

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuhuañuna en El Arenal del
Volcán Chimborazo cantón Guaranda

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Isabel Mercedes Guzmán Garaicoa

Renata Naomi Navia Giler

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a aquellos quienes me acompañaron en cada etapa de mi crecimiento profesional.

A mis padres, hermanos y mascotas por acompañarme en cada proyecto de mi vida, brindarme inspiración y darme aliento para seguir ¡Gracias por todo mamá, este logro te pertenece!

A mis mejores amigos Guillermo, Alfred, Naomi, Antonella y Damon por convertirse en mi familia, darme grandes recuerdos, por escucharme y acompañarme en cada uno de mis sueños y aspiraciones.

A la familia Pazmiño Mendoza, por confiar y creer en mí y en la profesional en la que hoy me acabo de convertir. Gracias por permitirme ser parte de su familia.

Y al Ing. Andrés Velástegui, por ser maestro y amigo, por cada impulso brindado para mi crecimiento profesional, por confiar en mí en cada momento y enseñarme que el trabajo organizado da grandes resultados.

Isabel Mercedes Guzmán Garaicoa

DEDICATORIA

A mis padres Bruno y Liliana quienes han sido mi apoyo durante este largo trayecto, sin ellos no habría podido cumplir mi meta. Gracias mamá por decirme que cada esfuerzo tiene su recompensa y por celebrar cada uno de mis logros. ¡Esto va dedicado a mi familia, lo más bonito que tengo en esta vida!

A mis sobrinas Lia, Bruna y Alma, espero en un futuro cumplan cada meta que se propongan y no se rindan nunca. Recuerden siempre que, si su tía pudo, ustedes también podrán.

A Jonathan por creer en mí. Gracias por enseñarme que nada es imposible y que todo se puede lograr con esfuerzo y perseverancia.

A Antonella, María José y María Laura por acompañarme durante esta etapa y ser mi apoyo. ¡Gracias por cada palabra de aliento!

A mi compañera de tesis Isabel por sus consejos, y por permitirme realizar este último trabajo juntas. Gracias por tu amistad, por cada risa y anécdota.

Renata Naomi Navia Giler

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud a Dios por bendecirme con todas las personas quienes me acompañaron en mi proceso de formación y por ser mi fortaleza en los mayores momentos de dificultad.

Agradezco al municipio del Cantón Guaranda quienes nos brindaron su soporte y conocimientos profesionales para el desarrollo del proyecto.

A los ingenieros geólogos Inés Tiviano y Edgar Hervas por complementar y aportar de calidad al presente documento.

Y, por último, agradezco al PhD. Miguel Chávez por ser nuestro guía y mente maestra, por sus ánimos, paciencia y especialmente por su profesionalismo.

Isabel Mercedes Guzmán Garaicoa

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme, darme fortaleza y por cada una de las bendiciones que ha puesto en mi camino y que me han permitido llegar a este lugar.

Agradezco al municipio del Cantón Guaranda por el apoyo y ayuda otorgada a lo largo de la realización del proyecto.

A los ingenieros Inés Tiviaño y Edgar Hervas por su aportación.

Un especial agradecimiento al PhD. Miguel Chávez por su apoyo, tiempo y dedicación que conllevaron a la culminación de este proyecto. Gracias por contribuir con cada conocimiento impartido a mi crecimiento profesional.

Renata Naomi Navia Giler

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Isabel Mercedes Guzmán Garaicoa* y *Renata Naomi Navia Giler* y 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”


Isabel Mercedes
Guzmán Garaicoa

Naomi Navia Giler.
Renata Naomi Navia
Giler

EVALUADORES

MS.c Luis Danilo Dávila Guamán

PROFESOR DE LA MATERIA

MS.c Guillermo Javier Muñoz Villa

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Debido a sus grandes dimensiones y capacidad de almacenamiento de agua, las presas son una de las estructuras hidráulicas más importantes empleadas para el desarrollo socioeconómico en el mundo. Este proyecto nace de la necesidad de un suministro de agua a las parroquias Guanujo y Julio Moreno del cantón Guaranda que requieren mantener una producción agrícola y ganadera equilibrada en épocas de estiaje. Por ende, se plantea diseñar una presa en el sector de El Arenal del volcán Chimborazo en base a la información técnica y especializada recabada de la zona.

Conforme a una técnica que aprovecha la irregularidad del terreno y los materiales abundantes de la zona de estudio como la roca andesita y arcillas se realizó el dimensionamiento de la presa que se caracteriza por una capacidad de embalse de 15460 m³ y un factor de seguridad mayor a 3. Mediante programas como Galena, ArcMap y SAP2000 se determinó viable frente a el funcionamiento hidrológico, ecológico, de estabilidad y al no presentar fallo por rotura.

Es así como se obtuvo una presa de 11 metros de altura que se conforma por una pantalla impermeable de hormigón armado, dos espaldones de hormigón ciclópeo, un aliviadero con disipador de energía y un sistema de toma y captación. El diseño planteado demostró la capacidad de que un tiempo de operación de 12 horas diarias con un caudal de aporte de 0.30 m³/s mantendrá la recarga natural del vaso hidráulico y logrará satisfacer la dotación de agua que las parroquias requieren.

Palabras Clave: Presa, suministro de agua, estiaje, pantalla impermeable

ABSTRACT

Due to their large dimensions and water storage capacity, dams are one of the most outstanding hydraulic structures used for socio-economic development in the world. This project was born from the necessity of a water supply for the Guanujo and Julio Moreno parishes, located in the Guaranda canton, which need to maintain a balanced agricultural and livestock production in times of low water. Therefore, it is proposed to design a dam, on the "El Arenal" sector situated in the Chimborazo volcano, based on technical and specialized information gathered from the area.

According to a technique that takes advantage from the land irregularity and the abundant materials of the study area, such as andesite rock and clays, the dimensioning of the dam was carried out, which is characterized by a reservoir capacity of 15,460 m³ and a safety factor greater than 3. Through programs such as Galena, ArcMap and SAP2000, it was determined feasible against the hydrological, ecological and stability functioning and by not presenting failure due to breakage.

This is how it was obtained an 11-meter-high dam, which is made up of an impermeable reinforced concrete screen, two cyclopean concrete shoulders, a spillway with an energy dissipator and an intake and collection system. The proposed design showed the capacity that the operating time of 12 hours a day with a contribution flow of 0.30 m³/s will maintain the natural recharge of the hydraulic tank and will be able to satisfy the water supply that the parishes require.

Keywords: Dam, water supply, low water, waterproof screen

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	7
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	IX
SIMBOLOGÍA	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE PLANOS	XV
CAPÍTULO 1	16
1. Introducción	16
1.1 Antecedentes.....	17
1.2 Descripción del problema	17
1.3 Justificación del problema.....	18
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo General	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 Información relacionada al área de estudio	19
1.5.1 Ubicación geográfica.....	19
1.5.2 División política	19
1.5.3 Geología e hidrogeología	20
1.5.4 Topografía.....	20
1.5.5 Hidrografía	21
1.5.6 Hidrología.....	21
1.5.7 Clima.....	22

1.5.8	Flora y fauna	22
1.5.9	Uso y cobertura de suelo	23
1.5.10	Índices poblacionales	23
1.6	Fundamentación teórica	24
1.6.1	Tipos de presas consideradas para el diseño	24
1.6.2	Partes de una presa	27
1.6.3	Estabilidad durante terremotos	28
1.6.4	Normas de diseño	29
1.6.5	Historia de las presas.....	29
1.6.6	Proyectos relacionados con presas.....	30
1.6.7	Consideraciones geotécnicas	31
1.6.8	Consideraciones sísmicas.....	32
1.6.9	Consideraciones hidráulicas	32
CAPÍTULO 2.....		34
2.	Metodología	34
2.1	Determinación de las restricciones	35
2.2	Descripción de las alternativas	35
2.2.1	Parámetros cuantificadores.....	35
2.2.2	Alternativa A.....	35
2.2.3	Alternativa B.....	36
2.2.4	Alternativa C.....	36
2.2.5	Selección de alternativa óptima	37
2.3	Área de estudio.....	37
2.3.1	Definición del vaso y sitio de presa	37
2.3.2	Delimitación de la cuenca de drenaje.....	38
2.3.3	Parámetros de la cuenca de drenaje.....	39

2.4	Estudio hidrológico	40
2.4.1	Método empírico: Método Racional.....	40
2.4.2	Método estadístico: Distribución Estadística	43
2.4.3	Tránsito de avenida.....	44
2.4.4	Filtraciones.....	44
2.5	Características técnicas.....	45
2.5.1	Selección del tipo de presa	45
2.5.2	Accesibilidad del material.....	46
2.5.3	Composición del suelo	47
2.5.4	Sismicidad.....	49
2.6	Características sociales.....	50
2.7	Características ambientales.....	50
2.8	Análisis hidráulico	51
2.8.1	Definición de cotas NAME, NAMO, NSC	51
2.8.2	Longitud del resalto hidráulico.....	51
2.9	Datos geológicos	53
2.10	Datos geotécnicos	53
2.10.1	Caracterización de las arcillas.....	53
2.10.2	Caracterización de arena	54
2.10.3	Dureza en la escala de Mohs de Andesita	54
2.10.4	Permeabilidad de arcilla oscura	54
2.11	Criterios de diseño.....	55
2.11.1	Fuerzas que actúan en una Presa	55
2.11.2	Análisis pseudo – estático de la presa	57
2.11.3	Esfuerzos en la Presa	59
2.12	Análisis del sistema de toma y captación	60

CAPÍTULO 3.....	62
3. Resultados y análisis	62
3.1 Información técnica procesada	62
3.1.1 Análisis de la topografía del terreno	62
3.1.2 Geotecnia.....	62
3.1.3 Sísmica de refracción.....	64
3.2 Resultados del estudio hidrológico	65
3.2.1 Método racional.....	65
3.2.2 Método de distribución estadística	66
3.2.3 Caudal ecológico.....	67
3.2.4 Tránsito de avenida.....	67
3.3 Análisis del estudio hidrológico	68
3.4 Diseño de la presa.....	68
3.4.1 Detalles del diseño	68
3.4.2 Cálculo de cargas.....	69
3.4.3 Cálculo de refuerzo para pantalla de hormigón.....	73
3.4.4 Diseño del aliviadero de la presa	76
3.4.5 Método constructivo	78
3.5 Diseño del sistema de toma y captación.....	80
3.5.1 Dimensionamiento del orificio	80
3.5.2 Dimensionamiento de compuerta.....	80
3.5.3 Dimensionamiento de rejillas	81
3.6 Revisión por volteo	82
3.7 Estabilidad al deslizamiento de la presa	82
3.7.1 Datos de la corrida	86
3.8 Factor de seguridad al deslizamiento	86

3.9	Cálculo de esfuerzos en la presa.....	87
	CAPÍTULO 4.....	90
4.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	90
4.1.1	Objetivo General.....	90
4.1.2	Objetivos específicos.....	90
4.1.3	Nombre del proyecto.....	90
4.1.4	Descripción del proyecto.....	90
4.1.5	Tipo de estudio.....	91
4.1.6	Fases del proyecto.....	92
4.1.7	Medio físico.....	93
4.1.8	Medio biótico.....	94
4.1.9	Medio humano.....	94
4.1.10	Identificación de impactos.....	94
4.1.11	Valoración de impactos.....	96
4.1.12	Medidas de prevención y/o corrección.....	102
4.1.13	Conclusiones.....	103
	CAPÍTULO 5.....	105
5.	Análisis de costos.....	105
	CAPÍTULO 6.....	108
6.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	108
6.1	Conclusiones.....	108
6.2	Recomendaciones.....	110
	BIBLIOGRAFÍA.....	111
	APÉNDICES.....	114
	APÉNDICE A.....	114
	Plan de trabajo.....	114

APÉNDICE B.....	115
Ensayos de laboratorio	115
APÉNDICE C.....	119
Datos de corrida de estabilidad al deslizamiento de presa en programa geotécnico Galena	119
APÉNDICE D.....	122
Análisis de costos	122

ABREVIATURAS

AISI	American Iron and Steel Institute
APU	Análisis de precios unitarios
ASSHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
CELEC EP	Corporación Eléctrica del Ecuador
DEM	Modelo de Elevación Digital
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
GADCG	Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda
ICOLD	International Commission on Large Dams
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
LORHUAA	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua
MAE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica
NAME	Nivel de aguas máximas extraordinarias
NAMO	Nivel de aguas máximas ordinarias
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
NSC	Cota de solera del cauce
RGB	Composiciones rojo, verde y azul
SEV	Sondeos Eléctricos Verticales
SISTAE	Sistema de Información para la Simulación del Tránsito de Avenidas en Embalses
SUIA	Sistema Único de Información Ambiental
SUIA	Sistema Único de Información Ambiental
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 84

SIMBOLOGÍA

a.C	antes de Cristo
ha	hectárea
hm	hectómetro
hm ³	hectómetro cúbico
km	kilómetro
km ²	kilómetro cuadrado
m	metros
mm	milímetros
msnm	metros sobre el nivel del mar
m ³ /s	metro cúbico por segundo
°C	grados Celsius
%	porcentaje
cm	centímetro
m	metro
m ³	metro cúbico
3D	tercera dimensión
S	sur
E	este
km ²	kilómetro cuadrado
cm/s	centímetro por segundo
ton/m ³	tonelada por metro cúbico

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa Político y Ubicación del cantón Guaranda	19
Figura 1.2 Mapa de relieves del cantón Guaranda	20
Figura 1.3 Mapa de Isoyetas serie 1981 – 2021 del cantón Guaranda.....	21
Figura 1.4 Temperatura máxima y mínima promedio del cantón Guaranda	22
Figura 1.5 Mapa de cobertura y uso actual del cantón Guaranda	23
Figura 1.6 Presa de hormigón en forma de arco Hoover Dam, Nevada-Arizona.....	24
Figura 1.7 Presa de gravedad Neyyar dam, Kerala-India del sur	25
Figura 1.8 Presa de materiales sueltos W.A.C, España	25
Figura 1.9 Presa mixta con núcleo impermeable	26
Figura 1.10 Tipos de presa de tierra	26
Figura 1.11 Partes de una presa.....	28
Figura 1.12 Representación espectral de Newark	28
Figura 1.13 Vista general del paramento aguas arriba de la presa Kaffara	30
Figura 1.14 Presa mixta de Sant Llorenç de Mongai	30
Figura 1.15 Presa Daule Peripa.....	31
Figura 2.1 Perfil transversal del vaso en el eje de presa	38
Figura 2.2 Cuenca de drenaje.....	38
Figura 2.3 Curvas IDF estación meteorológica San Simón	42
Figura 2.4 Ubicación de canteras cercanas a la zona de estudio.....	46
Figura 2.5 Materiales de construcción encontrados dentro de la cuenca de drenaje	47
Figura 2.6 Formación litológica de la zona de estudio	48
Figura 2.7 Combinación de bandas en análisis Satelital Landsat 8 del año 2016 para reconocimiento de materiales predominantes	49
Figura 2.8 Esquema de presa con asignación de cotas NAME, NAMO y NSC	51
Figura 2.9 Curva granulométrica de la arena.....	54
Figura 3.1 Plano Topográfico.....	62
Figura 3.2 Ubicación en campo de los SEV 's	63
Figura 3.3 Línea sísmica.....	64
Figura 3.4 Perfil de aliviadero de excedentes	76
Figura 3.5 Compuerta tipo volante.....	81

Figura 3.6 Dimensionamiento de rejilla	81
Figura 3.7 Datos de ingreso de la corrida en programa geotécnico Galena	83
Figura 3.8 Corrida de análisis 1 de estabilidad al deslizamiento de la presa.....	84
Figura 3.9 Corrida de análisis 2 de estabilidad al deslizamiento de la presa.....	85
Figura 4.1 Consulta de actividad ambiental	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Matriz de Pugh.....	35
Tabla 2.2 Características del vaso para Alternativa A	35
Tabla 2.3 Características del vaso para Alternativa B	36
Tabla 2.4 Características del vaso para Alternativa C	36
Tabla 2.5 Parámetros generales de la cuenca de drenaje.....	39
Tabla 2.6 Coeficientes de escorrentía para método racional.....	41
Tabla 2.7 Ecuaciones para estación meteorológica San Simón	42
Tabla 2.8 Datos estación Echeandía en Echeandía	43
Tabla 2.9 Caudales obtenidos por distribución estadística de Gumbel.....	44
Tabla 2.10 Poblaciones ecuatorianas y valores del factor Z.....	50
Tabla 2.11 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	50
Tabla 2.12 Propiedades físicas y mecánicas de la roca andesita.....	53
Tabla 2.13 Resultados de ensayos de laboratorio en arcillas	53
Tabla 2.14 Períodos de vibración	57
Tabla 3.1 Coordenadas de ubicación de S.E.V	63
Tabla 3.2 Interpretación SEV03_CH.....	63
Tabla 3.3 Tipo de perfil de suelo según velocidad de corte	64
Tabla 3.4. Datos método Racional.....	65
Tabla 3.5. Resultados tiempo de concentración]	66
Tabla 3.6. Resultados método racional.....	66
Tabla 3.7 Resultados distribución estadística de Gumbel	66
Tabla 3.8. Resultado tránsito de avenidas a 11 m	67
Tabla 3.9 Detalles del diseño de la presa	68
Tabla 3.10 Cálculo de peso propio por metro	70
Tabla 3.11 Datos iniciales.....	71
Tabla 3.12 Cargas actuantes sobre la estructura	73
Tabla 3.13 Resultados obtenidos análisis en SAP2000.....	74
Tabla 3.14 Resultados refuerzo longitudinal y transversal.....	74
Tabla 3.15 Resultados	75
Tabla 3.16 Detalles de diseño de aliviadero	76
Tabla 3.17 Detalle de acero en aliviadero.....	77

Tabla 3.18 Estudio hidráulico aliviadero	78
Tabla 3.19 Combinación N21.....	86
Tabla 3.20 Cálculo del coeficiente de deslizamiento para N21	86
Tabla 3.21 Combinación A23.....	87
Tabla 3.22 Cálculo del coeficiente de deslizamiento para A23.....	87
Tabla 3.23 Momentos N21	87
Tabla 3.24 Momentos A23.....	89
Tabla 4.1 Identificación de impactos ambientales.....	95
Tabla 4.2 Matriz de Lázaro Lago	97
Tabla 4.3 Criterios cualificadores de la Matriz de Lázaro Lago	99
Tabla 4.4 Criterios cuantificadores de la Matriz de Lázaro Lago	99
Tabla 4.5 Matriz de Lázaro Lago	101
Tabla 4.6 Medidas de prevención y/o corrección de impacto ambiental.....	102
Tabla 5.1 Presupuesto de la obra	107

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Implantación general
- PLANO 2 Planta de presa y aliviadero
- PLANO 3 Detalles de perfiles
- PLANO 4 Detallamiento estructural de pantalla de hormigón
- PLANO 5 Detallamiento estructural de aliviadero, compuerta y rejilla

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso natural más abundante en el planeta, el cual es aprovechado por las especies vegetales y animales para su crecimiento y desarrollo, siendo este a su vez, el que más limitantes presenta debido al gran volumen de absorción requerido durante las actividades de agricultura y ganadería (Muñoz F., 2009).

Durante la época de estiaje se producen efectos negativos que afectan de manera directa a la agricultura y ganadería, ocasionando restricciones en cuanto a su producción y disponibilidad. Esta reducción de caudales tiene un fuerte impacto sobre la actividad agropecuaria y económica que conlleva al desempleo y a su vez a movimientos migratorios de la población (Rosabal Ayan L., 2015). Esta desfavorable situación crea la necesidad de construir una obra hidráulica que permita erradicar el problema, destacando el diseño de una presa multipropósito.

Este tipo de obra sirve primordialmente para acumular una gran cantidad de agua, la cual es obtenida durante las épocas de lluvias en donde se producen excesos que son almacenados en los embalses para su posterior aprovechamiento. Estas estructuras son óptimas para sitios que se enfrentan a situaciones de sequía, que restringen sus actividades cotidianas y limitan la producción agropecuaria. Entre los múltiples beneficios que se obtienen al implementar una obra de tal magnitud, está el continuo abastecimiento de agua, lo cual garantiza el riego de cultivos.

En el presente proyecto se plantea el estudio y diseño de una presa multipropósito ubicada en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda, para lo que es indispensable efectuar un análisis topográfico, hidráulico, hidrológico, geotécnico, estructural y ambiental que permitan realizar un diseño óptimo, eficiente y sostenible.

1.1 Antecedentes

Las principales actividades económicas productivas del cantón Guaranda son la agricultura y ganadería, destacando el cultivo y exportación de papa, maíz y habas hacia la costa ecuatoriana. La repercusión económica y demanda de estos productos ha originado el incremento de la frontera agrícola con la finalidad de aumentar su producción, lo que ha provocado una desestabilización de la red de abastecimiento, produciendo déficits hídricos.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del año 2020, una situación alarmante es que aproximadamente el 50.43% de la cobertura total de suelo del cantón, no disponen de un sistema de riego y únicamente un 4.99% cuenta con un riego continuo que beneficia principalmente a las parroquias de Simiatug y Guaranda, lo cual incide de manera negativa en la producción agropecuaria de las parroquias de Guanujo y Julio Moreno.

1.2 Descripción del problema

En el cantón Guaranda, la parroquia urbana Guanujo con 363 km² y la parroquia rural Julio Moreno con 83.7 km² presentan un déficit en el abastecimiento de agua para uso de la agricultura y ganadería, mostrando mayor impacto en los meses entre julio y octubre que corresponden al verano en la sierra ecuatoriana. Debido a este panorama de estiaje se genera una desestabilización en la producción de alimentos de mayor exportación del sector como papa, maíz y habas. Además, disminuye la rentabilidad ganadera debido a la deshidratación y mala alimentación del ganado.

A lo largo de los desniveles y pendientes de las zonas agrícolas se encuentran vertientes tomadas por los agricultores como adjudicaciones para solventar su producción y así evitar las sequías y pérdidas en la cosecha y ganado, sin embargo, el agua utilizada de estas captaciones beneficia únicamente al 15% de la producción.

De acuerdo con el Ing. Willian Manobanda, director de obras públicas del GADCG ya existen obras para el suministro de agua dentro de estas parroquias, sin embargo, no abastecen con la demanda solicitada debido a que el caudal aportado es menor al caudal requerido, manifestando así escasez de volumen almacenado durante la época de

invierno para su uso en el verano. Finalmente, una de las principales limitantes en la ejecución del proyecto son las irregularidades del terreno al tratarse de una zona montañosa y a su vez, debido a la cercanía y a la actividad eruptiva del volcán Sangay las nubes de ceniza obstaculizan el acceso del personal y equipos.

1.3 Justificación del problema

El Municipio del cantón Guaranda, necesita mejorar la problemática descrita, por lo tanto, se plantea realizar el estudio y diseño de una presa multipropósito cuya función principal sea almacenar el agua captada de vertientes, deshielo del Volcán Chimborazo y ríos límites en la zona de El Arenal para proporcionar así la dotación de agua al sector productivo en épocas de estiaje, lo cual facilitará a su vez proyectos futuros para dotar de agua potable a las parroquias de Guanujo y Julio Moreno ya que la red de abastecimiento existente no presenta un funcionamiento óptimo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una presa multipropósito de embalse partiendo de la información técnica básica y especializada recabada en el sector de El Arenal para abastecer de agua en épocas de estiaje al sector agrícola y ganadero de las parroquias Guanujo y Julio Moreno perteneciente al cantón Guaranda.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Definir el sitio de presa, vaso hidráulico y cuenca de drenaje mediante el estudio y análisis del levantamiento topográfico.
2. Realizar un análisis hidrológico e hidráulico para la determinación del caudal de diseño y la caracterización de la cuenca de drenaje.
3. Diseñar la presa, aliviadero y sistema de toma y captación en la que se incluirá la información obtenida en los estudios geológicos, que serán realizados paralelamente.
4. Determinar mediante ensayos de laboratorio los materiales de construcción con características permisibles en base a su permeabilidad y resistencia para la construcción de la presa.

1.5 Información relacionada al área de estudio

1.5.1 Ubicación geográfica

La ciudad de Guaranda o San Pedro de Guaranda es la capital de la provincia de Bolívar. Se ubica a una altitud de 2.668 msnm en el centro de la región interandina a tan solo 220 km de la ciudad de Quito. Limita al norte con la Provincia de Cotopaxi, al sur con Chimbo y San Miguel, al este con el Chimborazo y Tungurahua y al oeste con Las Naves, Caluma y Echeandía (GAD Guaranda, 2016).

Se delimitó un polígono para identificar la zona específica donde se ejecutará el proyecto, esta corresponde a un sector de El Arenal del Volcán Chimborazo en el cual se definió una zona de aproximadamente 2432 ha y cuyas coordenadas se especifican en la tabla de la Figura 1.1.

1.5.2 División política

El cantón Guaranda se compone por 3 parroquias urbanas y 8 parroquias rurales, las cuales conforman los 1887.8 km² de superficie que abarca este cantón (Alcaldía de Guaranda, 2021).



Figura 1.1 Mapa Político y Ubicación del cantón Guaranda [Guzmán & Navia, 2021]

1.5.3 Geología e hidrogeología

La ciudad de Guaranda está ubicada en la zona de transición entre la sierra y la costa que ha sido denominada por Escorza (1993) como la “Depresión Guaranda”, en donde es posible encontrar diversas características geomorfológicas, que incluye a los volcánicos cuaternarios indiferenciados y al basamento que está constituido por rocas volcánicas básicas e intermedias que presentan características de impermeabilidad y dureza y conforman al estrato inferior, la cobertura está formada por rocas piroclásticas y lahares (Portuguez & Mena, 2011).

1.5.4 Topografía

El cantón Guaranda se encuentra representado por un relieve irregular en donde las altitudes oscilan entre 2480 y 4400 metros (IGM ECUADOR, 2020). Dado que el sector de ejecución del proyecto se encuentra próximo al lugar más alto del Ecuador como lo es el Volcán Chimborazo con 6263.47 metros, se abarcan dentro del proyecto cotas muy altas que oscilan entre 3360 hasta 4400 metros siendo estas altitudes representativas de la cordillera interandina de la región sierra ecuatoriana.

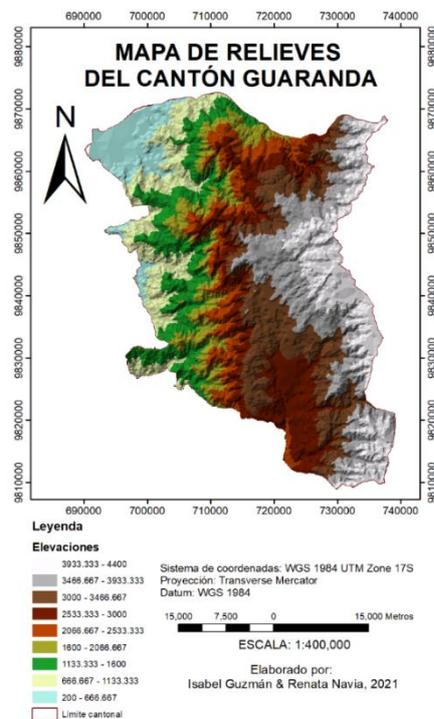


Figura 1.2 Mapa de relieves del cantón Guaranda [Guzmán & Navia, 2021]

1.5.5 Hidrografía

El cantón Guaranda se encuentra bañado por los ríos Salinas e Illangama (Guaranda) los cuales descienden en forma de vertientes desde los páramos del volcán Chimborazo. Según información obtenida de la Secretaría Nacional de Riesgos, estos ríos forman parte de la subcuenca hidrográfica Río Yaguachi la cual a su vez forma parte de la cuenca del río Guayas.

Según investigaciones realizadas por la Universidad Estatal de Bolívar el agua de estos ríos se seca en los páramos de Bolívar debido a la erosión y a la mala gestión de desechos y residuos.

1.5.6 Hidrología

Los valores de precipitación se obtuvieron en base a los datos proporcionados por el INAMHI de la estación meteorológica más cercana a la zona de ejecución del proyecto. Los rangos de pluviosidad del cantón Guaranda oscilan entre 750 y 1250 mm anuales.

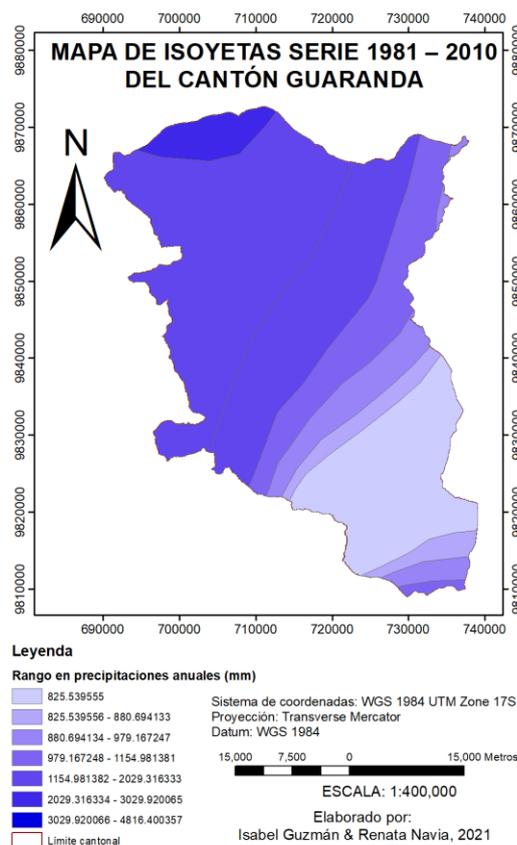


Figura 1.3 Mapa de Isoyetas serie 1981 – 2021 del cantón Guaranda [Guzmán & Navia, 2021]

1.5.7 Clima

El Cantón Guaranda presenta fluctuaciones debido a las diferentes altitudes que se tienen en la zona, esto ocasiona una variabilidad de entre 200 a 500 milímetros anuales de precipitación y las temperaturas pueden cambiar de acuerdo con las condiciones ambientales entre 2°C, 10°C, 18°C y 24°C (Castro Pilco J., 2013).

Tiene una diversidad de climas y microclimas, los cuales fluctúan desde el páramo hasta la zona subtropical, con temperaturas que van desde los 15°C hasta los 21°C (GAD Guaranda, 2016).

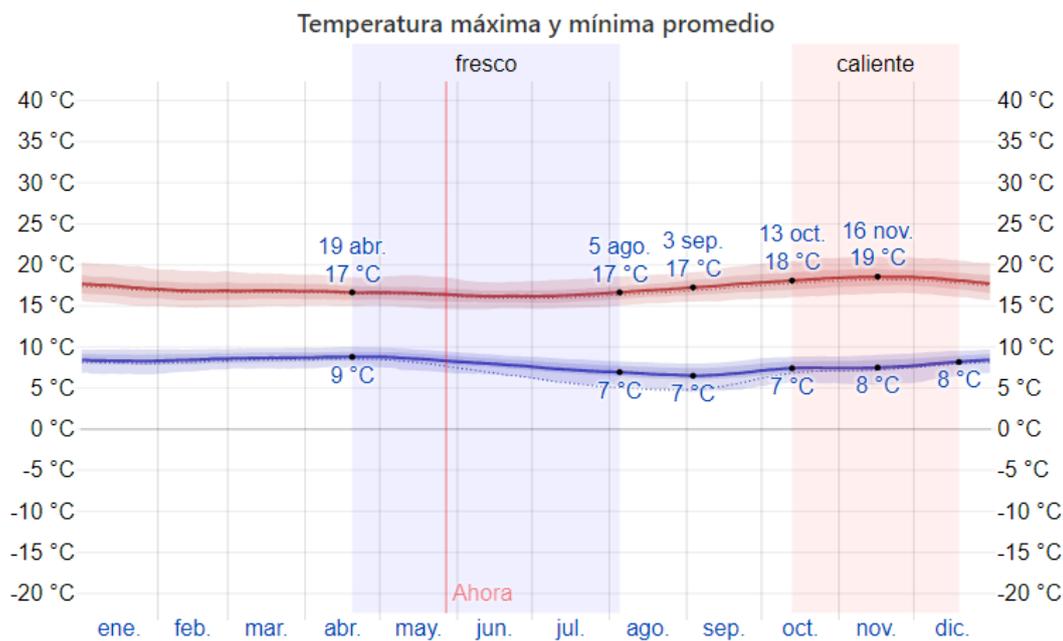


Figura 1.4 Temperatura máxima y mínima promedio del cantón Guaranda [Weather Spark, 2021]

1.5.8 Flora y fauna

Con respecto a la flora en El Arenal se puede mencionar que la vida silvestre en este sitio es escasa, debido a que se trata de un desierto interior del valle interandino por las características que presenta. Existen reducidos sectores en donde es posible encontrar plantas características del páramo que forman cojines.

En lo que concierne a la fauna, en El Arenal habitan curiquingues que son aves similares al buitre, usados como simbolismo para los pueblos mitológicos de la sierra. La presencia de esta especie sugiere la existencia de roedores y reptiles, debido a que los curiquingues se alimentan de estos. Fuera de los límites del Arenal se puede encontrar

criaderos de llamas, las cuales son introducidas a los páramos de la región interandina. (Go Raymi, 2019).

Cómo se puede notar la flora y fauna en el sitio de estudio es limitada, lo cual se atribuye a las condiciones climatológicas y topográficas del sector.

1.5.9 Uso y cobertura de suelo

Según un análisis cantonal realizado por el GAD se identificó que los suelos que predominan son: pasto cultivado (26%), cultivos de ciclo corto (22%) y páramo (19%) (GAD Guaranda, 2016).

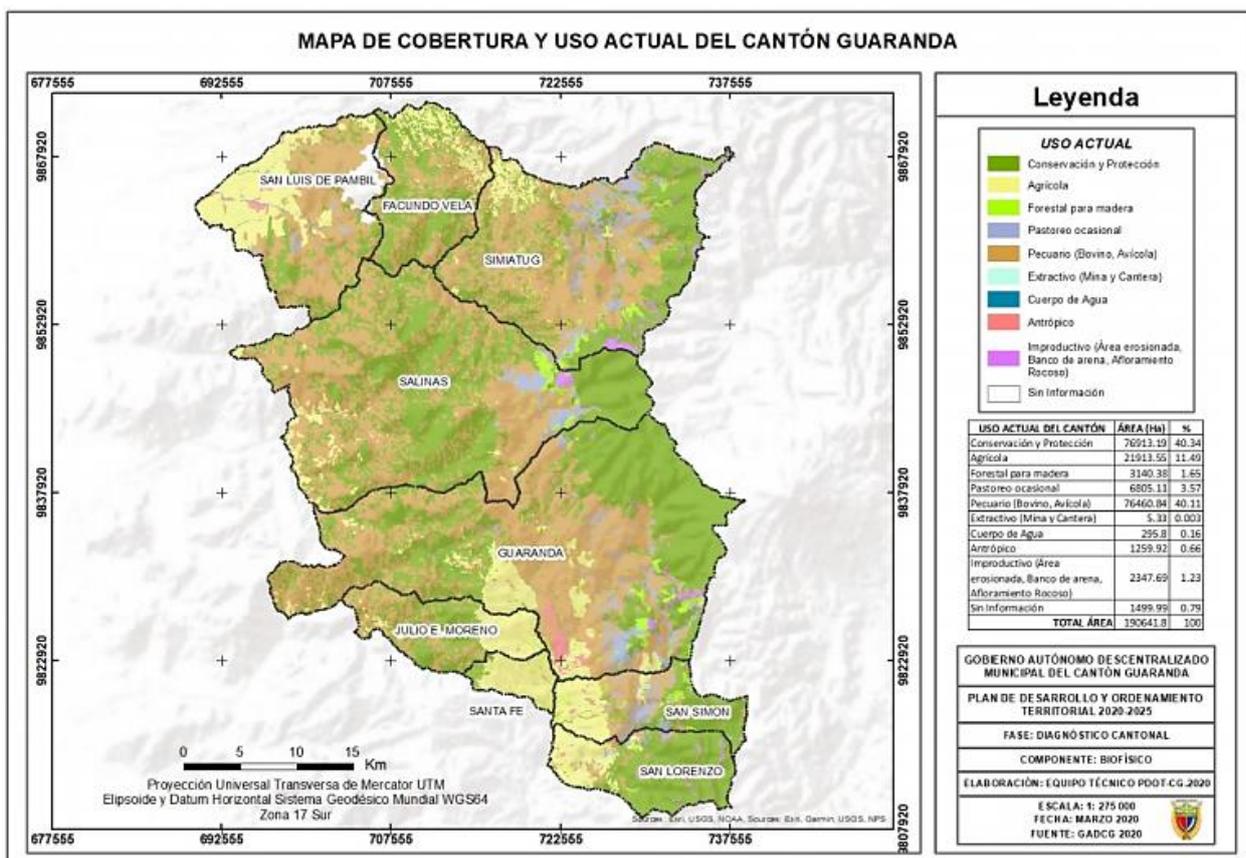


Figura 1.5 Mapa de cobertura y uso actual del cantón Guaranda [GAD Guaranda, 2016]

1.5.10 Índices poblacionales

En base a la información del INEC (2010), el cantón Guaranda posee una población de 91.877 personas lo cual representa el 50% de la población total de la provincia de Bolívar. Este cantón cumple un rol estratégico en la economía del país ya que basa su patrimonio

en las actividades agropecuarias, reflejando que un 74% de su población está asentada en parroquias rurales y dirige un 60% de su suelo a la producción. Esta población se caracteriza por un crecimiento lento en sus zonas rurales, sin embargo, su zona urbana posee una alta tasa de crecimiento poblacional. (Secretaría Nacional de Riesgos, 2013)

1.6 Fundamentación teórica

1.6.1 Tipos de presas consideradas para el diseño

- **Presa de hormigón:** Constituida principalmente por hormigón, con un refuerzo adicional de acero para garantizar resistencia frente a la acción de la presión del agua. Su diseño puede ser de arco, gravedad y gravedad de arco (Structuralia, 2018).

La presa de hormigón con forma de arco consiste en un diseño similar a una cortina curva de espesor delgado, posee un refuerzo de acero y en esta estructura su concavidad va en el sentido de la curva de flujo. La cortina delgada de hormigón debe estar en la capacidad de soportar la presión del agua que alberga detrás (Structuralia, 2018).



Figura 1.6 Presa de hormigón en forma de arco Hoover Dam, Nevada-Arizona [Bureau of reclamation, 2017]

La presa de gravedad posee gran vida útil, su resistencia va a estar en función del peso propio el cual será el encargado de brindar resistencia contra la presión ejercida por el agua. Es vital que el suelo sobre el cual se construya la estructura sea estable y resistente debido a que el empuje generado por el agua se distribuye directamente sobre este. Su diseño se asemeja a un triángulo isósceles, en donde

el espesor del muro disminuye a medida que se acerca al punto más alto, esto se justifica debido a que en la base la presa tendrá que resistir una mayor fuerza (Alhuay F., 2018).



Figura 1.7 Presa de gravedad Neyyar dam, Kerala-India del sur [Alamy, 2010]

Con respecto a la presa de gravedad con arco se puede mencionar que es una combinación de las 2 descritas anteriormente.

- **Presa de arcilla con materiales sueltos:** El cuerpo de la presa estará constituido en su totalidad por arcilla, durante su proceso constructivo este material es colocado y compactado directamente en el sitio de ejecución del proyecto. En comparación a los otros tipos de presas, estas resultan más económicas, debido a que para su construcción se puede hacer uso del material presente en el terreno donde irá la estructura. Al ser de materiales sueltos no van a producir presiones grandes sobre el terreno de fundación (Structuralia, 2018).



Figura 1.8 Presa de materiales sueltos W.A.C, España [Structuralia, 2018]

- **Presa mixta:** Para su diseño se combinan los materiales y características de los diferentes tipos de presas.

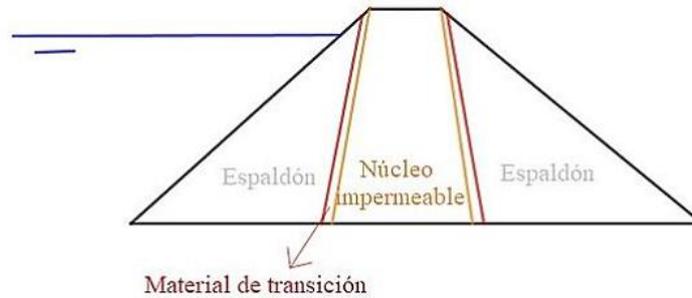


Figura 1.9 Presa mixta con núcleo impermeable

1.6.1.1 Tipos de presas de tierra

Se escogen en base al tipo de material que se encuentre cercano al sitio de proyecto y las propiedades que tenga el terreno sobre el que se asienta la cimentación. Este material debe ser resistente e impermeable. A continuación, se muestran los tipos de presas de tierra:

- **Secciones homogéneas:** Conformada por un solo material.
- **Sección graduada:** Cuando está compuesta por materiales de diferentes permeabilidades, en donde se crean cortinas de sección graduada.
- **Sección de enrocamiento con corazón impermeable:** Presas cuyas secciones están compuestas por espaldones verticales o inclinados para garantizar estabilidad en la estructura. Los filtros son empleados para brindar protección al corazón. En el caso de que los respaldos sean de material granular tal como grava o arena los filtros pierden funcionalidad y se suprimen.

