



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL DESAZOLVE DEL EMBALSE DEL  
CAMPUS “GUSTAVO GALINDO” Y REHABILITACIÓN DE LA CICLOVÍA  
BORDEANDO EL VASO”**

### **PROYECTO DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

### **INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

**VICTOR ALEJANDRO LUNA CABRERA**

**SUGEIDY STEFANNIA MÉNDEZ HERRERA**

**GUAYAQUIL-ECUADOR  
2017**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de lograr esta meta.

A mis Padres, Osiris y Jacqueline, que han velado mi camino por el sendero de la vida y brindan su apoyo y su amor incondicional. A mis hermanos, Osiris y Jacky que me alentaron en todo momento y a los que admiro.

A mis amigos Luis, Clemente, Maite, Fernando, Ricky, con quienes comparto una gran amistad. A familiares y amigos que contribuyeron en mi formación personal.

Victor Alejandro Luna Cabrera

## DEDICATORIA

Al Dios por guiar siempre mis pasos.

A mis Padres Jhon y Mery que me han  
han brindado su amor y apoyo  
incondicional. A mi hermano Jhon  
quien pese a las diferencias siempre  
será un pilar en mi vida.

A mi esposo Lex quien me ha sabido  
comprender y apoyar en todo  
momento, quien me ha inspirado con  
ideas cuando las mías no eran  
suficientes y me ha sabido amar pese  
a todos mis defectos.

A mi familia, amigos y a todos los que  
me han ayudado a crecer como  
persona.

Sugeidy Stefannia Méndez Herrera

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral y a todos los profesores de la Facultad de Ciencias de la Tierra que han contribuido en nuestra formación académica. A la Gerencia de Infraestructura Física, nuestros familiares, amigos y docentes que compartieron tiempo, información y conocimiento haciendo posible la realización del presente trabajo.

Victor Alejandro Luna Cabrera

Sugeidy Stefannia Méndez Herrera

# **TRIBUNAL DEL PROYECTO**

---

**PhD. Hugo Egüez Álava**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo**  
**DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

---

**MSc. Luis de Grau Vidal**  
**MIEMBRO EVALUADOR**

# **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la  
ESPOL)

---

**Víctor Alejandro Luna Cabrera**

---

**Sugeidy Stefannia Méndez Herrera**

## RESUMEN

La primera presa construida en el campus politécnico ha sufrido un significativo azolve debido principalmente a acciones antrópicas, esta situación determina un riesgo para el funcionamiento hidráulico de la presa ya que ha perdido gran capacidad de regulación de crecidas. Por esta causa se propone una operación detallada de extracción de sedimentos y desalajo. Adicionalmente se formulan las soluciones técnicas para el funcionamiento de una ciclovía bordeando el embalse. El proyecto consiste en el diseño geométrico y estructural de una ciclovía, tomando en cuenta las consideraciones y parámetros del terreno como planimetría, altimetría, impactos ambientales y costos que afectan la toma de decisiones al momento de la ejecución de un proyecto. Una vez obtenidos los datos de batimetría y topografía se realizó el diseño del dragado en base a la capacidad y alcance de una maquinaria Komatsu, el diseño geométrico y estructural de la ciclovía se realizó en base a normativas y manuales del Ecuador como de otros países con más estudios referentes al tema, se realizaron tres alternativas de trazado geométrico. Una vez terminado el proceso de diseño se calculó un presupuesto referencial para cada alternativa propuesta incluyendo los rubros ambientales. Los datos obtenidos nos dieron un valor de 65545 m<sup>3</sup> de material de dragado, un presupuesto referencial de la alternativa que cumplió los criterios de utilización-costo-beneficio, de \$ 638,789.19 como costo total y una

longitud de 1652 m. Finalmente la alternativa elegida para la ciclovía cumple con un correcto diseño geométrico y estructural para ciclismo recreativo, aprovechando al máximo el material de dragado lo cual disminuye costos y agrega significativamente beneficios a la comunidad politécnica.

Palabras Clave: ciclovía, azolve, dragado, lago Espol, utilización, costo, beneficio.



# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	IV
TRIBUNAL DEL PROYECTO.....	V
DECLARACIÓN EXPRESA.....	VI
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ABREVIATURAS.....	XVI
SIMBOLOGÍA.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXII
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>25</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>25</b>
1.1    Antecedentes.....	26
1.2    Descripción del problema.....	27
1.3    Alcance.....	31
1.4    Objetivos.....	32

1.4.1	Objetivo General .....	32
1.4.2	Objetivos específicos .....	33
1.5	Terminología.....	33
1.5.1	Avenida extraordinaria .....	33
1.5.2	Azolve .....	34
1.5.3	Creciente de Diseño.....	34
1.5.4	Embalse .....	34
1.5.5	Mejoramiento de suelo .....	34
1.5.6	Problemas en vías de tierra.....	35
1.5.7	Sedimentación en lagos .....	35
1.5.8	Taludes para vías.....	35
1.5.9	Vida útil .....	36
1.6	Descripción del área de estudio.....	36
1.6.1	Lagos .....	36
1.6.2	Ubicación .....	38
1.6.3	Tipo de clima.....	40
1.6.4	Geología .....	43
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>		<b>47</b>
<b>ESTUDIOS PRELIMINARES .....</b>		<b>47</b>

2.1	Información disponible .....	48
2.1.1	Topografía.....	48
2.1.2	Batimetría.....	49
2.1.3	Diseños anteriores .....	50
2.1.4	Estudios de suelo .....	51
2.1.5	Estudios hidrológicos .....	56
2.2	Trabajos de campo y laboratorio.....	57
2.2.1	Levantamiento topográfico .....	57
2.2.2	Estudios de suelo .....	60
2.3	Trabajo de oficina .....	68
2.3.1	Levantamiento topográfico .....	68
2.3.2	Estudios de Suelo .....	68
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>		<b>85</b>
<b>DESAZOLVE DEL LAGO .....</b>		<b>85</b>
3.1	Erosión y sedimentación en el Lago .....	86
3.2	Capacidad de embalse actual.....	87
3.3	Características del material a remover.....	93
3.4	Equipo propuesto para el dragado .....	94
3.5	Escenario de dragado.....	101

3.6	Capacidad esperada de embalse .....	105
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>		<b>108</b>
<b>DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CICLOVÍA .....</b>		<b>108</b>
4.1	Normativas aplicables en el diseño geométrico .....	109
4.2	Factores a considerar .....	110
4.3	La bicicleta como vehículo de diseño.....	111
4.4	Sección de la vía .....	113
4.5	Velocidad de diseño .....	116
4.6	Curvas horizontales .....	118
4.7	Curvas verticales .....	119
4.8	Sobreanchos .....	120
4.9	Peralte .....	121
4.10	Sección propuesta para la ciclovia .....	121
4.11	Ruta de la ciclovia .....	122
4.11.1	Alternativa 1 .....	122
4.11.2	Alternativa 2 .....	126
4.11.3	Alternativa 3 .....	129
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>		<b>134</b>
<b>DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CICLOVÍA.....</b>		<b>134</b>

5.1	Normativas para la configuración de la estructura de pavimento ..	135
5.2	Consideraciones generales .....	136
5.3	Tipo de vía.....	136
5.4	Taludes requeridos .....	136
5.5	Preparación de Subrasante .....	138
5.6	Estructura de Pavimento Flexible .....	141
5.6.1	Sub Base .....	141
5.6.2	Base.....	144
5.6.3	Capa de rodadura .....	149
5.7	Diseño de Pavimento Flexible.....	151
5.8	Obras Complementarias .....	152
5.8.1	Bombeo.....	152
5.8.2	Cuneta .....	153
5.8.3	Subdrenaje.....	161
5.8.4	Alcantarillas.....	162
5.8.5	Señalización.....	162
5.8.6	Separadores viales.....	165
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>		<b>168</b>
<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>		<b>168</b>

6.1	Marco Legal de la Calidad Ambiental en el Ecuador .....	169
6.2	Descripción del Área de Influencia.....	173
6.3	Objetivos.....	175
6.3.1	Objetivo General .....	175
6.3.2	Objetivos Específicos .....	175
6.4	Factores ambientales y recursos a evaluar .....	176
6.4.1	Recurso Agua .....	176
6.4.2	Recurso Suelo.....	177
6.4.3	Recurso Aire .....	177
6.4.4	Factor Socio-económico.....	177
6.5	Actividades a evaluar del proyecto .....	178
6.6	Resultados de Matrices evaluadas por actividades.....	179
6.7	Especificaciones Ambientales de Construcción .....	181
6.8	Recomendaciones y Conclusiones Ambientales.....	191
	<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>194</b>
	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>194</b>
	<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>201</b>
	<b>ANÁLISIS MULTICRITERIO .....</b>	<b>201</b>
	<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>204</b>

