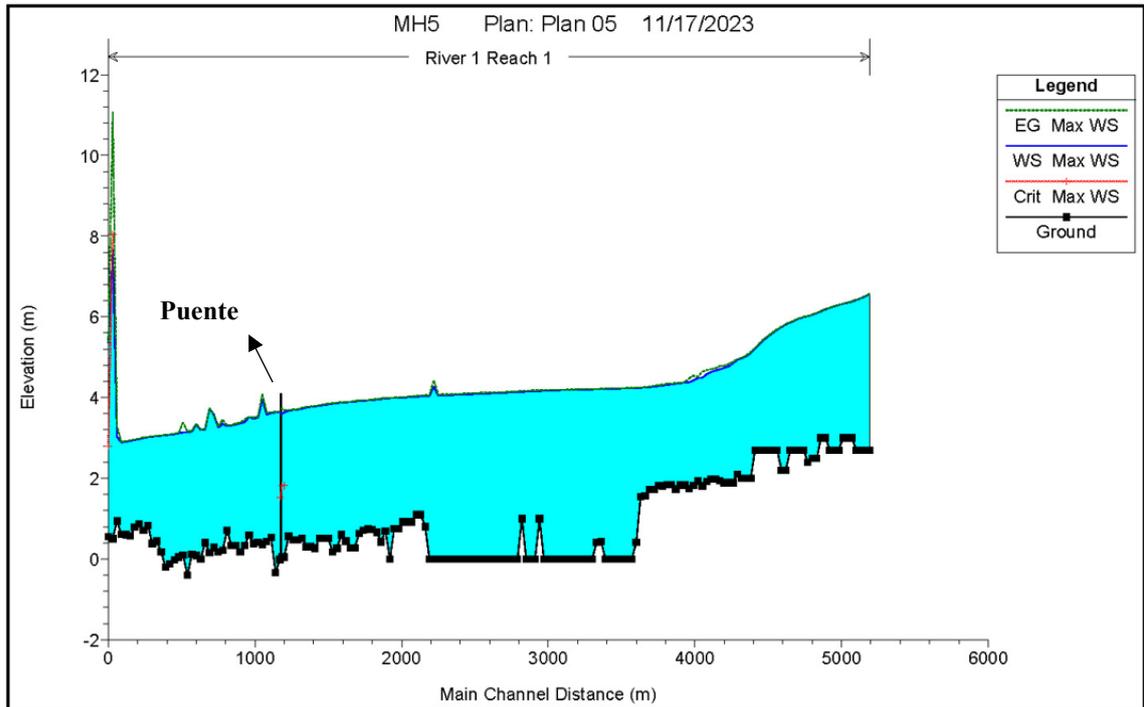


Figura 2.21 Nivel del cauce en un retorno de 100 años



2.5 Análisis de alternativas

Para establecer la selección de la alternativa se tomó como principal fundamento las curvas de nivel generado por el levantamiento y procesamiento topográfico. Con esto se pudo establecer la probable llanura de inundación en el cual el agua se pueda acumular, en caso de que suceda un evento crítico de inundación, como lo es el fenómeno de El Niño. La restricción de las alternativas se estableció tomando en cuenta el aspecto social, técnico, económico y ambiental. En el cual se estableció un valor del 35% para el aspecto técnico, debido a que en este se fundamenta el diseño de la presa como a su vez la capacidad e infiltración del reservorio.

Después se encuentra el aspecto social con un porcentaje del 25% en vista que podrían verse afectados varios actores, pues se encuentran involucrados el CENAIM, camaroneras, cultivadores de sandía, importadora ILGA y la comunidad del sector. El aspecto ambiental se le otorgó un porcentaje del 15% puesto que puede existir una erosión del suelo dañando la carretera que se encuentra adyacente al río o puede contaminar el agua que se almacena en la represa. El aspecto económico se le dio un valor de 25% ya que existen canteras cercanas en donde se puede obtener los materiales de construcción bajando los costos de transportación.

Aspectos técnicos a considerar:

- Capacidad de agua que se puede almacenar.
- Llanura de inundación cercana en caso de que se produzca un desbordamiento de la presa.
- Capacidad del suelo para soportar carga y asentamiento que se produzca.
- Socavación generado aguas abajo y arriba de la presa.
- Capacidad de infiltración del suelo

Aspectos sociales a considerar:

- Zonas afectadas por posible inundación (camaroneras, importadora ILGA, parcelas de sandías, casas de la comunidad). Posibles expropiaciones del terreno cercano para la construcción de la presa.

- Opinión por parte del CENAIM
- Opinión por parte de la comunidad cercana.

Aspectos ambientales a considerar:

- Erosión del suelo, provocando daño a la carretera que se encuentra aledaño al cauce.
- Cambios en la calidad del agua del reservorio, incidiendo sobre la vida acuática y la salud humana.

Aspectos económicos a considerar:

- Costos de construcción, se encuentra ligado al personal y materiales de construcción cercanos.
- Costos de mantenimiento y operación, posee un fácil acceso para la transportación de personal.

Para comparas las 3 propuestas, se empleó una escala Likert, midiendo el grado de aceptación que tendría cada propuesta, teniendo en cuenta las restricciones. La escala Likert va desde un rango de 1 a 5 (Likert, 1932; Matas, 2018).

Tabla 2.8 Escala de Likert (Likert, 1932)

Escala	Ponderación
Totalmente Conveniente	5
Conveniente	4
Indistinto	3
Inconveniente	2
Totalmente Inconveniente	1

2.5.1 Selección de propuesta

En la Figura 2.23 se puede apreciar 3 opciones distintas, que varían según su ubicación. La diferencia de la forma del dique varía dependiendo la ubicación dado que mientras las presas se encuentren aguas abajo, la sección transversal del río aumentará. En los tres escenarios se tiene planeado usar el mismo material: núcleo de arcilla; y, para el espaldón de la presa, un material

pétreo, debido a que son económicos y se encuentran con mayor facilidad en la zona. Además, se usará hormigón para la elaboración del vertedero.

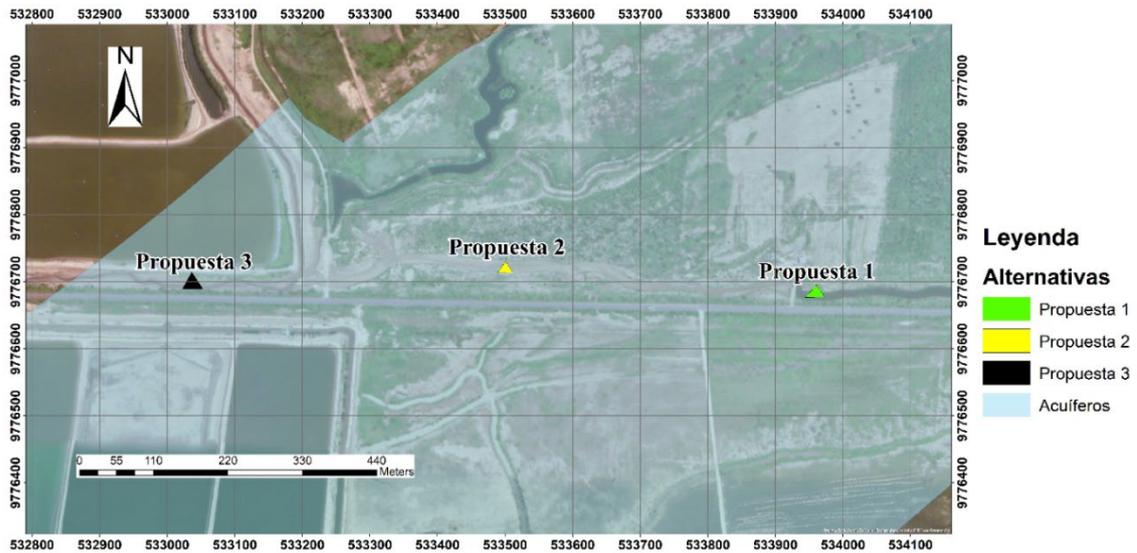


Figura 2.23 Propuesta de las alternativas

Tabla 2.9 Matriz Likert con las propuestas.

	Ponderación	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
1. Aspectos técnicos	35%			
Capacidad de almacenamiento (10%)		4	3	3
Llanura de inundación (5%)		1	5	3
Capacidad del suelo (4%)		2	2	2
Capacidad de infiltración del suelo (16%)		4	4	4
Total 1		3.34	3.63	3.34
2. Aspecto social	25%			
Zonas afectadas por posible inundación (10%)		2	5	2
Aceptación por parte de la comunidad (7.5%)				
Aceptación por parte del CENAIM (7.5%)				
Total 2		0.8	2	0.8
3. Aspecto ambiental	15%			
Erosión de la tierra (7.5%)		3	5	4
Cambios en la calidad del agua (7.5%)		2	4	4

Total 3		2.5	4.5	4.0
4. Aspecto económico				
Costos de construcción (15%)	25%	3	4	4
Costos de mantenimiento y operación (10%)		5	5	5
Total 4		3.8	4.4	4.4
Calificación obtenida	100%	2.61	3.63	3.14

Dentro de cada uno de los aspectos considerados, se les asignó diferentes porcentajes a las restricciones, dependiendo del grado de significancia de cada una. En el aspecto técnico se le dio un mayor porcentaje a la capacidad de infiltración del suelo (16%), porque con el proyecto se propende a la recarga de los acuíferos, cumpliendo con los ODS propuestos por la ONU. La capacidad de almacenamiento del dique tiene un porcentaje de 10%, debido a que es la principal problemática del cliente. La llanura de inundación (5%) no es tan relevante ya que existe una llanura de inundación cercana que se puede apreciar en la topografía. La capacidad del suelo (4%) no es de suma importancia en virtud de que se plantea realizar un mejoramiento al suelo debido a la baja capacidad de carga que este posee.

Para los aspectos sociales se le otorgó un porcentaje del 10% a las zonas afectadas por la inundación ya que se ven afectados varios actores del sector. Además, la aceptación por parte del CENAIM y la comunidad poseen un porcentaje similar (7.5%), dado que la aprobación por parte de ambas partes tiene un gran peso.

Los aspectos ambientales, la erosión del suelo y la calidad del agua comparten porcentajes (7.5%) ambos aspectos son de gran importancia ya que puede causar daños colaterales en caso de no ser considerados.

Los costos de construcción (15%), que se encuentran en el apartado económico, presenta un alto porcentaje de significancia, a causa de que el sector en donde se diseñó el dique es de bajo poder adquisitivo. Adicionalmente, los costos por mantenimiento y operación (10%) se deben a la

falta de personal capacitado en esta área y el escaso fondo monetario destinado a la contratación de mano obra fuera del sector.

Cada propuesta se revisó y se complementó con la información recolectada en campo por parte de los moradores. Para el aspecto técnico, económico y ambiental se usó criterio ingenieril mediante la inferencia del campo, mientras que para el aspecto social se organizó una reunión con el cliente del CENAIM y el presidente de la comunidad. Observando los resultados en la matriz Likert se llega a la conclusión que la propuesta 2 es conveniente (al menos desde el punto de vista técnico) para llevarla a cabo.

Capítulo 3

3. Diseño y especificaciones

3.1 Diseño del dique

3.1.1 Prediseño del dique

La intención principal es que la estructura no sea superada por el agua y los vertederos puedan evacuar los caudales sobrantes. Por consiguiente, el modelo hidrodinámico tenía como objetivo que las cotas de nivel sean inferiores a la cota de diseño de 4.1 metros, considerando un borde libre de 0.6 metros y un ancho de corona de 3 metros. Estos datos del prediseño fueron obtenidos de la tabla 3-1. Adicional, la estabilidad del talud a lo largo de su vida útil depende de la pendiente del terraplén. El USBR (*US Bureau of Reclamation*) recomienda una relación de taludes de 2H:1V como se puede visualizar en la Tabla 3.2. El reservorio se evaluó considerando un caudal con un periodo de retorno de 100 años, representando el caso más desfavorable y lo que recomienda la normativa. (USBR, 1997)

Tabla 3.1 Borde libre y ancho de corona mínimo requerido, (JICA,2010)

Descarga de diseño (m ³ /s)	Borde libre (m)	Ancho de la corona (m)
Menos que 200	0.6	3
De 200 hasta 500	0.8	3
De 500 hasta 2000	1	4
De 1000 hasta 2000		
De 2000 hasta 5000	1.2	5
De 5000 hasta 10000	1.5	6
De 10000 a más	2	7

Tabla 3.2 Relación de taludes sugerido por el USBR según el tipo de la presa y clasificación del material, (USBR 1997)

Caso	Tipo	Propósito	Sujeto a reducción rápida	Clasificación del suelo	Pendiente aguas arriba	Pendiente aguas abajo
A	Homogéneo o modificado-homogéneo	Detención o almacenamiento	No	GW,GP,SW,SP	Permeable, inadecuado	
				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	Modificado-homogéneo	Almacenamiento	Si	GW,GP,SW,SP	Permeable, inadecuado	
				GC,GM,SC,SM	3:1	2:1
				CL,ML	3.5:1	2.5:1
				CH,MH	4:1	2.5:1

El dique se modeló en el programa de Hec-Ras como se puede observar en la Figura 3.1. Se revisó que la cota del nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) no sobrepase el borde libre de 60 cm del dique, por lo cual se necesitó colocar dos vertederos de emergencia. El vertedero principal se colocó con una cota de elevación de 3.05 msnm y el vertedero de emergencia o de emergencia se tuvo una cota de cresta de 3.65 msnm. Adicional se consideró que la cota de la corona del dique no supere por más de 1 metro la cota de la carretera. Con esas dimensiones se diseñó el dique y se obtuvo el perfil longitudinal del nivel del cauce, que se detalla en la Figura 3.2.

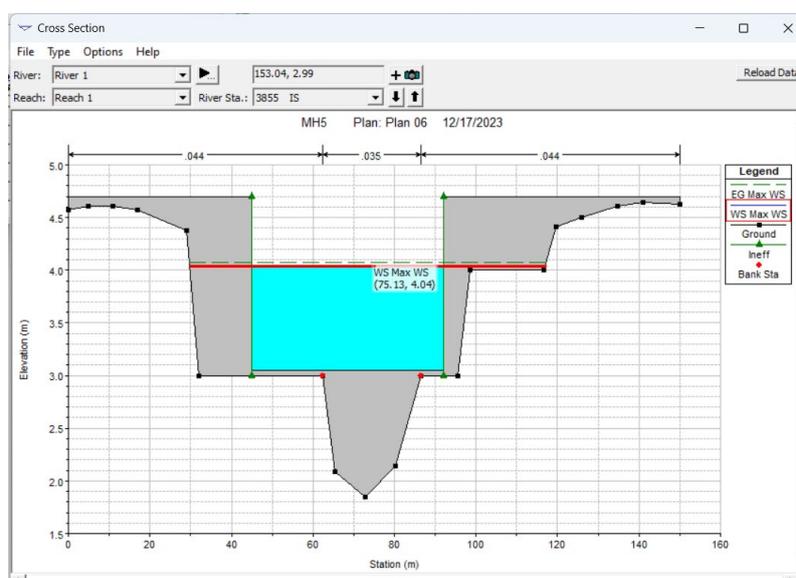


Figura 3.1 Colocación del dique y el vertedero principal en Hec-Ras

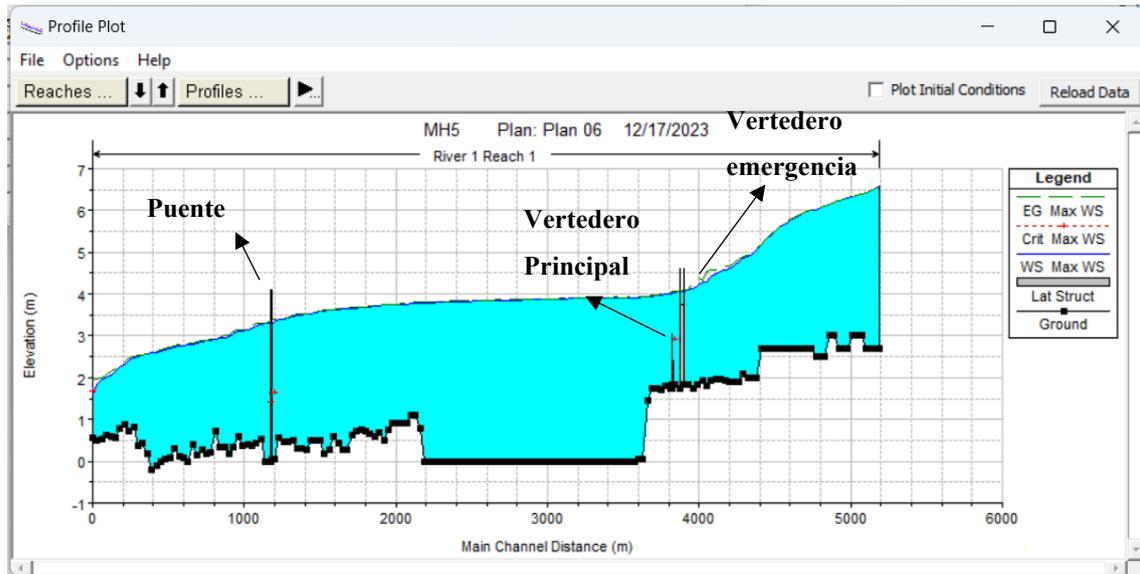


Figura 3.2 Perfil longitudinal del cauce del río

En el proceso para determinar la capacidad de almacenamiento del reservorio, se inició utilizando el programa QGIS con el Modelo Digital de Elevación (DEM) de baja y alta resolución. A partir de este modelo, se generó las curvas de nivel con una separación de 1 metro. Luego, se exportó a AutoCAD y se establecieron los polígonos que representan la forma del embalse y el rango fue de 1 metro en las curvas de nivel.

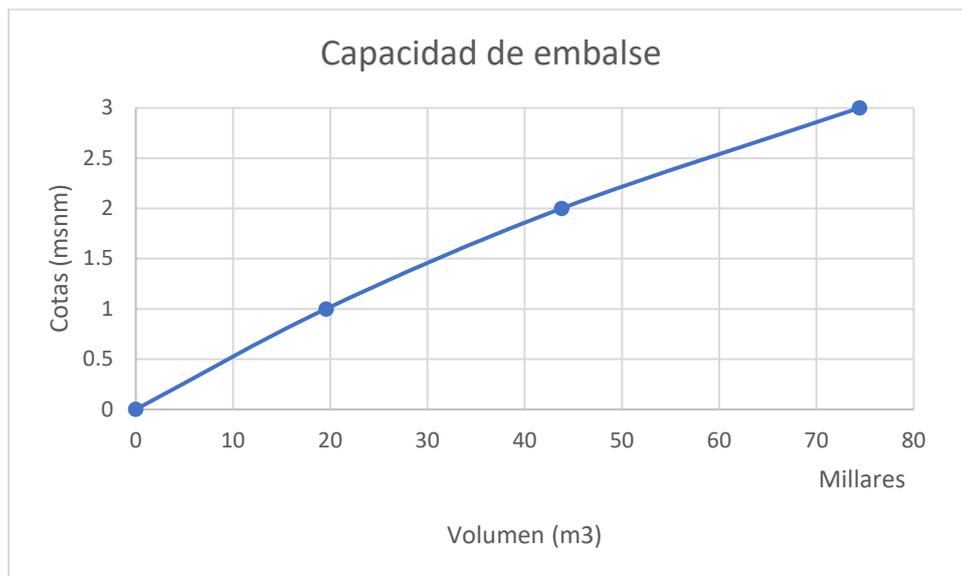


Figura 3.3 Curva de la capacidad de embalse

Finalmente, se determinó el área superficial de cada polígono, obteniendo un área acumulada de 10.04 Ha. Para calcular el volumen, se consideró el producto entre el promedio de

las superficies de cada intervalo y la distancia de 1 metro entre intervalos. Esto resultó en un volumen total de $74.42 \times 10^3 \text{ m}^3$.

3.1.2 Tiempo de vida de la obra

La vida útil de un dique depende de la eficiencia en el cual puede retener sedimentos, ya que si el dique se satura de sedimentos pierde capacidad de embalse causando inundaciones y pérdidas económicas (Garg & Jothiprakash, 2013). Bajo esta premisa, Brune (1953) desarrollo el siguiente método para calcular la retención de los sedimentos.

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

En donde E es la eficiencia de retención de los sedimentos en porcentaje, C es la capacidad del reservorio y tiene unidades de Acre ft, K es un valor adimensional en el cual depende del tipo de sedimento que fluye por el cauce; para un agregado fino como las arcillas K tiene el valor de 0.046, A es el área de la cuenca que aporta al dique y se encuentra en mi^2 (Brune, 1953).

Adicional, se debe determinar la cantidad de sedimentos que se depositan en el fondo en un rango determinado de tiempo, por lo cual se usa la siguiente fórmula (Mohammad, 1979).

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

Donde, C [Acre-ft] es la capacidad del reservorio final, C_o [Acre-ft] es la capacidad del reservorio inicial, G [Ton/año] es la producción del sedimento en 1 año, E [%] es la eficiencia de retención de sedimentos, Δt [año] es el tiempo en alcanzar la capacidad final del reservorio y $\bar{\gamma}$ [lb/ft^3] densidad promedio del sedimento. Como no se tenía el dato de producción del sedimento, se calculó el factor de pérdida de suelo (Y) mediante la ecuación 3.3.

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

En donde R [$\text{MJ} * \text{mm}/\text{ha} * \text{h} * \text{año}$] es la erosividad por coeficiente de lluvia escorrentía de mayor intensidad y duración, K [$\text{MJ} * \text{mm}/\text{ha} * \text{h} * \text{año}$] es la erodibilidad del suelo o lo apto del suelo

para ser erosionado. LS [adimensional] es el factor topográfico del terreno, C [adimensional] es el factor de uso de suelo, y mide la capacidad que tiene el suelo para prevenir o facilitar la erosión. P [adimensional] representa las prácticas o la intervención humana para evitar que el suelo se erosione (Wischmeier et al., 1971) (Amara et al., 2022) (Braga et al., 2017).

Los parámetros R y K fueron obtenidos de un estudio que se llevó a cabo en la provincia de Santa Elena de las cuencas hidrográficas de Zapotal y Jipijapa (Mora, 2021). Este estudio, elaboró mapas del Factor R y el factor K a lo largo de las provincias del país, lo que permitió escoger los valores correspondientes.

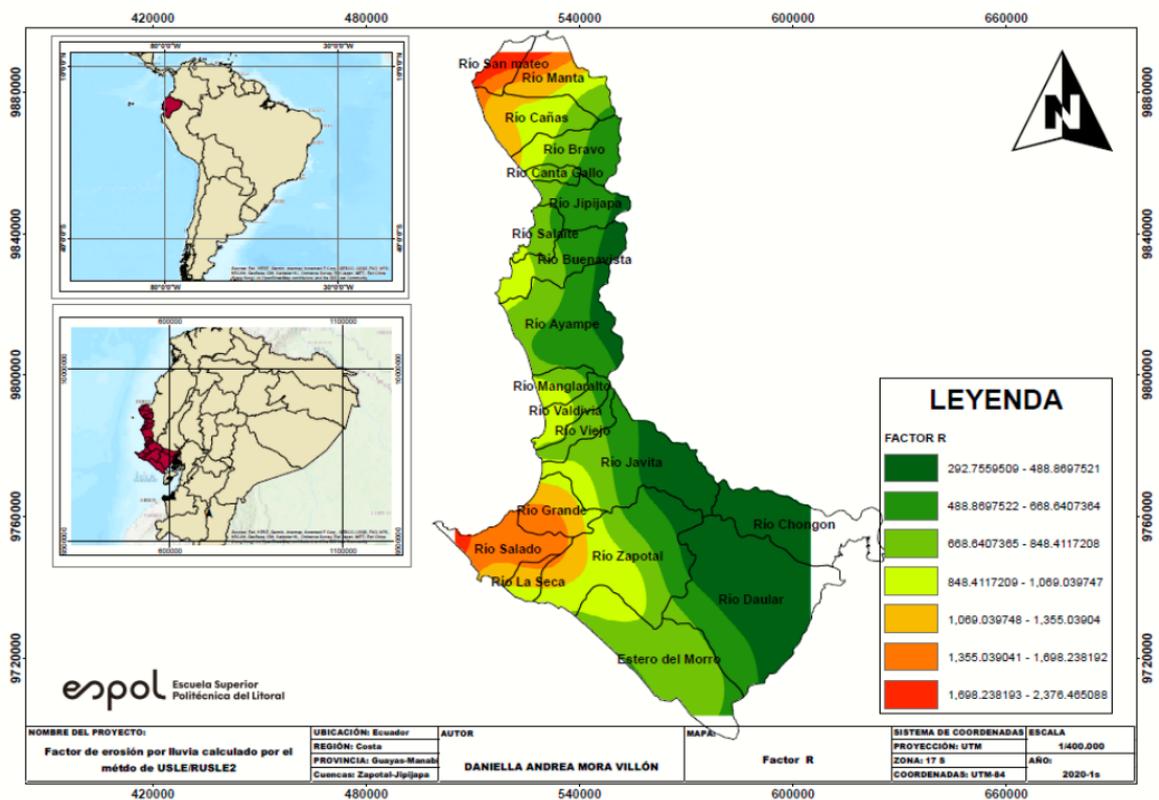


Figura 3.4 Factor R para las cuencas de Jipijapa y Zapotal, (Mora, 2021)

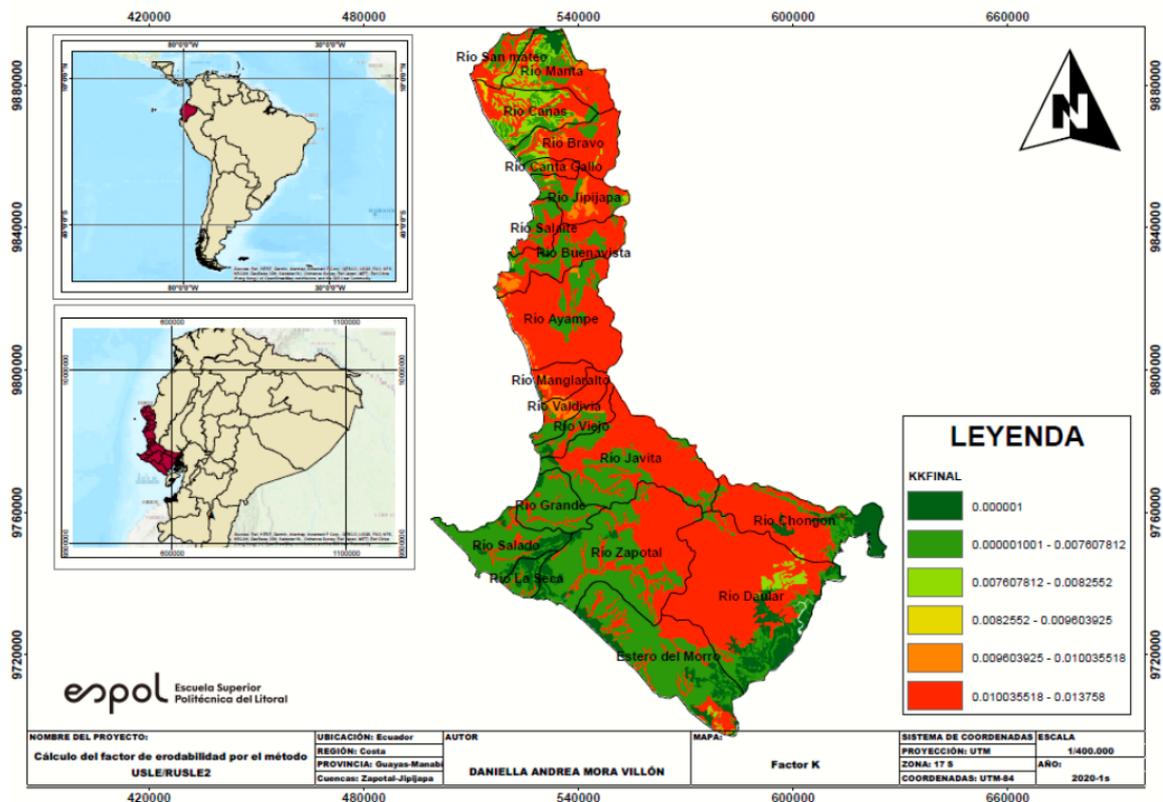


Figura 3.5 Factor K para las cuencas de Jipijapa y Zapotal, (Mora, 2021)

Para el factor topográfico (LS) se empleó la ecuación 3.4 en donde se requería información del porcentaje de la pendiente del terreno (S), la longitud de pendientes (LP) y el exponente influenciado por la longitud y grado de pendiente (NN). Para obtener S y LP se utilizó un QGIS de la topografía en nuestra área de estudio.

$$LS = \left(\frac{LP}{22.1} \right)^{NN} * [0.065 + (0.0456 * S) + (0.006541 * S^2)] \quad (3.4)$$

Para el análisis del factor de pérdida de suelo (Y), se consideró la condición más crítica del terreno; es decir, cuando el suelo presente una gran capacidad de erosionarse. También, que no exista intervención humana para limpiar los sedimentos que se acumulen en el fondo del reservorio. Por lo tanto, los valores de C y P fueron iguales a la unidad. Con el factor de pérdida de suelo se consiguió la producción de sedimentos en un año, y se calculó las capacidades finales de almacenamiento del reservorio y el tiempo necesario para alcanzar esta acumulación (Tabla 3.4).

Tabla 3.3 Resultado parciales de la vida útil

Volumen	31.43	Acre-ft
K	0.046	
E	7.95%	
Área	3.30	ha
Co	60.33	Acre-ft
G	1.3	ton/año
Y	97.483	lb/ft3

Tabla 3.4 Resultado del tiempo y capacidad de embalse final

Porcentaje de pérdidas de embalse [%]	t [año]	Capacidad de embalse final [Acre-ft]
0	0	60.3
25	14767.1	45.2
50	29534.2	30.2
75	44301.3	15.1

Tras analizar el tiempo de embalse debido a la acumulación de sedimento en el fondo del reservorio, se deduce que para reducir su capacidad de embalse en un 25% deben pasar más de un milenio. En tal virtud, no se necesita implementar compuertas para el diseño del dique. No obstante, esto no quiere decir que el reservorio no necesite una limpieza del sedimento periódicamente, especialmente en sitios aledaños a los vertederos.

3.1.3 Cálculo de la socavación

La socavación es un proceso erosivo que se produce cuando el agua arrastra material del lecho o de las orillas del cauce. La actividad humana puede aumentar el riesgo asociado, especialmente en ríos con un caudal irregular o en ríos que han sido modificados por la construcción de presas o canales (Shuaifeng et al., 2021). Para el cálculo de la erosión en el lecho y las orillas del río se empleó el método de Lischtvan-Lebediev(Farias et al., 2008) (Schreider et

al., 2001). Debido a que el río presenta una alta presencia de limos y arcillas, se empleó la ecuación 3.5 para material cohesivo.

$$h_s = \left[\frac{5780 * \alpha * h_o^{\frac{5}{3}}}{\beta * \gamma_m^{1.18}} \right]^{\frac{\gamma_m^{0.725}}{66.28 + \gamma_m^{0.725}}} \quad (3.5)$$

$$\beta = 0.8416 + 0.03342 \ln(T) \quad (3.6)$$

$$\alpha = \frac{Q}{h_m^{\frac{5}{3}} * B_e} \quad (3.7)$$

En donde Q [m³/s] es el caudal de diseño, h_m [m] es la profundidad hidráulica promedio del río, B_e [m] es el ancho de la superficie del cauce, T [años] es el periodo de retorno, γ_m [Ton/m³] es el peso específico del material del río, h_o [m] es el tirante máximo que se genera en esa zona y h_s [m] es la socavación local que se genera en el cauce.