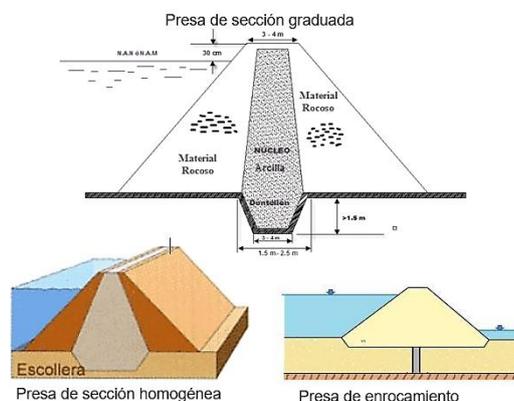


Figura 1.10 Tipos de presa de tierra

1.6.2 Partes de una presa

- **Vertedor de excedencia:** Regula el nivel de agua para evitar que sobrepase a la cortina y escurra aguas debajo de la estructura. Cumple con la función de aliviar al vaso, evitando eventos catastróficos. Se recomienda que sean elaboradas a base de hormigón cuando se trate de obras de menor tamaño.
- **Drenes:** Sección conformada por material altamente permeable que permite la estabilización y canalización del flujo de agua, con lo que se evita la formación de arrastre de material. Recomendados para secciones homogéneas y su permeabilidad deber ser 100 veces más grande que el material más impermeable presente en la estructura.
- **Filtros:** Sirven de dren a la estructura, por lo que deben ser lo suficientemente permeables para brindarle protección. Un factor por considerar es el tamaño de los vacíos que presentan, los cuales deben ser lo más pequeños posibles a fin de evitar el paso del suelo a través de estos.
- **Corazón impermeable:** Parte que garantiza que la presa sea estanca, ubicada en la cortina de la estructura.
- **Pozos de alivio:** Se ubican aguas abajo del talud a una profundidad de 50 cm a 1 m, cumplen con la función de aliviar la presión generada por la alternación entre capas impermeables y permeables. Poseen un tubo ranurado con un diámetro que varía entre 20 cm a 40 cm, el cual está limitado por un filtro.
- **Obras de toma:** Elaborados con concreto, son considerados como elementos frágiles en las presas, estos pueden ser desarrollados en túneles o tubos que traspasen la cortina de agua.
- **Muros de retención:** Diseñados con el propósito de dividir tanto a los elementos estructurales como a las cortinas del vertedor.

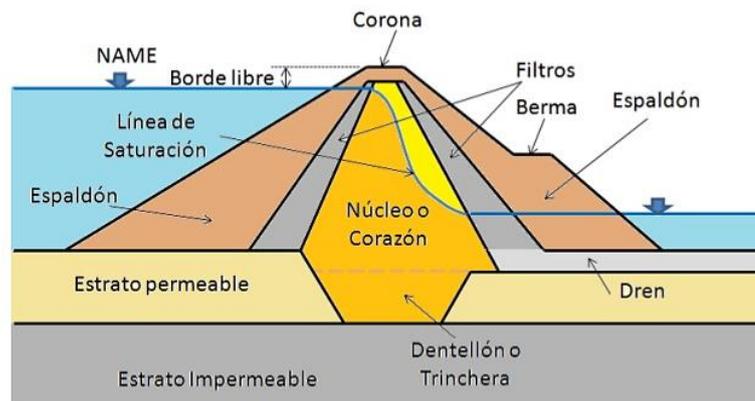


Figura 1.11 Partes de una presa [Structuralia, 2018]

1.6.3 Estabilidad durante terremotos

Las cargas sísmicas producen esfuerzos tangenciales de gran magnitud que son las causantes de las fallas en las presas hidráulicas. Por otro lado, las fallas principales se generan debido a la reducción o pérdida de resistencia cuando ocurre la aplicación de las cargas cíclicas (Terreros C., 2011).

Durante los cálculos para la obtención del factor de seguridad de un talud se debe considerar la influencia de la fuerza sísmica, la cual es proporcional al peso de la masa multiplicado por un coeficiente sísmico. Por su parte, el factor de seguridad se obtiene aplicando el método de Newark, el cual depende del suelo.

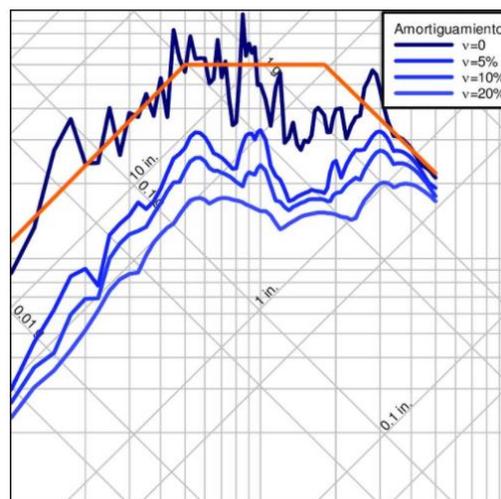


Figura 1.12 Representación espectral de Newark [Terreros, 2011]

1.6.4 Normas de diseño

Para el diseño de presas y embalses en Ecuador se considera las siguientes normativas locales:

- Resolución 005-CNC-2012 para la ejecución de obras de dragado, relleno hidráulico, limpieza de ríos, presas, embalses y esteros
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (Art.10, LORHUAA)
- Ley de Gestión Ambiental (Ley de Gestión Ambiental, 1999)
- Norma ecuatoriana de la construcción (NEC, 2015)
- Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente – TULSMA (Ministerio del Ambiente y Agua, 2015)

1.6.5 Historia de las presas

La construcción de las presas tuvo su origen en la antigüedad hasta las civilizaciones pioneras pertenecientes al medio y lejano oriente. La primera obra hidráulica construida en el mundo fue la presa Kaffara en Egipto en el 2600 a.C, la cual tiene una altura de 14 m, 130 m de longitud en coronación y un espesor entre 56 m a 98 m en la base, y cuya estructura fue elaborada con piedra en una zona central que estaba rellena con material suelto limitado. Esta presa está ubicada sobre el Wadi El-Garawi, aproximadamente a unos 6 km al sur de la ciudad de Helwan. El cuerpo de la presa está conformado por un núcleo central que ha sido elaborado a partir de un material granular compactado, que consiste en una mezcla de gravas y arenas, entre dos rellenos de origen pétreo o a base de piedras de tamaño mediano. Por otro lado, el paramento aguas arribas está revestido por una sillería escalonada mediana de dimensiones 0,25 x 0,50 m con 0,30 m de huella, que le brinda a la presa un diseño más característico. En este paramento las 8 primeras hiladas han sido construidas con roca caliza y los 23 restantes son de un material diferente que consiste en piedra caliza de naturaleza magrosa. El predraplén de relleno que conforma a la capa intermedia que constituye a los espaldones fue elaborado por una amalgama de piedras de diversos tamaños que no poseen material aglomerante. Se piensa que esta presa fue construida con la finalidad de proporcionar un sistema de abastecimiento humano, lo que se sustenta con la presencia de canteras de explotación de material caliza justo en la zona aguas debajo de la presa, en donde la población no

tenía acceso al agua, haciendo indispensable la construcción de esta obra para poder abastecer de agua a todas las personas (Castillo J., Cervelló J., et al., 2007).



Figura 1.13 Vista general del paramento aguas arriba de la presa Kaffara [Castillo J., Cervelló J., et al., 2007]

1.6.6 Proyectos relacionados con presas

Inaugurada el 31 de diciembre de 1930 en la comarca de Noruega en España, extendiéndose 140 ha por el río Segre se encuentra la presa mixta de Sant Llorenç de Mongai o San Lorenzo Mongay considerada Reserva Natural de fauna salvaje, la cual posee una profundidad de 10 m de hormigón y entre 2 - 3 metros de tierra. En lo que respecta al embalse, se tiene una altura aproximada de 18m y presenta variaciones de nivel y diferencias de agua que van de 1.3 a 9 hm³. Durante su construcción fueron incluidos 2 aliviaderos de compuerta con una capacidad de 3.680,00 m³/s. Es una obra destinada al riego y abastecimiento de agua potable, con caudal de aportación de 8 m³/s y longitud de coronación de 944 m, para el margen izquierdo de Segre (Geo Portal, 2012).

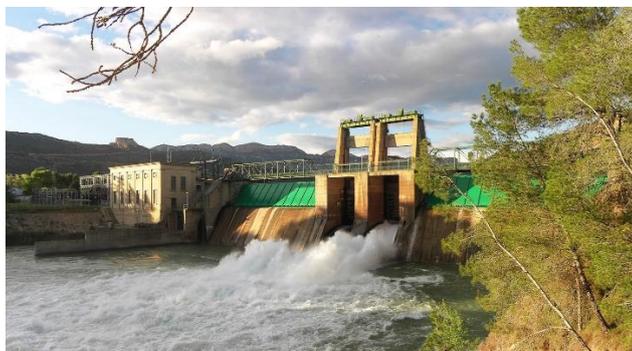


Figura 1.14 Presa mixta de Sant Llorenç de Mongai [Geo Portal, 2012]

Ecuador cuenta con obras hidráulicas de gran envergadura, de los que se puede mencionar a la presa Daule Peripa que forma parte del Proyecto Múltiple “Jaime Roldós Aguilera”, ubicada entre la provincia del Guayas y Manabí. La construcción de esta presa inició en 1982 y finalizó en febrero de 1988. Conformado por un terraplén de 78 metros que se extiende a lo largo del lecho del río Peripa, incluye un embalse con una capacidad de almacenamiento 60 veces mayor al de Poza Honda, que posee alrededor de 86 millones de m³, lo que favorece a una mayor captación del agua proveniente de la subcuenca del río Daule (Proaño G., 1975).

El área inundada del embalse se encuentra distribuida entre 4 provincias de la Costa Ecuatoriana, como lo son: Los Ríos, Manabí, Santo Domingo y Guayas. Posee una gran capacidad de almacenamiento que fluctúa entre los seis mil millones de metros cúbicos de agua, ocupando un total de 34.000 ha de tierra. Para su descarga la presa tiene incorporado dos túneles, que tienen un diámetro de 9 m y son capaces de verter un volumen de 450 m³/s, estos fueron implementados con la finalidad de poder regular el nivel y captación de agua del Río Daule. Para poder evacuar y tener un mejor control del nivel de agua almacenado en el reservorio, la presa fue construida con un aliviadero que permite la descarga de un caudal máximo de 14,350 m³/s (CELEC EP, 2013).

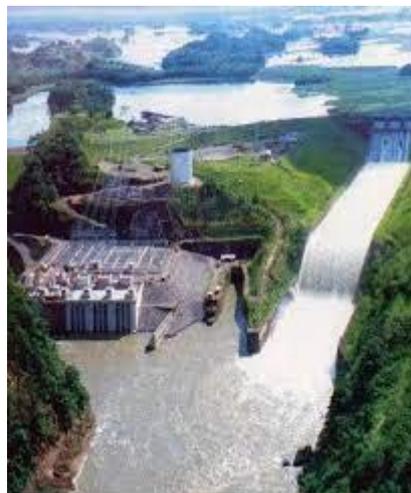


Figura 1.15 Presa Daule Peripa [CELEC EP, 2013]

1.6.7 Consideraciones geotécnicas

Para la construcción de una presa es necesario analizar las condiciones geotécnicas asociadas al terreno, lo que constituye un aspecto importante por considerar para el

diseño apropiado de los componentes estructurales del proyecto. Entre las consideraciones geotécnicas se tienen:

- Geomorfología del terreno.
- Disponibilidad de los materiales de construcción y su cercanía con el eje de presa.
- Riesgos geológicos activos.
- Altura de presa.
- Características de los aluviones.

El tipo de presa a escoger depende principalmente de las características del sitio, el análisis de los materiales utilizados para su construcción y por lo general nunca dos cerradas van a tener la misma geología, por este motivo se debe considerar el criterio geotécnico (Chávez J., 2021).

Para controlar el comportamiento de una presa se recurre a criterios geotécnicos, considerados para definir la cimentación e impermeabilización del subsuelo. Se debe analizar el efecto del envejecimiento de los materiales implementados para la construcción de la cimentación, con la finalidad de garantizar seguridad a la estructura. El impacto ocasionado por el envejecimiento de los materiales genera variaciones en la composición y propiedades del terreno, lo que repercute en afectación de la estructura (Llanos J., 2013).

1.6.8 Consideraciones sísmicas

La construcción de presas de gran magnitud requiere el análisis sísmico, el cual estará en función del desplazamiento que presentan las fallas geológicas del cauce del río sobre el cual se asienta la estructura. Estos desplazamientos ocasionan severos daños en la presa, lo que puede desencadenar en un colapso. El movimiento sísmico da lugar a vibraciones fuertes que afectan directamente al cuerpo y cimentación de la presa, olas de gran magnitud que sobrepasan la cresta y deslizamiento de la ladera que provoca desprendimiento de material que cae dentro del embalse y ocasiona un rebose sobre la cresta (Ferrer D., 2015).

1.6.9 Consideraciones hidráulicas

Durante la construcción de la estructura se debe facilitar la desviación y derivación del cauce, lo que depende del sitio seleccionado sobre el cual estará asentada la presa. En

caso de que el cauce sea navegable, se considera una longitud tal que permita la adecuada ubicación del vertedero y esclusas (Calasich R., 2011).

Mediante un proyecto realizado entre COOPI y OXFAM, se han establecido mapas zonificados con indicadores que muestran las amenazas naturales que afectaron a Ecuador en los últimos 10 años, las cuales se enlistan a continuación:

- Terremotos.
- Erupciones volcánicas.
- Inundaciones.
- Sequías.
- Derrumbes.
- Tsunamis.
- Erosión.
- Socavación.

Con respecto a los fenómenos ocurridos, considerados catastróficos, se produjeron fuertes desequilibrios económicos, sociales y ambientales con consecuencias a largo término. Los que están condicionados por precipitaciones recurrentes, intensidad de lluvia elevada, formaciones geológicas sensibles a la erosión, entre otros (Florent R., 2001).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para este trabajo se dividió en cuatro etapas secuenciales, mediante las cuales se recabó la información necesaria para iniciar con el desarrollo del proyecto.

En la primera etapa se llevaron a cabo campañas de campo para reconocer los sectores estratégicos donde podría ubicarse la presa y las diferentes vertientes provenientes del Chimborazo, para conocer la información técnica del sector fue indispensable la realización de topografía por parte del Municipio del cantón de Guaranda, en donde paralelo a esto se recopiló una gran cantidad de información que sirviese como punto de partida para las siguientes etapas. El software utilizado durante esta etapa para el análisis de las curvas de nivel fue Civil 3D, con lo que se estableció el eje de la presa y se obtuvieron los perfiles longitudinales y transversales.

La segunda etapa se basó en el estudio hidrológico, para lo que se tuvo que delimitar el vaso hidráulico, la cuenca de drenaje y ubicar las estaciones meteorológicas cercanas utilizando el software ArcMap. Con los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas se pudo calcular el caudal máximo de diseño a diferentes alturas para luego escoger el óptimo. Para el análisis hidrológico se empleó el software SISTAE.

La tercera etapa consistió en la selección del tipo de presa, se pensó en usar una homogénea o heterogénea dependiendo de los resultados obtenidos mediante el reporte geológico o de los materiales presentes en el área de estudio que pudiesen ser aprovechados para la construcción de esta. Luego, se diseñó el aliviadero cuya altura dependía del caudal máximo de diseño seleccionado durante la segunda etapa.

Finalmente, en la cuarta etapa se tuvo que diseñar el sistema de captación y elegir el diámetro de la tubería que permitiera recolectar un volumen de agua que cumpla con el caudal de salida escogido durante la segunda etapa. Es indispensable realizar este diseño para poder garantizar un abastecimiento de 12 horas al día con un caudal determinado.

2.1 Determinación de las restricciones

El acceso a la zona de ejecución del proyecto es una de las principales restricciones, el relieve irregular no permite el ingreso de vehículos livianos y pesados por lo que es necesario caminar una larga distancia desde la vía principal a una temperatura que puede variar desde los 7°C hasta los 17°C con presencia de neblina. A su vez, la cercanía y la actividad eruptiva del volcán activo Sangay provoca que se cubra con ceniza grandes extensiones de El Arenal incluyendo el eje de presa.

2.2 Descripción de las alternativas

2.2.1 Parámetros cuantificadores

Utilizando la matriz de Pugh (1990) para la toma de decisiones, se definieron criterios para la cuantificación de alternativas:

- Criterio 1: Necesidad social.
- Criterio 2: Impacto ambiental.
- Criterio 3: Repercusión económica.
- Criterio 4: Condiciones estructurales.
- Criterio 5: Riesgo potencial.

Tabla 2.1 Matriz de Pugh [Guzmán & Navia, 2021]

CRITERIO DE DISEÑO	VALOR	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	ALTERNATIVA C
Criterio 1	2	+	--	++
Criterio 2	3	--	++	+
Criterio 3	3	---	++	+
Criterio 4	2	-	+	-
Criterio 5	3	+++	--	+
+		11	14	13
0		0	0	0
-		17	10	2
RESULTADOS		-6	4	11

2.2.2 Alternativa A

Tabla 2.2 Características del vaso para Alternativa A [Guzmán & Navia, 2021]

Altura del vaso	20	m
Área del vaso	9516.29	m ²
Volumen del vaso	131825.40	m ³

Necesidad social: La alternativa con las características descritas en la Tabla 2.2 aporta un caudal máximo de 0.2 m³/s debido a que no se condiciona la recarga natural del vaso.

Impacto ambiental: Contaminación por material emitido durante métodos constructivos.

Repercusión económica: Elevados costos de construcción debido a la altura del vaso.

Condiciones estructurales: Componentes estructurales limitados por la altura del vaso.

Riesgo potencial: Reducida afectación por deslizamiento de ladera.

2.2.3 Alternativa B

Tabla 2.3 Características del vaso para Alternativa B [Guzmán & Navia, 2021]

Altura del vaso	8	m
Área del vaso	1523.55	m ²
Volumen del vaso	8152.65	m ³

Necesidad social: La alternativa con las características descritas en la Tabla 2.3 aporta un caudal máximo < 0.2 m³/s.

Impacto ambiental: Reducida contaminación por material emitido durante métodos constructivos.

Repercusión económica: Menores costos de construcción debido a la altura del vaso.

Condiciones estructurales: Componentes estructurales adecuados para la altura del vaso.

Riesgo potencial: Gran afectación por deslizamiento de ladera, posible ahogamiento de la estructura.

2.2.4 Alternativa C

Tabla 2.4 Características del vaso para Alternativa C [Guzmán & Navia, 2021]

Altura del vaso	11	m
Área del vaso	2290.78	m ²
Volumen del vaso	15459.96	m ³

Necesidad social: La alternativa con las características descritas en la Tabla 2.4 aporta un caudal máximo de 0.335 m³/s.

Impacto ambiental: Manejo controlado de recursos y materiales emitidos durante métodos constructivos.

Repercusión económica: Aceptable costos de construcción debido a la altura del vaso.
Condiciones estructurales: Componentes estructurales ideales para la altura del vaso.
Riesgo potencial: Reducida afectación por deslizamiento de ladera.

2.2.5 Selección de alternativa óptima

En base a los resultados obtenidos de la cuantificación de parámetros se definió que la alternativa óptima es la C ya que obtuvo la puntuación más alta en la matriz de Pugh. A su vez, se ajusta a las condiciones sociales, económicas y ambientales requeridas. Es importante también hacer énfasis en que si se selecciona una presa alta se debe verificar que el vaso pueda satisfacer su recarga hidráulica, a su vez, si la selección de la alternativa se dirige a una presa baja, el ahogamiento y desborde podría surgir como problema debido a que en la zona de estudio existe desprendimientos de rocas y otros materiales.

Finalmente, dada la selección de la altura se debe relacionar la misma a la capacidad de los materiales estructurales de trabajar a ciertas alturas, como lo es el caso de los geotextiles que al ser usado en cuerpos de presa debe cumplir un máximo de 11 metros en elevación para obtener un funcionamiento óptimo.

2.3 Área de estudio

La zona de estudio se encuentra dentro del polígono de referencia especificado en la sección 1.5.1, lo cual corresponde a una zona límite entre las provincias de Bolívar y Chimborazo, este consta de un relieve irregular y un cauce formado principalmente de vertientes.

2.3.1 Definición del vaso y sitio de presa

En base a la topografía del sector obtenida en campo, se definió un eje de presa con coordenada UTM Zona 17S 729853E 9839141S y longitud de eje de 55.18 m. A su vez, se definió el vaso hidráulico con cota inicial de 4080 msnm y cota final de 4090 msnm, de lo cual se presentan sus características en la Tabla 2.4.

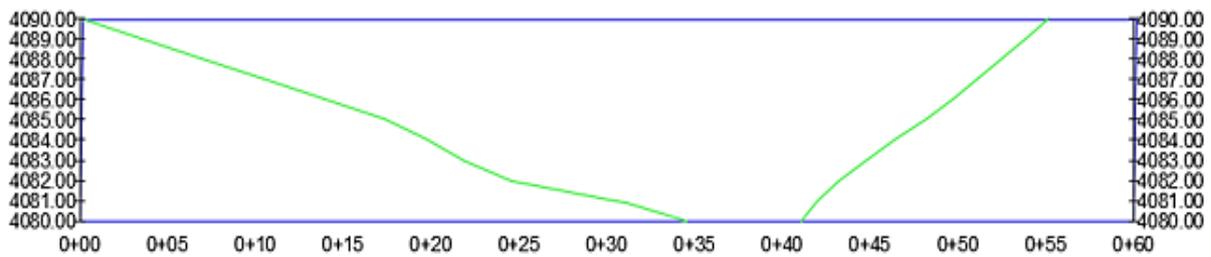


Figura 2.1 Perfil transversal del vaso en el eje de presa [Guzmán & Navia, 2021]

2.3.2 Delimitación de la cuenca de drenaje

La cuenca de drenaje se delimitó en base a la red hidrográfica del sector mediante el modelo de flujo de una superficie de un Modelo de Elevación Digital (DEM) y herramientas hidrológicas de ArcMap. Se encuentra localizada dentro de la zona de estudio ubicada en El Arenal del volcán Chimborazo.

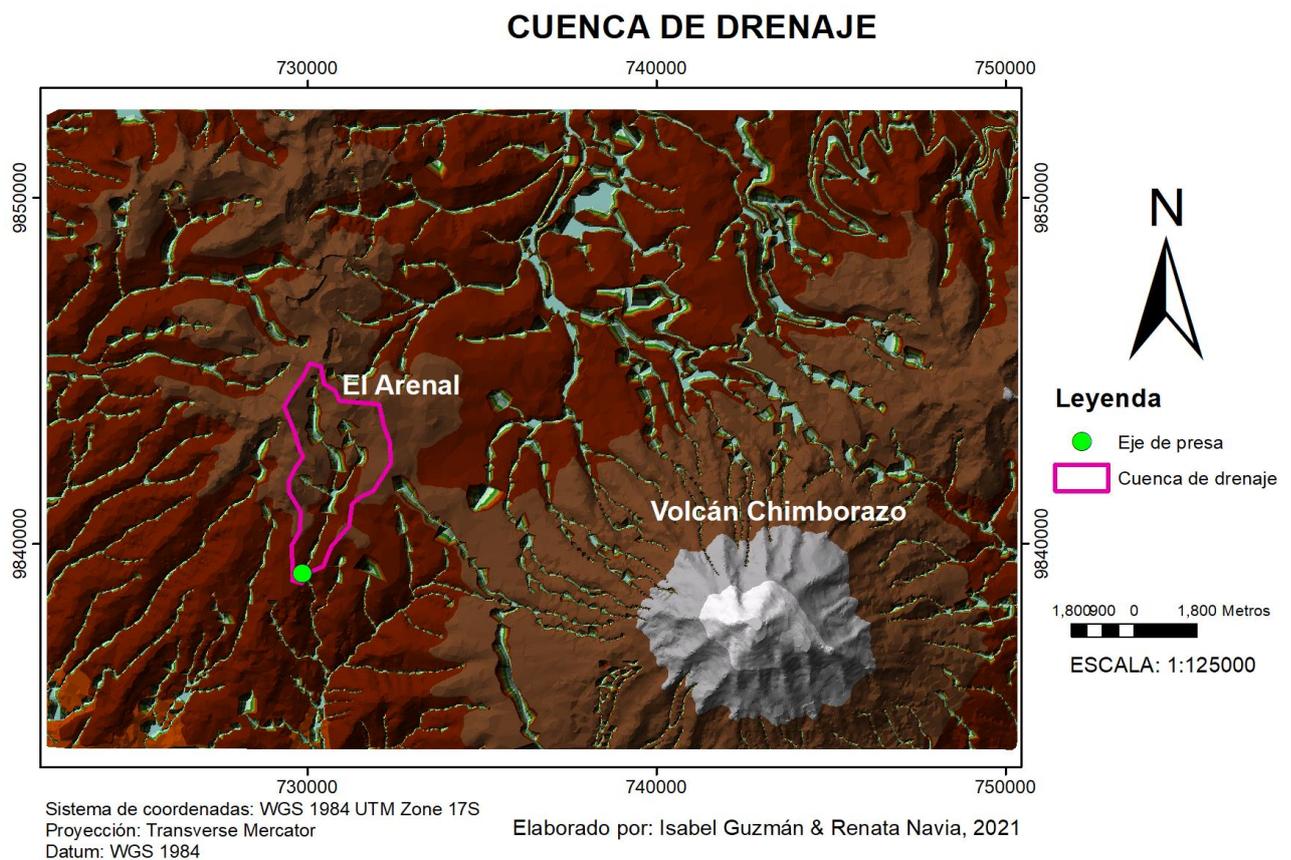


Figura 2.2 Cuenca de drenaje [Guzmán & Navia, 2021]

2.3.3 Parámetros de la cuenca de drenaje

Se delimitaron los parámetros geomorfológicos de una cuenca como parte fundamental del estudio al escurrimiento de una precipitación.

2.3.3.1 Propiedades generales

Estas propiedades se obtuvieron a partir del estudio espacial de la información en el software ArcMap, de lo cual la cuenca delimitada presenta las características especificadas dentro de la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Parámetros generales de la cuenca de drenaje [Guzmán & Navia, 2021]

Área de la cuenca	10.84	km ²
Perímetro de la cuenca	16.06	km
Longitud del cauce	6.25	km
Desnivel de la cuenca	320.00	m

2.3.3.2 Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius

Este coeficiente representa la forma de la superficie según su delimitación. (López Cadenas de Llano, 1998)

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2.1)$$

En base a la ecuación del índice de Gravelius, donde P es el perímetro la cuenca en km y A el área en km² se tiene el siguiente resultado para la cuenca de estudio:

$$Kc = 0.28 \frac{16.06}{\sqrt{10.84}} = 1.37$$

Dado que el valor Kc obtenido tiende a la unidad y no sobrepasa a 2, se tiene una cuenca de forma oval redonda lo cual significa que los tiempos de concentración serán iguales en diferentes puntos de la cuenca.

2.3.3.3 Factor de forma

Este factor considera criterios sobre la extensión de la cuenca, su expresión relaciona el área de la cuenca en km² y la longitud del cauce en km.

$$Ff = \frac{A}{L^2} \quad (2.2)$$

De lo cual para la cuenca de estudio se tiene:

$$Ff = \frac{10.84}{6.25^2} = 0.28$$

La tendencia que se presentaría en la cuenca de drenaje al tener un factor de 0.28 es que su forma es alargada, por lo tanto, no se tiene vulnerabilidad ante crecidas dado que sus descargas son de volumen menor en comparación a otros tipos de forma.

2.3.3.4 Número de orden de la cuenca

El número de orden de la cuenca es un criterio que depende de la cuantificación de los ramales que conforman la red de drenaje natural, dentro de la Figura 2.2 se puede determinar que la cuenca de estudio es de orden 2.

2.3.3.5 Densidad de drenaje

En este parámetro se analiza la longitud total del cauce y el área de la cuenca delimitada y representa la capacidad de escurrimiento respecto a la topografía del sector.

$$Dd = \frac{li}{A} \quad (2.3)$$

Donde li es la longitud total del cauce en Km y es calculado utilizando el software ArcMap.

$$Dd = \frac{9.992}{10.84} = 0.92 \text{ km/km}^2$$

Dado que el valor obtenido es alto y tiende a acercarse a uno representa que la zona de trabajo tiene pendientes fuertes.

2.4 Estudio hidrológico

Mediante el estudio hidrológico recabado se obtuvo información relacionada a la cuenca de drenaje, mediante la aplicación de métodos empíricos y estadísticos se logró estimar el caudal de diseño como factor de incidencia frente al diseño estructural de la presa. A su vez, se realizó un análisis del tránsito de avenida para conocer el caudal de salida que el vaso hidráulico aportará en determinadas horas del día, en base a las necesidades de riego de las parroquias, asegurándose así la recarga natural del vaso.

2.4.1 Método empírico: Método Racional

El método racional es mayormente utilizado para la determinación de caudales máximos que escurrirán en una sección determinada a partir de valores de lluvia de diseño con intensidad constante (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

Se basa en la siguiente expresión:

$$Q = CIA \quad (2.4)$$

Q: Caudal máximo, $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

C: coeficiente de escorrentía medio ponderado de la cuenca, adimensional

I: intensidad de lluvia de diseño, $\left[\frac{m}{s}\right]$

A: área de la cuenca hidrológica, $[m^2]$

Cabe recalcar que este método ignora los efectos de retención temporal del agua ya sea de vertientes, escorrentía superficial y cauces.

2.4.1.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es utilizado para representar la porción de precipitación que es convertida en caudal. Este valor depende de aquellas características del suelo que determinan la infiltración de agua.

Para la determinación del coeficiente de escorrentía usado en el método racional se utilizó la Tabla 2.6 la cual incluye los valores dependiendo de las características de la superficie.

Tabla 2.6 Coeficientes de escorrentía para método racional [Chow, Maidment, & Mays, 1994]

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	1000
Áreas no desarrolladas							
Áreas de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.38	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

2.4.1.2 Intensidad de lluvia

Este método utiliza de manera simultánea tres variables: Intensidad-Frecuencia-Duración. La información de la intensidad de lluvia se encuentra proveída en forma de ecuaciones por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Como parte del estudio hidrológico se seleccionó la estación meteorológica M0030 San Simón.

Tabla 2.7 Ecuaciones para estación meteorológica San Simón [INAMHI, 2015]

Estación		Intervalos de tiempo (minutos)	Ecuaciones	R	R ²
Código	Nombre				
M0030	SAN SIMÓN	5 < 30	$i=174.8695 \cdot T^{0.1457} \cdot t^{-0.459}$	0.9851	0.9704
		30 < 120	$i=589.2026 \cdot T^{0.1703} \cdot t^{-0.8441}$	0.9978	0.9957
		120 < 1440	$i=695.4409 \cdot T^{0.1622} \cdot t^{-0.885}$	0.9981	0.9963

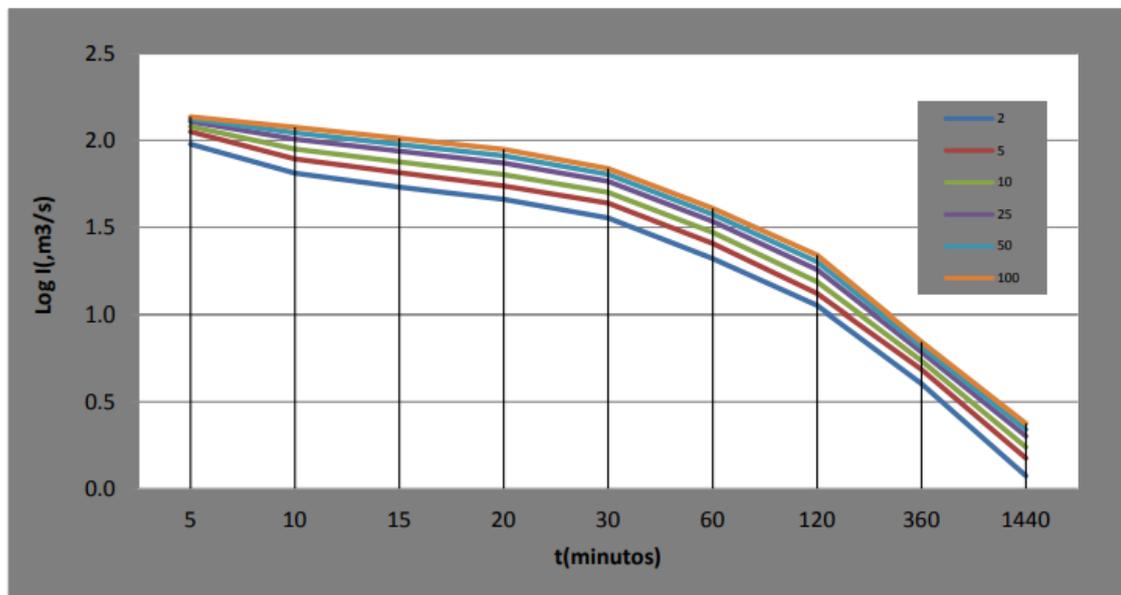


Figura 2.3 Curvas IDF estación meteorológica San Simón [INAMHI, 2015]

2.4.1.3 Tiempo de concentración

Para la determinación del tiempo de concentración se consideraron diferentes métodos de estudio los cuales se detallan a continuación:

Método de Témez

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{i^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (2.5)$$

Tc: tiempo de concentración, [h]

L: longitud del cauce más largo, [km]

i: pendiente media de la cuenca

Método Giandotti

$$Tc = \frac{4*\sqrt{S}+1.5*L}{0.8*\sqrt{H}} \quad (2.6)$$

Tc: tiempo de concentración, [h]

S: superficie de la cuenca, [km²]

L: longitud del cauce más largo, [km]

H: desnivel máximo de la cuenca, [m]

2.4.2 Método estadístico: Distribución Estadística

Los métodos estadísticos utilizados durante un análisis hidrológico se fundamentan en principios matemáticos que siguen el modelo de variación aleatoria con respecto a un grupo de observaciones propias de un proceso (Chow V., Maidment D., et al., 2000).

La distribución de Gumbel se empleó para determinar el caudal de diseño en m³/s considerando diferentes periodos de retorno, se optó por usarla debido a que es la que menor dispersión de datos presenta en comparación con el resto de las distribuciones estadísticas.

El INAMHI es la entidad encargada de la información hidrometeorológica del Ecuador, cuenta con una amplia red de estaciones que proveen datos hidrológicos de diferentes años. Únicamente se consideró una estación para el análisis, debido a su proximidad con la cuenca de drenaje y al hecho de que presenta datos completos de caudales para varios años. La información de la estación seleccionada se muestra en la Tabla 2.8, los datos de caudales fueron obtenidos de los Anuarios Hidrológicos del INAMHI y estos valores corresponden a un periodo entre los años 2000 a 2013, exceptuando el 2004.

Tabla 2.8 Datos estación Echeandía en Echeandía

Código	H0343
Provincia	Bolívar
Propietario	INAMHI
Latitud	-1.425556
Longitud	-79.280000
Altitud	425.00 metros

Tipo	Hidrológica
Estado	Operativa

A continuación, se presenta la Tabla 2.9 de resumen donde se muestran los caudales, a diferentes periodos de retorno, obtenidos con la distribución estadística de Gumbel.

Tabla 2.9 Caudales obtenidos por distribución estadística de Gumbel

Echeandía en Echeandía	
Tr [años]	Q [m3/s]
5	275.42
10	355.83
25	457.44
50	532.82
100	607.64
500	780.55
1000	854.88
10000	1101.68

2.4.3 Tránsito de avenida

Para el estudio del tránsito de avenida se utilizó el software SISTAE, el cual realiza una simulación de embalses en el paso de un hidrograma (hydrobits, 2017). Este software libre se fundamenta en modelos y correlaciones que calculan parámetros necesarios o estima valores mediante interpolaciones. A continuación, se presenta la ecuación en la cual se basa el principio del software.

$$\Delta S = (I - Q) * \Delta t \quad (2.7)$$

S: almacenamiento en función del tiempo

I: Gasto de entrada en función del tiempo

Q: Gasto de salida en función del tiempo

t: tiempo

2.4.4 Filtraciones

El terreno sobre el cual se asentará la presa esta propenso a presentar reducidas áreas donde actúan presiones mayores o menores en comparación a sus alrededores e inclusive pueden existir puntos con pequeñas grietas entre el suelo y la presa. En el caso de que ocurran filtraciones a través de las grietas o puntos de baja presión estos originan canales de flujo que pueden llegar a ser de longitud considerable si existiese erosión en

el sector (Terreros C., 2011). Esta situación anteriormente descrita, conocida como ahuecamiento, puede afectar al empotramiento de la presa.

La erosión se da hacia atrás cuando se origina en el punto de salida del flujo que a su vez ha pasado por debajo o en torno a la presa y esto ocasionada que se forme un canal de flujo, a este fenómeno se lo conoce como tubificación que conlleva al ahuecamiento.

El volumen de filtración depende del coeficiente de permeabilidad de la cimentación, el cual está en función del tamaño y granulometría de las partículas. Para el caso de un suelo homogéneo se lo determina mediante ensayos de laboratorio y si el suelo es heterogéneo se recomienda realizar en campo lo siguiente:

- Pruebas de bombeo: Desde un pozo se bombea agua a caudal constante y se visualiza el descenso del nivel freático mediante pozos que se ubican de manera radial a diferentes distancias con respecto al pozo de bombeo.
- Visualizando la velocidad de flujo de agua teñida a partir de un punto de inyección hacia el pozo de observación.
- Dentro de un barreno o pozo de prueba se observan las filtraciones producidas por una carga constante conforme el agua se va inyectando.
- Utilización de pozos de absorción.

2.5 Características técnicas

2.5.1 Selección del tipo de presa

Una vez escogido el lugar óptimo para el eje de presa, la selección del material depende de las características geológicas de la zona de estudio. Hay varios tipos de presa dependiendo del material empleado para su construcción, entre las alternativas consideradas para este diseño esta la presa de hormigón, presa de arcilla con materiales sueltos y presa mixta.

Uno de los principales criterios a estudiar para la sección del tipo de presa es la geometría y forma del valle, dado que la relación L/H es de 5.07 siendo L la longitud de la corona y H la altura, se determina que el diseño óptimo es una presa heterogénea la cual debe estar compuesta por hormigón y materiales procedentes de las proximidades del emplazamiento.

2.5.2 Accesibilidad del material

Se ha determinado según la cartografía base del Chimborazo proporcionada por el Geo portal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador del año 2020, que cerca de la zona de ejecución del proyecto se localizan dos sectores con explotación minera a cielo abierto de rocas industriales, ornamentales. La cantera uno se encuentra a una distancia de 7.79 km y la cantera dos a 8.41 km, la ubicación de las canteras junto a sus coordenadas UTM se presentan dentro de la Figura 2.4.

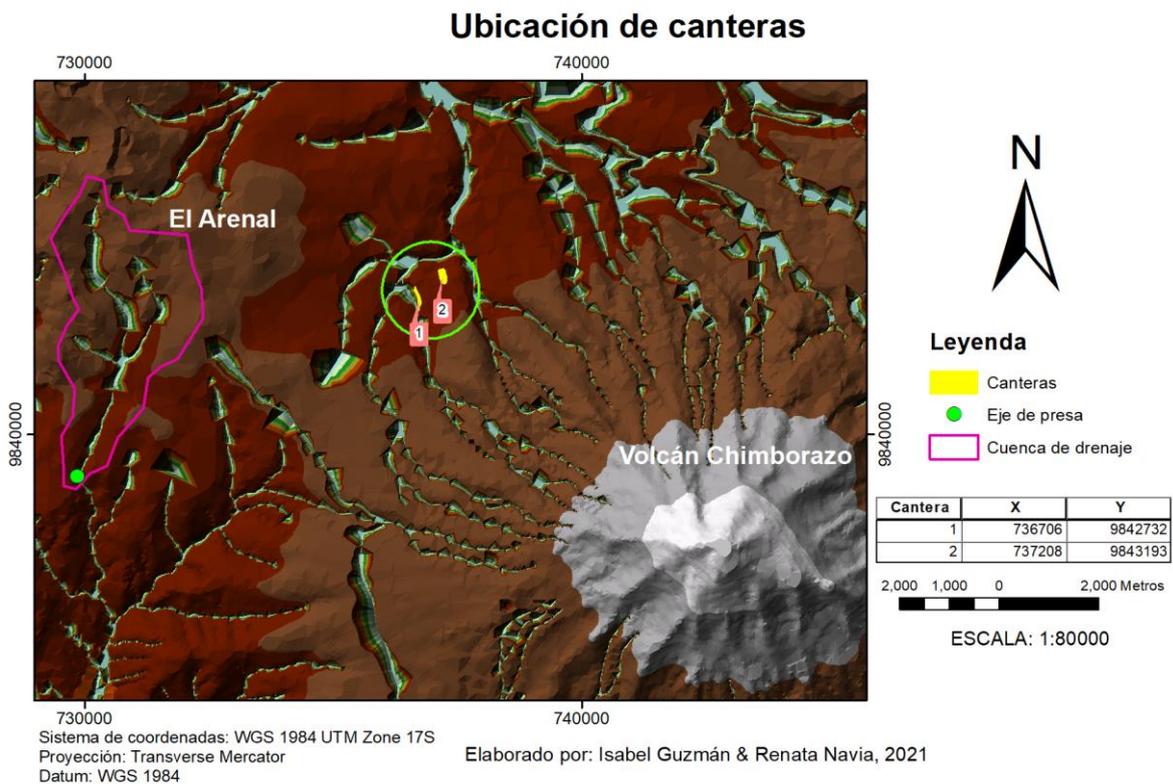


Figura 2.4 Ubicación de canteras cercanas a la zona de estudio [Guzmán & Navia, 2021]

A su vez, mediante las campañas de campo con fines geológicos se presenciaron cuatro tipos de materiales que pueden ser utilizados como materiales de construcción de la presa, el primer material corresponde a andesitas porfíricas las cuales presentan alineamientos, el segundo material corresponde a arcilla oscura los cuales podrían ser posibles puntos de filtración, el tercer material corresponde a arcilla con presencia de ceniza oxidada y finalmente arena. En la Figura 2.5 se presentan los materiales de construcción con sus respectivas coordenadas y distancia con relación al eje de presa.

