



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE COMO SOLUCIÓN
PARA EL PROBLEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA
PARROQUIA MANGLARALTO”**

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

PAUL HERRERA BORJA

GUAYAQUIL – ECUADOR

2018

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre, la Sra. Rosana María Borja Ruíz. Por sus incontables esfuerzos y sacrificios para que no me falte nada, por su ejemplo de trabajo y perseverancia, por su apoyo y su amor incondicional.

Paul Herrera Borja

AGRADECIMIENTO

A mi madre la Sra. Rosana María Borja Ruíz; y a mis hermanos, la Lcda. Ana Herrera Borja y el Lcdo. Henry Herrera Borja. Por todo lo que he aprendido de ellos, por ser para mí un ejemplo de esfuerzo, dedicación y honestidad. Por ayudarme a ser una mejor persona.

A mi novia, la Ing. Alejandra Borbor; por su amor y apoyo constante, por creer en mí.

A la Ing. Alby del Pilar Aguilar Pesantes, por ser una guía para sus estudiantes y una docente ejemplar.

Paul Herrera Borja

TRIBUNAL DEL PROYECTO

Ph.D. Miguel Ángel Chávez
DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA

DECLARATORIA EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Paul Herrera Borja

RESUMEN

A partir de estudios topográficos, hidrológicos, geológicos y geotécnicos, se formula un proyecto que tiene la finalidad de contribuir al incremento de las reservas de agua dulce y de un modo especial a la dotación de agua potable para la población de Manglaralto.

Se formularon y analizaron al menos tres alternativas, definiéndose como la más conveniente la construcción de un dique vertedor dotado de un dentellón, que actúa como pantalla para el bloqueo de flujo subsuperficial. De esta forma se logra un embalsamiento de varias decenas de miles de metros cúbicos, además la retención de agua en las capas de grava arenosa de depósito aluvial se incrementan. Se realizan los correspondientes diseños y se determina el costo de la solución propuesta.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
TRIBUNAL DEL PROYECTO	iv
DECLARATORIA EXPRESA	v
RESUMEN	vi
INDICE GENERAL.....	vii
ABREVIATURA.....	x
SIMBOLOGIA	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS	17
CAPÍTULO 1.....	18
INTRODUCCION	19
1.1. Preámbulo	19
1.2. Planteamiento del Problema.....	20
1.3. Hipótesis.....	21
1.4. Objetivos.....	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos.....	23
CAPÍTULO 2.....	24
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	24
2.1. Recurso Agua en el Ecuador.....	25
2.2. Marco Legal.....	27
2.2.1. Ley orgánica de recursos hídricos en el Ecuador	27
2.2.2. Constitución de la República del Ecuador.....	28
2.2.3. TULAS	29
LIBRO VI, ANEXO 1	30
2.3. Parroquia Manglaralto.....	31
2.3.1. Datos geográficos	31
2.3.2. Marco Geológico.....	33

2.3.3.	Geomorfología	34
2.3.4.	Hidrogeología.....	34
2.4.	Hidrología	37
2.5.	Dique	38
2.5.1.	Concepto.....	38
2.5.2.	Partes de un dique.....	41
2.5.3.	Tipos de dique	42
2.6.	Ensayos	45
2.6.1.	Granulometría	46
2.6.2.	Límites de Atterberg.....	48
2.6.3.	Triaxial U.U	49
2.6.4.	Capacidad de almacenamiento de agua en suelos	52
2.6.5.	Abrasión de Los Ángeles	54
2.6.6.	Compresión simple	57
CAPÍTULO 3.....		59
METODOLOGIA.....		59
3.1.	Introducción	60
3.2.	Reconocimiento del sitio de estudio	60
3.3.	Topografía del terreno	64
3.3.1.	Modelado 3D en ArcGIS y Curvas de Nivel en AutoCAD	66
3.4.	Toma de muestras para ensayos	72
3.5.	Ensayos realizados.....	80
3.5.1.	Granulometría	81
3.5.2.	Límites de Atterberg.....	89
3.5.3.	Ensayo Triaxial U.U	91
3.5.4.	Capacidad de almacenamiento de agua en suelos	94
3.5.5.	Abrasión de Los Ángeles	98
3.5.6.	Elaboración de probetas de hormigón y ensayo de resistencia a la compresión.....	104
CAPÍTULO 4.....		111
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		111
4.1.	Análisis de la Topografía del Terreno	112
4.1.1.	Geometría del dique	113

4.1.2. Volumen de agua superficial en el embalse.....	115
4.1.3. Volumen de agua subterránea.....	118
4.2. Análisis de los ensayos geotécnicos	119
4.3. Diseño del dique	120
4.4. Impacto Ambiental	125
4.5. Presupuesto.....	127
CAPÍTULO 5.....	128
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
CONCLUSIONES.....	129
RECOMENDACIONES.....	130

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURA

OMS	Organización Mundial de la Salud
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)
JAAPMAN	Junta de Agua Potable de Manglaralto
ASTM	American Society for Testing and Materials
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
CIPAT	Centro de Investigaciones y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
UTM	Universal Transversal Mercator
RTK	Real Time Kinematic
DEM	Digital Elevation Model
SSS	Saturada Superficialmente Seca
APU	Análisis de Precios Unitarios

SIMBOLOGIA

UPS	Unidad práctica de salinidad
gr	Gramos
Kg	Kilogramos
°C	Grados Celsius
mm	Milímetros
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros cuadrados
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
Km	Kilómetros
Km ²	Kilómetros cuadrados
in (")	Pulgadas
lt	Litros
rpm	Revoluciones por minuto
MPa	Megapascuales

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Distribución del agua dulce en el mundo.	25
Figura 2.2	Ubicación de Manglaralto.....	31
Figura 2.3	Pozo en Comuna Manglaralto.....	32
Figura 2.4	Ubicación de pozos en la cuenca Manglaralto.....	36
Figura 2.5	Ejemplo de diques.....	41
Figura 2.6	Partes de un dique	41
Figura 2.7	Comparación dique natural y artificial.	44
Figura 2.8	Muestras para ensayos.....	46
Figura 2.9	Granulometría. Tamices Agregado grueso y fino.....	47
Figura 2.10	Límites de Atterberg.....	49
Figura 2.11	Probeta cilíndrica en cámara de confinamiento. Tipo de falla de la probeta.....	50
Figura 2.12	Ensayo triaxial en laboratorio.....	52
Figura 2.13	Proceso de saturación de la muestra.....	53
Figura 2.14	Máquina de los Ángeles.....	55
Figura 2.15	Muestras para ensayo de abrasión.....	56
Figura 3.1	Junta de Agua Potable de Manglaralto (JAAPMAN)	61
Figura 3.2	Antiguo tape de gaviones, destruido por efecto de la corriente del río.....	62

Figura 3.3 Imagen satelital del recorrido realizado a lo largo del río Manglaralto.	63
Figura 3.4 Ensamblaje de equipo. Base y antena de equipo topográfico, GPS de alta precisión.	65
Figura 3.5 Receptor y ordenador de mano del GPS.	66
Figura 3.6 Puntos del levantamiento en ArcGIS.	68
Figura 3.7 Delimitación del proyecto.	68
Figura 3.8 Modelado del proyecto, usando el modelador Natural Neighbor....	69
Figura 3.9 Modelado Digital del Terreno, DEM.	69
Figura 3.10 Curvas de nivel obtenidas del modelado.	70
Figura 3.11 Modelado Digital del Terreno en 3D, vista superior.	70
Figura 3.12 Modelado Digital del Terreno en 3D, vista noroeste.	71
Figura 3.13 Modelado Digital del Terreno en 3D, vista noreste.	71
Figura 3.14 Modelado Digital del Terreno en 3D, vista suroeste.	72
Figura 3.15 Ubicación de los puntos donde se realizó la toma de muestras para ensayos.	74
Figura 3.16 Calicata hecha con retroexcavadora.	76
Figura 3.17 Limpieza del terreno previa hincada de tubo Shelby.	76
Figura 3.18 Hincada de tubo Shelby en talud.	77
Figura 3.19 Muestra extraída del talud.	77
Figura 3.20 Retroexcavadora usada para la obtención de muestras.	78
Figura 3.21 Excavación hecha en el río.	78

Figura 3.22 Muestra tomada en el centro del río.....	79
Figura 3.23 Muestras de suelos para ensayos secándose.	81
Figura 3.24 Tamizado de muestra para análisis granulométrico.....	82
Figura 3.25 Curva granulométrica para muestra de talud izquierdo, P1 en la tabla 3.1.....	87
Figura 3.26 Curva granulométrica para muestra de talud derecho, P2 en la tabla 3.1.....	87
Figura 3.27 Curva granulométrica para muestra tomada de la excavación en el río, P3 en la tabla 3.1.....	88
Figura 3.28 Curva granulométrica para muestra tomada superficialmente en el centro del río, P4 en la tabla 3.1.....	88
Figura 3.29 Límite líquido para muestra de talud izquierdo, P1 en la tabla 3.1.....	89
Figura 3.30 Límite líquido para muestra de talud derecho, P2 en la tabla 3.1.....	90
Figura 3.31 Primera y segunda curva de Esfuerzo Vs. Deformación, para muestra de talud izquierdo, P1 en la tabla 3.1.....	91
Figura 3.32 Primera y segunda curva de Esfuerzo Vs. Deformación, para muestra de talud derecho, P2 en la tabla 3.1.....	92
Figura 3.33 Círculos de Mohr para muestra de talud izquierdo, P1 en la Tabla 3.1.....	93

Figura 3.34 Círculos de Mohr para muestra de talud derecho, P2 en la Tabla 3.1.....	93
Figura 3.35 Instrucciones del PhD. Miguel Ángel Chávez para la realización del presente ensayo. Compactación de la muestra por capas en el recipiente.	95
Figura 3.36 Recipiente con la muestra, mientras es llenado de agua para ponerla a saturar.....	96
Figura 3.37 Peso de recipiente con muestra SSS. Peso de recipiente con muestra SSS + Agua.	97
Figura 3.38 Peso de muestras tamizadas, antes de lavar.	99
Figura 3.39 Lavado de muestras. Puesta a secar en horno.....	100
Figura 3.40 Peso de muestras secas, para ingresar en máquina de abrasión de Los Ángeles.	101
Figura 3.41 Peso final de muestra más recipiente. Peso de recipiente....	102
Figura 3.42 Vertido de agregado grueso en concreteira.....	106
Figura 3.43 Vertido de cemento portland en concreteira.	106
Figura 3.44 Elaboración de probetas.	108
Figura 3.45 Gráfico de Resistencia a la compresión Vs. Edad de la probeta.	109
Figura 4.1 Plano topográfico con curvas de nivel. Cotas relativas a la parte más baja del cauce del río.	113

Figura 4.2	Gráfico del área dentro de curva de nivel 0.0.	117
Figura 4.3	Gráfico del área entre curvas de nivel 0.5 y 0.0.	117
Figura 4.4	Vista en planta del dique.	122
Figura 4.5	Sección típica del dique. Corte 1-1'	123
Figura 4.6	Sección del dique en los empotramientos. Cortes 2-2' y 3-3' . .	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Precipitación (mm) media mensual y anual de Santa Elena.....	37
Tabla II. Precipitación (mm) media mensual y anual de Manglaralto.	37
Tabla III. Resumen de ensayos realizados y ubicación de muestras.	73
Tabla IV. Análisis granulométrico para muestra de talud izquierdo, P1 en la tabla 3.1.....	83
Tabla V. Análisis granulométrico para muestra de talud derecho, P2 en la tabla 3.1.....	84
Tabla VI. Análisis granulométrico para muestra tomada de la excavación en el río, P3 en la tabla 3.1.....	85
Tabla VII. Análisis granulométrico para muestra tomada superficialmente en el centro del río, P4 en la tabla 3.1.	86
Tabla VIII. Límite líquido y límite plástico para muestra de talud izquierdo, P1 en la tabla 3.1.	89
Tabla IX. Límite líquido y límite plástico para muestra de talud derecho, P2 en la tabla 3.1.	89
Tabla X. Resultados del ensayo de Abrasión de Los Ángeles.	103
Tabla XI. Resultados del ensayo de Compresión Simple.....	109
Tabla XII. Matriz de Impacto Ambiental para las etapas de construcción y demolición del dique	126

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.Preámbulo

El presente trabajo se realizó con la participación interdisciplinaria de los estudiantes Iván Fajardo y Jhon Campoverde de la carrera de Ingeniería en Geología.

El agua es imprescindible para la existencia de la vida y el desarrollo económico y social de una población. El agua dulce representa tan sólo el 2.5% del agua del planeta y la mayoría se encuentra congelada en glaciares lo que la hace un recurso inutilizable. Sin embargo, también la podemos encontrar en estado líquido en ríos, lagos, lagunas, acuíferos, etc. Un dato importante a considerar es que aproximadamente el 96% del agua dulce en estado líquido la encontraremos como agua subterránea. (UNESCO, 2006).

El agua dulce tiene un papel fundamental en el crecimiento de cualquier sociedad; sin embargo, no es un recurso ilimitado, y es una realidad que no todas las poblaciones tienen a su alcance este recurso. Según la OMS, Ecuador se encuentra en la lista con poblaciones con menor acceso al agua potable en América. (Diario El Universo, 2002).

Parte de esta problemática en el Ecuador se debe a sus dos estaciones bien marcadas. Invierno, caracterizada por ser una época

con abundantes lluvias; y estiaje, época seca y con temperaturas elevadas. Son estos meses de ausencia de precipitaciones, los que generan sequía, con lo que se hace muy difícil disponer de agua para su potabilización y menos para riego.

Es justamente la parroquia Manglaralto una de las que se ve afectada por la escasez de agua en épocas secas. El presente proyecto integrador pretende proporcionar una solución a la problemática de la escasez de agua de la población de la parroquia Manglaralto, mediante el uso de conocimientos de geotecnia, hidrología y procesos constructivos.

1.2. Planteamiento del Problema

La parroquia Manglaralto, se abastece de agua del río homónimo misma que es obtenida de acuíferos someros que están bajo el río. La empresa encargada de extraer y distribuir el agua es la Junta de Agua Potable de Manglaralto (JAAPMAN). Sin embargo, debido al crecimiento poblacional de la parroquia Manglaralto la demanda de agua se ha incrementado, lo que provoca que, durante la época seca, el agua almacenada en dichos depósitos subterráneos no sea suficiente para satisfacer la demanda creciente.

El problema se origina porque los acuíferos no llegan a recargarse lo suficiente en la época lluviosa, debido a la morfología del terreno, al cauce que sigue el río y principalmente a que el río Manglaralto en ningún momento del año deja de ser fuente de agua para la parroquia, generándose así un déficit en el balance hídrico del acuífero; es decir, el agua que se extrae del mismo, es mayor que el agua que se almacena. Generando un problema de gran importancia para la comunidad de la parroquia Manglaralto.

1.3. Hipótesis

La escasez de agua es un problema que impide el avance social y económico de un pueblo, encarece el costo de la vida y puede llegar a causar problemas de salud en la población. Es por esto que es de vital importancia encontrar una solución definitiva, que permita a los habitantes de la parroquia Manglaralto contar con el recurso vital en todo momento.

Anteriormente se han planteado y ejecutado soluciones, como la construcción de tapes, para la retención del agua en diversos sectores del río, de manera que estos alimenten al acuífero. Sin embargo, debido a la forma improvisada y la construcción artesanal de los tapes, esta solución no ha sido duradera; llegando incluso a representar una

pérdida económica, debido a que la inversión que se ha realizado no ha mitigado el problema.

Por ello, es de vital importancia, tratar el problema desde un punto de vista técnico y proponer una solución ingenieril, realizando estudios de prefactibilidad, lo que abarcaría estudios topográficos, estudios de suelos, ensayos de laboratorio, análisis de materiales; y estudios de factibilidad, donde se incluye, análisis del costo de la obra, breve estudio de impacto ambiental; para garantizar una solución duradera que resuelva el problema de escasez de agua de esta comunidad.

La solución que se analizará en el presente estudio es la construcción de un dique en un área estratégica, de tal forma que la población disponga no solo del agua superficial del río, sino también del recurso hídrico que se infiltrará y almacenará en el acuífero gracias al agua retenida por el dique en la superficie.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar una solución técnica para almacenar agua en el cauce del río Manglaralto.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Identificar las causas de escasez de agua en la parroquia Manglaralto.
2. Realizar estudios geológicos y geotécnicos que permitan evaluar las condiciones del sitio.
3. Estudiar las características topográficas del cauce.
4. Efectuar un análisis hidrológico del cauce.
5. Determinar el sitio más apropiado para diseñar la solución.
6. Realizar un breve análisis de impacto ambiental.
7. Determinar el presupuesto de construcción de la obra diseñada.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el presente capítulo se redacta lo correspondiente a la descripción del área donde se diseñó la solución propuesta. Se inicia con un análisis breve de la importancia del agua, cómo su escasez afecta a la población de Manglaralto y la posición que toman las leyes ecuatorianas respecto a esto. Seguidamente se describe el sitio de estudio, ubicación geográfica, geología, geomorfología, etc. Finalmente se describen los procedimientos de los ensayos geotécnicos realizados a las muestras de suelos extraídas del sitio, y los fundamentos de los mismos.

2.1. Recurso Agua en el Ecuador

El recurso agua no es infinito, al ser un líquido esencial para toda forma de vida se necesita tomar mayor conciencia y comprometerse al cuidado de este recurso natural. El agua dulce disponible en el planeta se encuentra aproximadamente repartido de la siguiente manera:

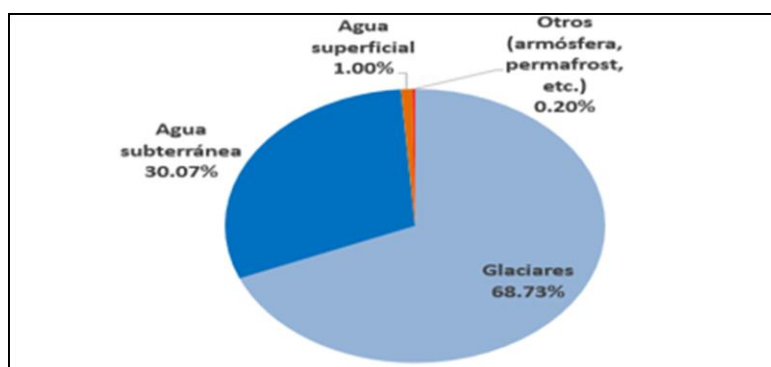


Figura 2. 1 Distribución del agua dulce en el mundo.

Fuente: UNESCO, 2006.

En relación a la población mundial podemos distribuir el agua de la siguiente manera: el 15% de agua para América del norte con un 8% de la población mundial, el 26% de agua para América del sur con un 6% de la población mundial, el 8% de agua para Europa con un 13% de la población mundial, el 11% de agua para África con un 13% de la población mundial, el 36% de agua para Asia con un 60% de la población mundial y finalmente el 4% para Oceanía con un <1% de la población mundial. (UNESCO, 2016).

En nuestro país a pesar de que existen algunas leyes que respaldan el buen uso del agua y el derecho a la misma nos encontramos con comunidades que son más vulnerables ante los efectos de la desertificación y la sequía, en otras palabras, sufren de una escasez de agua la mayor parte del año, en este caso en particular se tratará una de las comunidades más afectas, la cual es la parroquia Manglaralto. En este lugar existen abastecimientos de agua (pozos) pero este tipo de soluciones se ve insuficiente en vista de la creciente en la población y la prolongación de la sequía, por lo cual se propone la construcción de un dique para la acumulación de las aguas del río en tiempos de crecientes y lluvias.

2.2. Marco Legal

Nuestro país cuenta con muchas leyes vigentes al momento, de las cuales unas tantas se enfocan en el cuidado del agua en general, pero a más de eso específicamente en el buen manejo y uso de la misma, para fines de esta tesis se hará énfasis en los artículos que traten directamente con estos puntos.

2.2.1. Ley orgánica de recursos hídricos en el Ecuador

La ley Orgánica de recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua es la ley principal establecida por la República del Ecuador a tratar todo lo respecto al agua, la cual presenta como objetivo principal el: desarrollar el derecho humano al agua, así como regular la autorización, gestión, preservación, conservación, uso y aprovechamiento del agua, comprendidos dentro del territorio nacional en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el Sumak Kawsay o buen vivir.

El Artículo 12. Protección y Conservación de Fuentes dice: La protección y conservación de fuentes es responsabilidad del Estado. La Autoridad Única del Agua, los gobiernos autónomos descentralizados, los usuarios, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades, campesinos y los propietarios de predios donde

se encuentren fuentes de agua, serán responsables de manejo sustentable e Integrado, así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional. El Estado destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia.

2.2.2. Constitución de la República del Ecuador

Los artículos 12, 313, 318 de la Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Que, el artículo 318 de la Constitución prohíbe toda forma de privatización del agua y determina que la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria y que el servicio

de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias; prescribe además, que el Estado a través de la Autoridad Única del Agua, será responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinaran a consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación y que se requerirá autorización estatal para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores públicos, privado y de economía popular y solidaria, de acuerdo con la Ley.

2.2.3. TULAS

El texto unificado de legislación secundaria ambiental (TULAS) plasma como principal propósito el cuidado del medio ambiente en general, con respecto al recurso natural agua busca mantener y mejorar la cantidad y calidad, manejando sustentablemente las cuencas hidrográficas. Para esto, presenta puntualmente el libro VI, Anexo 1 cuyo fin es concentrarse específicamente en el agua y su calidad, el cual se encuentra detallado a continuación:

LIBRO VI, ANEXO 1

Este libro no es otra cosa que la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, la cual tiene como finalidad la prevención y control de la contaminación ambiental, en lo relativo al agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

El libro define al agua dulce como agua con una salinidad igual o inferior a 0.5 UPS (Unidad práctica de salinidad y representa la cantidad de gramos de sales disueltas en un kilo de agua). En este anexo podemos encontrar un sin número de tablas las cuales permitirán determinar la calidad del agua dependiendo de la cantidad de ciertos componentes presentes en el agua y de esta manera concluir si es apta para el consumo humano, en otros casos para preservar la flora y fauna, uso agrícola, riego, industrial, transporte, etc.

2.3. Parroquia Manglaralto

2.3.1. Datos geográficos

La Parroquia Manglaralto se encuentra ubicada en las cuencas de los ríos: Ayampe, Manglaralto y Valdivia, al noroeste de la provincia de Santa Elena, la comuna se encuentra aproximadamente a 4 km de Montañita y cuenta con una extensión de 497,4 km².

Sus límites son: Al norte la provincia de Manabí, cantón Puerto López. Al sur la parroquia Colonche. Al este con la provincia de Manabí, cantón Jipijapa. Y al oeste con el Océano Pacífico. (GAD Parroquial Manglaralto, sitio web).