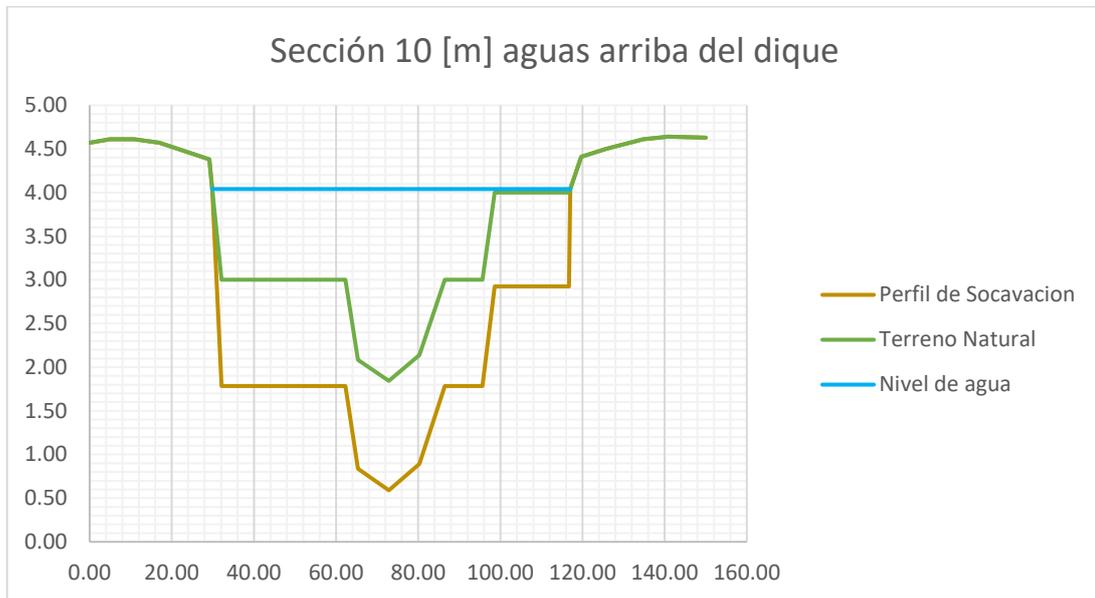


Figura 3.6 Socavación producida aguas arriba del dique

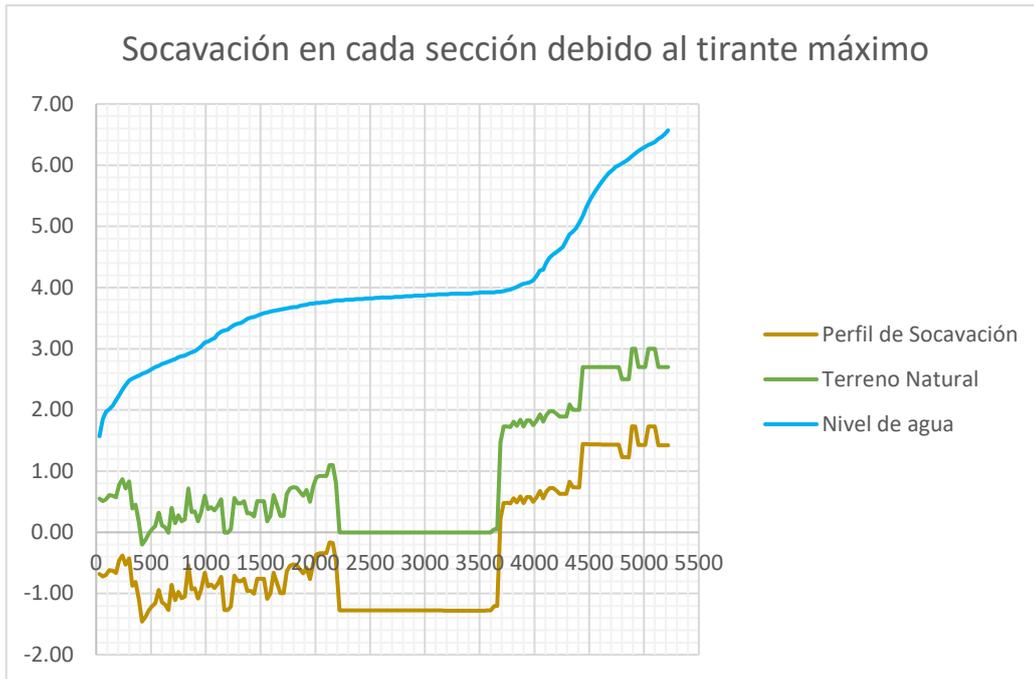


Figura 3.7 Socavación general producida en todo el cauce del río

3.1.4 Diseño del Enrocado de protección del dique

El enrocado o pedraplén en un dique cumple varias funciones. Entre las principales están: brindar protección contra la erosión del terraplén, prevenir la socavación, estabilizar los taludes, reducir la energía producida por las fuerzas del viento, y distribuir las cargas alrededor de todo el terraplén. El enrocado no afecta el flujo del cauce, solo contribuye a aumentar la resistencia contra la inestabilidad geotécnica (NHI, 2009) (C. Alvarado, 2013). Para el diseño del pedraplén se utilizó la siguiente ecuación:

$$d_{50} = 1.2 * y (S_f * C_s * C_v * C_T) \left[\frac{V_{des}}{\sqrt{K_1 * (S_g - 1)gy}} \right]^{2.5} \quad (3.8)$$

En donde d_{50} [m] es la dimensión de la partícula que es 30% más fino en peso que está en metro, y [m] es la profundidad del flujo en un punto específico en metros, S_f es un factor de seguridad mayor a 1, C_s coeficiente de estabilidad, C_v coeficiente de distribución de velocidad, C_T coeficiente de espesor de la manta en relación con el índice de uniformidad, V_{des} [m/s] velocidad

de diseño que se define como la velocidad a una profundidad específica ubicada 20% hacia arriba, K_1 es el factor de corrección de pendiente lateral, S_g gravedad específica de la escollera y g [m/s²] es la aceleración de la gravedad.

Tabla 3.5 Tamaño de partícula mínimo y máximo permitido en pulgadas, (NHI, 2009)

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

Nota: El tamaño de partícula d corresponde al eje intermedio ("B") de la partícula.

Se calculó con la ecuación 3.8 el diámetro de la partícula, obteniendo $d_{50} = 1.89$ in. Con respecto a la tabla 3.5 se observó que el valor de d_{50} no se encuentra dentro del rango, llegando a la conclusión que el terraplén no necesita enrocado. Sin embargo, se seleccionó, en aras de la seguridad, un enrocado mínimo que corresponde a una clase I con un tamaño de partícula de 6 pulgadas (15 cm). Para el espesor del enrocado se estableció el espesor mínimo contemplado por la normativa (NHI, 2009), el cual no debe ser menor a 1 ft para facilidades en la colocación. Por esta razón, se determinó un espesor de 12 in = 30 cm.

3.1.5 Análisis de estabilidad de taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se procedió a modelar el dique en el programa de Civil 3D como se puede visualizar en la Figura 3.8, con las dimensiones obtenidas en el prediseño. Se obtuvo la sección transversal central, dado que es la sección crítica para elaborar el análisis de estabilidad de taludes.

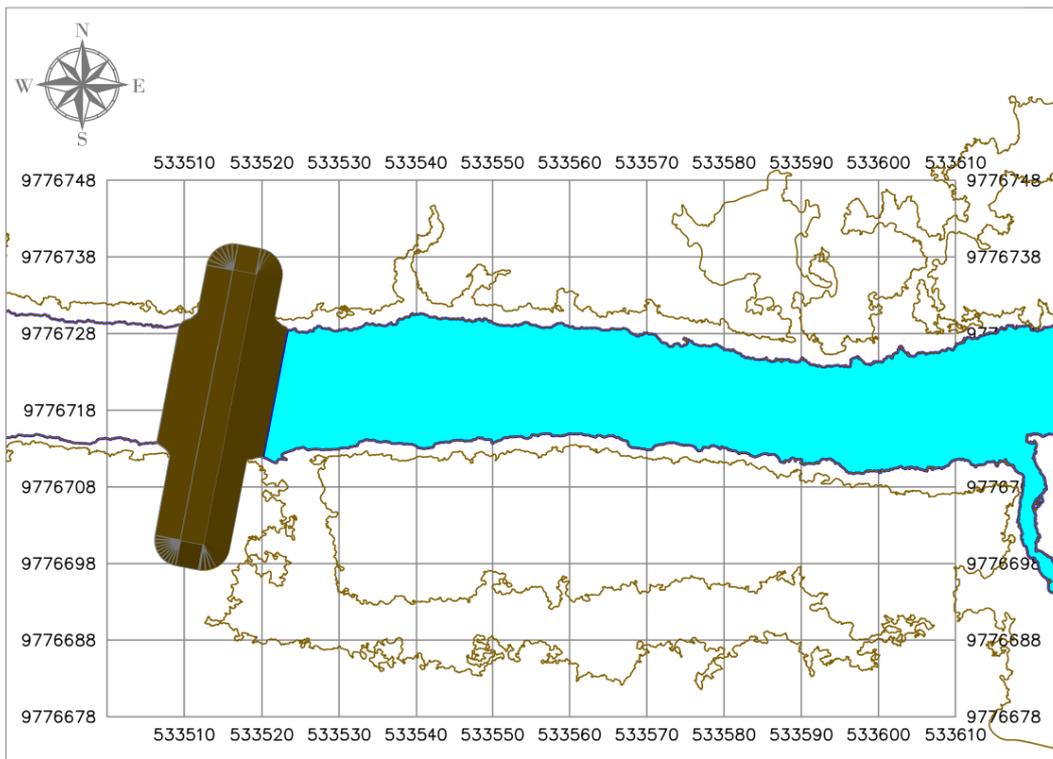


Figura 3.8 Modelación del embalse en el Civil 3d

En el análisis de estabilidad de taludes se exportó la sección crítica transversal del cuerpo del dique a un software de análisis de taludes. Se configuró para dividir en 4 estratos de diferentes características. Para la arcilla impermeable se le otorgó un color naranja claro; en el caso del material de relleno del dique se le colocó un color verde, el mejoramiento del suelo se le otorgó un color café claro; y finalmente el limo de baja plasticidad que se encuentra en el río se le colocó un color azul. El análisis de estabilidad de talud se elaboró con un factor de sismo de 0.5, debido a que la ubicación de Santa Elena pertenece a un sector altamente sísmico. La estabilización del talud se lo desarrolló en dos diferentes casos. Primero se consideró el dique en tiempos de estiaje

como se observa en la Figura 3.9. Y segundo cuando el dique se encuentra totalmente lleno de agua como se visualiza en la Figura 3.10. Para ambos casos, se cumplió lo que estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción en Geotecnia y Cimentaciones (NEC-SE-GC), en el cual indica que el factor de seguridad debe ser mayor a la unidad (NEC, 2014) (Escobar & Duque, 2017).

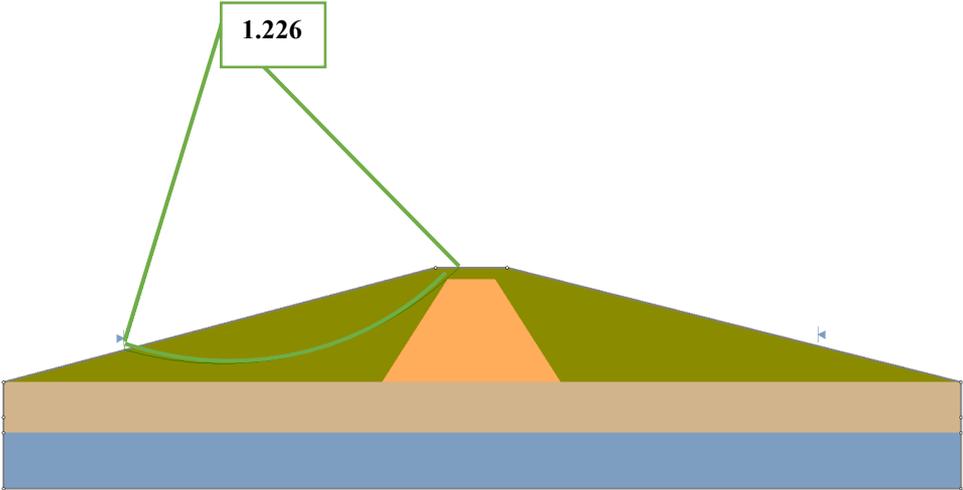


Figura 3.9 Estabilización de talud en tiempos de estiaje

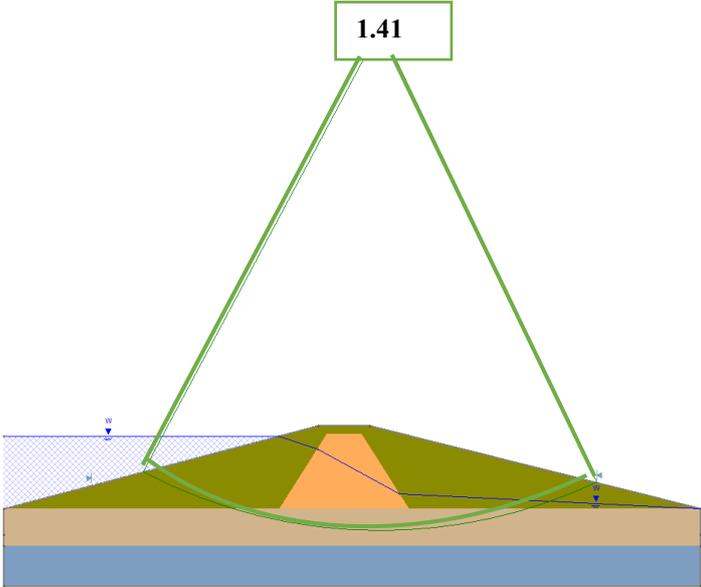


Figura 3.10 Estabilización de talud con un periodo de retorno de 100 años

Adicional se elaboró un análisis de tubificación del dique (Figura 3.11). En este se observa las líneas de flujo que están circulando por la parte inferior del cuerpo del dique. No obstante, esto

no compromete la estabilidad del dique, porque se mantiene con un factor de seguridad mayor a la unidad.

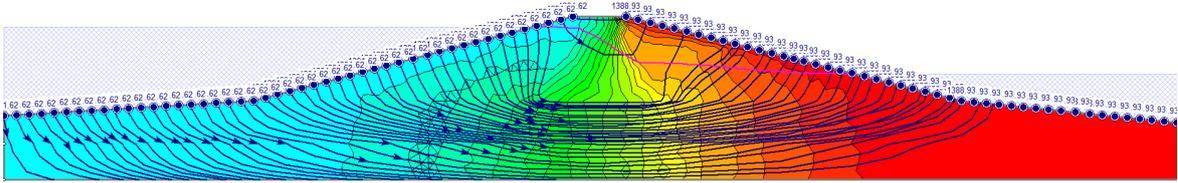


Figura 3.11 Análisis de infiltración del cuerpo del dique

3.1.6 Capacidad del suelo

En el desarrollo del presente estudio, se implementó el criterio de suelo fuerte sobre suelo débil, una metodología propuesta por la literatura en la década de los años 70 (Meyerhof & Hanna, 1978) (Abou, 2004). Este criterio permitió estimar la capacidad de carga final del suelo. Además, se tomó en cuenta una zapata cuadrada con dimensiones de 13.8 metros tanto en ancho como en largo, correspondientes al fondo del terraplén. Asimismo, se consideró un material de mejoramiento con una cohesión de 10 KPa para mejorar la capacidad del suelo a resistir esfuerzos de corte sin deformarse y un ángulo de fricción de 33° para proporcionar resistencia al deslizamiento.

La capacidad del suelo es:

$$q_{ult} = 5.14C_{u,2}S_c + \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{B}{L}\right) \left(1 + \frac{2D_f}{H}\right) \frac{K_s \tan \phi'_1}{B} + \gamma_1 D_f \leq q_{ult,1} \quad (3.9)$$

$$q_{ult,1} = \gamma_1 D_f N_{q,1} S_{q,1} + 0.5 \gamma_1 B N_{\gamma,1} S_{\gamma,1} \quad (3.10)$$

Tabla 3.6 Parámetros para la capacidad última, (Meyerhof & Hanna, 1978)

γ_1 [kN/m ³]	ϕ'_1	$N_{q,1}$	$s_{q,1}$	$N_{\gamma,1}$	$s_{\gamma,1}$	H [m]	D_f [m]	B [m]	L [m]	K_s	$C_{u,2}$ [KPa]	s_c
19.402	33	26.09	1.65	26.17	0.6	4.81	0.7	13.8	13.8	1.54	10	1.19

Utilizando las ecuaciones 3.9 y 3.10 se tiene:

$$q_{ult} = 159 \frac{kN}{m^2} \qquad q_{ult,1} = 2686.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{ult} = 159 \leq q_{ult,1} = 2686.5 \text{ Sí cumple}$$

3.2 Diseño del vertedero principal

Se optó por diseñar un vertedero cimacio tipo *Creager* mediante el criterio propuesto por el *United States Bureau of Reclamation* (USBR, 1987) como se puede apreciar en la Figura 3.12.

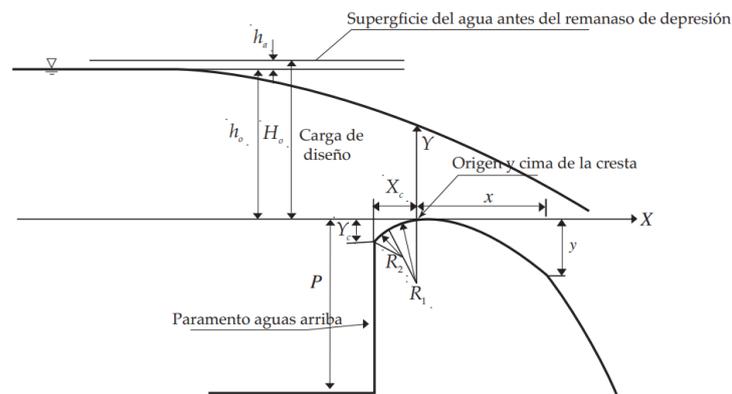


Figura 3.12 División del azud en cuadrantes, criterio general del (USBR, 1987)

Este método consiste en dividir la sección del cimacio o azud en cuadrantes, para conocer la cresta aguas abajo se usa la siguiente ecuación:

$$\frac{y}{H_o} = -k \left(\frac{x}{H_o} \right)^n \qquad (3.11)$$

Donde n y k son constantes que dependen de la superficie del agua antes del perfil decreciente y la altura total del agua menos el paramento.

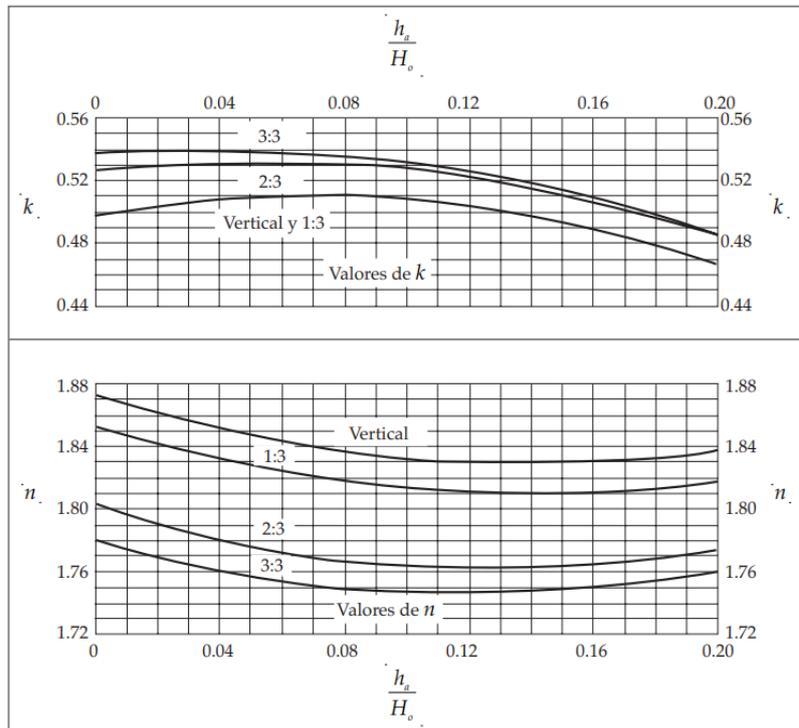


Figura 3.13 Valores de k y n para determinar la forma del azud (USBR, 1987)

Con la relación h_a/H_0 se puede encontrar X_c y Y_c , que representan el punto donde la sección y la pendiente del parámetro aguas arriba se encuentran o se tocan. Estos valores fueron obtenidos de los ábacos de la Figuras 3.13 y de la Figura 3.14. En la Tabla 3.7 se muestra un resumen de los cálculos, una vez aplicadas las fórmulas.

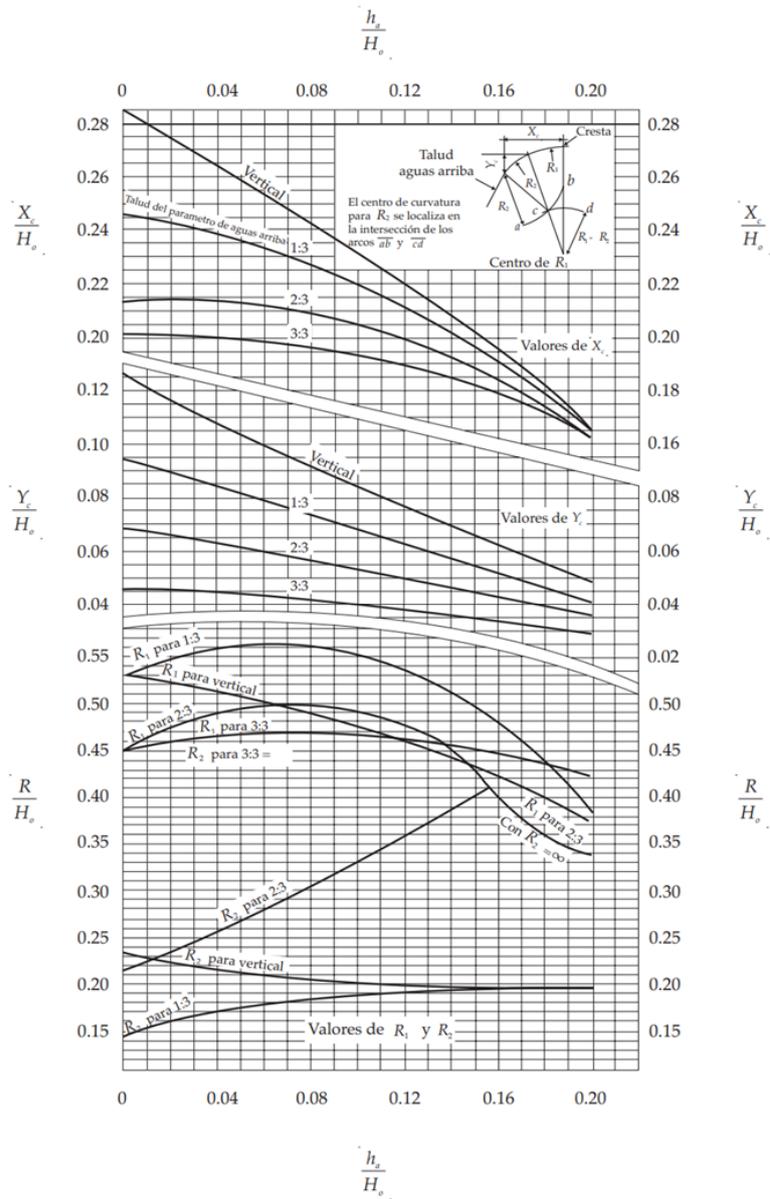


Figura 3.14 Constantes para la forma aguas arriba del azud (USBR, 1987)

Tabla 3.7 Parámetros para el diseño del cimacio

h_a [m]	h_o [m]	H_o [m]	k	n
0.03	1.05	1.08	0.508	1.859
P [m]	X_c [m]	Y_c [m]	R_1 [m]	R_2 [m]
3.16	0.292	0.119	0.561	0.238

Usando la ecuación 3.11 se obtiene la cresta del azud aguas debajo de modo que se tiene la geometría total del vertedero.

3.2.1 Control por volcamiento

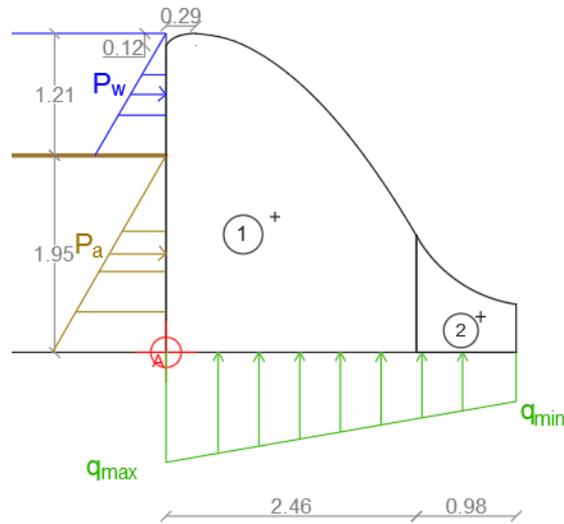


Figura 3.15 Diagrama de cuerpo libre del azud

Para encontrar el factor de seguridad por volcamiento se debe escoger un punto de referencia A, para este caso se tomó la esquina inferior que no contiene el suelo (NEC, 2014). El factor de seguridad se lo puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$FS_{volcamiento} = \frac{\sum M_R}{\sum M_0} \quad (3.12)$$

Donde,

$\sum M_R$: suma de los momentos de las fuerzas que tienden a volcar el muro respecto al punto A [kN-m]

$\sum M_0$: suma de los momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volcamiento del muro respecto al punto A [kN-m]

Tabla 3.8 Cálculo de fuerzas y momentos con respecto al punto A

Control por Volcamiento				
Sección	Área [m ²]	W/L [kN/m]	x [m]	M [kN-m/m]
1	6.25	147.38	1.07	157.69
2	0.7	16.51	2.89	47.70
	$\sum V$	162.88	$\sum M$	205.39

La presión activa de Rankine y su coeficiente se la determina con las siguientes expresiones:

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \quad (3.13)$$

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}(\phi')}{1 + \text{sen}(\phi')} \quad (3.14)$$

Tabla 3.9 Datos y valores de fuerza activa de Rankine

ϕ'	33	
γ	19.4	kN/m ³
H	1.95	m
K_a	0.455	
P_a	16.80	kN/m

El factor de seguridad resultante fue:

$$FS_{volcamiento} = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_{pv} + M_{pa}}{P_a \left(\frac{H}{3}\right) + \frac{1}{2} \gamma_w H' \left(\frac{H'}{3}\right)} \quad (3.15)$$

$$FS_{volcamiento} = \frac{205.39}{13.81} = 14.87$$

$$FS_{volcamiento} = 14.87 > 3 \text{ cumple con la } NEC - SE - GC$$

3.2.2 Control por deslizamiento

El factor de seguridad por deslizamiento puede expresarse mediante la ecuación:

$$FS_{deslizamiento} = \frac{\sum F_R}{\sum F_0} \quad (3.16)$$

Donde,

$\sum F_R$: suma de las fuerzas horizontales resistentes [kN]

$\sum F_0$: suma de las fuerzas horizontales de empuje [kN]

$$FS_{deslizamiento} = \frac{\sum V * \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right) + B * \left(\frac{2}{3}c'_2\right)}{P_a \cos\frac{2}{3}\phi' + \frac{1}{2}\gamma_w H'} \quad (3.17)$$

$$FS_{deslizamiento} = \frac{(135.83) * \tan\left(\frac{2}{3} * 33^\circ\right) + (3.06) * \left(\frac{2}{3} * 5\right)}{16.80 * \cos\frac{2}{3}(33) + \frac{1}{2}(9.81)(1.21)} = 2.86$$

$$FS_{deslizamiento} = 2.86 > 1.6 \text{ cumple con la NEC - SE - GC}$$

3.2.3 Revisión por falla por capacidad de carga

Cálculo de la excentricidad:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_o}{\sum V} \quad (3.18)$$

$$e = 0.551 \text{ m} \leq \frac{B}{6}$$

$$e = 0.551 \text{ m} \leq 0.573 \text{ m} \text{ cumple con la NEC - SE - GC}$$

Cálculo de la presión actuante:

$$q_{min} = \frac{\sum V}{B} \left(1 - \frac{6 * e}{B}\right) \quad (3.19)$$

$$q_{min} = 1.86 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{max} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6 * e}{B}\right) \quad (3.20)$$

$$q_{max} = 93.42 \frac{kN}{m^2}$$

En la Tabla 3.10 se muestra un resumen de los parámetros utilizados para la capacidad del suelo debajo del vertedero. Se consideró una zapata cuadrada con ancho y largo de 3.44 metros, y las propiedades del material de mejoramiento utilizado en el dique que tiene un ángulo de fricción de 33° y una cohesión de 5 KPa. (apartado 3.1.6)

Tabla 3.10 Parámetros obtenidos para la capacidad última del azud

γ_1 [kN/m ³]	ϕ'_1	$N_{q,1}$	$s_{q,1}$	$N_{\gamma,1}$	$s_{\gamma,1}$	H [m]	D_f [m]	B [m]	L [m]	K_s	$C_{u,2}$ [KPa]
21	33	26.09	1.65	26.17	0.6	2.40	3.44	3.44	1.50	5	1.19

Utilizando las ecuaciones 3.9 y 3.10 se tiene:

$$q_{ult} = 286.6 \frac{kN}{m^2} \quad q_{ult,1} = 2736.0 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{ult} = 286.6 \leq q_{ult,1} = 2736.0 \text{ Si cumple}$$

Se escogió un factor de seguridad de 3.0 para prevenir una falla debido a la sobrecarga o condiciones imprevistas. La capacidad admisible es:

$$q_{admisible} = \frac{q_{ult}}{FS} \quad (3.21)$$

$$q_{admisible} = 95.54 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{max} = 93.42 \frac{kN}{m^2} \leq q_{admisible} = 95.54 \frac{kN}{m^2} \text{ es satisfactorio}$$

3.2.4 Cargas, fuerzas de corte y momentos flectores en el muro

En la Figura 3.15, las cargas actuantes sobre la estructura son: P_w [kN/m], que representa la suma de la fuerza de empuje del agua, la fuerza dinámica y la fuerza producida por el sedimento; P_a [kN/m], la presión activa de Rankine que ejerce el suelo.

Tabla 3.11 Datos para el cálculo de fuerzas en la estructura

ρ_w	1000	kg/m ³
ρ_s	1978.25	kg/m ³
g	9.81	m/s ²
h	1.21	m
V_{media}	0.86	m/s
S	0.633	m ³

Fuerza de empuje:

$$F_{empuje} = \frac{1}{2} \rho_w g h^2 \quad (3.22)$$

$$F_{empuje} = 7.18 \text{ kN}$$

Fuerza dinámica:

$$F_{dinámica} = \frac{1}{2} \rho_w V_{media}^2 h \quad (3.23)$$

$$F_{dinámica} = 0.45 \text{ kN}$$

Fuerza de sedimento:

$$F_{sedimento} = \rho_s g S \quad (3.24)$$

$$F_{sedimento} = 12.29 \text{ kN}$$

$$P_w = F_{empuje} + F_{dinámica} + F_{sedimento} = 19.92 \text{ kN}$$

Fuerzas y momentos en la pantalla de la estructura:

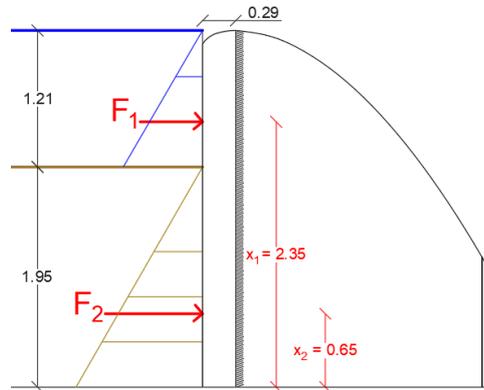


Figura 3.16 Cargas actuantes sobre la pantalla del azud

Tabla 3.12 Cálculo de momentos en la pantalla del cimacio

	F (kN)	X (m)	M (kN-m)
F₁	19.92	2.35	46.87
F₂	16.80	0.65	10.92
V	36.72	M_{máx}	57.79

3.2.5 Cálculo de acero en la pantalla del muro

Se escogió varillas con un diámetro de 20 mm y un área de 3.142 cm²; un ancho de 100 cm, y un recubrimiento de 8 cm debido a que el concreto está expuesto contra el suelo y en contacto permanente.

$$M_u = 1.6 \cdot M_{max} \quad (3.25)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \quad (3.26)$$

$$a = \frac{A_s}{0.85 f'_c b} \quad (3.27)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b d \quad (3.28)$$

Tabla 3.13 Datos para el cálculo de acero en la pantalla

$M_{m\acute{a}x}$	57.79	kN-m
M_u	92.464	kN-m
Rec	8	cm
b	100	cm
Φ_v	20	Mm
A_v	3.142	cm ²
d	20.16	cm
ϕ	0.9	
f'_c	380	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²

Se estableció un valor inicial para a e iteró hasta que el valor inicial coincidió con el valor obtenido a través de los cálculos.