Materiales de construcción encontrados en la cuenca de drenaje

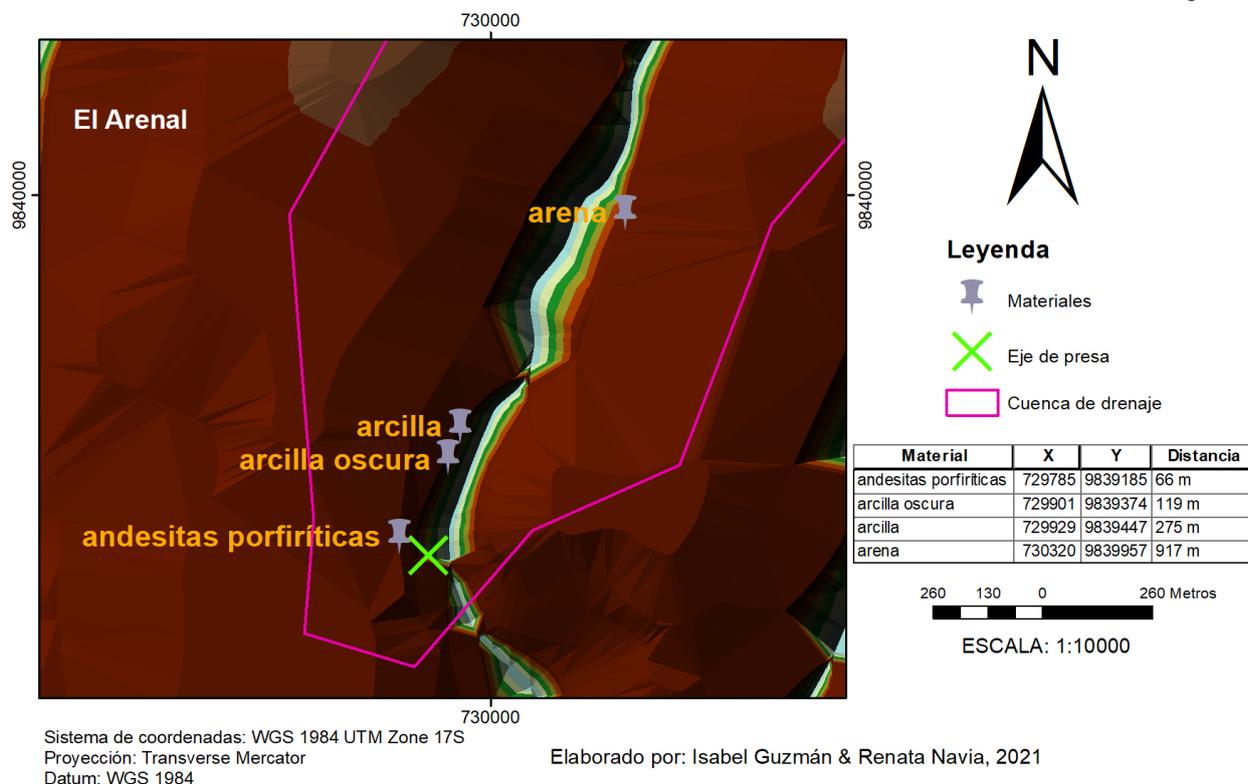


Figura 2.5 Materiales de construcción encontrados dentro de la cuenca de drenaje [Guzmán & Navia, 2021]

2.5.3 Composición del suelo

Según el estudio geológico paralelo, se ha determinado que la zona de estudio corresponde a la Formación Pisayambo (Plioceno) y Pisoclásticos del Chimborazo.

La formación Pisayambo cubre grandes áreas de la Cordillera Andina central ecuatoriana y consisten en una extensa secuencia volcánica conformada por aglomerados y lavas andesíticas (Baldock, 1982).

En cuanto a los piroclastos del Chimborazo se encuentra conformado principalmente por tobas volcánicas de grano grueso de estratificación horizontal con presencia de compuestos andesíticos, lo cual representa la actividad volcánica inactiva del Chimborazo.

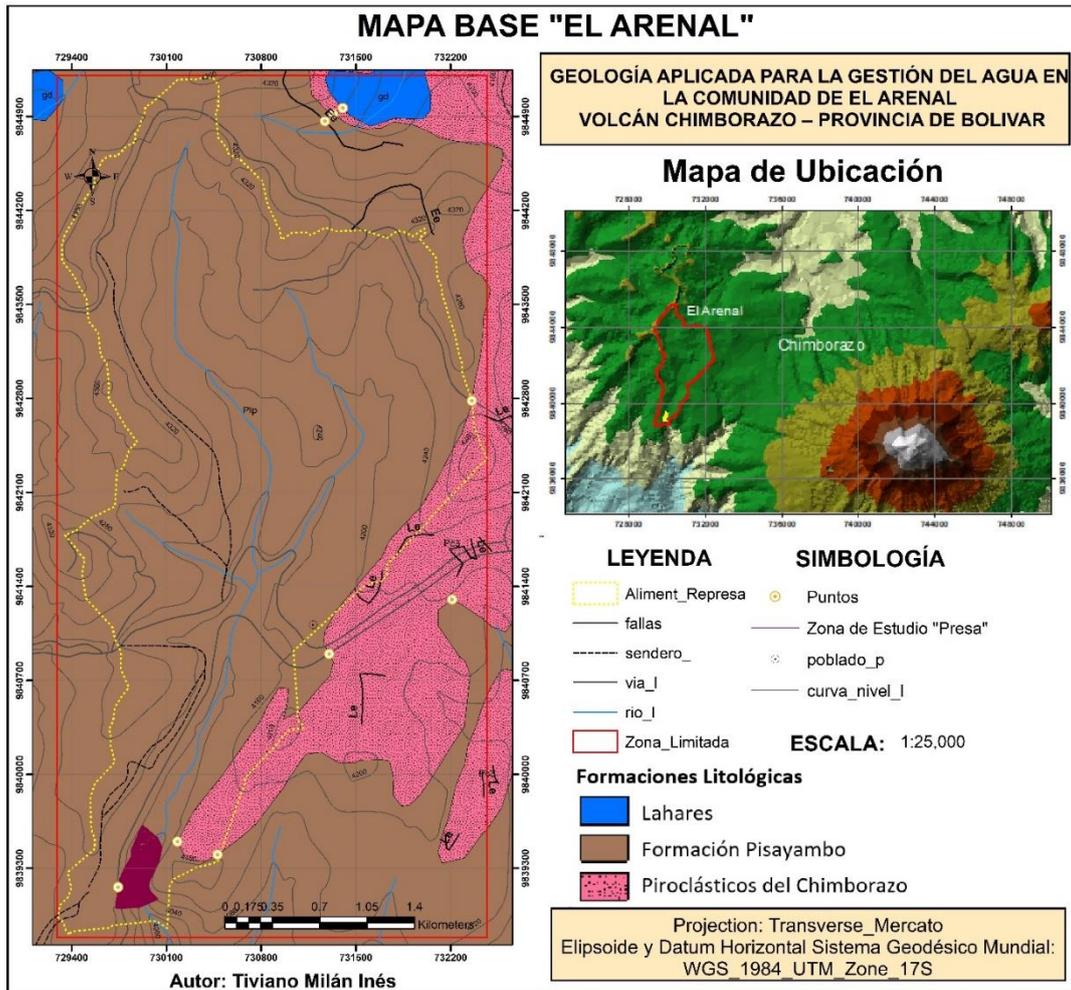


Figura 2.6 Formación litológica de la zona de estudio [Tiviano, 2021]

A su vez, se realizó el reconocimiento de materiales que constituyen el suelo que corresponde a la zona de ejecución del proyecto mediante combinaciones de bandas de imágenes satelitales, este procedimiento es de carácter previo dado que la verificación de esta información se detallará dentro del capítulo 3.1.2 como el resultado de las campañas de campo. De esta forma, se presenta dentro de la Figura 2.7, figura A una combinación de bandas RGB (4/2, 6/5, 6/7) en cual el color verde brillante corresponde a la presencia de minerales fuertemente ferrosos, mientras que las zonas rojizas demuestran la presencia de material arcilloso. La figura B de banda (4/2) corresponde a la presencia de minerales de óxido de hierro. A su vez, la figura C de banda (6/5) representa minerales ferrosos. Y finalmente, la figura D de banda (6/7) representa rocas alteradas con composición de material arcilloso y alunita de rocas inalteradas.

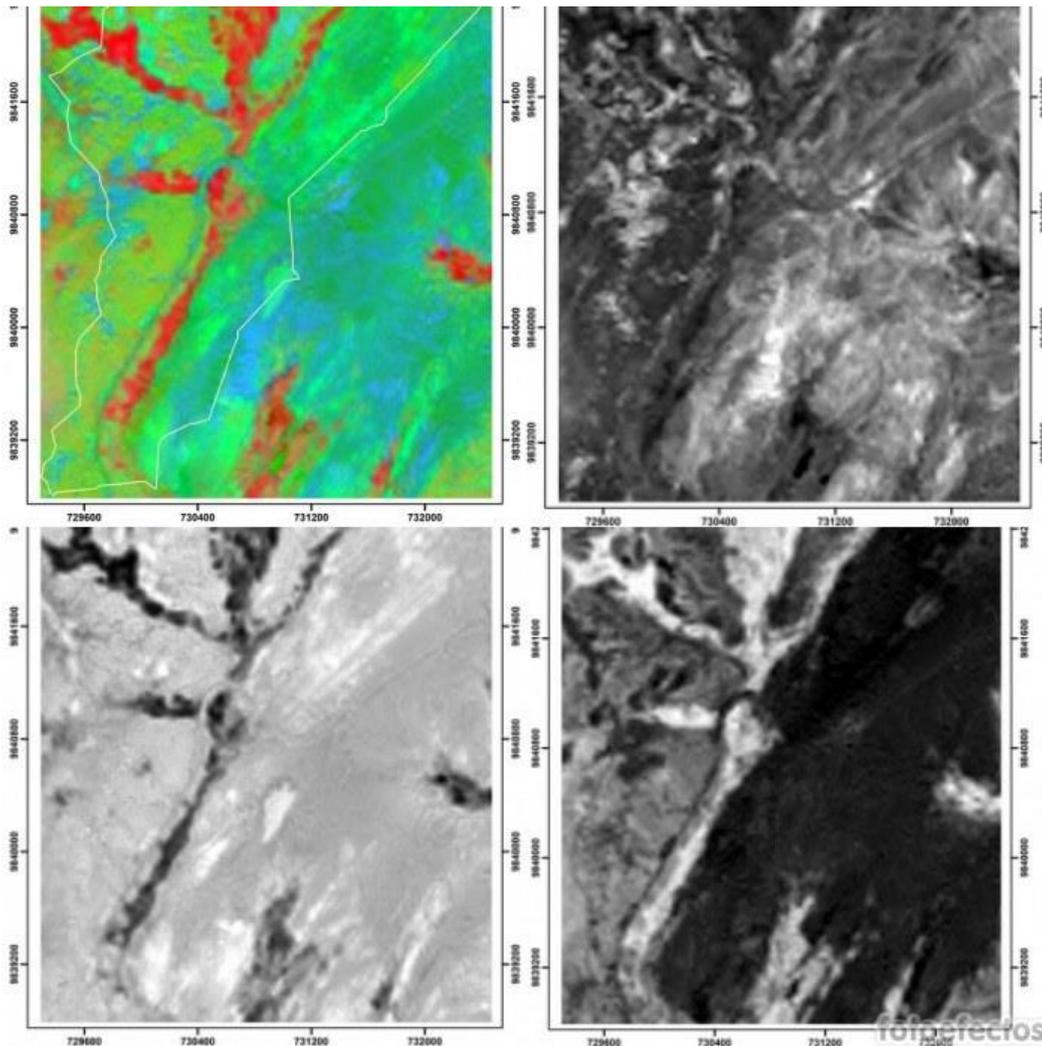


Figura 2.7 Combinación de bandas en análisis Satelital Landsat 8 del año 2016 para reconocimiento de materiales predominantes [Tiviano, 2021]

2.5.4 Sismicidad

La sismicidad es un criterio importante por considerar para la seguridad y la incidencia de los sismos en las obras estructurales, a partir del año 2008 y debido a las secuelas del sismo de Wenchuan en la presa de Zipingpu se recomienda considerar diseños sismorresistentes junto a un análisis dinámico, haciendo énfasis en el diseño de grandes presas (ICOLD, 2008).

Según la NEC-SE-DS (2015) la caracterización del peligro sísmico en una zona se expresa mediante el factor Z que varían en función de la zona de estudio, dentro de la Tabla 2.10 se encuentra el valor Z relacionado al estudio y a su vez se la caracteriza según la Tabla 2.11.

Tabla 2.10 Poblaciones ecuatorianas y valores del factor Z [NEC, 2015]

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z
Guaranda	Guaranda	Guaranda	Bolívar	0.40

Tabla 2.11 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada [NEC, 2015]

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

La zona de estudio presenta un valor Z de 0.40 lo cual la NEC lo caracteriza como una zona IV de alto peligro sísmico.

2.6 Características sociales

El desarrollo de una obra civil centralizada al almacenamiento y distribución de agua mejora los aspectos sociales de una comunidad, debido a que mitiga los índices de desplazamientos por necesidad. Que se lleven a cabo obras públicas impulsa el progreso al panorama de la vida social moderna y sobre todo reprime conflictos por reparto inadecuado de recursos naturales, sin embargo, el desconocimiento de las ventajas conduce al pensamiento social negativo de estas obras.

Cerca de la zona de estudio no hay asentamientos poblacionales, por lo tanto, se prevé que no se afectará a la comunidad de poblados vecinos. Finalmente, las ventajas van dirigidas a que la economía de la región en los meses de verano se mantendrá igual que durante todas las temporadas del año.

2.7 Características ambientales

La zona del arenal es también conocida como una zona desértica que alberga variedad de especies de flora y fauna, debido a la temperatura descrita en el capítulo 1.5.7 no existen especies de peces que habiten en el lugar, por lo tanto, la construcción de una presa no va a interrumpir su tránsito por el cauce natural.

Considerando el Art. 318 de la Constitución ecuatoriana, se debe garantizar un caudal ecológico de acuerdo con las condiciones y características del cuerpo de agua. Se enfatizará esta necesidad dentro del capítulo 0.

2.8 Análisis hidráulico

2.8.1 Definición de cotas NAME, NAMO, NSC

La definición de estas cotas de estudio sirve para asegurar un funcionamiento óptimo de la presa de almacenamiento. La cota NAME hace referencia al Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias la cual es el nivel más alto al que puede llegar el agua de la presa, a su vez, la cota NAMO es el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias que refiere al máximo nivel de agua de operación de la presa para satisfacer la demanda objetiva del proyecto y finalmente, la cota NSC es la cota de la solera del cauce. La diferencia matemática entre la cota NAME y NAMO se conoce como el borde libre de la presa y tiene objetivo controlar el oleaje y marea producido por el viento (Conagua, 2020).

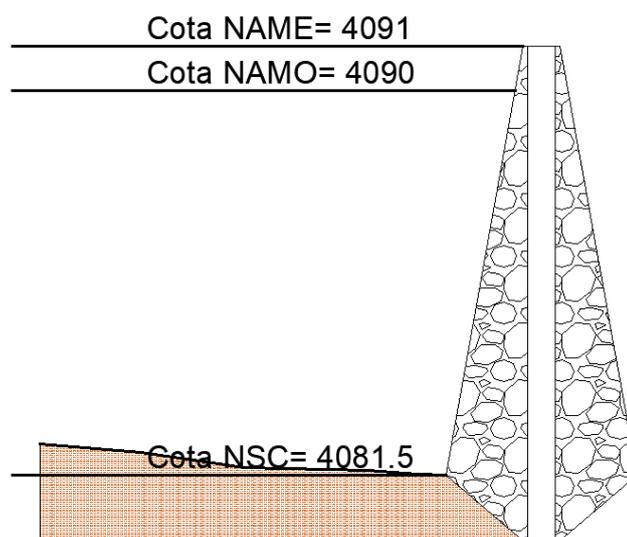


Figura 2.8 Esquema de presa con asignación de cotas NAME, NAMO y NSC

[Guzmán & Navia, 2021]

2.8.2 Longitud del resalto hidráulico

De manera general, las presas delimitan el pase del cauce natural produciendo una transición abrupta de un caudal máximo a caudales menores o nulos. Por lo tanto, es necesario conocer la longitud del resalto hidráulico para prever afectaciones locales.

2.8.2.1 Método predictor - corrector

Es un método iterativo que es capaz de simular los resaltos hidráulicos sin necesidad de aislarlos. Este procedimiento es utilizado para el cálculo de la longitud de la curva de remanso, conociendo dos variables que son el tirante crítico y normal (Chaudhry, 1993).

El método se basa en las siguientes ecuaciones:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{\sqrt{1 - S_0^2} \frac{Q^2 T}{g A^3}} = \frac{\text{Num}\left(y + \frac{\Delta y}{2}\right)}{\text{Den}\left(y + \frac{\Delta y}{2}\right)} = \frac{\text{Num}\left(Y_i + \frac{1}{2}\right)}{\text{Den}\left(Y_i + \frac{1}{2}\right)} \quad (2.8)$$

Tirante crítico

Según el método de Chugaev (1931):

$$M = \frac{2 \cdot \log\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)}{\log\left(\frac{y_1}{y_2}\right)} \quad (2.9)$$

$$Zc = \frac{Q}{\sqrt{g}} \quad (2.10)$$

$$Zi = Ai * \sqrt{Di} \quad (2.11)$$

$$yc = yi \left(\frac{Zc}{Zi}\right)^{\frac{2}{M}} \quad (2.12)$$

Tirante normal

Según el método de Bakhmetev (1932):

$$\left(\frac{K_1}{K_2}\right)^2 = \left(\frac{y_1}{y_2}\right)^N \quad (2.13)$$

Donde:

$$Ki = \left(\frac{1}{n}\right) * Ai * Rh^{\frac{2}{3}} \quad (2.14)$$

$$N = \frac{2 \cdot \log\left(\frac{k_1}{k_2}\right)}{\log\left(\frac{y_1}{y_2}\right)} \quad (2.15)$$

$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{S_0}} \quad (2.16)$$

Finalmente

$$yn = yi \left(\frac{k_0}{k_i}\right)^{\frac{2}{N}} \quad (2.17)$$

2.9 Datos geológicos

Para la consideración de la seguridad de la estructura la disposición de estudios geológicos y geotécnicos son de vital importancia.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana NEC-SD-DS-2015 se establecen tres clasificaciones para rocas dentro de la normativa de diseño sísmico de edificaciones lo cual depende de la velocidad de corte (V_s) del material rocoso. El valor V_s de la andesita localizada en el eje de presa será determinado a partir de los ensayos geológicos de la sísmica de refracción y se lo clasificará de acuerdo con la normativa. Los resultados de este apartado se encontrarán dentro del capítulo 3.1.3.

A su vez, se presentan las principales propiedades físicas y mecánicas generales de las rocas andesita en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Propiedades físicas y mecánicas de la roca andesita [Ramírez, 2004]

Roca	Densidad	Módulo de Young	Coeficiente de Poisson	Porosidad	Resistencia a (Mpa)		
	(kg/m ³)	(Gpa)		%	Compresión	Tracción	Flexión
Andesita	2300 - 2750	12 - 35	0.11 - 0.20	0.2 - 8.0	40 - 320	5 - 11	13 - 25

2.10 Datos geotécnicos

A partir de la obtención de materiales de la zona descritos en la sección 2.5.2 y la ejecución de ensayos en el laboratorio de Geotecnia y Construcción de la FICT en la ESPOL. Se presenta en las siguientes secciones el resumen de los resultados obtenidos y dentro del APÉNDICE D los datos manejados en laboratorio.

2.10.1 Caracterización de las arcillas

Se presenta dentro de la Tabla 2.13 los resultados obtenidos.

Tabla 2.13 Resultados de ensayos de laboratorio en arcillas [Guzmán & Navia, 2021]

Material	SUCS	W (%)	IP (%)	LP (%)	LL (%)	Plasticidad
Arcilla oscura	ML	43.91	6	34	40	baja
Arcilla	ML	43.55	8	36	44	baja

W%: humedad

IP%: índice plástico

LP%: límite plástico

LL%: Límite líquido

2.10.2 Caracterización de arena

Se determinó mediante el análisis granulométrico (Referencias: ASTM D422-63, ASTM D 1140) que la arena presenta un 4.82% de porcentajes de finos y corresponde a una arena mal graduada. Se presenta en la Figura 2.9 la curva granulométrica obtenida.

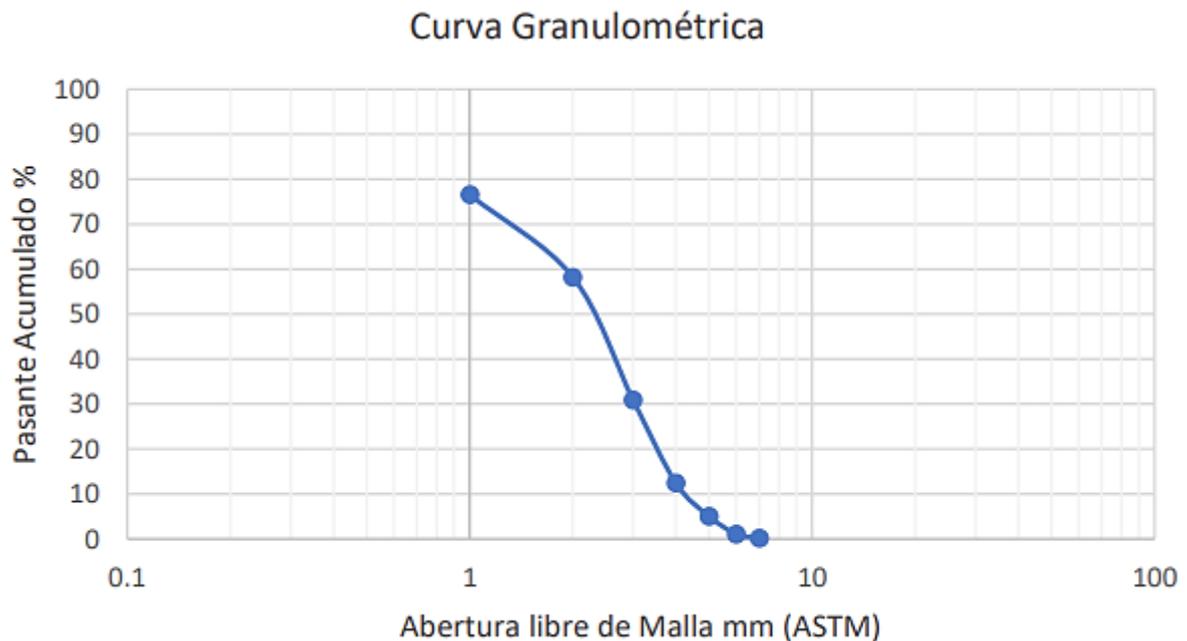


Figura 2.9 Curva granulométrica de la arena [Guzmán & Navia, 2021]

2.10.3 Dureza en la escala de Mohs de Andesita

En relación con los diez materiales ordenados por su dureza según la escala propuesta por Mohs en 1825 en donde cada mineral raya al que tenga asignado un número menor se determinó que la andesita porfirítica presenta dureza de 5 según esta escala correspondiente al mineral Apatito de dureza media.

2.10.4 Permeabilidad de arcilla oscura

El ensayo de permeabilidad se lo realizó a la arcilla encontrada en mayor cantidad dentro de la cuenca de estudio, en referencia a ASTM D2434 (2006), ASSHTO T-215 se determinó una permeabilidad para la arcilla oscura a los 26°C de 1.64×10^{-5} cm/s lo cual la clasifica como una arcilla limpia, compacta y buena para el drenaje.

2.11 Criterios de diseño

Debido a las condiciones en el sitio de emplazamiento, tipo de materiales en la cuenca y condiciones geológicas, el tipo de presa a diseñar será una presa de hormigón a gravedad en roca las cuales se pueden considerar en cualquier condición topográfica (Sandoval, W. 2018).

2.11.1 Fuerzas que actúan en una Presa

La estructura durante su período de construcción y operación va a estar sometida a diversas fuerzas, las cuales deberán ser definidas previo al diseño. Las fuerzas actuantes sobre la estructura de Presa a considerar se definen a continuación:

2.11.1.1 Peso propio

Carga concéntrica con respecto al centro de gravedad de la estructura, la cual corresponde al peso de todos los elementos que conforman la Presa. Para su cálculo se define el peso específico del hormigón como $\gamma_h = 2.4 \text{ ton/m}^3$.

2.11.1.2 Presión del agua

La componente horizontal ejercida por la presión del agua posee una forma triangular, la cual es obtenida mediante un plano vertical de proyección con respecto a la dirección de acción del agua. Esta fuerza horizontal ejercida por la presión del agua se ubica a 1/3 desde la base. A continuación, se muestra la ecuación para su cálculo:

$$W_{i\text{-horizontal}} = \gamma * \frac{H^2}{2} * b \quad (2.18)$$

De la ecuación 2.18 se tiene que H representa la profundidad del agua a partir de la cimentación y b el ancho de dovela.

2.11.1.2 Fuerza por el oleaje

Para el diseño de una estructura hidráulica que estará sometida constantemente a la acción del agua es indispensable considerar durante el análisis de carga la fuerza provocada por el oleaje. Para el cálculo se utilizan las siguientes ecuaciones, en donde se considera la condición para la cual se tendrá una carga de gran magnitud aplicada sobre el talud de la Presa.

$$P_{max} = k_p * \gamma * h * (H + \frac{h}{2}) \quad (2.19)$$

Además, se presenta la expresión empleada para obtener el momento máximo producido como consecuencia de la fuerza de oleaje:

$$M_{MAX} = k_M * \gamma * h * (\frac{h^2}{6} + \frac{h*h}{2} + \frac{H^2}{2}) \quad (2.20)$$

2.11.1.3 Fuerza sísmica

El diseño de una presa ubicada en Ecuador requiere un análisis con respecto a las fuerzas sísmicas actuantes, debido a su ubicación el país se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico. Para la determinación de la fuerza sísmica que actúa en el centro de masa del cuerpo de la Presa, se utiliza la siguiente ecuación definida en la NEC-SE-DS:

$$S = \alpha_{V,H} * G \quad (2.21)$$

El α_V corresponde al coeficiente sísmico actuante en la dirección horizontal y se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha_H = \frac{Z}{1+3Z} \quad (2.22)$$

El α_V corresponde al coeficiente sísmico actuante en la dirección vertical y se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha_V = \frac{2}{3} * \alpha_H \quad (2.23)$$

Durante el cálculo de la estabilidad, también se tienen que considerar las siguientes cargas:

1. Fuerza sísmica horizontal (S_H)
2. Fuerza sísmica vertical (S_V)
3. Fuerza hidrodinámica producida por la acción del agua del embalse sobre la Presa.

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad, la fuerza hidrodinámica se calcula con la siguiente ecuación:

$$W_S = \frac{2}{3} * C_e * \alpha_H * y * \sqrt{y * H} \quad (2.24)$$

En donde H corresponde a la altura de la columna de agua, “y” es la profundidad de la sección que se va a considerar para el análisis y Ce es un factor que puede ser calculado en base a la altura de la columna de agua y el período de vibración del suelo de fundación sobre el que estará asentado la estructura “te”.

$$C_e = \frac{0.817}{\sqrt{1 - 0.72 * \left(\frac{H}{304.8 * t_e}\right)^2}} \quad (2.25)$$

Para el período de vibración se utiliza la Tabla 2.14 adjunta:

Tabla 2.14 Períodos de vibración [Poliakov, 1983]

Tipo de suelo	Período natural de vibración (s)
A (ROCAS)	0.20 – 0.45
B (GRANULARES)	0.40 – 0.80
C (SUELOS SATURADOS)	0.80 – 1.05

El tipo de suelo es categoría A, por lo que se utiliza un período natural de vibración de 0.45 s.

Como producto del sismo se originan fuerzas de oleaje, las cuales pueden llegar a tener una altura considerable que se calcula mediante la ecuación:

$$h_s = 0.5 * \alpha_H * t_e * \sqrt{g * H} \quad (2.26)$$

2.11.2 Análisis pseudo – estático de la presa

Para el análisis pseudo - estático se genera una condición en la que se asume que el embalse está lleno, y la estructura se somete al empuje del agua, fuerzas sísmicas horizontales y oleaje, para lo cual se emplea el coeficiente de aceleración sísmica

definido con anterioridad en la sección 1.6.8. Este método provee el cálculo del factor de seguridad que garantiza la estabilidad de toda la estructura, con lo que se verifica si las dimensiones escogidas para la Presa son las adecuadas para resistir y evitar el volteo.

El diseño de este tipo de estructuras debe proyectarse para garantizar resistencia y estabilidad frente a condiciones de volteo, deslizamiento y capacidad de carga, para lo que es necesario contar con un amplio factor de seguridad. Resulta indispensable evaluar el impacto de los efectos ocasionados debido a las condiciones de emplazamiento, con lo cual se adquiere más información sobre el comportamiento de la estructura frente a situaciones extremas que atentan contra la seguridad.

Las fuerzas de falla consideradas durante este análisis corresponden a las mencionadas en la sección 2.11.1 y el grado de impacto que ejercerán está en función del tipo de Presa, del material del terreno de fundación y de la presión máxima ejercida por la columna de agua.

Las presas muestran una tendencia a fallar debido al volteo que se origina en el borde del talón que se ubica aguas abajo en la cimentación o en torno a las aristas aguas debajo de cada sección horizontal. La revisión por volteo se realiza mediante la relación entre el momento resistente y los momentos actuantes que tienden a provocar que la estructura se voltee. La ecuación 2.27 se emplea para la obtención del factor de seguridad, el cual deberá ser mayor a 1.5 para cumplir con la revisión.

$$F_S = \frac{\sum M_R}{\sum M_A} \geq 1.5 \quad (2.27)$$

El momento resistente es aquel que evita que la estructura falle por volcamiento y corresponde a la fuerza ejercida por el peso propio de la estructura. Por otro lado, los momentos actuantes se originan por las fuerzas horizontales que tienden a provocar el volteo, la acción de estas puede ser contrarrestada mediante la fricción y la resistencia al corte.

Al tratarse de una presa conformada por un dentellón de hormigón armado y 2 espaldones de hormigón ciclópeo, puede resistir ampliamente la acción de las fuerzas

actuantes mediante su peso propio. La cimentación sobre la cual estará asentada la estructura es de alta resistencia y calidad y consiste en un terreno de rocas basálticas aglomeradas.

2.11.3 Esfuerzos en la Presa

Una vez que se verifica que la estructura cumple con el análisis de estabilidad al deslizamiento y volteo, el siguiente paso es calcular los esfuerzos de compresión y tensión.

Un punto importante por considerar es que cuando una presa de hormigón que se encuentra asentada sobre roca ha pasado la verificación por esfuerzos, es innecesario realizar la revisión de estabilidad por volteo. Esta situación se debe a que antes de que ocurra la falla por volteo, el material que conforma el cuerpo de presa ya perdería su capacidad de soporte (Sandoval, 2015).

El cálculo de los esfuerzos y su respectivo análisis se realiza a partir de la cimentación, y se define una convención de signos en la que se asume como positivo lo siguiente:

- Fuerzas actuantes de izquierda a derecha.
- Fuerzas verticales que actúan de arriba abajo.
- Momentos positivos en sentido contrario a las manecillas del reloj.

El análisis de esfuerzos se realizará considerando un metro de ancho, para lo que se emplea la siguiente ecuación:

$$\sigma_{y1,2} = \frac{\sum V}{b} \pm \frac{\sum M}{b^2} \quad (2.28)$$

En donde:

- $\sum V$: Representa la suma de todas las fuerzas actuantes en la dirección vertical.
- $\sum M$: Representa la suma de todos los momentos que se producen en la estructura debido a la aplicación de las cargas actuantes.
- b : Ancho de análisis escogido para cada sección.

Para el cálculo de los esfuerzos adicionales que se producen en la presa, incluyendo los de corte, se emplea:

$$\sigma_{x1} = y * \gamma - (y * \gamma - \sigma_{y1}) * m_1^2 \quad (2.29)$$

$$\sigma_{x2} = \sigma_{y2} * m_2^2 \quad (2.30)$$

$$\tau_1 = (y * \gamma - \sigma_{y1}) * m_1^2 \quad (2.31)$$

$$\tau_2 = \sigma_{y2} * m_2 \quad (2.32)$$

2.12 Análisis del sistema de toma y captación

Con el objetivo de extraer agua de forma controlada, regulada y derivar el gasto hacia la conducción, en conjunto a la estructura se desarrollará la obra de toma. El diseño debe realizarse cuidadosamente con el fin de evitar déficit en el suministro o un sobredimensionamiento que abarcará costos elevados.

Se seleccionó la forma de entrada del conducto el cual tiene aristas rectas ya que el material del hormigón ciclópeo no puede demandar otro tipo de geometrías como ligeramente redondeadas o abocinadas. Para la localización dentro de la estructura, la bocatoma se localizará en un tramo donde no se produzca erosión y se situará a una cota menor a las cotas del volumen mínimo del agua (SAGARPA, 2021). De tal forma se obtiene la siguiente altura de ubicación correspondiente a la bocatoma del sistema de captación medido desde la rasante del terreno:

$$H_{bocatoma} = \frac{H}{4} \quad (2.33)$$

Donde H corresponde a la altura de la presa en contacto directo con el nivel del embalse.

$$H_{bocatoma} = \frac{8.5}{4} = 2.13 \text{ m}$$

De acuerdo con los criterios generales de diseño encontrado es la Norma de Diseño Senagua (CPE INEN 005:1992) se tendrá una velocidad máxima dentro del orificio de 4 m/s correspondiente a un hormigón simple (de características similares al hormigón ciclópeo) y un coeficiente de rugosidad de 0.013.

El sistema de toma y captación está conformado por el orificio alojado en el muro, compuerta obturadora del orificio manejado por mecanismos manuales y sistema de rejillas. (SAGARPA, 2021)

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Información técnica procesada

3.1.1 Análisis de la topografía del terreno

Los puntos tomados mediante la estación total en el sitio de implantación del proyecto fueron procesados a través del software Civil 3D, en donde fue posible crear las curvas de nivel y los perfiles transversales y longitudinales correspondientes al eje de Presa. En la Figura 3.1 se puede observar el plano topográfico.

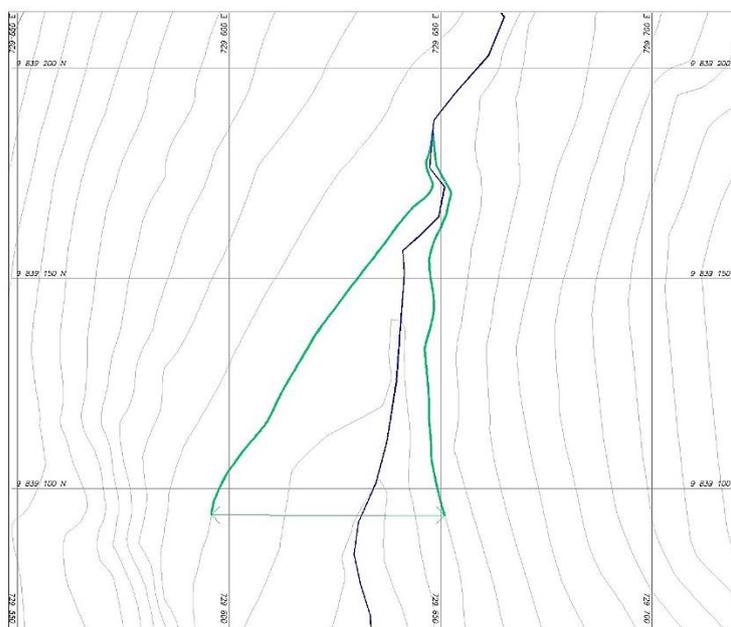


Figura 3.1 Plano Topográfico [Guzmán & Navia, 2021]

3.1.2 Geotecnia

3.1.2.1 Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.)

En base a la información entregada por parte del enfoque geotécnico realizado de manera paralela al presente proyecto, se realizaron en campo S.E.V en tres puntos dentro de la zona de embalse de la presa de lo cual se muestra dentro de Figura 3.2 la ubicación de las líneas de sondeo en correspondencia a las siguientes coordenadas:

Tabla 3.1 Coordenadas de ubicación de S.E.V [Tiviano & Hervas, 2021]

Código	X	Y	Z
SEV01_CH	729834.7	9839200.2	4083.35 m
SEV02_CH	729841.7	9839226.6	4061 m
SEV03_CH	729991.1	9839498.6	4118.01 m



Figura 3.2 Ubicación en campo de los SEV 's [Tiviano & Hervas, 2021]

Se identificó para el SEV01_CH y SEV02_CH cinco unidades litológicas compuestas esencialmente de andesita porfíricas fracturadas, arenas, arcillas y gravas saturadas con agua a partir de los 14.3 m y 30.9 m de profundidad respectivamente. Sin embargo, para el SEV03_CH se obtuvieron seis unidades litológicas con saturación de agua desde la unidad litológica 1 hasta la 6, que corresponde a profundidades que rodean los 40 m. Se presenta dentro de la Tabla 3.2 la interpretación del SEV03_CH lo cual representa la presencia de acuíferos y la posibilidad de la extracción de agua subterránea para su incorporación en el volumen del agua de embalse de la presa.

Tabla 3.2 Interpretación SEV03_CH [Tiviano & Hervas, 2021]

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1	Andesitas porfíricas o tobas andesíticas muy fracturadas con saturación de agua.	1.14	1.14	142
2	Arcillas saturadas con agua.	0.109	1.25	9.71

3	Andesitas porfíricas o tobas andesíticas muy fracturadas, saturadas con agua.	1.46	2.71	180
4	Arenas con gravas saturadas de agua.	2.16	4.87	51.3
5	Andesitas porfíricas o tobas andesíticas muy fracturadas, saturadas con agua.	26	30.9	157
6	Arenas con gravas saturadas de agua.			65.6

3.1.3 Sísmica de refracción

En base a la topografía y coordenadas referenciales, se determinó un modelo de dos capas correspondiente a la parte media de la línea sísmica con coordenadas UTM WGS84 Zona 17S 729851.34 E 9839298.019 S. La primera capa con espesor de 6.5 m corresponde a una cubierta vegetal y adquiere una velocidad de 158 m/s, mientras que la segunda capa de espesor mayor a 20 m corresponde a piroclástos consolidados de buena densidad y adquiere una velocidad de 859 m/s (Tiviano & Hervas, 2021).

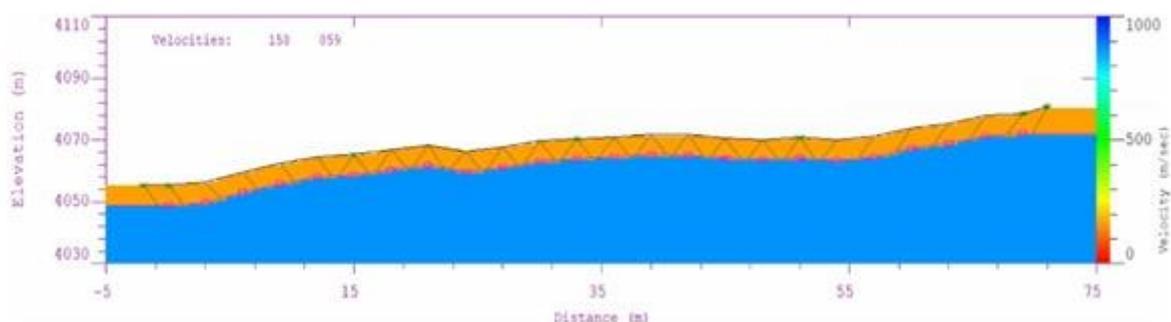


Figura 3.3 Línea sísmica [Tiviano & Hervas, 2021]

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede clasificar al perfil de suelo de piroclástos consolidados según su velocidad de corte como uno de tipo D correspondiente a perfiles de suelos rígidos que cumplen con el criterio de velocidad de la onda cortante ya que el promedio ponderado del perfil del suelo se ubica en $360 > 350 \geq 180$ m/s de acuerdo con la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Tipo de perfil de suelo según velocidad de corte [NEC, 2015]

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
A	Roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Roca de rigidez media	$1500 > V_s \geq 760$ m/s

C	Suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de corte.	$760 > V_s \geq 360$ m/s
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante.	$360 > V_s \geq 180$ m/s
E	Perfil que cumpla con el criterio de velocidad de la onda cortante	$V_s < 180$ m/s
F	Perfil que cumpla con el criterio de velocidad de la onda cortante	Requiere estudios especiales

3.2 Resultados del estudio hidrológico

3.2.1 Método racional

Para su cálculo se emplea la ecuación 2.4, la cual utiliza datos de intensidad del sitio de ejecución del proyecto, estos valores fueron obtenidos a través de la estación meteorológica más cercana al sector que corresponde a la M0030 San Simón. A su vez, el INAMHI proporciona para la estación seleccionada las curvas IDF con las respectivas ecuaciones para diferentes periodos de retorno.