Figura 2. 2 Ubicación de Manglaralto.

Fuente: Sitio web GAD Parroquial Manglaralto, 2017.

La cabecera de la cuenca se encuentra en las montañas conocidas como Cerro San Martín, Cerro La Culebra y La Cascada. En la Comuna Manglaralto, los habitantes se abastecen de agua mediante pozos perforados, administrados por la Junta Administradora de Agua Potable Regional Manglaralto la cual cuenta con 14 pozos para el abastecimiento de las comunas: Montañita, Nueva Montañita, Manglaralto, Río Chico, Cadeate, San Antonio y Libertador Bolívar.

Esta Junta abastece a los pobladores de Manglaralto, en la actualidad suministra el agua a un aproximado de 20.000 habitantes distribuidos entre las 7 comunas antes mencionadas.



Figura 2. 3 Pozo en Comuna Manglaralto.
Fuente: Diario Expreso, El Plan para Manglaralto.

Debido a la sequía que ha afectado a esta zona y ante el incremento de la demanda turística, el desafío es seguir conservando el recurso natural, situación que se tornaría difícil si no se toman medidas urgentes.

El estudio planteado apunta a una recarga acuífera. Esto se lograría mediante la construcción de diques, para conservar el agua que baja de las montañas por el río y que se desperdicia yendo a parar al mar.

2.3.2. Marco Geológico

Las formaciones geológicas que se encuentran dentro de la subcuenca del río Manglaralto, la forman una serie de rocas volcano-sedimentarias y sedimentarias. (Nuñez del Arco 2003).

La presencia de gravas y limos constituye gran parte de la Cuenca del río de Manglaralto. El diámetro de las gravas o gravillas varían en el espesor de sus capas, la matriz de estos horizontes es arenosa, lo cual los convierte en un terreno de excelentes condiciones para ser un acuífero de buena calidad. (Amado 1990).

2.3.3. Geomorfología

De acuerdo a las investigaciones realizadas por los estudiantes Iván Fajardo y Jhon Campoverde se conoce que el río Manglaralto tiene una longitud aproximada de 18 Km. Desde la parte montañosa hasta la costa, con dirección Noreste a Suroeste. La parte montañosa está formada por los cerros Los Araujos, El Gallo, Culebra, San Martín, Los Lobos Colonche y las Montañas de Olon que tienen elevaciones que oscilan entre los 300 a 750 metros. Y como es de esperar, a medida que nos acercamos a la costa las elevaciones van disminuyendo.

Geomorfológicamente el área de estudio se encuentra en el flanco suroeste del tramo de la cordillera Chongón colonche, en la parroquia de Manglaralto, el lineamiento estructural de esta cordillera de colinas medias a altas tienen azimut de N310°.

2.3.4. Hidrogeología

Según los estudiantes Fajardo y Campoverde, los ríos Manglaralto, Cadeate y Simón Bolívar en la cuenca de Manglaralto poseen depósitos aluviales recientes formados por gravas y arenas, con buenas condiciones de porosidad y permeabilidad para acumular aguas subterráneas.

En la actualidad se puede asegurar que existe un acuífero somero en los depósitos aluviales del río Manglaralto que abastecen de agua a 7 poblaciones de la parroquia. En los 12 pozos perforados por la JAAPMAN en este acuífero de 30 metros de profundidad, se observa que el nivel freático promedio se encuentra entre los 9 y 17 metros (JAAPMAN 2016), y la zona saturada alcanza hasta los 20 metros de profundidad. Además según estudios, se tiene que la porosidad del acuífero de Manglaralto se encuentra entre el 20 al 30%, la permeabilidad entre 1,59 – 5,15 m/día, la transmisividad entre 30-128 m²/día y el coeficiente de almacenamiento se mantiene con un valor de 0,002. (CIPAT 2015).

De la investigación realizada por los estudiantes Fajardo y Campoverde se conoce que el acuífero de Manglaralto tiene una extensión de aproximadamente 5.08 Km², con una capacidad ideal de agua subterránea de 26'424162.4 m³ y en la actualidad solo contiene un volumen de 8'533734.2 m³, es decir que sólo se encuentra al 32.3% de su capacidad ideal. Además se conoce que el espesor de la capa acuífera de esta zona es de aproximadamente 13.5 m.

Los depósitos aluviales del río Manglaralto se encuentran en un relieve llano y se encuentra bordeado por elevaciones que superan los 100 metros de altura, como se indica a continuación:

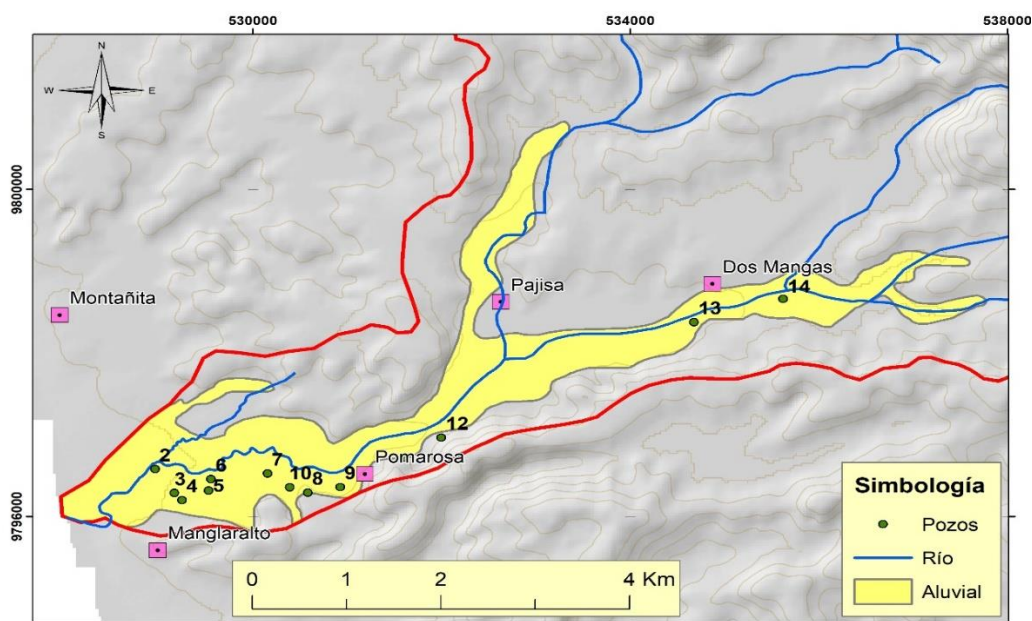


Figura 2. 4 Ubicación de pozos en la cuenca Manglaralto.
Fuente: Valencia, 2017.

Además según el inventario de pozos proporcionado por la JAAPMAN, no existe registro de ningún pozo en los aluviales del río Cadeate sin embargo existen cuatro pozos en los aluviales del río Simón Bolívar, tres a la altura de la comuna Sitio Nuevo de los cuales solo está activo uno, y otro cercano a la comuna Libertador Bolívar perforado por la JAAPMAN pero se encuentra actualmente inactivo, lo que asegura la presencia de aguas subterráneas también en esas zonas.

2.4. Hidrología

Es necesario conocer la hidrología del sitio de estudio para saber si las precipitaciones serán suficientes para llenar el embalse y justificar la obra. De los Anuarios Meteorológicos del INHAMI se pudo obtener los siguientes datos:

Tabla I. Precipitación (mm) media mensual y anual de Santa Elena.

COD	ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
M472	J. Moreno	128,80	152,80	236,60	130,30	56,80	36,70	0,60	0,50	1,70	4,20	0,90	12,80	762,70
M473	Zapotal	96,60	122,20	197,70	192,70	20,30	23,10	11,10	6,70	6,00	8,30	2,50	10,40	697,60
M619	Manglaralto	54,40	87,50	74,40	13,10	36,30	18,30	43,20	29,50	18,10	33,10	18,90	8,00	434,80
M780	Colonche	34,50	101,50	108,40	59,50	6,90	3,20	0,40	2,20	1,00	4,80	2,10	0,80	325,30
M174	Ancón	29,10	72,50	71,00	32,20	19,20	0,10	8,60	0,50	1,20	0,40	4,90	17,40	257,10
M223	El Azúcar	56,50	91,00	53,00	21,80	2,60	1,00	0,00	0,30	0,00	1,20	0,00	1,90	229,30

Fuente: Anuario Meteorológico del INAMHI, 2008.

Para Manglaralto se tiene que el mes con mayor precipitación en el año 2008 fue Febrero con 87.50 mm, el total anual fue 434.80mm.

Tabla II. Precipitación (mm) media mensual y anual de Manglaralto.

CODIGO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL ANUAL	Máxima en 24 Hrs Fecha	Número de días	
M0589	28.8	41.0	57.0	18.2	1.5	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	152.5	10.0	25-ene	47
M0619	55.3	58.0	0.0	115.3	0.0	9.4	80.8	26.6	0.0	20.7	0.0	0.0	346.1	57.0	3-abr	52
M0623	422.5	218.9	251.6	391.2	38.0	91.4	82.2	9.0	9.0	18.4	0.0	53.4	1584.6	61.4	28-ene	79

Fuente: Anuario Meteorológico del INAMHI, 2011.

En el 2011 se tuvo precipitaciones de forma muy irregular, teniendo su valor máximo en el mes de Abril con 115.3mm. Y varios meses con precipitación nula. El total anual fue de 346mm.

Estos son los datos más representativos que se tienen para la zona de Manglaralto, ambos años justifican la construcción del proyecto ya que ayudarán a crecer el río lo suficiente para embalsar el agua necesaria que permita alcanzar la cota máxima del dique. Los 434,8 mm de lluvia se traducen como 434,8 lt/m² de agua, al proyectar esto sobre los 2307,02 m² de área de embalse del proyecto, se tiene que se contará con un almacenamiento de 1'003.092,3 lt de agua anuales que serán el aporte de la lluvia sobre el terreno, es decir, sin considerar el agua proveniente del cauce natural del río.

2.5. Dique

2.5.1. Concepto

A lo largo del estudio de las obras hidráulicas se suele presentar la ambigüedad con respecto al concepto de dique, confundiéndolo fácilmente con una presa (represa) o un embalse, por lo cual definiremos esos conceptos básicos para comprender que son distintos debido a las funciones que cumple cada uno:

Por una parte, una presa no es otra cosa que una barrera que atraviesa el cauce de un río de orilla a orilla, por lo que bloquea el paso del agua (también conocido en algunos casos como represa).

Un embalse, por otro lado, es un depósito artificial de agua que se forma comúnmente mediante una presa en el curso de un río o arroyo.

Finalmente, un dique es una obra que flanquea, un terraplén o muro de contención, con el cual se busca embalsamar las aguas de un río y que sirva de reservorio (entre 3-5 m los más comunes) para combatir la escasez de agua (en su interior se genera un espacio libre de agua) o en otros casos se puede implementar para prevenir inundaciones, esto dependerá por supuesto de las condiciones y necesidades de la zona, el dique se encuentra por encima del nivel de la llanura de inundación.

Los diques son obras geotécnicas lineales, de material suelto. Emplean frecuentemente material del lugar y realizan básicamente movimientos de tierra, pero ocupan mucho espacio porque se construyen con taludes suaves (1:3 – 1:4, V:H) y por tanto la base de los dique suele ser muy ancha.

La principal finalidad de estos elementos es la de contener y protegernos contra el agua en movimiento por unas horas o días.

Se recomienda construirlos con materiales homogéneos.

Funciones de diques en tomas

A medida que el ser humano ha evolucionado, también su forma de solucionar sus necesidades, para este caso en específico, las tomas o captaciones construidas son utilizadas para permitir la extracción del agua embalsada con el fin de satisfacer diferentes propósitos como:

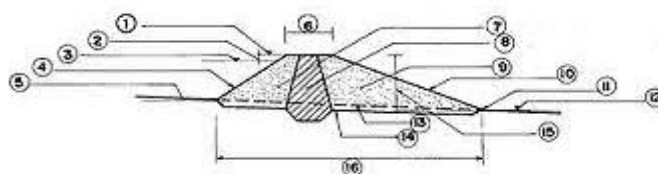
- ✓ La generación de energía producida al conducir el agua de un embalse a una central hidroeléctrica.
- ✓ El abastecimiento urbano cuando la toma capta agua del embalse para ser conducido a una ciudad o poblado.
- ✓ Para abastecer un sistema de riego.
- ✓ Control de inundaciones, en estos casos se utilizan para las descargas de volúmenes de agua almacenados durante una creciente.



Figura 2. 5 Ejemplo de diques.

Fuente: Sitio web: Agencia San Luis.

2.5.2. Partes de un dique



- ① CORONAMIENTO
- ② BORDE LIBRE
- ③ N.A. DE PROYECTO
- ④ TALUD DE AGUAS ARRIBA
- ⑤ NIVEL DEL TERRENO AGUAS ARRIBA
- ⑥ CORONA
- ⑦ CUERPO DE APOYO AGUAS ARRIBA
- ⑧ NUCLEO IMPERMEABLE
- ⑨ CUERPO DE APOYO AGUAS ABAJO
- ⑩ TALUD DEL LADO DE AGUAS ABAJO
- ⑪ U Ñ A
- ⑫ NIVEL DEL TERRENO DEL LADO PROTEGIDO
- ⑬ NIVEL DEL TERRENO ORIGINAL
- ⑭ NIVEL DE FUNDACION
- ⑮ ALTURA DEL DIQUE
- ⑯ ANCHO DE LA BASE

Figura 2. 6 Partes de un dique

Fuente: Sitio web: Ingeniería civil. Diques.

Como se puede observar en la imagen, un dique está conformado por la zona de coronamiento o simplemente corona, el borde libre, nivel de agua de proyecto, talud de aguas arriba (en este caso, considerando que el agua tiende a infiltrarse a través del dique, el talud de aguas arriba es aquel que se encuentra al interior del cauce del río), nivel del terreno aguas arriba, corona, cuerpo de apoyo aguas arriba (el material que se emplea en esta zona puede ser del tipo granular y poco permeable), núcleo impermeable y cuerpo de apoyo aguas abajo (el material debe ser permeable).

2.5.3. Tipos de dique

Los diques suelen ubicarse al borde del mar o paralelo al curso del río, pueden ser construidos por: fragmentos de roca, gravilla, arena u hormigón. Estos elementos pueden clasificarse por su tipo en dos clases: del tipo natural o artificial.

Diques Naturales

El material arrastrado por un río es lo que produce lo que se conoce como un dique natural, se forman en el borde del mismo, durante las inundaciones. Esto produce, progresivamente, la

elevación de la ribera con un cauce divagante y de muy escasa pendiente.

Diques Artificiales

Los diques artificiales son los construidos por el hombre, implementados dependiendo de la necesidad de las personas amontonando suelo a la orilla del río, de forma amplia en su base y afilados en la cumbre, donde se acostumbra a colocar bolsas con arena. Se los conoce también con el nombre de diques de contención.

Los diques rompeolas, pertenecen a los diques artificiales, los mismos que son construidos para reducir el impacto proveniente del oleaje, de distintos materiales en capas con diferentes granulometrías.

Existen diferentes tipologías de diques, también llamados espigones:

Vertical o flotante, en talud.

Los diques verticales están formados por una serie de cajones de hormigón armado que se trasladan al lugar de fondeo flotando y se hunden, para después rellenarlos con áridos, de forma que se constituyan en una estructura rígida.

Por otra parte los diques en talud son tradicionalmente construidos mediante un núcleo único, encima del cual se superponen capas de elementos de tamaño creciente separados por capas de filtro. Actualmente, los elementos mayores (que conforman los mantos exteriores) son piezas de hormigón de diferentes formas (cubos, dolos, tetrápodos, etc.), que sustituyen a la escollera. (Presa, diques y embalses 2010).

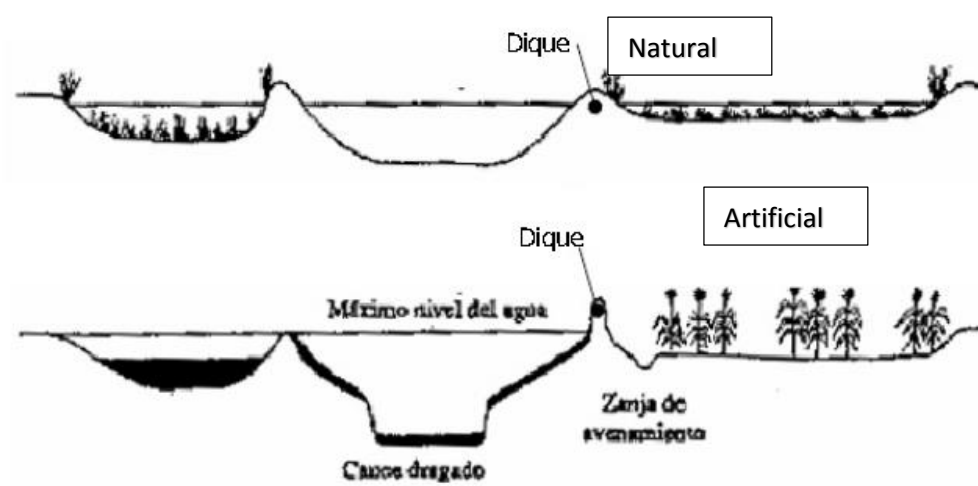


Figura 2. 7 Comparación dique natural y artificial.

Fuente: Doc. Universidad Pedro Ruiz Gallo.
Diques presas y embalses. 2016.

2.6. Ensayos

Para poder determinar la factibilidad de la construcción del dique en la zona seleccionada de la comuna Manglaralto, es necesario realizar una serie de ensayos, con los cuales se determinará:

En el caso del suelo, evaluar su caracterización y comprobar si éste resulta ser apto o no para abarcar la construcción del sistema de captación.

Por otra parte, con respecto a la capacidad de almacenamiento de agua del dique, mediante ensayos, se especificará la cantidad de agua sub superficial que se podrá almacenar.

Al ser este proyecto una solución para una zona rural que cuenta con muy pocos recursos, se busca optimizar costos, por lo cual se realizarán pruebas con el material del mismo río para decidir, con los respectivos resultados, si cuenta con las características necesarias para ser usado o no como agregado para el hormigón que se utilizará en la construcción del dique y finalmente, al hormigón obtenido de estas pruebas, se lo someterá a su respectivo ensayo para de esta manera determinar su resistencia y si resulta ser adecuado el uso de este hormigón en la construcción de la obra hidráulica propuesta.



Figura 2. 8 Muestras para ensayos.

Fuente: Herrera, P., 2018.

2.6.1. Granulometría

El ensayo de granulometría de los suelos permite determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo por su tamaño, es muy importante para proyectos como suelen ser las vías, túneles, estabilidad de taludes o en este caso en particular, la construcción de un dique; este ensayo consiste en la separación de las partículas de suelo por su tamaño, utilizando para esto mallas normalizadas o tamices con aberturas cuadradas. Se lleva a cabo la separación de las partículas en porciones empleando procesos de agitado, las cuales se pesan expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la

muestra total, el ensayo granulométrico permite agruparlas por rangos de tamaño. Se ha establecido la malla No. 200 (0,075mm) como medida divisoria en la clasificación de los suelos finos (arenas y limos) y gruesos (gravas).

Para concluir, a través de una curva de distribución, donde el eje x representa el diámetro de las partículas y el eje y corresponde al porcentaje de material retenido, se muestra con un alto porcentaje a lo real, la variedad de tamaños de partículas que componen el suelo en estudio. (Botía 2015)



Figura 2. 9 Granulometría. Tamices Agregado grueso y fino.

Fuente: Herrera, P., 2018.

2.6.2. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg tienen la finalidad de caracterizar el comportamiento de los suelos finos, cuantificar su plasticidad. Estos límites son: Límite Líquido, límite de retracción y límite Plástico.

El Límite Líquido se define como el porcentaje de humedad del suelo, a partir de la cual el suelo pasa a comportarse como un lodo y tiende a fluir bajo su propio peso.

Este límite ayuda a determinar problemas de potencial de volumen, estimar asentamientos en problemas de consolidación y en conjunto con el límite plástico para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

El límite de retracción es la humedad en la que una pérdida mayor de agua no provoca disminución en el volumen del suelo.

El límite plástico es el mínimo contenido de agua con que el suelo permanece en estado plástico.

Utilizando los límites líquido y plástico se pueden establecer índices muy útiles para la caracterización de los suelos como el índice de plasticidad, el índice de consistencia y el índice de fluidez.



Figura 2. 10 Límites de Atterberg.
Fuente: Herrera, P., 2018.

2.6.3. Triaxial U.U

El ensayo Triaxial U.U, también es conocido como ensayo Triaxial no consolidado no drenado, o ensayo UU (por sus siglas en inglés Unconsolidated Undrained). Este ensayo determina la capacidad de soporte de cimentaciones (superficiales o profundas), estabilidad de taludes y diseño de muros o paredes de retención al esfuerzo cortante, en otras palabras, la resistencia al cortante de los suelos. Como principales razones por las cual el ensayo es tan confiable tenemos:

- a) Proporciona información sobre el comportamiento esfuerzo-deformación unitario del suelo, que no suministra la prueba de corte directo.

b) Permite condiciones más uniformes de esfuerzo que la prueba de corte directo con sus concentraciones de esfuerzos a los largo del plano de falla.

c) Provee más flexibilidad en términos de trayectorias de carga.

Para la realización de esta prueba, una probeta cilíndrica se sujeta a una presión de confinamiento en la cámara triaxial, y posteriormente se la somete a esfuerzo cortante en compresión a una tasa constante de deformación axial.



Figura 2. 11 Probeta cilíndrica en cámara de confinamiento.
Tipo de falla de la probeta.

Fuente: Herrera, P., 2018.

La resistencia a compresión del suelo se determina en términos de esfuerzos totales, por lo que el resultado de resistencia depende de la presión de poro desarrollada durante la carga. Si el espécimen está 100% saturado, la consolidación no puede ocurrir cuando se aplica la presión de confinamiento, ni durante la etapa de corte, ya que no se permite el drenaje. Con base en lo anterior, si varios especímenes del mismo material son ensayados, y si todos ellos tienen aproximadamente el mismo contenido de agua y relación de vacíos, tendrán aproximadamente la misma resistencia al esfuerzo cortante no drenada. La envolvente de falla de Mohr-Coulomb será usualmente una línea recta horizontal sobre el rango completo del esfuerzo de confinamiento aplicado al espécimen. (Mayoral Juan 2010)

La forma de realizar este ensayo es con la válvula de drenaje cerrada para todas las fases del ensayo y antes de que la muestra tenga posibilidad de consolidarse (si $S < s = 100\%$).