Tabla 3.14 Acero requerido en la pantalla

A_{sv}	14.30	cm ²
$a_{asumido}$	1.859	cm
$a_{calculado}$	1.859	cm
$A_{sv, min}$	7.49	cm ²

Se escoge el máximo valor entre el acero calculado y el acero mínimo. El número de varillas es:

$$\#n = \frac{A_{sv}}{A_v} \quad (3.29)$$

$$\#n = 4.55 \approx 5$$

La separación entre las varillas es:

$$S = \frac{b - 2rec - \phi_v}{n - 1} \quad (3.30)$$

$$S = 20.5 \text{ cm}$$

Se debe usar varillas de ϕ 20 mm con una separación de 20 cm.

3.2.6 Cálculo de acero por contracción y temperatura de la estructura

Se toma la cuantía mínima según el ACI 350-06 que es de 0.003 para una longitud de articulación de 24.2 m.

Tabla 3.15 Datos para el acero por contracción y temperatura

Rec	8	cm
b	100	cm
Φ_v	16	Mm
A_v	2.011	cm ²
d	20.36	cm

El área de acero requerido es:

$$A_s = \rho_{min} b d \quad (3.31)$$

$$A_s = 6.108 \text{ cm}^2$$

El número de varillas usando la ecuación 3.29 es:

$$\#n = 3.04 \approx 4$$

La separación entre las varillas usando la ecuación 3.30 es:

$$S = 27.47 \text{ cm}$$

Se debe usar varillas de ϕ 16 mm con una separación de 20 cm.

3.2.7 Protección aguas debajo de la cresta

Una vez que el agua cruce por encima de la cresta, se producirá un resalto hidráulico porque pasa del régimen supercrítico a uno subcrítico. Para proteger la estructura y evitar que se produzca

desgaste en el cauce, se propuso una risberma (losa) de hormigón a continuación del azud o vertedero cimacio, con el fin de contener o disipar al salto hidráulico.

Tabla 3.16 Datos para el coeficiente de descarga

L_e [m]	h_o [m]	h_a [m]	Q [m ³ /s]	P [m]
24.2	1.05	0.03	37.07	3.16

El coeficiente de descarga se calculó con la siguiente ecuación:

$$Q = CL_e H_o^{\frac{3}{2}} \quad (3.32)$$

$$H_o = h_o + h_a \quad (3.33)$$

$$H_o = 1.08 \text{ m}$$

$$C = \frac{Q}{L_e H_o^{\frac{3}{2}}} = 1.36$$

El caudal por unidad de ancho es:

$$q = \frac{Q}{L_e} \quad (3.34)$$

$$q = 1.53 \frac{\text{m}^3}{\text{s}/\text{m}}$$

El tirante crítico es:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (3.35)$$

$$y_c = 0.62 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación de la energía entre la sección aguas arriba de la cresta y el pie del vertedero, y considerando pérdidas por cortante sobre el cimacio de $0.15 V_1^2/2g$ se obtuvo:

$$P + h_o + h_a = y_a + \frac{V_1^2}{2g} + 0.15 \frac{V_1^2}{2g} \quad (3.36)$$

$$4.64 = y_a + \frac{q^2(1.15)}{2g y_a^2}$$

Donde la solución es $y_a = 0.18$ m. Este valor es el tirante supercrítico donde empezó el salto hidráulico. Por lo tanto, la velocidad con la que se espere impacte es:

$$V_1 = \frac{q}{y_a} \quad (3.37)$$

$$V_1 = 8.32 \frac{m}{s}$$

La carga de velocidad y la energía en ese punto es:

$$h_1 = \frac{V_1^2}{2g} \quad (3.38)$$

$$h_1 = 3.52 \text{ m}$$

$$E_1 = h_1 + y_a \quad (3.39)$$

$$E_1 = 3.71 \text{ m}$$

Se calculó el número de Froude con:

$$F_{r1} = \frac{V_1}{\sqrt{gy_a}} \quad (3.40)$$

$$F_{r1} = 6.19$$

El tirante conjugado mayor se lo obtuvo con la siguiente ecuación:

$$y_d = \frac{y_a}{2} \left(\sqrt{1 + 8F_{r1}^2} - 1 \right) \quad (3.41)$$

$$y_d = 1.52 \text{ m}$$

La velocidad y energía en ese punto es:

$$V_2 = \frac{q}{y_d} \quad (3.42)$$

$$V_2 = 1.01 \frac{m}{s}$$

$$E_2 = \frac{V_2^2}{2g} + y_d \quad (3.43)$$

$$E_2 = 1.06 \text{ m}$$

De modo que la pérdida de energía que resultó por el resalto hidráulico es:

$$\Delta h = E_1 - E_2 \quad (3.44)$$

$$\Delta h = 2.65 \text{ m}$$

Con el número de Froude $Fr = 6.19$ y el tirante $y_p = 1.52 \text{ m}$ luego del resalto hidráulico. Se obtiene la relación L_s / y_p con la Figura 3-17.

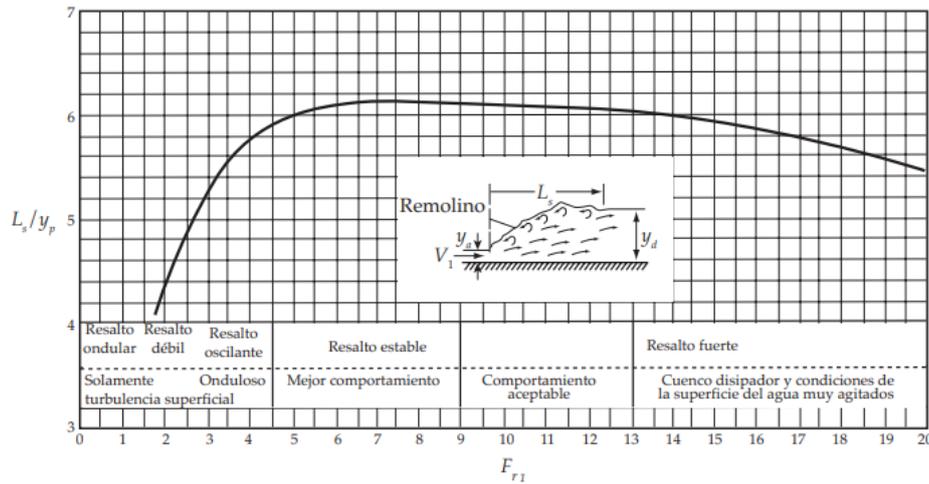


Figura 3.17 Relación de la longitud del resalto hidráulico con el tirante conjugado (USBR, 1987)

$$\frac{L_s}{y_p} = 6.1$$

$$L_s = 6.1(1.52) = 9.28 \text{ m}$$

Se realizó un análisis para un periodo de retorno de 200 años, donde se obtuvo un caudal máximo de $86 \text{ m}^3/\text{s}$ y un nivel de agua de 1.18 metros. Haciendo el mismo procedimiento, se estimó una longitud de resalto de 10.19 metros. Por lo que se optó por una longitud de 12 metros y 50 cm de espesor para proteger la estructura. Adicionalmente, se colocó un cuenco disipador con dimensiones de 1.45 m de alto (mismo nivel del río) y 50 cm de espesor para soportar todo el resalto hidráulico que se podría generar en caso de disipar más energía. El radio mínimo de la curva que va a tener aguas abajo que conecta la estructura con la risberma se lo determinó con la Figura 3.18.

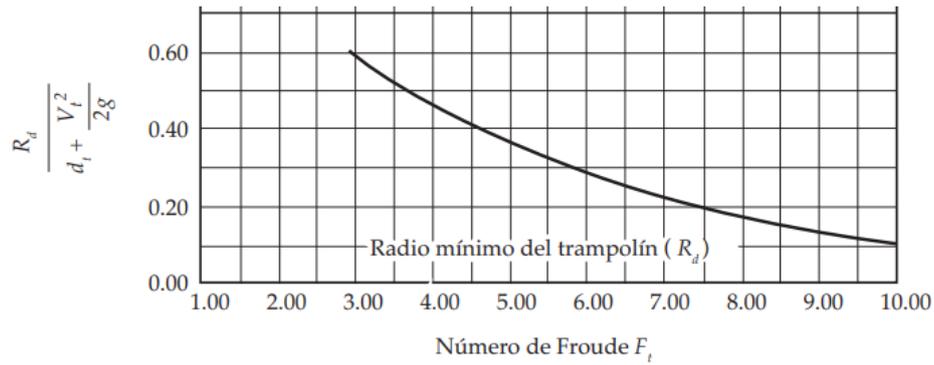


Figura 3.18 Relación del radio mínimo en la cresta aguas abajo del azud (USBR, 1987)

$$\frac{R_d}{d_t + \frac{V_t^2}{2g}} = 0.29$$

$$R_d = 1.08 \text{ m} \approx 1.35$$

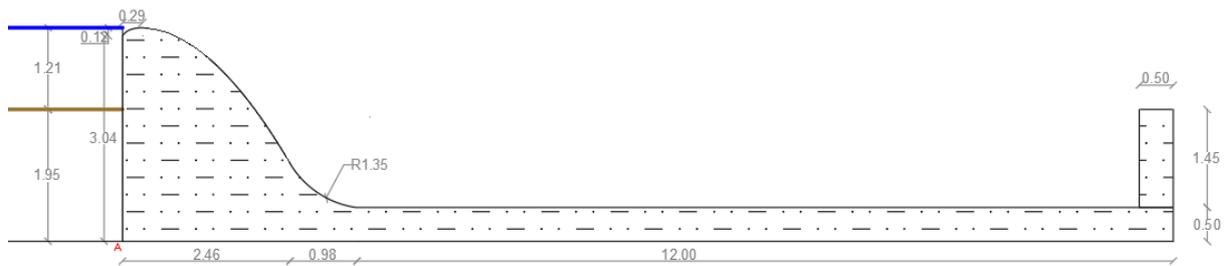


Figura 3.19 Geometría del azud y las protecciones para el resalto hidráulico

3.2.8 Fuerzas y momento flector en la risberma

Se consideró las fuerzas de empuje, fuerza dinámica y la fuerza producida por el sedimento.

La altura del agua y la velocidad media se las consideró luego del resalto hidráulico.

Tabla 3.17 Datos para el cálculo de fuerzas en la risberma

ρ_w	1000	kg/m ³
ρ_s	1978.25	kg/m ³
g	9.81	m/s ²
h	1.85	m
V_{media}	1.19	m/s
S	0.381	m ³

Usando las ecuaciones 3.22, 3.23 y 3.24 se tiene:

Tabla 3.18 Fuerzas y momento flector máximo en la risberma

F_{empuje}	16.87	kN
$F_{\text{dinámica}}$	1.32	kN
$F_{\text{sedimento}}$	7.39	kN
F_{acu}	25.59	kN
M_{max}	15.82	kN-m

Para el cuenco dissipador solo se consideró la presión que ejerce el suelo, por lo tanto, $F = 16.80$ kN y el momento respectivo es $M = 8.12$ kN-m.

3.2.9 Cálculo de acero en la risberma

La sección tiene una altura de 50 cm y se asumió varillas de 16 mm de diámetro con un área de 2.011 cm²; un ancho de 100 cm y un recubrimiento de 8 cm.

Tabla 3.19 Datos para el cálculo de acero en la risberma

$M_{\text{máx}}$	15.82	kN-m
M_u	25.31	kN-m
Rec	8	cm
b	100	cm
Φ_v	16	Mm
A_v	2.011	cm ²
d	41.2	cm
ϕ	0.9	
f_c	380	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²

Usando la ecuación 3.26 y siguiendo el mismo procedimiento de asumir el valor de a hasta que sea igual al calculado se tiene:

Tabla 3.20 Acero requerido en la risberma

A_{sv}	2.18	cm ²
----------	------	-----------------

a_{asumido}	0.284	cm
$a_{\text{calculado}}$	0.284	cm
$A_{sv, \text{min}}$	7.00	cm ²

El número de varillas usando la ecuación 3.29 es:

$$\#n = 3.48 \approx 4$$

La separación entre las varillas usando la ecuación 3.30 es:

$$S = 27.47 \text{ cm}$$

Se debe usar varillas de ϕ 16 mm con una separación de 20 cm.

Cuenco disipador:

Tabla 3.21 Acero requerido en el cuenco disipador

A_{sv}	0.59	cm ²
a_{asumido}	0.076	cm
$a_{\text{calculado}}$	0.076	cm
$A_{sv, \text{min}}$	7.00	cm ²

El número de varillas usando la ecuación 3.29 es:

$$\#n = 3.48 \approx 4$$

La separación entre las varillas usando la ecuación 3.30 es:

$$S = 27.47 \text{ cm}$$

Se debe usar varillas de ϕ 16 mm con una separación de 20 cm.

3.2.10 Cálculo de acero por contracción y temperatura en la risberma

Tabla 3.22 Datos para el acero por contracción y temperatura en la risberma

ρ	0.0014	ACI
h	50	cm
Rec	8	cm
b	100	cm
Φ_v	16	mm

A_v	2.011	cm^2
-------	-------	---------------

El área de acero requerido es:

$$A_s = 0.0014 b h \quad (3.45)$$

$$A_s = 7.00 \text{ cm}^2$$

El número de varillas usando la ecuación 3.29 es:

$$\#n = 3.48 \approx 4$$

La separación entre las varillas usando la ecuación 3.30 es:

$$S = 27.47 \text{ cm}$$

Se debe usar varillas de ϕ 16 mm con una separación de 20 cm.

3.2.11 Diseño de las protecciones laterales y fondo del río.

Debido al aumento de energía hidráulica dado a la acumulación de energía potencial, tanto el fondo del río como los laterales se encuentran comprometidos de sufrir daños por socavación. Por lo cual es necesario colocar una protección pasiva para disminuir los daños de erosión de la tierra, se propone utilizar un colchón de enrocado conformado por hidro malla geoestera a lo largo de la longitud del río, tanto en los taludes como en el fondo del cauce 100 metros aguas abajo (Robert, 2005).



Figura 3.20 Diseño de la Geoestera

3.3 Diseño del vertedero de emergencia

Para evitar que el nivel del agua supere la cota 4.10 m.s.n.m, se diseñó un aliviadero lateral (o de emergencia) a unos 50 metros aguas arriba del dique que desfogara en una llanura de inundación cercana al cauce. La forma de este vertedero será igual a la de un cimacio o azud, siguiendo el mismo procedimiento que el diseño del vertedero principal.

Tabla 3.23 Parámetros para el diseño del cimacio lateral

L_c [m]	Q [m ³ /s]	h_a [m]	h_o [m]	H_o [m]	k	n
18.8	26.81	0.03	0.47	0.50	0.510	1.845
P [m]	X_c [m]	Y_c [m]	R_1 [m]	R_2 [m]	R_d [m]	L_s [m]
3.73	0.130	0.05	0.250	0.105	0.94	9.00



Figura 3.21 Geometría del cimacio lateral y las protecciones para el resalto hidráulico

3.3.2 Revisión por falla por capacidad de carga

El cálculo de la excentricidad usando la ecuación 3.18 es:

$$e = 0.623 \text{ m} \leq \frac{B}{6}$$

$$e = 0.623 \text{ m} \leq 0.645 \text{ m} \text{ cumple con la NEC - SE - GC}$$

Utilizando las ecuaciones 3.19 y 3.20 la presión actuante es:

$$q_{min} = 2.01 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{max} = 117.17 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{max} = 117.17 \frac{kN}{m^2} \leq q_{admisible} = 120.96 \frac{kN}{m^2} \text{ es satisfactorio}$$

3.3.3 Cargas, fuerzas de corte y momentos flectores en el muro lateral y la risberma

Pantalla del muro:

Tabla 3.25 Datos para el cálculo de fuerzas en la pantalla lateral

ρ_w	1000	kg/m ³
ρ_s	1978.25	kg/m ³
g	9.81	m/s ²
h	1.78	m
V _{media}	0.80	m/s
S	0.381	m ³

Usando las ecuaciones 3.22, 3.23, 3.24 se tiene:

Tabla 3.26 Cargas actuantes en la pantalla del muro lateral

F _{estática}	15.54	kN
F _{dinámica}	0.57	kN
F _{sedimentos}	12.29	kN
F _{acumulada}	28.40	kN

Momento en la pantalla del muro:

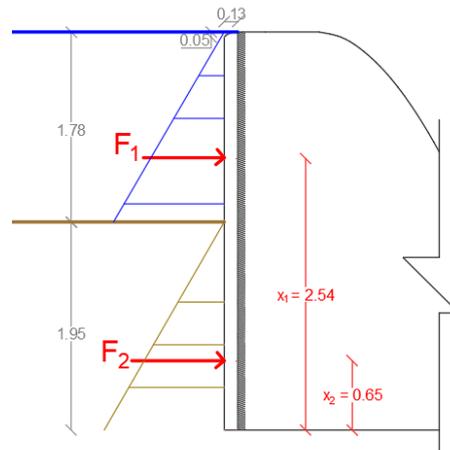


Figura 3.23 Fuerzas actuantes sobre la pantalla del muro lateral

Tabla 3.27 Cálculo de momentos en la pantalla del muro lateral

	F (kN)	X (m)	M (kN-m)
F₁	23.51	2.54	59.72
F₂	16.80	0.65	10.92
V	40.31	M_{máx}	70.64

Risberma:

Tabla 3.28 Datos para el cálculo de fuerzas en la risberma

ρ_w	1000	kg/m ³
ρ_s	1978.25	kg/m ³
g	9.81	m/s ²
h	1.47	m
V _{media}	0.971	m/s
S	0.381	m ³

Usando las ecuaciones 3.22, 3.23, 3.24 se tienen:

Tabla 3.29 Fuerzas y momento flector máximo en la risberma

F _{empuje}	10.58	kN
F _{dinámica}	0.69	kN
F _{sedimento}	12.29	kN
F _{acumulada}	23.56	kN
M _{max}	11.54	kN-m

3.3.4 Cálculo de acero en la pantalla del muro y la risberma

Pantalla del muro:

Para el espesor de la pantalla se consideró un espesor de 38 cm, con la finalidad de tener espacio para colocar el acero y se pueda manipular.

Tabla 3.30 Datos para el cálculo de acero en la pantalla del muro

$M_{\text{máx}}$	83.14	kN-m
M_u	133.03	kN-m
Rec	8	cm
b	100	cm
Φ_v	20	Mm
A_v	3.142	cm ²
d	31	cm
ϕ	0.9	
f_c	380	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²

Usando la ecuación 3.26 se tiene:

Tabla 3.31 Acero requerido en la pantalla del muro

A_{sv}	13.12	cm ²
a_{asumido}	1.706	cm
$a_{\text{calculado}}$	1.706	cm
$A_{sv, \text{min}}$	11.51	cm ²

El número de varillas usando la ecuación 3.29 y la separación entre ellas con la ecuación 3.30 es:

$$\#n = 4.18 \approx 5$$

$$S = 20.50 \text{ cm}$$

Se debe usar varillas de ϕ 20 mm con una separación de 20 cm.

Risberma:

Tabla 3.32 Datos para el cálculo de acero en la risberma

$M_{m\acute{a}x}$	11.54	kN-m
M_u	18.46	kN-m
Rec	8	cm
b	100	cm
Φ_v	16	Mm
A_v	2.011	cm ²
d	41.2	cm
ϕ	0.9	
f_c	380	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²

Usando las ecuaciones 3.25, 3.29 y 3.30 se tiene:

Tabla 3.33 Acero requerido, número de varillas y separación en la risberma

A_{sv}	1.34	cm ²
$a_{asumido}$	0.174	cm
$a_{calculado}$	0.174	cm
$A_{sv, min}$	7.00	cm ²
#n varillas	3.48	4.00
Separación	27.47	cm

Se debe usar varillas de ϕ 16 mm con una separación de 20 cm.

3.3.5 Cálculo de acero por contracción y temperatura de la estructura

Tabla 3.34 Datos para el acero por contracción y temperatura

ρ	0.003	ACI
Rec	8	cm
b	100	cm
Φ_v	16	Mm
A_v	2.011	cm ²
d	20.36	cm

El área de acero requerido usando la ecuación 3.31 es:

$$A_s = 6.108 \text{ cm}^2$$

Usando las ecuaciones 3.29 y 3.30 se tiene:

$$\#n = 3.48 \approx 4$$

$$S = 27.47 \text{ cm}$$

Se debe usar varillas de ϕ 16 mm con una separación de 20 cm.

3.3.6 Cálculo de acero por contracción y temperatura en la risberma

Tabla 3.35 Datos para el acero por contracción y temperatura en la risberma

ρ	0.0014	ACI
h	50	cm
Rec	8	cm
b	100	cm
Φ_v	16	mm
A_v	2.011	cm ²

El acero requerido usando la ecuación 3.45 es:

$$A_s = 7.00 \text{ cm}^2$$

Usando las ecuaciones 3.29 y 3.30 se tiene:

$$\#n = 3.48 \approx 4$$

$$S = 27.47 \text{ cm}$$

Se debe usar varillas de ϕ 16 mm con una separación de 20 cm.

3.4 Especificaciones técnicas

3.4.1 Limpieza y desbroce

Descripción: Este trabajo consistirá en despejar el terreno necesario para llevar a cabo la obra contratada de acuerdo con las presentes especificaciones y los demás documentos contractuales. En las zonas indicadas en los planos o por el Fiscalizador, se eliminarán todos los

árboles, arbustos, troncos, cercas vivas, matorrales y cualquier otra vegetación; además de tocones y hojarascas.

Procedimiento de trabajo: El desbroce, desbosque y limpieza se efectuarán por medios eficaces, manuales y mecánicos, incluyendo la zocola, tala, repique y cualquier otro procedimiento que dé resultados que el Fiscalizador considere satisfactorios. Por lo general, se efectuará dentro de los límites de construcción y hasta 10 metros por fuera de estructuras en las líneas exteriores de taludes. En las zonas de excavaciones o de terraplenes de altura inferior a 2 m. deberán removerse y desecharse todos los troncos, tocones, raíces, vegetación en general y material calificado por el Fiscalizador como inadecuado

Disposición de materiales removidos: Todos los materiales no aprovechables provenientes del Desbroce, Desbosque y Limpieza, serán retirados y depositados en los sitios indicados en los planos o escogidos por el Contratista, con la aprobación del Fiscalizador. No se permitirá el depósito de residuos ni escombros en áreas dentro del derecho de vía, donde sería visible desde el camino terminado, a menos que se los entierre o coloque de tal manera que no altere el paisaje. Tampoco se permitirá que se quemen los materiales removidos.

Medición: La cantidad a pagarse por el Desbroce, Desbosque y Limpieza será el área en hectáreas.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.2 Excavación a maquinaria

Descripción: Este trabajo consistirá en excavación del material necesario a remover en zonas de corte para lograr la construcción del dique, los vertederos y todo trabajo de movimiento de tierras que sea requerido, de acuerdo con los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador.

Procedimiento de trabajo: La excavación mecánica se la realizará de acuerdo con los lineamientos, pendientes y cotas señaladas en los planos o las indicadas por el fiscalizador. Una vez terminada la obra básica del proyecto en un tramo cuales quiera se removerá y desechará, en sitios aprobados por el fiscalizador, los materiales que caigan sobre la vía, cuneta o lugares visibles que afecten el paisajismo del sector tendrá que ser desechado de acuerdo a las instrucciones que indique el fiscalizador.

Mano de obra mínima: Operador de maquinaria y Peón.

Equipo mínimo: Herramientas manuales (5% M.O.), Excavadora de orugas, Seguridad Industrial (2% M.O.).

Medición: La cantidad a pagarse por la excavación a maquinaria será por metros cuadrados de tierra excavada.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.3 Desalojo de material

Descripción: Este trabajo consistirá en el desalojo de material local que se remueve en las zonas de corte establecidas en los planos.

Procedimiento de trabajo: El desalojo del material se realizará de manera mecánica cargando volquetas de 8 metros cúbicos y transportándolas a rellenos cercanos o algún lugar de acuerdo a las instrucciones del fiscalizador de obra.

Mano de obra mínima: Operador de maquinaria y Peón.

Equipo mínimo: Herramientas manuales (5% M.O.), Retroexcavadora 75HP, Volqueta, Seguridad Industrial (2% M.O.).

Medición: La cantidad a pagarse por el desalojo de material será los metros cuadrados de tierra que se van a desalojar.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.4 Relleno compactado con material de préstamo importado

Descripción: El material se obtendrá de ciertas zonas o canteras que estén calificadas por el fiscalizador y que tengan los ensayos necesarios para obtener las características necesarias que es se encuentran detalladas en la memoria técnica.

Procedimiento de trabajo: La colocación del relleno será por capas de 20 cm de espesor y se compactará hasta alcanzar la densidad aprobada por el fiscalizador. Cada capa será humedecida u oreada hasta alcanzar el contenido de humedad óptimo. La compactación se realizará con un rodillo liso o cualquier equipo de compactación que disponga el contratista y sea aprobado por el fiscalizador. Debido a que el relleno se encuentra debajo del nivel freático, el material importado será de una granulometría gruesa.

Mano de obra mínima: Operador de maquinaria y peón

Equipo mínimo: Herramientas manuales (5% M.O.), Retroexcavadora 75HP, Volqueta, Rodillo Compactador, tanquero, Seguridad Industrial (2% M.O.).

Medición: La cantidad a pagarse no corresponderá por el número de volquetas que estén puestas en obra, sino por los metros cúbicos de relleno compactado en obra.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.5 Relleno compactado del núcleo impermeable de arcilla

Descripción: Corresponde al núcleo impermeable de suelo conformado por arcillas, ya que actúa como pantalla impermeable ante las líneas de flujo de agua. El material del núcleo debe ser una arcilla inorgánica de plasticidad baja a media (CL) según el sistema internacional de clasificación de suelos (SUCS).

Procedimiento de trabajo: El material debe colocarse en capas de 15 a 20 cm y se debe nivelar con la motoniveladora. El material se compactará con rodillo pata de cabra y se debe humedecer u orear hasta alcanzar la humedad optima aprobada por el fiscalizador. Además, el índice de plasticidad debe ser suficiente para permitir al núcleo deformarse sin romperse el mismo que corresponde a los indicados en la clasificación CL. De esta forma el material para el núcleo impermeable debe ser ensayado para que cumpla con la impermeabilidad y plasticidad requería en obra.

Materiales mínimos: Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media (CL) comprobada en laboratorio.

Mano de obra mínima: Operadores de maquinarias y peón

Equipo mínimo: Rodillo de compactación pata de cabra, Excavadora de oruga, motoniveladora, volqueta, tanquero, Herramientas manuales (5% M.O.), Seguridad Industrial (2% M.O.).

Medición: La cantidad a pagarse no corresponderá por el número de volquetas que estén puestas en obra, sino por los metros cúbicos de relleno compactado en obra.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.6 Relleno compactado de material granular del cuerpo de talud del dique

Descripción: Corresponde al material permeable de suelo conformado por gravas y arenas, que actúan como cuerpo permeable dando soporte. El material del cuerpo debe ser una arena bien graduada (SW) o arena mal graduada, arenas gravosas con poco o ningún fino (SP) según SUCS.

Procedimiento de trabajo: El material debe colocarse en capas de 15 a 20 cm y se debe nivelar con la motoniveladora. El material se compactará con rodillo liso hasta alcanzar la densidad aprobada por el fiscalizador y se debe humedecer u orear hasta alcanzar la humedad optima. El Índice de plasticidad debe cumplir con los expuesto en el sistema SUCS para los suelos de tipo

SW y SP. De esta forma el material para el cuerpo permeable debe ser ensayado en laboratorio y comparado en características.

Materiales mínimos: Arena bien graduada (SW) o arena mal graduada, arenas gravosas con poco o ningún fino (SP) comprobada en laboratorio.

Mano de obra mínima: Operadores de maquinarias y Peón.

Equipo mínimo: Rodillo liso de compactación, Excavadora de oruga, volqueta, tanquero, motoniveladora, herramientas manuales (5% M.O.), Seguridad Industrial (2% M.O.).

Medición: La cantidad a pagarse no corresponderá por el número de volquetas que estén puestas en obra, sino por los metros cúbicos de relleno compactado en obra.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.7 Protección de enrocado en el talud del dique del reservorio

Descripción: Este trabajo consiste en el suministro y colocación de enrocado para la protección de riberas u orillas de ríos, protección de taludes, de estructuras de drenaje y control de la erosión en los muros de mampostería de piedra a construir y los existentes.

Procedimiento de trabajo: Se deberá suministrar roca angular dura y durable que sea resistente al intemperismo y la acción del agua y que esté libre de material orgánico y de desecho. No se deberán usar bolones, esquisto o roca con incrustaciones de esquisto. La roca deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- A. Gravedad específica aparente, AASHTO T-85.
- B. Absorción, AASHTO T-85.
- C. Índice de durabilidad del material grueso, AASHTO T-210.
- D. Granulometría especificada en el apartado 3.1.4.

Antes de colocar el enrocado se debe implementar un geotextil entre el terraplén y el enrocado con las características revisadas por el fiscalizador. El enrocado será colocada en una

superficie preparada y los vacíos se rellenarán con mortero de cemento portland. La roca debe humedecerse exhaustivamente, lavando el exceso de finos existentes en la parte inferior de la escollera. El mortero debe colocarse únicamente cuando la temperatura sea superior a 2° C y vaya en aumento. Colocar el mortero de tal manera que se prevenga su segregación.

Materiales mínimos: enrocado clase I, geotextil, cemento, arena y agua.

Equipo mínimo: Herramientas manuales (5% M.O.), Seguridad Industrial (2% M.O.).

Medición: La cantidad a pagarse corresponderá a los metros cúbicos en obra.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.8 Replanteo esp=10 cm

Descripción: Es el hormigón simple, generalmente de baja resistencia, utilizado como la base de apoyo de elementos estructurales que no requiere el uso de encofrados. El objetivo es la construcción de replanteo de hormigón, especificados en planos estructurales, documentos del proyecto o indicaciones de fiscalización. Incluye el proceso de fabricación, vertido y curado del hormigón.

Procedimiento de trabajo: Las superficies donde se va a colocar el replanteo estarán totalmente limpias, compactas, niveladas y secas, para proceder a verter el hormigón. Se colocará una capa del espesor de 10 cm. No se permitirá verter el hormigón desde alturas superiores a 2 m por la disgregación de materiales. La carga sobre el replanteo no será aplicada hasta que el hormigón haya adquirido el 70% de su resistencia de diseño o que fiscalización indique otro procedimiento. Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados de las pruebas de campo y de laboratorio, así como las tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega.

Materiales mínimos: Arena gruesa, Grava, Cemento, Agua

Mano de obra mínima: Peón, Albañil, Maestro mayor en ejecución de obras civiles

Equipo mínimo: Herramientas manuales (5% M.O.), Seguridad Industrial (2% M.O.), Concretera, Vibrador.