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>204</b>
CONCLUSIONES.....	205
RECOMENDACIONES.....	207

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
MPY	Milésimas de pulgadas por año
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos



## SIMBOLOGÍA

ha	Hectárea
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
°C	Grados centígrados
W <sub>prom</sub>	Contenido de humedad promedio
WL	Límite líquido
IP	Índice plástico

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ciclovía saturada durante la época lluviosa. ....	29
<b>Figura 1.2</b> Marcas de vehículos en la ciclovía.....	30
<b>Figura 1.3</b> Ubicación general de la Escuela Superior Politécnica del Litoral	38
<b>Figura 1.4</b> Lago de la Escuela Superior Politécnica del Litoral .....	39
<b>Figura 1.5</b> Tipo de clima de la ESPOL .....	41
<b>Figura 1.6</b> Mapa de Isotermas .....	42
<b>Figura 1.7</b> Mapa de Isoyetas.....	43
<b>Figura 1.8</b> Implantación del Aula Magna. ....	44
<b>Figura 1.9</b> Geología de la ESPOL.....	45
<b>Figura 1.10</b> Presencia de Lutitas.....	46
<b>Figura 1.11</b> Suelos residuales en la cola del Lago .....	46
<b>Figura 2.1</b> Topografía del Campus Gustavo Galindo .....	48
<b>Figura 2.2</b> Batimetría del Lago de la ESPOL.....	49
<b>Figura 2.3</b> Plano de curvas de nivel de ESPOL .....	50
<b>Figura 2.4</b> Ubicación de las perforaciones .....	52
<b>Figura 2.5</b> Perfiles Geológicos Geotécnicos.....	54
<b>Figura 2.6</b> Subcuenca C que abarca el Lago .....	57
<b>Figura 2.7</b> Hito FICT001.....	59
<b>Figura 2.8</b> Hito FICT001.....	60
<b>Figura 2.9</b> Ubicación de las estaciones de muestreo. ....	61

<b>Figura 2.10</b> Estación de muestreo M1.....	62
<b>Figura 2.11</b> Estación de muestreo M2.....	63
<b>Figura 2.12</b> Estación de muestreo M3.....	63
<b>Figura 2.13</b> Estación de muestreo M4.....	64
<b>Figura 2.14</b> Muestra 3 antes del secado. ....	65
<b>Figura 2.15</b> Muestra 1 antes del secado. ....	65
<b>Figura 2.16</b> Muestra 2 antes del secado. ....	66
<b>Figura 2.17</b> Muestra 4 antes del secado. ....	67
<b>Figura 2.18</b> Curva granulométrica - Muestra 1. ....	70
<b>Figura 2.19</b> %Humedad vs N° de Golpes – Muestra 1. ....	71
<b>Figura 2.20</b> Curva granulométrica - Muestra 2. ....	73
<b>Figura 2.21</b> %Humedad vs N° de Golpes – Muestra 2. ....	74
<b>Figura 2.22</b> Curva granulométrica - Muestra 3. ....	76
<b>Figura 2.23</b> %Humedad vs N° de Golpes – Muestra 3. ....	77
<b>Figura 2.24</b> Curva granulométrica - Muestra 4. ....	79
<b>Figura 2.25</b> %Humedad vs N° de Golpes – Muestra 4. ....	80
<b>Figura 2.26</b> Granulometría de material para Capa Drenante.....	84
<b>Figura 3.1</b> Explicación para el cálculo de la capacidad de embalse actual .	88
<b>Figura 3.2</b> Sección tipo del lago.....	88
<b>Figura 3.3</b> Muestra M1 .....	94
<b>Figura 3.4</b> Excavadora KOMATSU .....	96
<b>Figura 3.5</b> Dimensiones de una excavadora .....	97