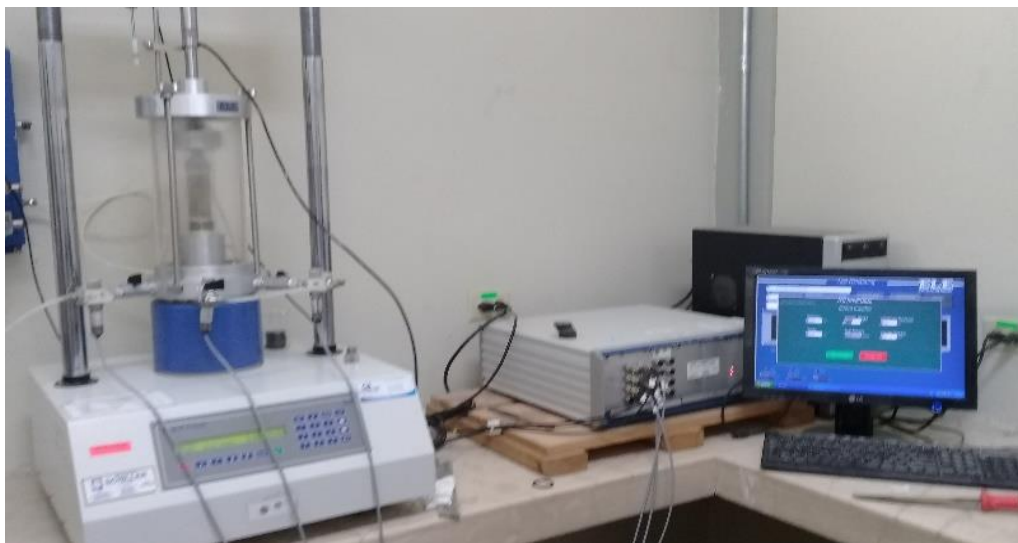


Figura 2. 12 Ensayo triaxial en laboratorio.

Fuente: Herrera, P., 2018.

2.6.4. Capacidad de almacenamiento de agua en suelos

Este ensayo fue descrito y recomendado por el PhD. Miguel Ángel Chávez, tutor del presente proyecto integrador. Y es de destacar la confiabilidad del ensayo y la eficiencia al momento de obtener resultados.

El ensayo consiste en llenar un recipiente (del cual previamente se conozca su volumen) con la muestra a ensayar y agua para saturarla y se lo deja hasta que el agua deje de ser absorbida por la muestra, este proceso podría durar días, por lo que constantemente hay que llenar el recipiente de agua hasta dejarlo al nivel inicial.

Luego, con la muestra saturada se vacía el agua del recipiente y se pesa la muestra saturada. Finalmente se llena el recipiente de agua, con la muestra y se toma este peso. La diferencia de pesos entre la muestra saturada con agua y la muestra saturada sin agua, nos da el peso del agua que puede ser almacenada en ese volumen de muestra. Conociendo que el peso específico del agua es de 1000 Kg/m^3 , podemos obtener el volumen de agua que se almacena en ese volumen de muestra, es decir la capacidad del almacenamiento de agua que tiene determinado volumen de una muestra de suelo.



Figura 2. 13 Proceso de saturación de la muestra.

Fuente: Herrera, P., 2018.

2.6.5. Abrasión de Los Ángeles

El objetivo de esta prueba es medir el desgaste del agregado de granulometría preparada cuando se somete a una serie de combinaciones de acciones como abrasión o trituración, impactos y desintegración.

La prueba consiste en colocar una muestra del material con características granulométricas específicas dentro del cilindro giratorio donde es sometida al impacto de esferas metálicas durante un tiempo determinado (30 a 33 revoluciones), a una velocidad determinada, el agregado es removido del cilindro y tamizado para medir la degradación como porcentaje perdido.

La evaluación de la resistencia a la abrasión se realiza a partir del incremento en material fino que se produce por el efecto de los impactos dentro del tambor con la carga abrasiva.

La resistencia a la abrasión es usada como un índice de calidad de los agregados, ya que proporciona información sobre la capacidad de éstos para producir concretos resistentes.

Equipo:

- **Máquina de Los Ángeles**

Está constituida por un cilindro hecho de acero, hueco y cerrado en sus dos extremos. El cilindro está montado sobre dos soportes ubicados al centro de sus caras paralelas, que le dan la facilidad de girar sobre su eje de simetría en posición horizontal con una velocidad de 30 rpm a 33 rpm para 500 revoluciones. El cilindro posee una abertura que permite introducir la muestra de prueba y las esferas metálicas, con una tapa de cierre hermético diseñada con la misma curvatura del cilindro para que la superficie interior del mismo sea uniforme y continua; además cuenta con un dispositivo para registrar el número de revoluciones que dé el cilindro. (Mayoral Juan 2010)

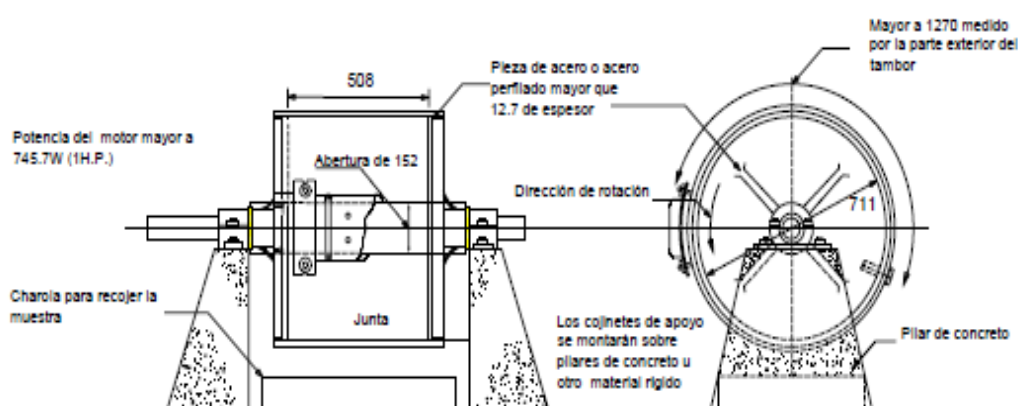


Figura 2. 14 Máquina de los Ángeles.

Fuente: Sitio web: Pruebas de lab. de suelos CFE.

- **Cargas abrasivas**

La carga abrasiva la constituyen esferas de acero de un diámetro promedio de $46.8 \text{ mm} \pm 4\text{mm}$ y una masa entre 390 g y 445 g. El peso utilizado dependerá de la graduación de la muestra de prueba.

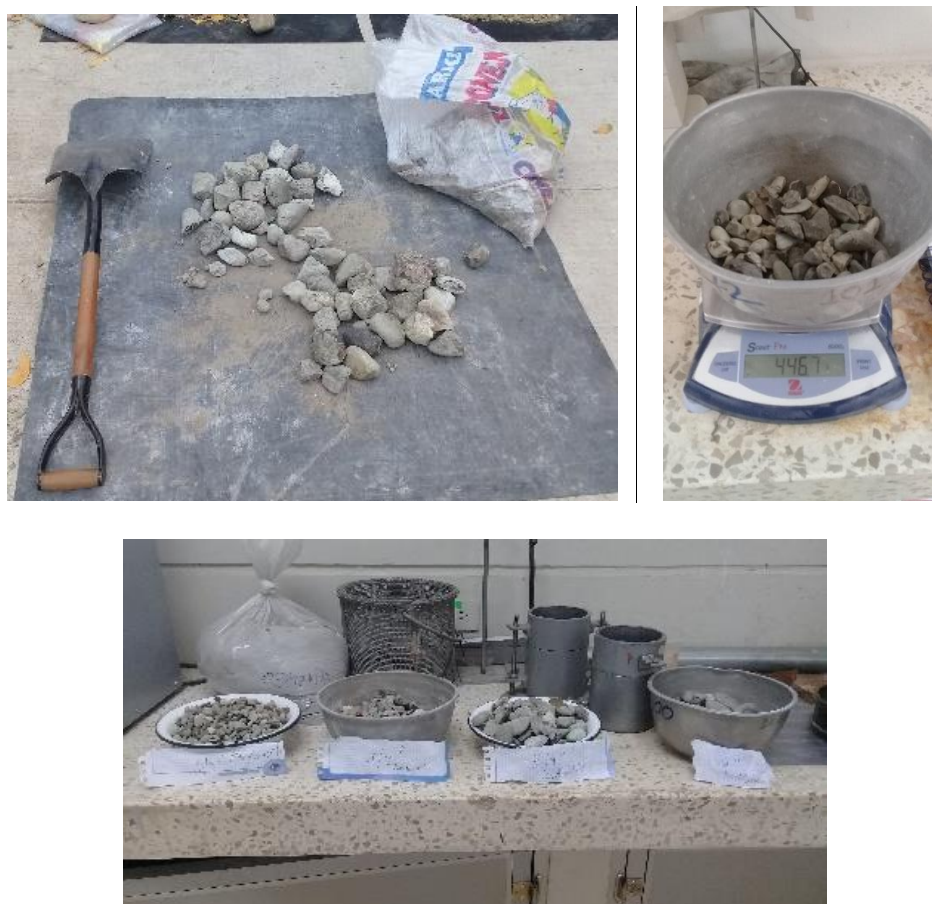


Figura 2. 15 Muestras para ensayo de abrasión.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Todos los ensayos antes mencionados fueron realizados a las muestras de suelo tomadas en sitio, ahora utilizando el material de la zona se realizarán probetas de hormigón para determinar la factibilidad de usar ese material en el hormigón a utilizarse para la construcción del dique.

2.6.6. Compresión simple

El ensayo de compresión simple es de gran importancia ya que permite determinar una de las características principales del hormigón. Con este ensayo se busca determinar la máxima resistencia a la compresión de un cilindro de muestra de hormigón a una carga aplicada axialmente, es meramente lo contrario del de tensión con respecto a las direcciones o el sentido del esfuerzo aplicado. Suele expresarse en kg/cm^2 .

La resistencia a la compresión del concreto se mide con una prensa que aplica carga sobre la superficie del cilindro (Norma NTC 673). Generalmente esta superficie es áspera y no plana, lo cual puede conducir a concentraciones de esfuerzo que reducen considerablemente la resistencia real del concreto. Una falta de planicie de 0.25mm puede reducir a un tercio la resistencia. Para

remediar esta situación, normalmente se hace un cabeceado de las tapas del cilindro.

Todos estos ensayos ayudarán a llevar a cabo un correcto análisis de la situación en que se trabajará de concretarse el proyecto, y servirán para diseñar y construir el dique de la forma más eficiente posible.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1. Introducción

El presente capítulo detalla el proceso que se siguió para dar una solución al problema de abastecimiento de agua de la parroquia Manglaralto. Se puede dividir en las siguientes etapas:

- Reconocimiento del sitio de estudio.
- Topografía del terreno.
- Toma de muestras de suelos.
- Ensayo de muestras.
- Resultados de los ensayos.
- Propuesta de una solución técnica.

3.2. Reconocimiento del sitio de estudio

A lo largo del río Manglaralto, la Junta de Agua Potable (JAAPMAN), ha realizado varios pozos que extraen agua de acuíferos ubicados cerca del río y que son alimentados por el mismo. Por lo que se realizó una visita técnica con el propósito de analizar el sitio de estudio para seleccionar el área más idónea para ubicar el eje del dique.

Tras una breve visita a la Junta de Agua Potable de Manglaralto (ver Figura 3.1) para notificar de las actividades que se realizarían se dio inicio al recorrido, el cual comenzó en las coordenadas UTM (17 M, 528.819,00 E; 9'796.607,00 S) y se desarrolló a lo largo del río

Manglaralto, durante el recorrido, se visitó un antiguo tape conformado por gaviones (ver Figura 3.2), el cual actualmente ha sido destruido por la corriente del río y por su construcción de origen artesanal. El recorrido finalizó en las coordenadas UTM (17 M, 528.819,00 E; 9'796.607,00 S) (ver Figura 3.3).



Figura 3. 1 Junta de Agua Potable de Manglaralto (JAAPMAN)

Fuente: Herrera, P., 2018.

Durante el recorrido se observaron tres posibles sitios para construir la solución. De los cuales el primero se descartó porque la geometría del

dique sería muy grande, lo cual incurriría en una mayor inversión económica. De los dos restantes destacó uno por la morfología que presenta la sección del río, la cual asegura un gran área de embalse y finalmente porque hay estudios previos que demuestran la existencia de un acuífero debajo de esa zona; cerca de la cual existe un pozo de la Junta de Agua Potable, lo cual facilitaría el abastecimiento de agua a la población. Las coordenadas del sitio en cuestión son: UTM (17 M, 529.564,00 E; 9796588.00 m S) (ver Figura 3.3), y es en este sitio donde se realizará el estudio topográfico para calcular el área de embalse y la sección que tendrá el eje del dique.



Figura 3. 2 Antiguo tape de gaviones, destruido por efecto de la corriente del río.

Fuente: Herrera, P., 2018..

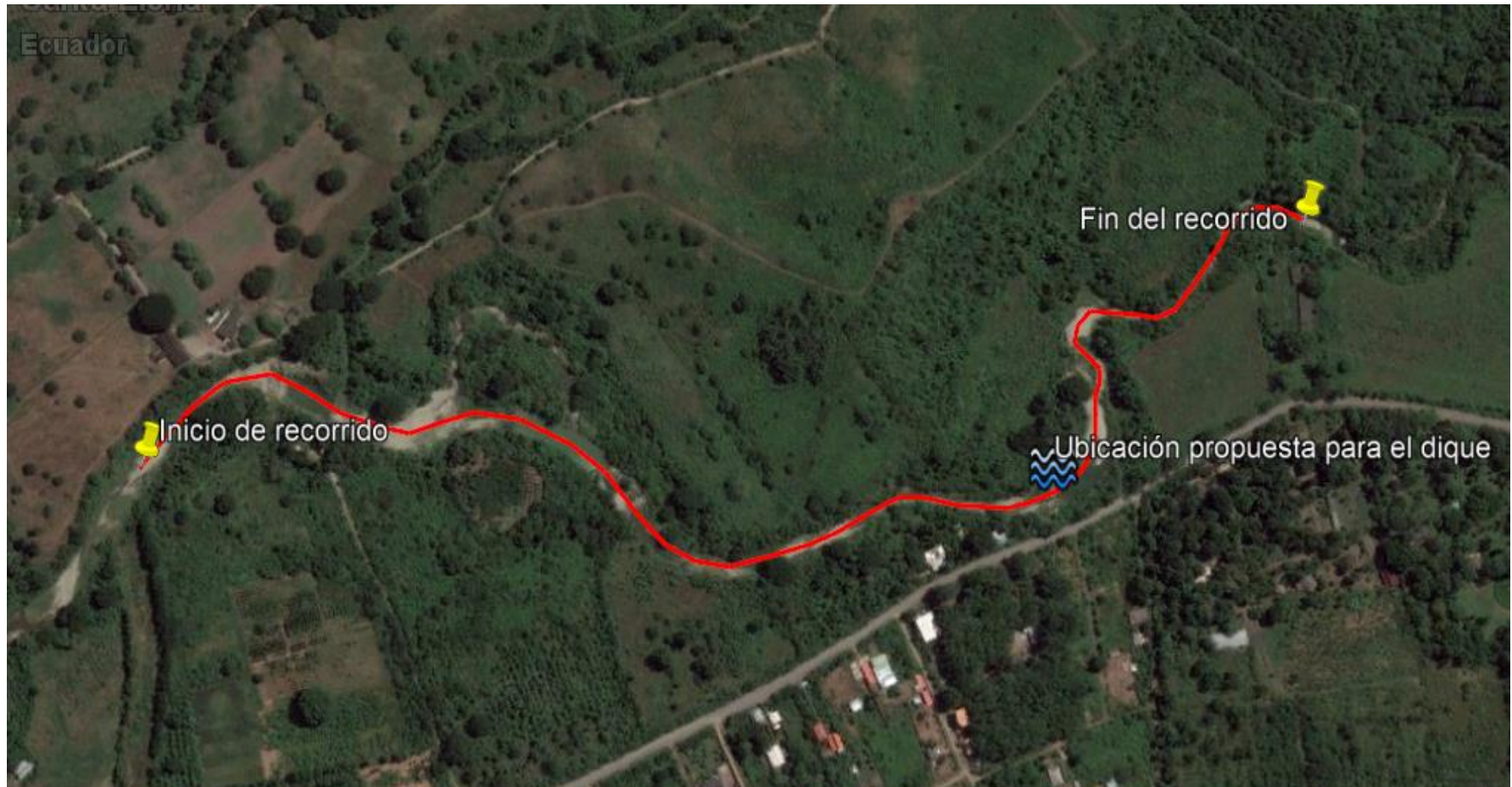


Figura 3. 3 Imagen satelital del recorrido realizado a lo largo del río Manglaralto.

Fuente: Google Earth.

3.3. Topografía del terreno

La topografía juega un papel fundamental en el proyecto, ya que a lo largo del río se debe buscar una sección ideal para la construcción del dique, que maximice la eficiencia y disminuya los costos. Es decir, se debe encontrar una sección que cumpla con los siguientes requerimientos:

- Que el volumen de agua que se almacena en el embalse sea considerable, con el objetivo de que esta se infiltre al acuífero.
- Que la sección donde se construirá el dique sea lo más angosta posible, de esta forma se asegura que la longitud del dique también será corta y así se obtiene un menor costo en la obra.

La topografía fue realizada con un equipo GPS de alta precisión (ver Figura 3.4) en tiempo real (RTK, del inglés “Real Time Kinematic”).

El procedimiento fue el siguiente:

- Se arma y ensambla el equipo, base principal y antena amplificadora de señal.
- Desde el ordenador de mano (ver Figura 3.4) se configura el equipo para realizar un nuevo levantamiento.
- Se monta el receptor (base móvil) en su bastón (ver Figura 3.5) y se la asegura.
- Se sincronizan ambas bases para empezar a tomar los puntos.

- Se toman los puntos necesarios para el modelado.
- Se finaliza el levantamiento desde el mando del GPS y se guarda el equipo.

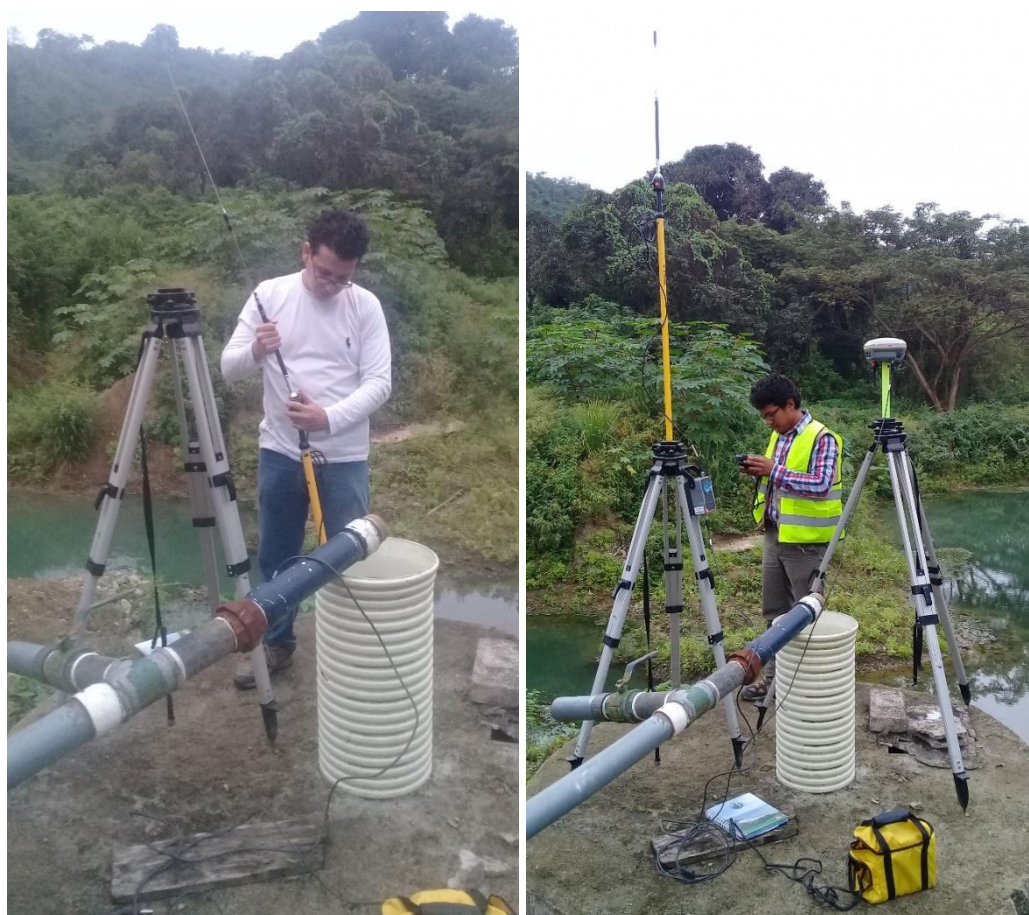


Figura 3. 4 Ensamblaje de equipo. Base y antena de equipo topográfico, GPS de alta precisión.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Se hizo levantamiento topográfico a toda el área de embalse, a la sección del río donde irá ubicado el dique y a la sección posterior a esta; ubicando las coordenadas de los puntos donde se tomarán las muestras para los ensayos de suelos. Para posteriormente descargar

los puntos que se han tomado en un ordenador usando el software Trimble, propio del equipo topográfico y luego realizar un modelado en ArcGIS y de esta forma obtener las curvas de nivel que nos servirán para calcular el volumen de agua que almacenará el dique.



Figura 3. 5 Receptor y ordenador de mano del GPS.

Fuente: Herrera, P., 2018.

3.3.1. Modelado 3D en ArcGIS y Curvas de Nivel en AutoCAD

- Como primer paso, se descargan los datos al ordenador, usando el software Trimble del GPS.

- A continuación, se cargarán los datos (puntos) en ArcGIS (ver Figura 3.6).
- Se procede a delimitar y modelar el cauce (ver Figuras 3.7 y 3.8). Para esto se utilizó el modelador "Natural Neighbor", ya que este era el que mejor se acoplaba a la morfología del cauce.
- El modelado obtenido previamente es recortado en base a las necesidades del proyecto, esto para garantizar precisión en el trabajo.
- Finalmente se utiliza la opción "contour" para obtener las curvas de nivel cada 0,5 m del Modelo digital del terreno (DEM: Digital Elevation Model) (ver Figura 3.9).
- Con estas curvas de nivel se calculará el volumen de agua que se almacenará gracias al dique. Posteriormente se exportará las curvas de nivel al software AutoCAD (ver Figura 3.10), para poder dibujar en planos la topografía del terreno y ubicar el dique en los mismos.