Medición: La cantidad a pagarse corresponderá a los metros cuadrados de replantillo.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.9 Acero de refuerzo $f_y=42000 \text{ kg/cm}^2$ (con alambre galvanizado No 18)

Descripción: Serán las operaciones necesarias para cortar, doblar, conformar ganchos, soldar y colocar el acero de refuerzo que se requiere en la conformación de elementos de hormigón armado.

Procedimiento de trabajo: Toda varilla de refuerzo será doblada en frío. El corte, doblado, y colocación del acero de refuerzo se regirá a lo que establece el Capítulo 7 del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C.). Encofrados nivelados, estables y estancos, antes del inicio de la colocación del acero de refuerzo, se procederá con la impregnación de aditivos desmoldantes. Iniciada la colocación del acero de refuerzo, no se permitirán estos trabajos. Fiscalización aprobará el inicio del corte y doblado del acero de refuerzo. Se permitirá el uso de suelda para el corte, cuando así lo determine la fiscalización. En cuanto al control de que las varillas se deben encontrar libres de pintura, grasas y otro elemento que perjudique la adherencia con el hormigón a fundir. La separación libre entre varillas paralelas tanto horizontal como vertical no será menor de 25 mm. Durante armado del hierro, se preverán los recubrimientos mínimos para hormigón armado y fundido en obra determinado en la memoria técnica.

Materiales mínimos: Hierro, Alambre galvanizado

Mano de obra mínima: Peón, Fierro, Maestro mayor en ejecución de obras civiles.

Equipo mínimo: Herramientas manuales (5% M.O.), Seguridad Industrial (2% M.O.), Dobladora, Cizalla.

Medición: La cantidad a pagarse corresponderá a los kilogramos de acero.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.10 Hormigón armado para el vertedero principal y de emergencia (incluye encofrado)

$f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ protección a los sulfatos

Descripción: Se entiende por hormigón al producto endurecido de la mezcla del cemento de alta resistencia, agua y agregados pétreos, en proporciones adecuadas. Se utilizará este tipo de hormigón para los elementos que vengan especificados en los diseños y planos. Se entenderá por encofrados las formas volumétricas que se confeccionan con piezas de madera, metálicas o de otro material resistente para que soporten el vaciado del hormigón, con el fin de amoldarlo a la forma prevista.

Procedimiento de trabajo: Los diseños y construcción de encofrados serán hechos por el Contratista y sometidos a la aprobación de la Fiscalización conjuntamente con todos los detalles de montaje, sujeción, operación y desmontaje. Las cargas asumidas en el diseño deberán garantizar su comportamiento durante todas las operaciones de hormigonado. Todo encofrado defectuoso o deformado será rechazado reemplazado a expensas del Contratista. Como material para encofrados se podrá utilizar: madera contrachapada, de espesor mínimo 20 mm, media duela machihembrada, cepillada y lámina o plancha metálica con sistema de sujeción, que luego proporcionen superficies lisas, sin deterioración química y/o decoloración. El uso de otros materiales que produzcan resultados similares debe ser aprobado por la Fiscalización. El hormigón deberá ser distribuido uniformemente sobre el vertedero principal y el vertedero de emergencia en el cual se fundirá por capas para poder darle la forma detallada en los planos, una vez que se coloque el hormigón deberá ser vibrado hasta que aparezca una capa de mortero en la superficie. El hormigón deberá ser enlucido y pulido para poder darle el acabado correspondiente. Se deberá pedir un mixer a una empresa dosificadora y el fiscalizador deberá realizar el ensayo de fluidez por medio de un cono de Abrams. El hormigón debe tener una resistencia a la compresión simple indicada en la

memoria técnica y además debe poseer protección contra los sulfatos. Finalmente, la superficie deberá quedar sin irregularidades y el armado debe ir colocado en el centro respetando los recubrimientos estipulados en la memoria técnica.

Materiales mínimos: para el encofrado clavos, tiras, cuartones, tablas, tablonos, cañas, tableros metálicos en caso de que se requiera.

Para el hormigón se necesita.

- Grava: Materiales pétreos según norma ASTM.
- Arena Gruesa: Materiales pétreos según norma ASTM.
- Cemento: Cemento Portland.
- Agua: El agua a emplearse será potable y siempre protegida de contaminación de cualquier índole.

Se recomienda pedir el hormigón a empresas dosificadoras que puedan obtener la resistencia deseada.

Mano de obra mínima: Albañil, Peón.

Equipo mínimo: Mixer, Herramientas manuales (5% M.O.), Seguridad Industrial (2% M.O.).

Medición: La cantidad a pagarse corresponderá a los metros cúbicos de hormigón puesto en obra.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

3.4.11 Protecciones con hidro malla

Descripción: Este ítem consiste en la provisión y armado de la hidro malla o geotestera, en los lugares indicados en los planos, construidos de acuerdo a lo estipulado en el apartado 3.2.5 bajo las órdenes del Residente de obra y fiscalizador. La hidro malla es un elemento de características similares a los gaviones de forma prismática rectangular, formado por piedras

confinadas exteriormente por un mallado de doble torsión fuertemente reforzado. La Hidro malla se caracteriza por su alta estabilidad estructural, alta resistencia a la tensión y durabilidad que la hacen ideal para la conformación de estructuras de protección de orillas y otras que deban funcionar expuestas a la acción de las corrientes de agua e intemperie. Existen empresa como Geostera que puede proporcionar la hidro malla.

Procedimiento de trabajo: previamente a la ubicación y armado se deberá preparar convenientemente la superficie del talud con las especificaciones detalladas en la memoria técnica. Se colocará la hidro malla (se desdoblará y se extenderá en el suelo), alzando las paredes y las cabeceras. Se procede cosiendo las 4 aristas verticales. Estas costuras se ejecutarán de forma continua pasando el alambre por todos los huecos de las mallas con doble vuelta cada 2 huecos y empleando en esta operación los dos hilos de borde que se encuentran juntos. Los bloques contiguos deberán atarse entre sí firmemente por medio de resistentes costuras a lo largo de todas las aristas. A su vez los bloques deberán estar cosidos firmemente a los colchones que le sirven de apoyo.

Mano de obra mínima: Albañil, Peón.

Equipo mínimo: Herramientas manuales (5% M.O.), Seguridad Industrial (2% M.O.).

Medición: La cantidad a pagarse corresponderá a los metros cuadrados de hidro malla.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato.

Capítulo 4

4. Análisis ambiental

4.1 Descripción del Proyecto

El objetivo primordial de este proyecto es abarcar el problema de escasez de agua en la parroquia Palmar, durante los periodos prolongados de estiaje, al mismo tiempo que cumpla las necesidades locales e industriales de agua. La solución planteada implica en la elaboración de una represa de retención en el río la Pampa, en el cual tendrá un sistema de captura y almacenamiento de agua. Este sistema permitirá la infiltración de agua al acuífero y en este se captará agua por medio de pozos de extracción, los cuales son una potencial fuente de suministro para la parroquia.

La propuesta cumple con el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6, centrado en agua y saneamiento, en el cual busca asegurar la sostenibilidad en la obtención de agua dulce, garantizar el suministro del recurso hídrico a la población y disminuir la cantidad de personas que no tienen acceso al agua dulce. Sin embargo, también cumple con los objetivos 3, 11, 13, 14 y 15. Se identificó la ubicación óptima para proporcionar un funcionamiento eficiente, en la fase inicial de construcción de la represa, se anticipa la necesidad de utilizar materiales locales como arcilla y piedra, para conformar la estructura hídrica. No obstante, se conoce que este proceso de extracción tendría impactos negativos, como la erosión del suelo y afectación de pequeños ecosistemas locales.

Debido a que se trata de una obra hídrica, es importante considerar la alteración del cauce del río, dado que tendría un impacto en la fauna y flora de la zona. Durante la ejecución del proyecto, se consideran diversos tipos de impactos como: generación de desechos, partículas de polvo emitidas por la maquinaria usada en obra. Esto resalta la necesidad de definir y evaluar el impacto ambiental, así como su influencia en la flora, fauna y socio-económicos de la zona de Palmar.

4.2 Línea base ambiental

Dado que se necesita cuantificar el nivel de impacto ambiental que ocasionará la implementación del proyecto, se debe obtener información de la zona de estudio, en donde se detalle los factores físicos, biológicos y socio-económicos. La parroquia de Colonche de la provincia de Santa Elena delimita al Norte con la parroquia Manglaralto y el cantón Pedro Pablo Gómez, Sur con parroquias de Simón Bolívar y Santa Elena, Este con cantones de Pedro Carbo y Cascol de Manabí, Oeste con el Océano Pacífico y parroquias de Manglaralto.

Medio Físico

Relieve

La gran parte del suelo de la cordillera Chongón Colonche dispone de rocas sedimentarias antiguas en el cual prevalecen relieves abruptos y pocos profundos (CELEC EP, 2013). Adicional los rasgos topográficos predominantes de la zona son pequeñas lomas que se forman por la presencia de arenisca y arcilla, también se forma laderas de suave pendiente, que tiene una composición de un material duro rico en sílice. Generalmente las laderas se encuentran estables debido a las condiciones climáticas del terreno ya que no ocurren precipitaciones abruptas que causen una erosión en el suelo. En el sitio de estudio se mantiene el relieve general de la zona.

Clima

En el sector de colonche corresponde a una zona de clima tropical húmedo y seco sabana. Las condiciones meteorológicas y oceanográficas se encuentran ligadas a la zona, debido a que pertenece a la zona Ecuatorial. La presencia de vientos y temperaturas corresponderán a las corrientes cálidas del niño y la corriente fría de Humboldt. La temperatura promedio de la zona es de 25°C, llegando a un máximo de 30.7°C y un mínimo de 17.5°C (Flores & Proaño, 2019).

Precipitaciones

Para conocer la precipitación de la zona de estudio, se revisó el informe del INAMHI del 2020, en el cual existen 3 estaciones dentro del área de estudio: Isabel Maria, Guayaquil aeropuerto

y Julcuy. La precipitación en la zona alcanza los 218 mm de lluvia anuales, llegando a llover un estimado de 104 días. Los meses de mayor precipitación es el mes de febrero y marzo alcanzando un pico de 65 mm y los meses de menor precipitación es en septiembre, octubre y noviembre llegando a un nivel de 2 mm en el mes de septiembre.

Flora y fauna

La vegetación exuberante que presenta la parte cercana del río la Pampa pertenece al ecosistema de bosque seco tropical, este ecosistema no alberga fauna endémica, como la que se encuentra en los bosques de garúa de la cordillera Chongón Colonche. El área a intervenir no es una zona protegida y no alberga ninguna especie en peligro de extinción. A este ecosistema se suman los manglares, que son característicos de las vertientes costeras y cuentan con su propia flora y fauna (Herrera, 2020).

Ámbito Social

Colonche consta con una población proyectada para el año 2023 de 41195 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional del 2.13%. Actualmente está presentando un amplio desarrollo económico debido a varios proyectos de construcción que se llevaron a cabo, esto impulsa la apertura de varios locales como importadoras, tiendas, camaroneras y empresas de investigación de la acuicultura. La principal actividad económica de Colonche es la pesca con un porcentaje del 46.14%. No obstante, la agricultura y la ganadería son actividades secundarias que mueven la economía del sector, con un porcentaje del 34.45%, el comercio mayorista y minorista tiene un porcentaje del 8.25%, las industrias manufactureras tienen un porcentaje de 9.23% y otras actividades tiene el 1.93% de la economía del sector. (INEC et al., 2011).

4.3 Actividades del proyecto

Con la finalidad de elaborar la represa, se tiene en consideración dos fases para la implementación de esta. La fase de construcción y la fase de mantenimiento y operación, cada una de estas fases poseen actividades distintas. Para la construcción se prevé las siguientes actividades:

- Desbroce del terreno, movimiento de tierra y colocación de material de relleno. Esto se llevará a cabo con el uso de maquinaria pesada.
- Generación de partículas contaminantes, como polvo o líquido generado por el uso de maquinaria.
- Generación de contaminación auditiva por el uso de la maquinaria y personal de trabajo
- Desechos de materiales de construcción como: alambres, clavos, madera o residuos de cemento debido al encofrado.
- Generación de contaminante orgánico producida por el personal que se encuentra en obra.
- Modificación del flujo del río, para poder lograr el proceso constructivo del reservorio.
- Calidad del agua que se ve comprometida por desechos orgánicos e inorgánicos.
- Alteración del paisaje debido a la ejecución del proyecto.

Para la fase de operación y mantenimiento se prevén las siguientes actividades:

- Limpieza en el fondo del reservorio producido por la acumulación de sedimentos.
- Limpieza los palos o vegetación que se encuentren flotando en la superficie.
- Revisión de los taludes por el tema de estabilidad y socavación.
- Alteración de la cubierta terrestre debido al crecimiento del nivel del cauce.
- Alteración de la calidad del agua debido a la acumulación de sedimentos o desechos orgánicos.
- Revisión de la socavación producida aguas arriba y aguas abajo del reservorio.
- Modificación del flujo del río.

4.4 Identificación de impactos ambientales

En base a lo establecido previamente de las actividades que se van a elaborar, se identifica el impacto ambiental para la fase de construcción y la fase de mantenimiento. En las siguientes tablas se muestra la matriz causa-efecto, en el cual las columnas se encuentran las acciones que pueden llegar a provocar un efecto ambiental y en las filas se presentan los elementos que se ven involucrados por llevar a cabo el proyecto.

Tabla 4.1 Matriz causa-efecto en fase de construcción

Fase de construcción											
IDENTIFICACIÓN IMPACTOS AMBIENTALES		Modificación del flujo del río	Cambio en la cubierta	Excavaciones	Desmontes y rellenos	Control de partículas	Gestión de desechos	Control de la contaminación	Alteración del paisaje	Actividades económicas y	Calidad del agua
Características	Suelo		X	X	X		X		X		X
	Agua	X	X	X			X			X	X
	Erosión	X	X	X	X	X			X		
	Contaminación	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Aceptabilidad	X	X	X			X	X	X	X	
	Salud y seguridad					X	X	X			
	Empleo	X					X			X	
	Estructura	X	X	X	X		X	X	X	X	

Tabla 4.2 Matriz causa-efecto en fase de mantenimiento y operación

Fase de mantenimiento y operación							
IDENTIFICACIÓN IMPACTOS AMBIENTALES		Control del río y modificación del caudal	Alteración de la cubierta	Socavación	Limpieza del fondo	Actividades económicas y productivas	Calidad del agua
Características	Suelo	X	X	X			X
	Agua	X	X	X			X
	Erosión	X	X	X	X		
	Inundación	X	X	X			
	Contaminación	X	X	X	X		

	Salud y seguridad	X			X		
	Empleo	X		X	X	X	
	Turismo					X	

Mediante la matriz de causa y efecto en las dos fases, es posible identificar las acciones que tienen mayor influencia debido a que tienen un mayor impacto. En primer lugar, en la fase de construcción se encuentra la acumulación de desecho, dado que el proceso de construcción genera desechos inorgánicos como: residuos de cemento, clavos, alambres, sacos de cemento, residuos de arena y piedras, así como desechos orgánicos (aguas residuales y desechos de comidas). En segundo lugar, se encuentra las alteraciones realizadas a la corteza terrestre de la zona, pues para el movimiento de tierra, la capa terrestre junto con la flora y fauna, se ven comprometidas.

En la fase de mantenimiento y operación se identifica con mayor grado de significación el control del río, modificación del caudal y la estabilidad de los diques, esto debido a que durante el funcionamiento del dique el tirante de agua aumentará provocando una modificación en el caudal de manera permanente. En segundo lugar, está la socavación que se puede generar tantas aguas arriba, aguas abajo y en el cuerpo del dique e incluso se puede llegar a provocar acumulación de sedimentos en ciertas zonas, en donde tendrán que darle mantenimiento, retirando el sedimento mediante el uso de maquinaria apropiada o lo que corresponda.

4.5 Valoración de impactos Ambientales

Para elaborar la valoración de impactos ambientales se utilizó la matriz de Leopold, en el cual se les asigna un valor positivo o negativo a los criterios previamente identificados en la matriz causa-efecto (Verd, 2000). Los impactos ambientales se encuentran en función de su tamaño, importancia, duración y recuperación durante las distintas fases que lleva el proyecto. Es de carácter obligatorio definir claramente las actividades que se desarrollaran en cada etapa del proyecto (Solano, 2021). El índice de importancia se implanta mediante una valoración

cuantitativa, en ella se le atribuye un valor de 1 a 10; para obtener la valoración del impacto se establece la siguiente fórmula (Tito, 2020).

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

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

En donde We es el peso de extensión, E es la valoración de extensión, Wd es el peso de duración, D es la valoración de la duración, Wr es el peso de reversibilidad, R es el valor de la reversibilidad, Imp es la valoración calculada de importancia ambiental, IA es la valoración de impacto ambiental y Mag es el valor de magnitud.

En la tabla 4.3 y 4.4 se detalla la matriz de Leopold, en el cual se identifica la magnitud e importancia que tiene cada efecto en las fases de construcción y mantenimiento. En la matriz se cuenta con valores del 1 al 10, en donde 1 corresponde a una intervención mínima y 10 corresponde a una participación máxima posible. En el parámetro de la magnitud se coloca el signo (+) en caso de que tenga un efecto positivo, mientras que se coloca un signo (-) en caso de que sea un efecto contra el medio ambiente.

Tabla 4.3 Matriz de Leopold de la fase de construcción

Magnitud / Importancia		Fase de construcción										Impactos		
		Modificación del flujo de río	Cambio en la cubierta terrestre	Excavaciones	Desmontes y relleno	Control de polvo y partículas emitidas por	Gestión de desechos orgánicos e inorgánicos	Control de contaminación auditiva	Alteración sobre el paisaje	Actividades económicas y productivas	Calidad	Positivos	Negativos	Totales
Suelo		-6	-5	-2		-4		-2		3		1	5	6
Agua		-1	-4			-4			10	-2		2	4	6
Erosion		-6	-5	-2	2			-2				1	5	6
Contaminación		-2	-3	-3	-5	-7	-2	-4				1	7	8
Aceptabilidad		-2	3			-1	-3	-4	8			3	4	7
Salud y seguridad					-7	-8	-7					1	3	4
Empleo						2			5			2	0	2
Estructura		-4	-5	-3		-2	-3	-2	4	6		2	6	8
Impactos	Positivos	5	0	1	0	1	1	0	0	4	1	13	34	47
	Negativos	1	6	5	4	2	6	4	5	0	1	34		
	Totales	6	6	6	4	3	7	4	5	4	2	47		

Tabla 4.4 Matriz de Leopold para de fase mantenimiento y operación

Fase de mantenimiento y operación								Impactos		
Magnitud	Importancia	Modificación del flujo de río	Cambio en la cubierta terrestre	Socavación	Limpieza en el Fondo	Actividades económicas y productivas	Calidad	Positivos	Negativos	Totales
Suelo	-3	-2	-4				-2	0	4	4
Agua	-4	-1	-4				6	1	3	4
Erosion	-4	-4	-2	-5				0	4	4
Inundación	-2	-3	-3					0	3	3
Contaminación	-3	-3	-4	-3				0	4	4
Salud y seguridad	-1			-4				0	2	2
Empleo	-1		-5	-4	9			1	3	4
Turismo					8			1	0	1
Impactos	Positivos	0	0	0	0	2	1	3	23	26
	Negativos	7	5	6	4	0	1	23		
	Totales	7	5	6	4	2	2	26		

Con los datos de magnitud e importancia, obtenidos en la matriz de Leopold, se efectuó el cálculo cuantitativo del impacto ambiental, utilizando la fórmula 4.1 y 4.2. Esta fórmula permite obtener un valor numérico en el cual representa si el impacto es despreciable, bajo, medio, alto o beneficiario. En el caso de este proyecto, se encuentra detallado en las tablas 4.5 y 4.6. Esto ayuda a clasificar el impacto en las dos distintas fases para buscar y planificar medidas de mitigación contra el impacto

Tabla 4.5 Valores de impacto ambiental en la fase de construcción

Fase de construcción											Impactos			
Magnitud	Importancia	Modificación del flujo de río	Cambio en la cubierta terrestre	Excavaciones	Desmontes y relleno	Control de polvo y partículas emitidas por	Gestión de desechos orgánicos e inorgánicos	Control de contaminación auditiva	Alteración sobre el paisaje	Actividades económicas y productivas	Calidad	Positivos	Negativos	Totales
Agua	8.485	-2.646	-4.9			-4.9				10	-4.47	18.485	-16.92	1.57
Erosion	-6.71	-3.464	-5.92	-2.83	2.449			-2.45				2.4495	-21.37	-18.92
Contaminación	3.464	-2.449	-3.87	-3.46	-6.71	-7.94	-2	-3.46				3.4641	-29.9	-26.43
Aceptabilidad	6.928	-4.472	4.583			-2.83	-4.58	-5.66	8.9443			20.455	-17.54	2.92
Salud y seguridad	6.928				-7.94	-8.49	-7.48					6.9282	-23.91	-16.98
Empleo						2.828				5.4772		8.3057	0	8.31
Estructura	4.899	-5.292	-6.32	-4.58		-4	-4.58	-3.74	4.4721			9.3711	-28.52	-19.15
Impactos	Positivos	30.7	0	4.583	0	2.449	2.828	0	0	28.894	3.873	13	-161.2	-87.85
	Negativos	-6.71	-25.25	-26.5	-14	-14.6	-31.6	-18.6	-19.3	0	-4.47	-161.2		
	Totales	24	-25.25	-21.9	-14	-12.2	-28.8	-18.6	-19.3	28.894	-0.6	-87.85		

Para la fase de construcción se puede apreciar que los efectos que tendrán un mayor impacto en el medio ambiente son: excavación, cambio de la cubierta terrestre y gestión de residuos y desechos. Dado que se necesita realizar un mejoramiento del suelo en el sitio de implantación de la represa, se debe retirar gran parte del material y llevarlo a un relleno sanitario, además se debe gestionar los desechos orgánicos e inorgánicos como residuos de cemento y hormigón. Este efecto de excavación y gestión de desechos, conlleva otros efectos negativos como el ruido producido por la maquinaria o las partículas de polvos que se sueltan al ambiente durante la fase de construcción.

Tabla 4.6 Valores de impacto ambiental en la fase de operación y mantenimiento

Fase de mantenimiento y operación							Impactos		
Magnitud / Importancia	Modificación del flujo de río	Cambio en la cubierta terrestre	Socavación	Limpieza en el Fondo	Actividades económicas y productivas	Calidad	Positivos	Negativos	Totales
Suelo	-3.873	-4	-5.29			-3.74	0	-16.91	-16.9
Agua	-4.472	-2.83	-5.29			7.746	7.746	-12.59	-4.85
Erosion	-5.292	-5.29	-2.83	-6.32			0	-19.74	-19.7
Inundación	-4.243	-5.2	-4.9				0	-14.34	-14.3
Contaminación	-4.243	-4.58	-5.29	-5.2			0	-19.31	-19.3
Salud y seguridad	-3			-5.66			0	-8.657	-8.66
Empleo	-2.828		-6.32	-5.29	8.485		8.485	-14.44	-5.96
Turismo					7.483		7.483	0	7.48
Impactos									
Positivos	0	0	0	0	15.97	7.746	23.71	-106	-82.3
Negativos	-27.95	-21.9	-29.9	-22.5	0	-3.74	-106		
Totales	-27.95	-21.9	-29.9	-22.5	15.97	4.00	-82.3		

Para la fase de mantenimiento y operación se puede destacar dos efectos que atacan al medio ambiente, estos son: la socavación y la modificación del flujo del río. La socavación es un tema importante debido a que el tipo de suelo del río tiende a erosionarse con facilidad por lo cual se alcanzan mayores profundidades en periodo de retorno de 100 años. La modificación del flujo del río es un impacto negativo al ambiente. Sin embargo, este tipo de alteraciones se producen cuando se construye una obra hídrica que altere el comportamiento del cauce.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

El plan de manejo ambiental se elaboró con la finalidad de contrarrestar los efectos que tienen un mayor impacto ambiental tanto en la fase de construcción y en la fase de operación y mantenimiento. El (PMA) se detalla en las tablas 4.7 y 4.8 en la cual se propone: la medida a

implementar, el impacto a minimizar, las personas que son responsables a minimizar el impacto, el momento en el que se va a implementar, la ubicación, las actividades y los recursos a utilizar y por último el costo aproximado.

Tabla 4.7 Plan de impacto ambiental en fase de construcción

Fase de Construcción						
Medida	Impacto por minimizar	Responsables	Momento	Ubicación	Actividades y recursos	Costo
Buscar un relleno sanitario o un lugar idóneo para colocar el material de desecho.	Desalojo de material de tierra producido durante las excavaciones	Residente de obra, Fiscalizador, Contratista	Durante la excavación del terreno	Sitio de construcción ubicado en el río la Pampa en la vía Palmar-Colonche.	Buscar un lugar adecuado en donde colocar el material de desalojo, puede ser un relleno sanitario o en algún lugar de la comunidad.	\$50.00
Optimizar las horas del trabajo de la maquinaria	Contaminación auditiva producida por la maquinaria pesada	Residente de obra y operario de maquinaria	Durante la excavación del terreno	Sitio de construcción ubicado en el río la Pampa en la vía Palmar-Colonche.	Elaborar un cronograma de trabajo de la maquinaria pesada y darlo a conocer a la comunidad por medio de afiches.	\$20.00
Determinar áreas alejadas en donde realizar la excavación	Contaminación auditiva, partículas de polvo y daño a la flora y fauna	Residente de obra	Durante la excavación del terreno	Sitio de construcción ubicado en el río la Pampa en la vía Palmar-Colonche.	Buscar el lugar para la extracción del material en donde no afecte la flora y fauna del sitio	\$20.00
Hacer socialización con los dueños del terreno a expropiar.	Aceptación por parte de la comunidad	Residente de obra, contratista	Antes de empezar obra	Sitio de construcción ubicado en el río la Pampa en la vía Palmar-Colonche.	Socializar con municipios y moradores para la obtención de los permisos	\$200.00

Determinar una zona o un lugar donde las personas que intervengan en obra puedan realizar sus necesidades biológicas	Contaminación de materia orgánica	Contratista	Antes de empezar obra	Sitio de construcción ubicado en el río la Pampa en la vía Palmar-Colonche.	Colocar sanitarios móviles	\$1 000.00
--	-----------------------------------	-------------	-----------------------	---	----------------------------	------------

Los afectados durante la fase de construcción es la comunidad que se encuentra en la vía Palmar-Colonche, por lo cual se debe dar una información acerca del proceso constructivo antes, durante y finalizando la obra. Se puede entregar boletas de información en donde contenga los horarios de trabajo de maquinaria pesada. Para la excavación y desecho del material, se preguntará si alguien requiere materia de desecho en algún terreno cercano para no desecharlo al relleno sanitario. Por último, durante la fase de construcción se colocará un buzón en la comunidad en donde podrán emitir cualquier tipo de queja o inconformidad.

Tabla 4.8 Plan de impacto ambiental en fase de operación y mantenimiento

Fase de Construcción						
Medida	Impacto por minimizar	Responsables	Momento	Ubicación	Actividades y recursos	Costo
Monitoreo constante de la alteración del cauce del río	Control del cauce del río	Personal administrativo de la comunidad de Palmar	Al inicio de que el reservorio se ponga en funcionamiento.	Sitio de construcción ubicado en el río la Pampa en la vía Palmar-Colonche.	Realizar un monitoreo constante del cauce, observar si el nivel aumento, si se forman ciertas zonas de inundaciones. Observar si el flujo	\$50.00

					del río no cambia de dirección.	
Limpieza en el fondo del reservorio	Acumulación de sedimentos	Personal administrativo de la comunidad de Palmar	En los primeros años de operación depende de las condiciones del cauce	Sitio de construcción ubicado en el río la Pampa en la vía Palmar-Colonche.	Realizar una limpieza constante de los sedimentos acumulados en el fondo del reservorio.	\$200 - \$600
Monitoreo y evaluación periódica de la socavación en las bases del dique	Socavación producida en el dique y puente	Personal administrativo de la comunidad de Palmar	En los primeros años de operación depende de las condiciones del cauce	Sitio de construcción ubicado en el río la Pampa en la vía Palmar-Colonche.	Monitorear periódicamente la socavación producida aguas arriba y aguas abajo del reservorio, con mayor importancia en la base del dique y los estribos del puente.	\$50.00

La limpieza de la sedimentación se debe realizar de acuerdo con el comportamiento que se observe durante los primeros años de funcionamiento. Es decir, cada semestre, cada año o antes que se produzcan los eventos significativos de precipitación y almacenamiento, se deberán medir el nivel o la altura de la sedimentación, para que se proceda con su retiro. Adicional la limpieza debe ser monitoreada y ejecutada por personal de la comuna y en tiempos de estiaje, cuando el nivel del reservorio sea menor, hay que tener en cuenta que la maquinaria no tendrá acceso en la

mayoría de la represa. Se debe capacitar a un personal de la comuna para que realice inspecciones periódicas de la sedimentación en el cauce del río y la socavación producida en los estribos del puente y la base del dique. Después de los primeros años de observación (2 o 3 años), registro y retiro de sedimentos, se establecerá la frecuencia (cuantas veces al año y en que meses) en la que estos deben ser realizados y ejecutados en los siguientes años de vida útil de la represa; de igual forma se estimará el presupuesto referencial que requieren este tipo de trabajos.

Esta obra hídrica tiene un impacto positivo en la aceptación por parte de la comunidad, dado que esto permitirá una captación de agua superficial y recarga de los acuíferos para la apertura de nuevos pozos, esto lograría un impulso en la economía del sector. Sin embargo, durante la construcción y la operación de la represa causará impactos negativos afectando al medio ambiente. Por esta razón se recomienda seguir el plan de manejo ambiental para mitigar las consecuencias y de esta forma se conseguirá un beneficio para todos los actores que se vean involucrados.

Capítulo 5

5. Presupuesto

5.1 Estructura desglosada de trabajo

Para la construcción del dique y el vertedero en el sector Palmar-Colonche se consideró se consideró 4 tareas principales: actividades preliminares, movimiento de tierra, estructura de hormigón armado y protecciones hidráulicas. Estas tareas se encuentran detallada en la Figura 5.1 junto con sus subdivisiones.

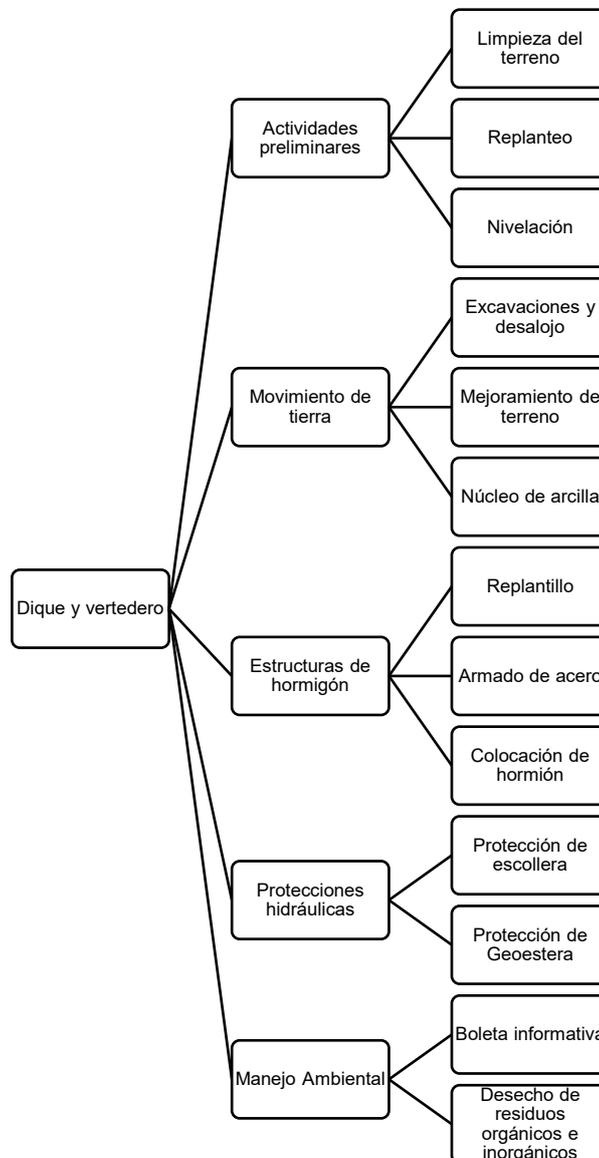


Figura 5.1 Estructura de descomposición del trabajo

5.2 Rubros y análisis de precio unitarios

Para el proyecto se consideró 4 apartados principales en los rubros: actividades preliminares en donde esta detallado la limpieza del terreno, nivelación y replanteo. Movimiento de tierra en donde se considera, excavación a maquinaria, desalojo del material, relleno y compactación del material de mejoramiento y cuerpo del dique. Estructura de hormigón, en donde se contempla replantillo y armado de los dos vertederos. Protecciones en donde se encuentra la protección del talud, fondo del río con geoestera y la protección de escollera. Por último, manejo ambiental en donde se detalla boletas informativas, desechos orgánicos y equipo de protección. Se evaluó los precios unitarios correspondiente a cada rubro, se estableció costos de maquinaria, herramientas, mano de obra, materiales y transporte. Los rubros fueron extraídos del listado del Ministerio de transporte y obras públicas (MTOB, 2012). Los precios unitarios se encuentran detallados en la sección anexos.