De la Tabla 2.6 se obtuvo el coeficiente de escorrentía escogido considerando un periodo de retorno de 50 años y en base al porcentaje de pastizales presentes en el sitio de proyecto. En el software ArcMap se realizó la delimitación de la cuenca de drenaje, posteriormente se obtuvo el área de esta para el cálculo del caudal de diseño.

Los datos para la cuenca de drenaje se encuentran en la Tabla 3.4 .

Tabla 3.4. Datos método Racional [Guzmán & Navia, 2021]

Datos	
Longitud del cauce [m]	6250.07
Pendiente media del cauce	0.04
Desnivel máximo en la cuenca [m]	320
Área cuenca de drenaje [km ²]	10.84

A continuación, se muestra el tiempo de concentración calculado empleando el método de Témez y Giandotti:

Tabla 3.5. Resultados tiempo de concentración [Guzmán & Navia, 2021]

Tiempo de concentración	
Método	tc [min]
Témez	132.37
Giandotti	42.74

Se obtiene un tiempo de concentración promedio de 87.56 minutos.

Tabla 3.6. Resultados método racional [Guzmán & Navia, 2021]

Método Racional	
Tr [años]	x
C	0.45
I [mm/hora]	24.94
Área cuenca de drenaje [m²]	10837764.29
Q [m³/s]	33.79

En la Tabla 3.6 se presenta los resultados obtenidos mediante el método racional, en donde se observa que el caudal máximo es de 33.79 m³/s.

3.2.2 Método de distribución estadística

Para el método de distribución estadística se necesita datos completos de caudales máximos para varios años consecutivos, los cuales se obtienen mediante las estaciones hidrológicas del INAMHI. Se seleccionó la estación H0343, Echeandía en Echeandía, debido a su proximidad con la cuenca de drenaje y porque era la única que presentaba datos completos de caudales para diferentes años. La distribución estadística utilizada fue la de Gumbel, debido a que presenta una menor dispersión de datos en comparación con el resto, convirtiéndola en la óptima para el cálculo.

El caudal calculado mediante Gumbel debe ser llevado a caudal de diseño, para lo que se establece una relación entre el área de la cuenca de drenaje y el área de la cuenca correspondiente a la estación hidrológica usada.

Tabla 3.7 Resultados distribución estadística de Gumbel [Guzmán & Navia, 2021]

Distribución estadística de Gumbel	
Media [m³/s]	176.53
Sx	137.44
A	107.16
M	114.68
Área cuenca de drenaje [km²]	10.84

Área cuenca estación H0340 [km ²]	382.00
Q _{GUMBEL} [m ³ /s]	532.82
Q [m ³ /s]	15.12

3.2.3 Caudal ecológico

Una vez determinado el caudal de la cuenca se debe considerar un caudal ecológico, para lo cual se empleará el método propuesto por Sandoval (2016) asumiendo que la flora y la fauna de la cuenca se encuentra adaptada a las condiciones hídricas del sitio lo cual se relaciona directamente con el volumen de agua disponible. (Sandoval, W. 2018) Por ende, con el fin de cumplir con un objetivo ambiental y conocida la pendiente media de la cuenca se plantea que el caudal ecológico será:

$$Q_e = Q_m(1 + m) \quad (3.1)$$

$$Q_e = 15.12(1 + 0.04)$$

$$Q_e = 15.7248 \frac{m^3}{s}$$

3.2.4 Tránsito de avenida

En base al caudal ecológico de la cuenca, el estudio del tránsito de avenida garantiza que la presa conserve un funcionamiento óptimo entorno a su recarga natural y aportación de caudal. En base a las necesidades de riego para los cultivos presentes en la zona se delimitó que el caudal de salida de la presa mediante un sistema de toma y captación será de 0.34 m³/s en un periodo de 12 horas al día. En la Tabla 3.8 se presentan los principales resultados en referencia al estudio del tránsito de avenida seleccionado para el estudio.

Tabla 3.8. Resultado tránsito de avenidas a 11 m [Guzmán & Navia, 2021]

Tránsito de Avenidas	
Gasto máximo de entrada [m ³ /s]	0.20
Gasto máximo de salida [m ³ /s]	0.34
Tiempo pico de entrada [h]	6:00
Tiempo pico de salida [h]	15:00

3.3 Análisis del estudio hidrológico

Dentro de los cálculos se determinaron dos valores de caudales aplicando diferentes métodos, de lo cual, se puede observar que por el método racional se obtuvo un caudal de 33.79 m³/s y por el método de la distribución estadística 15.12 m³/s, en base a los resultados obtenidos se seleccionó como caudal de diseño al valor de 15.12 m³/s y como caudal máximo a 33.79 m³/s.

Sin embargo, con el fin de garantizar un objetivo ambiental fue necesaria la determinación de un caudal ecológico que satisfaga las necesidades hidráulicas de la cuenca y a su vez que no altere la disponibilidad del volumen de agua para las especies del sector, en base a un método propuesto por Sandoval (2016) se obtuvo un caudal ecológico de 15.72 m³/s el cual será considerado como caudal de diseño.

Finalmente, una vez conocido el caudal de diseño de la cuenca hidráulica se realizó el estudio del tránsito de avenida el cual garantiza que el caudal de aportación de la presa de almacenamiento sea el óptimo para la operación natural de la recarga hidráulica. Una vez probadas diferentes alternativas se obtuvo que el GAD municipal del Cantón Guaranda podrá captar agua en un periodo de 12 horas por día a un caudal de 0.30 m³/s.

3.4 Diseño de la presa

3.4.1 Detalles del diseño

La presa conformada por una pantalla impermeable de hormigón armado y espaldones de hormigón ciclópeo tiene las características presentadas dentro de la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Detalles del diseño de la presa [Guzmán & Navia, 2021]

Parámetros	Detalles de presa
Altura	11 m
Cota base	4080 m
Ancho de la corona	0.8 m
Espesor de pantalla impermeable	0.8 m
Pendiente de espaldones	1:5.5
Cota NSC	4081.5 m
Cota NAMO	4090 m
Cota NAME	4091 m

Cuántía de acero en pantalla impermeable	0.011
Φ de varillas	18 mm

El diseño consiste en una pantalla de hormigón armado confinada mediante dos espaldones de hormigón ciclópeo que cumplirán con la función de brindar mayor estabilidad a la estructura, a su vez sirven para dotar de alta resistencia al cuerpo de Presa frente a la acción de las cargas actuantes. La pantalla de hormigón posee un espesor de 80 cm, una altura de 11 m y profundidad de 60 m, para la cual se debe calcular la cuantía considerando que la mínima permitida para el diseño en este tipo de estructuras es 0.0025.

3.4.2 Cálculo de cargas.

A continuación, se muestra el cálculo de las cargas consideradas para el análisis:

- Peso propio

Se dividió la estructura en varias secciones Figura 3.1 por facilidad de cálculo.

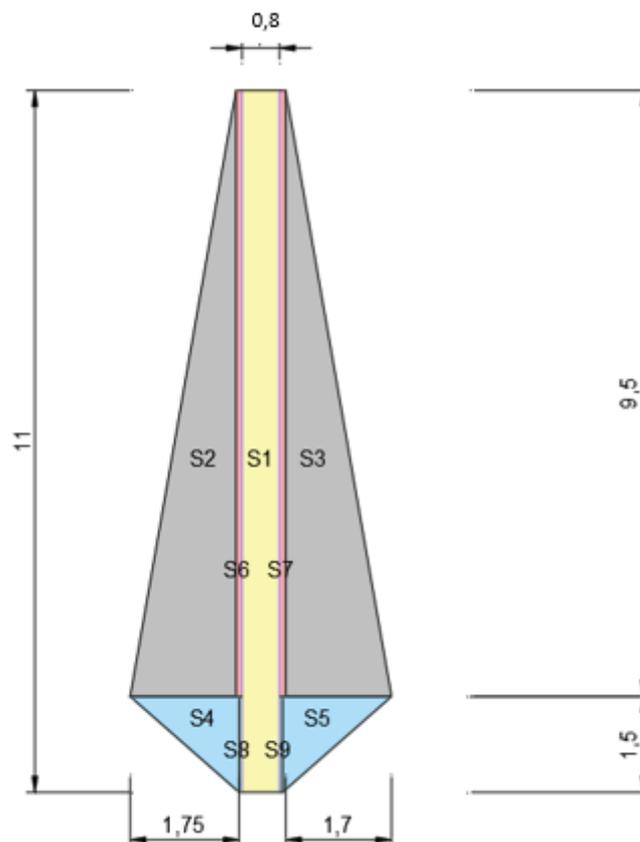


Figura 3.1 División de secciones cuerpo de presa [Guzmán & Navia, 2021]

Tabla 3.10 Cálculo de peso propio por metro [Guzmán & Navia, 2021]

Sección	Área (m2)	$\gamma h \cdot A$ (kN/m)
1	8.00	200.00
2	10.31	247.47
3	10.06	241.35
4	1.57	37.58
5	1.57	37.58
6	0.85	20.40
7	0.85	20.40
8	0.08	1.80
9	0.08	1.80
10	46.09	1106.16
11	22.13	553.25

- Carga hidrostática

Para el cálculo de la carga hidrostática se emplea la ecuación 2.18:

$$W_1 = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 = \frac{1}{2} * 1 * 8.5^2 = 35.40 \text{ ton}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * m = \frac{1}{2} * 1 * 8.5^2 * 0.18 = 6.34 \text{ ton}$$

- Fuerza sísmica

Para la obtención de la carga sísmica se emplea las ecuaciones 2.21, 2.22 y 2.23:

$$\alpha_H = \frac{Z}{1 + 3Z} = \frac{0.40}{1 + 3 * 0.40} = 0.18$$

$$\alpha_V = \frac{2}{3} * \alpha_H = \frac{2}{3} * 0.18 = 0.12$$

$$S = \alpha_{H,V} * G$$

$$Sh = \alpha_H * G = 0.18 * 490.21 = 89.31 \text{ ton} * m/m$$

$$Sv = \alpha_V * G = 0.12 * 490.21 = 59.54 \text{ ton} * m/m$$

- Presión por impacto de ola

Cuando ocurre el sismo se produce una oscilación de la masa de agua que genera la presión por impacto de ola. Para este cálculo se han definido datos de entrada que se muestran en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Datos iniciales [Guzmán & Navia, 2021]

w	15 m/s	Velocidad del viento
D	5 km	Fetch
Z	0.4 g	Aceleración en roca

Primero se calcula la altura de la ola:

$$K = 1 + \frac{1}{e^{D/w}} = 1 + \frac{1}{e^{5/15}} = 1.72$$

$$\beta = \frac{1}{9 + 9 * e^{-14/w}} = \frac{1}{9 + 9 * e^{-14/15}} = 0.06$$

$$h = 0.073 * K * w * \sqrt{D * \beta} = 0.073 * 1.72 * 15 * \sqrt{5 * 0.06} = 1.04 \text{ m}$$

Luego se obtiene la altura de la ola sísmica:

$$h_s = \alpha_H * t_e * \sqrt{H * g} = 0.18 * 0.45 * \sqrt{8.5 * 9.81} = 0.37 \text{ m}$$

Finalmente, se realiza el cálculo de la fuerza actuante producto del impacto de la ola sísmica:

$$\gamma = 0.073 * w * \sqrt{\frac{D}{\beta}} = 0.073 * 15 * \sqrt{\frac{5}{0.06}} = 9.94$$

$$\gamma/H = 9.94/8.5 = 1.05$$

$$h/\gamma = 1.04/9.94 = 0.10$$

Se utiliza los nomogramas de la Figura 3.2 para obtener el factor Kp y Km:

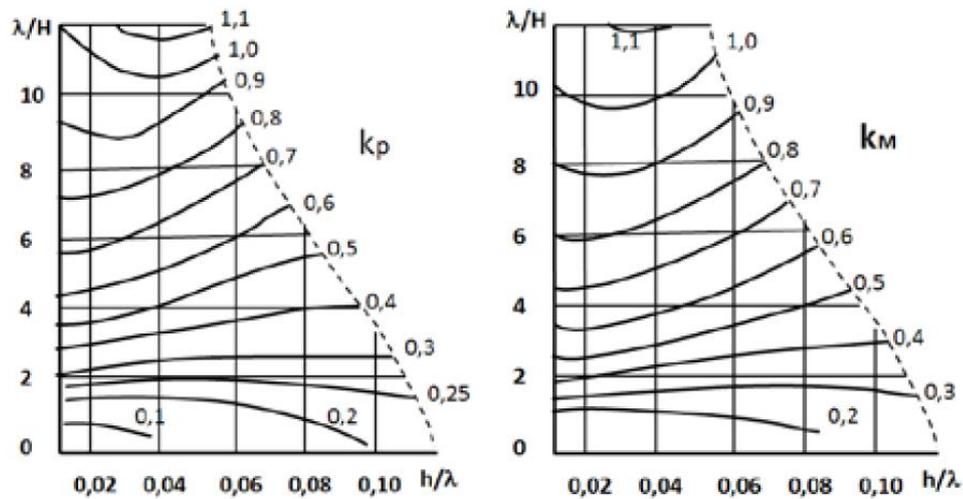


Figura 3.2 Nomograma para los coeficientes Kp Y Km [Grishin, 1975]

Usando la ecuación 2.19 y 2.20:

$$P_{max} = k_p * \gamma * h * \left(H + \frac{h}{2}\right)$$

$$P_{max} = 0.24 * 1 * 1.04 * \left(8.5 + \frac{1.04}{2}\right) = 2.24 \text{ ton}$$

$$M_{MAX} = k_M * \gamma * h * \left(\frac{h^2}{6} + \frac{h * H}{2} + \frac{H^2}{2}\right)$$

$$M_{MAX} = 0.28 * 1 * 1.04 * \left(\frac{1.04^2}{6} + \frac{1.04 * 8.5}{2} + \frac{8.5^2}{2}\right) = 11.80 \text{ ton} * m$$

- Fuerza hidrodinámica

Se utilizan las ecuaciones 2.25 y 2.24:

$$C_e = \frac{0.817}{\sqrt{1 - 0.72 * \left(\frac{H}{304.8 * t_e}\right)^2}}$$

$$C_e = \frac{0.817}{\sqrt{1 - 0.72 * \left(\frac{8.5}{304.8 * 0.45}\right)^2}} = 0.82$$

$$W_s = \frac{2}{3} * 0.82 * 0.18 * 8.5 * \sqrt{8.5 * 8.5} = 7.70 \text{ ton}$$

3.4.3 Cálculo de refuerzo para pantalla de hormigón.

Para este análisis se utilizaron las cargas mostradas en la Tabla 3.12 en donde se puede observar que se ha considerado el efecto de la carga sísmica en ambas direcciones y el efecto de la ola sísmica provocada durante la oscilación de la masa de agua por consecuencia del sismo.

Tabla 3.12 Cargas actuantes sobre la estructura [Guzmán & Navia, 2021]

Carga	P [ton]
Peso Propio (G)	491.21
Hidrostática (W1)	35.40
Hidrostática (W2)	6.34
Carga sísmica horizontal (S)	89.31
Carga sísmica vertical	59.54
Hidrodinámica (Ws)	7.70
Ola sísmica (P)	2.24

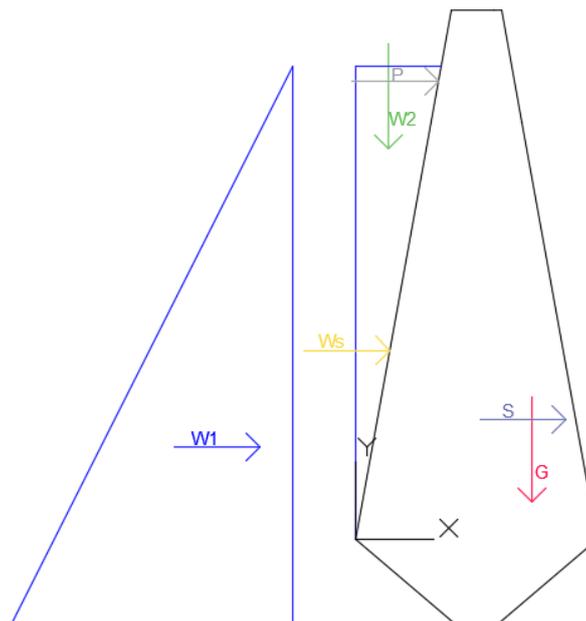


Figura 3.3 Diagrama de fuerzas actuantes [Guzmán & Navia, 2021]

Con la información obtenida, se calculó la cuantía requerida considerando el diseño de un muro de contención, dando como resultado lo descrito a continuación:

Tabla 3.13 Resultados obtenidos análisis en SAP2000 [Guzmán & Navia, 2021]

Mu [ton*m/m]	640.15
Mumax [ton*m]	38409.00
Vu [ton/m]	58.23
Vumax [ton]	3493.80

Primero se revisa si es necesario colocar dos mallas de acero de refuerzo, para lo cual:

$$V_u \geq 0.53 * A_{cv} * \sqrt{f'c}$$

$$0.53 * A_{cv} * \sqrt{f'c} = 0.53 * 480000 * \sqrt{280} = 4256.93 \text{ ton}$$

$$4256.93 \text{ ton} \geq 3493.80 \text{ ton} \therefore \text{No requiere refuerzo a cortante}$$

Para el refuerzo a flexión se decide emplear 2 mallas, mientras que no es necesario colocar un refuerzo a cortante.

Luego, se procede a revisar si el espesor de la pantalla es satisfactorio:

$$\varphi * 2.12 * A_{cv} * \sqrt{f'c} = 0.75 * 2.12 * 480000 * \sqrt{280} = 12770.78 \text{ ton}$$

$$3493.80 \text{ ton} < 12770.78 \text{ ton} \therefore \text{Se conserva el espesor del muro}$$

Se procede a calcular el refuerzo longitudinal y transversal, recordando que la máxima separación permitida entre varillas es de 45 cm, con lo que se obtiene lo siguiente:

Tabla 3.14 Resultados refuerzo longitudinal y transversal [Guzmán & Navia, 2021]

ρ_{min}	0.0025	Cuantía mínima
Smax [cm]	45	Separación máxima
A_{cv} [cm ²]	8000	Área de hormigón por metro lineal de muro
A_{smin} [cm ² /m]	20	Área de refuerzo mínimo por metro lineal
\emptyset [mm]	16	Refuerzo asumido para 2 mallas
A_s [cm ²]	4.02	Área de acero para 2 mallas
Sreq [cm]	20.11	Separación máxima requerida
S [cm]	15.00	Separación escogida
ρ	0.0034	Cuantía escogida

En base a lo obtenido se decide utilizar 2 mallas $\emptyset 16\text{mm}$ c/150mm.

Para garantizar que la cuantía escogida sea la óptima, se revisa la relación demanda/capacidad:

$$\emptyset M_n = b * d^2 * f_y * \left(1 - 0.59 * \rho * \frac{f_y}{f'c}\right)$$

$$\phi M_n = 0.90 * 80 * 1082.2^2 * 4200 * (1 - 0.59 * 0.0034 * \frac{4200}{280})$$

$$\phi M_n = 3567770.35 \text{ ton} * \text{m}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$3567770.35 \geq 38409 \therefore \text{Cumple}$$

Se concluye que la cuantía seleccionada es apropiada.

Debido a que la estructura estará en contacto constante con el agua se estableció un recubrimiento apropiado frente a las filtraciones que podrían ocasionarse como producto del agrietamiento. En base a lo establecido al ACI 318-14, para muros este recubrimiento debe ser como mínimo de 5 cm, por cuestiones de diseño se decidió utilizar un recubrimiento de 7 cm.

Tabla 3.15 Resultados [Guzmán & Navia, 2021]

ϕM_n ton * m	3567770.35
rec [cm]	7
b [cm]	80
d [mm]	10922

Durante la construcción de la pantalla de hormigón se requiere emplear juntas de tal manera que el proceso de colocación de hormigón puede ser interrumpido, estas deben ubicarse en lugares previstos para las juntas de dilatación o contracción y debe presentar cierta rugosidad en la cara de la junta para mantener la integridad del cizallamiento y estanqueidad. De acuerdo con el ACI 224.3R-95, la separación entre juntas no puede ser superior a 35 m, en este caso se ha considerado juntas de 15 m. A continuación, se verifica si la cuantía colocada por junta es apropiada para evitar la formación de grietas.

$$V_n = 0.8 * A_{vf} * f_y + A_c * K_1$$

$$V_n = 0.8 * 400.247 * 4200 + 150000 * 28$$

$$V_n = 5654.154 \text{ ton}$$

$$\phi V_n = 0.75 * 5654.154 = 4240.62 \text{ ton}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$4240.62 \geq 3493.80 \therefore \text{Cumple}$$

3.4.4 Diseño del aliviadero de la presa

El tipo de aliviadero diseñado corresponde a un aliviadero de excedentes cuyo cuerpo consta de un dissipador de energía en forma de depósito de piedra andesita.

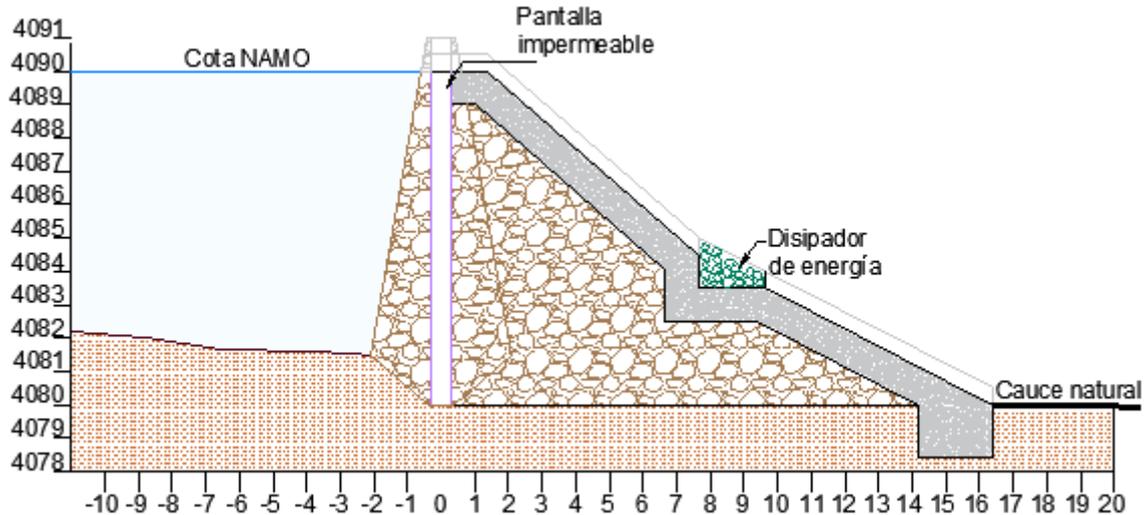


Figura 3.4 Perfil de aliviadero de excedentes [Guzmán & Navia, 2021]

El aliviadero mostrado en la Figura 3.4 posee las características mostradas dentro de la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Detalles de diseño de aliviadero [Guzmán & Navia, 2021]

Parámetros	Detalles de aliviadero
Altura	10 m
Cota base	4080 m
Ancho de aliviadero	2 m
Largo de aliviadero	15.80 m
Pendiente tramo 1	88 %
Pendiente tramo 2	51.5 %
Número de dissipadores de energía	1
Altura de depósito	1 m
Ancho de depósito	2 m
Volumen total de andesita solicitada por depósito	2 m ³

Para la determinación del armado del aliviadero se trabajó con cuantías mínimas, debido a que la estructura funcionará únicamente en casos de desborde (casos emergencias). Por ende, se determinó el armado mostrado dentro de la Tabla 3.17, el cual en detalle es especificado dentro del apéndice de planos del presente documento.

Tabla 3.17 Detalle de acero en aliviadero [Guzmán & Navia, 2021]

ARMADO ALIVIADERO	
Armado perpendicular	φ16 C/25cm
Armado superior	φ12 C/25cm
Armado inferior	φ12 C/25cm
RECUBRIMIENTO	
Superior	4 cm
Inferior	4 cm

3.4.4.1 Resultados del estudio hidráulico

En base al estudio del tramo más crítico (tramo 1) se determinó el tirante crítico partiendo de los siguientes datos conocidos:

Cota NAMO = 4090 msnm

$P_2 = 4090 - 4083.5 = 6.5 \text{ m}$

Cota NAME = 4091 msnm

$H = 8.5 \text{ m}$

$V_0 = 0.015 \text{ m/s}$

$Q = 15.72 \text{ m}^3/\text{s}$

$L = 7.05 \text{ m}$

$$T_0 = P_2 + H + \frac{v^2}{2g} = 6.5 + 8.5 + \frac{0.015^2}{8.5} = 15 \text{ m} \quad (3.2)$$

Para la determinación del tirante es necesario calcular C_v (coeficiente de velocidad), el cual corrige la diferencia entre la velocidad teórica y real, basándose en la ecuación propuesta para presas pequeñas por Novak en 2001.

$$C_v = 1 - 0.0155 \left(\frac{p}{H} \right) = 1 - 0.0155 \left(\frac{6.5}{8.5} \right) = 0.988 \quad (3.3)$$

El tirante contraído será:

$$h_c = \frac{Q}{C_v * L * \sqrt{T_0 * (T_0 - h_c)}} = \frac{15.72}{0.988 * 7.05 * \sqrt{15 * (15 - h_c)}} = 0.15 \text{ m} \quad (3.4)$$

- Velocidad en el depósito

$$v = \frac{Q}{b * h_c} = \frac{15.72}{7.05 * 0.15} = 14.87 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (3.5)$$

Número de Froude (3.6)

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g * h_c}} = \frac{14.87}{\sqrt{9.81 * 0.15}} = 12.26 = \textit{salto estable}$$

Al hacer contacto con las rocas andesitas depositadas, el choque ocasiona una pérdida de energía mediante la formación de un resalto hidráulico y la variación de los regímenes de flujo. Se presenta a continuación los regímenes obtenidos en cada tramo del aliviadero:

Tabla 3.18 Estudio hidráulico aliviadero [Guzmán & Navia, 2021]

Tramo	Número de Froude	Régimen
1	12.26	Supercrítico
2	0.408	Subcrítico

Se puede observar que el choque producido por el depósito ubicado entre el tramo 1 y 2 origina el cambio de régimen de supercrítico (flujo rápido) a subcrítico (flujo lento) lo cual es satisfactorio para el diseño seleccionado.

3.4.5 Método constructivo

Se debe iniciar adecuando el sitio de implantación del proyecto, razón por la que es necesario realizar trabajos preliminares que incluyen el desbroce y limpieza del terreno mediante el uso de maquinaria pesada. Los escombros resultantes son llevados a un área de acopio cerca del sitio de implantación.

A su vez, mediante el uso de equipos topográficos, se realiza el trazado en el terreno correspondiente al eje de la presa. Luego, se lleva a cabo la excavación a 1.50 metros de profundidad correspondiente al empotramiento para lo que se utiliza una retroexcavadora con martillo hidráulico. Concluida la excavación para el empotramiento, se ejecuta la excavación correspondiente para el aliviadero empleando la misma maquinaria. El macizo rocoso extraído durante esta actividad es llevado a un sitio de acopio mediante el uso de una volqueta, debido a que las partes menos fragmentadas serán empleadas para la realización del hormigón ciclópeo. El material faltante como andesita y arcilla será extraído del sitio con coordenadas previamente delimitadas para ser almacenado en un lugar de acopio.

Dado que el cauce natural interferirá con la construcción es recomendable realizar el desvío del cauce, lo cual se contempla en la construcción de un dique y la operación de una bomba de caudal durante todo el proceso de construcción hasta 28 días concluida

la obra, esto corresponden a estructuras temporales para mantener el entorno de trabajo seco.

Se debe compactar la base ya excavada con material arcilloso, para mantener una superficie uniforme y reducir la posibilidad de filtraciones. Dado que el material del sitio es la andesita con características de alta resistencia y permeabilidad no será necesaria la implementación de sistemas de drenaje.

Para el levantamiento de la estructura, se debe iniciar con el armado de la pantalla impermeable de hormigón armado, para lo cual se colocarán galletas de hormigón para mantener el recubrimiento uniforme a lo largo de toda la longitud, a su vez se debe realizar el vertido del hormigón mediante el uso de un mixer con el correcto vibrado para evitar cangrejeras. El hormigón será proporcionado al sitio a través de bombeo, debido a la dificultad de acceso al sitio. Cabe recalcar, que la tubería de salida del caudal atraviesa la presa, para lo cual se debe evitar la ruptura del hormigón y delimitarlo mediante el uso de encofrado.

A medida que se realiza el vertido del hormigón armado, de manera simultánea se van construyendo los espaldones de hormigón ciclópeo a ambos lados de la pantalla, se aplica esta técnica por facilidades constructivas y para evitar el uso de encofrados.

Para la preparación del hormigón ciclópeo se utiliza hormigón premezclado a través de bombeo, recordar que el proceso para este material es primero aplicar una capa de la mezcla de hormigón $f'c$ 240 kg/cm² y luego se debe colocar las piedras para lo que se debe seleccionar el tamaño de rocas recomendado dentro de las especificaciones técnicas. A su vez, también se realizará el aliviadero de la estructura.

Una vez terminado el proceso de construcción se realiza compactación a los alrededores de la presa, y cuando se tenga la resistencia máxima del hormigón se retorna la vía original del cauce a compuerta cerrada para el inicio del almacenamiento.

3.5 Diseño del sistema de toma y captación

3.5.1 Dimensionamiento del orificio

El conducto de la obra atraviesa el hormigón ciclópeo y el diafragma de hormigón armado, por ende, se le realizó un análisis para el funcionamiento del orificio el cual se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2gh} \quad (3.7)$$

Donde,

Q: Gasto normal en la toma [m^3/s]

C: coeficiente de descarga, donde $C=0.8$

A: área del orificio [m^2]

g: aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2

h: carga hidráulica sobre el orificio [m]

Se despejará el área del orificio de la ecuación anterior para seleccionar las dimensiones del orificio.

$$A = \frac{Q}{C \cdot \sqrt{2gh}} \quad (3.8)$$
$$A = \frac{0.3}{0.8 \cdot \sqrt{2(9.81) \left(\frac{3}{4}\right)}} = 335.31 \text{ cm}^2$$

Se seleccionará un orificio de entrada y salida cuadrado de 20 x 20 cm, para la aseguración de la entrada y salida del caudal. A su vez, la forma del orificio a lo largo de la presa será de sección irregular.

3.5.2 Dimensionamiento de compuerta

Para el control de la descarga producida, se utilizará una compuerta de regulación manual la cual regularizará el gasto y la operación de la presa de almacenamiento. Se implementará una compuerta de deslizamiento detallada en la Figura 3.5.

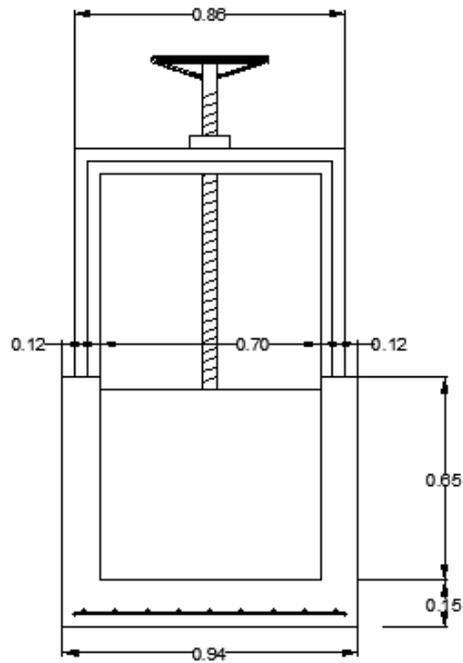


Figura 3.5 Compuerta tipo volante

La compuerta es de acero AISI 304 y armado inferior con malla electrosoldada de 8mm.

3.5.3 Dimensionamiento de rejillas

Para evitar el arrastre de cuerpos sólidos y obstrucción del sistema de toma de agua, se utilizará una sola rejilla la cual corresponderá a barras de acero de 8 mm de diámetro a una separación de 25 mm.

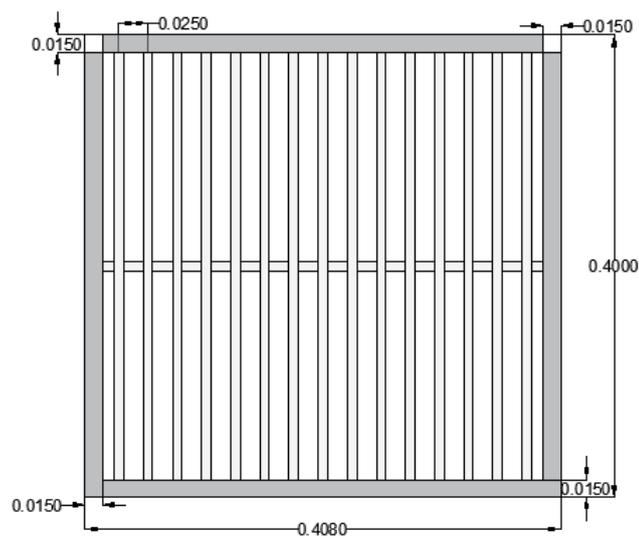


Figura 3.6 Dimensionamiento de rejilla [Guzmán & Navia, 2021]

3.6 Revisión por volteo

Una presa puede estar sujeta a diversas fallas, entre las cuales se encuentra el volcamiento. Para esta revisión se realiza una relación entre las cargas actuantes sobre la estructura que tienden a voltearla y las cargas resistentes que se oponen a este movimiento. Para este análisis se consideraron las fuerzas de la Tabla 3.12. De donde se obtiene:

$$FS = \frac{\sum M_R}{\sum M_A} = \frac{M_{w2} + M_G + M_{SV}}{M_{SH} + M_{W1} + M_W + M_{WS}} = \frac{3.59 + 1009.50 + 122.36}{270.95 + 100.31 + 11.80 + 26.17}$$
$$FS = \frac{1135.45}{409.23} = 2.77$$

$2.77 \geq 1.5 \therefore$ *Cumple revisión por volteo*

Como se puede notar, las dimensiones seleccionadas para la presa son apropiadas, garantizando que esta no se verá propensa a sufrir fallas por volcamiento.

3.7 Estabilidad al deslizamiento de la presa

Se realizó el análisis de deslizamiento de la Presa para lo que se considera la fuerza resultante de oposición al movimiento que corresponde a la fricción y cohesión, y también se toma en cuenta aquellas fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento de la estructura.

$$FS = \frac{R}{T} = \frac{fr + fc}{Phy * P}$$
$$FS = \frac{426.86 + 37.38}{130.50} = 3.56$$

$3.56 \geq 1.5 \therefore$ *Cumple revisión por deslizamiento*

Las revisiones fueron realizadas de manera manual y también mediante el programa geotécnico Galena y empleando el método de Sarma (prueba de cortante con superficies de ruptura no circulares múltiples), se procedió al análisis de estabilidad al deslizamiento del cuerpo de la presa constituido por un diafragma impermeable de hormigón armado de 0.60 m, rodeada en los espaldones por hormigón ciclópeo, que forman un talud de aproximadamente 80°, pendiente 1:5.5.

Se calculan primero superficies de ruptura por cortante en el cuerpo de la presa, considerando el embalse totalmente lleno de agua, en condiciones estáticas. Ver Figura 3.8 de la corrida del análisis 1.

La segunda prueba efectuada se denomina análisis pseudo estático en el cual, además de tenerse el embalse lleno, el programa genera una componente de desplazamiento horizontal causado por aceleraciones sísmicas en este mismo sentido. Se considera que esta prueba es extremadamente exigente (más que un análisis dinámico), por que se hace que fuerzas sísmicas horizontales y el oleaje del agua durante el sismo, tiendan a voltear el cuerpo de presa. Por esta razón, si se asume que el valor de la máxima aceleración sísmica probable en esa zona que es de 0.4 g, al ingresar los datos para el cálculo, sólo se ingresa el 60% de ese valor, es decir 0.24 g. Ver Figura 3.9 de la corrida, de análisis 2.

Los datos de ingreso de la corrida son:

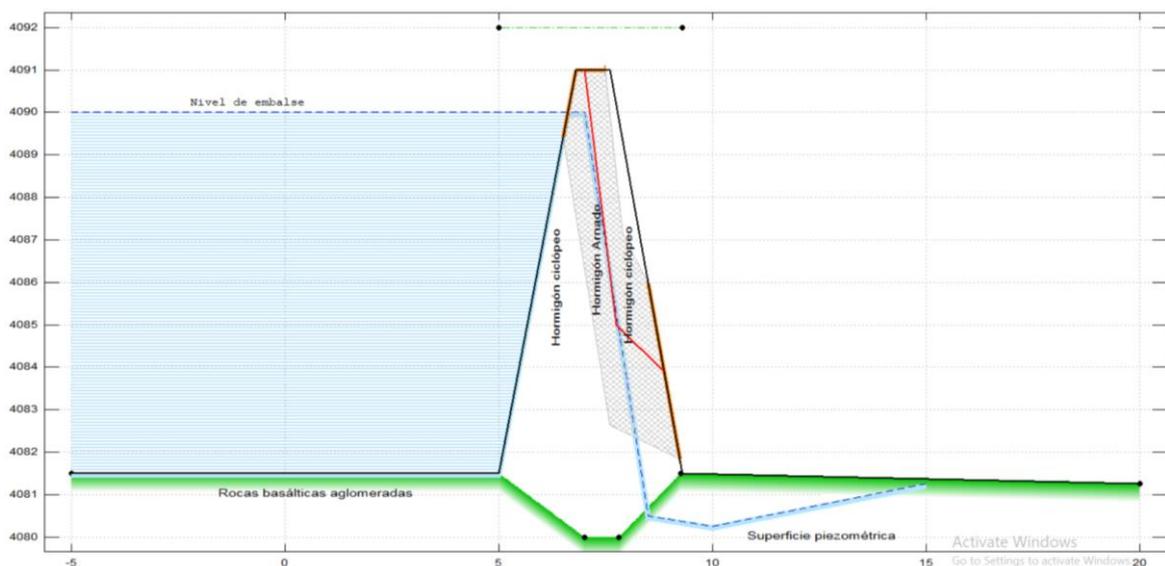


Figura 3.7 Datos de ingreso de la corrida en programa geotécnico Galena

En el análisis 1, se obtiene un factor de seguridad de 5.24, lo que significa el cuerpo de presa es muy estable ya que el valor admisible es de 1.5 y en la segunda corrida (análisis 2), el factor de seguridad para una aceleración máxima probable de 0.4 g, con el embalse lleno, es de 4.99, por lo que la presa sigue siendo muy estable. El factor de seguridad que se admite en estas condiciones es de 1.03.