<b>Figura 3.6</b> Dimensiones de rangos de trabajo de una excavadora .....	98
<b>Figura 3.7</b> Dimensiones de la excavadora KOMATSU PC600LC-8 .....	100
<b>Figura 3.8</b> Rango de trabajo de la excavadora KOMATSU PC600LC-8.....	101
<b>Figura 3.9</b> Esquema del rango de trabajo de la excavadora KOMATSU PC600LC-8.....	102
<b>Figura 3.10</b> Esquema de profundización.....	103
<b>Figura 3.11</b> Sección a dragar .....	104
<b>Figura 3.12</b> Zona a dragar (Vista en AutoCAD Civil 3D).....	105
<b>Figura 3.13</b> Sección tipo de dragado .....	106
<b>Figura 4.1</b> Vehículo de diseño.....	113
<b>Figura 4.2</b> Anchos de sección .....	115
<b>Figura 4.3</b> Espacio de resguardo para bordillos .....	115
<b>Figura 4.4</b> Espacio de resguardo para obstáculos .....	116
<b>Figura 4.5</b> Sección típica para la ciclovía del lago.....	122
<b>Figura 4.6</b> Alternativa 1 .....	123
<b>Figura 4.7</b> Sección tipo de alternativa 1 .....	124
<b>Figura 4.8</b> Sección tipo de Alternativa 2.....	126
<b>Figura 4.9</b> Alternativa 2.....	127
<b>Figura 4.10</b> Sección tipo de Alternativa 3.....	130
<b>Figura 4.11</b> Alternativa 3.....	131
<b>Figura 5.1</b> Talud 1:3 para lado cercano al lago. ....	137
<b>Figura 5.2</b> Talud 1:1 para terreno natural después de cuneta. ....	137

<b>Figura 5.3</b> Traslape del geotextil en función del CBR y tipo de tráfico.....	140
<b>Figura 5.4</b> Configuración del Mejoramiento con Geotextil. ....	140
<b>Figura 5.5</b> Traslape de Geotextil. ....	141
<b>Figura 5.6</b> Esquema de Pavimento Flexible según Manual de Diseño de Ciclo rutas.....	150
<b>Figura 5.7</b> Esquema de Pavimento Flexible según documento de Construcción de Ciclovías del Gobierno de Chile. ....	150
<b>Figura 5.8</b> Esquema con nombres de las capas del Pavimento Flexible. ...	152
<b>Figura 5.9</b> Esquema con espesores de las capas del Pavimento Flexible. ...	152
<b>Figura 5.10</b> Bombeo de la estructura del pavimento. ....	153
<b>Figura 5.11</b> Coeficiente de esorrentía para diferentes tipos de materiales. .....	157
<b>Figura 5.12</b> Plano con el Área de la Subcuenca del lago. ....	158
<b>Figura 5.13</b> Sección de cuneta obtenida. ....	161
<b>Figura 5.14</b> Señalización ciclovía segregada en zona de rebase prohibida. .....	164
<b>Figura 5.15</b> Señalización ciclovía segregada en aproximación a intersecciones.....	164
<b>Figura 5.16</b> Separadores viales tipo tachones. ....	165
<b>Figura 5.17</b> Separadores viales tipo encarrilador. ....	166
<b>Figura 5.18</b> Separadores viales tipo delineador de carril exclusivo. ....	166
<b>Figura 5.19</b> Separadores viales tipo delineador abatible.....	167

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Ubicación de las perforaciones.....	53
<b>Tabla II.</b> Estimación de caudales.....	57
<b>Tabla III.</b> Datos de los hitos .....	59
<b>Tabla IV.</b> Ubicación de las estaciones de muestreo. ....	61
<b>Tabla V.</b> Humedad natural - Muestra 1.....	69
<b>Tabla VI.</b> Granulometría - Muestra 1. ....	69
<b>Tabla VII.</b> Límite Líquido – Muestra 1.....	71
<b>Tabla VIII.</b> Límite Plástico – Muestra 1. ....	71
<b>Tabla IX.</b> Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Muestra 1.....	72
<b>Tabla X.</b> Clasificación SUCS y AASHTO – Muestra 1. ....	72
<b>Tabla XI.</b> Humedad natural – Muestra 2.....	72
<b>Tabla XII.</b> Granulometría - Muestra 2. ....	73
<b>Tabla XIII.</b> Límite Líquido – Muestra 2.....	74
<b>Tabla XIV.</b> Límite Plástico – Muestra 2.....	74
<b>Tabla XV.</b> Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Muestra 2.....	75
<b>Tabla XVI.</b> Clasificación SUCS y AASHTO – Muestra 2.....	75
<b>Tabla XVII.</b> Humedad natural – Muestra 3.....	75
<b>Tabla XVIII.</b> Granulometría - Muestra 3.....	76
<b>Tabla XIX.</b> Límite Líquido – Muestra 3.....	77