Tabla 5.1 Precios unitarios de los rubros

ITEM	RUBRO	UNIDAD	P.UNITARIO
1	Preliminares		
1.1	Limpieza y desbroce	m ²	0.05
1.2	Replanteo y nivelación	m ²	1.44
2	Movimiento de tierra		
2.1	Excavación a maquinaria	m ³	1.43
2.2	Desalojo de material	m ³	8.74
2.3	Relleno compactado de material de mejoramiento	m ³	41.71
2.4	Relleno compactado del núcleo impermeable de arcilla	m ³	51.01
2.5	Relleno compactado de material granular del cuerpo de talud del dique	m ³	61.30
3	Estructuras de hormigón		
3.1	Replantillo esp=10cm	m ²	9.13
3.2	Hormigón armado para vertedero principal (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	188.53

3.3	Hormigón armado para la risberma principal (incluye encofrado) $f'c=380 \text{ kg/cm}^2$ protección a los sulfatos	m^3	149.28
3.4	Hormigón armado para vertedero de emergencia (incluye encofrado) $f'c=380 \text{ kg/cm}^2$ protección a los sulfatos	m^3	152.09
3.5	Hormigón armado para la risberma de emergencia (incluye encofrado) $f'c=380 \text{ kg/cm}^2$ protección a los sulfatos	m^3	139.56
3.6	Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ de $\phi 16 \text{ mm}$ (con alambre galvanizado No 18)	Kg	2.10
3.7	Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ de $\phi 20 \text{ mm}$ (con alambre galvanizado No 18)	Kg	2.17
4	Protecciones		
4.1	Protecciones de enrocado	m^3	29.57
4.2	Protecciones de hidro malla	m^2	69.83
5	Manejo ambiental		
5.1	Boleta informativa	u	0.22
5.2	Baños portátiles	u	870.00
5.3	Equipos de protección	u	142.20

5.3 Descripción de cantidades de obra

Para la obtención de las cantidades de obra se utilizó el programa de AutoCAD para conseguir el área superficial de los rubros que tienen m^2 de construcción. Mientras que los rubros que tienen unidades de metros cúbicos se adquirieron multiplicando el área superficial obtenida en los planos de corte por la longitud de los elementos.

Tabla 5.2 Cantidades de los rubros

ITEM	RUBRO	UNIDAD	Cantidades
1	Preliminares		
1.1	Limpieza y desbroce	m^2	7479.84
1.2	Replanteo y nivelación	m^2	1232.37
2	Movimiento de tierra		
2.1	Excavación a maquinaria	m^3	2542.79
2.2	Desalojo de material	m^3	3051.34
2.3	Relleno compactado de material de mejoramiento	m^3	100.32

2.4	Relleno compactado del núcleo impermeable de arcilla	m ³	946.91
2.5	Relleno compactado de material granular del cuerpo de talud del dique	m ³	605.97
3	Estructuras de hormigón		
3.1	Replanteo esp=10cm	m ²	20.08
3.2	Hormigón armado para vertedero principal (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	174.10
3.3	Hormigón armado para la risberma principal (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	114.94
3.4	Hormigón armado para vertedero de emergencia (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	75.31
3.5	Hormigón armado para la risberma de emergencia (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	52.92
3.6	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² de ϕ 16 mm (con alambre galvanizado No 18)	Kg	15338.16
3.6	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² de ϕ 20 mm (con alambre galvanizado No 18)	Kg	767.23
4	Protecciones		
4.1	Protecciones de enrocado	m ³	204.81
4.2	Protecciones de hidro malla	m ³	5520.00
5	Manejo ambiental		
5.1	Boleta informativa	u	100.00
5.2	Baños portátiles	u	1.00
5.3	Equipos de protección	u	5.00

5.4 Valoración integral del costo del proyecto

El costo total del proyecto es 618063.25 dólares. Considerando que se tiene un área de construcción de 7321.14 metros cuadrados se obtiene un precio de 84.42 dólares por metro cuadrado de presa, tomando en cuenta los gastos de protección para el talud del dique, protección por erosión aguas abajo y la risberma.

Tabla 5.3 Precios de los rubros

ITEM	RUBRO	UNIDAD	Costo
1	Preliminares		
1.1	Limpieza y desbroce	m ²	\$ 381.70
1.2	Replanteo y nivelación	m ²	\$ 1 769.52
2	Movimiento de tierra		
2.1	Excavación a maquinaria	m ³	\$ 3 634.20
2.2	Desalojo de material	m ³	\$ 26 680.54
2.3	Relleno compactado de material de mejoramiento	m ³	\$ 4 184.20
2.4	Relleno compactado del núcleo impermeable de arcilla	m ³	\$ 48 303.62
2.5	Relleno compactado de material granular del cuerpo de talud del dique	m ³	\$ 37 147.07
3	Estructuras de hormigón		
3.1	Replanteo esp=10cm	m ²	\$ 183.24
3.2	Hormigón armado para vertedero principal (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	\$ 32 823.60
3.3	Hormigón armado para la risberma principal (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	\$ 17 157.96
3.4	Hormigón armado para vertedero de emergencia (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	\$ 11 454.26
3.5	Hormigón armado para la risberma de emergencia (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos	m ³	\$ 7 385.65
3.6	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² de ϕ 16 mm (con alambre galvanizado No 18)	Kg	\$ 32 180.04
3.6	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² de ϕ 20 mm (con alambre galvanizado No 18)	Kg	\$ 1 667.68
4	Protecciones		
4.1	Protecciones de enrocado	m ³	\$ 6 056.45
4.2	Protecciones de hidro malla	m ²	\$ 385 450.49
5	Manejo ambiental		
5.1	Boleta informativa	u	\$ 22.03
5.2	Baños portátiles	u	\$ 870.00
5.3	Equipos de protección	u	\$ 711.00
TOTAL			\$ 618 063.25

5.5 Cronograma del proyecto

Se considera para el cronograma trabajar de lunes a viernes de 8 de la mañana a 5 de la tarde, respetando los feriados y fin de semana. Para llevar a cabo el proyecto se distribuyó de la siguiente forma: obra preliminar, movimientos de tierra, estructura de hormigón y protecciones contra la erosión. El cronograma tiene fecha de inicio el 25 de marzo del 2024 y tiene como objetivo finalizar el 20 de junio del 2024 presentando un periodo de duración de 150 días. Se identificó la ruta crítica del proyecto en el cual las tareas no deben presentar retraso ya que ocasionaría un incremento en la finalización del proyecto.



Figura 5.2 Cronograma de trabajo del proyecto

Capítulo 6

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

1. Con la ayuda del programa Hec-HMS, se obtuvo un caudal de diseño $66 \text{ m}^3/\text{seg}$ para un periodo de retorno de 100 años, mediante el análisis de precipitaciones en distintas estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio. Por medio de la topografía tomada con dron y utilizando el criterio ingenieril, se estableció el lugar apropiado para colocar la represa con coordenadas (533523.63 E; 9776720.26 S), utilizando el sistema de coordenadas UTM WGS 84. Esta alternativa no causa daños colaterales a las empresas camaroneras que se encuentran ubicadas en el área de estudio, y dado que se encuentra cerca de la carretera permite accesibilidad para el mantenimiento y operación. La represa almacena aproximadamente 74418.65 m^3 de agua superficial, tiene un largo de 60 metros y un ancho de 14 metros con una corona de 3 metros, el dique posee una cota de 4.70 msnm. Por último, se tiene una relación de costo-almacenamiento de $8.30 \text{ \$/m}^3$, Este precio es accesible en comparación a distintos proyectos diseñados en la zona de Santa Elena.
2. La represa presenta dos vertederos, el vertedero principal ubicado en el eje central del río con una cota de cresta de 3.05 msnm y un vertedero de emergencia que se encuentra ubicado perpendicular al río y desemboca a una llanura de inundación cercana tiene una cota de cresta de 3.65 msnm. Las cotas de los vertederos permiten que no existan inundaciones a las empresas ubicadas a lo largo del cauce y se mantenga un borde libre de 0.6 metros evitando el sobrevertido de los diques. La modelación en Hec-RAS permitió determinar velocidades y tirantes del cauce para obtener las fuerzas que estará sometida la represa y poder diseñar las protecciones del cuerpo del dique y erosión de los taludes

del cauce aguas abajo. Para este diseño no se consideró un análisis sísmico, pero se empleó en base a la normativa ecuatoriana de construcción factores de seguridad mínimo de 3 y 1.6 respectivamente para evitar volcamiento y deslizamiento.

3. El análisis ambiental evidenció que el mayor impacto positivo del proyecto es el aumento de la economía del sector, debido a las empresas camaroneras que se encuentran aledañas al cauce y necesitan el recurso hídrico para sus actividades. la recarga de los acuíferos mediante el sistema de siembra y cosecha de agua para recargar el nivel freático y poder abrir nuevos pozos para la captación de agua. No obstante, también se reveló los impactos negativos como: el movimiento de tierra provocando daños en la corteza terrestre y contaminación auditiva, la erosión producida en los taludes aguas abajo y la gestión de los desechos orgánicos e inorgánicos. Para mitigar estos efectos se propuso repartir hojas volantes con los horarios de trabajo de la maquinaria, disminuir los tiempos de trabajo de la maquinaria pesada, llevar todo residuo inorgánico a un relleno sanitario, colocar letrinas para el uso del personal e implementar protecciones contra la erosión a los taludes y fondo del río aguas abajo.

6.2 Recomendaciones

1. Se recomienda elaborar un estudio topográfico que complemente la topografía levantada por medio del dron, debido a que la vegetación impidió realizar un levantamiento idóneo. Para un levantamiento adecuado se debe realizar una limpieza del terreno y se sugiere utilizar como método complementario una estación total o un RTK con un hito georreferenciado. Mientras tanto para el levantamiento batimétrico se sugiere que la toma de datos se realice cada 10 metros y se tome de 4 a 5 puntos en todo el ancho de la sección del río. Hay que tener en cuenta que durante épocas de estiaje el nivel del agua es nula en ciertas secciones, por lo cual se puede tomar el dron topográfico como método complementario.

2. Debido a que la represa no presenta compuertas para eliminar la acumulación de sedimentos que se originará en el fondo, se propone que la comunidad ejecute limpiezas periódicamente. Se debe inspeccionar los primeros años de funcionamiento de la represa, observar con qué frecuencia se asientan los sedimentos en el fondo, para poder establecer tiempos apropiados de mantenimientos. Para evitar que el dique pierda capacidad de embalse o exista un sobrevertido, se debe mantener las cotas especificadas en la memoria técnica y planos de los vertederos y el dique. En caso de que no se realice el mantenimiento apropiado, el método de siembra y cosecha de agua estará comprometido, ya que la acumulación de material fino en el fondo del cauce impedirá que el agua pueda filtrar para los acuíferos.
3. Para la construcción de la represa se puede buscar financiamiento nacional por medio del GAD municipal, el ministerio del ambiente agua y transición ecológica o BDE. Adicional se puede explorar financiamiento extranjero por medio del CAF, AFD y FONAM. Se debe considerar el mantenimiento y la operación de la represa por lo cual es necesario tener un presupuesto anual para estas labores. Finalmente se debe analizar la posibilidad de potenciar el dique como atractivo turístico para impulsar la economía del sector Palmar-Colonche.

Bibliografía

- Abou, C. (2004). *Ultimate bearing capacity of shallow foundations on layered soils*.
- Albarracín, M., Ramón, G., González, J., Iñiguez-Armijos, C., Zakaluk, T., & Martos-Rosillo, S. (2021). The Ecohydrological Approach in Water Sowing and Harvesting Systems: The Case of the Paltas Catacocha Ecohydrology Demonstration Site, Ecuador. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 21(3), 454–466. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2021.07.007>
- Alvarado, C. (2013). *Protección de la erosión en curvas abruptas usando enrocado rip-rap*.
- Alvarado, M., León-Chang, M., Yagual, V., & Espol. (2017). *Propuesta para el desarrollo del turismo de salud en el sector de colonche*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/39701>
- Alvarado, Q. K., & Martínez, B. M. (2021). Análisis socio económico de los agricultores de la parroquia Colonche que accedieron a financiamiento estatal. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 21(31). <https://doi.org/10.47189/rcct.v21i31.459>
- Álvarez, S. G., Bazurco, M., Burmester, M., González Andricain, C., & Pía Escobar, Y. (2004). *Comunas y comunidades con sistemas de albarradas: descripciones etnográficas*. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=Q3XkAJ3cZ90C&oi=fnd&pg=PA68&dq=albarradas&ots=1_stE6Tmr9&sig=MnkcXkou73mfi-N4vndFXu3F4-Q
- Amara, D. M. K., Benya, I., Kanu, S. A., Saidu, D. H., Musa, R. M., Vonu, O. S., Brima, F., Mboma, J. C. A., Jusu, M., Turay, F., & Kamara, A. (2022). Effect of Land Uses on Soil Erodibility in the Njala Area of Southern Sierra Leone. *Open Journal of Soil Science*, 12(10), 475–489. <https://doi.org/10.4236/OJSS.2022.1210019>

- Arcement, G., & Schneider, V. (1989). *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*. <https://doi.org/10.3133/wsp2339>
- Azevedo, N., & Alvarez, G. (1976). *Manual de hidráulica*.
- Barberá, J. A., Jódar, J., Custodio, E., González-Ramón, A., Jiménez-Gavilán, P., Vadillo, I., Pedrera, A., & Martos-Rosillo, S. (2018). Groundwater dynamics in a hydrologically-modified alpine watershed from an ancient managed recharge system (Sierra Nevada National Park, Southern Spain): Insights from hydrogeochemical and isotopic information. *Science of The Total Environment*, 640–641, 874–893. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.305>
- Braga Pereira, E. C., Lopes, F. B., Firmino Gomes, F. E., de Almeida, A. M. M., de Magalhães, A. C. M., & de Andrade, E. M. (2017). Determining the Soil Erodibility for an Experimental Basin in the Semi-Arid Region Using Geoprocessing. *American Journal of Plant Sciences*, 08(12), 3174–3188. <https://doi.org/10.4236/AJPS.2017.812214>
- Brune, G. (1953). Trap efficiency of reservoirs. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 34(3), 407–418. <https://doi.org/10.1029/TR034i003p00407>
- Campos, D. (2013). Modelado empírico simple del rompimiento de presas pequeñas de tierra (hidrograma de salidas). *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(3), 377–388. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72251-0](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72251-0)
- Carrascal Leal, C. C., Denegri, G. A., & Delgado, M. I. (2013). Costos mínimos de compensación y cuantificación de la oferta hídrica en la cuenca alta del río Sauce Grande, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, 0(80). <https://doi.org/10.14350/rig.36641>
- Carrión-Mero, P., Tiviano, I., Hervas, E., Jaya-Montalvo, M., Malavé-Hernández, J., Solórzano, J., Berrezueta, E., & Morante-Carballo, F. (2023). Water Sowing and

- harvesting application for water management on the slopes of a volcano. *Heliyon*, 9(5), e16029. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16029>
- CELEC EP. (2013). *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo de la Línea de Transmisión Chongón – Santa Elena a 230 kV y Subestación Lago de Chongón a 138/230 kV*. 63–66.
- Chow, V. Te. (1958). *Open-Channel Hydraulics* (Student Edition, Vol. 1).
- Chow, V. Te. (1988). *Applied Hydrology*.
- Chu, S., Cheng, L., Ruan, X., Zhuang, Q., Zhou, X., Li, M., & Shi, Y. (2019). Technical Framework for Shallow-Water Bathymetry With High Reliability and No Missing Data Based on Time-Series Sentinel-2 Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(11), 8745–8763. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2922724>
- CISPDR. (2016). *Plan nacional de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos de las cuencas y microcuencas hidrográficas de Ecuador*.
- Clow, D. W., Schrott, L., Webb, R., Campbell, D. H., Torizzo, A., & Dornblaser, M. (2003). Ground Water Occurrence and Contributions to Streamflow in an Alpine Catchment, Colorado Front Range. *Ground Water*, 41(7), 937–950. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2003.tb02436.x>
- Dingman, L. (1993). *Physical Hydrology*. Prentice Hall.
- Escobar, C., & Duque, G. (2017). *Geotecnia para el trópico andino*. 135.
- Farias, D. H., Teresita Pilán, M., Olmos, L. A., & Pece, F. J. (2008). Erosión general en ríos aluviales. *Ingeniería Del Agua*, 15(2), 107. <https://doi.org/10.4995/ia.2008.2930>
- Flores Castillo, J., & Proaño Saraguro, J. L. D. (2019). *Diseño de un sistema de apotreramiento para el manejo intensivo de rumiantes menores en la comuna Bajadita de Colonche, Provincia de Santa Elena*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53823>

- GAD Colonche. (2019). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de colonche 2019 - 2023*.
- Garg, V., & Jothiprakash, V. (2013). Evaluation of reservoir sedimentation using data driven techniques. *Applied Soft Computing*, 13(8), 3567–3581. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2013.04.019>
- Guzmán Garaicoa, I. M., Navia Giler, R. N., & Muñoz Villa, G. J. D. (2021). *Estudio y diseño de la presa multipropósito en el arenal del volcán Chimborazo cantón Guaranda*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52199>
- Hadi, Z. N., & Almansori, N. J. H. (2023). Estimation of Manning coefficient for the section between Al-Hindiya barrage and Al-Kufa barrage utilizing HEC-RAS. *Materials Today: Proceedings*, 80, 2595–2601. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.417>
- Herrera-Franco, G. (2020). Aplicación del conocimiento ancestral mediante albarradas y tapes en la gestión del agua en la provincia de Santa Elena, Ecuador. *BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO*, 131(1), 75–88. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.131.1.005>
- Ikirri, M., Faik, F., Boutaleb, S., Echogdali, F. Z., Abioui, M., & Al-Ansari, N. (2021). Application of HEC-RAS/WMS and FHI models for extreme hydrological events under climate change in the Ifni River arid watershed from Morocco. *Climate and Land Use Impacts on Natural and Artificial Systems: Mitigation and Adaptation*, 251–270. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822184-6.00008-9>
- INAMHI. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. 12–15.
- INAMHI. (2017). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitaciones*.
- INEC, Cabezas, G., Cespedes, F., & Gonzalez, V. (2011). *Reporte de censo del 2010*.

- Knudby, A., Ahmad, S. K., & Ilori, C. (2016). The Potential for Landsat-Based Bathymetry in Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 42(4), 367–378. <https://doi.org/10.1080/07038992.2016.1177452>
- Krochin, S. (1968). *Diseño hidráulico* (First).
- Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes archives of psychology*.
- Linsley, R., & Franzini, J. (1980). *Ingeniería de los recursos hidráulicos* (eleventh).
- Marcos, J. (2004). *Las Albarradas en la costa del Ecuador* (First).
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: Un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38–47. <https://doi.org/10.24320/REDIE.2018.20.1.1347>
- Mattos, T. S., Oliveira, P. T. S., Bruno, L. de S., Carvalho, G. A., Pereira, R. B., Crivellaro, L. L., Lucas, M. C., & Roy, T. (2022). Towards reducing flood risk disasters in a tropical urban basin by the development of flood alert web application. *Environmental Modelling & Software*, 151, 105367. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105367>
- McCuen, R. H. . (1941). *Hydrologic analysis and design* (Pearson Education, Ed.; Third, Vol. 1).
- Merritt, F., Loftin, K., & Ricketts, J. (1999). *Manual del ingeniero civil* (Fourth, Vol. 2). McGraw-Hill.
- Meyerhof, & Hanna. (1978). *Ultimate bearing capacity of footings resting on stratified deposits of soil*.
- Mohammad, A. G. (1979). *Sedimentation and useful life of reservoirs*. 89–95.
- Mora, V. D. (2021). *Evaluación del Balance sedimentario de las Cuencas Hidrográficas de Zapotal y Jipijapa hacia la zona litoral*. 25–34.
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivo 6—Hacer frente al reto: posibilitar el acceso al agua limpia y potable en todo el mundo* | Naciones Unidas.

<https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-6-hacer-frente-al-reto-posibilitar-el-acceso-al-agua-limpia-y-potable-en-todo-el-mundo>

NEC. (2014). *Norma Ecuatoriana de la construcción geotecnia y cimentaciones*.

NHI. (2009). *Bridge scour and stream instability countermeasures: experience selection, and design guidance*. 2.

Oyonarte, N. A., Gómez-Macpherson, H., Martos-Rosillo, S., González-Ramón, A., & Mateos, L. (2022). Revisiting irrigation efficiency before restoring ancient irrigation canals in multi-functional, nature-based water systems. *Agriculture Systems*, 203, 103513. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103513>

Peñuela Arévalo, L. A., & Carrillo Rivera, J. J. (2013). DEFINICIÓN DE ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA A PARTIR DE INDICADORES SUPERFICIALES: CENTRO-SUR DE LA MESA CENTRAL, MÉXICO. *Investigaciones Geográficas*, 81. <https://doi.org/10.14350/rig.30518>

Quintero, T., Libre, E. N.-U., & 2009, undefined. (n.d.). del modelo de simulación hidráulica Hec-Ras para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en la cuenca media del río Bogotá *Academia.Edu*. Retrieved January 19, 2023, from <https://www.academia.edu/download/58380532/aplicacion-del-modelo-de-simulacion-hidraulica-hec-ras.pdf>

Robert, M. (2005). *Designing with geosynthetics*.

Sánchez, J. F. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*.

Schreider, M., Scacchi, G., Franco, F., Fuentes, R., & Moreno, C. (2001). Aplicación del método de Lischtvan y Lebediev al cálculo de la erosión general. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 16(1), 15–26. <https://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/894>

Shaw, E. (1994). *Hydrology in practice* (Third).

- Shuaifeng, W., Hong, C., Jianzhang, X., Jifang, D., Jun, Y., Chuanpeng, L., & BinBin, Z. (2021). Experimental study on discharge impact characteristics induced by piping failure of tailings dam. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(19), 2054. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08156-2>
- Solano, A. M. (2021). *Valoración de impactos ambientales mediante una matriz de Leopold del ESIA relleno sanitario del cantón Tena, Napo*. Universidad Técnica de Machala.
- Tito, B. (2020, August 2). *Matriz de Leopold modificada impacto ambiental*.
- USACE. (2023a). *HEC-HMS Technical Reference Manual* (4.11).
- USACE. (2023b). *HEC-RAS Technical Reference Manual*.
- USBR. (1987). *Design of small dams* (Third).
- USDA. (2004). *Part 630 Hydrology National Engineering Handbook*.
- Velasco Andrade, P. R., & Tamayo Ortiz, C. (2020). Agua en territorios comunales: gestión del riego en el valle del río Javita, provincia de Santa Elena. *Siembra*, 7(1), 027–042. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1865>
- Verd, C. J. (2000). *Recursos para las CTMA: la matriz de Leopold, un instrumento para analizar noticias de prensa de temática ambiental* (Vol. 8).
- Wischmeier, W. H., Johnson, C. B., & Cross, B. V. (1971). *A Soil Erodibility Nomograph for Farmland and Construction Sites*. *Journal of Soil and Water Conservation*. 189–193.
- Wisler, C., & Brater, E. (1949). *Hydrology* (Second).
- Yang, H., Qiao, B., Huang, S., Fu, Y., & Guo, H. (2023). Fitting profile water depth to improve the accuracy of lake depth inversion without bathymetric data based on ICESat-2 and Sentinel-2 data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 119, 103310. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103310>

Planos y Anexos

Tabla 6.1 Rugosidades estimadas en el tramo 1

	Tramo 1 distancia 327 m	n	
n ₀	El material que predominaba era arcilla	0.028	
n ₁	Los lados del canal están moderadamente erosionados. Se pueden apreciar talud lateral	0.006	
n ₂	La sección transversal se altera gradualmente al flujo principal	0	
n ₃	Existen pequeños montículos de sedimentos ocupando un área menor del 15%	0	
n ₄	Se puede observar una densa vegetación que está creciendo alrededor y a lo largo del canal	0.05	
m	El valor obtenido de meandros es de 1,13 considerando la relación entre la longitud total del canal y el tramo recto del canal	1	
Total		0.084	

Tabla 6.2 Rugosidades estimadas en el tramo 2

	Tramo 2 distancia 605 m	n	
n ₀	El material que predominaba era arcilla	0.028	
n ₁	Los lados del canal están moderadamente erosionados. Se pueden apreciar talud lateral	0.006	
n ₂	La sección transversal se altera gradualmente al flujo principal	0	
n ₃	Existen pequeños montículos de sedimentos ocupando un área menor del 15%	0	
n ₄	Se puede observar una densa vegetación que está creciendo alrededor y a lo largo del canal.	0.05	
m	El valor obtenido de meandros es de 1,13 considerando la relación entre la longitud total del canal y el tramo recto del canal	1	
Total		0.084	

Tabla 6.3 Rugosidades estimadas en el tramo 3

	Tramo 3 distancia 750 m	n	
n ₀	El material que predominaba era arcilla	0.028	
n ₁	Los lados del canal están moderadamente erosionados. Se pueden apreciar talud lateral	0.006	
n ₂	La sección transversal se altera gradualmente al flujo principal	0	
n ₃	Existen pequeños montículos de sedimentos ocupando un área menor del 15%	0	
n ₄	Se puede observar una vegetación media que está creciendo alrededor y a lo largo del canal.	0.01	
m	El valor obtenido de meandros es de 1,13 considerando la relación entre la longitud total del canal y el tramo recto del canal.	1	
Total		0.044	

Tabla 6.4 Rugosidades estimadas en el tramo 4

	Tramo 4 distancia 1,422 m	n	
n ₀	El material que predominaba era arcilla	0.028	
n ₁	Los lados del canal están moderadamente erosionados. Se pueden apreciar talud lateral	0.006	
n ₂	La sección transversal se altera gradualmente al flujo principal	0	
n ₃	Existen pequeños montículos de sedimentos ocupando un área menor del 15%	0	
n ₄	Se puede observar una vegetación media que está creciendo alrededor y a lo largo del canal.	0.01	
m	El valor obtenido de meandros es de 1,13 considerando la relación entre la longitud total del canal y el tramo recto del canal.	1	
Total		0.044	

Tabla 6.5 Rugosidades estimadas en el tramo 5

	Tramo 5 distancia 906 m	n	
n ₀	El material que predominaba era arcilla	0.028	
n ₁	Los lados del canal están gravemente erosionados y desprendidos superficie sin forma	0.011	
n ₂	La sección transversal se altera ocasionalmente al flujo principal	0	
n ₃	Existen pequeños montículos de sedimentos ocupando un área del 15% al 50% de la sección del río	0	
n ₄	Se puede observar una presencia de vegetación media que está creciendo alrededor y a lo largo del canal.	0.01	
m	El valor obtenido de meandros es de 1,24 considerando la relación entre la longitud total del canal y el tramo recto del canal.	1	
Total		0.049	

Tabla 6.6 Rugosidades estimadas en el tramo 6

	Sección 6 distancia 1.191 m	n	
n ₀	El material que predominaba era arcilla	0.028	
n ₁	Los lados del canal están gravemente erosionados y desprendidos superficie sin forma	0.011	
n ₂	La sección transversal se altera ocasionalmente al flujo principal	0	
n ₃	Existen pequeños montículos de sedimentos ocupando un área del 15% al 50% de la sección del río	0	
n ₄	Se puede observar una mayor presencia de vegetación que está creciendo alrededor y a lo largo del canal.	0.025	
m	El valor obtenido de meandros es de 1,12 considerando la relación entre la longitud total del canal y el tramo recto del canal.	1	
Total		0.064	

Tabla 6.7 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 1

	Límite Líquido			Límite Plástico	
	1	2	3	1	2
Id del recipiente	40	39	69	35	77
Masa del recipiente A (g)	6.09	6.34	6.3	5.95	6.14
Número de golpes	31	25	11		

Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	15.74	16.21	17		17.13	16.26
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	12.96	13.26	13.66		14.79	14.22
Masa de agua evaporada D=B-C (g)	2.78	2.95	3.34		2.34	2.04
Masa de suelo seco E=C-A (g)	6.87	6.92	7.36		8.84	8.08
Humedad D/E*100 (%)	40.47	42.63	45.38		26.47	25.25
LL (%)	42			LP (%)	26	

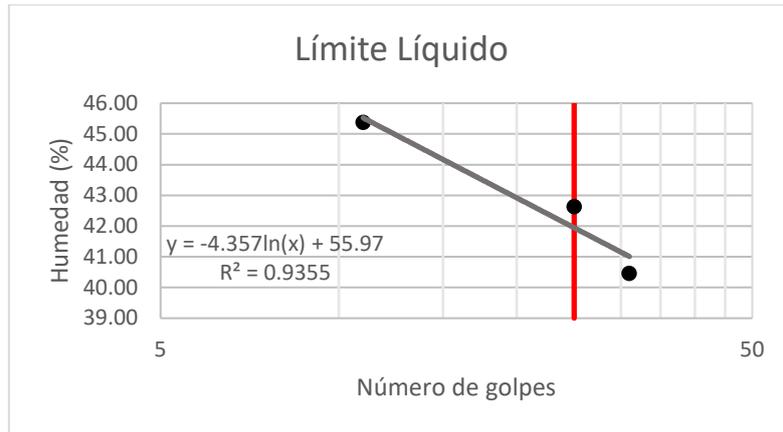


Figura 6.1 Línea de flujo para límite líquido en muestra 1

Tabla 6.8 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 2

	Límite Líquido			Límite Plástico	
	1	2	3	1	2
Id del recipiente	10	119	26	51	55
Masa del recipiente A (g)	6.39	6.12	6.18	5.93	5.69
Número de golpes	13	26	36		
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	16.37	16.74	18.89	11.7	12
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	13.19	13.73	15.35	10.57	10.81
Masa de agua evaporada D=B-C (g)	3.18	3.01	3.54	1.13	1.19
Masa de suelo seco E=C-A (g)	6.8	7.61	9.17	4.64	5.12
Humedad D/E*100 (%)	46.76	39.55	38.60	24.35	23.24
LL (%)	41			LP (%)	24