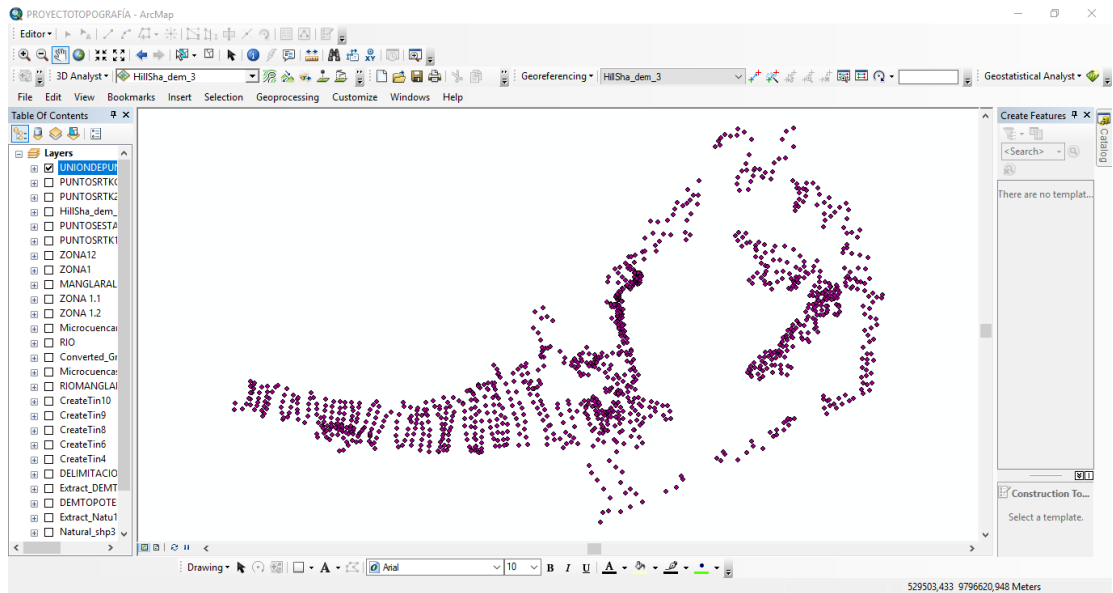


Figura 3. 6 Puntos del levantamiento en ArcGIS.

Fuente: Software: ArcGIS.

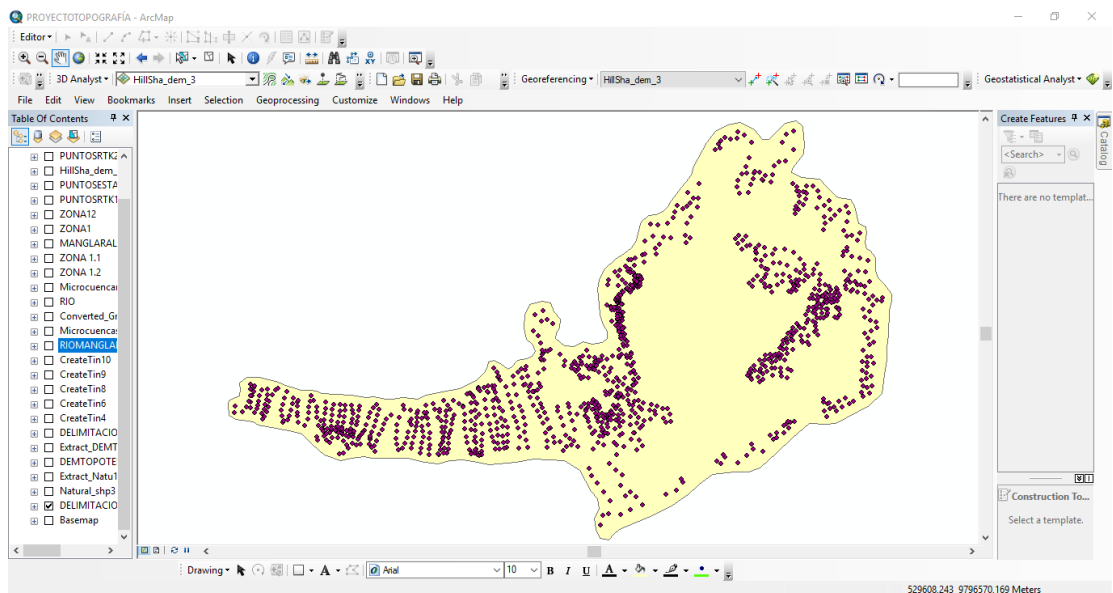


Figura 3. 7 Delimitación del proyecto.

Fuente: Software: ArcGIS.

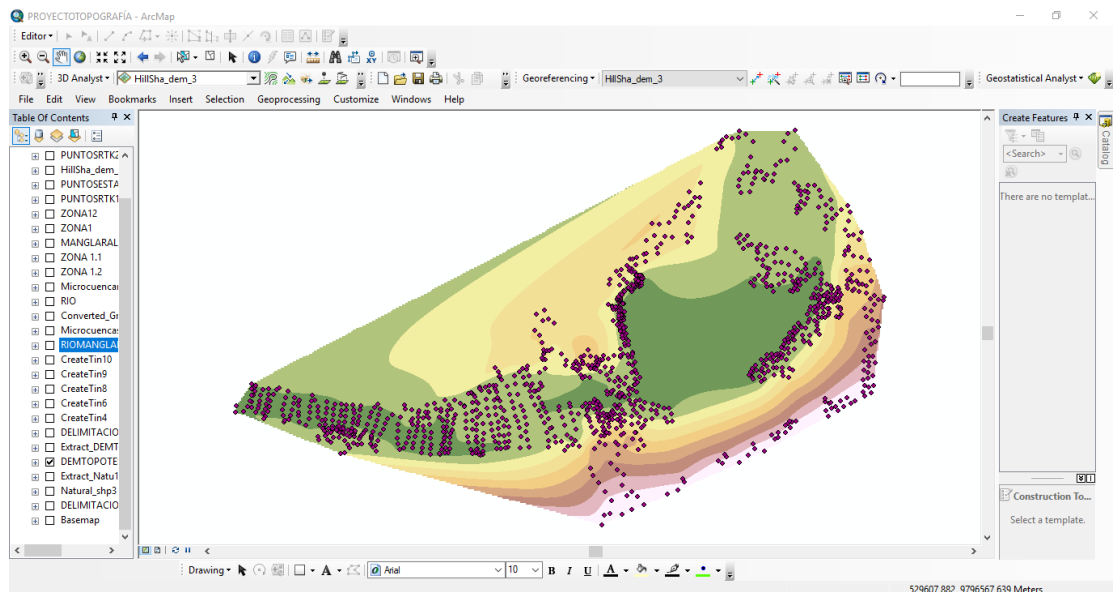


Figura 3. 8 Modelado del proyecto, usando el modelador Natural Neighbor.

Fuente: Software: ArcGIS.

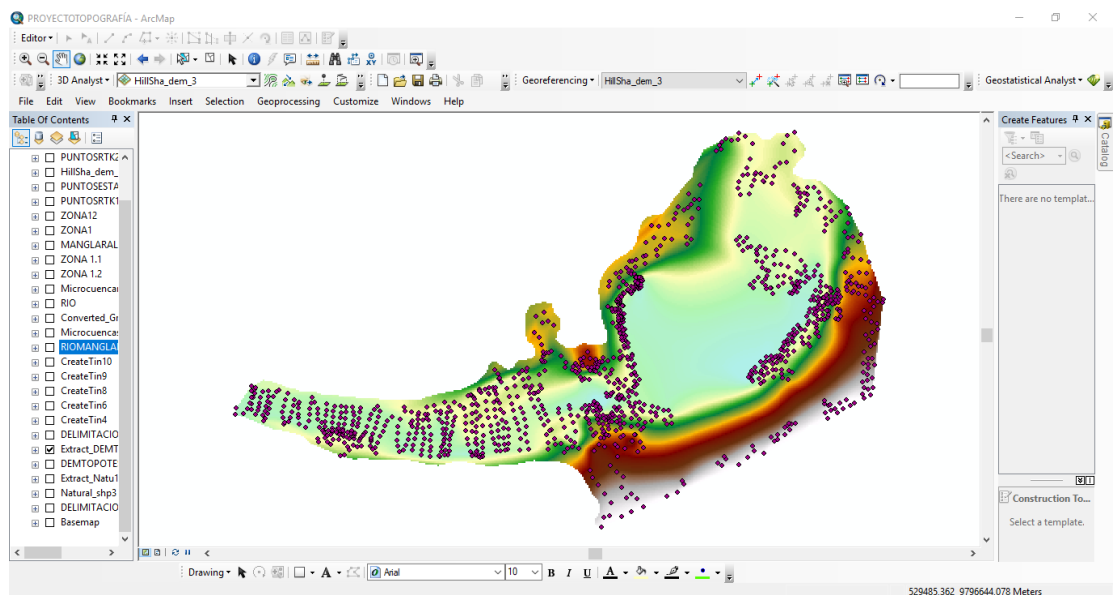


Figura 3. 9 Modelado Digital del Terreno, DEM.

Fuente: Software: ArcGIS.

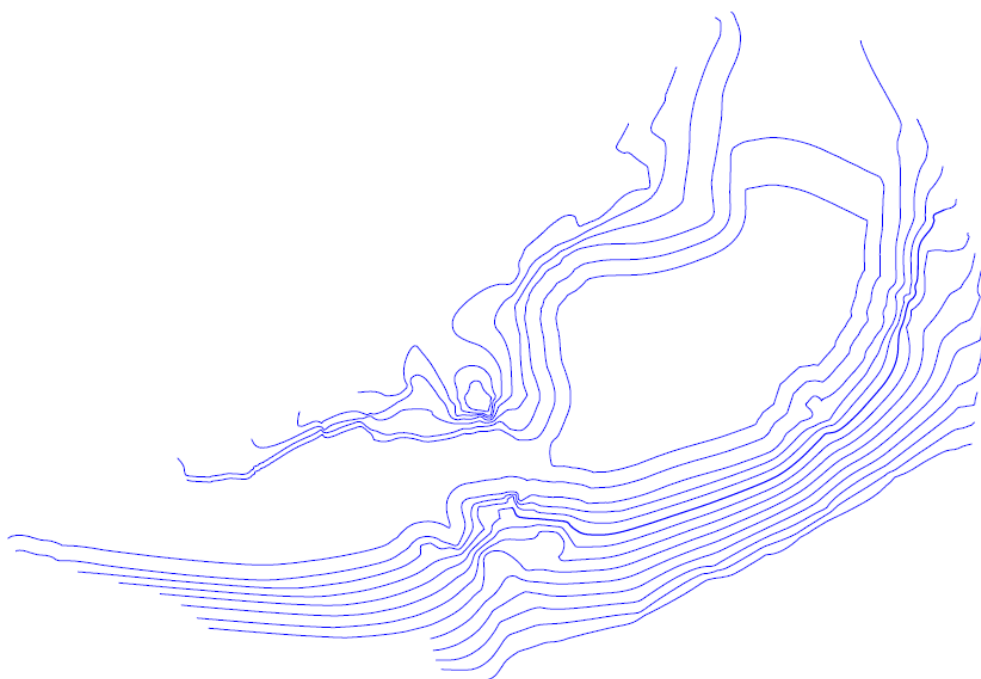


Figura 3. 10 Curvas de nivel obtenidas del modelado.
Fuente: Software: AutoCAD.

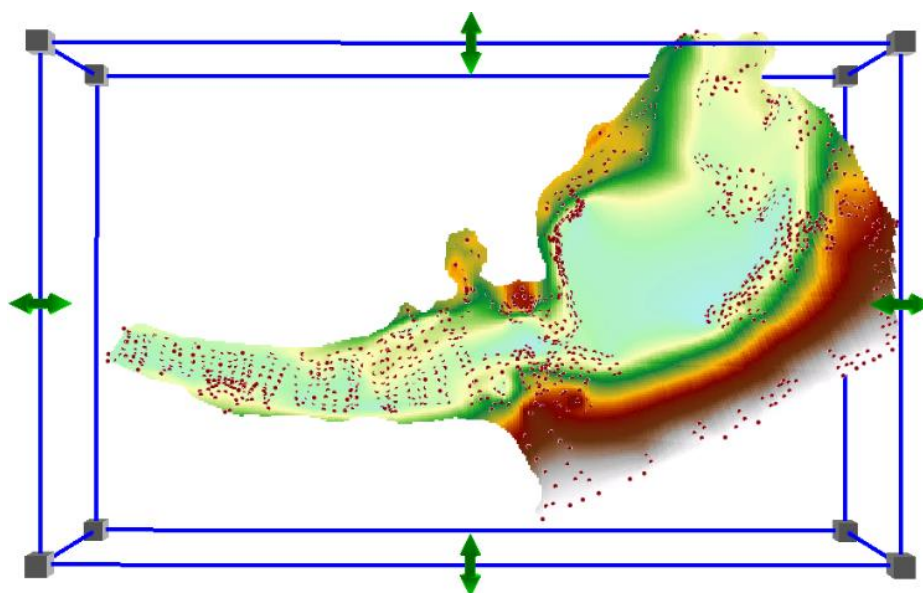


Figura 3. 11 Modelado Digital del Terreno en 3D, vista superior.
Fuente: Software: ArcGIS.

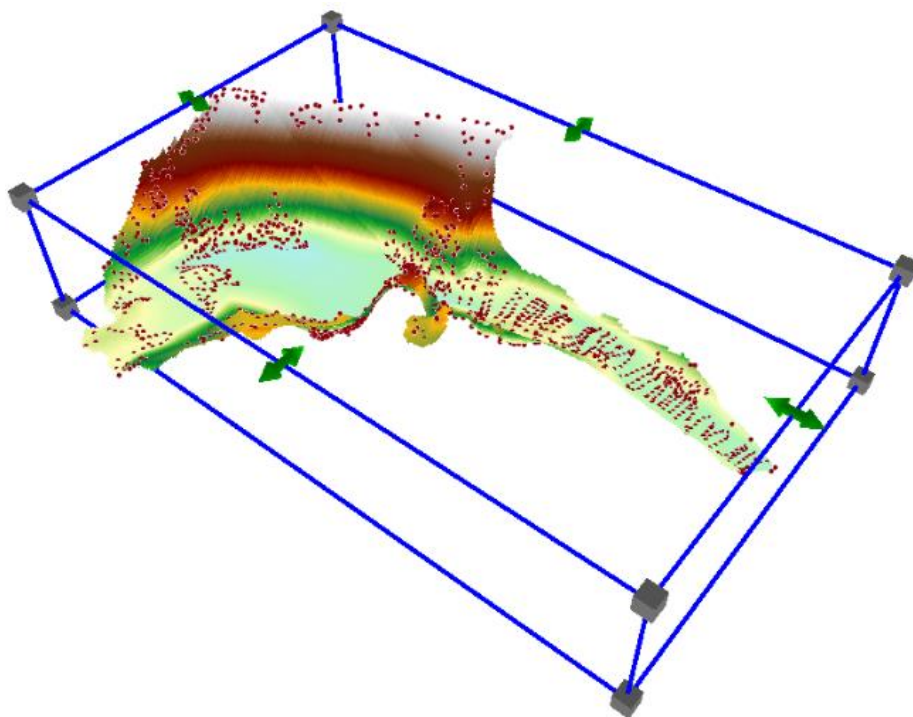


Figura 3. 12 Modelado Digital del Terreno en 3D, vista noroeste.

Fuente: Software: ArcGIS.

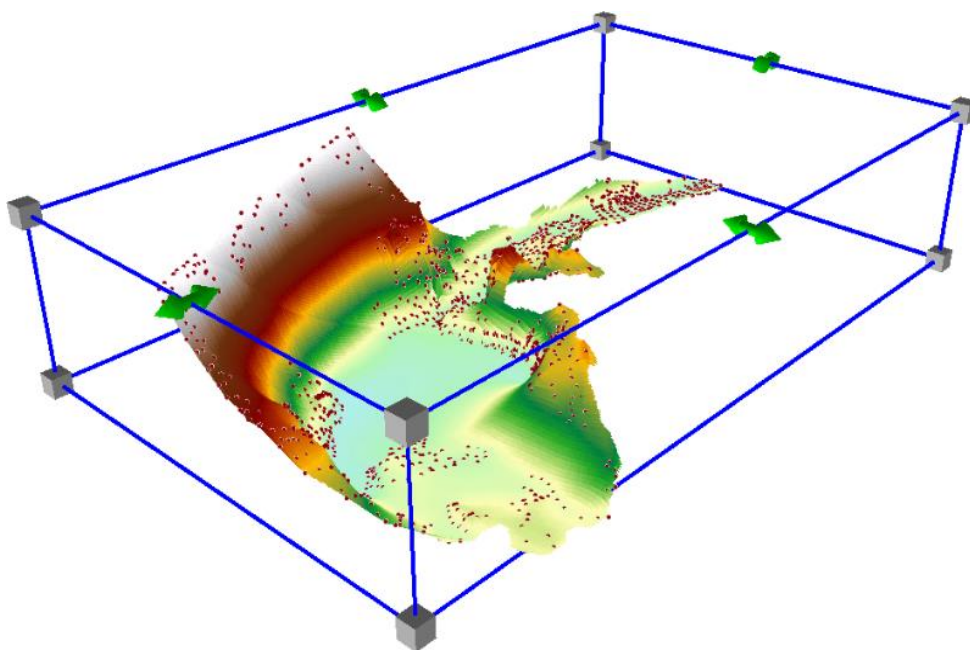


Figura 3. 13 Modelado Digital del Terreno en 3D, vista noreste.

Fuente: Software: ArcGIS.

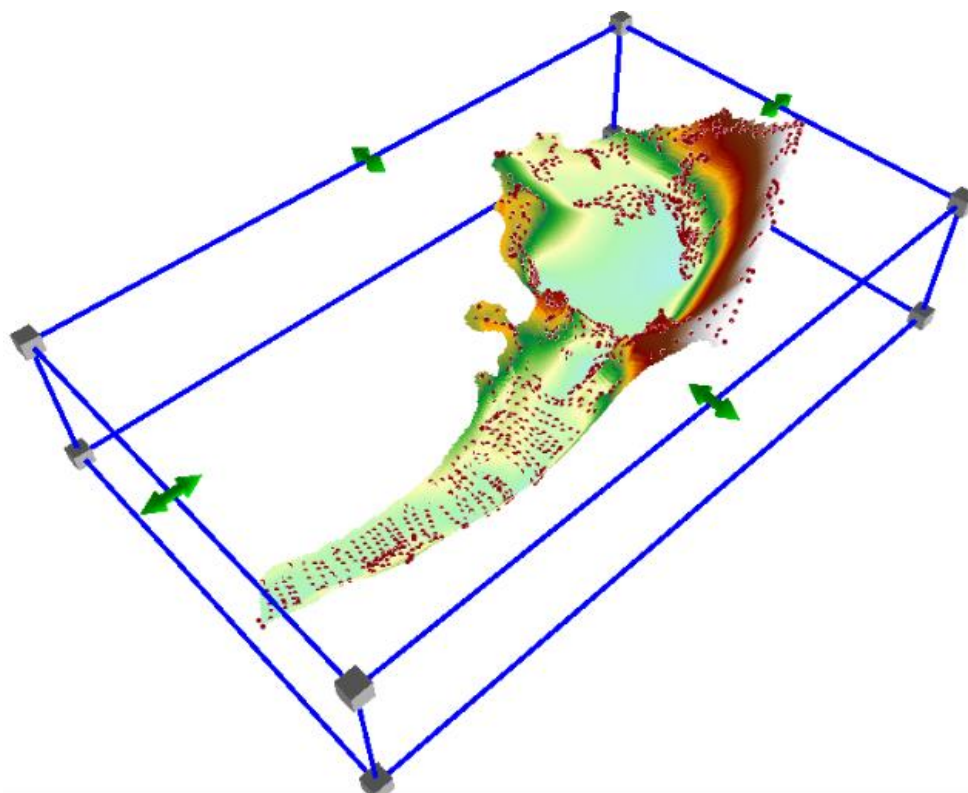


Figura 3. 14 Modelado Digital del Terreno en 3D, vista suroeste.
Fuente: Software: ArcGIS.

3.4. Toma de muestras para ensayos

Para realizar el dique de forma apropiada es necesario conocer las características del sitio en que se lo va a ubicar. Con este fin se tomó muestras en los taludes donde se va a realizar el empotramiento del dique, para realizar ensayos de caracterización del suelo y ensayo triaxial. También se tomó muestras del área donde será el embalse para caracterizar el suelo y para realizar ensayos de permeabilidad. Además, se tomó muestras del material superficial del río para analizar

la posibilidad de usarlo como agregado en el hormigón que revestirá el dique. Finalmente se realizó una excavación de tres metros de profundidad para realizar un ensayo que nos permita conocer el volumen de agua subsuperficial que podría llegar a almacenarse debajo de río.

Tabla III. Resumen de ensayos realizados y ubicación de muestras.

PUNTO	UBICACIÓN		ENSAYOS	DESCRIPCIÓN
	X	Y		
P1	529.558	9'796.592	- Caracterización del suelo. - Triaxial.	Talud izquierdo.
P2	529.564	9'796.580	- Caracterización del suelo. - Triaxial.	Talud derecho.
P3	529.529	9'796.577	- Caracterización del suelo. - Capacidad de almacenamiento.	Excavación en río.
P4	529.545	9'796.581	- Caracterización del suelo. - Abrasión de los Ángeles.	Centro del río.
P5	529.569	9'796.589	- Capacidad de almacenamiento.	Embalse del proyecto.

Fuente: Herrera, P., 2018.



Figura 3. 15 Ubicación de los puntos donde se realizó la toma de muestras para ensayos.
Fuente: Google Earth.

Según el tipo de muestra, se realizaron diversos ensayos con diferentes propósitos. Para las muestras de los taludes (P1 y P2, en Tabla III), se realizó ensayo de caracterización de suelos, lo cual abarca granulometría y límites de Atterberg, con el fin de conocer la clase de suelo y su plasticidad; para obtener estas muestras se realizó una excavación superficial (calicata) (ver Figura 3.16). Además se realizó ensayos triaxial u.u para cada talud; para lo cual fue necesario limpiar el terreno e hincar un tubo shelby para extraer la muestra (ver Figura 3.17, 3.18 y 3.19). Este ensayo fue realizado con el objetivo de conocer la cohesión y el ángulo de fricción del material, lo cual nos será útil al momento de diseñar el empotramiento del dique en el terreno.

Con ayuda de una retroexcavadora (ver Figura 3.20) se realizó una excavación (ver Figura 3.21) de dos metros de profundidad (P3, en Tabla III), para tomar una muestra del material al cual se le realizará ensayos de caracterización y capacidad de almacenamiento de agua. Este último ensayo tiene el fin de darnos a conocer cuánta agua se puede almacenar entre las partículas del material del río en condiciones saturadas. De esta forma podremos estimar el volumen de agua que se almacenará en el acuífero gracias al dique.



Figura 3. 16 Calicata hecha con retroexcavadora.

Fuente: Herrera, P., 2018.



Figura 3. 17 Limpieza del terreno previa hincada de tubo Shelby.

Fuente: Herrera, P., 2018.