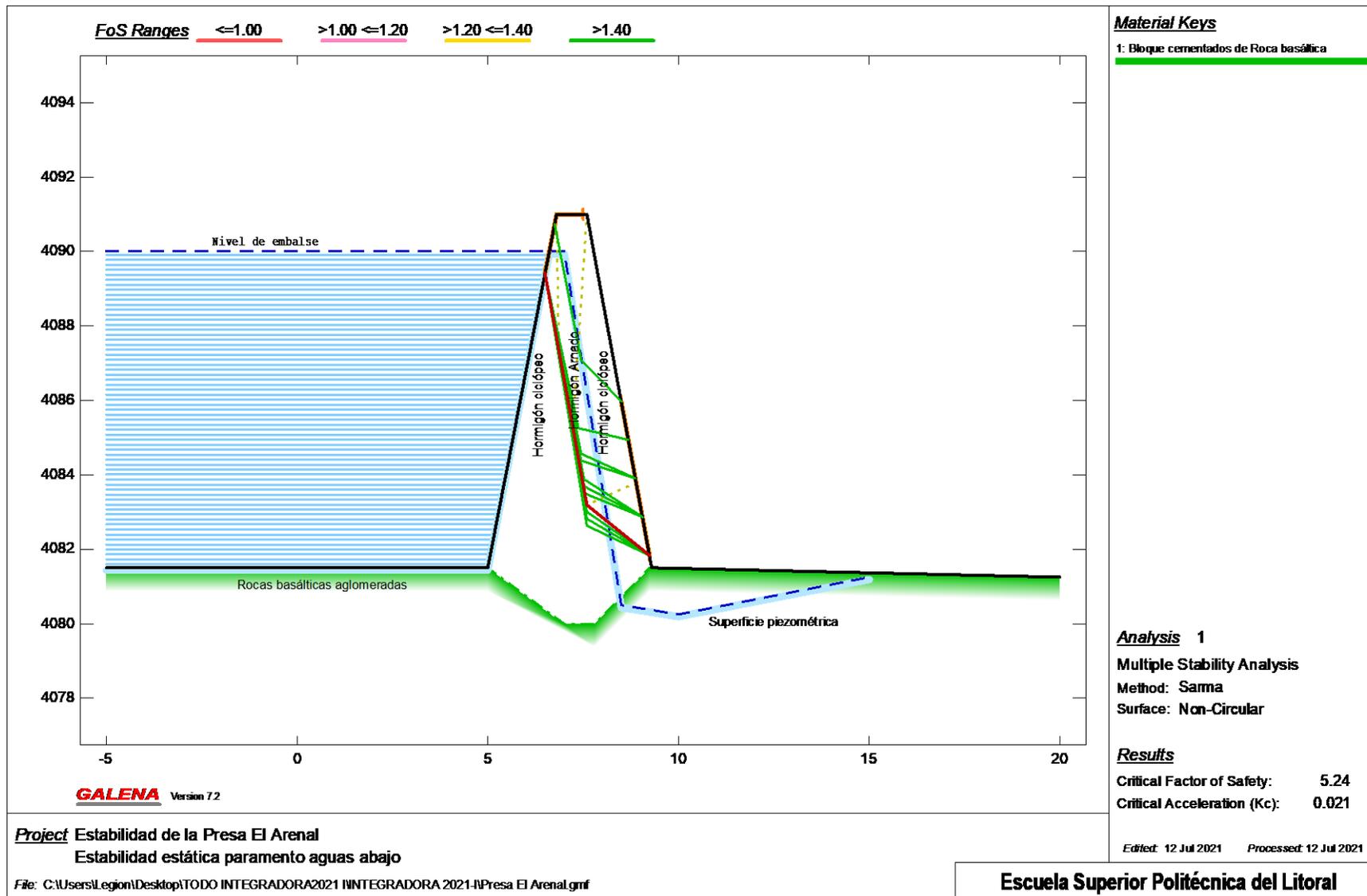


Figura 3.8 Corrida de análisis 1 de estabilidad al deslizamiento de la presa

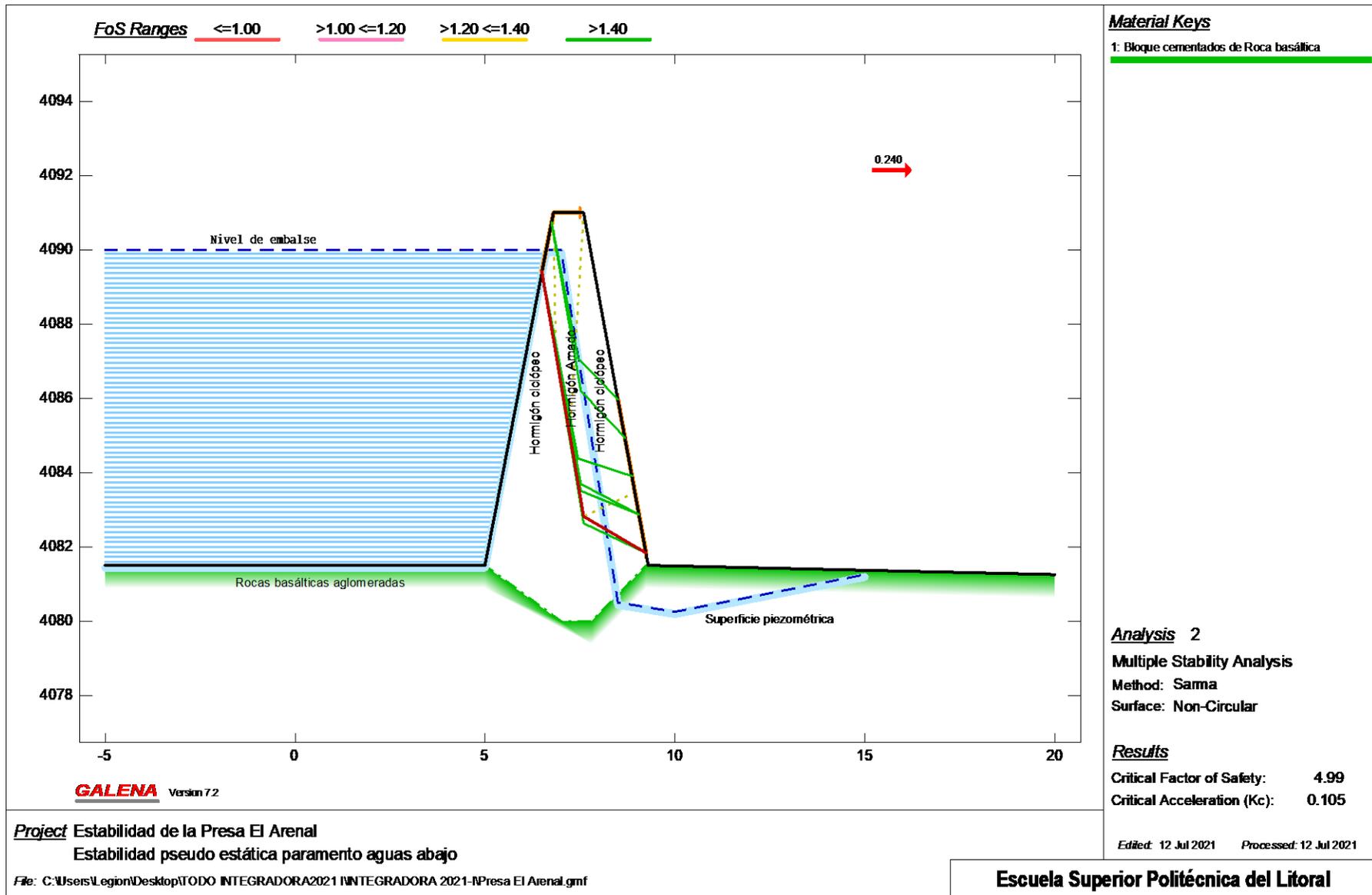


Figura 3.9 Corrida de análisis 2 de estabilidad al deslizamiento de la presa

3.7.1 Datos de la corrida

Los cálculos que se presentan dentro del apéndice B fueron efectuados en el paramento aguas debajo de la presa por ser el más crítico de los dos. Con esto se quiere decir que en el paramento aguas arriba los factores de seguridad son, sin dudas, mayores.

3.8 Factor de seguridad al deslizamiento

Una presa debe pasar por una serie de revisiones durante la etapa de diseño, razón por la que es necesario considerar combinaciones de cargas óptimas que permitan anticipar su riesgo de falla. Para el presente proyecto se han empleado únicamente estados de carga para situaciones normales (N21) y accidentales (A23), las cuales se pueden visualizar en la Tabla 3.19 y Tabla 3.21.

Tabla 3.19 Combinación N21 [Guzmán & Navia, 2021]

Combinación N21			
N21 =	Peso propio + Empuje hidrostático + Ola máxima		
N =	487.05	ton	Componente vertical
T =	37.64	ton	Componente vertical

Primero se realiza el cálculo de coeficiente de deslizamiento para la condición N21, en donde se emplea el coeficiente de fricción interna y la cohesión presente en el suelo conformado por roca. Cabe recalcar que para cada estado de carga el valor mínimo requerido para cumplir con la estabilidad es diferente, esto debido a que mientras más exigente sea la combinación, menor deberá ser el coeficiente de deslizamiento mínimo permitido.

Tabla 3.20 Cálculo del coeficiente de deslizamiento para N21 [Guzmán & Navia, 2021]

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE DESLIZAMIENTO		
f	0.88	Coeficiente de fricción
ϕ	44	Ángulo de fricción interna
C	14.27	ton/m ²
a	0.00	
Cos(a)	1	
Sin(a)	0	
b	0.7	m
ksd	11.60	Mayor a 3, cumple con estabilidad

Para el estado de carga N21, el coeficiente de deslizamiento mínimo para cumplir con la estabilidad es de 3 y considerando que el ksd calculado es de 11.60, por lo que se concluye es que se cumple con la estabilidad.

Luego, se realiza el cálculo de coeficiente de deslizamiento para la condición a23.

Tabla 3.21 Combinación A23 [Guzmán & Navia, 2021]

Combinación A23			
A23 =	Peso propio + E hidrostático + Efecto sísmico del proyecto + Ola sísmica		
N =	428.78	ton	Componentes verticales
T =	130.50	ton	Componentes horizontales

Tabla 3.22 Cálculo del coeficiente de deslizamiento para A23 [Guzmán & Navia, 2021]

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE DESLIZAMIENTO		
f	0.88	Coeficiente de fricción
ϕ	44	Ángulo de fricción interna
C	14.27	ton/m ²
a	0.00	
Cos(a)	1	
Sin(a)	0	
b	0.7	m
ksd	2.96	Mayor a 2, cumple con estabilidad

Para este estado de carga el coeficiente mínimo para cumplir con la estabilidad debe ser de 2, considerando que el resultado fue de 2.96 se concluye que pasa la revisión por estabilidad.

3.9 Cálculo de esfuerzos en la presa

Para esta sección se verifica que los esfuerzos producidos en la estructura sean de tal magnitud que no provoquen daños significativos que afecten su funcionamiento durante la etapa de operación.

Se utiliza la ecuación 2.28 para el cálculo de los esfuerzos en los extremos aguas arriba y aguas abajo, por lo que se calculan los momentos para la combinación N21:

Tabla 3.23 Momentos N21 [Guzmán & Navia, 2021]

Fuerza	Valor (t)	Brazo (m)	Momento (ton*m)
W1	35.40	2.83	100.31
W2	6.34	0.57	3.59

G	480.71	2.10	1009.50
Pmax	2.24		11.80
Total			1125.20

$$\sigma_{y1} = \frac{\sum V}{b} - \frac{6 * \sum M}{b^2}$$

$$\sigma_{y1} = \frac{487.05}{0.7} - \frac{6 * 1125.20}{0.7^2} = -13082.19 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\sigma_{y2} = \frac{\sum V}{b} + \frac{6 * \sum M}{b^2}$$

$$\sigma_{y2} = \frac{487.05}{0.7} + \frac{6 * 1125.20}{0.7^2} = 14473.76 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{y2}}{\sigma_{y1}} < 3 \therefore \text{Cumple}$$

Además, se obtienen los esfuerzos horizontales y de corte mediante las ecuaciones 2.30, 2.31 y 2.32:

$$\sigma_{x1} = y * \gamma - (y * \gamma - \sigma_{y1}) * m_1^2$$

$$\sigma_{x1} = 8.5 * 1 - (8.5 * 1 - (-13082.19)) * 0.18^2 = -410.69 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\sigma_{x2} = \sigma_{y2} * m_2^2$$

$$\sigma_{x2} = 14473.76 * 0.18^2 = 463.48 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\tau_1 = (y * \gamma - \sigma_{y1}) * m_1^2$$

$$\tau_1 = (8.5 * 1 - (-13082.19)) * 0.18^2 = 405.77 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\tau_2 = \sigma_{y2} * m_2$$

$$\tau_2 = 14473.76 * 0.18 = 2590.04 \text{ tonnef/m}^2$$

Se realiza el mismo procedimiento para los esfuerzos ocasionados por la combinación A23:

Tabla 3.24 Momentos A23 [Guzmán & Navia, 2021]

Fuerza	Valor (t)	Brazo (m)	Momento (ton*m)
W1	35.40	2.83	100.31
W2	6.34	0.57	3.59
G	480.71	2.10	1009.50
Ws	7.70	3.40	26.17
Sh	87.40	3.10	270.95
Sv	58.27	2.10	122.36
Total			1532.88

$$\sigma_{y1} = \frac{\sum V}{b} - \frac{6 * \sum M}{b^2}$$

$$\sigma_{y1} = \frac{428.78}{0.7} - \frac{6 * 1523.88}{0.7^2} = -18157.42 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\sigma_{y2} = \frac{\sum V}{b} + \frac{6 * \sum M}{b^2}$$

$$\sigma_{y2} = \frac{428.78}{0.7} + \frac{6 * 1523.88}{0.7^2} = 19382.51 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{y2}}{\sigma_{y1}} < 3 \therefore \text{Cumple}$$

$$\sigma_{x1} = y * \gamma - (y * \gamma - \sigma_{y1}) * m_1^2$$

$$\sigma_{x1} = 8.5 * 1 - (8.5 * 1 - (-18157.42)) * 0.18^2 = -573.21 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\sigma_{x2} = \sigma_{y2} * m_2^2$$

$$\sigma_{x2} = 19382.51 * 0.18^2 = 620.67 \text{ tonnef/m}^2$$

$$\tau_1 = (y * \gamma - \sigma_{y1}) * m_1^2$$

$$\tau_2 = \sigma_{y2} * m_2$$

$$\tau_2 = 19382.51 * 0.18 = 3486.45 \text{ tonnef/m}^2$$

CAPÍTULO 4

4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1.1 Objetivo General

Identificar preliminarmente los posibles impactos ambientales positivos y negativos que puede generar la construcción y operación de una presa de almacenamiento en el Arenal del Volcán Chimborazo, con el fin de tomar y recomendar medidas para la mitigación de las afectaciones ambientales.

4.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las obras temporales para la ejecución de la construcción de la presa y sus posibles repercusiones ambientales.
- Realizar una valoración del impacto ambiental de los diferentes medios de estudio a través de una matriz de asignación de puntajes en todas las etapas de la ejecución del proyecto.

4.1.3 Nombre del proyecto

Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuhuañuna en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda

4.1.4 Descripción del proyecto

La implantación de la presa se encuentra limitada en El Arenal del Volcán Chimborazo, consta de una altura de presa de 11 m la cual fue escogida entre tres alternativas planteadas inicialmente dentro del apartado 2.2 del documento, de las cuales en base a la cuantificación de criterios fue la de mayor puntuación. Dentro de los criterios, el segundo hace referencia al impacto ambiental que las diferentes alturas de las presas pueden producir. De esta forma, se identificó que una presa de 11 metros de altura es el caso más favorable, debido que mantiene estable el volumen de agua actual de la cuenca, lo cual evita que haya un cambio en el ecosistema que perjudique a las especies una vez ejecutado el proyecto.

Según investigaciones realizadas por la Universidad Politécnica del Chimborazo (2016), la implementación de metodologías de monitoreo de impacto ambiental mantendría un equilibrio dentro de la reserva de El Arenal, con respecto a los impactos producidos por la actividad turística, desarrollo local y la ejecución de obras civiles. A los alrededores de la zona de estudio, predomina únicamente el desarrollo de obras viales y escasas obras de captación y tratamiento del agua proveniente del volcán Chimborazo o sus alrededores, representando así que la escasez de agua en parroquias del cantón Guaranda se debe a la falta de implementación de estructuras de almacenamiento de agua dentro de la provincia.

Por ende, la construcción de una presa multipropósito contribuiría en el avance productivo y económico de las parroquias de Guanujo y Julio Moreno, debido que permitirá satisfacer la demanda de agua para la agricultura y ganadería característica de estas zonas.

La zona de estudio de El Arenal es considerada como una gran reserva desértica única en el Ecuador (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021) con pobre vida silvestre, con plantas que forman pequeños cojines y fauna como roedores y reptiles. Por ende, dentro de esta clasificación ecológica se considera a El Arena como una "PUNA" lo cual se refiere a mesetas de alta montaña, típicas de la región de los Andes centrales, donde la evaluación idónea de un plan de impacto ambiental a más de mantener la calidad ambiental contribuiría a la preservación de la calidad paisajística y cambios casi imperceptibles en procesos hidrológicos, geomorfológicos y eco sistemáticos.

4.1.5 Tipo de estudio

Según el catálogo de actividades ambientales del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), el componente ambiental del presente proyecto corresponde a "construcción y/u operación de represas" donde el costo de su licencia ambiental varía en base al valor del proyecto y a la remoción de la cobertura vegetal nativa.

Consulta de Actividades Ambientales

Para conocer la Actividad Ambiental a la que pertenece su proyecto, el proceso que corresponde (Registro Ambiental o Licencia Ambiental), el tiempo de emisión y los costos que genera, haga clic en buscar.

🔍 Buscar

Descripción de la actividad	CONSTRUCCIÓN Y/U OPERACIÓN DE REPRESAS
Su trámite corresponde a un(a)	LICENCIA AMBIENTAL
Tiempo de emisión	Se ajusta al proceso de análisis de revisión de la información ingresada dentro de los parámetros de la normativa ambiental vigente, que incluye una socialización o difusión pública del proyecto.
Costo del trámite	Varía en base al valor del proyecto y si existe remoción de cobertura vegetal nativa.

Figura 4.1 Consulta de actividad ambiental [SIUA, 2021]

4.1.6 Fases del proyecto

Para la consideración de planes de impacto ambiental es necesario conocer previamente las actividades que engloban la ejecución del proyecto, por ende, se identificó las fases de construcción, funcionamiento y bajo circunstancias la fase de abandono.

4.1.6.1 Fase de construcción

Dentro de la fase de construcción se engloban las actividades previas al almacenamiento del agua, que son necesarias para la ejecución de la presa, las cuales varían dependiendo de las características del proyecto, ubicación geográfica y tipo de presa (Romero Gil, 2021).

Entre las principales acciones en las fases de construcción del proyecto se tiene:

- Desviación de cauce de agua para ejecución de la construcción
- Implementación de caminos provisionales y pistas de acceso y montaje
- Desforestación del vaso hidráulico
- Movimiento y acceso de maquinarias
- Transporte de materiales a pie de obra desde zonas cercanas a la presa
- Vertido de materiales y desechos originados en la construcción
- Obras provisionales durante la construcción
- Necesidad de mano de obra (Romero Gil, 2021)

4.1.6.2 Fase de funcionamiento

Durante la fase de funcionamiento, se distinguen las actividades de mantenimientos de operación, lo cual incluye la regulación de caudal aguas abajo, comprobaciones

periódicas en la calidad de agua y control de la oscilación del agua almacenada. Además de estas actividades radicadas de la construcción de la infraestructura, con frecuencia se desarrollan otras actividades como el manejo de zonas reforestadas, disposición de residuos y posibilidad de trasvase de caudales (Romero Gil, 2021).

A su vez, para funcionamiento óptimo del sistema de embalse, se realizan revisiones periódicas en los componentes estructurales, como tuberías del sistema de toma y captación, taludes y condiciones de permeabilidad. También se destaca el control para efectos de remanso causados por la sedimentación, con el fin de mantener el volumen útil de la presa.

4.1.6.3 Fase de abandono

En algunas ocasiones la presa puede ser abandonada, por ende, existiría el paso de un nuevo cauce por el embalse sin almacenamiento lo cual restablecería el régimen natural y posiblemente produciría acciones adversas de acumulación de contaminantes que dependerían directamente de la particularidad de la presa.

4.1.7 Medio físico

La zona de El Arenal se caracteriza por presentar relieves irregulares típicos de la región interandina, con altitudes que oscilan entre 2480 y 4400 metros (IGM ECUADOR, 2020). A su vez, es característico de la zona de estudio la presencia de fluctuaciones, debido a las diferentes altitudes que se tienen en la zona, esto ocasiona una variabilidad de entre 200 a 500 milímetros anuales de precipitación y las temperaturas pueden cambiar de acuerdo con las condiciones ambientales entre 2°C, 10°C, 18°C y 24°C (Castro Pilco J., 2013).

La zona de estudio corresponde a la Formación Pisayambo (Plioceno) y Pisoclásticos del Chimborazo, donde la formación Pisayambo cubre grandes áreas de la Cordillera Andina central ecuatoriana y consisten en una extensa secuencia volcánica conformada por aglomerados y lavas andesíticas (Baldock, 1982).

La construcción de la presa puede impactar de manera considerable el medio físico de la zona de El Arenal, entre los impactos más comunes e importantes está el cambio en

el caudal aguas abajo de la presa, lo cual resulta de la magnitud del almacenamiento y el cambio permanente en la desviación del agua la cual perderá su cauce natural. A su vez, la construcción de la presa puede generar repercusiones en el agua subterránea aguas abajo de la presa dado que se reduce el cauce. Y finalmente, podrían existir cambios en la calidad del agua dada la alteración de los reguladores naturales del medio (Romero Gil, 2021).

4.1.8 Medio biótico

El Arenal presenta una vida silvestre pobre, donde se encuentra vegetación escasa y especies de curiquingues lo cual da indicios a la presencia de roedores y reptiles ya que se alimentan de estas especies. A su vez habitan vicuñas que son características de esta zona debido al clima representativo de la región.

Los efectos ambientales sobre el medio biótico frente a la construcción de una presa en un ecosistema aumentarían las poblaciones de algas en el embalse y fitoplancton, sin embargo, estas regulaciones ocurren en temperaturas habitualmente calientes o de climas que varían por estaciones anuales (Go Raymi, 2019). La existencia de peces también es considerada como poblaciones animales afectadas por la obstrucción que provocan las presas de almacenamiento, sin embargo, en la zona de estudio no se han identificado estas especies.

4.1.9 Medio humano

Dentro de la reserva de El Arenal no hay asentamientos poblacionales, debido a que es considerada una zona desértica, únicamente se han identificado excursiones turísticas. Sin embargo, la población a la cual va dirigida la obra de la presa de embalse son las parroquias de Guanujo y Julio Moreno, que albergan una población que utiliza el 60% de su suelo a la agricultura y ganadería, por ende, beneficiará a aproximadamente a 6700 habitantes.

4.1.10 Identificación de impactos

Para la identificación de los impactos se utilizará la metodología propuesta por el MAE, la cual consiste en una matriz de doble entrada que relaciona las actividades del proyecto

con la cualificación de impactos negativos que producen los factores ambientales (Calderón, 2016).

Dentro de la Tabla 4.1 Identificación de impactos ambientales [Guzmán & Navia, 2021] se aplica la metodología para el análisis de las acciones que actúan sobre los medios y las afectaciones.

Tabla 4.1 Identificación de impactos ambientales [Guzmán & Navia, 2021]

MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
Físico	Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Climatología y meteorología • Calidad del aire ambiente • Ruido 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del aire • Efecto regulador de clima • Aumento en las condiciones ruido
	Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrología • Hidrogeología • Calidad del recurso hídrico subterráneo 	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación de las corrientes de agua • Afectación en procesos de escorrentía y transporte de sedimentos • Manejo eficiente de recursos hídricos
	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Geología • Estabilidad geomorfológica • Geotecnia • Paisaje natural 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de deslizamientos • Sismicidad inducida • Erosión • Mejora en la paisajística
Biótico	Flora y Fauna	<ul style="list-style-type: none"> • Reforestación • Reducción en la biodiversidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de Vegetación • Pérdida de ecosistemas asociados al recurso florístico • Alteración del hábitat animal
Socioeconómico y cultural	Población	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de organización • Infraestructura física 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor grado de participación poblacional • Oportunidad de medios de sustento
	Empleo	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades productivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento en la producción agrícola y ganadera
	Cultura	<ul style="list-style-type: none"> • Turismo • Arqueología • Caracterización cultural y étnica 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en actividades de turismo y visitas técnicas • Mayor área de investigación • Reducción de la huella de carbono

4.1.11 Valoración de impactos

Para la valoración de los impactos ambientales se aplicó la matriz de Lázaro Lago, el cual es un método rápido que permite obtener información precisa. Consta de dos tablas en la primera se describe y evalúan los impactos mientras que en la segunda se cuantifican en base a 9 criterios (Calderón, 2016).

Los parámetros de evaluación son: naturaleza, magnitud, importancia, certeza, tipo, reversibilidad, duración, tiempo en aparecer y consideraciones del proyecto (Calderón, 2016). Dentro de la Tabla 4.2 se presenta la matriz de identificación, descripción y evaluación de impactos propuesta por Lázaro Lago Pérez, donde se consideraron los impactos ambientales identificados dentro de la Tabla 4.1.

Tabla 4.2 Matriz de Lázaro Lago [Guzmán & Navia, 2021]

MED	FLO	Componentes ambientales	ACTIVIDADES							IMPACTOS	Criterios de evaluación de impactos											
			Expropiación de tierras	Construcción de campamento	Adecuación de nuevas vías de acceso, desvío de cauces y movimiento de tierras	Relleno de zona de construcción	Manejo de residuos	Construcción de presa multipropósito	Fase de llenado		Fase de operación y mantenimiento de la presa	Fase de abandono	Naturaleza	Magnitud	Importancia	Certeza	Tipo	Reversibilidad	Duración	Tiempo en aparecer	Considerado en proyecto	Ponderación
			1	2	3	4	5	6	7		8	9										
			x		x	x			x	Contaminación del aire	-	1	2	D	Pr	2	1	C	S	3		
							x	x		Efecto regulador de clima	+	3	3	D	Pr	2	4	C	S	7		
			x	x	x	x		x		Aumento en las condiciones ruido	-	2	1	D	Sc	1	1	C	S	2		
					x			x	x	Modificación de las corrientes de agua	-	2	2	C	Pr	2	2	C	S	4		
							x		x	Afectación en procesos de escorrentía y transporte de sedimentos	-	1	2	D	Sc	2	2	C	S	2		
								x		Manejo eficiente de recursos hídricos	+	3	3	C	Sc	1	1	M	S	9		
			x		x					Generación de deslizamientos	-	2	1	D	Ac	1	2	M	S	1		
				x						Sismicidad inducida	-	2	2	D	Sc	2	2	M	N	4		
							x	x		Erosión	-	2	2	D	Sc	1	2	C	S	3		
			x	x	x				x	Pérdida de Vegetación	-	1	2	C	Ac	1	1	C	S	2		

MEDIO SOCIECONÓMICO Y CULTURAL		x	x	x			x			Perdida de ecosistemas asociados al recurso florístico	-	2	2	D	Ac	1	1	C	N	4	
							x		x		Alteración del hábitat animal	-	1	2	D	Sc	1	2	C	S	1
	POBLACIÓN								x		Mayor grado de participación poblacional	+	3	3	D	Sc	1	4	C	S	6
									x		Oportunidad de medios de sustento	+	3	3	D	Sc	1	4	C	N	6
	EMPLEO								x	Incremento en la producción agrícola y ganadera	+	3	3	D	Pr	1	4	C	S	6	
	CULTURA								x		Aumento en actividades de turismo y visitas técnicas	+	3	3	D	Sc	1	4	C	S	6
						x	x	x	x		Mayor área de investigación	+	3	3	D	Sc	1	4	C	S	6
						x			x		Reducción de la huella de carbono	+	3	3	D	Pr	1	4	C	S	6

Los criterios de impacto se evaluaron en base a tablas propuestas para el método, las cuales se presentan dentro de la Tabla 4.3 y Tabla 4.4.

Tabla 4.3 Criterios cualificadores de la Matriz de Lázaro Lago [Lago, 1999]

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
Naturaleza	Positivo	+
	Negativo	-
	Neutro	N
	Previsible	X
Tipo	Primario	Pr
	Secundario	Sc
	Acumulativo	Ac
Tiempo en aparecer	Corto plazo (menos de 6 meses)	C
	Mediano plazo (6 meses y 5 años)	M
	Largo plazo (después de 5 años)	L
Certeza	Cierto (Probabilidad de ocurrencia del impacto mayor del 75%)	C
	Probable (Probabilidad de ocurrencia entre 50 y 75%)	D
	Improbable (Requiere estudios)	I
Considerado en el diseño	Si	S
	No	N

Tabla 4.4 Criterios cuantificadores de la Matriz de Lázaro Lago [Lago, 1999]

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Magnitud	Baja intensidad, (área menor a una hectárea)	1
	Moderada intensidad, (área entre 1 y 10 hectáreas)	2
	Alta intensidad, (área mayor a 10 hectáreas)	3
Importancia	Sin importancia	0
	Menor importancia	1
	Moderada importancia	2
	Importante	3
Reversibilidad	Reversible	1
	No reversible	2
Duración	Corto plazo (el impacto permanece menos de un año)	1
	Mediano plazo (si el impacto permanece entre 1 y 10 años)	2
	Largo plazo (si el impacto permanece más de 10 años)	4

La ponderación se la obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$Ponderación = (M * I) + (R - D)$$

Donde:

M: magnitud

I: importancia

R: reversibilidad

D: duración

En base a los resultados obtenido dentro de la Tabla 4.2 se plantea la segunda tabla del método de Lázaro Lago, donde se cuantificarán los impactos.

Tabla 4.5 Matriz de Lázaro Lago [Guzmán & Navia, 2021]

COMPONENTES AMBIENTALES	ACTIVIDADES									TOTAL (+)	TOTAL (-)	TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
AIRE	-3 -2	-2	-3 -2	-2	-3	-3 -2	+7	+7 -2	-3	14	-27	-13
AGUA			-4				-4 -2	-4 +9	-4 -2	9	-20	-11
SUELO	-1		-4	-1			-3	-3		0	-12	-12
FLORA Y FAUNA	-2 -4	-2 -4	-2 -4			-2 -4 -1		-1		0	-26	-26
POBLACIÓN								+6 +6		12	0	12
EMPLEO								+6		6	0	6
CULTURA					+6 +6	+6	+6	+6 +6 +6		42	0	42
TOTAL (+)	0	0	0	0	12	6	13	52	0	83		
TOTAL (-)	-12	-8	-19	-3	-3	-12	-9	-10	-9		-85	
TOTAL	-12	-8	-19	-3	9	-6	4	42	-9			-2

Una vez mostrados los resultados dentro de la Tabla 4.5, se puede determinar que los impactos positivos son de 83 y los negativos de 85. Dado que se obtuvo que la implementación de una presa en la zona de El Arenal tiene una mínima diferencia entre los impactos positivos y negativos, se debe centralizar las medidas de prevención en estos sectores para que la implementación de infraestructura no se convierta en una afectación. Los impactos positivos identificados bordean las actividades socioeconómicas y culturales, donde se cumple uno de los objetivos iniciales de la construcción de una presa de almacenamiento, sin embargo, el medio físico, la flora y fauna son los componentes más afectados principalmente por la implementación de la infraestructura, por ende, las actividades deben llevar un control responsable para evitar su aumento.

4.1.12 Medidas de prevención y/o corrección

Dado que la mayor fuente de impacto negativo se encuentra en las actividades previas a la construcción del proyecto, el manejo de un plan de control ambiental es de carácter obligatorio. A continuación, se presenta en la Tabla 4.6 actividades aplicables para la mitigación del impacto ambiental.

Tabla 4.6 Medidas de prevención y/o corrección de impacto ambiental [Guzmán & Navia, 2021]

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDA DE PREVENCIÓN Y/O CORECCIÓN
Contaminación del aire	Es importante que el personal que vaya a trabajar esté consiente de que la zona de ejecución pertenece a una reserva desértica, por lo tanto, el manejo responsable debe ser la mejor práctica. Es recomendable trabajar dentro de la zona en contra del viento predominante, evitar la quema de materiales y emisión de contaminantes. Para evitar el polvo se tiene como ventaja la saturación del suelo.
Aumento en las condiciones ruido	La sustitución de maquinarias antiguas con unas de mejor estado es una de las principales medidas para controlar el ruido en la construcción, sin embargo, dentro de la práctica también es recomendable la alternación de actividades ruidosas y no ruidosas para así evitar los largos intervalos de ruido.
Modificación de las corrientes de agua	La modificación de la corriente de agua natural es un punto que no puede evitarse, sin embargo, para minimizar su impacto es recomendable aplicar para el estudio de la avenida de la presa el caudal ecológico el cual no alterará drásticamente las condiciones del hábitat.

Generación de deslizamientos	Para evitar en gran escala los deslizamientos, es recomendable mediante el reporte geológico identificar las fallas del terreno para que al momento de la construcción no se inicie simultáneamente desde la superficie de falla. A su vez, la implementación de geomembranas en los terrenos inclinados evita el deslizamiento de material suelo hacia el vaso de almacenamiento hidráulico, sin embargo, se añadirá abono en zonas reforestadas para forzar a una reforestación natural.
Erosión	Se recomienda incluir la reforestación natural de pendientes ya que es un método diseñado para prevenir y proteger las pendientes de la erosión y controlar la escorrentía del suelo superficial y a su vez se utiliza para restaurar la flora original.
Pérdida de Vegetación	La rehabilitación de suelos asegura que el impacto de la vegetación pérdida durante la práctica de construcción sea cubierto, por ende, junto al impacto de la erosión se recomienda la reforestación natural en laderas, lo cual readecuará el paisaje.
Alteración del hábitat animal	Este impacto generado es mínimo, por la casi nula cantidad de vida animal que habita en la zona de implementación de la presa, por ende, la reposición vegetal abarcaría este impacto en su totalidad.

4.1.13 Conclusiones

El medio más afectado en el proyecto es el medio físico lo cual incluye al agua y al aire, esto se debe especialmente a que estas actividades de construcción son de poca frecuencia dentro del área de estudio y se comprende en su totalidad un área natural. Sin embargo, para esto se plantearon dentro de la Tabla 4.6 medidas de prevención y mitigación de impacto ambiental los cuales se deben seguir para hacer de esto un proceso medio ambientalmente responsable.

Entre las medidas de mitigación más destacadas se encuentra el forzado mediante abono a la reforestación natural de la vegetación a extraer y la aplicación de condiciones ecológicas dentro del diseño como lo es el caudal ecológico, cabe recalcar que hacer frente a esta problemática mitiga en su mayoría el impacto de las actividades de las diferentes fases del proyecto y a su vez aporta a mantener el paisajismo dentro de esta zona que consta de una actividad turística poco densa. El mayor beneficio obtenido se relaciona con las actividades culturales y socioeconómicas de la parroquia Guanujo y

Julio Moreno las cuales mantendrán un mismo orden de producción agrícola y ganadera en todas las estaciones del año.

El componente de impacto ambiental y sus medidas de prevención y corrección representa el 0.65% del presupuesto total de la obra, correspondiendo a un valor de \$4138.80 que engloba educación ambiental y capacitación en operación y mantenimiento de la infraestructura.

Finalmente, se concluye que la construcción de una presa mantiene un mismo orden de impactos positivos y negativos y que esto va de la mano a la responsabilidad del personal relacionado a las diferentes fases del proyecto el cual debe conocer sobre la importancia medioambiental y cumplir en su totalidad el plan de prevención y mitigación planteado.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE COSTOS

En esta sección se incluirá el presupuesto determinado para las actividades correspondientes a la implementación de una presa multipropósito en la zona de El Arenal del Chimborazo en el cantón Guaranda. En el APÉNDICE D se incluirá a detalle el APU para cada rubro, el cronograma, el cronograma valorado y las especificaciones técnicas para cada rubro.

A continuación, se muestra un listado de los rubros por considerar, los cuales se han clasificado en 8 grupos:

1. Trabajos preliminares
 - 1.01 Desbroce, limpieza y acopio
 - 1.02 Replanteo y trazado
2. Obras temporales
 - 2.01 Bodega, caseta
3. Movimiento de tierra
 - 3.01 Excavación mecánica en roca para empotramiento de presa
 - 3.02 Excavación mecánica a mano en roca para aliviadero
 - 3.03 Relleno compactado con material del sitio
 - 3.04 Extracción de material rocoso en sitio
4. Hormigones
 - 4.01 Hormigón armado $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$
 - 4.02 Hormigón armado $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo impermeabilizante
 - 4.03 Hormigón ciclópeo 40% piedra $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$
5. Acero estructural
 - 5.01 Acero de refuerzo $F_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ (figurado y colocado)
6. Limpieza y desalojo
 - 6.01 Limpieza final de obra
7. Parte ambiental
 - 7.01 Capacitación en operación y mantenimiento de la infraestructura
 - 7.02 Educación ambiental
8. Obras complementarias

- 8.01 Compuerta metálica tipo volante con placa de 70 x 65 cm
- 8.02 Rejilla de 40 x 41 cm
- 8.03 Desvío del cauce (Dique de material suelto de 80 cm de ancho, 6 m de alto y 50 m de largo con suaves espaldones)
- 8.04 Desvío del cauce (Extracción mediante bomba del caudal)
- 8.05 Alquiler de batería sanitaria (inc. Instalación y mantenimiento)

Tabla 5.1 Presupuesto de la obra [Guzmán & Navia, 2021]

Rubro	Descripción del rubro	Unidad	Cantidad	Precios	
				Unitario	Total
1. Trabajos preliminares					
1.01	Desbroce, limpieza y acopio	m ²	2200	\$ 1.10	\$ 2,411.64
1.02	Replanteo y trazado	m ²	219	\$ 0.92	\$ 202.41
2. Obras temporales					
2.01	Bodega, caseta	m ²	14.4	\$ 65.89	\$ 948.86
3. Movimiento de tierra					
3.01	Excavación mecánica en roca para empotramiento de presa	m ³	264.255	\$ 15.21	\$ 4,018.84
3.02	Excavación mecánica en roca para aliviadero	m ³	63.06	\$ 15.22	\$ 959.82
3.03	Relleno compactado con material arcilloso del sitio	m ³	21.821	\$ 6.75	\$ 147.40
3.04	Extracción de material rocoso en sitio	m ³	450	\$ 15.21	\$ 6,843.69
4. Hormigones					
4.01	Hormigón armado f'c= 280 kg/cm ²	m ³	47.671	\$ 222.08	\$ 10,586.94
4.02	Hormigón armado f'c= 280 kg/cm ² con aditivo impermeabilizante	m ³	394.8	\$ 246.08	\$ 97,153.73
4.03	Hormigón ciclópeo 40% piedra f'c 240 kg/cm ²	m ³	1711.483	\$ 189.41	\$324,166.52
5. Acero estructural					
5.01	Acero de refuerzo Fy= 4200 kg/cm ² (figurado y colocado)	Kg	30305.08	\$ 2.57	\$ 77,760.35
6. Limpieza y desalojo					
6.01	Limpieza final de obra	m ²	2200	\$ 1.12	\$ 2,467.08
7. Parte ambiental					
7.01	Capacitación en operación y mantenimiento de la infraestructura	U	2	\$ 1,957.80	\$ 3,915.60
7.02	Educación ambiental	U	3	\$ 74.40	\$ 223.20
8. Obras complementarias					
8.01	Compuerta metálica tipo volante con placa de 70 x 65 cm	U	1	\$ 4,809.20	\$ 4,809.20
8.02	Rejilla de 40 x 41 cm	U	1	\$ 132.92	\$ 132.92
8.03	Desvío del cauce (Dique de material suelto de 80 cm de ancho, 6 m de alto y 50 m de largo con suaves espaldones)	m ³	288.00	\$ 144.17	\$ 41,520.09
8.04	Desvío del cauce (Extracción mediante bomba de caudal)	mes	4	\$ 67.20	\$ 268.80
8.05	Alquiler de batería sanitaria (inc. Instalación y mantenimiento)	mes	3	\$ 361.67	\$ 1,085.00
				TOTAL	\$579,622.08

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La implementación de la presa beneficia a aproximadamente a 6700 personas que realizan actividades de agricultura y ganadería, generando un aumento de exportación de papa, cebolla y maíz del 80% en épocas de invierno y a su vez incrementando el empleo en zonas rurales en un 40% en comparación con estadísticas presentadas en años anteriores.
- El sitio de implantación del proyecto que fue seleccionado asegura la inexistencia de socavación debido a que se tomó el tramo con pendiente más constante y menos pronunciada del cauce para así evitar las formaciones de grandes saltos hidráulicos. A su vez, la topografía del terreno demostró que la cuenca de drenaje aprovecha la captación de agua principalmente de vertientes provenientes de deshielos y aguas subterráneas.
- Mediante el estudio hidrológico se concluyó que el caudal de diseño obtenido a partir del método de distribución estadística de $15.12 \text{ m}^3/\text{s}$ mantiene una diferencia de $0.60 \text{ m}^3/\text{s}$ con respecto al caudal ecológico de $15.72 \text{ m}^3/\text{s}$ obtenido para la zona de estudio, es así como la presa rige su funcionamiento al medio de su implantación lo cual afectará en un grado muy bajo al cauce natural y a las especies que habitan en la zona.
- A su vez, la geometría de la presa diseñada es desarrollada por primera vez en bibliografías y funciona con un empotramiento de 1.5 m y espaldones que aprovechan en gran cantidad los materiales abundantes y de gran resistencia de la zona como la roca andesita.
- Las dimensiones de la estructura son apropiadas, lo cual se verificó mediante revisiones de estabilidad frente al deslizamiento y volteo dando resultados satisfactorios que incluye un factor de seguridad superior a 2, con lo que se concluye que la presa resiste ampliamente frente a la acción de las cargas actuantes que tienden a desestabilizar a la estructura. Cabe recalcar, que al cumplir la revisión por esfuerzos era innecesario comprobar el volcamiento, pero para efectos de análisis y diseño se decidió realizar ambas complementando los resultados a través de la utilización del software Galena. De igual forma, lo mismo

se realizó para la revisión por deslizamiento, por lo que se asegura que las dimensiones de la presa son adecuadas en todos los aspectos.