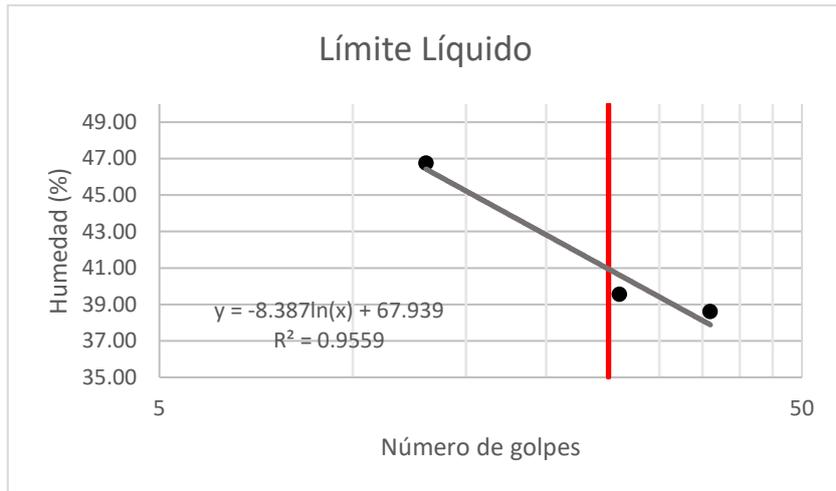


Figura 6.2 Línea de flujo para límite líquido en muestra 2

Tabla 6.9 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 3

Límite Líquido			Límite Plástico		
	1	2	3	1	2
Id del recipiente	12	40	3	29	61
Masa del recipiente A (g)	6.03	6.09	6.36	5.99	6.09
Número de golpes	33	26	14		
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	16.77	16.45	16.74	12.49	12.42
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	12.93	12.71	12.85	10.86	10.89
Masa de agua evaporada D=B-C (g)	3.84	3.74	3.89	1.63	1.53
Masa de suelo seco E=C-A (g)	6.9	6.62	6.49	4.87	4.8
Humedad D/E*100 (%)	55.65	56.50	59.94	33.47	31.88
LL (%)	57			LP (%)	33

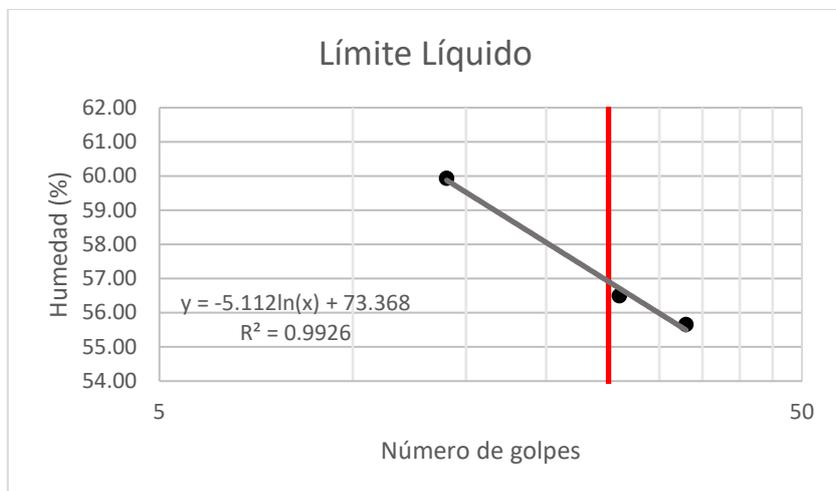


Figura 6.3 Línea de flujo para límite líquido en muestra 3

Tabla 6.10 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 4

Límite Líquido					Límite Plástico		
	1	2	3	4		1	2
Id del recipiente	58	22	19	91		26	98
Masa del recipiente A (g)	6.15	6.26	6.17	6.22		6.17	6.12
Número de golpes	29	16	24	11			
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	16.88	17.54	17.48	16.43		19.12	17.31
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	13.6	13.99	13.88	13		16.59	15.17
Masa de agua evaporada D=B-C (g)	3.28	3.55	3.6	3.43		2.53	2.14
Masa de suelo seco E=C-A (g)	7.45	7.73	7.71	6.78		10.42	9.05
Humedad D/E*100 (%)	44.03	45.92	46.69	50.59		24.28	23.65
LL (%)	46				LP (%)	24	

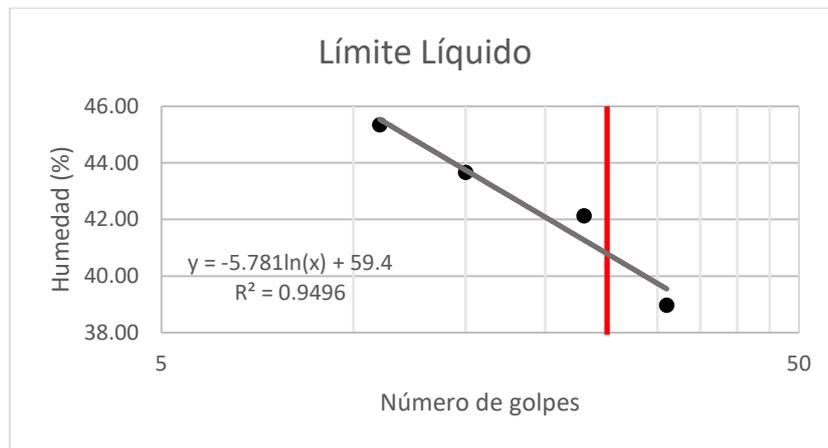


Figura 6.4 Línea de flujo para límite líquido en muestra 4

Tabla 6.11 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 5

Límite Líquido				Límite Plástico		
	1	2	3		1	2
Id del recipiente	58	19	91		26	98
Masa del recipiente A (g)	6.15	6.17	6.22		6.17	6.12
Número de golpes	29	24	11			
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	16.88	17.48	16.43		19.12	17.31
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	13.6	13.88	13		16.59	15.17
Masa de agua evaporada D=B-C (g)	3.28	3.6	3.43		2.53	2.14
Masa de suelo seco E=C-A (g)	7.45	7.71	6.78		10.42	9.05
Humedad D/E*100 (%)	44.03	46.69	50.59		24.28	23.65
LL (%)	46			LP (%)	24	

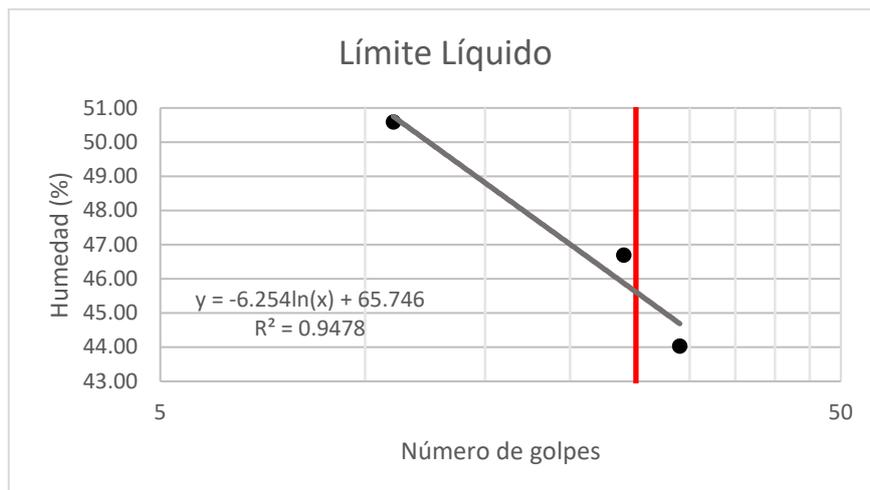


Figura 6.5 Línea de flujo para límite líquido en muestra 5

Tabla 6.12 Resultados del ensayo de Límites de Atterberg en la muestra 6

Límite Líquido			Límite Plástico		
	1	2	3	1	2
Id del recipiente	10	47	47	61	17
Masa del recipiente A (g)	6.34	6.27	6.07	6.09	6.26
Número de golpes	34	11	16		
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	18.46	17.82	18.11	17.1	17.6
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	15.16	14.41	14.61	15.03	15.45
Masa de agua evaporada D=B-C (g)	3.3	3.41	3.5	2.07	2.15
Masa de suelo seco E=C-A (g)	8.82	8.14	8.54	8.94	9.19
Humedad D/E*100 (%)	37.41	41.89	40.98	23.15	23.39
LL (%)	39			LP (%)	23

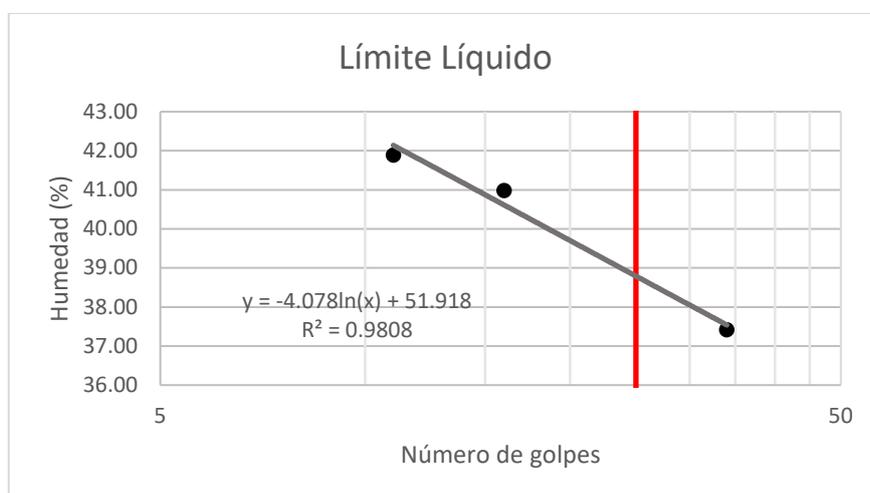


Figura 6.6 Línea de flujo para límite líquido en muestra 6

Tabla 6.13 Resultados del ensayo de gravedad específica en todas las muestras

Muestra 1			Muestra 2		Muestra 3	
masa del matraz	191.47	186.41	183.73	186	191.39	185.96
masa seca del suelo (Ms)	50.04	50.05	50.08	50.08	50.04	50.05
Masa del matraz más agua (M_{pw})	689.17	683.83	681.38	683.48	689.17	683.45
Masa del matraz más agua más muestra (M_{pws})	718.77	713.58	712.8	714.84	719.75	714.2
Gravedad específica	2.45	2.47	2.68	2.68	2.57	2.59
Muestra 4			Muestra 5		Muestra 6	
masa del matraz	191.47	186.41	183.73	186	191.39	185.96
masa seca del suelo (Ms)	50.04	50.05	50.08	50.08	50.04	50.05
Masa del matraz más agua (M_{pw})	689.17	683.83	681.38	683.48	689.17	683.45
Masa del matraz más agua más muestra (M_{pws})	718.77	713.58	712.8	714.84	719.75	714.2
Gravedad específica	2.45	2.47	2.68	2.68	2.57	2.59

Tabla 6.14 Tiempo de concentración en cada subcuenca

Subcuenca	Iabst' = Ideficit [mm]	CN originales	CN	Max Storage: S [mm]	Longest Flowpath length [m]	Longest Flowpath length [Km]	Longest Flowpath slope (m/m)	Longest Flowpath slope slope (%)	Tc [min]	Basin lag [min]	Basin lag [h]
S1	21.82	72.49	69.96	109.08	13284.54	13.28454	0.02088	2.088	601.92	361.15	6.02
S2	19.42	74.97	72.35	97.09	13688.74	13.68874	0.01552	1.552	669.83	401.90	6.70
S3	22.34	71.97	69.45	111.71	11375.95	11.37595	0.02452	2.452	497.32	298.39	4.97
S4	18.23	76.27	73.60	91.13	6930.38	6.93038	0.01868	1.868	342.04	205.23	3.42
S5	18.88	75.54	72.90	94.42	15638.48	15.63848	0.01295	1.295	803.27	481.96	8.03
S6	16.72	77.97	75.24	83.59	4193.74	4.19374	0.0084	0.84	325.66	195.40	3.26
S7	17.81	76.73	74.04	89.06	7605.15	7.60515	0.01387	1.387	422.24	253.35	4.22
									Basin lag, mín [min]		195.40
									Δt control max [min]		56.67
									Δt control [min]		56

Tabla 6.15 Datos para el tiempo de travesía K para el método de Muskingum clásico

Nombre	Longitud R [Km]	S [m/m]	K [h]	X	# of subreaches
R1	7.316	0.00143	2.84	0.12	4
R2	4.036	0.00246	1.63	0.12	2
R3	12.186	0.00363	3.50	0.12	4

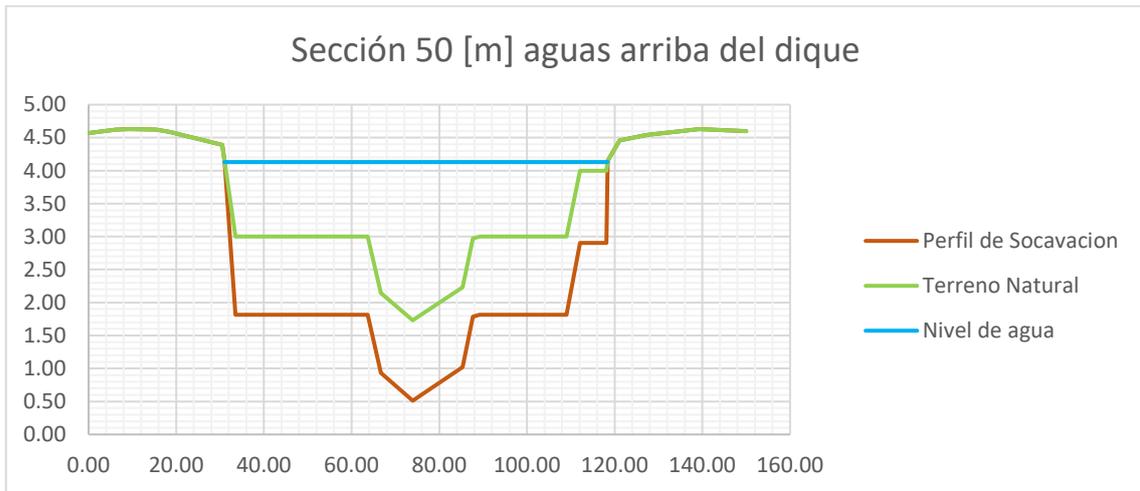


Figura 6.7 Sección 50 metros aguas arriba del dique colocado



Figura 6.8 Sección 100 metros aguas arriba del dique colocado

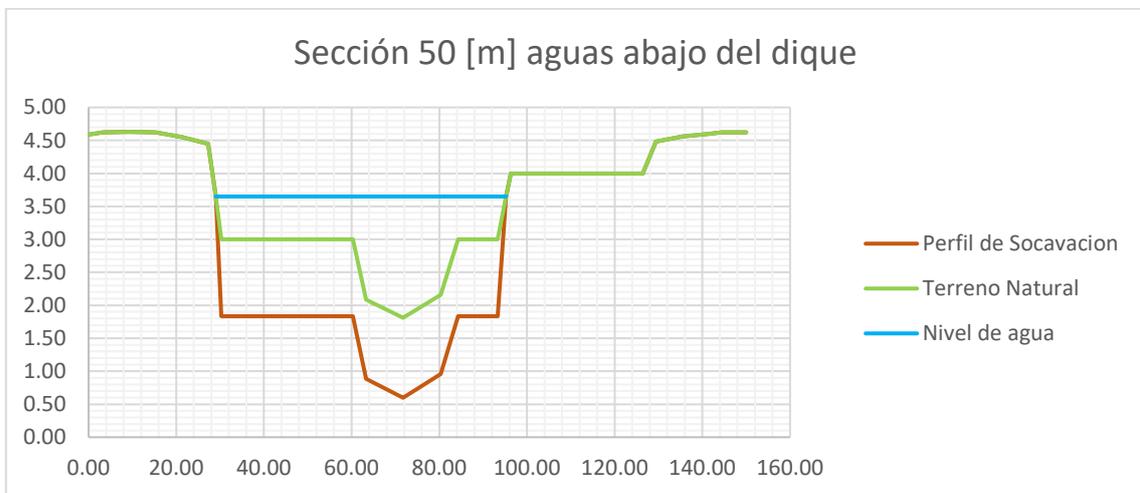


Figura 6.9 Sección 50 metros aguas abajo del dique colocado

Tabla 6.16 APU rubro 1.1

Rubro		1.1			
Detalle		Limpieza y desbroce			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Herramientas menores (5% MO)					0.00
Subtotal M					0.00
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	4.05	4.05	0.01	0.04
Subtotal N					0.04
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal O					0.00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P					0
Total costo directo (M+N+O+P)					0.04
Costo indirecto (20%)					0.01
Valor Total					0.05

Tabla 6.17 APU rubro 1.2

Rubro		1.2			
Detalle		Replanteo y nivelación			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Equipo topográfico	1	1.87	1.81	0.2	0.37
Herramientas menores (5% MO)					0.04
Subtotal M					0.41
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Topógrafo	1	3.83	3.83	0.1	0.38
Cadenero	1	0.24	4.1	0.08	0.33
Subtotal N					0.71
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Tiras 2.5X2.5X250	u	0.2	0.38	0.08	
Subtotal O				0.08	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					1.20
Costo indirecto (20%)					0.24
Valor Total					1.44

Tabla 6.18 APU rubro 2.1

Rubro		2.1			
Detalle		Excavación a maquinaria			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora 75HP	1	35	35	0.03	1.05
Herramientas menores (5% MO)					0.01
Subtotal M					1.06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.01	0.04
Operador de maquinaria	1	4.55	4.55	0.02	0.09
Subtotal N					0.13
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal O				0.00	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					1.19
Costo indirecto (20%)					0.24
Valor Total					1.43

Tabla 6.19 APU rubro 2.2

Rubro		2.2			
Detalle		Desalojo de material			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m ³	1	30	30	0.2	6.00
Retroexcavadora 75HP	1	35	35	0.03	1.05
Herramientas menores (5% MO)					0.01
Subtotal M					7.06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.01	0.04
Operador de maquinaria	2	4.55	4.55	0.02	0.18
Subtotal N					0.23
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal O				0.00	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					7.29
Costo indirecto (20%)					1.46
Valor Total					8.74

Tabla 6.20 APU rubro 2.3

Rubro		2.3			
Detalle		Relleno compactado con material de préstamo importado			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m ³	1	30	30	0.2	6.00
Rodillo compactador	1	30	30	0.6	18.00
Retroexcavadora 75HP	1	35	35	0.03	1.05
Herramientas menores (5% MO)					0.02
Subtotal M					25.07
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.01	0.04
Operador de maquinaria	3	4.55	4.55	0.02	0.27
Subtotal N					0.32
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Casajo grueso	m ³	1.25	7.5	9.38	
Subtotal O				9.38	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					34.76
Costo indirecto (20%)					6.95
Valor Total					41.71

Tabla 6.21 APU rubro 2.4

Rubro		2.4			
Detalle		Relleno compactado del núcleo impermeable de arcilla			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m ³	1	30	30	0.2	6.00
Rodillo compactador pata de cabra	1	35	35	0.6	21.00
Tanquero 8 m ³	1	2.5	2.5	0.01	0.03
Motoniveladora	1	60	60	0.2	12.00
Excavadora de oruga	1	55	55	0.03	1.65
Herramientas menores (5% MO)					0.01
Subtotal M					40.69
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.01	0.04
Chofer de tanquero	1	5.31	5.31	0.01	0.05
Operador de motoniveladora	1	4.06	4.06	0.01	0.04
Chofer de volqueta	1	5.31	5.31	0.01	0.05
Operador de rodillo compactador	1	4.06	4.06	0.01	0.04
Operador de excavadora de oruga	1	4.06	4.06	0.01	0.04
Subtotal N					0.27
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Arcilla impermeable	m ³	1.25	1.24	1.55	
Subtotal O				1.55	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					42.51
Costo indirecto (20%)					8.50
Valor Total					51.01

Tabla 6.22 APU rubro 2.5

Rubro		2.5			
Detalle		Relleno compactado de material granular del cuerpo de talud del dique			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m ³	1	30	30	0.2	6.00
Rodillo compactador liso	1	35	35	0.6	21.00
Tanquero 8 m ³	1	2.5	2.5	0.01	0.03
Motoniveladora	1	60	60	0.2	12.00
Excavadora de oruga	1	55	55	0.03	1.65
Herramientas menores (5% MO)					0.01
Subtotal M					40.69
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.01	0.04
Chofer de tanquero	1	5.31	5.31	0.01	0.05
Operador de motoniveladora	1	4.06	4.06	0.01	0.04
Chofer de volqueta	1	5.31	5.31	0.01	0.05
Operador de rodillo compactador	1	4.06	4.06	0.01	0.04
Operador de excavadora de oruga	1	4.06	4.06	0.01	0.04
Subtotal N					0.27
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Casajo Fino	m ³	1.25	8.1	10.13	
Subtotal O					10.13
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P					0
Total costo directo (M+N+O+P)					51.08
Costo indirecto (20%)					10.22
Valor Total					61.30

Tabla 6.23 APU rubro 3.1

Rubro		3.1			
Detalle		Replanto esp=10cm			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Concretera 1 saco	1	4.48	4.48	0.17	0.76
Herramientas menores (5% MO)					0.12
Subtotal M					0.88
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.08	0.35
Albañil	1	4.1	4.1	0.33	1.35
Peón	1	4.05	4.05	0.17	0.69
Subtotal N					2.39
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Cemento Holcim tipo GU 50kg	saco	0.3	7.68	2.30	
Arena	m ³	0.04	13.5	0.54	
Piedra	m ³	0.05	10.63	0.53	
Subtotal O				3.38	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Transporte de cemento	ton-km	0.84	0.17	0.14	
Transporte de piedra	m ³ -km	2.5	0.24	0.60	
Transporte de arena	m ³ -km	1.5	0.24	0.36	
Subtotal P				0.96	
Total costo directo (M+N+O+P)					7.60
Costo indirecto (20%)					1.52
Valor Total					9.13

Tabla 6.24 APU rubro 3.2

Rubro		3.2			
Detalle		Hormigón armado para vertedero principal (incluye encofrado) f'c=380 kg/cm ² protección a los sulfatos			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Vibrador	2	3.84	7.68	1.03	7.91
Camión mixer 8 m ³	1	40.36	40.36	0.04	1.61
Herramientas menores (5% MO)					0.31
Subtotal M					9.83
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	2	4.33	4.33	0.08	0.69
Albañil	2	4.1	4.1	0.33	2.71
Chofer de camión mixer	1	5.95	5.95	0.11	0.65
Peón	3	4.05	4.05	0.17	2.07
Subtotal N					6.12
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Cemento f'c=380 kg/cm ²	m ³	0.8	92.08	73.66	
Aditivo protector a los sulfatos	gl	0.8	18.4	14.72	
Arena gruesa	m ³	0.7	14.08	9.86	
Piedra	m ³	1.02	12.9	13.16	
Agua	m ³	0.28	1.24	0.35	
Estacas	u	2.67	0.15	0.40	
Clavos	kg	0.96	1.03	0.99	
Tablas	u	6.42	2.15	13.80	
tiras	u	11.81	1.1	12.99	
Aceite quemado	gl	0.62	0.44	0.27	
Subtotal O				140.20	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Camión mixer mezclador de hormigón	ton-km	0.04	40.36	1.61	
Transporte de piedra	m ³ -km	2.5	0.24	0.60	
Transporte de arena	m ³ -km	1.5	0.24	0.36	
Subtotal P				0.96	
Total costo directo (M+N+O+P)					157.11
Costo indirecto (20%)					31.42
Valor Total					188.53

Tabla 6.25 APU rubro 3.3

Rubro	3.3				
Detalle	Hormigón armado para la risberma principal (incluye encofrado) f _c =380 kg/cm ² protección a los sulfatos				
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Vibrador	2	3.84	7.68	1.03	7.91
Camión mixer 8 m ³	1	40.36	40.36	0.04	1.61
Herramientas menores (5% MO)					0.29
Subtotal M					9.81
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.08	0.35
Albañil	2	4.1	4.1	0.33	2.71
Chofer de camión mixer	1	5.95	5.95	0.11	0.65
Peón	3	4.05	4.05	0.17	2.07
Subtotal N					5.77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Cemento f _c =380 kg/cm ²	m ³	0.6	92.08	55.25	
Aditivo protector a los sulfatos	gl	0.6	18.4	11.04	
Arena gruesa	m ³	0.5	14.08	7.04	
Piedra	m ³	0.84	12.9	10.84	
Agua	m ³	0.15	1.24	0.19	
Estacas	u	2.13	0.15	0.32	
Clavos	kg	0.85	1.03	0.88	
Tablas	u	5.43	2.15	11.67	
tiras	u	9.45	1.1	10.40	
Aceite quemado	gl	0.54	0.44	0.24	
Subtotal O				107.85	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Camión mixer mezclador de hormigón	ton-km	0.04	40.36	1.61	
Transporte de piedra	m ³ -km	2.5	0.24	0.60	
Transporte de arena	m ³ -km	1.5	0.24	0.36	
Subtotal P				0.96	
Total costo directo (M+N+O+P)					124.40
Costo indirecto (20%)					24.88
Valor Total					149.28

Tabla 6.26 APU rubro 3.4

Rubro		3.4			
Detalle		Hormigón armado para vertedero de emergencia (incluye encofrado) f _c =380 kg/cm ² protección a los sulfatos			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Vibrador	1	3.84	7.68	1.03	3.96
Camión mixer 8 m ³	1	40.36	40.36	0.04	1.61
Herramientas menores (5% MO)					0.31
Subtotal M					5.88
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	2	4.33	4.33	0.08	0.69
Albañil	2	4.1	4.1	0.33	2.71
Chofer de camión mixer	1	5.95	5.95	0.11	0.65
Peón	3	4.05	4.05	0.17	2.07
Subtotal N					6.12
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Cemento f _c =380 kg/cm ²	m ³	0.6	92.08	55.25	
Aditivo protector a los sulfatos	gl	0.6	18.4	11.04	
Arena gruesa	m ³	0.64	14.08	9.01	
Piedra	m ³	0.95	12.9	12.26	
Agua	m ³	0.23	1.24	0.29	
Estacas	u	2.61	0.15	0.39	
Clavos	kg	0.89	1.03	0.92	
Tablas	u	6.13	2.15	13.18	
tiras	u	10.21	1.1	11.23	
Aceite quemado	gl	0.53	0.44	0.23	
Subtotal O				113.79	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Camión mixer mezclador de hormigón	ton-km	0.04	40.36	1.61	
Transporte de piedra	m ³ -km	2.5	0.24	0.60	
Transporte de arena	m ³ -km	1.5	0.24	0.36	
Subtotal P				0.96	
Total costo directo (M+N+O+P)					126.75
Costo indirecto (20%)					25.35
Valor Total					152.09

Tabla 6.27 APU rubro 3.5

Rubro		3.5			
Detalle		Hormigón armado para la risberma principal (incluye encofrado) f _c =380 kg/cm ² protección a los sulfatos			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Vibrador	2	3.84	7.68	1.03	7.91
Camión mixer 8 m ³	1	40.36	40.36	0.04	1.61
Herramientas menores (5% MO)					0.29
Subtotal M					9.81
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.08	0.35
Albañil	2	4.1	4.1	0.33	2.71
Chofer de camión mixer	1	5.95	5.95	0.11	0.65
Peón	3	4.05	4.05	0.17	2.07
Subtotal N					5.77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Cemento f _c =380 kg/cm ²	m ³	0.54	92.08	49.72	
Aditivo protector a los sulfatos	gl	0.54	18.4	9.94	
Arena gruesa	m ³	0.46	14.08	6.48	
Piedra	m ³	0.79	12.9	10.19	
Agua	m ³	0.14	1.24	0.17	
Estacas	u	2.08	0.15	0.31	
Clavos	kg	0.81	1.03	0.83	
Tablas	u	5.38	2.15	11.57	
tiras	u	9.38	1.1	10.32	
Aceite quemado	gl	0.51	0.44	0.22	
Subtotal O				99.76	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Camión mixer mezclador de hormigón	ton-km	0.04	40.36	1.61	
Transporte de piedra	m ³ -km	2.5	0.24	0.60	
Transporte de arena	m ³ -km	1.5	0.24	0.36	
Subtotal P				0.96	
Total costo directo (M+N+O+P)					116.30
Costo indirecto (20%)					23.26
Valor Total					139.56

Tabla 6.28 APU rubro 3.6

Rubro		3.6			
Detalle		Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² de ϕ 16 mm (con alambre galvanizado No 18)			
EQUIPO Y HERRAMIENTO					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Cortadora dobladora de hierro	2	0.51	0.51	0.04	0.04
Herramientas menores (5% MO)					0.03
Subtotal M					0.08
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.01	0.04
Fierrero	2	4.1	4.1	0.04	0.33
Peón	2	4.05	4.05	0.04	0.32
Subtotal N					0.70
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Acero de refuerzo $f_c=4200$ Kg/cm ²	Kg	1.05	0.81	0.85	
Alambre galvanizado No. 18	Kg	0.05	2.54	0.13	
Subtotal O				0.98	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					1.75
Costo indirecto (20%)					0.35
Valor Total					2.10

Tabla 6.29 APU rubro 3.7

Rubro		3.7			
Detalle		Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² de ϕ 20 mm (con alambre galvanizado No 18)			
EQUIPO Y HERRAMIENTO					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Cortadora dobladora de hierro	2	0.51	0.51	0.04	0.04
Herramientas menores (5% MO)					0.03
Subtotal M					0.08
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.01	0.04
Fierrero	2	4.1	4.1	0.04	0.33
Peón	2	4.05	4.05	0.04	0.32
Subtotal N					0.70
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Acero de refuerzo $f_c=4200$ Kg/cm ²	Kg	1.05	0.87	0.91	
Alambre galvanizado No. 18	Kg	0.05	2.54	0.13	
Subtotal O				1.04	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					1.81
Costo indirecto (20%)					0.36
Valor Total					2.17

Tabla 6.30 APU rubro 4.1

Rubro		4.1			
Detalle		Protecciones de enrocado			
EQUIPO Y HERRAMIENTO					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m ³	1	30	30	0.032	0.96
Excavadora	1	50	50	0.032	1.60
Herramientas menores (5% MO)					0.03
Subtotal M					1.63
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Maestro de obra	1	4.33	4.33	0.01	0.04
Chofer volqueta	1	4.1	4.1	0.04	0.16
Operador de excavadora	1	4.1	4.1	0.04	0.16
Peón	2	4.05	4.05	0.04	0.32
Subtotal N					0.70
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Escollera con piedra 6"	m3	1.25	17.85	22.31	
Subtotal O				22.31	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					24.64
Costo indirecto (20%)					4.93
Valor Total					29.57

Tabla 6.31 APU rubro 4.2

Rubro		4.2			
Detalle		Protecciones de hidro malla			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Excavadora 120HP	1	70.02	70.02	0.1528	10.699056
Herramientas menores (5% MO)					0.19
Subtotal M					10.89
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
OP. Excavadora	1	4.55	4.55	0.1528	0.70
Engrasador o abastecedor responsable	1	4.1	4.1	0.1528	0.63
Peón	4	4.05	16.2	0.1528	2.48
Subtotal N					3.80
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Malla biaxial polyester de alta tenacidad	m ²	1.05	37.55	39.43	
Enrocado	m ³	0.33	11.05	3.65	
Subtotal O				43.07	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Transporte de material de enrocado	m ³ -Km	0.33	0.33	0.11	
Transportes varios	Glb	1	0.43	0.43	
Subtotal P				0.43	
Total costo directo (M+N+O+P)					58.19
Costo indirecto (20%)					11.64
Valor Total					69.83

Tabla 6.32 APU rubro 5.1

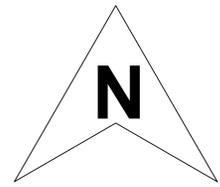
Rubro		5.1			
Detalle		Boleta informativa			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Subtotal M					0.00
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	4.05	4.05	0.04	0.16
Subtotal N					0.16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Boleta informativa	u	0.12	0.18	0.02	
Subtotal O					0.02
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P					0
Total costo directo (M+N+O+P)					0.18
Costo indirecto (20%)					0.04
Valor Total					0.22