Figura 3. 18 Hincada de tubo Shelby en talud.

Fuente: Herrera, P., 2018.



Figura 3. 19 Muestra extraída del talud.

Fuente: Herrera, P., 2018.



Figura 3. 20 Retroexcavadora usada para la obtención de muestras.

Fuente: Herrera, P., 2018.



Figura 3. 21 Excavación hecha en el río.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Para las muestras tomadas en el centro del río (P4, en Tabla III) también se realizó ensayos de caracterización además del ensayo de abrasión de Los Ángeles, este ensayo tiene el fin de darnos a conocer si el material del río, puede ser usado como agregado en el hormigón que revestirá el dique. En caso de que la abrasión que sufra la muestra durante el ensayo sea menor al 40% se procederá a realizar un cilindro de hormigón para posteriormente ensayar su resistencia a la compresión.



Figura 3. 22 Muestra tomada en el centro del río.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Finalmente, aprovechando que el nivel de agua en el río era bajo, se extrajo una muestra del material de la zona donde posteriormente se ubicará el embalse del proyecto, a esta última muestra no se le realizó ensayos de caracterización, por ser muy similar al material ya caracterizado de la muestra tomada en el centro del río (P4, en Tabla III). Sólo se realizará un ensayo de permeabilidad, esto con el fin de comprobar que el material permitirá la infiltración del agua embalsada superficialmente al acuífero.

3.5. Ensayos realizados

El procedimiento que se siguió para realizar cada ensayo es descrito con detalle en el Capítulo II, la presente sección se centrará en los resultados obtenidos de los mismos. Previo a realizar los ensayos de laboratorio, todas las muestras se pusieron a secar (ver Figura 3.23), con la finalidad de que la humedad no vaya a alterar los resultados. Los ensayos realizados a las muestras son los siguientes:

- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Triaxial U.U.
- Capacidad de almacenamiento de agua en suelos.
- Abrasión de Los Ángeles.



Figura 3. 23 Muestras de suelos para ensayos secándose.

Fuente: Herrera, P., 2018.

3.5.1. Granulometría

Para realizar este ensayo de caracterización de suelos, se comienza haciendo un cuarteo de la muestra, buscando que lo que se va a pasar por los tamices sea una muestra representativa y homogénea (material fino y grueso). A continuación se ordenan los tamices, colocándolos de mayor a menor diámetro, enseguida se vierte la muestra en los tamices y se enciende el equipo hasta que se considere necesario dependiendo de la cantidad de muestra que se haya vertido. Una vez apagado el equipo se empieza a retirar los tamices superiores hasta llegar a aquellos

que tengan material, este se pesa en la balanza y dicho peso se anota en la hoja de cálculo. Se repite el procedimiento hasta tener el peso del material retenido en cada tamiz.

Finalmente se calculan los porcentajes de pasante y retenido para realizar la curva del análisis granulométrico.



Figura 3. 24 Tamizado de muestra para análisis granulométrico.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Los resultados del análisis granulométrico para las muestras ensayadas son los siguientes:

Tabla IV. Análisis granulométrico para muestra de talud izquierdo, P1 en la Tabla III.

		# Tamiz	Peso Retenido [gr]	% Retenido [gr]	% Retenido acumulado [gr]	% Pasante acumulado [gr]
PIEDRA O CANTOS		4"				
		3"				
GRAVA	GRUESA	2.5"				
		2"				
		1.5"				
		1"				
		3/4				
		1/2				
	FINA	3/8				
		1/4				
		Nº 4				
ARENA	GRUESA	Nº 8				
		Nº 10	24.08	8.03	8.03	91.97
	MEDIA	Nº 16				
		Nº 20				
		Nº 30				
		Nº 40	69.32	23.11	31.13	68.87
	FINA	Nº 50				
		Nº 60				
		Nº 80				
		Nº 100	125.02	41.67	72.81	27.19
		Nº 200	58.44	19.48	92.29	7.71
		Fondo	22.78	7.59	99.88	0.12

Fuente: Herrera, P., 2018.

De los resultados del ensayo se puede observar que la muestra está compuesta por arena bien graduada con algo de limos.

Tabla V. Análisis granulométrico para muestra de talud derecho, P2 en la Tabla III.

		# Tamiz	Peso Retenido [gr]	% Retenido [gr]	% Retenido acumulado [gr]	% Pasante acumulado [gr]
PIEDRA O CANTOS		4"				
		3"				
GRAVA	GRUESA	2.5"				
		2"				
		1.5"				
		1"				
		3/4	78.80	2.42	2.42	97.58
		1/2	347.10	10.68	13.10	86.90
	FINA	3/8	419.40	12.90	26.01	73.99
		1/4				
		Nº 4	1348.20	41.48	67.49	32.51
ARENA	GRUESA	Nº 8				
		Nº 10	561.75	17.28	84.78	15.22
	MEDIA	Nº 16				
		Nº 20				
		Nº 30				
		Nº 40	339.56	10.45	95.22	4.78
	FINA	Nº 50				
		Nº 60				
		Nº 80				
		Nº 100	60.60	1.86	97.09	2.91
		Nº 200	25.33	0.78	97.87	2.13
		Fondo	19.46	0.60	98.47	1.53

Fuente: Herrera, P., 2018.

De los resultados del ensayo se puede observar que la muestra es una mezcla de grava mal graduada con un porcentaje considerable de arena gruesa.

Tabla VI. Análisis granulométrico para muestra tomada de la excavación en el río, P3 en la Tabla III.

		# Tamiz	Peso Retenido [gr]	% Retenido [gr]	% Retenido acumulado [gr]	% Pasante acumulado [gr]
PIEDRA O CANTOS		4"				
		3"				
GRAVA	GRUESA	2.5"	726.00	18.54	18.54	81.46
		2"	172.00	4.39	22.94	77.06
		1.5"	496.00	12.67	35.61	64.39
		1"	949.00	24.24	59.85	40.15
		3/4	179.00	4.57	64.42	35.58
	FINA	1/2	332.20	8.49	72.90	27.10
		3/8	126.00	3.22	76.12	23.88
		1/4		0.00		
		Nº 4	269.40	6.88	83.00	17.00
ARENA	GRUESA	Nº 8				
		Nº 10	285.03	7.28	90.28	9.72
	MEDIA	Nº 16				
		Nº 20				
		Nº 30				
		Nº 40	277.35	7.08	97.37	2.63
	FINA	Nº 50				
		Nº 60				
		Nº 80				
		Nº 100	68.03	1.74	99.11	0.89
		Nº 200	18.62	0.48	99.58	0.42
		Fondo	13.75	0.35	99.93	0.07

Fuente: Herrera, P., 2018.

De los resultados del ensayo se puede observar que la muestra es grava gruesa con un bajo porcentaje de finos. Este material se obtuvo de la excavación en el cauce del río y es una muestra representativa del material que conforma el acuífero somero que se busca alimentar.

Tabla VII. Análisis granulométrico para muestra tomada superficialmente en el centro del río, P4 en la tabla III.

		# Tamiz	Peso Retenido [gr]	% Retenido [gr]	% Retenido acumulado [gr]	% Pasante acumulado [gr]
PIEDRA O CANTOS		4"				
		3"				
GRAVA	GRUESA	2.5"	1152.50	16.01	16.01	83.99
		2"	747.80	10.39	26.39	73.61
		1.5"	1835.70	25.50	51.89	48.11
		1"	1344.60	18.68	70.56	29.44
		3/4	697.40	9.69	80.25	19.75
	FINA	1/2	446.70	6.20	86.45	13.55
		3/8	235.90	3.28	89.73	10.27
		1/4				
		Nº 4	301.10	4.18	93.91	6.09
ARENA	GRUESA	Nº 8				
		Nº 10				
	MEDIA	Nº 16				
		Nº 20				
		Nº 30				
		Nº 40				
	FINA	Nº 50				
		Nº 60				
		Nº 80				
		Nº 100				
		Nº 200				
Fondo		415.7	5.77	99.69	0.31	

Fuente: Herrera, P., 2018.

De los resultados del ensayo se puede observar que la muestra consiste en grava, con una relación 80% gruesa y 20% fina aproximadamente. Es de esperarse que esta muestra carezca de finos (arena) ya que se obtuvo superficialmente en el río y los finos se lavan.

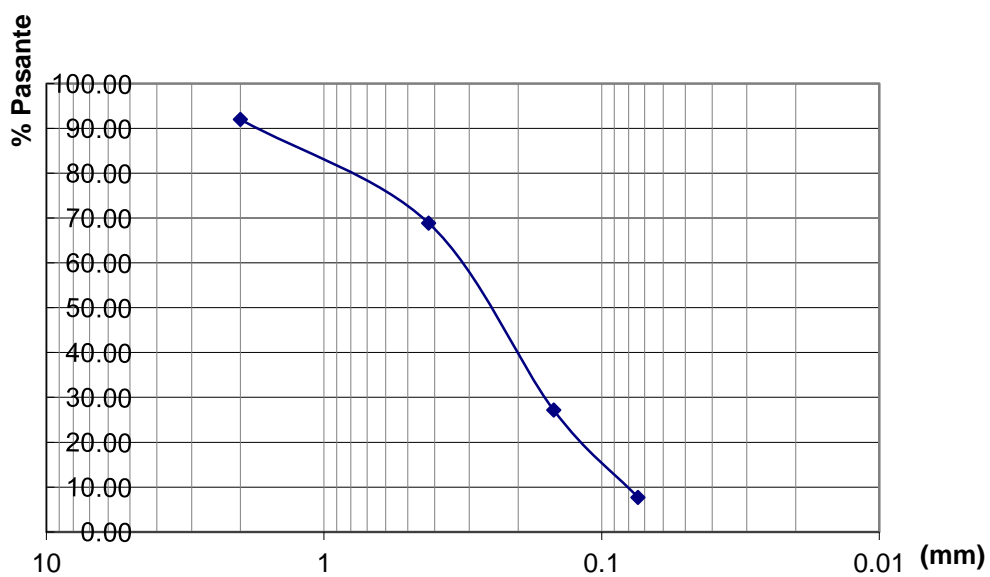


Figura 3. 25 Curva granulométrica para muestra de talud izquierdo, P1 en la Tabla III.

Fuente: Herrera, P., 2018.

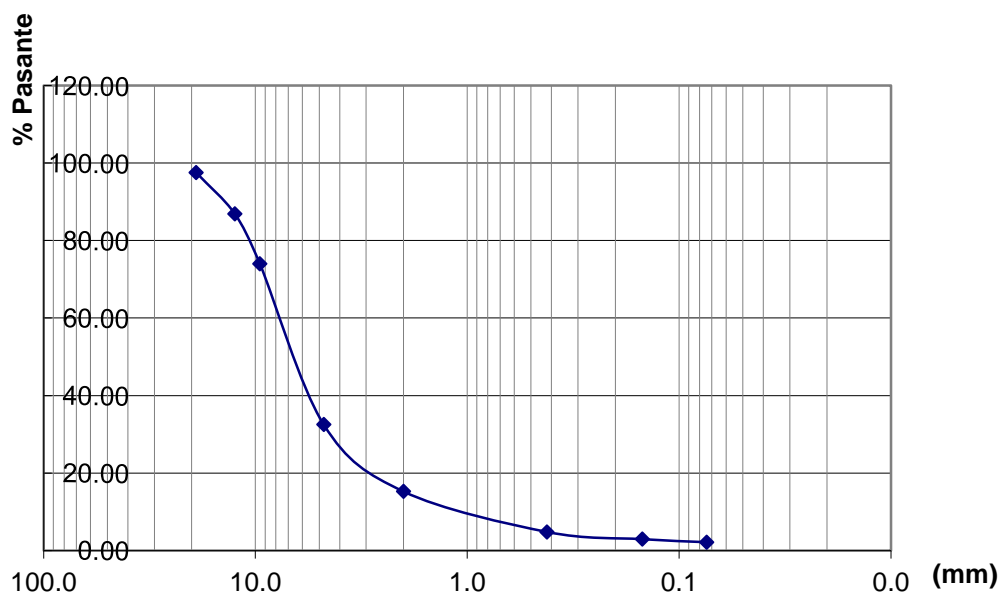


Figura 3. 26 Curva granulométrica para muestra de talud derecho, P2 en la Tabla III.

Fuente: Herrera, P., 2018.

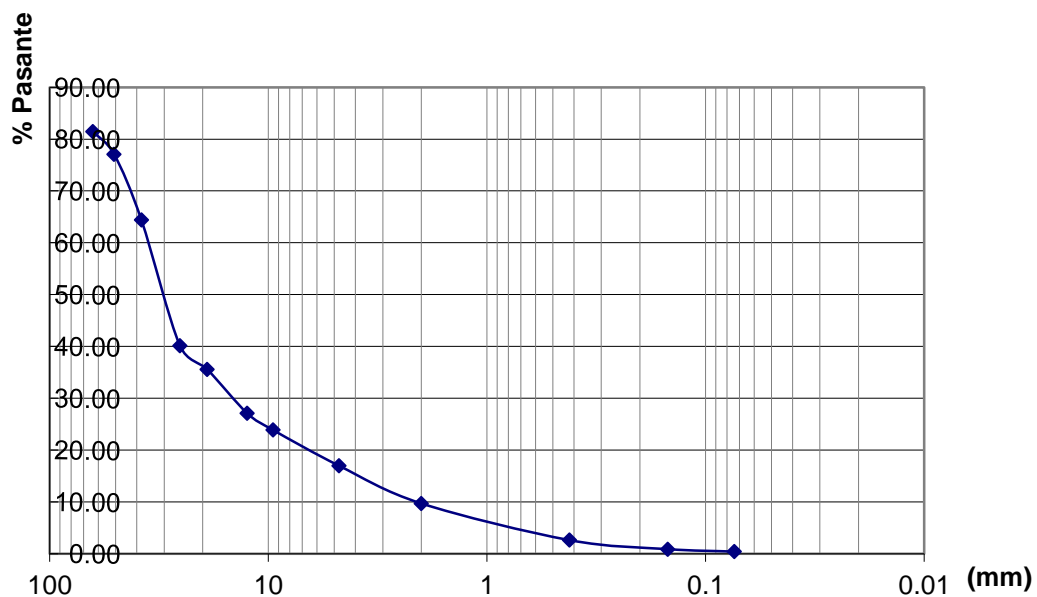


Figura 3. 27 Curva granulométrica para muestra tomada de la excavación en el río, P3 en la Tabla III.
Fuente: Herrera, P., 2018.

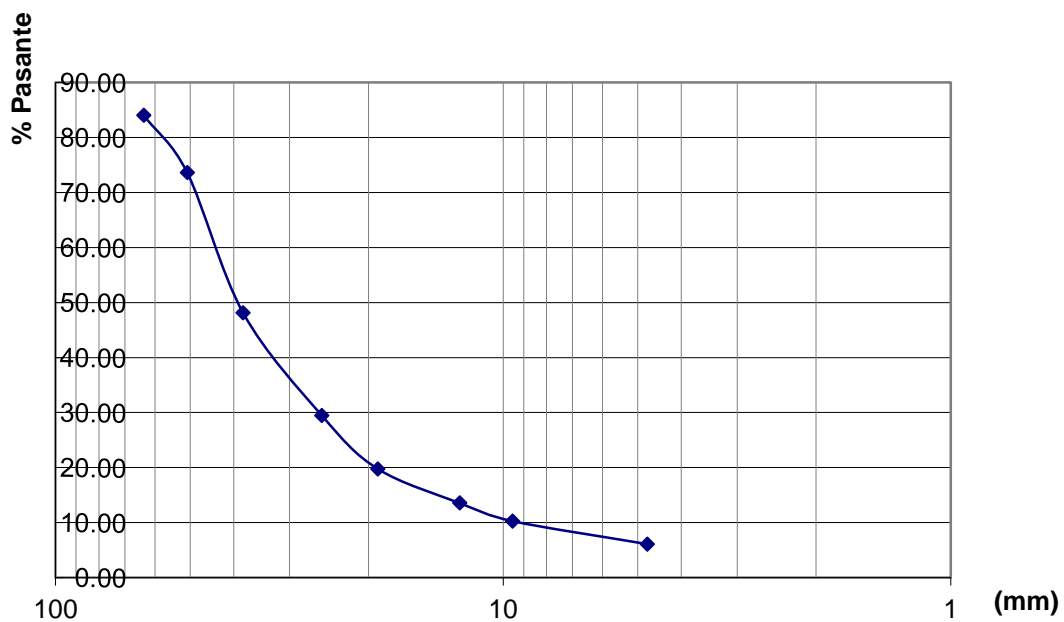


Figura 3. 28 Curva granulométrica para muestra tomada superficialmente en el centro del río, P4 en la Tabla III.
Fuente: Herrera, P., 2018.

3.5.2. Límites de Atterberg

Este es el segundo ensayo de caracterización de suelos que se realizó y fue hecho para las muestras tomadas en los taludes (P1 y P2, en la Tabla III). Los resultados obtenidos, se muestran a continuación:

Tabla VIII. Límite líquido y límite plástico para muestra de talud izquierdo, P1 en la Tabla III.

LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO	
Nº DE GOLPES	19	23	28	32		
Nº DE RECIPIENTE	107	5	65	19	64	13
WTh+R (gr)	18.71	17.04	14.27	10.51	6.9	7.07
WTs+R (gr)	15.1	13.91	12.08	9.23	6.71	6.86
W RECIP. (gr)	6.05	5.93	6.33	5.79	6.1	6.19
W ω (gr)	3.61	3.13	2.19	1.28	0.19	0.21
W SECO (gr)	9.05	7.98	5.75	3.44	0.61	0.67
ω , (%)	39.89	39.22	38.09	37.21	31.15	31.34

LL:	38.7	LP:	31.2
		IP:	7.4

DATOS	
RESULTADOS	

Fuente: Herrera, P., 2018.

Tabla IX. Límite líquido y límite plástico para muestra de talud derecho, P2 en la Tabla III.

LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO	
Nº DE GOLPES	14	18	26	33		
Nº DE RECIPIENTE	70	11	86	5	39	8
WTh+R (gr)	16.2	14.98	13.92	12.2	6.65	6.79
WTs+R (gr)	12.3	11.57	11.01	9.9	6.45	6.51
W RECIP. (gr)	6.12	6.14	6.3	6.17	5.95	5.92
W ω (gr)	3.9	3.41	2.91	2.3	0.2	0.28
W SECO (gr)	6.18	5.43	4.71	3.73	0.5	0.59
ω , (%)	63.11	62.80	61.78	61.66	40.00	47.46

LL:	62.04	LP:	43.73
		IP:	18.31

DATOS	
RESULTADOS	

Fuente: Herrera, P., 2018.

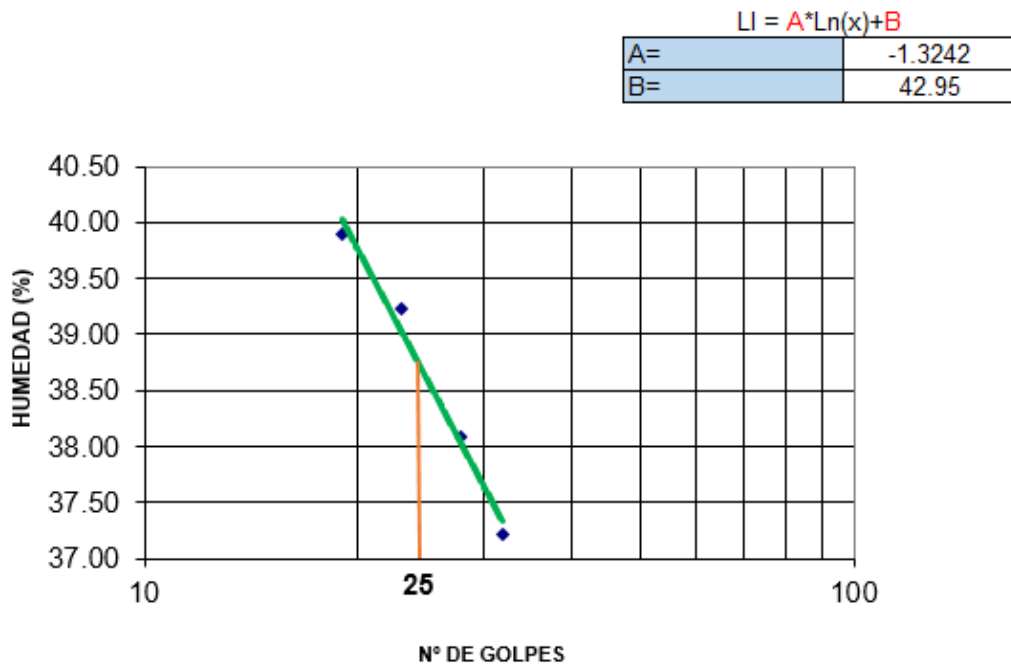


Figura 3. 29 Límite líquido para muestra de talud izquierdo, P1 en la Tabla III.
Fuente: Herrera, P., 2018.

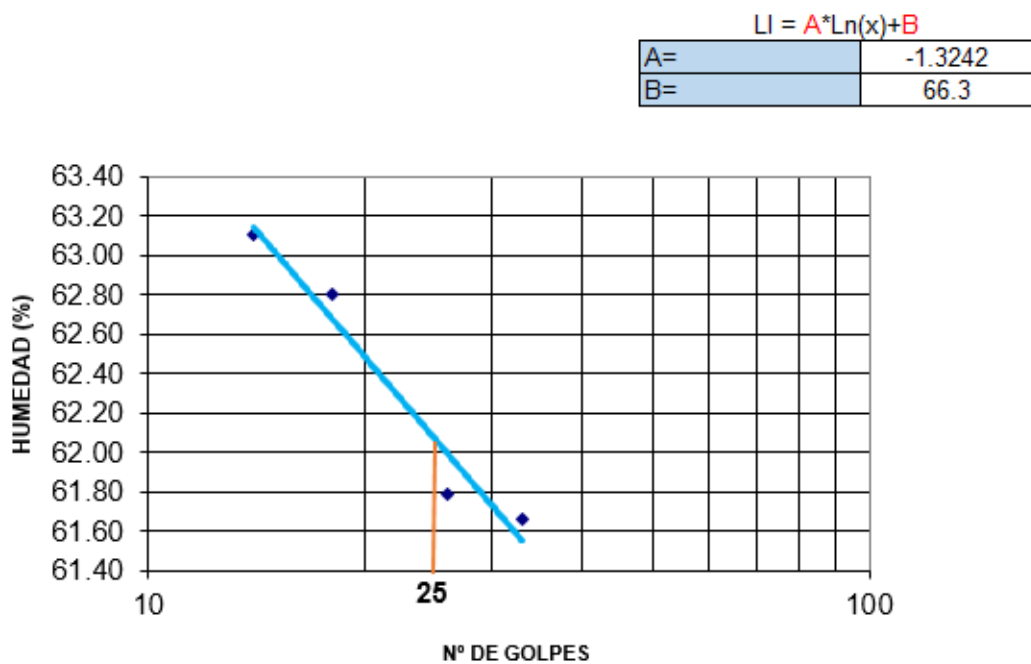


Figura 3. 30 Límite líquido para muestra de talud derecho, P2 en la Tabla III.
Fuente: Herrera, P., 2018.