- Con respecto a las fuerzas actuantes, se tuvo que realizar un análisis profundo debido a que hay que considerar todas las cargas a las que va a estar sometida la estructura durante toda su vida útil. Toda presa se encuentra bajo la acción constante del empuje del agua, por lo que fue indispensable analizar la oscilación de la masa de agua cuando ocurre el sismo, con lo que se genera la presión hidrodinámica. Las fuerzas de fricción y cohesión presentes en el empotramiento fueron incluidas, ya que aportan mayor resistencia frente a las fallas de volteo y deslizamiento.
- Además, se realizó un análisis pseudo estático y dinámico mediante el software Galena, el cual arrojó resultados óptimos que garantizan la seguridad e integridad de la Presa. En esta parte se tomó especial interés en cuanto al resultado obtenido del análisis pseudo estático, debido a que es el más exigente por la gran magnitud de la fuerza sísmica horizontal que actúa sobre la estructura y que en muchas ocasiones resulta ser el más crítico en comparación con el análisis dinámico.
- Para la pantalla de hormigón armado se tiene un refuerzo longitudinal con cuantía de 0.0027, con lo que se garantiza que la estructura posea la suficiente resistencia frente a la acción de las cargas actuantes. Para verificar que el armado proporcionado sea el apropiado se realizó una revisión para el momento de agrietamiento, dando como resultado que la cuantía calculada es la adecuada considerando que el mínimo valor permitido para este tipo de estructuras es de 0.0025.
- Uno de los motivos más frecuentes de falla en una presa es el rebosamiento de agua por encima del nivel de la corona, como medida de prevención frente a este escenario se dispuso del diseño de un aliviadero de emergencia que cumpla con la función de controlar el nivel de agua almacenado en el embalse.
- Finalmente, a través de los ensayos de laboratorios desarrollados, se concluye que los materiales caracterizados como andesitas, arenas y arcillas de coordenadas definidas dentro del capítulo 2.10 pueden ser utilizados como materiales de construcción para la presa o para cualquier requerimiento estructural externo.

6.2 Recomendaciones

- Si bien el principal objetivo del presente trabajo es el diseño de una presa con un pequeño embalse que actúa como regulador de los caudales de captación, es importante remarcar que 300 m aguas arriba de la presa, mediante estudios hidrogeológicos se detectó la existencia de un acuífero a una cota más elevada. Por esta razón si la demanda llegara a incrementarse se sugiere construir un pozo para explotar ese importante recurso y si fuera del caso, almacenar el agua extraída en el reservorio que se ha diseñado.
- Se recomienda a su vez, realizar la ejecución del proyecto en los meses correspondientes al verano debido a que el cauce natural aumentará su volumen y afectará a la construcción de la presa.
- Para la construcción de este tipo de estructuras consideradas como masivas se recomienda utilizar cemento de moderado calor y bajo calor de hidratación debido a que ayudan a controlar los cambios de temperaturas. Hay que tener un especial control después de 24 horas cuando el periodo de protección ha terminado, debido a que hay que evitar que el concreto se enfríe en su parte externa y siga cálido en su parte interna, ya que esta puede producir un agrietamiento térmico.

BIBLIOGRAFÍA

Alamy (2010). <https://www.alamy.es/>

Baldock, J. (1982). Geología del Ecuador. Boletín de la explicación del Mapa Geológico (1:1000000) de la República del Ecuador. Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito (no publicado).

Bureau of Reclamation (2017). Visiting Hoover Dam. <https://www.usbr.gov/lc/hooverdam/>

Calderon M. (2016). Proyecto de Investigación, presentado ante el Instituto de Postgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de Magíster en Turismo Sostenible y Desarrollo Local.

Castro J. (2013). Evaluación y zonificación de los procesos geodinámicos que influyen en el área urbana del cantón Guaranda [Tesis, Universidad central del Ecuador]. <http://dspace.uce.edu.ec/handle/2500/2284>

Chaundhry, M.H. (1993) Open-channel Flow. Prentice-Hall. New Jersey

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada INTERAMERICANA. Bogotá: McGraw-Hill.

Conagua. (2020). *Cobierno de México*. Obtenido de <https://app.conagua.gob.mx/spr/glosario.html>

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda. Accedido el 29 de mayo, 2021 desde <http://guaranda.gob.ec>

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Julio E. Moreno (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PDyOT 2015 2025.

Go Raymi. Accedido el 07 de junio del 2021 desde <https://goraymi.com>

Hervas Edgar & Inés Tiviano. (2021). Estudios Geológicos e Hidrológicos aplicados para la represa multipropósito Turuhuañuna en la comunidad El Arenal – Volcán Chimborazo – Provincia de Bolívar. Guayaquil: ESPOL.

hydrobits. (2017). *hydrobits.com*. Obtenido de [hydrobits.com/:](http://hydrobits.com/programas/sistae.html)
<http://hydrobits.com/programas/sistae.html>

Instituto Geográfico Militar del Ecuador, IGM (2020). Geoportal. Obtenido de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>

International Commission on Large Dams - ICOLD, (2008). Informe sobre consideraciones sísmicas

La presa de Kaffara en el valle del Nilo. Aproximación al origen de la ingeniería hidráulica. Artículo presentado en 5to Congreso Nacional de Historia de la Construcción (CICCP, CEHOPU, 2007), Burgos, España.

Lago Lázaro (1999). Elaboración y tramitación de solicitud de licencia ambiental, ceproniquel, noviembre 1999.

Ley de Gestión Ambiental, 16 (1999) (Testimony of Congreso Nacional del Ecuador)

López Cadenas de Llano, F. Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión. Ingeniería medioambiental. España: Mundi Prensa-TRAGSATEC-Min. Medio Ambiente. 945 pp., 1998.

Ministerio del Ambiente y Agua. (2015). Anexo 1 del Libro VI. In Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua (Edición Es, p.21)

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2021). Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica: <https://www.ambiente.gob.ec/>

Muñoz, F. (2009). Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. Carta Trimestral Cenicaña, v.31, nos. 3 y 4. Accedido el 29 de mayo, 2021, desde http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/moduloe/5

Proaño G. (1975). Estudios geológicos y geotécnicos para la construcción de la presa Daule-Peripa [Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/44280>

Ramirez, P. y. (2004). Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Rosabal L. (2015). Vulnerabilidad e impacto de las estrategias campesinas de alimentación del ganado durante el estiaje, en la Cart-Rebise [Tesis, Universidad San Cristóbal de Las Casas]. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000021812>

Romero Gil, I. (2021). Efectos ambientales de presas y embalses. Artículo docente. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/16777>

SAGARPA (2021). Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Obas de toma para aprovechamiento hidráulico. Dirección general de apoyos para el desarrollo rural. Artículo de los Estados Unidos Mexicanos. https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/136/494/Obras-de-toma-para-aprovechamientos-hidr--ulicos.pdf

Sandoval, W., & Toulkeridis, T. (2018). Velocity and Time of Concentration of a Basin – a renewed approach applied in the Rio Grande Basin, Ecuador. Conference Series Earth and Environmental Science, 191, 012117

SIUA - Sistema Único de Información Ambiental. (2021). Sistema Único de Información Ambiental. Obtenido de Sistema Único de Información Ambiental: <http://suia.ambiente.gob.ec/>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Plan de trabajo

Id	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración	% Avance	Gantt Chart																									
						abr 2021	mayo 2021				junio 2021				julio 2021				agosto 2021												
						05	12	19	26	03	10	17	24	31	07	14	21	28	05	12	19	26	02	09	16						
1	Reconocimiento de sitio	lun 12/04/21	lun 12/04/21	1 día	100%	■																									
2	Levantamiento topográfico y medición de caudales en sitio	lun 19/04/21	mar 20/04/21	2 días	100%	■																									
3	Análisis y selección de eje y vaso de presa	lun 26/04/21	jue 29/04/21	4 días	100%	■																									
4	Selección del tipo de presa	lun 03/05/21	lun 03/05/21	1 día	100%	■																									
5	Estudio hidrológico e hidráulico	lun 03/05/21	dom 16/05/21	14 días	100%	■																									
6	Análisis de alternativas	vie 21/05/21	lun 24/05/21	4 días	100%	■																									
7	Definición preliminar de rubros para presupuesto	lun 07/06/21	dom 13/06/21	7 días	100%	■																									
8	Toma de muestra de material en sitio	vie 18/06/21	vie 18/06/21	1 día	100%	■																									
9	Ensayos de laboratorio	lun 28/06/21	dom 18/07/21	21 días	100%							■																			
10	Diseño de la presa	lun 05/07/21	mar 20/07/21	16 días	100%												■														
11	Diseño del aliviadero	lun 12/07/21	jue 22/07/21	11 días	100%															■											
12	Diseño del sistema de toma y captación	lun 12/07/21	dom 01/08/21	21 días	100%														■												
13	Elaboración de APUS y presupuesto	lun 02/08/21	jue 12/08/21	11 días	100%																			■							
14	Evaluación de impacto ambiental	lun 05/07/21	mié 04/08/21	31 días	100%													■													
15	Elaboración de planos	lun 14/06/21	mar 03/08/21	51 días	100%											■															
16	Memoria técnica	lun 26/04/21	lun 09/08/21	106 días	100%	■																									

APÉNDICE B

Ensayos de laboratorio



Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Geotecnia y Construcción

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Referencias: ASTM D422-63, ASTM D 1140

Materia:	Integradora - Presa	Grupo:	18
Profesor:	PhD. Miguel Ángel Chávez	Fecha (dd/mm/aa):	07/07/2021

Datos de la muestra			
Código de la muestra:	1 - Arena	Lugar:	El Arenal - Chimborazo
Localización- coordenadas WGS84	X	Y	
	730320.346	9839957	
Descripción:	Arena		

Lavado sobre el tamiz # 200		
# de recipiente		C14
Peso del recipiente (g.)	<i>A</i>	155.64
Peso del recipiente + muestra seca antes del lavado (g.)	<i>B</i>	1066.44
Peso de la muestra antes del lavado (g.)	$C = (B - A)$	910.8
Peso del recipiente + muestra después del lavado y secado al horno (g.)	<i>D</i>	1022.56
Peso de la muestra seca después del lavado (g.)	$E = (D - A)$	866.92
Peso de material fino (g.)	$F = (C - E)$	43.88
Porcentaje de finos (%) <input type="checkbox"/>	$G = [F/C]X100$	4.82%

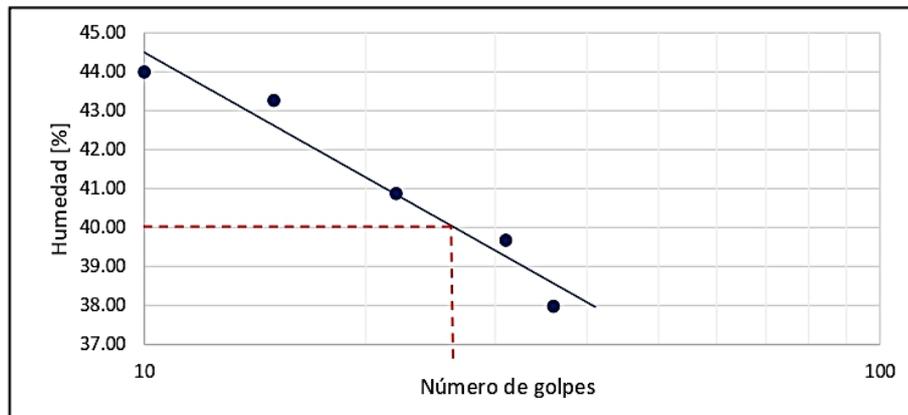
# Tamiz	Abertura (mm)	Peso parcial (g.)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado	Observaciones
No. 4	4,750	203.73	23.44	23.44	76.56	
No. 6	3,350					
No. 8	2,360					
No. 10	2,000	159.16	18.31	41.75	58.25	
No. 12	1,700					
No. 16	1,180					
No. 20	0,850	237.66	27.34	69.10	30.90	
No. 30	0,600					
No. 40	0,425	160.61	18.48	87.58	12.42	
No. 50	0,300					
No. 60	0,250	64.21	7.39	94.97	5.03	
No. 80	0,180					
No. 100	0,150					
No. 120	0,125					
No. 140	0,106	34.63	3.98	98.95	1.05	
No. 170	0,090					
No. 200	0,075	7.81	0.90	99.85	0.15	
Fondo+ F (g.)		1.31	0.15	100	0.00	
Total (g.)		869.12	100			

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO

Referencias: ASTM D 4318-10

Materia:	Integradora - Presa	Grupo:	18
Profesor:	Ph.D. Miguel Ángel Chávez	Fecha (dd/mm/aa):	09/07/2021
Datos de la muestra			
Código de la muestra:	2 - arcilla oscura	Lugar:	El Arenal
Localización- coordenadas WGS84	X	Y	
	729901.81	9839374.94	
Descripción:	Arcilla Oscura		

Límite Líquido					
No. Ensayo	1	2	3	4	5
No. Recipiente	15	9	11	42	13
Wh+r (g.) [1]	16.2	16.22	16.62	16.73	16.84
Ws+r (g.) [2]	13.12	13.17	13.64	13.77	13.98
recipiente (g.) [3]	6.12	6.12	6.35	6.31	6.45
Ww = [1]-[2] (g.) [4]	3.08	3.05	2.98	2.96	2.86
Ws = [2]-[3] (g.) [5]	7	7.05	7.29	7.46	7.53
w% = ([4]/[5])x100 [6]	44.00	43.26	40.88	39.68	37.98
No. Golpes [7]	10	15	22	31	36
Log (No. Golpes) = Log[7]	1	1.18	1.34	1.49	1.56



Límite Plástico		
No. Ensayo	1	2
No. Recipiente	60	101
Wh+r (g.) [1]	16.53	16.6
Ws+r (g.) [2]	14.12	13.81
recipiente (g) [3]	6.35	6.11
Ww = [1]-[2] (g) [4]	2.41	2.79
Ws = [2]-[3] (g) [5]	7.77	7.7
w% = ([4]/[5])x100 [6]	31.02	36.23
PROMEDIO	33.63	

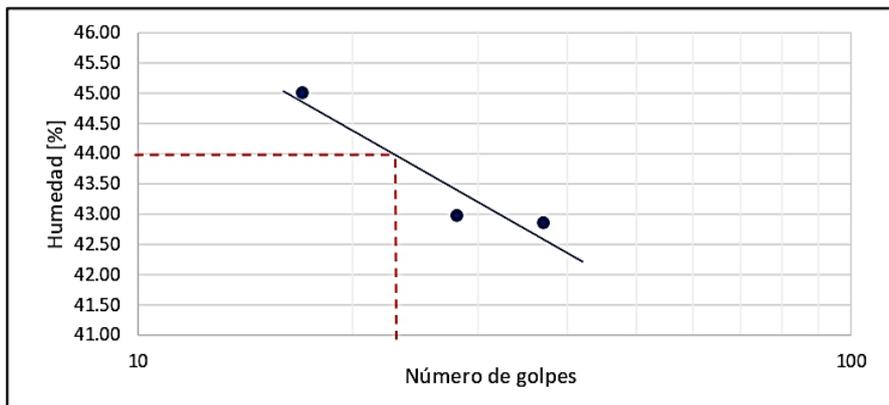
LIMITES	
LL [%]	40
LP [%]	34
IP [%]	6
Plasticidad	Baja

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO

Referencias: ASTM D 4318-10

Materia:	Integradora - Presa	Grupo:	18
Profesor:	Ph.D. Miguel Ángel Chávez	Fecha (dd/mm/aa):	09/07/2021
Datos de la muestra			
Código de la muestra:	3 - arcilla	Lugar:	El Arenal
Localización- coordenadas WGS84	X	Y	
	729929.663	9839447.505	
Descripción:	Arcilla		

Límite Líquido					
No. Ensayo	1	2	3	4	5
No. Recipiente	34	7	37		
Wh+r (g.) [1]	16.2	15.89	15.82		
Ws+r (g.) [2]	13.09	12.86	12.82		
recipiente (g.) [3]	6.18	5.81	5.82		
Ww = [1]-[2] (g.) [4]	3.11	3.03	3		
Ws = [2]-[3] (g.) [5]	6.91	7.05	7		
w% = ([4]/[5])x100 [6]	45.01	42.98	42.86		
No. Golpes [7]	17	28	37		
Log (No. Golpes) = Log[7]	1.23	1.45	1.57		



Límite Plástico		
No. Ensayo	1	2
No. Recipiente	12	48
Wh+r (g.) [1]	16.13	16.41
Ws+r (g.) [2]	13.46	13.73
recipiente (g) [3]	6.04	6.38
Ww = [1]-[2] (g) [4]	2.67	2.68
Ws = [2]-[3] (g) [5]	7.42	7.35
w% = ([4]/[5])x100 [6]	35.98	36.46
PROMEDIO	36.22	

LÍMITES	
LL [%]	44
LP [%]	36
IP [%]	8
Plasticidad	Baja

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales

PERMEABILIDAD

Referencias: ASTM D2434(2006), AASHTO T-215

Materia:	Integradora - Presa	Grupo:	18
Profesor:	PhD. Miguel Ángel Chávez	Fecha (dd/mm/aa):	14/07/21

Datos de la muestra			
Código de la muestra:	2 - arcilla oscura	Lugar:	El Arenal
Localización- coordenadas WGS84	X	Y	
	729901.81	9839374.94	
Descripción:	Arcilla Oscura		

Carga variable	
Longitud del cilindro de muestra [L]	15.25 cm
Área de la muestra [A]	31.17 cm ²
Área del tubo capilar [a]	0.15 cm ²

Tiempo total [t]	2961 seg
h1	75 cm
h2	35 cm
$K_{26} = \frac{L \times a \times C_v}{A \times t} \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$	1.64x10 ⁻⁵ cm/s

T (°C)	Cv
10	1.3012
15	1.1347
20	1.0000
21	0.9761
22	0.9531
23	0.9311
21	0.9097
25	0.8893
26	0.8694
27	0.8702
28	0.8318
29	0.8139
30	0.7967
31	0.7801
32	0.7641
33	0.7486
34	0.7334
35	0.7189
35.9	0.7064

APÉNDICE C

Datos de corrida de estabilidad al deslizamiento de presa en programa geotécnico Galena

```

File Edit Search Goto Help
-----
GALENA 7.2 Analysis Results          Version: 7.20.1.01          Licensee: Escuela Superior Politécnica del Litoral
-----
Project: Estabilidad de la Presa El Arenal
File: C:\Users\Legion\Desktop\TODO INTEGRADORA2021 I\INTEGRADORA 2021-I\Presa El Arenal.gmf
Processed: 12 Jul 2021 18:43:10
-----
DATA: Analysis 1 - Estabilidad estática paramento aguas abajo

Material Properties (2 materials)
-----
Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Bloque cementados de Roca basáltica
Cohesion Phi UnitWeight Ru
200.00 46.0 27.00 Auto
Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Hormigón armado y ciclópeo
Cohesion Phi UnitWeight Ru
140.00 44.0 24.00 Auto

Water Properties
-----
Unit weight of water: 9.810          Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)
-----
Profile: 1 (6 points) Material beneath: 1 - Bloque cementados de Roca basáltica
-5.00 4081.50 5.00 4081.50 7.00 4080.00 7.80 4080.00 9.25 4081.:
20.00 4081.25
Profile: 2 (2 points) Material beneath: 2 - Hormigón armado y ciclópeo
5.00 4092.00 9.30 4092.00

Slope Surface (6 points)
-----
-5.00 4081.50 5.00 4081.50 6.80 4091.00 7.60 4091.00 9.30 4081.:
20.00 4081.25

Phreatic Surface (5 points)
-----
-5.00 4090.00 7.00 4090.00 8.50 4080.50 10.00 4080.25 15.00 4081.:

Failure Surface
-----
Initial non-circular surface for critical search (3 points)
7.00 4091.00 7.75 4085.00 8.87 4083.90

Variable Restraints
-----
Horizontal range around X-Left: 1.00 Trial positions within range: 5
Horizontal range around X-Right: 0.74 Trial positions within range: 5

```

RESULTS: Analysis 1 - Estabilidad estática paramento aguas abajo

Sarma Non-Vertical Slice Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 10.432 Critical Acceleration (Kc): 3.990

Analysis Summary

There were: 11 successful analyses from a total of 125 trial failure surfaces (FoS/Kc filter applied)
 2 analyses terminated due to unacceptable geometry
 112 analyses rejected due to FoS/Kc being outside valid range

Critical (minimum) Factor of Safety: 5.24 Critical Acceleration (Kc): 0.021

Negative normal stresses exist on the base and/or side of one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility

Results Summary - Lowest 11 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Kc	
1	6.50	4089.42	9.24	4081.84	0.19	5.242	0.021	<-- Critical Surface
2	6.50	4089.42	9.24	4081.84	0.00	5.333	0.203	
3	6.50	4089.42	9.24	4081.84	-0.19	5.484	0.345	
4	6.50	4089.42	9.05	4082.87	0.00	5.651	0.112	
5	6.50	4089.42	9.24	4081.84	-0.38	5.714	0.455	
6	6.50	4089.42	9.05	4082.87	-0.19	5.857	0.286	
7	6.50	4089.42	9.05	4082.87	-0.38	6.166	0.418	
8	6.50	4089.42	8.87	4083.90	-0.19	6.303	0.170	
9	6.50	4089.42	8.87	4083.90	-0.38	6.734	0.334	
10	6.50	4089.42	8.68	4084.94	-0.38	7.472	0.171	
11	6.75	4090.74	8.50	4085.97	0.38	9.621	0.514	

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 3 points)

6.50 4089.42 7.60 4083.19 9.24 4081.84

Non-Vertical Slice Geometry - Critical Failure Surface (surface 1, 4 slices)

Slice	Left Hand Side						Length	X-S Area	Base		
	X-Top	Y-Top	X-Base	Y-Base	Angle(^H)	Angle(^V)			Angle(^H)	Width	Length
1	6.50	4089.42	6.50	4089.42	0.00	0.00	0.00	0.60	79.98	0.37	2.11
2	6.80	4091.00	6.87	4087.34	88.96	1.04	3.66	2.89	79.98	0.37	2.11
3	7.60	4091.00	7.23	4085.27	86.33	-3.67	5.74	6.47	79.98	0.37	2.11
4	8.89	4083.79	7.60	4083.19	24.83	-65.17	1.42	1.37	39.64	1.64	2.13
RHS	9.24	4081.84	9.24	4081.84	0.00	0.00	0.00	0.00			
								X-S Area:	11.33	Path Length:	8.45

Non-Vertical Slice Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 4 slices)

Slice	Left-Hand-Side		--- Base ---		Weight	Total-Extrnl-Force		- Water-Force -		Effect-Normal-Stress	
	Cohesion	Phi	Cohesion	Phi		Vert	Horiz	Side	Base	Side	Base
1	0.00	0.0	140.00	44.0	14.43	0.32	1.67	0.00	33.48	0.00	-131.05
2	140.00	44.0	140.00	44.0	69.45	0.00	0.00	34.64	66.66	-74.81	-38.89
3	140.00	44.0	140.00	44.0	155.24	0.00	0.00	37.11	64.77	-50.77	97.04
4	140.00	44.0	140.00	44.0	32.82	0.00	0.00	7.21	10.48	54.71	46.30
RHS	0.00	0.0						0.00		0.00	
					X-S Weight:	271.93					

DATA: Analysis 2 - Estabilidad pseudo estática paramento aguas abajo

Material Properties (2 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Bloque cementados de Roca basáltica
Cohesion Phi UnitWeight Ru
200.00 46.0 27.00 Auto
Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Hormigón armado y ciclópeo
Cohesion Phi UnitWeight Ru
140.00 44.0 24.00 Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)

Profile: 1 (6 points) Material beneath: 1 - Bloque cementados de Roca basáltica
-5.00 4081.50 5.00 4081.50 7.00 4080.00 7.80 4080.00 9.25 4081.50
20.00 4081.25
Profile: 2 (2 points) Material beneath: 2 - Hormigón armado y ciclópeo
5.00 4092.00 9.30 4092.00

Slope Surface (6 points)

-5.00 4081.50 5.00 4081.50 6.80 4091.00 7.60 4091.00 9.30 4081.50
20.00 4081.25

Phreatic Surface (5 points)

-5.00 4090.00 7.00 4090.00 8.50 4080.50 10.00 4080.25 15.00 4081.25

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (3 points)

7.00 4091.00 7.75 4085.00 8.87 4083.90

Earthquake Force

Pseudo-static earthquake (seismic) coefficient: 0.240

Variable Restraints

Horizontal range around X-Left: 1.00 Trial positions within range: 5
Horizontal range around X-Right: 0.74 Trial positions within range: 5
Vertical range around Mid-Point: 0.75 Trial positions within range: 5

RESULTS: Analysis 2 - Estabilidad pseudo estática paramento aguas abajo

Sarma Non-Vertical Slice Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 9.692 Critical Acceleration (Kc): 3.750

Analysis Summary

There were: 7 successful analyses from a total of 125 trial failure surfaces (FoS/Kc filter applied)
2 analyses terminated due to unacceptable geometry
116 analyses rejected due to FoS/Kc being outside valid range

Critical (minimum) Factor of Safety: 4.99 Critical Acceleration (Kc): 0.105

Negative normal stresses exist on the base and/or side of one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility

Results Summary - Lowest 7 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Kc	
1	6.50	4089.42	9.24	4081.84	-0.19	4.987	0.105	<-- Critical Surface
2	6.50	4089.42	9.24	4081.84	-0.38	5.214	0.215	
3	6.50	4089.42	9.05	4082.87	-0.19	5.321	0.046	
4	6.50	4089.42	9.05	4082.87	-0.38	5.627	0.178	
5	6.50	4089.42	8.87	4083.90	-0.38	6.141	0.094	
6	6.75	4090.74	8.68	4084.94	0.38	8.123	0.809	
7	6.75	4090.74	8.50	4085.97	0.38	8.788	0.274	

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 3 points)

6.50 4089.42 7.60 4082.82 9.24 4081.84

Non-Vertical Slice Geometry - Critical Failure Surface (surface 1, 4 slices)

Slice	Left Hand Side				X-S			Base			
	X-Top	Y-Top	X-Base	Y-Base	Angle (°H)	Angle (°V)	Length	Area	Angle (°H)	Width	Length
1	6.50	4089.42	6.50	4089.42	0.00	0.00	0.00	0.62	80.54	0.37	2.23
2	6.80	4091.00	6.87	4087.22	89.00	1.00	3.78	3.01	80.54	0.37	2.23
3	7.60	4091.00	7.23	4085.02	86.49	-3.51	5.99	7.02	80.54	0.37	2.23
4	8.95	4083.47	7.60	4082.82	25.60	-64.40	1.50	1.19	30.96	1.64	1.91
RHS	9.24	4081.84	9.24	4081.84	0.00	0.00	0.00	-----	-----	-----	-----
							X-S Area:	11.84		Path Length:	8.60

APÉNDICE D

Análisis de costos

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahufuna en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda
 RUBRO 1.01 UNIDAD: ha
 DETALLE Desbroce, limpieza y acopio
 RENDIMIENTO: 25 Unidades/hora 0.04 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M/O	0.05				0.04
SUBTOTAL M					0.04
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón (Estr. Ocup. E2)	6.00	3.64	21.84	0.040	0.87
SUBTOTAL N					0.87
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.91
	INDIRECTOS Y UTILIDADES	%	20.00%		0.18
	OTROS INDIRECTOS	%	0.00%		0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.10
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)	VALOR OFERTADO				1.10

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuíuna en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 1.02 UNIDAD: m2

DETALLE Replanteo y trazado

RENDIMIENTO: 50 Unidades/hora 0.02 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M/O	0.05				0.02
Equipo topográfico	1.00	2.50	2.50	0.020	0.05
SUBTOTAL M					0.07
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Cadenero (Estr. Ocup. D2)	2.00	3.68	7.36	0.020	0.15
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Ocup. C1)	1.00	4.07	4.07	0.020	0.08
Topógrafo (Estr. Ocup. C1)	1.00	4.07	4.07	0.020	0.08
Carpintero (Estr. Ocup. D2)	0.40	3.68	1.47	0.020	0.03
SUBTOTAL N					0.34
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cuartón semiduro	u	0.03	3.00	0.09	
Clavo 2"x8	lb	0.01	0.82	0.01	
Tiras 2x2x200	u	0.20	0.40	0.08	
Piola	rollo	0.10	1.85	0.19	
SUBTOTAL O					0.36
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			0.77
		INDIRECTOS Y UTILIDADES %		20.00%	0.15
		OTROS INDIRECTOS %		0.00%	0.00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			0.92
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)		VALOR OFERTADO			0.92

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 2.01

UNIDAD: m²

DETALLE Bodega, caseta

RENDIMIENTO: 1 Unidades/hora

1.00 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B		R	D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.65
SUBTOTAL M					0.65
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B		R	D=C*R
Ayudante de albañil (Estr. Ocup. E2)	2.00	3.64	7.28	1.000	7.28
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.00	3.68	3.68	1.000	3.68
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Ocup. C1)	0.50	4.07	2.04	1.000	2.04
SUBTOTAL N					13.00
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tabla dura de encofrado de 0.20 m	u	5.00	4.72	23.60	
Cuartón 4 x 2	u	2.00	1.50	3.00	
Estilpanel/paredes galvalume AR-5 e=0.40mm	m ²	1.10	10.98	12.08	
Clavos	Kg	0.40	0.82	0.33	
Tiras 2.5x2.5x250	u	2.00	0.38	0.76	
Viga de madera tratada 15x15 cm	m	0.50	3.00	1.50	
SUBTOTAL O					41.27
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				54.91
	INDIRECTOS Y UTILIDADES	%	20.00%	10.98	
	OTROS INDIRECTOS	%	0.00%	0.00	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				65.89
	VALOR OFERTADO				65.89

FIRMA DEL OFERENTE
O SU REPRESENTANTE
LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda
 RUBRO 3.01 UNIDAD: m3
 DETALLE Excavación mecánica en roca para empotramiento de presa
 RENDIMIENTO: 10 Unidades/hora 0.100 Horas/unid

EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIEN	COSTO	
	A	B	C= A*B	O R	D=C*R	
Herramienta menor 5% M/O	0.05				0.10	
Retroexcavadora con martillo hidráulico	1.00	65.00	65.00	0.100	6.50	
Volqueta	1.00	40.00	40.00	0.100	4.00	
SUBTOTAL M					10.60	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIEN	COSTO	
	A	R B	C= A*B	O R	D=C*R	
Peón	2.00	3.62	7.24	0.100	0.72	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.100	0.41	
Chofer: Volqueta (Estr. Oc. C1)	1.00	5.31	5.31	0.100	0.53	
Chofer: Retroexcavadora (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.100	0.41	
SUBTOTAL N					2.07	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDA	UNITARIO	COSTO		
		D A	B	C=A*B		
SUBTOTAL O						
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDA	TARIFA	COSTO		
		D A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P						
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				12.67	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES %				20.00%	2.53
	OTROS INDIRECTOS %				0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				15.21	
	VALOR OFERTADO				15.21	

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 3.02

UNIDAD: m3

DETALLE Excavación mecánica en roca para aliviadero

RENDIMIENTO: 10 Unidades/hora

0.100 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.10
Retroexcavadora con martillo	1.00	65.00	65.00	0.100	6.50
Volqueta	1.00	40.00	40.00	0.100	4.00
SUBTOTAL M					10.60
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	HR B	C= A*B	R	D=C*R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	3.64	7.28	0.100	0.73
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	1.00	4.07	4.07	0.100	0.41
Chofer: Volqueta (Estr. Oc. C1)	1.00	5.33	5.33	0.100	0.53
Chofer: Retroexcavadora (Estr. Oc. C1)	1.00	4.07	4.07	0.100	0.41
SUBTOTAL N					2.08
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			12.68
		INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20.00%			2.54
		OTROS INDIRECTOS % 0.00%			0.00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			15.22
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)		VALOR OFERTADO			15.22

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo
 cantón Guaranda
 RUBRO 3.03 UNIDAD: m3
 DETALLE Relleno compactado con material del sitio
 RENDIMIENTO: 25 Unidades/hora 0.040 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.05
Rodillo liso vibratorio	1.00	35.00	35.00	0.040	1.40
Volqueta	1.00	40.00	40.00	0.040	1.60
Retroexcavadora 75HP	1.00	40.00	40.00	0.040	1.60
SUBTOTAL M					4.65
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.64	7.28	0.040	0.29
Chofer. Volqueta (Estr. Oc. C1)	1.00	5.31	5.31	0.040	0.21
Operador de rodillo autopropulsado	1.00	3.86	3.86	0.040	0.15
Chofer. Retroexcavadora (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.040	0.16
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.040	0.16
SUBTOTAL N					0.98
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Material arcilloso	m3	1.30	0.00	0.00	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					5.63
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20.00%					1.13
OTROS INDIRECTOS % 0.00%					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6.75
VALOR OFERTADO					6.75

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán
Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 3.04

UNIDAD: m3

DETALLE Extracción de material rocoso en sitio

RENDIMIENTO: 10 Unidades/hora

0.100 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O	0.05				0.10
Retroexcavadora con martillo hidráulico	1.00	65.00	65.00	0.100	6.50
Volqueta	1.00	40.00	40.00	0.100	4.00
SUBTOTAL M					10.60
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	3.64	7.28	0.100	0.73
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.100	0.41
Chofer: Volqueta (Estr. Oc. C1)	1.00	5.31	5.31	0.100	0.53
Chofer: Retroexcavadora (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.100	0.41
SUBTOTAL N					2.07
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				12.67
	INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20.00%	2.53
	OTROS INDIRECTOS %			0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				15.21
	VALOR OFERTADO				15.21

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahufuna en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda
 RUBRO 4.01 UNIDAD: m3
 DETALLE Hormigón armado $f_c=280$ kg/cm2
 RENDIMIENTO: 8 Unidades/hora 0.125 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.14
Vibrador de manguera	1.00	4.50	4.50	0.125	0.56
Bomba estacionaria	1.00	12.62	12.62	0.125	1.58

SUBTOTAL M 2.28

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estr. Ocup. E2)	4.00	3.64	14.56	0.125	1.82
Albañil	1.00	3.66	3.66	0.125	0.46
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.125	0.51

SUBTOTAL N 2.79

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Mixer	m3	1.00	180.00	180.00	

SUBTOTAL O 180.00

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	

SUBTOTAL P

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	185.07
	INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20.00%	37.01
	OTROS INDIRECTOS % 0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	222.08
	VALOR OFERTADO	222.08

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuína en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda
 RUBRO 4.02 UNIDAD: m3
 DETALLE Hormigón armado fc= 280 kg/cm² con aditivo impermeabilizante (inc. Transporte)
 RENDIMIENTO: 8 Unidades/hora 0.125 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.14
Vibrador de manguera	1.00	4.50	4.50	0.125	0.56
Bomba estacionaria	1.00	12.62	12.62	0.125	1.58

SUBTOTAL M 2.28

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón (Estr. Ocup. E2)	4.00	3.64	14.56	0.125	1.82
Albañil	1.00	3.66	3.66	0.125	0.46
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.125	0.51

SUBTOTAL N 2.79

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Mixer	m3	1.00	200.00	200.00	

SUBTOTAL O 200.00

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	

SUBTOTAL P

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	205.07
	INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20.00%	41.01
	OTROS INDIRECTOS % 0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	246.08
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)	VALOR OFERTADO	246.08

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán
Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 4.03

UNIDAD: m3

DETALLE Homigón ciclópeo 40% piedra fc 240 kg/cm2

RENDIMIENTO: 13.33 Unidades/hora

0.075 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.04
Bomba estacionaria	1.00	12.62	12.62	0.075	0.95
SUBTOTAL M					0.99
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	3.64	3.64	0.075	0.27
Albañil	1.00	3.66	3.66	0.075	0.27
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.075	0.30
SUBTOTAL N					0.85
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Mixer	m3	0.78	200.00	156.00	
Piedra	m3	0.50	0.00	0.00	
SUBTOTAL O					156.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				157.84
	INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20.00%	31.57
	OTROS INDIRECTOS %			0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				189.41
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)	VALOR OFERTADO				189.41

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán
Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 5.01

UNIDAD: kg

DETALLE Acero de refuerzo Fy= 4200 kg/cm² (figurado y colocado)

RENDIMIENTO: 58.82 Unidades/hora

0.017 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.04
Cortadora dobladora de hierro	1.00	1.17	1.17	0.017	0.02
SUBTOTAL M					0.06
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estr. Ocu. E2)	10.00	3.64	36.40	0.017	0.62
Ferrero (Estr. Ocu. D2)	3.00	3.66	10.98	0.017	0.19
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.017	0.07
SUBTOTAL N					0.87
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Alambre galvanizado No. 18	kg	0.11	0.95	0.10	
Acero de refuerzo fc=4200 kg/cm2	kg	1.05	1.00	1.05	
SUBTOTAL O					1.15
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Alambre galvanizado No. 18	kg	0.11	0.05	0.01	
Acero de refuerzo fc=4200 kg/cm2	kg	1.05	0.05	0.05	
SUBTOTAL P					0.06
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.14
INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20.00%					0.43
OTROS INDIRECTOS % 0.00%					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.57
VALOR OFERTADO					2.57
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo
cantón Guaranda

RUBRO 6.01

UNIDAD: m²

DETALLE Limpieza final de obra

RENDIMIENTO: 25.00 Unidades/hora

0.040 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.04
SUBTOTAL M					0.04
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estr. Ocu. E2)	6.00	3.64	21.84	0.040	0.87
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	0.10	4.06	0.41	0.040	0.02
SUBTOTAL N					0.89
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.93
	INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20.00%	0.19
	OTROS INDIRECTOS %			0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.12
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)	VALOR OFERTADO				1.12

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán
Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 7.01 UNIDAD: U

DETALLE Capacitación en operación y mantenimiento de la infraestructura

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.00
SUBTOTAL M					0.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL N					0.00
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Capacitación en operación	gb	1.00	1,631.50	1,631.50	
SUBTOTAL O					1,631.50
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1,631.50
	INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20.00%				326.30
	OTROS INDIRECTOS % 0.00%				0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1,957.80
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)	VALOR OFERTADO				1,957.80

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuñuna en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 7.02 UNIDAD: U

DETALLE Educación ambiental

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.00
SUBTOTAL M					0.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL N					0.00
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Capacitación instructivos ambientales	gb	1.00	62.00	62.00	
SUBTOTAL O					62.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				62.00
	INDIRECTOS Y UTILIDADES %			20.00%	12.40
	OTROS INDIRECTOS %			0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				74.40
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)	VALOR OFERTADO				74.40

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo
cantón Guaranda

RUBRO 8.01

UNIDAD: U

DETALLE Compuerta metálica tipo volante con placa de 70 x 65 cm

RENDIMIENTO: 1.00 Unidades/hora

1.000 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.37
SUBTOTAL M					0.37
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Albañil	1.00	3.66	3.66	1.000	3.66
Peón (Estr. Ocu. E2)	1.00	3.64	3.64	1.000	3.64
SUBTOTAL N					7.30
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Compuerta de volante con sistema de válvula (dimensiones generales 1.38 x 0.86 m)	U	1.00	4,000.00	4,000.00	
SUBTOTAL O					4,000.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			4,007.67
		INDIRECTOS Y UTILIDADES %		20.00%	801.53
		OTROS INDIRECTOS %		0.00%	0.00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			4,809.20
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)		VALOR OFERTADO			4,809.20

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuíuna en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda

RUBRO 8.02 UNIDAD: U

DETALLE Rejilla de 40 x 41 cm

RENDIMIENTO: 1.00 Unidades/hora 1.000 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.37
Tanquero	0.25	30.00	7.50	1.000	7.50
SUBTOTAL M					7.87
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estr. Ocu. E2)	1.00	3.64	3.64	1.000	3.64
Albañil	1.00	3.66	3.66	1.000	3.66
SUBTOTAL N					7.30
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Pernos metálicos de fijación	U	8.00	0.70	5.60	
Rejilla metálica de 40x41 cm	U	1.00	90.00	90.00	
SUBTOTAL O					95.60
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				110.77
	INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20.00%				22.15
	OTROS INDIRECTOS % 0.00%				0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				132.92
	VALOR OFERTADO				132.92

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo
cantón Guaranda

RUBRO 8.03 UNIDAD: m3

DETALLE Desvío del cauce (Dique de material suelto de 80 cm de ancho, 6 m de alto y 50 m de largo con
suaves espaldones)

RENDIMIENTO: 10.00 Unidades/hora 0.100 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.16
Retroexcavadora con martillo hidráulico	1.00	65.00	65.00	0.100	6.50
Volqueta	1.00	40.00	40.00	0.100	4.00
SUBTOTAL M					6.66
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estr. Ocup. E2)	6.00	3.64	21.84	0.100	2.18
Albañil (Estr. Ocup. D2)	2.00	3.68	7.36	0.100	0.74
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	0.50	4.06	2.03	0.100	0.20
Chofer: Volqueta (Estr. Oc. C1)	1.00	5.31	5.31	0.100	0.53
Chofer: Retroexcavadora (Estr. Oc. C1)	1.00	4.06	4.06	0.100	0.41
SUBTOTAL N					3.12
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tabla dura de encofrado de 20cm	U	10.00	4.72	47.20	
Estacas de árbol	U	74.00	0.40	29.60	
Material suelto	m³	215.40	0.15	32.31	
Alambre galvanizado N14	kg	0.50	2.50	1.25	
SUBTOTAL O					110.36
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				120.14
	INDIRECTOS Y UTILIDADES			% 20.00%	24.03
	OTROS INDIRECTOS			% 0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				144.17
	VALOR OFERTADO				144.17

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo
 cantón Guaranda
 RUBRO 8.04 UNIDAD: mes
 DETALLE Desvío del cauce (Extracción mediante bomba de caudal)
 RENDIMIENTO: 1.00 Unidades/hora 1.000 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O	0.05				0.00
Bomba de caudal Briggs and Stratton	1.00	56.00	56.00	1.000	56.00
SUBTOTAL M					56.00

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL N					0.00

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				56.00
	INDIRECTOS Y UTILIDADES	%	20.00%		11.20
	OTROS INDIRECTOS	%	0.00%		0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				67.20
	VALOR OFERTADO				67.20

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL
 (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Estudio y diseño de la Presa multipropósito Turuahuña en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda
 RUBRO 8.05 UNIDAD: mes
 DETALLE Alquiler de batería sanitaria
 RENDIMIENTO: 1.00 Unidades/hora 1.000 Horas/unid

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M/O 0.05					0.00
SUBTOTAL M					0.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL N					0.00
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Batería sanitaria	U	1.00	301.39	301.39	
SUBTOTAL O				301.39	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				301.39
	INDIRECTOS Y UTILIDADES %	20.00%		60.28	
	OTROS INDIRECTOS %	0.00%		0.00	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				361.67
FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso)	VALOR OFERTADO				361.67

PROYECTO: Estudio y Diseño de la Presa multipropósito Turuhuañuna en El Arenal del Volcán Chimborazo cantón Guaranda

PLAZO: 55 DIAS CALENDARIO

ITEM	RUBRO	CONTRATO				TIEMPOS DURACION	SEMANA 1	SEMANA 2
		UNIDAD	Cantidad Contractual	Precio Unitario Neto	Valor Total Contractual del Proyecto			
1	TRABAJOS PRELIMINARES							
1.01	DESBROCE, LIMPIEZA Y ACOPIO	m2	2,200.00	\$ 1.10	\$2,411.64	2.00	\$ 2,411.64	
1.02	REPLANTEO Y TRAZADO	m2	219.00	\$ 0.92	\$202.41	0.50	\$ 202.41	
2	OBRAS TEMPORALES							
2.01	BODEGA, CASETA	m2	14.40	\$ 65.89	\$948.86	1.00	\$ 948.86	
3	MOVIMIENTO DE TIERRA							
3.01	EXCAVACIÓN MECÁNICA EN ROCA PARA EMPOTRAMIENTO DE PRESA	m3	264.26	\$ 15.21	\$4,018.84	2.00	\$ 4,018.84	
3.02	EXCAVACIÓN MECÁNICA EN ROCA PARA ALIVIADERO	m3	63.06	\$ 15.22	\$959.82	0.50	\$959.82	
3.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DEL SITIO	m3	21.82	\$ 6.75	\$147.40	0.50		\$147.40
3.04	EXTRACCIÓN DE MATERIAL ROCOSO EN SITIO	m3	450.00	\$ 15.21	\$6,843.69	6.00	\$1,216.66	\$5,627.03
4	HORMIGONES							
4.01	HORMIGÓN ARMADO F'C= 280 KG/CM2 PARA ALIVIADERO	m3	47.67	\$ 222.08	\$10,586.94	0.50		
4.02	HORMIGÓN ARMADO F'C= 280 KG/CM2 CON ADITIVO IMPERMEABILIZANTE Y ACELERANTE	m3	394.80	\$ 246.08	\$97,153.73	50.00		\$8,832.16
4.03	HORMIGÓN CICLÓPEO 40% PIEDRA F'C= 240 KG/CM2	m3	1,711.48	\$ 189.41	\$324,166.52	48.00		\$ 29,469.68
5	ACERO ESTRUCTURAL							
5.01	ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 KG/CM2 (FIGURADO Y COLOCADO)	kg	30,305.08	\$ 2.57	\$77,760.35	6.50		\$36,224.72
6	LIMPIEZA Y DESALOJO							
6.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	2,200.00	\$ 1.12	\$2,467.08	2.00		
7	PARTE AMBIENTAL							
7.01	CAPACITACIÓN EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA	GLOBAL	2.00	\$ 1,957.80	\$3,915.60	2.00	\$ 1,957.80	
7.02	EDUCACIÓN AMBIENTAL	GLOBAL	3.00	\$ 74.40	\$223.20	3	\$ 74.40	
8	OBRAS COMPLEMENTARIAS							
8.01	COMPUERTA METÁLICA TIPO VOLANTE CON PLACA DE 70X65 CM	u	1.00	\$ 4,809.20	\$4,809.20	0.5		
8.02	REJILLA DE 40X41 CM	u	1.00	\$ 132.92	\$132.92	0.5		
8.03	DESVÍO DEL CAUCE (DIQUE DE MATERIAL SUELTO DE 80 CM DE ANCHO, 6 M DE ALTO Y 50 M DE LARGO CON SUAVES ESPALDONES)	m3	288.00	\$ 144.17	\$41,520.09	0.50	\$ 41,520.09	
8.03	DESVÍO DEL CAUCE (EXTRACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CAUDAL)	MES	4.00	\$ 67.20	\$268.80	1	\$ 15.81	\$ 15.81
8.04	ALQUILER DE BATERÍA SANITARIA (INC. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO)	MES	3.00	\$ 361.67	\$1,085.00	55	\$ 83.46	\$ 83.46
2	TOTAL DE OBRA CIVIL				\$ 579,622.08			
	TOTAL CONTRACTUAL				\$ 579,622.08			

ECONOMICO PROGRAMADO	\$53,409.79	\$80,400.27
ECONOMICO ACUMULADO	\$53,409.79	\$133,810.06
% PROG. PARCIAL	9.21%	13.87%
% PROG. ACUMULADO	9.21%	23.09%
% EJECUTADO	9.21%	23.09%

Especificaciones Técnicas

1.01 Desbroce, limpieza y acopio

Descripción

El trabajo incluye realizar algunas o todas las siguientes operaciones: corte, desarraigo, quema y remoción del sitio de construcción, árboles, arbustos y pastos o cualquier vegetación contenida en el área de construcción indicadas en los planos.