Tabla 6.33 APU rubro 5.2

Rubro		5.2			
Detalle		Alquiler de baños portátiles			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Subtotal M					0.00
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Subtotal N					0.00
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Baños portátiles		u	1	725	725.00
Subtotal O					725.00
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Subtotal P					0
Total costo directo (M+N+O+P)					725.00
Costo indirecto (20%)					145.00
Valor Total					870.00

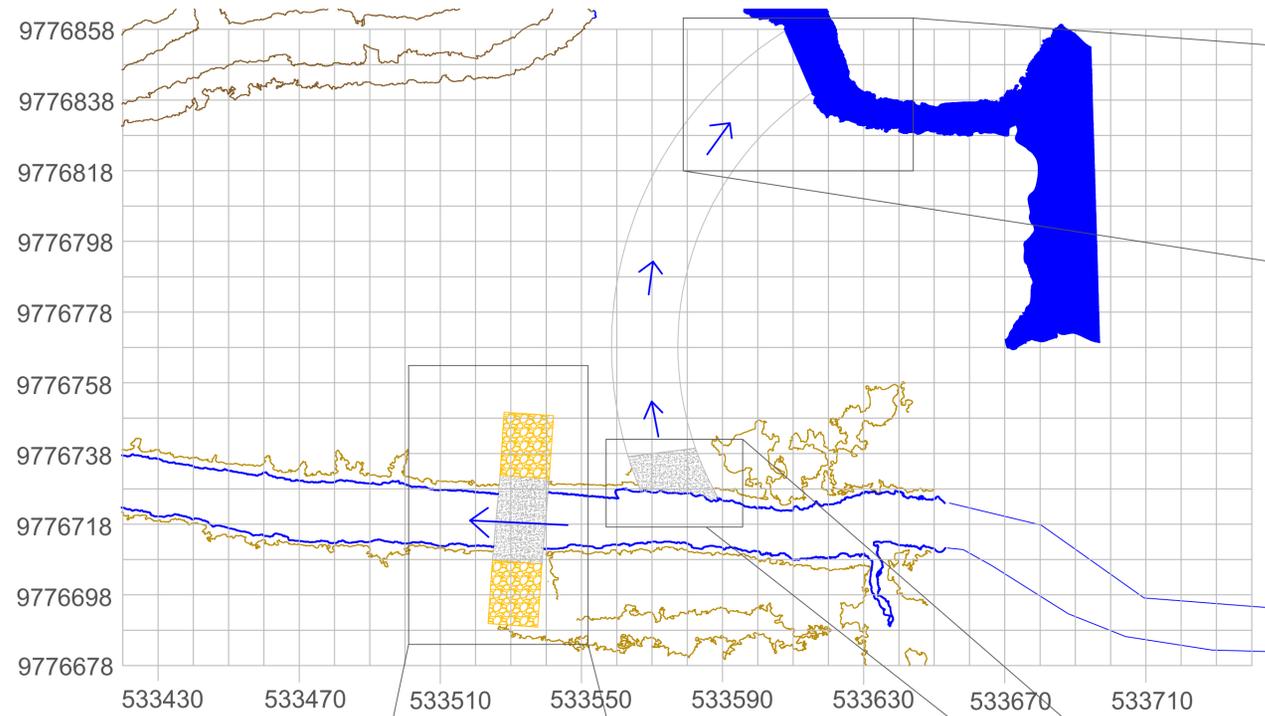
Tabla 6.34 APU rubro 5.3

Rubro		5.3			
Detalle		Equipos de protección			
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Subtotal M					0.00
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
Subtotal N					0.00
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Botas de seguridad	1	1	50	50	
Camisas reflectivas	1	1	13.5	13.5	
Pantalón jean reflectivo	1	1	35	35	
Casco de seguridad tipo 1 clase 3G	1	1	15.5	15.5	
Auriculares de protección auditivo	1	1	4.5	4.5	
Subtotal O				118.50	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Subtotal P				0	
Total costo directo (M+N+O+P)					118.50
Costo indirecto (20%)					23.70
Valor Total					142.20

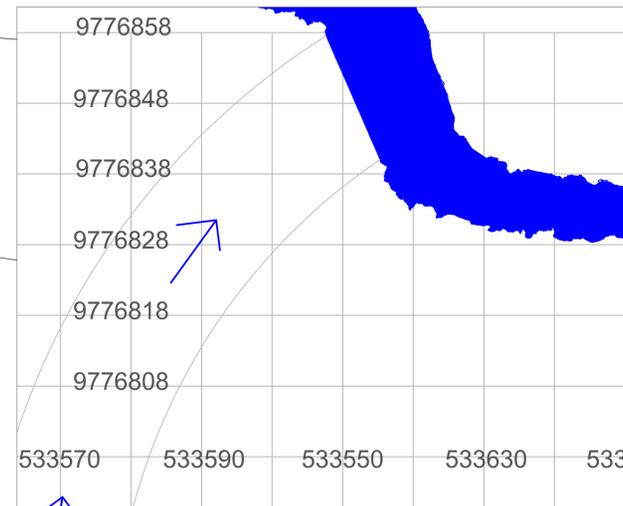


PLANO DE IMPLANTACIÓN DEL DIQUE

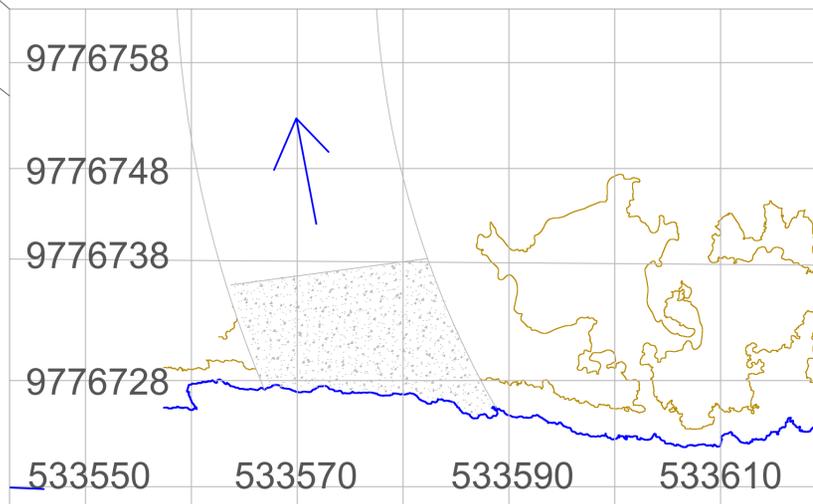
ESC 1:1000



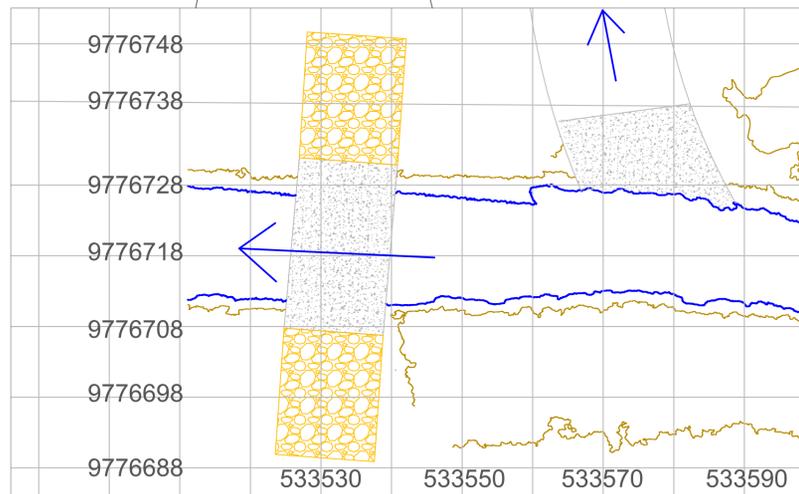
ESC 1:2



ESC 1:3



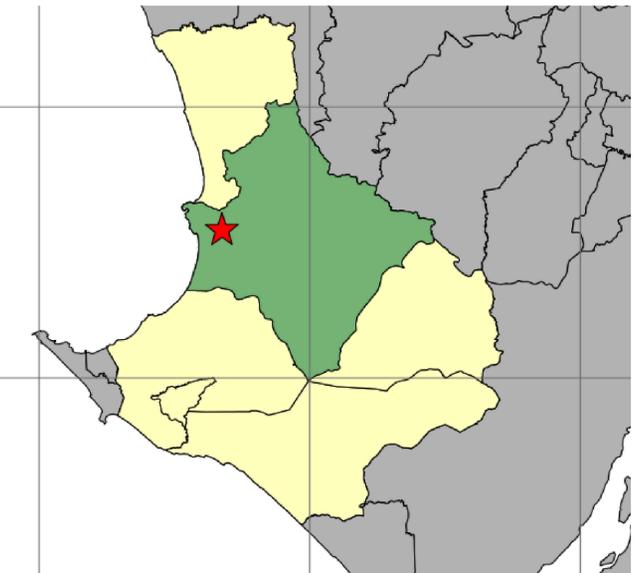
ESC 1:2



UBICACIÓN:



UBICACIÓN:



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

1. Para el cuerpo de arcilla impermeable del dique, debe ser una arcilla que cumpla con los límites de Atterberg especificado en la memoria técnica. Adicional no debe ser una arcilla expansiva.
2. El relleno para el mejoramiento se debe obtener de una cantera cercana, pero debe cumplir con las especificaciones técnicas que se encuentran en la memoria técnica.
3. El vertedero es de concreto macizo y es de tipo cimacio.
4. Para el vertedero se debe usar un hormigón de $f'c = 38$ MPa y un acero de $f_y = 420$ MPa.
5. Las protecciones de taludes y en el fondo del río aguas abajo son de Geoestera.

SIMBOLOGIA:

Curva de nivel	Vertedero de hormigón
Cota del agua	Enrocado de protección
Terreno natural	Espejo de agua
Grilla de coordenadas	

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

PROYECTO:

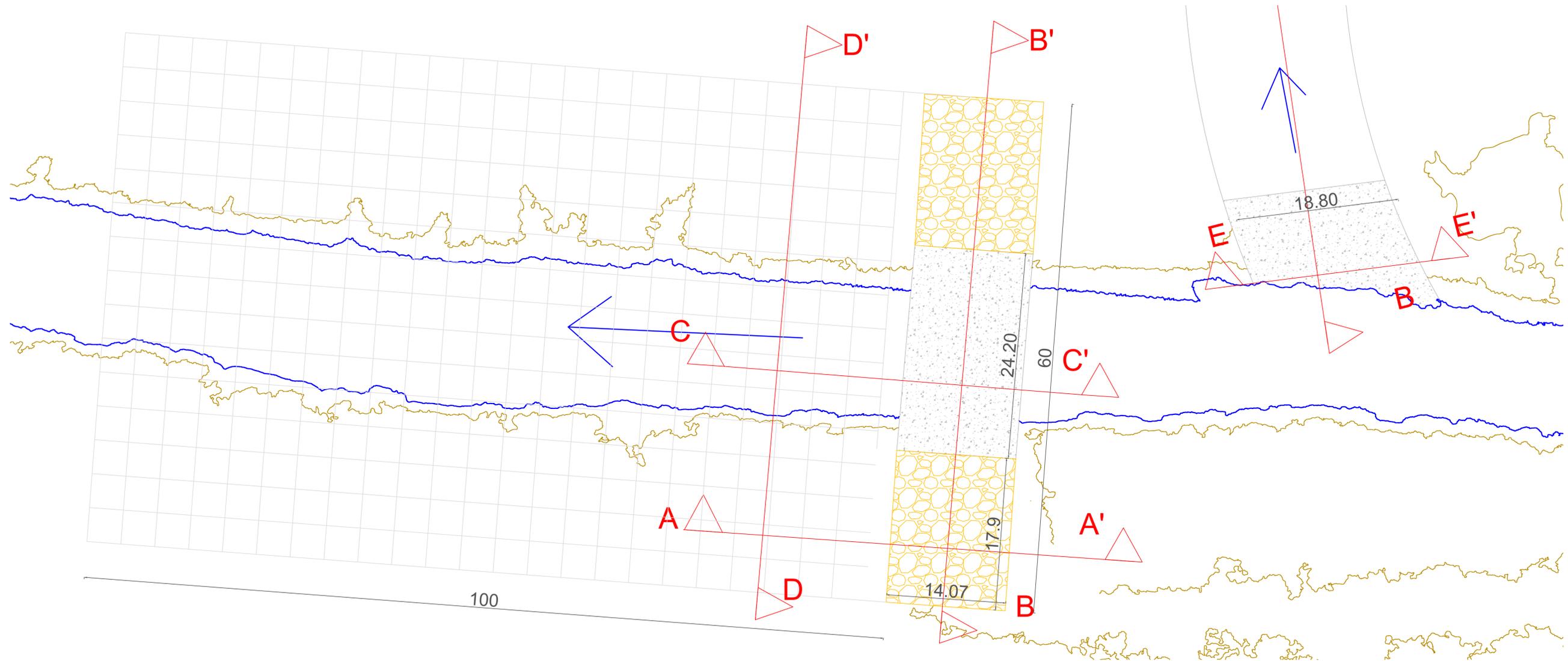
Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM

CONTENIDO:

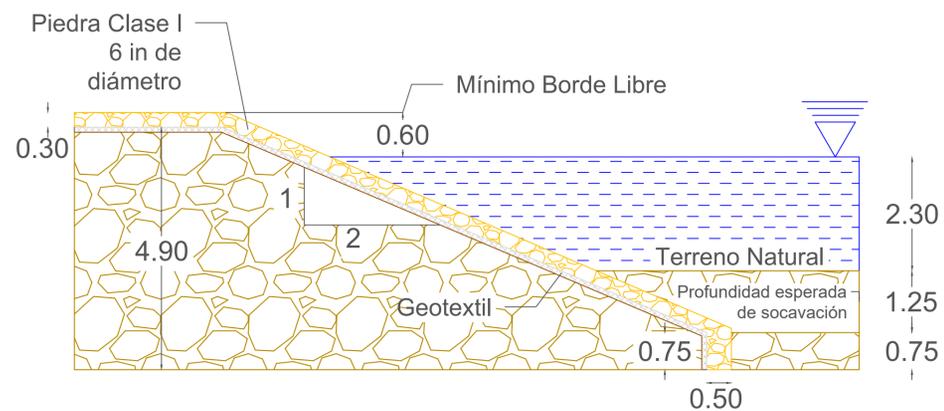
UBICACIÓN E IMPLANTACIÓN

COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alcivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 08, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 1/9	Escala: indicadas

VISTA SUPERIOR ESC 1:250



ESC 1:15 PROTECCIONES DE ENROCADO



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

1. Para el cuerpo de arcilla impermeable del dique, debe ser una arcilla que cumpla con los límites de Atterberg especificado en la memoria técnica. Adicional no debe ser una arcilla expansiva.
2. El relleno para el mejoramiento se debe obtener de una cantera cercana, pero debe cumplir con las especificaciones técnicas que se encuentran en la memoria técnica.
3. El vertedero es de concreto macizo y es de tipo cimacio.
4. Para el vertedero se debe usar un hormigón de $f'c = 38$ MPa y un acero de $f_y = 420$ MPa.
5. Las protecciones de taludes y en el fondo del río aguas abajo son de Geostera.

Curva de nivel	Vertedero de hormigón
Terraplén	Protección de Geostera
Corte	Enrocado de protección
Cota del agua	Geotextil
Terreno natural	Espejo de agua

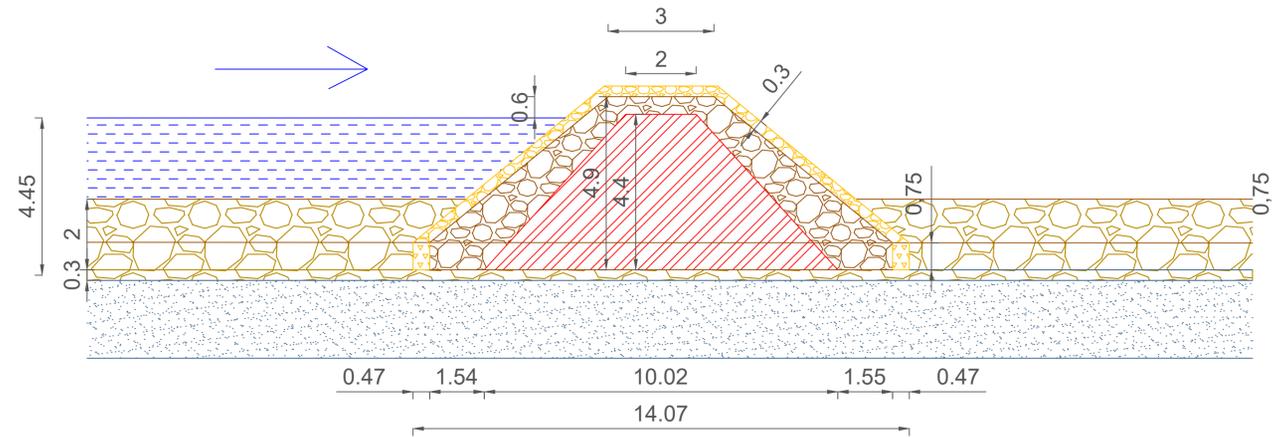
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM

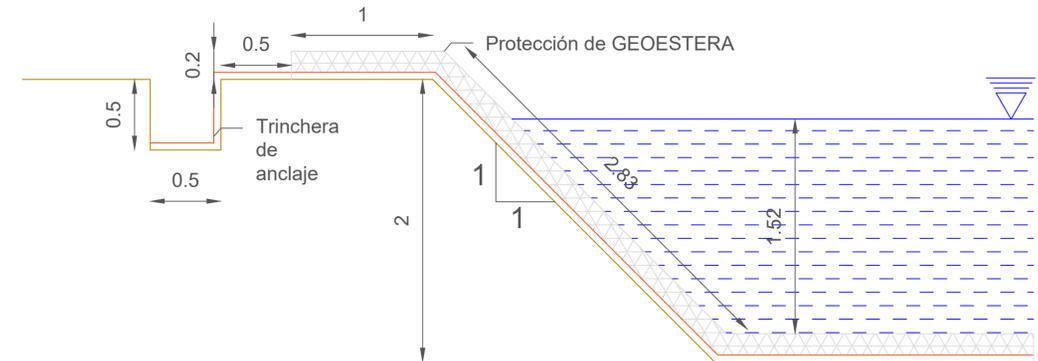
CONTENIDO:
VISTA SUPERIOR Y PROTECCIONES

COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alcivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 8, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 2/9	Escala: Indicadas

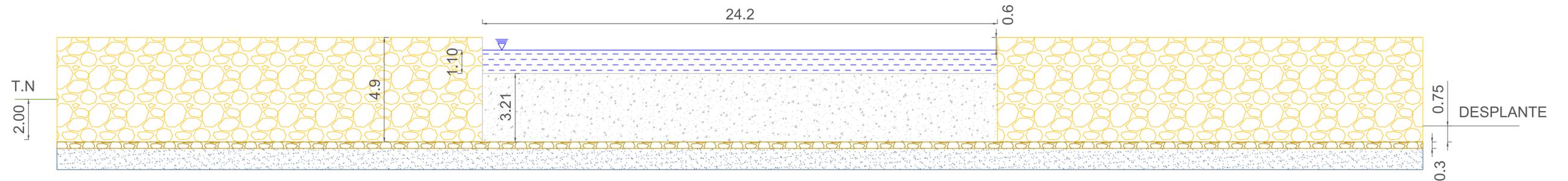
CORTE A-A'



CORTE D-D' ESC 1:40



CORTE B-B'



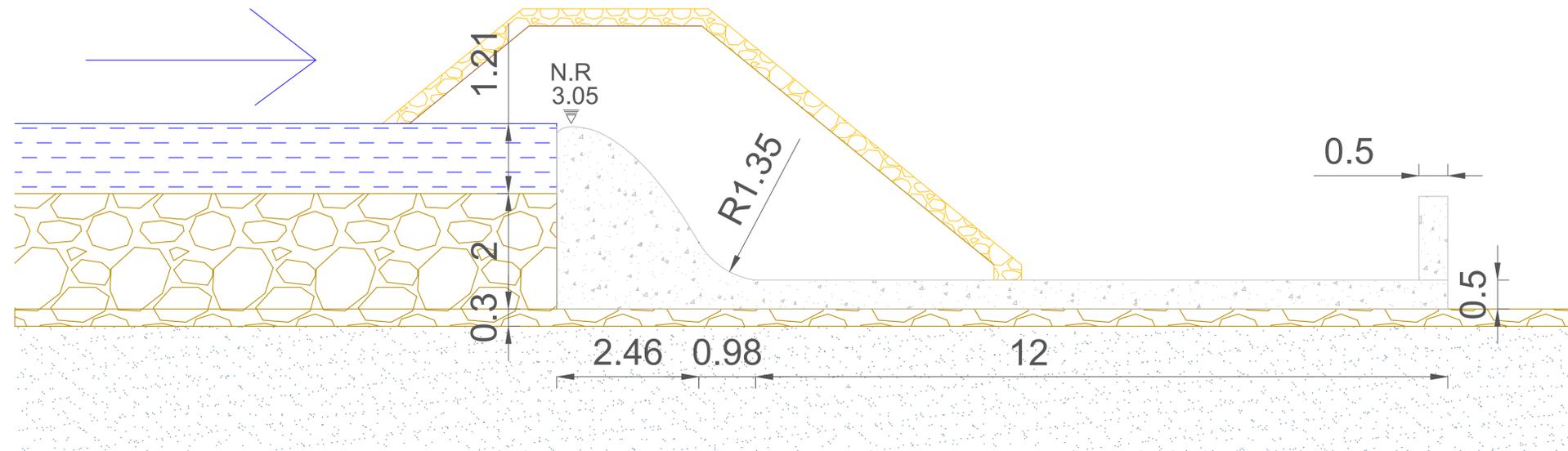
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

1. Para el cuerpo de arcilla impermeable del dique, debe ser una arcilla que cumpla con los límites de Atterberg especificado en la memoria técnica. Adicional no debe ser una arcilla expansiva.
2. El relleno para el mejoramiento se debe obtener de una cantera cercana, pero debe cumplir con las especificaciones técnicas que se encuentran en la memoria técnica.
3. El vertedero es de concreto macizo y es de tipo cimacio.
4. Para el vertedero se debe usar un hormigón de $f'c = 38$ MPa y un acero de $f_y = 420$ MPa.
5. Las protecciones de taludes y en el fondo del río aguas abajo son de Geostera.

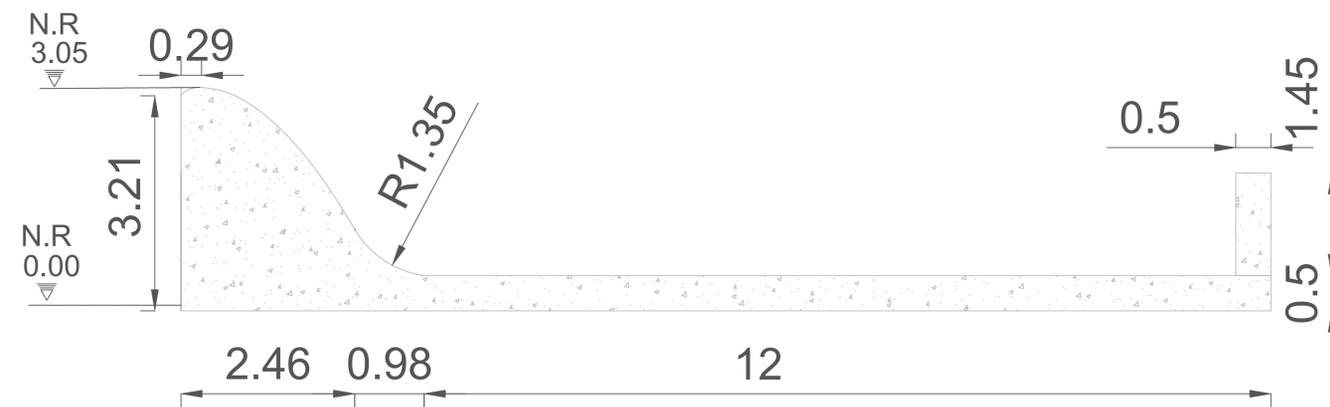
	Terraplén
	Terreno natural
	Núcleo de arcilla
	Vertedero
	Enrocado
	Espejo de agua
	Mejoramiento
	Terreno natural

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM			
CONTENIDO: CORTES DEL DIQUE			
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alcivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 8, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 3/9	Escala: 1:10

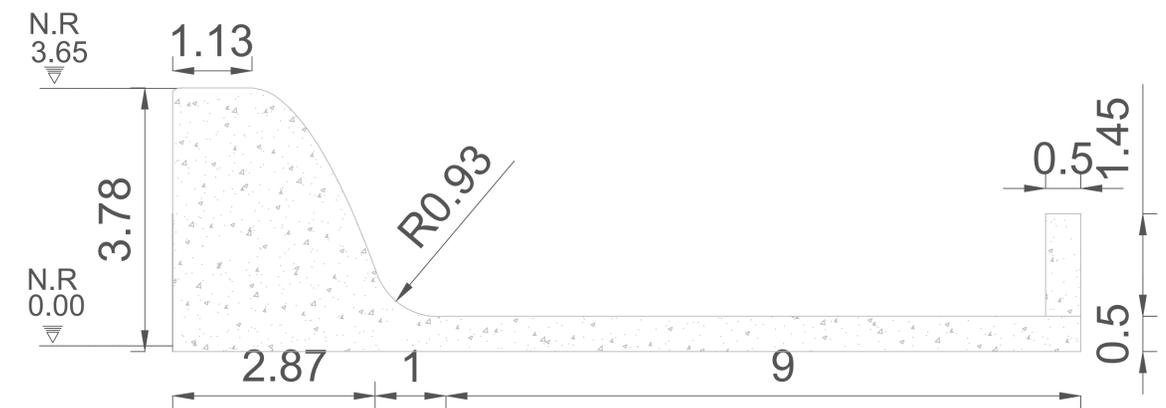
CORTE C-C'



VERTEDERO PRINCIPAL



VERTEDERO DE EMERGENCIA



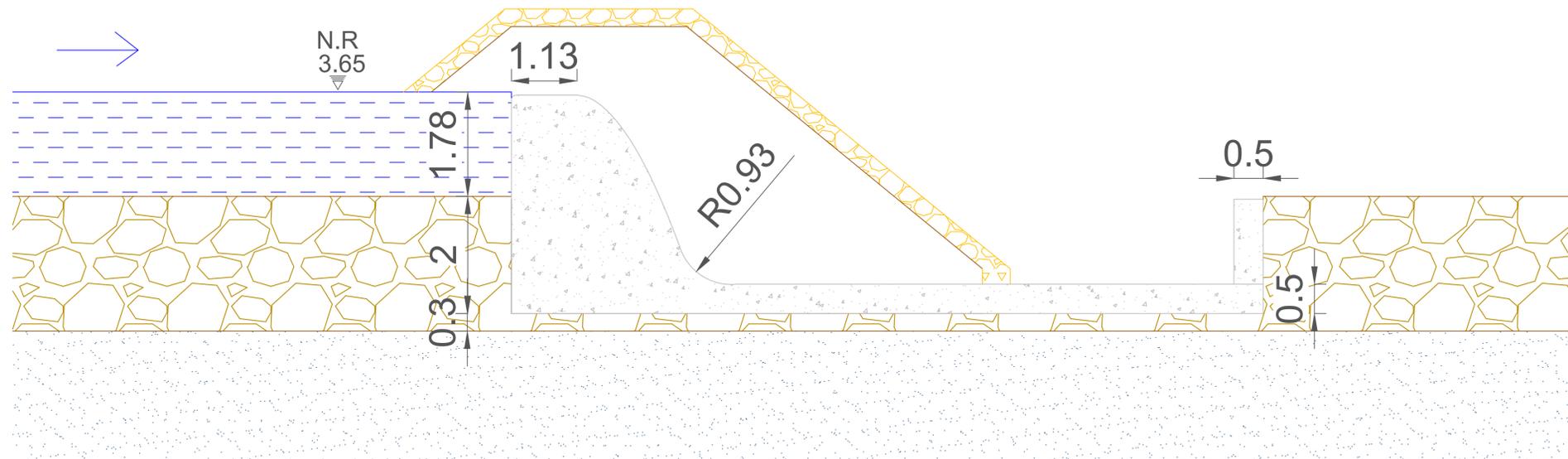
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

1. Para el cuerpo de arcilla impermeable del dique, debe ser una arcilla que cumpla con los límites de Atterberg especificado en la memoria técnica. Adicional no debe ser una arcilla expansiva.
2. El relleno para el mejoramiento se debe obtener de una cantera cercana, pero debe cumplir con las especificaciones técnicas que se encuentran en la memoria técnica.
3. El vertedero es de concreto macizo y es de tipo cimacio.
4. Para el vertedero se debe usar un hormigón de $f_c = 38$ MPa y un acero de $f_y = 420$ MPa.
5. Las protecciones de taludes y en el fondo del río aguas abajo son de Geostera.

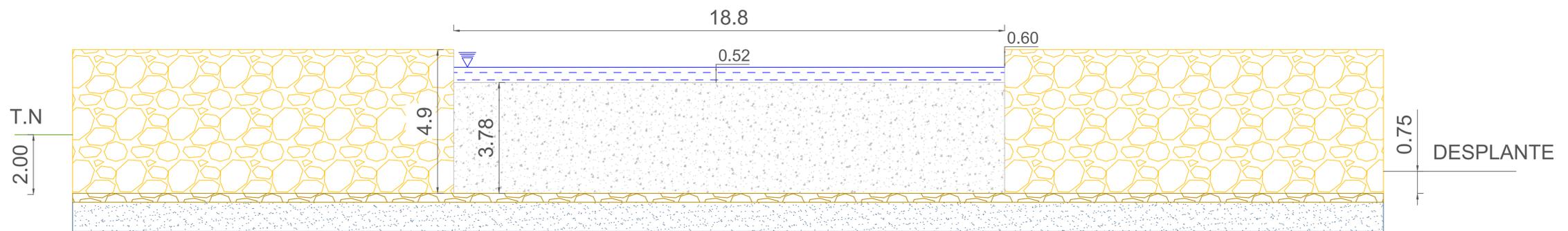
	Terraplén
	Terreno natural
	Vertedero
	Enrocado
	Espejo de agua
	Mejoramiento
	Terreno natural

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM			
CONTENIDO: CORTE DEL VERTEDERO PRINCIPAL			
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alcivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 8, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 4/9	Escala: 1:15

VERTEDERO DE EMERGENCIA CORTE F-F' ESC 1:20



VERTEDERO DE EMERGENCIA CORTE E-E' ESC 1:12



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

1. Para el cuerpo de arcilla impermeable del dique, debe ser una arcilla que cumpla con los límites de Atterberg especificado en la memoria técnica. Adicional no debe ser una arcilla expansiva.
2. El relleno para el mejoramiento se debe obtener de una cantera cercana, pero debe cumplir con las especificaciones técnicas que se encuentran en la memoria técnica.
3. El vertedero es de concreto macizo y es de tipo cimacio.
4. Para el vertedero se debe usar un hormigón de $f_c = 38$ MPa y un acero de $f_y = 420$ MPa.
5. Las protecciones de taludes y en el fondo del río aguas abajo son de Geostera.