3.5.3. Ensayo Triaxial U.U

Este ensayo se llevó a cabo exclusivamente para los taludes (P1 y P2, en la Tabla III). Los resultados obtenidos son los siguientes:

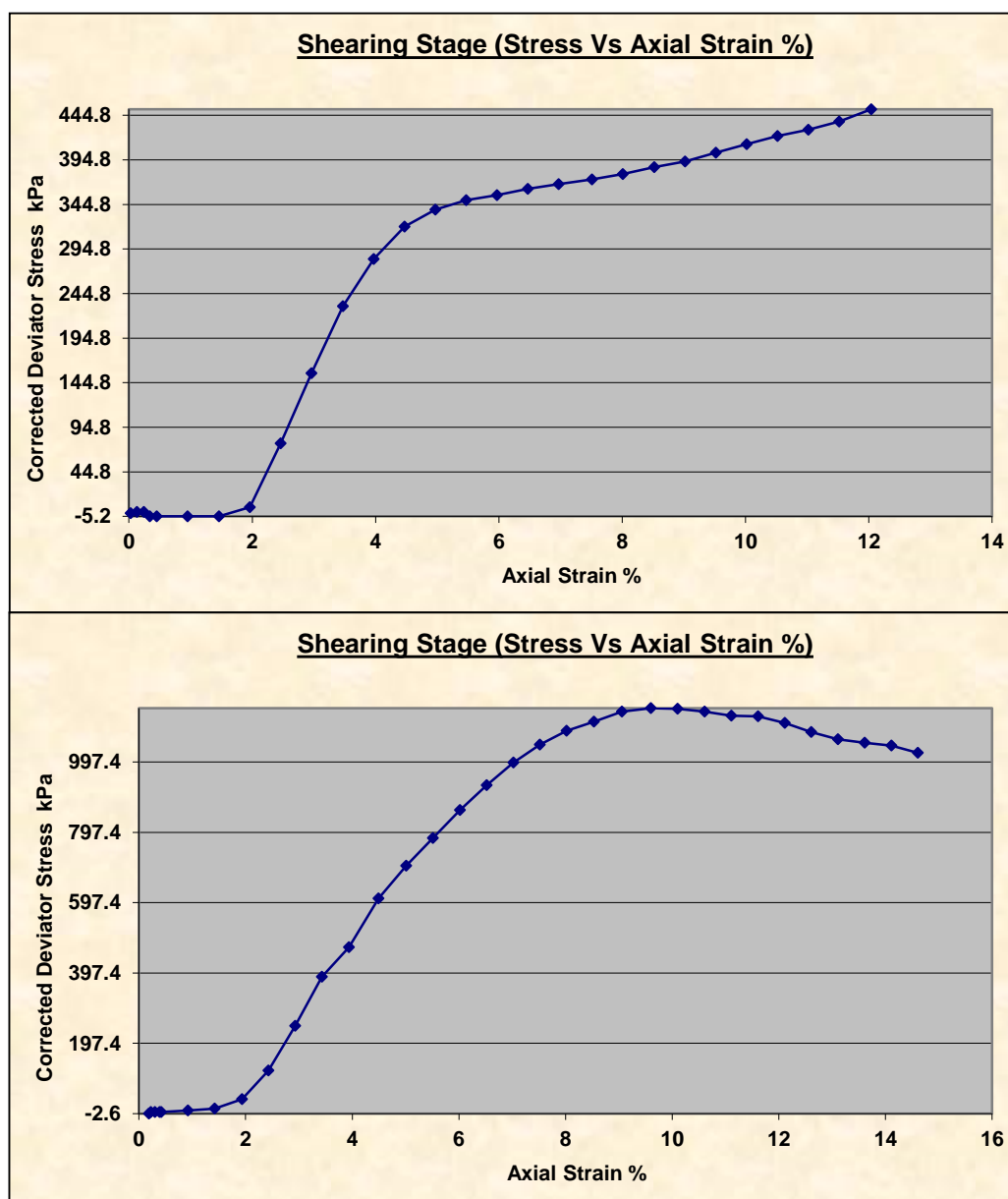


Figura 3. 31 Primera y segunda curva de Esfuerzo Vs. Deformación, para muestra de talud izquierdo, P1 en la Tabla III.

Fuente: Herrera, P., 2018.

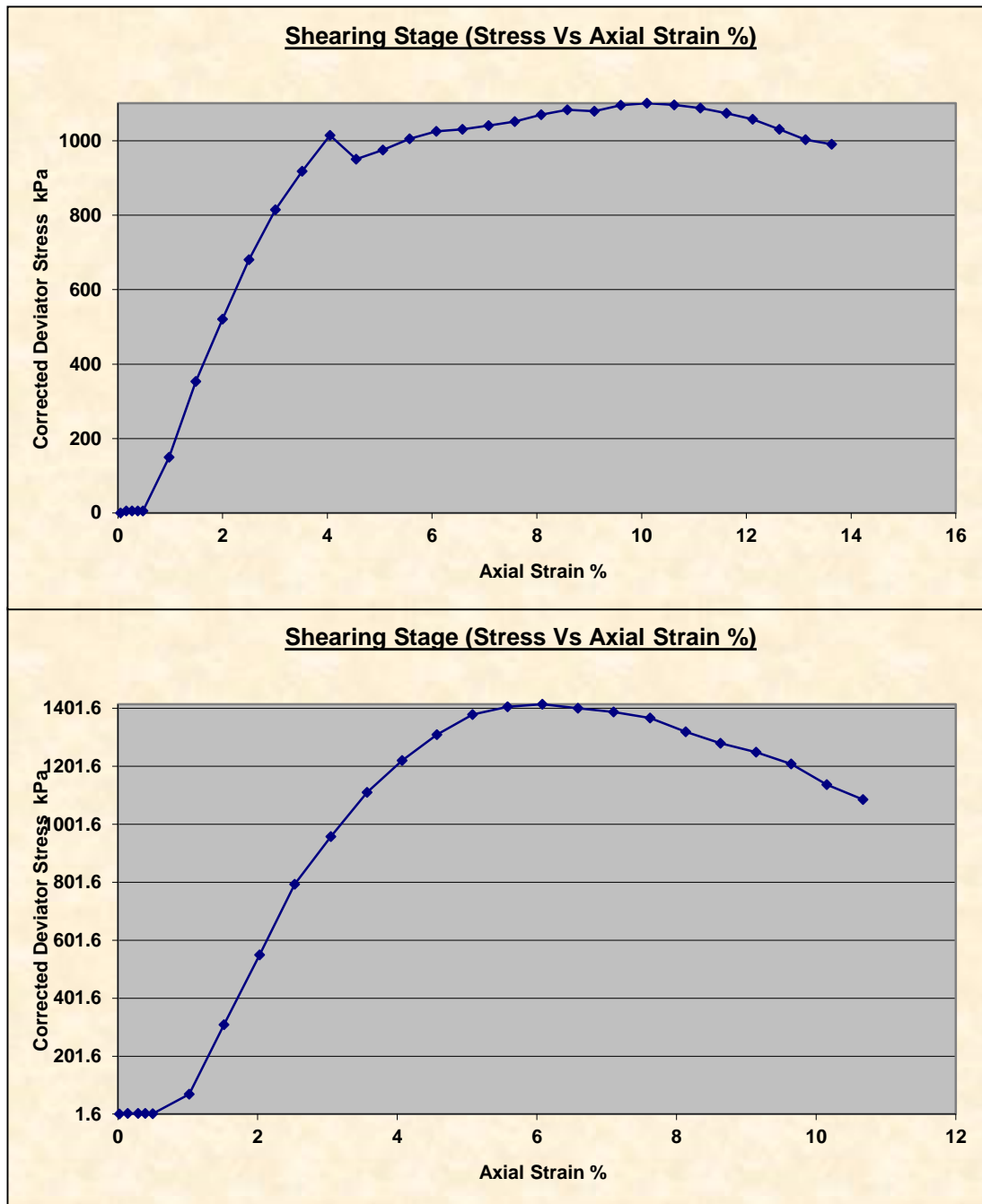
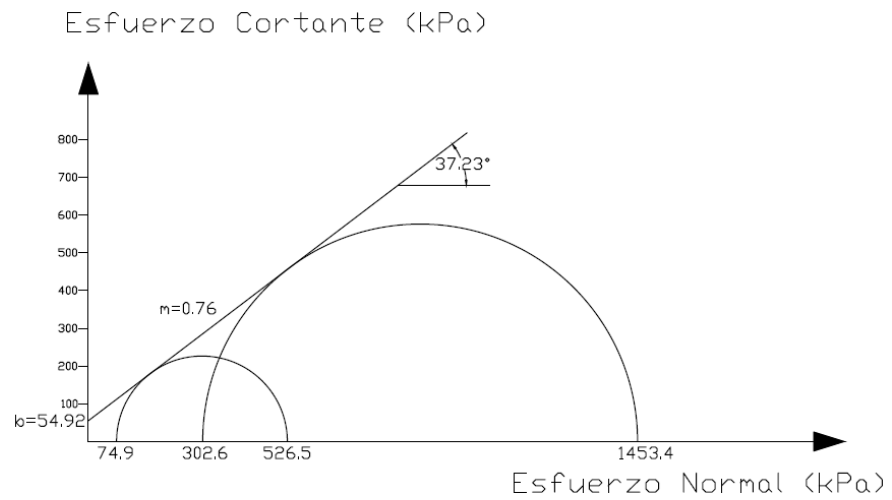


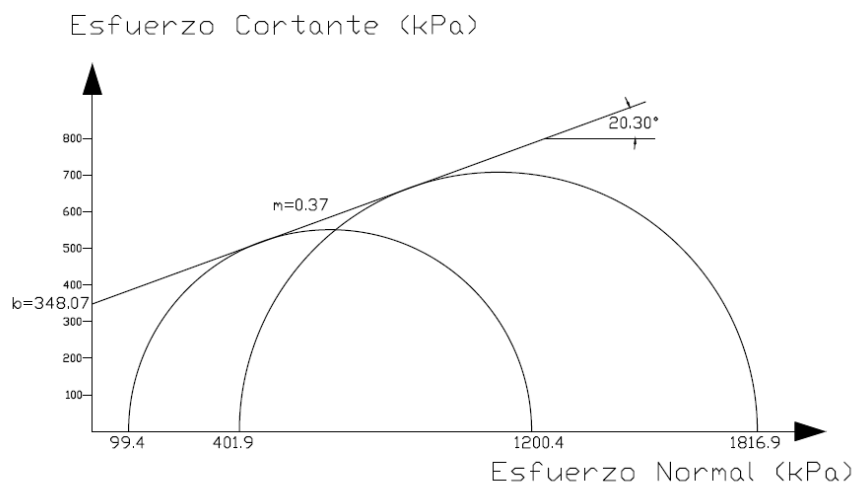
Figura 3. 32 Primera y segunda curva de Esfuerzo Vs. Deformación, para muestra de talud derecho, P2 en la Tabla III.

Fuente: Herrera, P., 2018.



Cohesión: 54.92 kPa
 Angulo de fricción: 37.23°

Figura 3. 33 Círculos de Mohr para muestra de talud izquierdo, P1 en la Tabla III.
Fuente: Herrera, P., 2018.



Cohesión: 348.07 kPa
 Angulo de fricción: 20.30°

Figura 3. 34 Círculos de Mohr para muestra de talud derecho, P2 en la Tabla III.
Fuente: Herrera, P., 2018.

3.5.4. Capacidad de almacenamiento de agua en suelos

Mediante este ensayo se podrá estimar el volumen de agua que se almacena entre las partículas del suelo de lo que sería el embalse del proyecto una vez construido el dique; este es un dato importante ya que nos dará a conocer el volumen de agua del cual que dispondrá la población de la parroquia Manglaralto. Este ensayo sólo se realizó para la muestra P3, obtenido de la excavación en el cauce río.

El ensayo realizado en el laboratorio consiste concretamente en la estimación del volumen de agua que se almacena en determinado volumen de suelo. El procedimiento para llevar a cabo el ensayo fue el siguiente:

1. Se realizó un cuarteo de la muestra que se obtuvo de la excavación realizada en el cauce del río.
2. Se colocó la muestra en un recipiente de volumen conocido; vertiendo la muestra en cuatro capas, tras cada capa se golpea la muestra suavemente con un vara o madera gruesa, para compactarla sin triturlarla (ver Figura 3.35). En este caso particular, el recipiente fue un cilindro con un volumen de 1/2 pie cúbico.



Figura 3. 35 Instrucciones del Ph.D. Miguel Ángel Chávez para la realización del presente ensayo. Compactación de la muestra por capas en el recipiente.

Fuente: Herrera, P., 2018.

3. Se llenó de agua el recipiente con la muestra (ver Figura 3.36), esto con el fin de saturarla para emular las condiciones en que se encuentra este material en el río. Es de esperar que el nivel de agua baje con el paso del tiempo, debido a que el agua es absorbida por la muestra, por lo que se completar el agua del recipiente al menos una vez al día.



Figura 3. 36 Recipiente con la muestra mientras es llenado de agua para ponerla a saturar.

Fuente: Herrera, P., 2018.

4. Tras 10 días, la muestra dejó de absorber agua, por lo que se consideró saturada.
5. Se vació el agua de la muestra, se devolvió al recipiente la muestra seca superficialmente, pero saturada.
6. Se pesó la muestra en este estado (SSS: saturada seca superficialmente) (ver Figura 3.37).

7. Se llenó de agua el recipiente con la muestra y se tomó el peso en este estado (Muestra SSS + Agua) (ver Figura 3.37)
8. Se saca la diferencia de pesos entre el recipiente con la muestra saturada con agua y el recipiente con la muestra saturada sin agua.



Figura 3. 37 Peso de recipiente con muestra SSS.
Peso de recipiente con muestra SSS + Agua.

Fuente: Herrera, P., 2018.

9. Este es el peso que tiene el volumen de agua que se encuentra entre las partículas de ese volumen de suelo. Conociendo que la densidad del agua es 1000 Kg/m^3 , podemos calcular el volumen de agua. Finalmente se divide el

volumen de agua para el volumen de muestra en el recipiente, a este volumen (1/2 pie cúbico) se le realiza una corrección de -5% ya que no se llenó el recipiente ni de material, ni de agua. El resultado que se obtenga será el volumen de agua almacenado entre las partículas de ese volumen de suelo.

Capacidad de almacenamiento de agua por volumen de suelo

Peso muestra saturada:	20.622	Kg
Peso muestra saturada + agua:	24.594	Kg
Peso del agua en el recipiente:	3.972	Kg
Peso específico del agua:	1000	Kg/m ³
Volumen del agua en el recipiente:	3.97E-03	m ³
Volumen del recipiente:	1.42E-02	m ³
Ajuste de volumen (5% menos)	7.08E-04	m ³
Volumen neto del recipiente:	1.35E-02	m ³
Porcentaje de agua en el recipiente:		
% Agua:	29.53%	

Volumen de agua almacenada en 1 metro cúbico de suelo:

$$V = 295.3 \text{ lt/m}^3$$

3.5.5. Abrasión de Los Ángeles

Dadas las características del material que se ha encontrado a lo largo del cauce del río, se planteó la posibilidad de usarlo como agregado para el hormigón que revestirá el dique, esto representaría un ahorro al momento de ejecutar la obra.

Sin embargo, aunque se busquen ambas cosas, prima la calidad antes que la economía, por lo que se evaluaron las características de este material para saber si es factible usarlo como agregado.

El primer ensayo que se realizó fue el de abrasión de Los Ángeles, debido a que el uso que se le va a dar al hormigón (revestir el dique) hace que esté constantemente sometido a desgaste.

Para comenzar con el ensayo, se separa el material según su granulometría, se pesan 1600 ± 100 gr. según los tamices que indica la Tabla X, esta muestra se lava y se pone a secar al horno.



Figura 3. 38 Peso de muestras tamizadas, antes de lavar.
Fuente: Herrera, P., 2018.



Figura 3. 39 Lavado de muestras. Puesta a secar en horno.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Luego, se pesa 1250 ± 5 gr. de cada tamiz, una vez se tenga el peso indicado se junta toda la muestra nuevamente, obteniendo un peso de aproximadamente 5000 gr., se lleva a la balanza y se anota como Peso inicial (Po). Esta muestra será la que ingrese a la máquina de abrasión de Los Ángeles junto con las esferas de acero que producen el desgaste.



Figura 3. 40 Peso de muestras secas, para ingresar en máquina de abrasión de Los Ángeles.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Luego de 500 revoluciones a 30 rpm en el tambor de la máquina de abrasión según lo indicado por la norma, se hace una separación preliminar del material, tamizándolo por la malla No. 4, el material que pasó la malla No. 4, se lo tamiza por la malla No. 12; el material que se retuvo en el tamiz No. 4, se lo mezcla con el retenido en el tamiz No. 12.

El retenido del tamiz No. 12, es lavado, para quitarle los finos adheridos a las partículas. A continuación se pone a secar el material durante 24 horas una temperatura de 105°C a 110°C y se pesa con una aproximación de 1 gramo, este será el Peso final (Pf) de la muestra ensayada (ver Figura 3.41).



Figura 3. 41 Peso final de muestra más recipiente.
Peso de recipiente.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Los resultados obtenidos del ensayo, son los siguientes:

Tabla X. Resultados del ensayo de Abrasión de Los Ángeles.

Granulometría de las muestras a ensayar			
Tamices		Peso objetivo en gramos	Peso real en gramos
Pasante tamiz	Retenido tamiz		
1 1/2"	1"	1250.0	1252.6
1"	3/4"	1250.0	1251.2
3/4"	1/2"	1250.0	1250.6
1/2"	3/8"	1250.0	1250.2
		5000.0	5004.6

Fuente: Herrera, P., 2018.

Peso inicial Po: **5004.6**

Peso final total: 3586.0

Peso final recipiente: 224.0

Peso final Pf: **3362.0**

% desgaste:
$$\frac{P \text{ inicial} - P \text{ final}}{P \text{ inicial}}$$

% de desgaste: **32.82%**

El porcentaje de desgaste es de 32.82%, lo cual es inferior al máximo desgaste permitido (40%) por la ASTM C131 y ASTM A535 (American Society for Testing and Materials). Por lo que se procede a utilizar este material como agregado grueso para la elaboración de un hormigón que tenga una dosificación tal, que adquiera una resistencia cercana a 280 Kg/cm².

3.5.6. Elaboración de probetas de hormigón y ensayo de resistencia a la compresión

Dadas las características del material que se ha encontrado a lo largo del cauce del río, se planteó la posibilidad de usarlo como agregado grueso para el hormigón que revestirá el dique, esto representaría un ahorro al momento de ejecutar la obra. Por ello y debido a que el material pasó la prueba de abrasión se decidió elaborar hormigón con una resistencia de 280 Kg/cm², para posteriormente ser ensayado a compresión. Si la probeta alcanza una resistencia de $\pm 10\%$ la resistencia deseada se recomendará, usar este material como agregado grueso en la elaboración del hormigón para recubrir el dique.

Elaboración de hormigón de resistencia $f'c = 280$ Mpa.

Para la elaboración del hormigón, se empleó los siguientes equipos y herramientas menores:

- Concretera de saco.
- Parihuelas de 40 cm x 40 cm x 20 cm.
- Pala de punta redonda.
- Balde con escala numérica.

Además se usó la dosificación recomendada por Holcim para hormigones de 280 Kg/cm², la cual se describe a continuación:

- 1 saco de 50 Kg de cemento.
- 25 litros de agua.
- 2 parihuelas de arena.
- 2½ parihuelas de piedra.

Esta es la dosificación empleada para 1 saco de cemento (cuyo rendimiento es 0.125 m³ de hormigón), como sólo elaboramos 4 cilindros de ensayos (de los cuales su volumen total es 0.021 m³) utilizamos medio saco de cemento (0.0625 m³ de hormigón).

El procedimiento que se siguió para elaborar el hormigón con que se llenarán las probetas, fue el siguiente:

1. Revisar la disponibilidad y operatividad de los equipos.
2. Encender la concretera y verter 1¼ parihuelas de piedra.
3. Verter 6¼ litros de agua y 1/2 saco de cemento Portland Tipo I, dejar mezclar por medio minuto.
4. Agregar 1 parihuela de arena y 6¼ litros más de agua, dejar mezclar por 3 minutos.
5. Al concluir este tiempo ya se tendrá listo el hormigón para elaborar las probetas, se recomienda verterlo en una carretilla para poder manipularlo con mayor facilidad.



Figura 3. 42 Vertido de agregado grueso en concreteira.

Fuente: Herrera, P., 2018.



Figura 3. 43 Vertido de cemento portland en concreteira.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Elaboración de probetas de hormigón para ensayo de resistencia a la compresión.

Para realizar este ensayo se debe contar con el siguiente equipo:

- Molde (molde normado para ensayos de resistencia a la compresión o molde improvisado: tubería de 6" de diámetro x 12" de alto, 15 x 30 cm).
- Bailejo.
- Varilla lisa con punta redondeada.
- Martillo de goma.

El procedimiento es el siguiente:

Colocar el hormigón en el molde (aceitar el interior del cilindro para evitar que el concreto se adhiera al metal o PVC), el cilindro se llena en tres capas de igual altura (10cm) y cada capa se apisona con una varilla lisa de 16mm de diámetro con uno de sus extremos redondeados, la cual golpea 25 veces por capa en diferentes sitios de la superficie del concreto, teniendo en cuenta de que la varilla solo atraviese la capa que se está compactando, sin pasar a la capa siguiente. Al final de la compactación se completa el llenado del molde con más mezcla y se alisa la superficie con la ayuda de un palustre o de una regla.

Una vez que se ha llenado cada capa, se dan unos golpes con la varilla o con un martillo de caucho a las paredes de este.

Los cilindros recién confeccionados deben quedar en reposo, en sitio cubierto y protegidos de cualquier golpe o vibración y al día siguiente se les quita el molde cuidadosamente. Inmediatamente después de remover el molde, los cilindros deben ser sometidos a un proceso de curado en tanques de agua, o en un cuarto de curado a 23°C, con el fin de evitar la evaporación del agua que contiene el cilindro, por la acción del aire o del sol, y en condiciones estables de temperatura para que el desarrollo de resistencia se lleve a cabo en condiciones constantes a través del tiempo. En estas condiciones los cilindros deben permanecer hasta el día del ensayo.



Figura 3. 44 Elaboración de probetas.

Fuente: Herrera, P., 2018.

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla XI. Resultados del ensayo de Compresión Simple.