Pueden ser efectuada de manera mecánica o manual. Todos los materiales vegetales que se retiren deben colocarse fuera del área y transportados al lugar indicado por el ingeniero supervisor para la construcción. Los materiales aprovechables del desbroce serán propiedad del contratista y debe almacenarse en un lugar designado; no se puede utilizar sin el consentimiento previo del constructor.

Todos los materiales inutilizables deben quemarse, tomar precauciones para prevenir incendios. Las operaciones de desbroce siempre deben realizarse antes de la ejecución de trabajos de construcción, para no obstaculizar el desarrollo.

Medición y forma de pago

Las cantidades determinadas conforme al método de medición serán pagadas al precio unitario correspondiente al Ítem "desbroce, limpieza y acopio", de acuerdo con lo realmente ejecutado, medido y certificado en el terreno. Este precio será la compensación total de suministrar todo el equipo de trabajo, mano de obra, materiales, transporte, servicios, supervisión y los imprevistos para dar por completado este Ítem. No se dará ningún pago adicional en concepto de repetición de las operaciones o removidos adicionales de los desechos provenientes de los trabajos por este ítem, se realizarán las operaciones de forma manual y el uso de maquinaria estará permitido sin que este represente cambios en el costo. Tendrá como unidad el metro cuadrado con aproximación de dos decimales.

1.02 Replanteo y trazado

Descripción

Los trabajos de replanteo serán realizados con aparatos de precisión (estación total, teodolito, niveles, cintas etc.) y estacas, en base a las indicaciones de los planos respectivos como paso previo a la excavación. Las estacas deberán estar fuera del límite de la construcción y quedarán como testigos para la supervisión permanente durante la construcción y serán comprobados por Fiscalización.

Previo a la ejecución del rubro, se comprobará la limpieza del terreno, con retiro de escombros, malezas y cualquier otro elemento que interfiera el desarrollo del rubro. Inicialmente se verificará la exactitud del levantamiento topográfico existente: superficie, ángulos y niveles del terreno en el que se implantará el proyecto, determinando la existencia de diferencias que pudiesen afectar el replanteo y nivelación del proyecto; en el caso de existir diferencias significativas, que afecten el trazado del proyecto, se recurrirá a la fiscalización para la solución de los problemas detectados.

Medición y forma de pago

Las cantidades determinadas conforme al método de medición serán pagadas al precio unitario correspondiente al Ítem "replanteo y trazado", de acuerdo con lo realmente ejecutado, medido y certificado en el terreno. Este precio será la compensación total de suministrar todo el equipo de trabajo, mano de obra, materiales, transporte, servicios, supervisión y los imprevistos para dar por completado este Ítem. No se dará ningún pago adicional en concepto de repetición de las operaciones o removidos adicionales de los desechos provenientes de los trabajos por este ítem. Tendrá como unidad el metro cuadrado con aproximación de dos decimales.

2. Obras temporales

2.01 Bodega, caseta

Descripción

Consiste en una estructura temporal la cual servirá como centro de operación y guardianía durante todo el proceso constructivo de la presa.

Procedimiento

Una vez seleccionada el área donde van a emplazarse las casetas, se procederá a armar la caseta de madera con las instrucciones de fiscalización, una vez estructuradas las paredes y estructura de madera, se colocará la cubierta de zinc.

Medición y forma de pago

Las cantidades determinadas conforme al método de medición serán pagadas al precio unitario correspondiente al Ítem "bodega, caseta". Este precio será la compensación total de suministrar todo el equipo de trabajo, mano de obra, materiales, transporte, servicios, supervisión y los imprevistos para dar por completado este Ítem. No se dará ningún pago adicional en concepto de repetición de las operaciones o removidos adicionales de los desechos provenientes de los trabajos por este ítem. Tendrá como unidad el metro cuadrado con aproximación de dos decimales.

3. Movimiento de tierra

3.01 Excavación mecánica en roca para empotramiento de presa

Descripción

Consiste en la remoción o extracción de material rocoso presente en el lugar donde estará empotrada la base de la estructura.

Procedimiento

Una vez ubicado el sitio de empotramiento de la Presa, y luego de haber realizado las actividades listadas en los rubros 1.01 y 1.02 se procede a excavar mediante la utilización de una retroexcavadora con martillo hidráulico, ideal para este tipo de roturas en roca altamente resistentes. El material producto de la excavación es retirado del sitio mediante una volqueta y llevado hasta un centro de acopio especificado por el fiscalizador, debido a que este material va a ser empleado para la elaboración del hormigón ciclópeo.

Medición y forma de pago

La unidad de medición es el volumen y el pago será realizado por m³. Las dimensiones para calcular el volumen total de excavación deberán ser tomadas en obra para luego ser validadas mediante lo estipulado en los planos de diseño. El precio por pagar depende del volumen total requerido en obra y del precio unitario acordado.

3.02 Excavación mecánica en roca para aliviadero

Descripción

Consiste en la remoción o extracción de material rocoso presente en el lugar donde irá ubicado el aliviadero.

Procedimiento

Una vez ubicado el sitio de empotramiento de la Presa, y luego de haber realizado las actividades listadas en los rubros 1.01 y 1.02 se procede a excavar mediante la utilización

de una retroexcavadora con martillo hidráulico, ideal para este tipo de roturas en roca altamente resistentes. El material producto de la excavación es retirado del sitio mediante una volqueta y llevado hasta un centro de acopio especificado por el fiscalizador, debido a que este material va a ser empleado para la elaboración del hormigón ciclópeo.

Medición y forma de pago

La unidad de medición es el volumen y el pago será realizado por m³. Las dimensiones para calcular el volumen total de excavación deberán ser tomadas en obra para luego ser validadas mediante lo estipulado en los planos de diseño. El precio por pagar depende del volumen total requerido en obra y del precio unitario acordado.

3.03 Relleno compactado a máquina con material del sitio

Descripción

Consiste en la extracción de material del sitio de implantación del proyecto para rellenar la superficie de excavación. Este material deberá ser compactado a través de una máquina, para lograr uniformidad y no generar inconvenientes durante el proceso constructivo.

Procedimiento

Durante el proceso de relleno y compactación, se va a extraer el material presente cerca del sitio de implantación usando una retroexcavadora, el cual será transportado mediante una volqueta hasta el eje de presa. Este material extraído deberá cumplir con las siguientes indicaciones:

1. El material de relleno debe estar libre de cualquier material orgánico.
2. Si se trata de un material de tipo granular, el tamaño máximo del agregado deberá ser 5 cm.
3. El peso específico seco no puede ser mayor a 1600 kg/m³.

En el caso de que el material del terreno no sea el apropiado para la construcción de una estructura, este deberá ser retirado y cambiado por uno de mejores características que cumplan con los requerimientos establecidos en los planos o en base a lo estipulado por el fiscalizador.

Cuando el ingeniero de fiscalización haya aprobado el material a ser utilizado como relleno, el residente de obra puede gestionar la colocación de este. Durante el proceso de compactación se utilizará un rodillo liso vibratorio, para lo que se debe verificar que la humedad del material este dentro del rango necesario para llegar a la densidad especificada en los requerimientos. Se debe emplear compactadores neumáticos, debido a que el material es de tipo arcilloso cohesivo.

Una vez finalizados los trabajos, el residente se debe encargar de retirar y limpiar el material sobrante, el cumplimiento de esta disposición y la calidad de los trabajos ejecutados será verificado por el fiscalizador.

Medición y forma de pago

La unidad de medición será el volumen y el pago se debe realizar en m³. La cantidad real en m³ por cobrar depende del largo, ancho y espesor. El precio por pagar depende del volumen total requerido en obra y del precio unitario acordado con el proveedor.

Dentro del precio a pagar se considera el suministro de material, mano de obra, equipo, transporte, y otros gastos que se necesiten para el correcto cumplimiento de los trabajos en campo.

3.04 Extracción de material rocoso en sitio

Descripción

Consiste en la extracción de material rocoso del sitio de implantación del proyecto para ser utilizado durante la elaboración del hormigón ciclópeo. El cual deberá ser lavado luego de su extracción para eliminar cualquier material suelto adherido.

Procedimiento

Para la conformación de los espaldones de hormigón ciclópeo es necesario utilizar el material rocoso presente en el sitio, el cual será extraído mediante el uso de una retroexcavadora con martillo hidráulico.

El tamaño de este macizo rocoso no puede superar el 25% de la menor dimensión de la estructura a construirse, y deberá ser lavado para ser utilizado una vez que se vaya a realizar la conformación de los espaldones.

Una vez extraído el material, este será llevado al sitio mediante el uso de una volqueta.

Medición y forma de pago

La unidad de medición será el volumen y el pago se debe realizar en m³. El precio por pagar depende del volumen total requerido en obra y del precio unitario acordado con el proveedor.

Dentro del precio a pagar se considera el suministro de material, mano de obra, equipo, transporte, y otros gastos que se necesiten para el correcto cumplimiento de los trabajos en campo.

4. Hormigones

4.01 Hormigón simple $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Consiste en el hormigón a ser colocado en la base de la compuerta de la estructura, el cual será tipo GU con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 indispensable para resistir la fuerza ejercida por el empuje del agua durante su vida útil.

Procedimiento

Se utilizará hormigón premezclado, obtenido de una hormigonera y transportado al sitio a través de mixers. Esta mezcla deberá garantizar que la resistencia a los 28 días sea como mínimo de 280 kg/cm^2 para cumplir con lo especificado en los planos de diseño. El revenimiento debe estar entre un rango de 7 cm a 10 cm. Se debe controlar de manera periódica la resistencia requerida del hormigón, para lo que se ensayarán cilindros de 150 mm de diámetro por 300mm de altura, se deben hacer 4 cilindros por ensayos los cuales serán distribuidos en 1 para rotura a los 7 días y 3 para rotura a los 28 días. Los materiales para la elaboración del hormigón deben pasar por una serie de ensayos que tendrán que ser realizados por la hormigonera en laboratorios certificados por fiscalización, los cuales se enlistan a continuación:

- Prueba a la compresión simple (Cilindros) - ASTM C39:
- Ensayos de clasificación de granulometría - ASTM D422.
- Límites de Atterberg - ASTM D2487.
- Prueba Proctor - ASTM D1557.
- Diseño de hormigón – ACI 318 y ASTM C31.

Los resultados obtenidos a través de estos ensayos deben ser revisados y aprobados por el ingeniero de fiscalización.

El hormigón será vertido a través de bombeo, para evitar el ingreso de la maquinaria hasta el eje de presa, debido a las irregularidades que presenta el terreno, lo cual hace complicado el ingreso. Durante el vertido se empleará el vibrador mecánico que garantiza

la correcta homogeneización y distribución de la mezcla en el encofrado, de esta manera se evita la presencia de aire o vacíos que conllevan a la formación de grietas o fisuras.

Las muestras por tomar en sitio deben contener un volumen entre 1.25 y 1.50 veces el volumen de las probetas.

El curado para el hormigón debe ser efectuado en base a las recomendaciones del Comité 612 del ACI y se tendrá que hacer como mínimo durante 14 días, iniciando cuando el hormigón ya haya fraguado.

Medición y forma de pago

La unidad de medición es el volumen y el pago será realizado por m^3 . El volumen total será calculado a partir de las dimensiones que consiste en el largo, ancho y alto. El precio por pagar depende del volumen total requerido en obra y del precio unitario acordado con el proveedor.

Dentro del precio a pagar se considera el suministro de material, mano de obra, equipo, transporte, herramientas menores y otros gastos que se necesiten para el correcto cumplimiento de los trabajos en campo.

4.02 Hormigón armado $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo impermeabilizante

Descripción

Consiste en el hormigón a ser colocado en el dentellón y aliviadero de la Presa, el cual será tipo GU con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 y que contará con un refuerzo de acero estructural con resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm^2 . El hormigón deberá ser impermeable para evitar cualquier filtración que pudiese ocurrir durante la vida útil de la estructura, para lo que se deberá adicionar a la mezcla un aditivo impermeabilizante.

Procedimiento

Se utilizará hormigón premezclado, obtenido de una hormigonera y transportado al sitio a través de mixers. Esta mezcla deberá garantizar que la resistencia a los 28 días sea como mínimo de 280 kg/cm² para cumplir con lo especificado en los planos de diseño. El revenimiento debe estar entre un rango de 7 cm a 10 cm. Se debe controlar de manera periódica la resistencia requerida del hormigón, para lo que se ensayarán cilindros de 150 mm de diámetro por 300mm de altura, se deben hacer 4 cilindros por ensayos los cuales serán distribuidos en 1 para rotura a los 7 días y 3 para rotura a los 28 días. Los materiales para la elaboración del hormigón deben pasar por una serie de ensayos que tendrán que ser realizados por la hormigonera en laboratorios certificados por fiscalización, los cuales se enlistan a continuación:

- Prueba a la compresión simple (Cilindros) - ASTM C39:
- Ensayos de clasificación de granulometría - ASTM D422.
- Límites de Atterberg - ASTM D2487.
- Prueba Proctor - ASTM D1557.
- Diseño de hormigón – ACI 318 y ASTM C31.

Primero se colocará la armadura de acero estructural, tomando en cuenta que está deberá contar con unos dados o “galletas” de mortero que serán ubicados en la superficie y cumplen con la cumplen de evitar que la armadura sufra algún deslizamiento durante el proceso de vaciado del hormigón.

El hormigón será vertido a través de bombeo, para evitar el ingreso de la maquinaria hasta el eje de presa, debido a las irregularidades que presenta el terreno, lo cual hace complicado el ingreso. Durante el vertido se empleará el vibrador mecánico que garantiza la correcta homogeneización y distribución de la mezcla en el encofrado, de esta manera se evita la presencia de aire o vacíos que conllevan a la formación de grietas o fisuras.

Las muestras por tomar en sitio deben contener un volumen entre 1.25 y 1.50 veces el volumen de las probetas. Debido a que la fundición del hormigón se irá realizando de manera conjunta con el hormigón ciclópeo, no se requiere del uso de encofrados.

El curado para el hormigón debe ser efectuado en base a las recomendaciones del Comité 612 del ACI y se tendrá que hacer como mínimo durante 14 días, iniciando cuando el hormigón ya haya fraguado.

Medición y forma de pago

La unidad de medición es el volumen y el pago será realizado por m³. El volumen total será calculado a partir de las dimensiones que consiste en el largo, ancho y alto. El precio por pagar depende del volumen total requerido en obra y del precio unitario acordado con el proveedor.

Dentro del precio a pagar se considera el suministro de material, mano de obra, equipo, transporte, herramientas menores y otros gastos que se necesiten para el correcto cumplimiento de los trabajos en campo.

4.03 Hormigón ciclópeo 40% piedra f'c= 240 kg/cm²

Descripción

El rubro involucra la preparación de un hormigón con piedras de gran tamaño, distribuidas de manera adecuada en base a las especificaciones descritas para la construcción de los espaldones que conforman la Presa, tomando como referencia lo establecido en los planos de diseño y lo indicado por el ingeniero de fiscalización.

La piedra utilizada para conformar el hormigón debe tener una densidad mínima de 2.3 gr/cm³. Se tendrá que realizar un ensayo de abrasión de los Ángeles al material en base a la norma INEN 861, el cual será aprobado siempre que no presente un desgaste mayor a 40 luego de que la máquina haya completado 500 vueltas.

Mediante el ensayo de durabilidad - INEN 863, el porcentaje no deberá arrojar una pérdida de peso mayor al 12%. El tamaño del agregado no puede superar el 25% de la menor dimensión de la estructura a construirse.

El 60% de la mezcla estará conformada por cemento tipo "Portland", clase B, con una resistencia a la compresión de 240 kg/cm². El 40% son rocas provenientes del sitio de emplazamiento, las cuales previo a su utilización deben ser lavadas para luego formar capas alternadas de hormigón y piedras.

Procedimiento

Se utilizará hormigón premezclado, obtenido de una hormigonera y transportado al sitio a través de mixers. La resistencia a la compresión a los 28 días del hormigón debe ser de 240 kg/cm².

En el caso de emplear aditivos, el ingeniero de fiscalización tiene la autoridad de aprobar o rechazar el tipo y dosificación de este. De igual manera, previo al inicio y colocación del concreto ciclópeo en sitio, se deberá realizar un ensayo de diseño del hormigón, el cual únicamente podrá ser utilizado si tiene la aprobación por parte de fiscalización.

Cuando el ingeniero de fiscalización haya aprobado todo lo anteriormente mencionado, se procede a iniciar con el proceso de hormigonado, que consiste en el vertido del hormigón en sitio a través de bombeo y la colocación de fragmentos rocosos, para lo que se debe tener un control riguroso.

Cada uno de los ítems mencionados deberá estar sujeto a lo indicado en los requerimientos del Código Ecuatoriano de la Construcción.

Medición y forma de pago

La unidad de medición para el hormigón ciclópeo es el volumen, el cual será cobrado por metro cúbico. El volumen total necesario será calculado mediante el largo, ancho y altura de la estructura a construir. El precio por pagar depende del volumen total requerido en obra y del precio unitario acordado con el proveedor.

Dentro del precio a pagar se considera el suministro de material, mano de obra, equipo, transporte, herramientas menores y otros gastos que se necesiten para el correcto cumplimiento de los trabajos en campo.

5. Acero estructural

5.01 Acero de refuerzo $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Consiste en el refuerzo de acero estructural a ser colocado en el dentellón y aliviadero de la Presa, el cual posee una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm^2 y será utilizado con la finalidad de garantizar mayor resistencia contra el empuje del agua.

Procedimiento

El armado de la estructura de acero estará conformado por varillas micro aleadas rectas NTE INEN 2167, las cuales deberán ser dobladas, cortadas y adicional se necesita conformar los ganchos, teniendo en cuenta que el doblado de estos se tendrá que hacer con un ángulo de 135° o en base a lo indicado en los planos estructurales. Durante el armado de la estructura es necesario unir las varillas mediante un amarre de alambre negro recocido.

Es vital que el acero de refuerzo no se encuentre expuesto a la humedad, y considerando que el sitio de implantación posee un clima húmedo, al estar ubicado en la sierra ecuatoriana, es necesario que el residente de obra tome las debidas precauciones y le proporcione las protecciones adecuadas a cada uno de los elementos que conforman la estructura.

Medición y forma de pago

La unidad de medición es el peso y el pago será realizado por kilogramo. La cantidad total de acero será medida en base a la longitud, el diámetro de varilla y el peso por m^2 de cada elemento. El precio por pagar depende de la cantidad de acero requerida en obra y del precio unitario acordado con el proveedor.

6. Limpieza y desalojo

6.01 Limpieza final de obra

Descripción

Una vez realizada todas las actividades planificadas para la ejecución de la obra, se debe dejar el sitio libre de residuos provenientes de las múltiples actividades constructivas que puedan generar un impacto negativo.

Procedimiento

La limpieza será realizada de manera manual, en donde se designará una cuadrilla de 3 peones que se encargará de recorrer el sitio y recoger cualquier residuo.

Medición y forma de pago

La unidad de pago será el m² y se realizará el pago en base al área de limpieza.

7. Parte ambiental

7.01 Capacitación en operación y mantenimiento de la infraestructura

Descripción

El objetivo de esta actividad será mantener las condiciones de imagen, de conservación y funcionalidad durante la vigencia del Contrato, en niveles similares a los iniciales de operación, así como asegurar la continuidad y la óptima operación de la totalidad de las instalaciones, sistemas y equipos, mediante el cumplimiento de un adecuado Programa Anual de Mantenimiento Preventivo (Planificado), y estrictos procedimientos correctivos / reactivos.

Medición y forma de pago

Se realizará el pago luego de constatar el listado de la presentación, adjuntando evidencias. El pago se realizará por unidad de charlas impartidas, consideradas necesarias para la correcta capacitación del personal.

6.02 Educación ambiental

Descripción

Esta sección conlleva la ejecución por parte del contratista de un conjunto de actividades cuya finalidad es la de fortalecer el conocimiento y respeto por el medio ambiente. Las actividades estarán dirigidas al personal técnico y obrero que está en contacto permanente con la obra y el ambiente. Su proceso de planificación y ejecución debe iniciar 15 días antes del arranque de las obras y ser continuo hasta casi la finalización de la construcción con un mínimo de tres charlas.

Se deberá llevar un registro del personal al cual se le impartirá la charla, junto a evidencias que garanticen su participación.

Procedimiento

Las charlas desarrollaran temas relativos al proyecto y su vinculación con el ambiente tales como.

- El entorno que rodea a la obra y su interrelación con sus habitantes.
- Los principales impactos ambientales de la obra y sus correspondientes medidas de mitigación incluida en el plan de manejo ambiental.
- Beneficio sociales y ambientales que traerán las obras emergentes a ejecutarse.
- Cómo cuidar la obra una vez que ha terminado los trabajos de construcción.
- Otros. La temática será diseñada y ejecutada por profesionales con suficiente experiencia en manejo de recursos naturales, desarrollo comunitario y comunicación social. La duración de estas charlas será de un mínimo de 15 minutos.

Medición y forma de pago

Se realizará el pago luego de constatar el listado de la presentación, adjuntando evidencias. El pago se realizará por unidad de charlas impartidas, consideradas necesarias para la correcta capacitación del personal.

8. Obras complementarias

8.01 Compuerta metálica deslizante

Descripción

La compuerta metálica será en hierro; el mecanismo de elevación será mecánica tipo volante. El acabado interior y exterior de la compuerta será con pintura anticorrosiva sobre la que se colocarán dos capas de pintura de esmalte mate.

Medición y forma de pago

La medición y pago se realizará por unidad U el precio incluye la mano de obra, materiales, fabricación, carga y descarga, el almacenamiento, la instalación, soldaduras, pintura, reparaciones mantenimiento hasta su recepción definitiva, equipos, herramientas y todos los apoyos necesarios para poder empotrar y fijar correctamente la estructura.

8.02 Rejilla metálica de 40 x 41 cm

Descripción

Se refiere al suministro e instalación final de una rejilla metálica, que será fabricada de varillas de acero de construcción de 8 mm de diámetro con una separación entre barrotes de 0.03 m en las varillas verticales, mientras que las horizontales una separación de barrotes de 0.18 m de acuerdo con lo dispuesto en los planos de detalle respectivo.

Procedimiento

El procedimiento para la fabricación de la rejilla metálica será utilizando acero de construcción de 8 mm según el diseño, la misma que estará soldada a un marco de perfil angular. Paralelamente se instalarán las respectivas bisagras, las mismas que irán soldadas a los perfiles metálicos y estos anclados al hormigón ciclópeo que servirán como marcos receptores y que se consideran dentro de este rubro. Toda estructura metálica como en el presente caso deberá estar debidamente pintada por lo menos con dos capas de pintura anticorrosiva a fin de garantizar su durabilidad. El procedimiento de montaje y

ensamblaje de la rejilla metálica deberá ser previamente aprobado por el Fiscalizador de obra.

Medición y forma de pago

La cuantificación será en unidades U de rejillas efectivamente realizadas, instaladas y aprobadas por fiscalización, el pago se hará al constructor con los precios unitarios estipulados en el contrato entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

8.03 Desvío del cauce (Dique de material suelto de 80 cm de ancho, 6 m de alto y 50 m de largo con suaves espaldones)

Descripción

Se refiere a una obra preliminar la cual se mantendrá hasta 28 días finalizada la obra, consiste en una estructura de material suelto que retiene el paso del caudal natural el cual puede interferir en el proceso constructivo de la presa.

Procedimiento

Se tiene previsto la construcción de un dique de material suelto de la zona ubicado 300 metros aguas arriba del eje de presa, el cual será elaborado antes de iniciar con la ejecución de las obras preliminares. Para su construcción se requiere de 2 albañiles y 6 peones, de esta manera se agiliza su conformación. El contratista proporcionará todos los materiales, herramientas y equipos necesarios los cuales deben ser aprobados por el supervisor de obra, el material suelto que conformará el dique será el mismo suelo extraído de excavaciones y separado por calidad deficiente. No se permitirá la utilización de suelos con excesivo contenido de humedad.

Previamente a la construcción se conformará el cuerpo con las estacas, encofrado y el alambre galvanizado. El cuerpo del dique se formará con el material previamente aprobado.

Medición y forma de pago

La unidad de pago es el m³. El pago será realizado en base a las dimensiones del dique. Dentro del precio a pagar se considera el suministro de material, mano de obra, equipo, transporte, herramientas menores y otros gastos que se necesiten para el correcto cumplimiento de los trabajos en campo.

8.04 Desvío del cauce (Extracción mediante bomba de caudal)

Descripción

Consiste en el alquiler de una bomba Briggs and Stratton de alta potencia que permitirá la extracción del caudal que el dique retenga hacia las afueras del cauce. El agua extraída deberá ser evacuada hacia una pendiente que no afecte al eje de la presa y deberá ser aprobado por el supervisor de la obra. La bomba operará desde el inicio de la construcción del dique hasta 28 días después de finalizada la construcción de la presa y aliviadero.

Medición y forma de pago

La unidad de pago será el mes. El pago se calcula en base a los meses de uso de la bomba.

8.05 Alquiler de batería sanitaria (inc. Instalación y mantenimiento)

Descripción

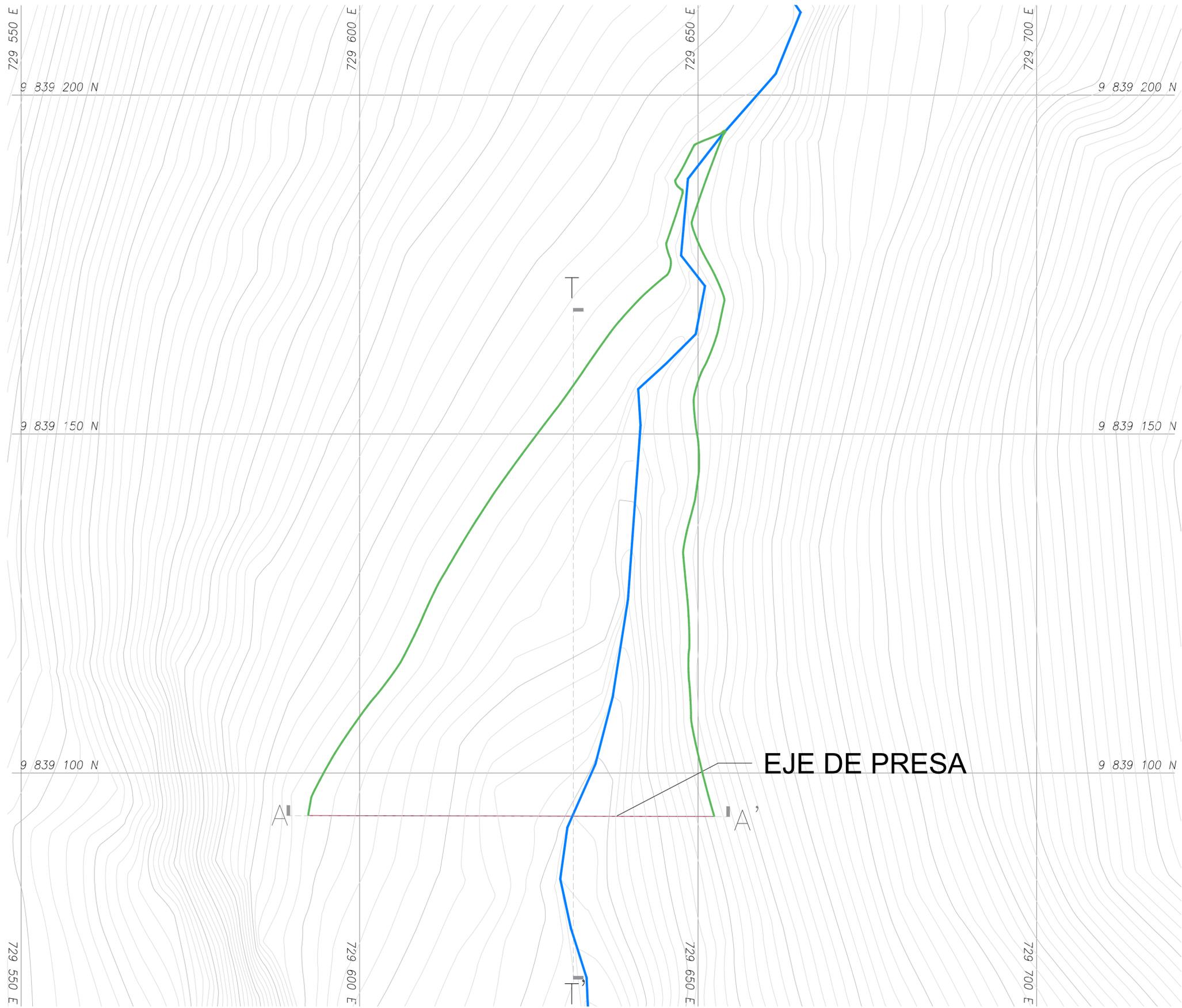
Consiste en el alquiler de una batería sanitaria que será utilizada por el personal durante el tiempo de ejecución de la obra. El supervisor de la obra seleccionará el lugar óptimo de instalación que no interfiera en el bombeo de los materiales o paso de maquinarias.

Procedimiento

Se debe escoger un lugar óptimo para su instalación que no interfiera con las demás actividades planificadas.

Medición y forma de pago

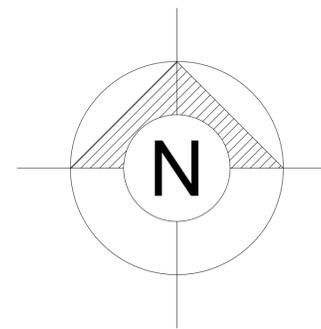
La unidad de pago será el mes. El pago se calcula en base a los meses de uso de la batería sanitaria.



IMPLANTACIÓN GENERAL

ESC: 1-300

ORIENTACIÓN



UBICACIÓN



Leyenda

- Área de estudio
- Limite cantonal
- Parroquias rurales**
- FACUNDO VELA
- GUARANDA
- JULIO E. MORENO
- SALINAS
- SAN LORENZO
- SAN LUIS DE PAMBIL
- SAN SIMON
- SANTA FE
- SIMIATUG

SIMBOLOGÍA

- Eje de Presa
- Curvas de nivel
- Vaso de Presa
- Cauce natural

NOTA:

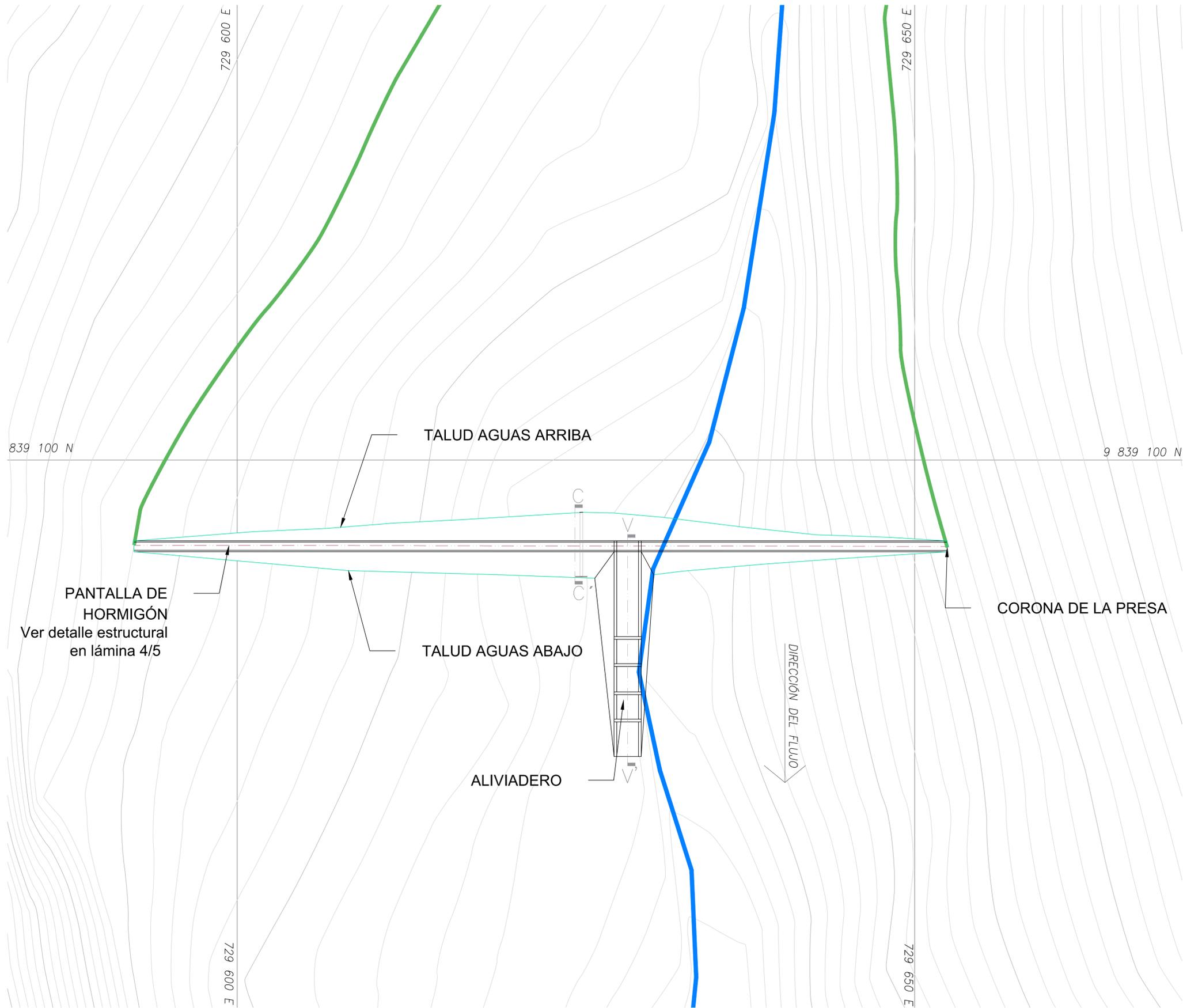
- 1.- El eje de Presa del proyecto se encuentra ubicado en El Arenal con coordenadas UTM Zona 17S 729853E 9839141S.
- 2.- Unidad de medida: Metros

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

PROYECTO:
Estudio y diseño de la presa Turuhuañuna en el Arenal del Volcán Chimborazo Cantón Guaranda

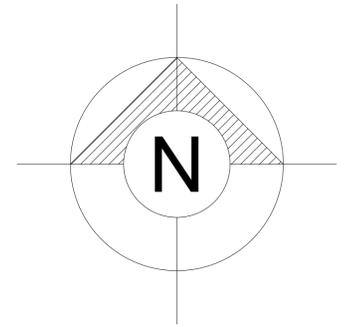
CONTENIDO:
IMPLANTACIÓN GENERAL

Coordinador de Materia Integradora: PhD. Miguel Chávez	Tutores de Conocimientos Específicos: -MSc. Danilo Dávila -PhD. Miguel Chávez	Estudiantes: - Isabel Mercedes Guzmán - Garaicoa - Renata Naomi Navia Giler	Fecha de emisión: 17 de agosto, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Guillermo Muñoz	-PhD. Andrés Velastegui -Arq. Eunice Lindao	Lámina: 1/5	Escala: 1:300