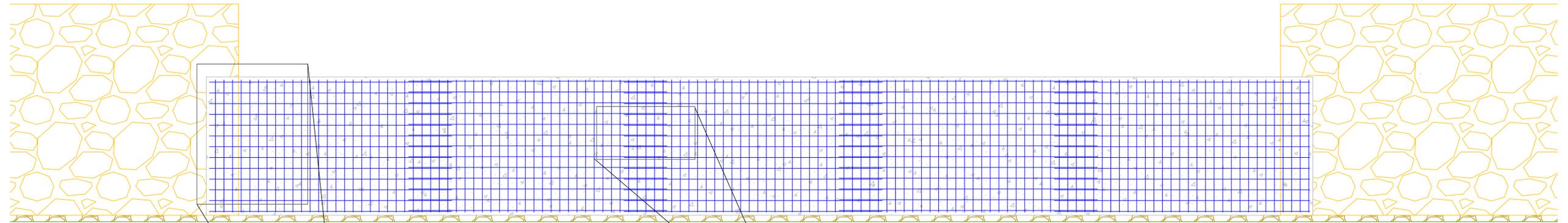
	Terraplén
	Terreno natural
	Vertedero
	Enrocado
	Espejo de agua
	Mejoramiento
	Terreno natural

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM			
CONTENIDO: CORTE DEL VERTEDERO EMERGENCIA			
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alcivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 8, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 5/9	Escala: Indicadas

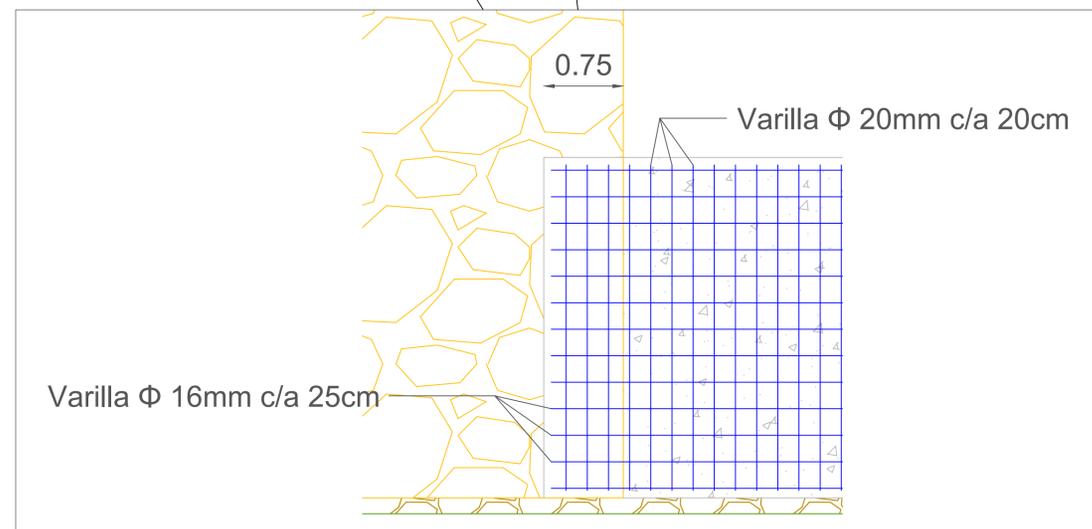
VERTEDERO PRINCIPAL

CORTE B-B'

ESC 1:50



ESC 1:20



ESC 1:15



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

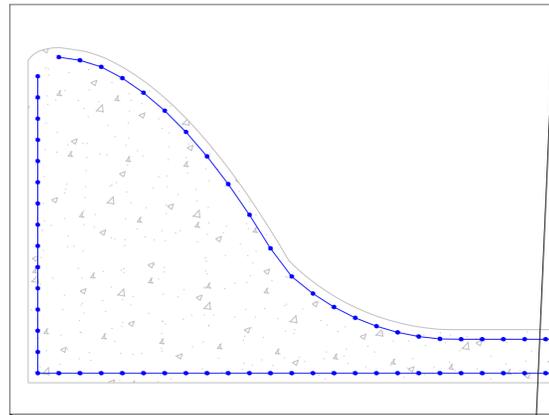
- Hormigón $f'c = 38$ MPa con protecciones a los sulfatos
- Acero de $f_y = 420$ MPa y una cuantía de acero de 7%
- El recubrimiento del vertedero es de 8 cm.
- El traslape del acero de refuerzo en el vertedero es de 1 metro, el dobles del acero es a un ángulo de 90° con un anclaje de 10 cm.
- El traslape del vertedero en el cuerpo del dique es de 0.75 m.
- El desplante del vertedero con el suelo de mejoramiento es de 0.75 m.

	Acero
	Terraplén
	Terreno natural
	Vertedero
	Vertedero de hormigón
	Enrocado de protección
	Mejoramiento

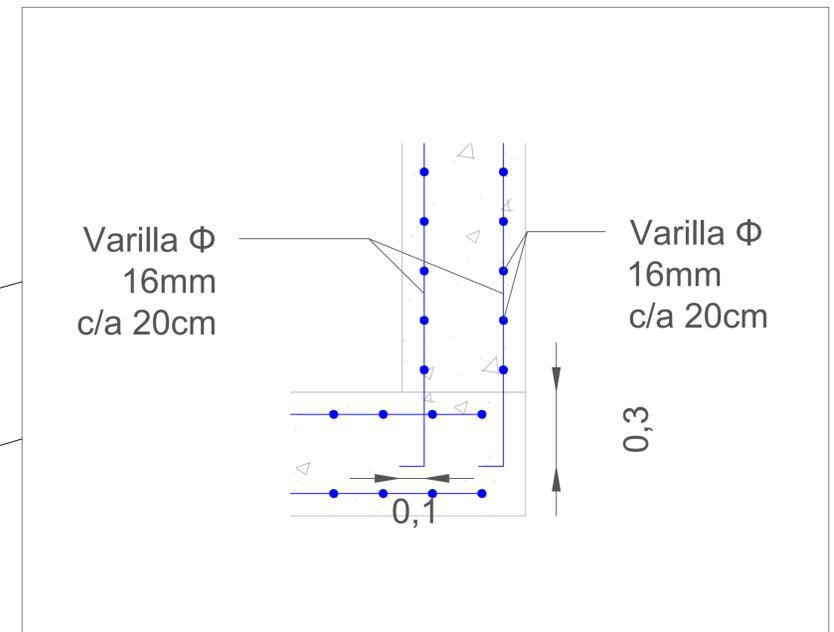
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM			
CONTENIDO: ESTRUCTURA Y ARMADO DEL VERTEDERO PRINCIPAL			
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alcivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 8, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 6/9	Escala: Indicadas

CORTE C-C'

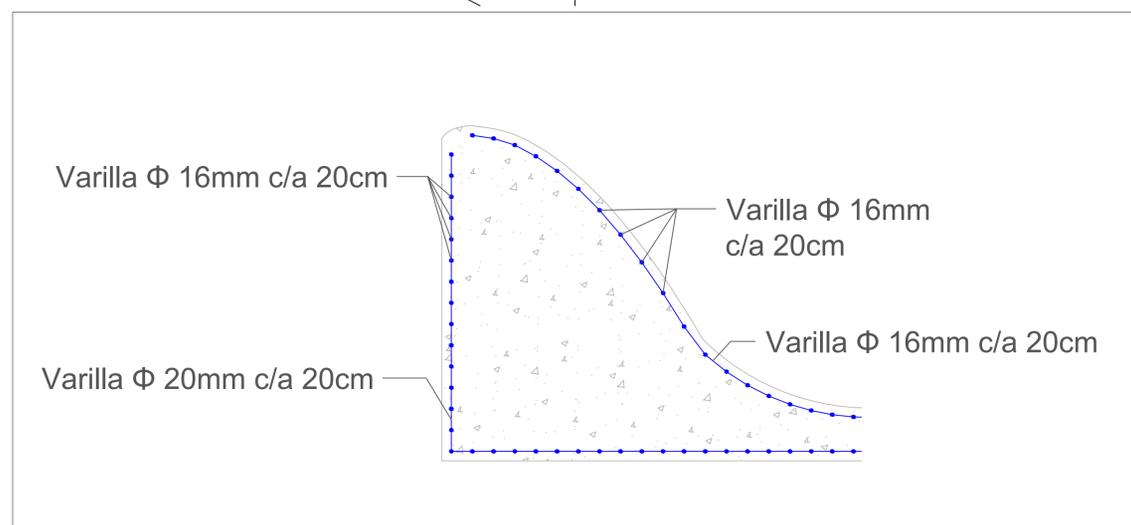
ESC 1:70



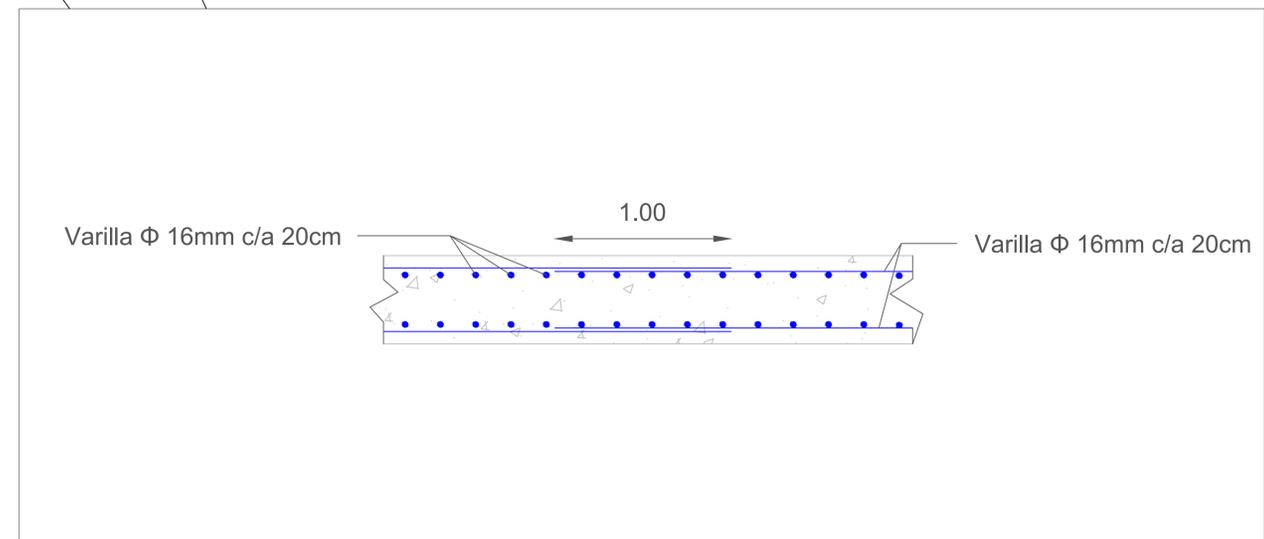
ESC 1:15



ESC 1:40

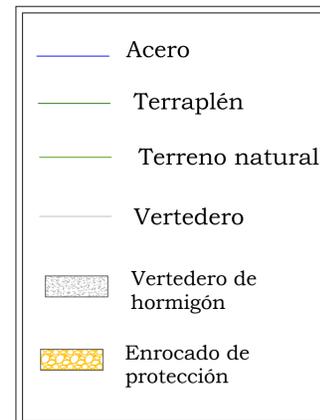


ESC 1:20



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- Hormigón $f'c = 38$ MPa con protecciones a los sulfatos
- Acero de $f_y = 420$ MPa y una cuantía de 7%
- El recubrimiento del vertedero es de 8 cm.
- El traslape del acero de refuerzo en el vertedero es de 1 metro, el dobles del acero es a un ángulo de 90° con un anclaje de 10 cm.
- El traslape del vertedero en el cuerpo del dique es de 0.75 m.
- El desplante del vertedero con el suelo de mejoramiento es de 0.75 m.

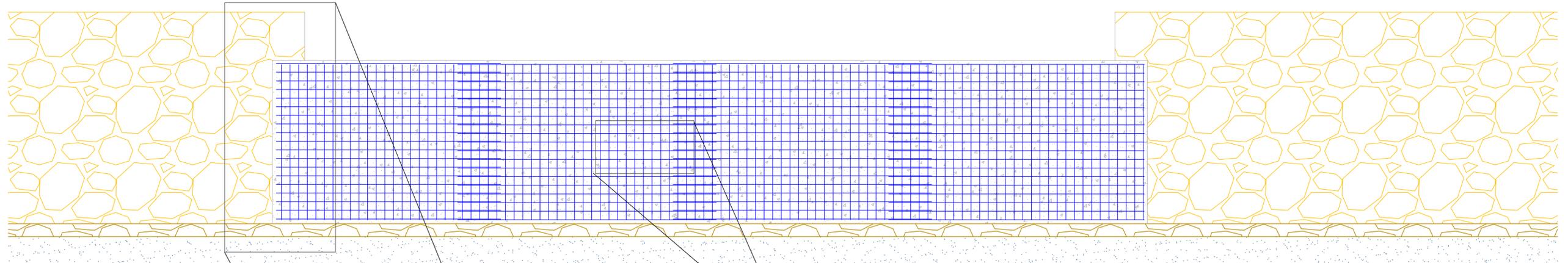


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM			
CONTENIDO: ESTRUCTURA Y ARMADO DEL VERTEDERO PRINCIPAL			
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alcivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 8, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 7/9	Escala: Indicadas

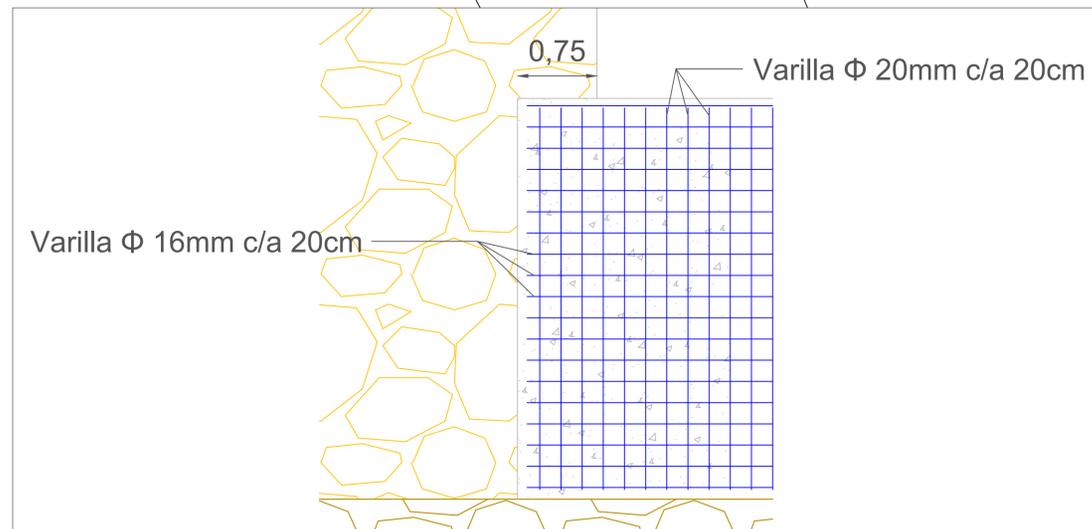
VERTEDERO EMERGENCIA

CORTE E-E'

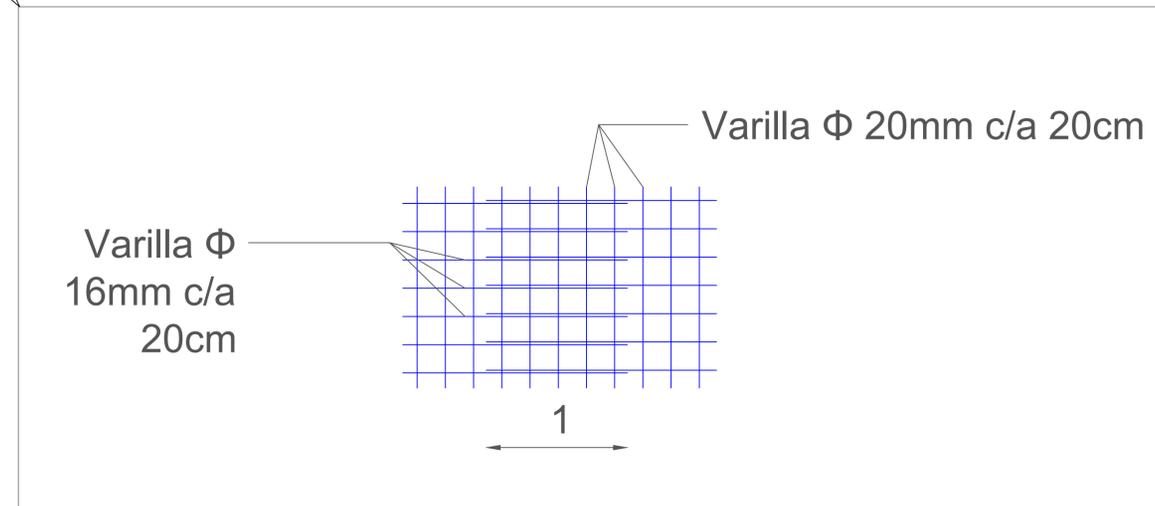
ESC 1:50



ESC 1:20

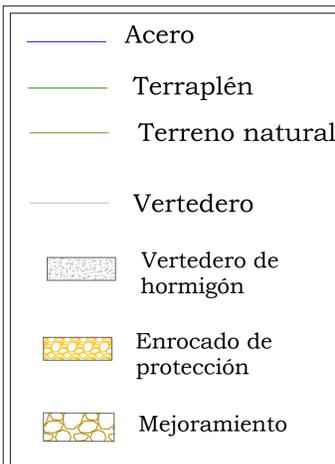


ESC 1:15



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

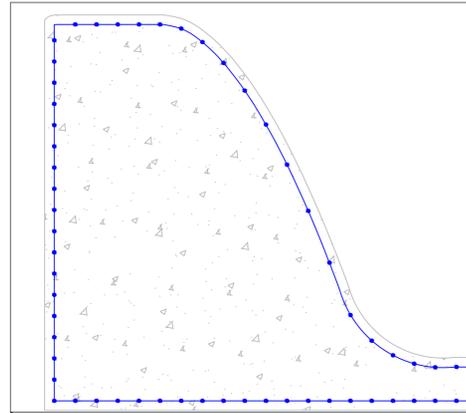
- Hormigón $f'c = 38$ MPa con protecciones a los sulfatos
- Acero de $f_y = 420$ MPa y una cuantía de 7%
- El recubrimiento del vertedero es de 8 cm.
- El traslape del acero de refuerzo en el vertedero es de 1 metro, el dobles del acero es a un ángulo de 90° con un anclaje de 10 cm.
- El traslape del vertedero en el cuerpo del dique es de 0.75 m.
- El desplante del vertedero con el suelo de mejoramiento es de 0.75 m.



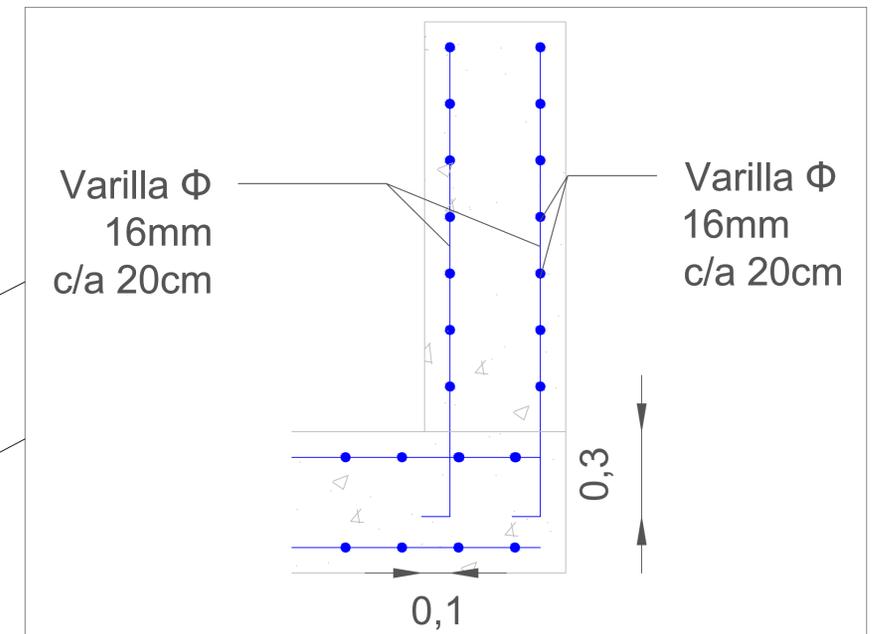
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM			
CONTENIDO: ESTRUCTURA Y ARMADO DEL VERTEDERO EMERGENCIA			
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alcivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 8, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 8/9	Escala: Indicadas

CORTE F-F'

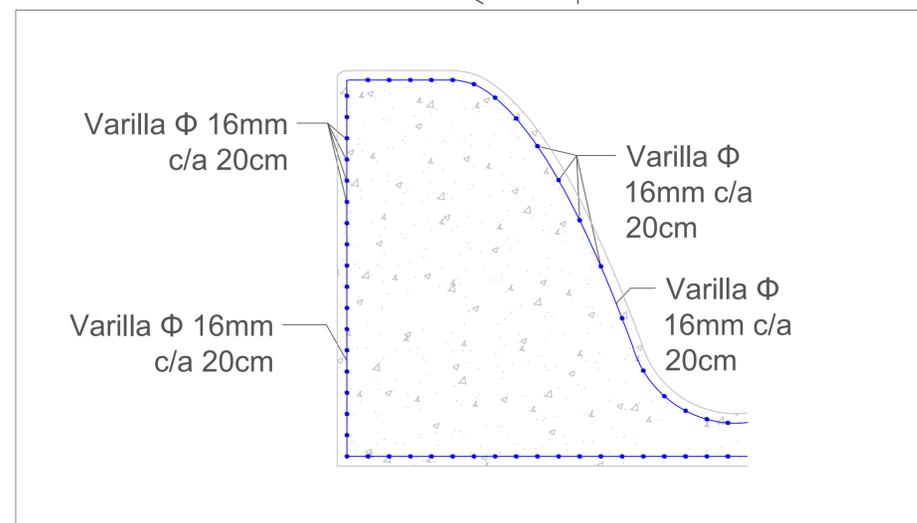
ESC 1:70



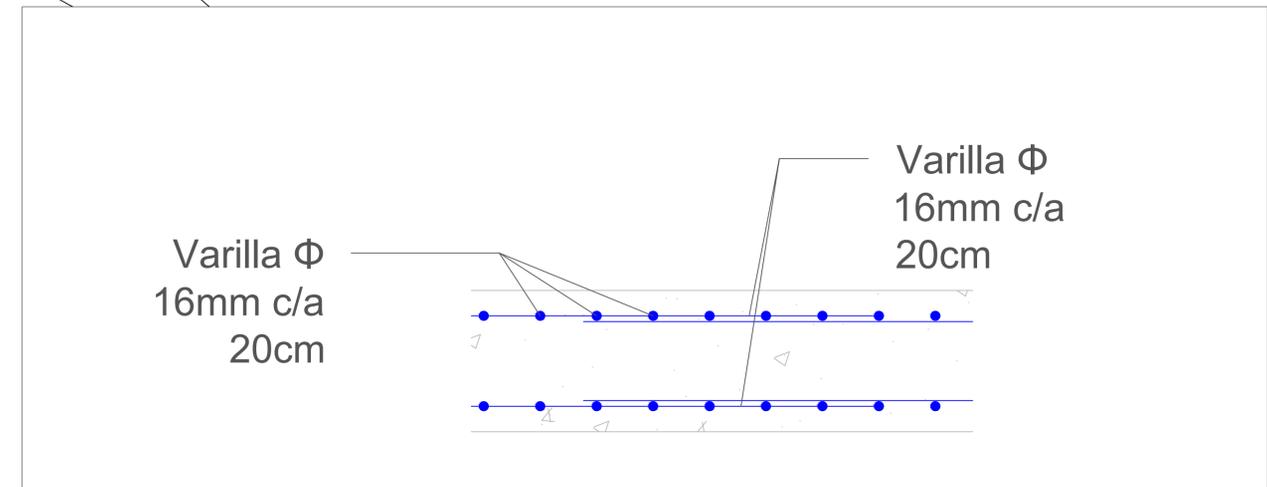
ESC 1:15



ESC 1:40

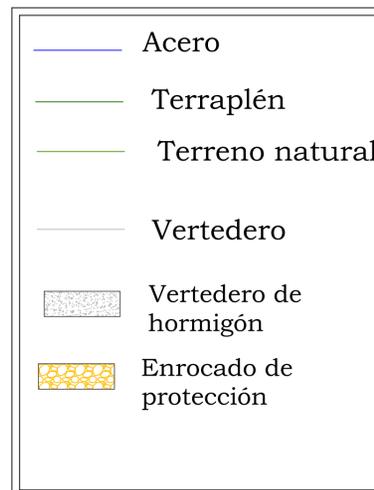


ESC 1:20



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- Hormigón $f_c = 38$ MPa con protecciones a los sulfatos
- Acero de $f_y = 420$ MPa y una cuantía 7%
- El recubrimiento del vertedero es de 8 cm.
- El traslape del acero de refuerzo en el vertedero es de 1 metro, el dobles del acero es a un ángulo de 90° con un anclaje de 10 cm.
- El traslape del vertedero en el cuerpo del dique es de 0.75 m.
- El desplante del vertedero con el suelo de mejoramiento es de 0.75 m.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño integral de la represa en el río Palmar, sector de Colonche (provincia de Santa Elena), que permita el aprovechamiento y la sostenibilidad del agua del CENAIM			
CONTENIDO: ESTRUCTURA Y ARMADO DEL VERTEDERO EMERGENCIA			
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Andres Danilo Velazquez Montoya	TUTOR DE CONOCIMIENTOS: Ph.D Mijail Arias Hidalgo	Estudiantes: Alicivar Fuentes Joel Matheus Paredes Caicedo Bryan David	Fecha de emisión: 8, enero 2024
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA: Ph. Daniel Andres Falquez Torres		Lámina: A 9/9	Escala: Indicadas

DISEÑO INTEGRAL DE LA REPRESA EN EL RÍO PALMAR, SECTOR DE COLONCHE, QUE PERMITE EL APROVECHAMIENTO Y LA SOSTENIBILIDAD DEL AGUA.

PROBLEMA

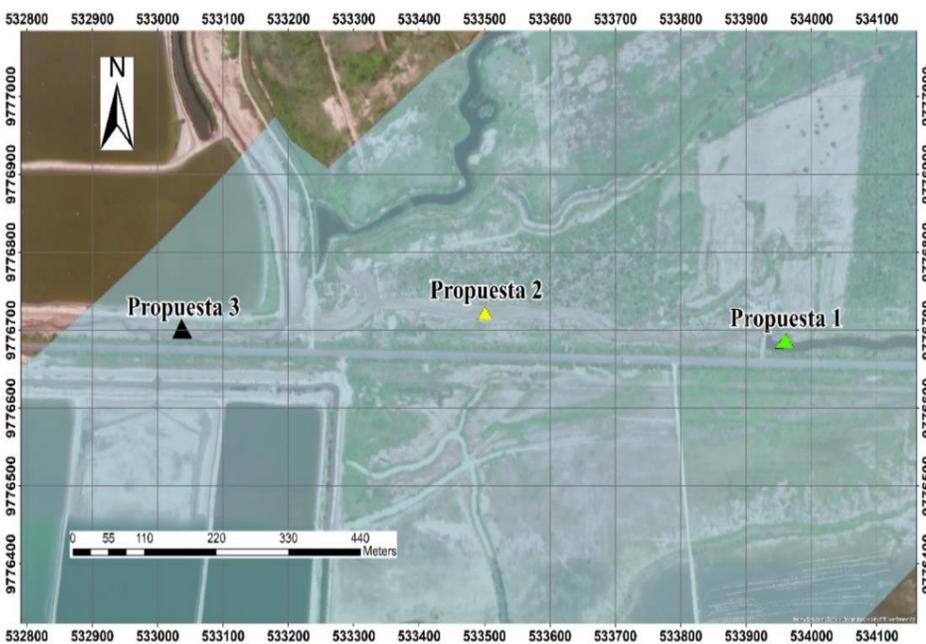
El crecimiento industrial y poblacional en el sector de Palmar-Colonche a generado una mayor demanda de recurso hídrico. Sin embargo, El Río Palmar no abastece el requerimiento de agua del CENAIM durante temporadas de estiaje.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar integralmente una represa en el sector Colonche de la provincia de Santa Elena, empleando información de base topográfica, ensayos de suelo, y modelos hidrológicos e hidráulicos, para el almacenamiento de agua superficial del CENAIM.



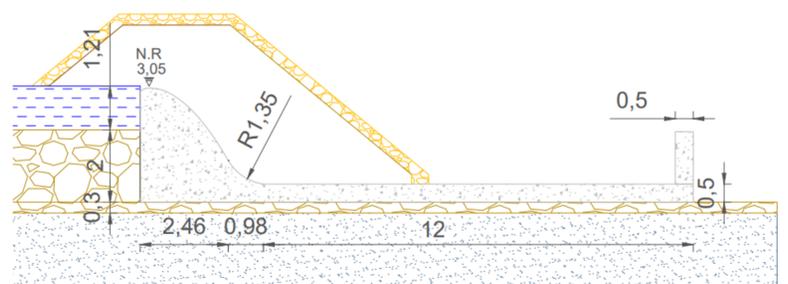
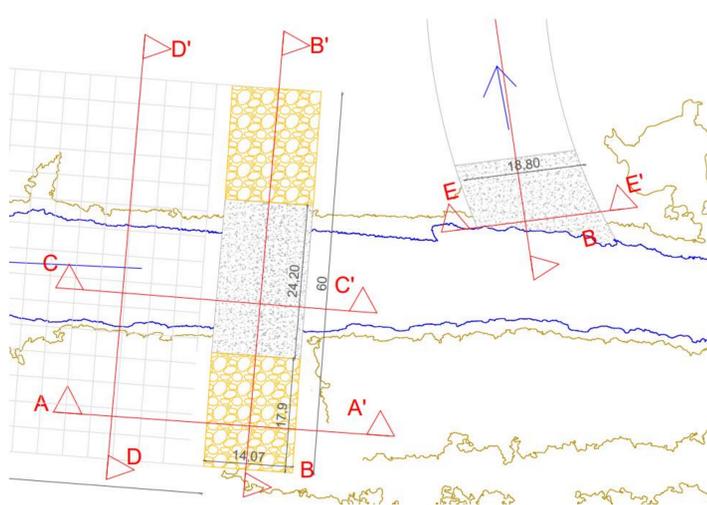
PROPUESTA



Cada propuesta se revisó con la información obtenida en campo y se complemento con el modelado hidrológico-hidrodinámico. Mediante un análisis en la matriz Likert considerando cuatro criterios, se llegó a la conclusión que la propuesta 2 es la mejor opción.

1. Aspectos técnicos
Capacidad de almacenamiento (10%)
Llanura de inundación (5%)
Capacidad del suelo (4%)
Capacidad de infiltración del suelo (16%)
2. Aspecto social
Zonas afectadas por posible inundación (10%)
Aceptación por parte de la comunidad (7.5%)
Aceptación por parte del CENAIM (7.5%)
3. Aspecto ambiental
Erosión de la tierra (7.5%)
Cambios en la calidad del agua (7.5%)
4. Aspecto económico
Costos de construcción (15%)
Costos de mantenimiento y operación (10%)

RESULTADOS



Coordenadas de la represa (UTM WGS 84)	533523.63 E 9776720.26 S
Caudal de diseño [m^3/seg]	66
Altura del dique [m]	4.9
Altura del vertedero principal [m]	3.20
Altura del vertedero de emergencia [m]	3.80

CONCLUSIONES

1. El almacenamiento aproximado de la represa es de $74,418.65 m^3$ satisfaciendo la demanda por parte del CENAIM de requerir $50,000 m^3$ de recurso hídrico. La represa tiene un costo de 618,063.25\$ obteniendo una relación de costo-almacenamiento de 8.30 \$/ m^3 .
2. La represa presenta dos vertederos, el vertedero principal ubicado en el eje central del río con una cota de cresta de 3.05 msnm y el vertedero de emergencia que se encuentra ubicado perpendicular al río y desemboca a una llanura de inundación cercana tiene una cota de cresta de 3.65 msnm.
3. Cumpliendo con los ODS. La represa almacena y recarga el acuífero subterráneo de la zona, esto permite que los pobladores del sector puedan realizar la apertura de nuevos pozos de captación de agua, satisfaciendo la necesidad del déficit hídrico.