Fecha de Toma:	Fecha de Rotura:	Edad (días)	Resistencia Especificada	Resistencia de la muestra (Kg/cm ²)	% Resistencia
9-ene.-2018	6-feb.-2018	28	280 kg/cm ²	277.8	99.21%
9-ene.-2018	23-ene.-2018	14	280 kg/cm ²	251.0	89.64%
9-ene.-2018	16-ene.-2018	7	280 kg/cm ²	200.6	71.64%

Fuente: Herrera, P., 2018.

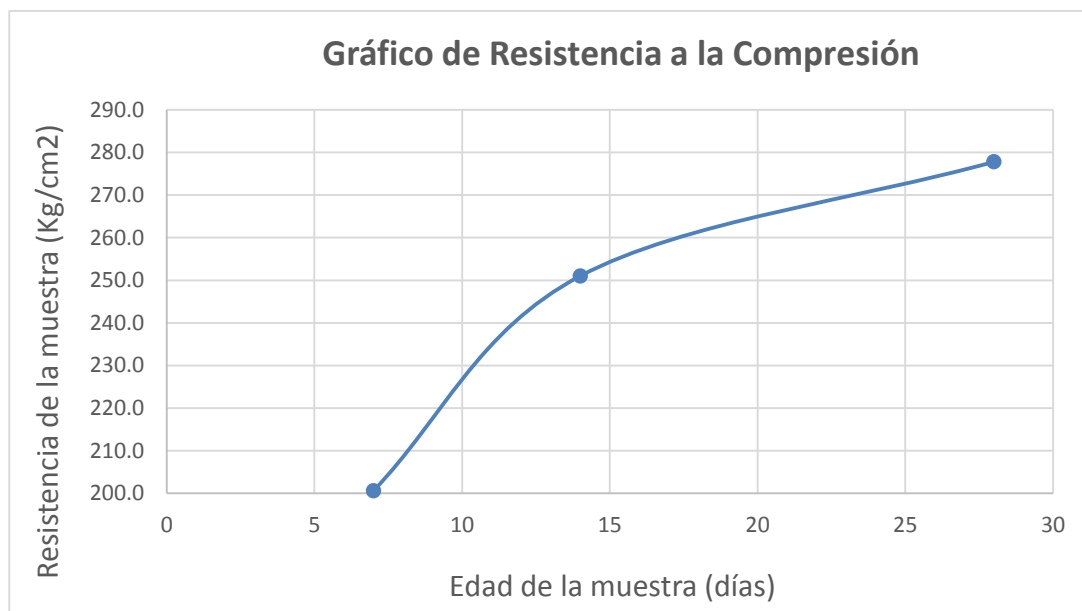


Figura 3. 45 Gráfico de Resistencia a la compresión Vs. Edad de la probeta.

Fuente: Herrera, P., 2018.

La resistencia a la compresión obtenida a los 28 días es muy cercana a la resistencia objetivo, con esto se puede afirmar que el hormigón elaborado con agregado grueso obtenido del río es apto para el proyecto.

Estos ensayos son los que se realizaron para respaldar la propuesta técnica que se plantea, que es la construcción de un dique. El análisis de los resultados obtenidos de estos ensayos y de la solución técnica propuesta se revisa en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se revisará a detalle los resultados de los estudios y ensayos realizados en el capítulo anterior, analizando su utilidad y como ayudarán en la toma de decisiones para el diseño y construcción del dique. Posteriormente se realizará un breve análisis de impacto ambiental donde se abordarán los impactos que tendría la obra tanto al entorno como a la comunidad. Finalmente se elaborará un presupuesto con sus respectivos APUs (Análisis de Precios Unitarios), para estimar el costo que tendría la obra y compararla con los beneficios que esta traería a la comunidad de la parroquia Manglaralto.

4.1. Análisis de la Topografía del Terreno

La morfología del terreno donde se propone ejecutar el proyecto es ideal para el mismo, con un amplio embalse para maximizar el área aportación y un cuello estrecho para minimizar el costo de la obra. La topografía nos permitirá conocer 3 datos fundamentales acerca del terreno que se vinculan directamente con el proyecto:

- Geometría del dique.
- Volumen de agua superficial en el embalse.

4.1.1. Geometría del dique

La geometría del dique, tanto longitud, como altura, depende directamente de la topografía del terreno. No se puede alcanzar una cota más alta que la que permite el cuello del embalse, ya que de lo contrario el agua escurriría por los laterales del dique. La longitud, debe ser la más angosta posible y debe de tener un empotramiento en el terreno natural.

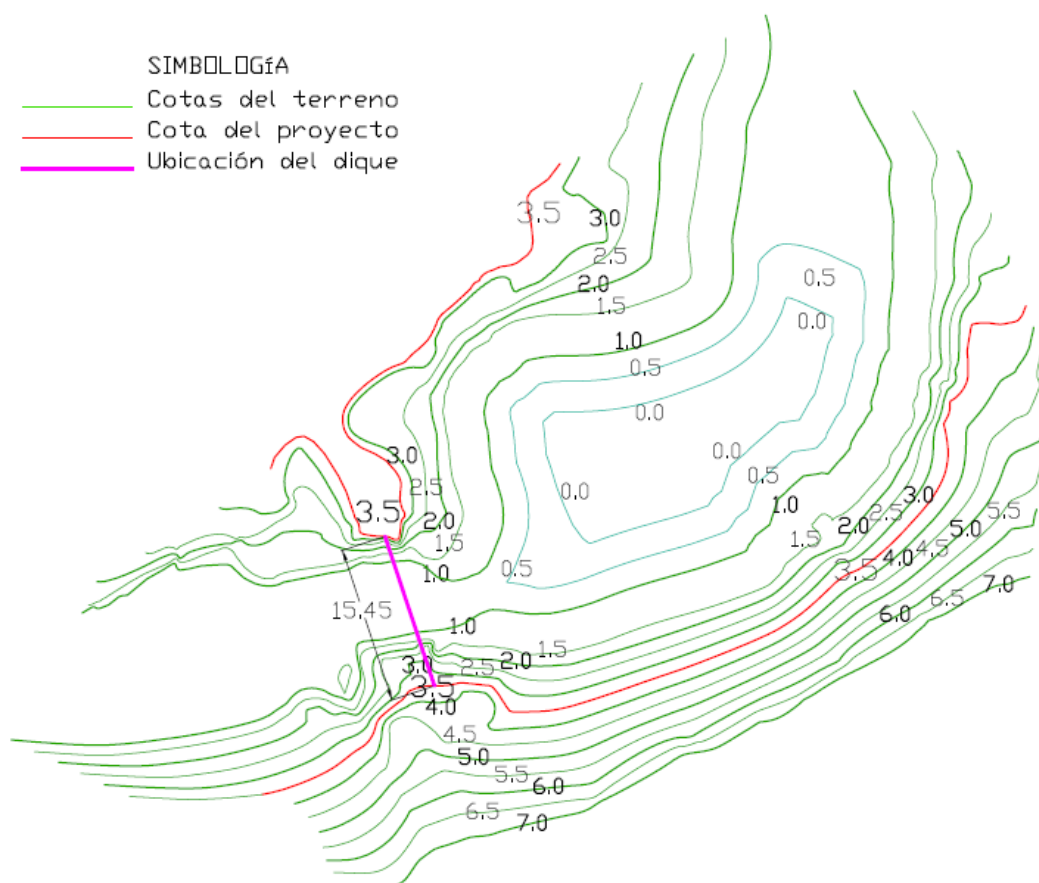


Figura 4. 1 Plano topográfico con curvas de nivel. Cotas relativas a la parte más baja del cauce del río.
Fuente: Software AutoCAD.

Como se aprecia en el plano, la curva de nivel más alta y continua que existe en ambos lados del cauce del río es 3.5, por lo que esta es la cota que alcanzará el dique. Ya que en la parte más baja de esta sección la cota es inferior a 1.0, usaremos 0.5 siendo conservadores, esto se traduce en una altura de 3.0 m para el dique:

$$H = \text{Cota superior} - \text{Cota inferior}$$

$$H = 3.5 - 0.5 = 3.0 \text{ m}$$

La longitud que deberá tener para alcanzar esta cota en ambos lados también se obtiene del plano y es de 15.45 m libres, es decir, sin empotramiento en el terreno.

Así hemos obtenido los primeros datos que nos da la topografía del terreno:

$$\text{Altura del dique (H)} = 3.00 \text{ m}$$

$$\text{Longitud libre del dique (L)} = 15.45 \text{ m}$$

4.1.2. Volumen de agua superficial en el embalse

El primer paso para calcular el volumen de agua almacenado en el embalse es simular un reservorio cerrado, ya que sólo queremos calcular el volumen almacenado en esa parte y no aguas arriba del río. Para ello nos servimos nuevamente del programa ArcGIS, para delimitar el área del embalse y obtener nuevas curvas de nivel.

A continuación, exportamos estos datos a autocad y aquí con ayuda del programa calculamos el área que hay entre cada curva de nivel, luego asociamos una profundidad para cada sección de área y calculamos el volumen contenido de dicha sección. Finalmente sumamos todos los volúmenes y obtenemos el volumen total de agua almacenada en el reservorio.

Cálculo de volumen de agua en embalse

Sección 1:		
Área dentro de curva 0.0:	306.03	m2
Profundidad media:	3.75	m
Volumen de la sección:	1147.61	m3
Sección 2:		
Área entre curva 0.5 y 0.0:	297.67	m2
Profundidad media:	3.25	m
Volumen de la sección:	967.43	m3
Sección 3:		
Área entre curva 1.0 y 0.5:	330.46	m2
Profundidad media:	2.75	m
Volumen de la sección:	908.77	m3
Sección 4:		
Área entre curvas 1.5 y 1.0:	254.23	m2
Profundidad media:	2.25	m
Volumen de la sección:	572.02	m3
Sección 5:		
Área entre curvas 2.0 y 1.5:	315.2	m2
Profundidad media:	1.75	m
Volumen de la sección:	551.6	m3
Sección 6:		
Área entre curvas 2.5 y 2.0:	272.93	m2
Profundidad media:	1.25	m
Volumen de la sección:	341.16	m3
Sección 7:		
Área entre curvas 3.0 y 2.5:	204.39	m2
Profundidad media:	0.75	m
Volumen de la sección:	153.29	m3
Sección 8:		
Área entre curvas 3.5 y 3.0:	325.84	m2
Profundidad media:	0.25	m
Volumen de la sección:	81.46	m3
VOLUMEN TOTAL:	4641.88	m3

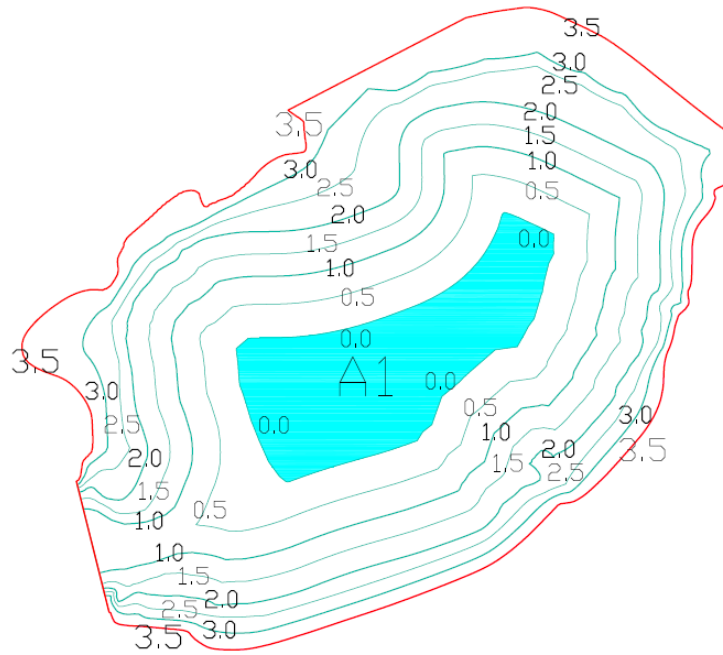


Figura 4. 2 Gráfico del área dentro de curva de nivel 0.0.
Fuente: Software AutoCAD.

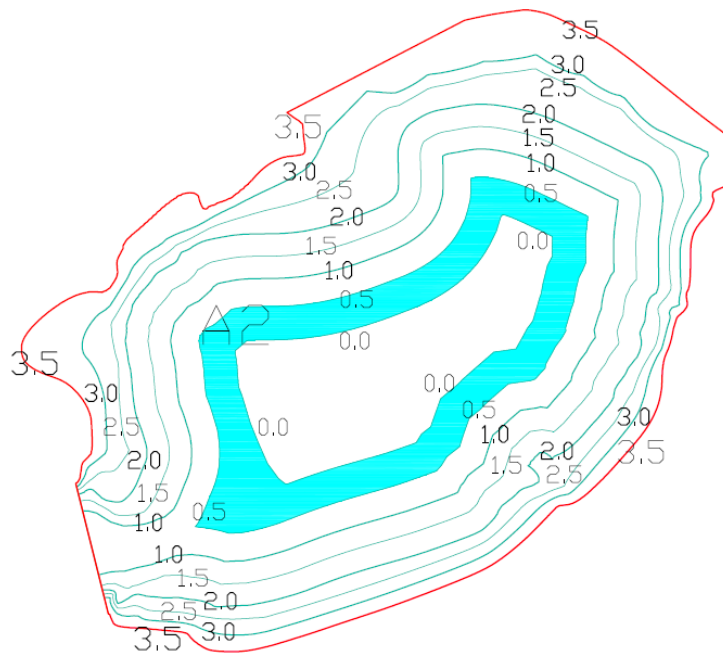


Figura 4. 3 Gráfico del área entre curvas de nivel 0.5 y 0.0.
Fuente: Software AutoCAD.

4.1.3. Volumen de agua subterránea

El agua subterránea almacenada se calcula de forma similar, utilizando topografía, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo en estado saturado y datos geológicos obtenidos de estudios realizados con anterioridad.

Del ensayo “Capacidad de almacenamiento de agua en suelos”, realizado en el Capítulo 3, sección 3.5.4., se obtuvo que para el suelo que constituye el cauce del río, su capacidad de almacenamiento es de aproximadamente 295.3 lt/m³. Con este dato, sólo hace falta conocer el volumen de suelo bajo el dique que tiene estas características para obtener el volumen de agua subterránea.

De la topografía y estudios geofísicos previos, se tiene el área del material almacenado bajo el cauce del río y el espesor de este estrato de suelo. Con ello se calcula el volumen como sigue:

Cálculo de volumen de agua subterráneo

Área neta de embalse:	2306.75	m ²
Área de la cota mínima:	306.03	m ²
Área promedio (A):	1306.39	m ²
Profundidad del estrato (H):	13.5	m
Volumen del acuífero ($V_a = A \times H$):	17636.27	m ³

Volumen de agua en el acuífero:	5207990.53 lts
(Vs = Va x 295.3 lt/m3)	5207.99 m3

4.2. Análisis de los ensayos geotécnicos

De los ensayos vistos en el capítulo anterior se tiene que el talud izquierdo (P1) está conformado por arena fina y el talud derecho (P2) está conformado por grava fina cohesiva. Esto explica porque los tapes colocados anteriormente, hechos de gaviones habían sido arrastrados por la corriente del río. Considerando el tipo de suelo, el presente diseño contempla un empotramiento no menor a 5 metros o al ancho de la base de la sección típica del dique.

La granulometría del material superficial del río, revela que éste, luego de un tamizado in situ para separar la grava fina de la gruesa, puede servir como agregado para el hormigón que revestirá el dique. Ya que, adicionalmente, las probetas de hormigón que se realizaron con este mismo material como agregado, obtuvieron una muy buena resistencia, llegando a los 277.8 Kg/cm² a los 28 días cercana a los 280 Kg/cm² que es la resistencia objetivo.

El ensayo de capacidad de almacenamiento de agua, sirvió para calcular el volumen de agua almacenada en el acuífero, aproximadamente 5208 m³, lo que sumado al volumen de agua superficial que es de 4642 m³, justifica la implementación del proyecto.

4.3. Diseño del dique

Con base en los estudios realizados expuestos en capítulos anteriores y que han sido analizados en el presente capítulo, se ha determinado la geometría y los materiales que constituirán el dique, siendo su diseño como se describe a continuación:

- El dique estará conformado por un terraplén super compactado gravo-arenoso con diámetro medio de 1", mismo que se puede conformar del material que se encuentra en el cauce del río.
- El terraplén tendrá una sección trapezoidal, con una base mayor de 7.00 m, base menor de 2.00 m y una altura de 2.50 m.
- El terraplén contará con un recubrimiento de hormigón armado $f'c= 360 \text{ Kg/cm}^2$ y tendrá un espesor $e=0.50 \text{ m}$. El agregado grueso usado en la elaboración de este hormigón puede obtenerse del material que se encuentra en el cauce del río.
- Si bien en los ensayos de laboratorio efectuados se hizo un diseño para un hormigón $f'c= 280 \text{ Kg/cm}^2$, el cual para efectos de diseño de la estructura es eficiente, se considera que la resistencia recomendable del hormigón debe ser de $f'c= 360 \text{ Kg/cm}^2$ con la finalidad de tener una mayor capacidad de resistencia a la erosión hídrica y al impacto de bloques de roca que pueden llegar a tener hasta 20 cm de diámetro.

- El acabado del hormigón debe ser perfectamente liso para facilitar el flujo del agua con los materiales que este arrastre.
- El hormigón se enterrará en el terreno natural formando un dentellón de 0.50 m de espesor y 1.00 m de altura.
- El hormigón contará con una malla electrosoldada 20x20 cm, Ø 8mm, dejando 5 cm de recubrimiento de cada lado.
- Para efectos de garantizar la estabilidad del dique, con las mismas características geométricas que este tiene, debe introducirse 7 metros en cada borde del río, lográndose así el debido empotramiento, evitando también la posibilidad de erosión en los costados del dique.
- Una vez construidos los empotramientos del dique debe procederse a reconstruir los bordes del cauce, utilizando una mezcla de suelo-cemento, con una relación 3:1 como se indica:
Suelo arcilloso: 3 – Cemento Portland Tipo I: 1
- En la parte superior el suelo debe compactarse en capas de 0.25 m a 95% del proctor estandar.

A continuación, en una ilustración se detalla el dique desde la vista superior y dos secciones del mismo, la central (longitud libre) y las secciones extremas (longitud de empotramiento).

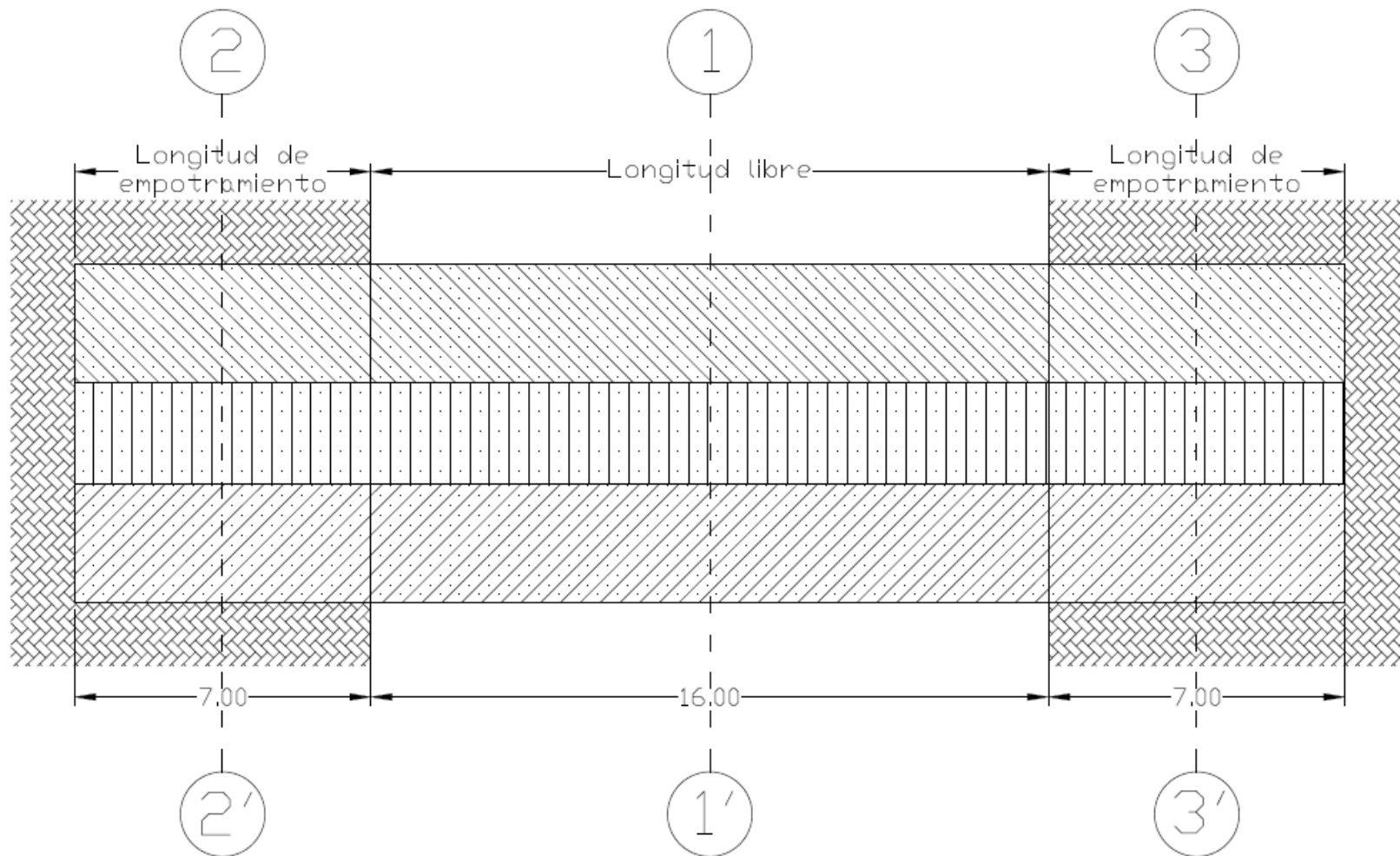


Figura 4. 4 Vista en planta del dique.
Fuente: Software AutoCAD.