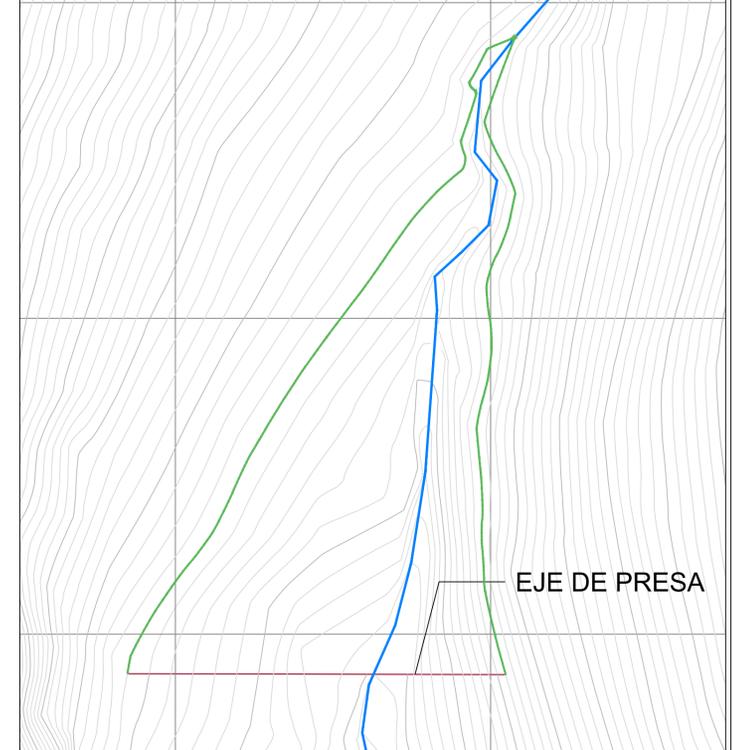


PLANTA - PRESA TURUHUAÑUNA
ESC: 1-150

ORIENTACIÓN



LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- Talud
- Curvas de nivel
- Vaso de Presa
- Cauce natural

NOTAS :

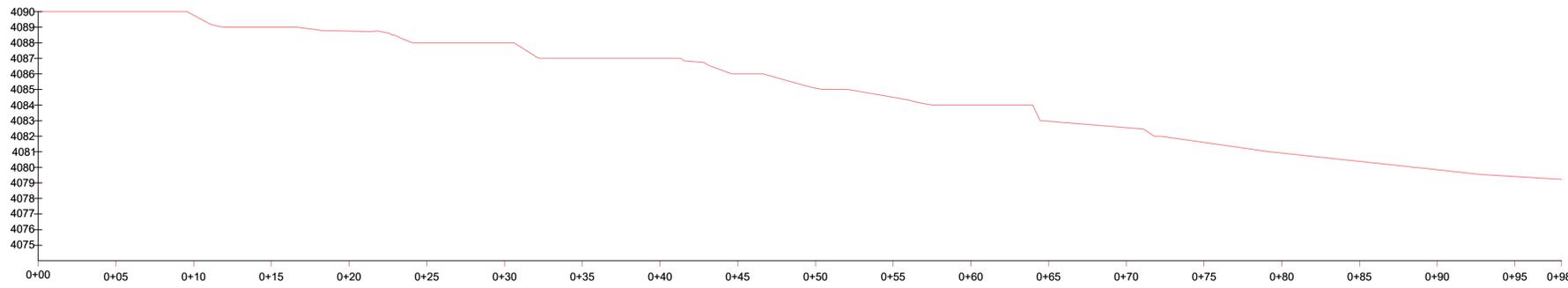
1. Unidad de medida: Metros

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

PROYECTO:
Estudio y diseño de la presa Turuhuañuna en el Arenal del Volcán Chimborazo Cantón Guaranda

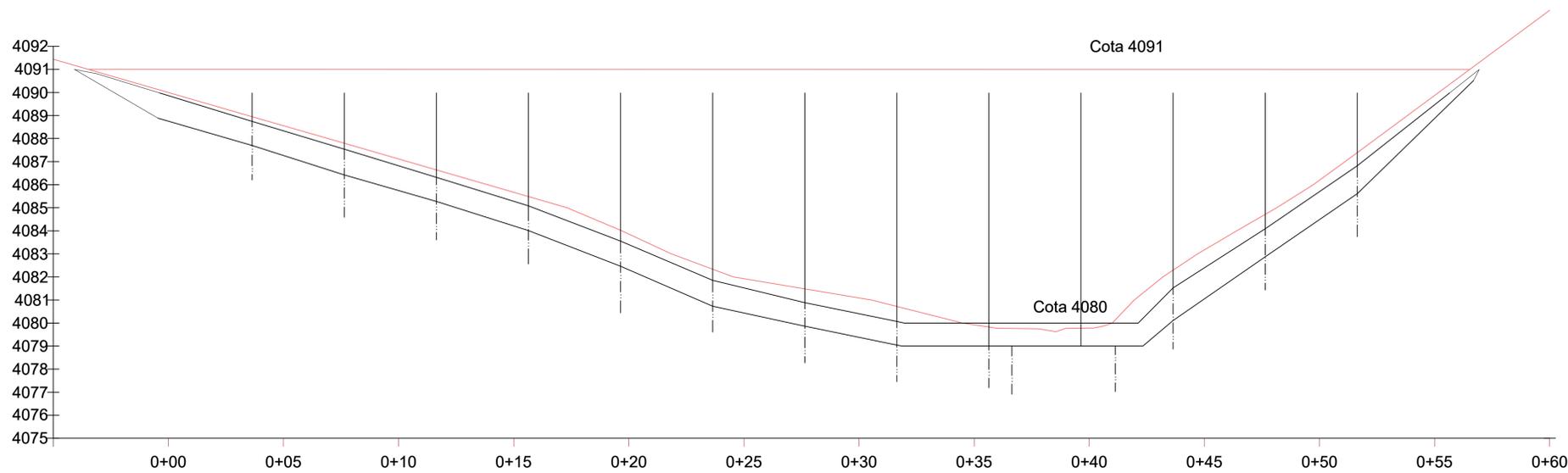
CONTENIDO:
PLANTA DE PRESA Y ALIVIADERO

Coordinador de Materia Integradora: PhD. Miguel Chávez	Tutores de Conocimientos Específicos: -MSc. Danilo Dávila -PhD. Miguel Chávez	Estudiantes: - Isabel Mercedes Guzmán Garaicoa - Renata Naomi Navia Giler	Fecha de emisión: 17 de agosto, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Guillermo Muñoz	-PhD. Andrés Velastegui -Arq. Eunice Lindao	Lámina: 2/5	Escala: 1:150



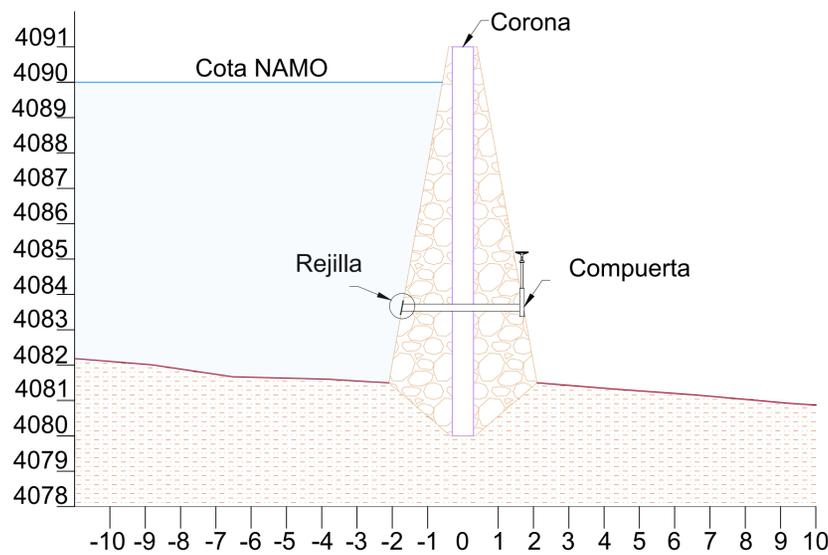
PERFIL TRANSVERSAL CORTE T - T'

ESC: 1-100



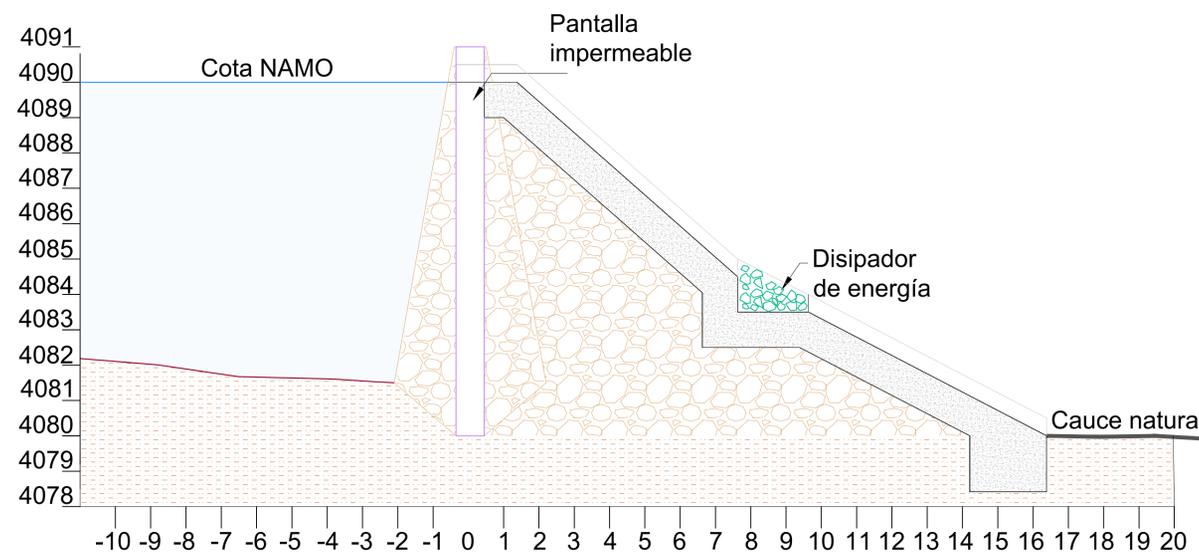
PERFIL LONGITUDINAL CORTE A - A'

ESC: 1-130



PERFIL DE PRESA CORTE C - C'

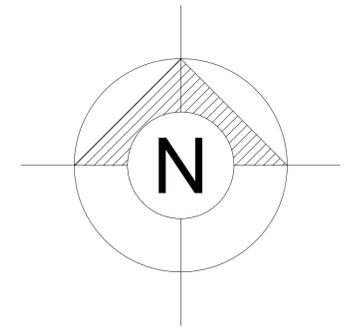
ESC: 1-100



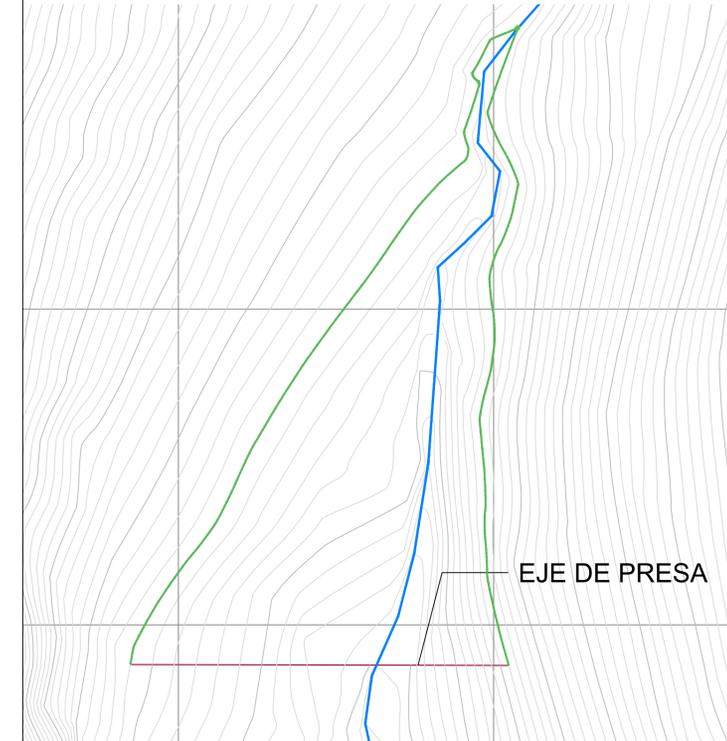
PERFIL ALIVIADERO CORTE V - V'

ESC: 1-100

ORIENTACIÓN



LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- Pantalla de hormigón
- Hormigón ciclópeo
- Roca basáltica aglomerada
- Hormigón simple $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Agua
- Andesitas porfíricas

NOTAS:

1. Unidad de medida: Metros

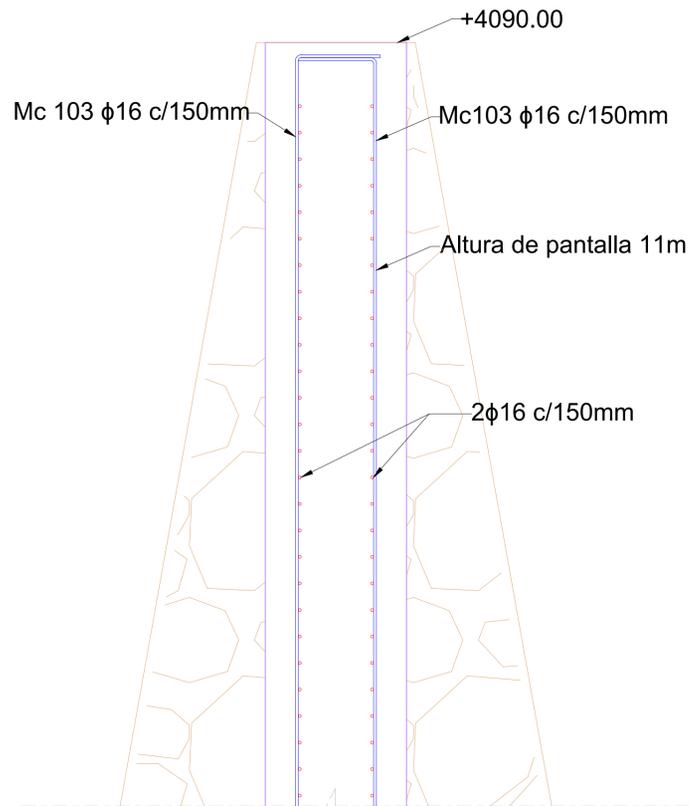
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Estudio y diseño de la presa Turuhuañuna en el Arenal del Volcán Chimborazo Cantón Guaranda

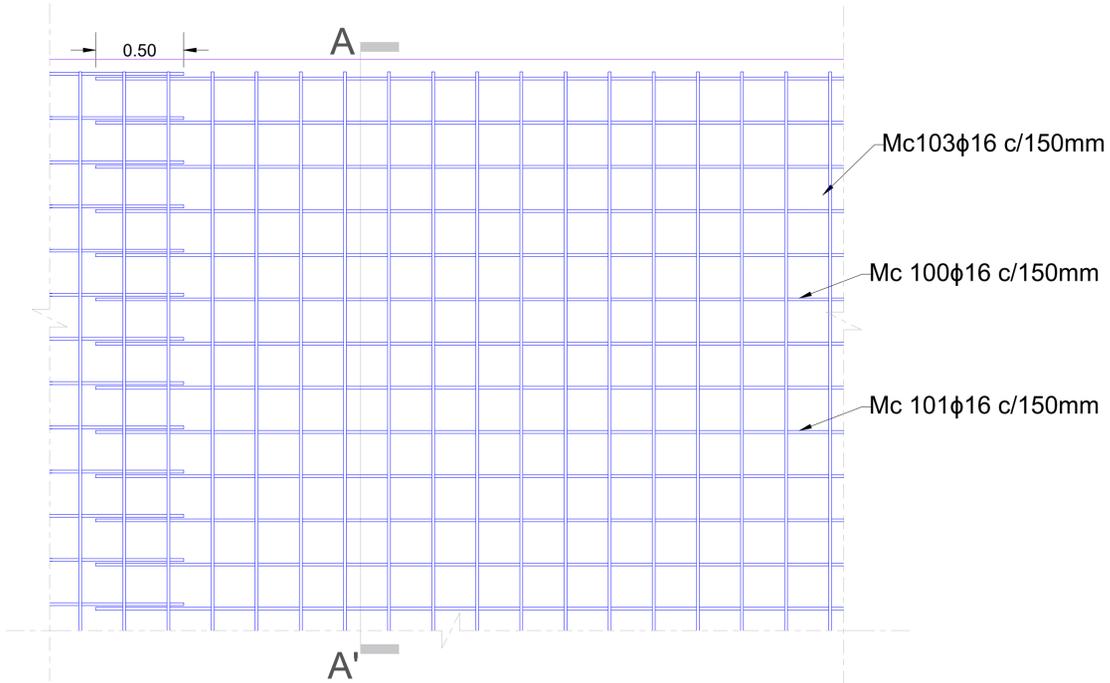
CONTENIDO:
DETALLES DE PERFILES

Coordinador de Materia Integradora: PhD. Miguel Chávez	Tutores de Conocimientos Específicos: -MSc. Danilo Dávila -PhD. Miguel Chávez -PhD. Andrés Velastegui -Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: - Isabel Mercedes Guzmán - Garaicoa - Renata Naomi Navia Giler	Fecha de emisión: 17 de agosto, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Guillermo Muñoz			Lámina: 3/5
			Escala: Indicadas

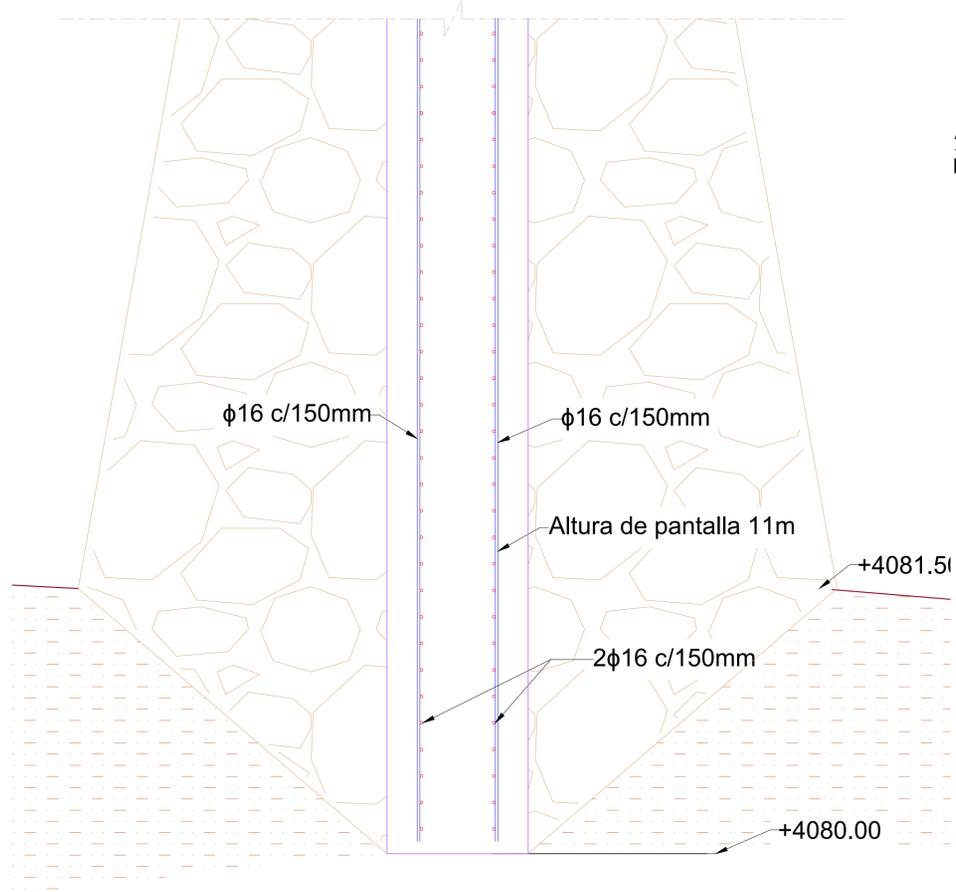
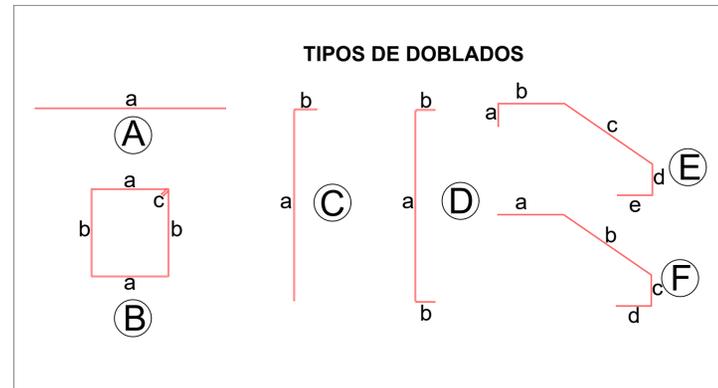
Lugar	MC	Tipo	Espac. cm.	Cant. No.	Dimensiones (m)					Longitud (m)		Diámetro (mm)	Peso (Kg)	
					a	b	c	d	e	Unidad	Total		Unitario	Total
PANTALLA	100	A	25.00	900.00	6					6.00	5400.00	16	1.578	8521.20
	101	A	25.00	180.00	4.98					4.98	896.40	16	1.578	1414.52
	102	A	25.00	900.00	6.00					6.00	5400.00	16	1.578	8521.20
	103	C	25.00	480.00	10.86	0.48				11.34	5443.20	16	1.578	8589.37
												Total		27046.29



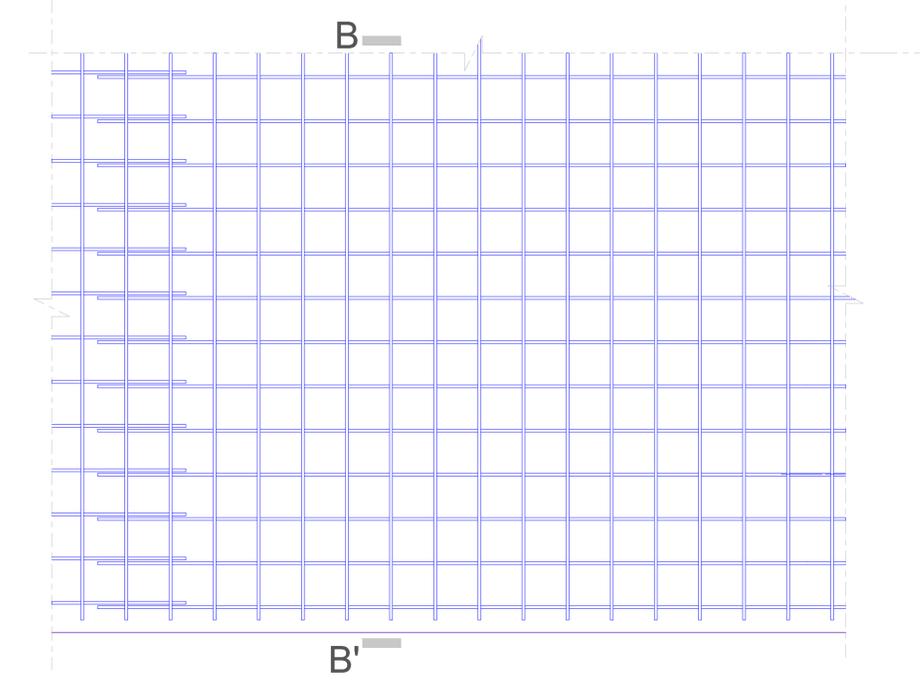
CORTE A - A'
ESC: 1-20



ARMADURA PANTALLA IMPERMEABLE
ESC: 1-20

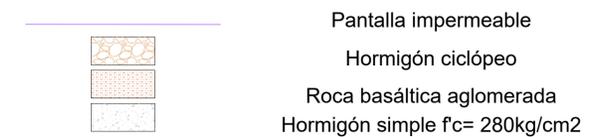


CORTE B - B'
ESC: 1-20



ARMADURA PANTALLA IMPERMEABLE
ESC: 1-20

SIMBOLOGÍA



NOTAS Y ESPECIFICACIONES:

- Unidad de medida: Metros
- Hormigón simple $f'c= 280\text{kg/cm}^2$ (Resistencia a la compresión a los 28 días) para aliviadero.
- Hormigón armado impermeable $f'c= 280\text{kg/cm}^2$ (Resistencia a la compresión a los 28 días) para pantalla de Presa.
- Hormigón ciclópeo 40% piedra $f'c= 240\text{kg/cm}^2$.
- Acero de refuerzo $f_y= 4200\text{kg/cm}^2$.
- Varilla microaleada recta. Norma técnica NTE INEN 2167. Longitudes de 6 y 12 metros.
- Recubrimiento de 7cm para pantalla de hormigón armado.
- Recubrimiento de 4cm para aliviadero.
- Rejilla 40x40cm con varillas de 8mm espaciadas cada 25mm.
- Toma simple: Muros de hormigón $f'c= 280\text{ kg/cm}^2$.

COMPUERTA TIPO VOLANTE

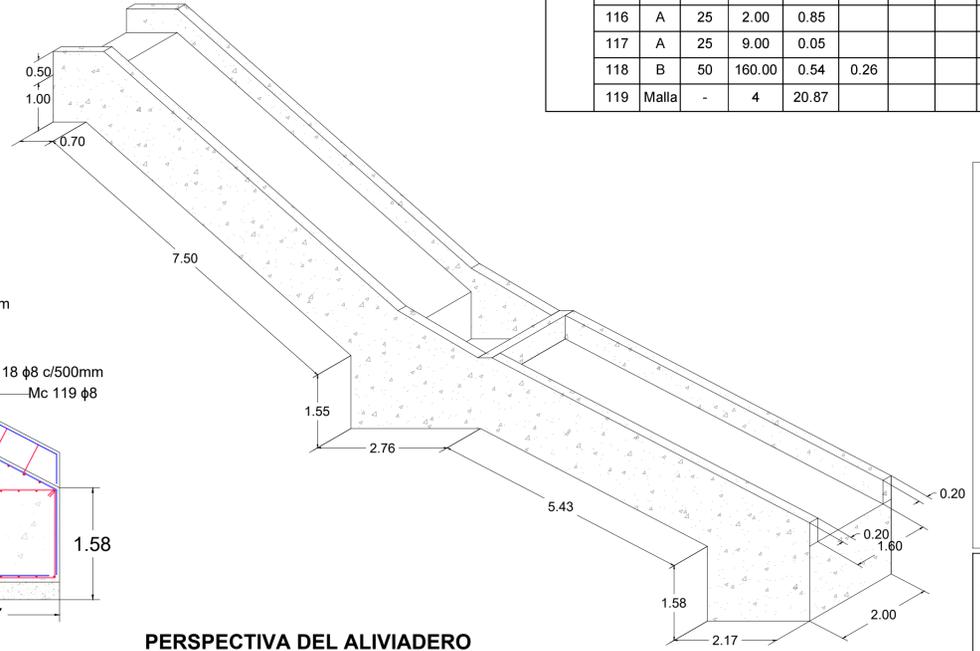
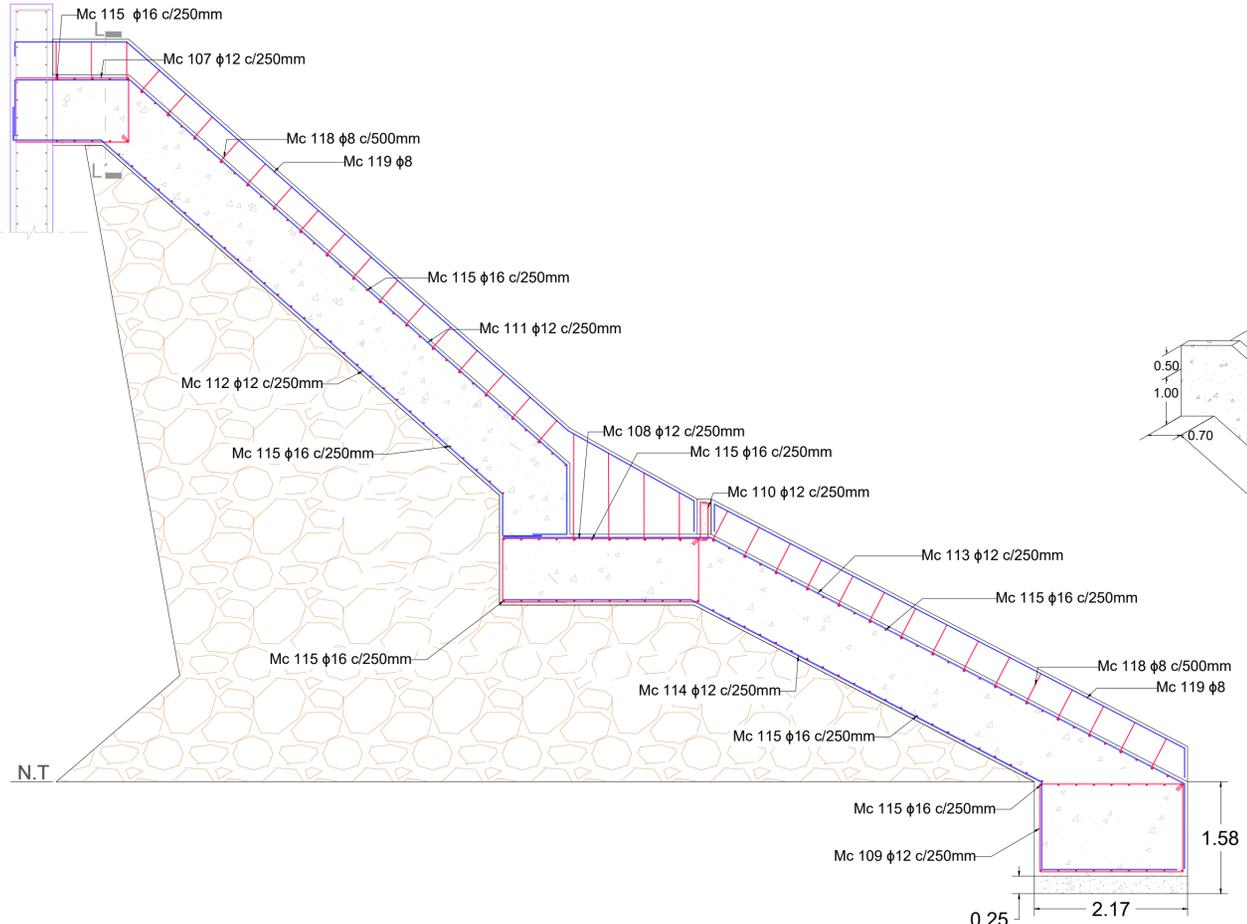
- Marco: Perfil estructural (ASTM A-36)
- Compuerta: Perfil estructural (AST A-27)
- La compuerta metálica deberá ser protegida con pintura anticorrosiva.
- Armado de la compuerta: Malla electrosoldada de 8mm.

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

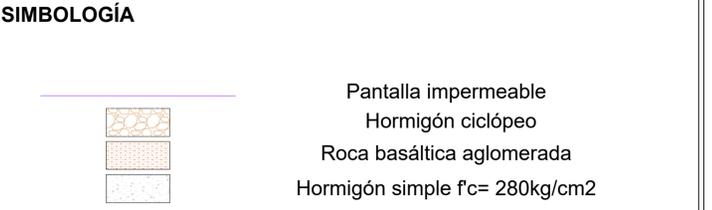
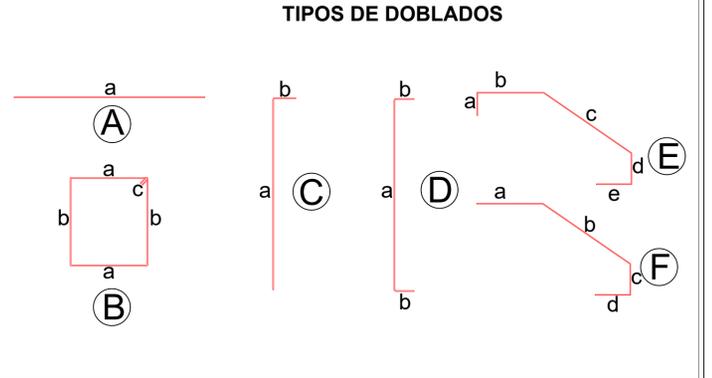
PROYECTO:
Estudio y diseño de la presa Turuhuañuna en el Arenal del Volcán Chimborazo Cantón Guaranda

CONTENIDO:
DETALLAMIENTO ESTRUCTURAL DE PANTALLA DE HORMIGÓN

Coordinador de Materia Integradora: PhD. Miguel Chávez	Tutores de Conocimientos Específicos: -MSc. Danilo Dávila -PhD. Miguel Chávez	Estudiantes: - Isabel Mercedes Guzmán - Garaicoa - Renata Naomi Navia Giler	Fecha de emisión: 17 de agosto, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Guillermo Muñoz	-PhD. Andrés Velastegui -Arq. Eunice Lindao	Lámina: 4/5	Escala: Indicadas



Lugar	MC	Tipo	Espac. cm.	Cant. No.	Dimensiones (m)					Longitud (m)		Diámetro (mm)	Peso (Kg)		Observaciones	
					a	b	c	d	e	Unidad	Total		Unitario	Total		
ALIVIADERO	107	B	25	9.00	3.22	1.84	0.24				5.30	47.70	12	0.888	42.36	
	108	B	25	9.00	111.60	36.32	0.24				148.16	1333.44	12	0.888	1184.09	
	109	B	25	9.00	81.60	50.06	0.24				131.90	1187.10	12	0.888	1054.14	
	110	D	25	18.00	1.10	0.40					1.50	27.00	12	0.888	23.98	
	111	E	25	9.00	0.79	1.63	8.23	0.98	0.49		12.12	109.08	12	0.888	96.86	
	112	E	25	9.00	0.46	1.24	7.57	0.59	0.56		10.42	93.78	12	0.888	83.28	
	113	F	25	9.00	2.91	7.56	1.19	0.00			11.66	104.94	12	0.888	93.19	
	114	F	25	9.00	2.65	5.59	1.22	1.90			11.36	102.24	12	0.888	90.79	
	115	A	25	167.00	1.92						1.92	320.64	16	1.578	505.97	
	116	A	25	2.00	0.85						0.85	1.70	8	0.395	0.67	
	117	A	25	9.00	0.05						0.05	0.45	8	0.395	0.18	
	118	B	50	160.00	0.54	0.26					0.80	127.36	8	0.395	50.31	
	119	Malla	-	4	20.87						20.87	83.48	8	0.395	32.97	
	Total (aliviadero)												3258.79			

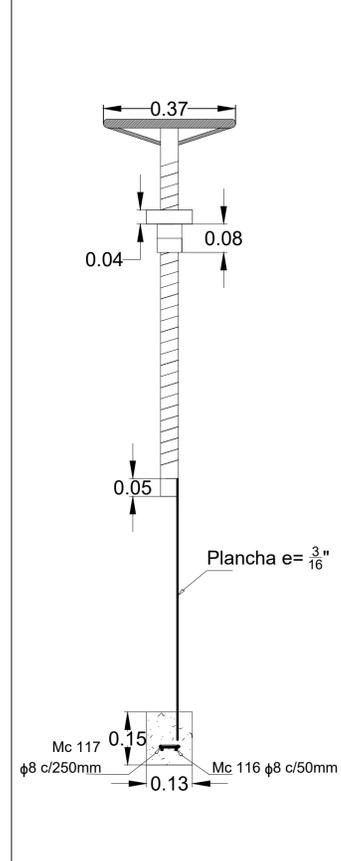


- NOTAS Y ESPECIFICACIONES:**
- Unidad de medida: Metros
 - Hormigón simple $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (Resistencia a la compresión a los 28 días) para aliviadero.
 - Hormigón armado impermeable $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (Resistencia a la compresión a los 28 días) para pantalla de Presa.
 - Hormigón ciclópeo 40% piedra $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$.
 - Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
 - Varilla microalada recta. Norma técnica NTE INEN 2167. Longitudes de 6 y 12 metros.
 - Recubrimiento de 7cm para pantalla de hormigón armado.
 - Recubrimiento de 4cm para aliviadero.
 - Rejilla 40x40cm con varillas de 8mm espaciadas cada 25mm.
 - Toma simple: Muros de hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

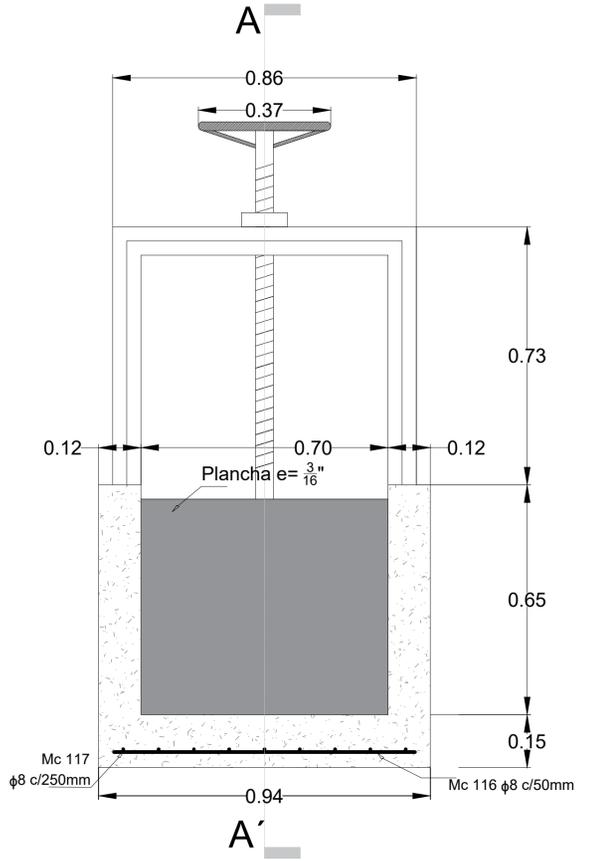
- COMPUERTA TIPO VOLANTE**
- Marco: Perfil estructural (ASTM A-36)
 - Compuerta: Perfil estructural (AST A-27)
 - La compuerta metálica deberá ser protegida con pintura anticorrosiva.
 - Armado de la compuerta: Malla electrosoldada de 8mm.

ARMADO DE ALIVIADERO
ESC: 1-50

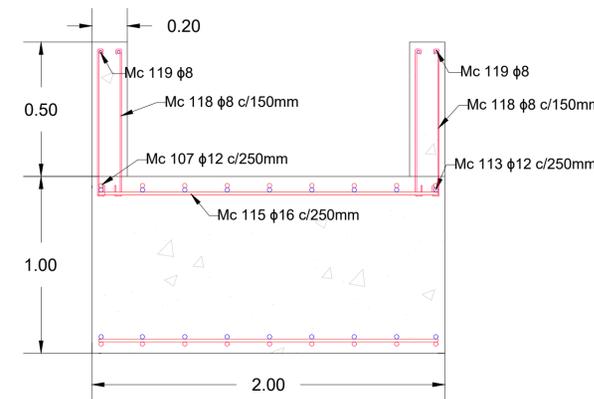
PERSPECTIVA DEL ALIVIADERO
ESC: 1-75



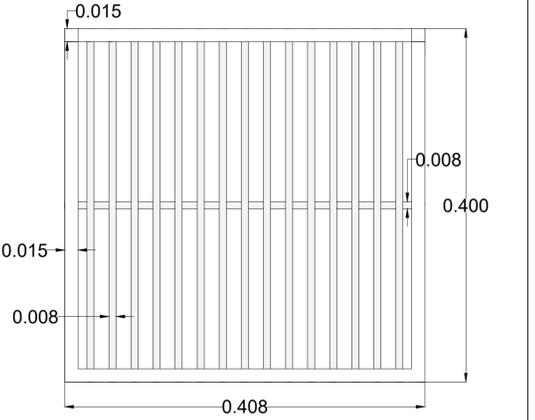
COMPUERTA CORTE A - A'
ESC: 1-10



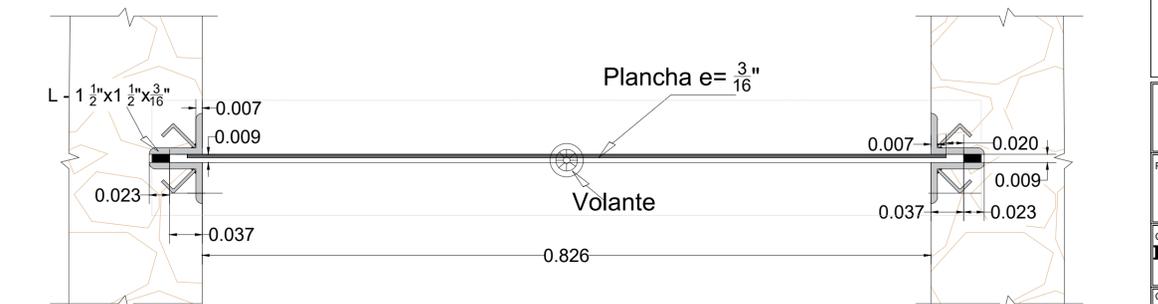
COMPUERTA METÁLICA PLANA
ESC: 1-10



DETALLAMIENTO LONGITUDINAL ALIVIADERO CORTE L-L'
ESC: 1-20



REJILLA METÁLICA
ESC: 1-4
Rejilla ver nota 9



DETALLE DE EMPOTRAMIENTO LATERAL DE LA COMPUERTA
ESC: 1-4

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

PROYECTO: **Estudio y diseño de la presa Turuhuañuna en el Arenal del Volcán Chimborazo Cantón Guaranda**

CONTENIDO: **DETALLAMIENTO ESTRUCTURAL DE ALIVIADERO, COMPUERTA Y REJILLA**

Coordinador de Materia Integradora: PhD. Miguel Chávez	Tutores de Conocimientos Específicos: -MSc. Danilo Dávila -PhD. Miguel Chávez -PhD. Andrés Velastegui -Arq. Eunice Lindao	Estudiantes: - Isabel Mercedes Guzmán - Garaicoa - Renata Naomi Navia Giler	Fecha de emisión: 17 de agosto, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Guillermo Muñoz			Lámina: 5/5 Escala: Indicadas