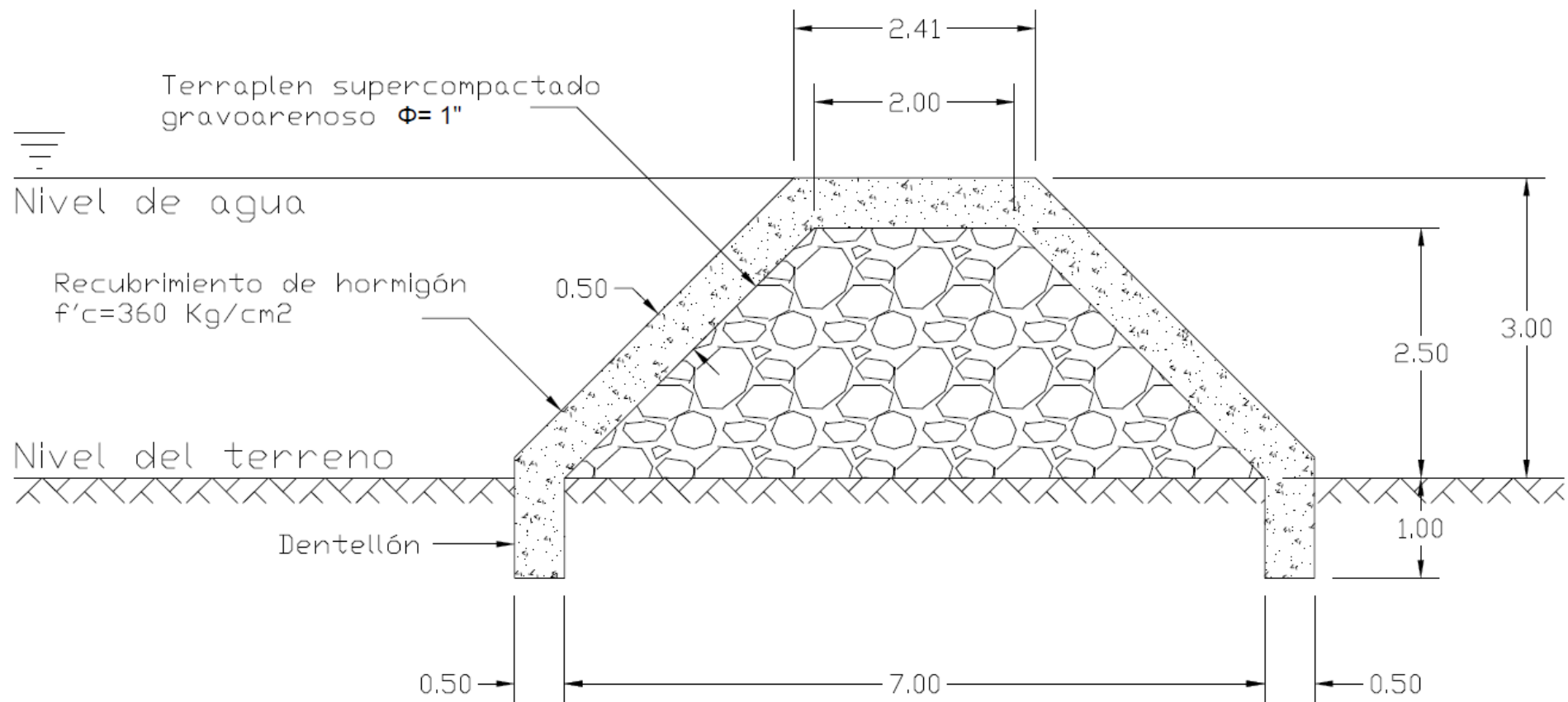


Figura 4. 5 Sección típica del dique. Corte 1-1'.

Fuente: Software AutoCAD.

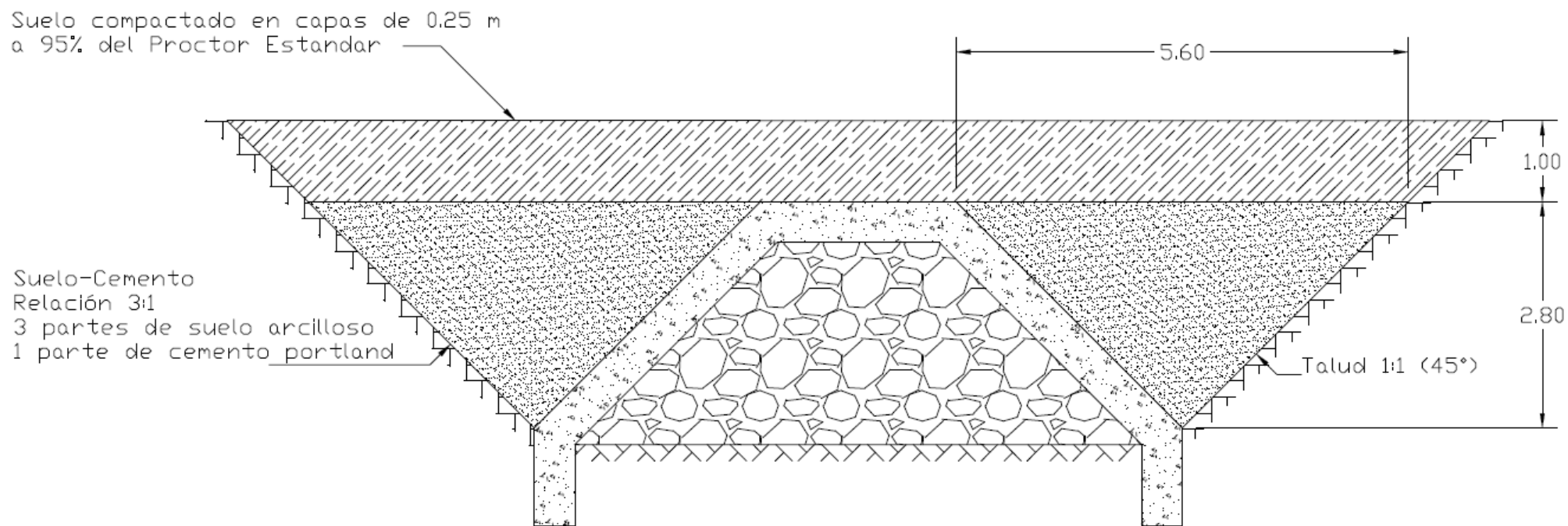


Figura 4. 6 Sección del dique en los empotramientos. Cortes 2-2' y 3-3'.

Fuente: Software AutoCAD.

4.4. Impacto Ambiental

En la siguiente Matriz de Impacto Ambiental (Tabla XII) se evalúan los diferentes aspectos ambientales y socioeconómicos que se verán afectados por la construcción y futura demolición del dique en el río Manglaralto. Se evalúan tanto aspectos positivos como negativos y se los califica según la gravedad de la afectación que tenga este impacto con el medio ambiente. Si la gravedad del impacto es lo suficientemente elevada, se recomendará una medida de mitigación para el mismo.

Como se puede apreciar en la Tabla XII, los aspectos negativos son muy pocos y representan en su mayoría No conformidades menores, es decir no se requiere una medida de mitigación para estos.

Durante la etapa de construcción la única No conformidad, se encuentra en el parámetro estético / paisajístico, debido a que se alterará la vista natural del río. En la etapa de demolición se encuentra que la calidad del aire se puede ver afectada si al momento de demoler la estructura no se toman medidas como usar lonas para confinar el polvo generado durante la demolición y usar agua para no levantar material particulado. La calidad del agua también podría verse afectada durante esta etapa, por lo que se recomienda llevar a cabo este proceso en época de estiaje.

Tabla XI. Matriz de Impacto Ambiental para las etapas de construcción y demolición del dique.

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL			ACCIONES	CONSTRUCCIÓN										DEMOLICIÓN Y DESALOJO				
				Requerimiento de mano de obra	Transporte de equipos	Preparación de equipos y materiales	Desbroce y desbosque	Limpieza del terreno	Trazado y replanteo	Excavación	Relleno	Desalojo de material	Construcción del dique	Movimiento de tierra	Demolición de estructura	Desalojo de material	Desalojo de escombros	
PARÁMETROS			Rel.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	O	
Físico	Aire	Calidad del aire	a															
		Ruidos y vibraciones	b															
	Suelo	Geomorfología	c															
		Calidad del suelo	d															
		Capacidad de uso	e															
	Agua	Calidad del agua superficial	f															
		Calidad del agua subterránea	g															
		Disminución del recurso agua	h															
Biológico	Flora	Diversidad y abundancia de especies	i															
		Alteración del hábitat de especies protegidas	j															
	Fauna	Diversidad y abundancia de especies	k															
		Alteración del hábitat de especies protegidas	l															
Socioeconómico	Económico	Generación de empleo	m															
		Impulsar matriz productiva	n															
	Social	Salud	o															
		Educación	p															
		Modo de vida	q															
		Estético / Paisajístico	r															

Calificación	Abreviatura	Relevancia	Color	Consecuencias
Conformidad	C	Aspecto positivo		>>> No se tomarán medidas.
		No significativo		
No Conformidad menor	NC-	Significancia menor		>>> Se tomarán medidas de mitigación.
No Conformidad	NC	Medianamente significativo		
		Significativo		
No Conformidad Mayor	NC+	Altamente significativo		

4.5. Presupuesto

El presupuesto de la obra alcanza los \$ 94.662,53 (Noventa y cuatro mil seiscientos sesenta y dos 53000/100000 Dólares Americanos). De este valor, el 96% representa la estructura del dique, lo que se traduce en Hormigón $f'c = 360 \text{ Kg/cm}^2$ y Malla electrosoldada $20 \times 20 \text{ } \varnothing 8 \text{ mm}$, el resto es en su mayoría es movimiento de tierra. Este monto se justifican en el Anexo I "Presupuesto y APUS". Donde se detallan las cantidades, materiales, equipos y mano de obra necesaria para llevar a cabo los rubros que conforman el presupuesto.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Considerando todos los aspectos que involucran el proyecto, tanto social, económico y ambiental; se puede concluir que la construcción del dique como parte de la solución al problema de escasez de agua de la Parroquia Manglaralto es factible.

La estructura diseñada permitirá el desborde de caudales en las grandes avenidas. Al mismo tiempo se logrará un embalsamiento y la retención del flujo subsuperficial en el depósito aluvial.

El total de agua almacenada superficialmente y en el acuífero, gracias al dique es 9849.87 m³.

Según el análisis ambiental realizado el impacto negativo biótico y abiótico a la zona es muy bajo, mientras que el impacto positivo al componente humano es alto, lo que justifica el proyecto, desde el punto de vista ambiental.

RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar y diseñar una solución similar en el sitio hasta donde llegaría la cola del embalse que se propone construir. Dependiendo de las condiciones topográficas y del actual uso de la tierra, podría implementarse un dique de mayor altura.

Con los ensayos realizados se pudo constatar que el material en el cauce del río es apto para ser usado como agregado grueso en la conformación de hormigón. Por lo que se recomienda usar este material para economizar en el costo del presente proyecto.

Se considera posible estudiar este tipo de soluciones en los otros ríos existentes en ese sector de la península de Santa Elena.

ANEXOS

ANEXO A

PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APUS)

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO					
TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
Movimiento de Tierras					
1	Trazado y replanteo	m2	270.00	1.07	288.90
2	Desbroce, desbosque y limpieza manual (inc desalojo)	m2	60.00	0.78	46.80
3	Excavación sin clasificacion (inc desalojo)	m3	380.00	3.60	1,368.00
4	Excavación sin clasificacion manual (inc desalojo)	m3	20.00	6.80	136.00
5	Material de prestamo importado (inc desalojo)	m3	50.00	10.07	503.50
6	Material de préstamo importado manual (inc desalojo)	m3	10.00	12.60	126.00
7	Remoción de gaviones existentes	m3	9.00	24.58	221.22
8	Transporte y desalojo de escombros	m3	9.00	1.09	9.81
Estructura del dique				SUBTOTAL 1	2,700.23
9	Malla electrosoldada 20x20 Ø 8mm	m2	1,440.00	16.75	24,120.00
10	Hormigon de cemento portlando f'c=360 kg/cm2 (inc. encofrado)	m3	210.00	320.34	67,271.40
Seguridad Industrial				SUBTOTAL 2	91,391.40
11	Protección para trabajador	u	8.00	33.24	265.92
12	Alquiler de baterías sanitarias	u	2.00	152.49	304.98
				SUBTOTAL 3	570.90
				TOTAL	94,662.53
Nota: Estos precios NO incluyen IVA					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 1 UNIDAD: m2 RENDIM. R = 0.020

DESCRIPCIÓN: Trazado y replanteo

M.- EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.009			0.00940
EQUIPO TOPOGRAFICO	1	3.500	3.500	0.020	0.07000

N.- MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	0.5	3.930	1.965	0.020	0.03930
TOPOGRAFO	1	3.930	3.930	0.020	0.07860
OFICIAL	1	3.500	3.500	0.020	0.07000

O.- MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
TIRAS DE 1"	U	0.080	2.300	0.18400
CUARTONES	U	0.080	3.500	0.28000
CLAVO DE 2 1/2"	KG	0.010	2.020	0.02020
CAL	SACO	0.030	4.500	0.13500
PIOLA	ROLLO	0.010	4.150	0.04150

P.- TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

PARCIAL P

Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)	0.92800
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.13920
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.06719
	VALOR PROPUESTO	1.07

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 2

UNIDAD: m2

RENDIM. R = 0.024

DESCRIPCIÓN: Desbroce, desbosque y limpieza manual (inc desalojo)

M.- EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.019			0.01916

N.- MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	0.5	3.930	1.965	0.024	0.04716
PEON	4	3.500	14.000	0.024	0.33600

O.- MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO

P.- TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
DESALOJO DE MATERIAL	M2/KM	1	0.280	0.28000

PARCIAL P 0.28000

Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)	0.68232
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.10235
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.78467
	VALOR PROPUESTO	0.78

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 3 UNIDAD: m3 RENDIM. R = 0.048

DESCRIPCIÓN: Excavación sin clasificacion (inc desalojo)

M.- EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.035			0.03488
RETROEXCAVADORA	1	25.000	25.000	0.048	1.20000
VOLQUETA	1	25.000	25.000	0.048	1.200

N.- MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	0.5	3.930	1.965	0.048	0.09432
OP. RETROEXCAVADORA GRUPO I	1	3.930	3.930	0.048	0.18864
CHOFER	1	5.140	5.140	0.048	0.24672
OFICIAL	1	3.500	3.500	0.048	0.16800

O.- MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO

P.- TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

PARCIAL P

Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)	3.13256
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.46988
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	3.60245
	VALOR PROPUESTO	3.60

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 4 UNIDAD: m3 RENDIM. R = 0.390

DESCRIPCIÓN:
Excavación sin clasificacion manual (inc desalojo)

M.- EQUIPOS

DECRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.281			0.28139

N.- MANO DE OBRA

				PARCIAL M	0.281
DECRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	1	3.930	3.930	0.390	1.53270
OFICIAL	3	3.500	10.500	0.390	4.09500

O.- MATERIALES

				PARCIAL N	5.62770
DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	

P.- TRANSPORTE

				PARCIAL O	
DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	

PARCIAL P

Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)	5.90909
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.88636
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	6.79545
	VALOR PROPUESTO	6.80

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 5

UNIDAD: m3

RENDIM. R = 0.050

DESCRIPCIÓN: Material de prestamo importado (inc desalojo)

M.- EQUIPOS

DECRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.051			0.05108
TANQUERO DE AGUA	1	25.000	25.000	0.050	1.25000
MOTONIVELADORA	1	50.000	50.000	0.050	2.500
RODILLO VIBRATORIO	1	45.000	45.000	0.050	2.250

N.- MANO DE OBRA

DECRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	1	3.930	3.930	0.050	0.19650
CHOFER	1	5.140	5.140	0.050	0.25700
OP. EQUIPO GRUPO I	2	3.930	7.860	0.050	0.39300
OFICIAL	1	3.500	3.500	0.050	0.17500

O.- MATERIALES

DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
CASCAJO MEDIANO	M3	1.250	1.350	1.68750

P.- TRANSPORTE

DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

PARCIAL P				
Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)			8.76008
	INDIRECTOS Y UTILIDAD		15.00%	1.31401
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			10.07409
	VALOR PROPUESTO			10.07

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 6 UNIDAD: m3 RENDIM. R = 0.400
 DESCRIPCIÓN: Material de preéstamo importado manual (inc desalojo)

M.- EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.394			0.39390
COMPACTADOR MANUAL	1	2.500	2.500	0.400	1.00000

N.- MANO DE OBRA PARCIAL M 1.394

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	0.5	3.930	1.965	0.400	0.78600
OP. EQUIPO GRUPO II	1	3.730	3.730	0.400	1.49200
OFICIAL	4	3.500	14.000	0.400	5.60000

O.- MATERIALES PARCIAL N 7.87800

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
CASCAJO MEDIANO	M3	1.250	1.350	1.68750

P.- TRANSPORTE PARCIAL O 1.68750

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

PARCIAL P

Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)	10.95940
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	1.64391
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	12.60331
	VALOR PROPUESTO	12.60

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 7

UNIDAD: m3

RENDIM. R = 0.439

DESCRIPCIÓN: Remoción de gaviones existentes

M.- EQUIPOS

DECRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.432			0.43231
CORTADORA ELECTRICA	0.5	8.000	4.000	0.439	1.75600
COMPRESOR CON MARTILLO	1	24.000	24.000	0.439	10.536

N.- MANO DE OBRA

				PARCIAL M	12.724
DECRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	0.5	3.930	1.965	0.439	0.86264
OP. EQUIPO GRUPO II	1	3.730	3.730	0.439	1.63747
OFICIAL	4	3.500	14.000	0.439	6.14600

O.- MATERIALES

			PARCIAL N	8.64611
DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO

P.- TRANSPORTE

				PARCIAL O	
DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	

PARCIAL P

Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)	21.37041
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	3.20556
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	24.57597
	VALOR PROPUESTO	24.58

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 8 UNIDAD: m3 RENDIM. R = 0.030

DESCRIPCIÓN: Transporte y desalojo de escombros

M.- EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.011			0.01066
VOLQUETA	1	24.000	24.000	0.030	0.72000

N.- MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	0.5	3.930	1.965	0.030	0.05895
CHOFER	1	5.140	5.140	0.030	0.15420

O.- MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO

P.- TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

PARCIAL P

Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)	0.94381
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%	0.14157
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.08538
	VALOR PROPUESTO	1.09

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 9 UNIDAD: m2 RENDIM. R = 0.279

DESCRIPCIÓN: Malla electrosoldada 20x20 Ø 8mm

M.- EQUIPOS

DECRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	0.129			0.12925
EQUIPO DE OXICORTE	1	3.700	3.700	0.279	1.03230
CORTADORA ELECTRICA	1	8.000	8.000	0.279	2.232

N.- MANO DE OBRA

DECRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
MAESTRO DE OBRA	0.5	3.930	1.965	0.279	0.54824
SOLDADOR	1	3.800	3.800	0.279	1.06020
OFICIAL	1	3.500	3.500	0.279	0.97650

O.- MATERIALES

DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
MALLA ELECTROSOLDADA 8MM 20X20	M2	1.000	8.000	8.00000
SOLDADURA 60-11	KG	0.150	3.920	0.58800

P.- TRANSPORTE

DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

PARCIAL P				
Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)			14.56648
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%			2.18497
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			16.75145
	VALOR PROPUESTO			16.75

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 10 UNIDAD: m3 RENDIM. R = 1.614

DESCRIPCIÓN: Hormigon de cemento portlando f'c=360 kg/cm2 (inc. encofrado)

M.- EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
HERRAMIENTAS MENORES 5%MO	1	2.307			2.30721
VIBRADOR DE MANGUERA	1	3.500	3.500	1.614	5.64900

N.- MANO DE OBRA

					PARCIAL M	7.956
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.	
MAESTRO DE OBRA	1	3.930	3.930	1.614	6.34302	
ALBAÑIL	2	3.540	7.080	1.614	11.42712	
CARPINTERO	2	3.540	7.080	1.614	11.42712	
OFICIAL	3	3.500	10.500	1.614	16.94700	

O.- MATERIALES

					PARCIAL N	46.14426
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO		
HORMIGON PREMEZCLADO F'C=360 KG/CM2	M3	1.020	208.000	212.16000		
ENTIBADO/TABLESTACA	M2	1.000	5.900	5.90000		
CURINSOL I-886	KG	1.000	1.900	1.90000		
ENCOFRADO	M2	1.500	3.000	4.50000		

P.- TRANSPORTE

					PARCIAL O	224.46000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		

					PARCIAL P	
Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)					278.56047
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%					41.78407
	COSTO TOTAL DEL RUBRO					320.34454
	VALOR PROPUESTO					320.34

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 11 UNIDAD: u RENDIM. R = 1.457

DESCRIPCIÓN: Protección para trabajador

M.- EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.

N.- MANO DE OBRA

				PARCIAL M	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.

O.- MATERIALES

			PARCIAL N	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
CASCO	U	1.000	6.700	6.70000
BOTAS	PAR	1.000	8.000	8.00000
GUANTES DE CUERO	PAR	1.000	4.700	4.70000
TAPON AURICULAR	U	1.000	2.400	2.40000
MASCARILLA DESCARTABLE	U	5.000	0.220	1.10000
CHALECO REFLECTIVO (PLASTICO)	U	1.000	6.000	6.00000

P.- TRANSPORTE

				PARCIAL O	28.90000
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	

				PARCIAL P	
Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)				28.90000
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%				4.33500
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				33.23500
	VALOR PROPUESTO				33.24

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE EN LA PARROQUIA MANGLARALTO

NO.: 12 UNIDAD: u RENDIM. R = 1.040

DESCRIPCIÓN: Alquiler de baterías sanitarias

M.- EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
BATERIA SANITARIA	1	124.000	124.000	1.040	128.96000

N.- MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO UNIT.
OFICIAL	1	3.500	3.500	1.040	3.64000

O.- MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO

P.- TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO

PARCIAL P				
Nota: Estos precios no incluyen IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO X = (M+N+O+P)			132.60000
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 15.00%			19.89000
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			152.49000
	VALOR PROPUESTO			152.49

BIBLIOGRAFÍA

- Amado. (1990). Observaciones sobre la Geología del río Manglaralto.
- Benedicti, Pablo Daniel. (2010). Presa, diques y embalses. Universidad Tecnológica Nacional.
- INAMHI. (2008). Anuario meteorológico.
- Botía, Wilmar. (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelo. Bogotá.
- Ensayo Permeabilidad de Suelos*. n.d.
<https://es.scribd.com/document/270917681/Ensayo-Permeabilidad-de-Suelos>.
- Ingeniería civil global*. n.d.
<https://ingenieriacivilglobal.wordpress.com/2012/04/08/diques/>.
- GAD Parroquial Manglaralto. n.d.
<http://manglaralto.gob.ec/index.php/ct-menu-item-17/ct-menu-item-35>.
- Mayoral Juan, Romo Miguel, Ramirez Jenny. (2010). Pruebas de laboratorio para determinar propiedades del suelo. *Instituto de ingenierias UNAM*.
- Nuñez del Arco, Eugenio. 2003. *Geología del Ecuador*.
- Pacheco, Gonzalo Marín. (2016). Recursos Hídricos.
- UNESCO. (2006). The United Nations World Water Development Report 2.
- Diario El Universo. 2002. Poblaciones del Ecuador en listado de países con menos acceso al agua potable.