<b>Tabla XX.</b> Límite Plástico – Muestra 3.....	77
<b>Tabla XXI.</b> Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Muestra 3.....	78
<b>Tabla XXII.</b> Clasificación SUCS y AASHTO – Muestra 3.....	78
<b>Tabla XXIII.</b> Humedad natural – Muestra 4.....	78
<b>Tabla XXIV.</b> Granulometría - Muestra 4.....	79
<b>Tabla XXV.</b> Límite Líquido – Muestra 4. ....	80
<b>Tabla XXVI.</b> Límite Plástico – Muestra 4. ....	80
<b>Tabla XXVII.</b> Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Muestra 4. ....	81
<b>Tabla XXVIII.</b> Clasificación SUCS y AASHTO – Muestra 4.....	81
<b>Tabla XXIX.</b> Resumen de los ensayos geotécnicos.....	81
<b>Tabla XXX.</b> Granulometría Capa Drenante.....	83
<b>Tabla XXXI.</b> Volúmenes actuales de capacidad de embalse .....	89
<b>Tabla XXXII.</b> Comparación entre 4 excavadoras KOMATSU.....	99
<b>Tabla XXXIII.</b> Volúmenes a dragar .....	106
<b>Tabla XXXIV.</b> Dimensiones típicas de bicicletas.....	112
<b>Tabla XXXV.</b> Velocidad de diseño en descenso .....	118
<b>Tabla XXXVI.</b> Longitud de tramo en función de la pendiente del terreno ....	120
<b>Tabla XXXVII.</b> Sobreancho en función de pendiente y longitud del tramo ..	120
<b>Tabla XXXVIII.</b> Sobreancho en función del radio de giro .....	121
<b>Tabla XXXIX.</b> Elementos de curva – Alternativa 1 .....	124

<b>Tabla XL.</b> Tabla de elementos de curva – Alternativa 2. ....	128
<b>Tabla XLI.</b> Tabla de elementos de curva – Alterativa 3. ....	132
<b>Tabla XLII.</b> Clasificación de potencial de expansión basado en las propiedades del índice de plasticidad.....	139
<b>Tabla XLIII.</b> Clasificación de Sub-bases según su granulometría.....	143
<b>Tabla XLIV.</b> Base Tipo 1A y 1B según su granulometría.....	146
<b>Tabla XLV.</b> Base Clase 2 según su granulometría. ....	146
<b>Tabla XLVI.</b> Base Clase 3 según su granulometría. ....	147
<b>Tabla XLVII.</b> Base Clase 4 según su granulometría. ....	148
<b>Tabla XLVIII.</b> Granulometría óptima del material de base. ....	148
<b>Tabla XLIX.</b> Espesores de Pavimento Flexible.....	151
<b>Tabla L.</b> Estimación de caudales.....	154
<b>Tabla LI.</b> Coeficiente de rugosidad $\eta$ de Manning. ....	159
<b>Tabla LII.</b> Actividades y materiales o equipos a emplearse. ....	178
<b>Tabla LIII.</b> Listado de rubros Pavimento Flexible y Dragado.....	195
<b>Tabla LIV.</b> Presupuesto – Alternativa 1 .....	197
<b>Tabla LV.</b> Presupuesto – Alternativa 2 .....	198
<b>Tabla LVI.</b> Presupuesto – Alternativa 3 .....	199
<b>Tabla LVII.</b> Resumen de Presupuesto por Alternativa. ....	200
<b>Tabla LVIII.</b> Matriz de decisión .....	203



# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Antecedentes

La Escuela Superior Politécnica del Litoral –ESPOL, es uno de los establecimientos educativos más reconocidos a nivel territorial, inicialmente era particular pero se convirtió en una institución pública por lo cual se ha incrementado la población estudiantil especialmente en los últimos años.

En el año 1959 la ESPOL contaba apenas con 24 alumnos y para el año 2016 se registran alrededor de 11000 estudiantes en los diferentes campus de la universidad.

Es así como en el año 1990 la ESPOL se vio en la necesidad de ampliar su planificación estructural tanto desde el punto de vista arquitectónico, como ingenieril, especialmente en el Campus Gustavo Galindo.

En este año se construyó la primera presa de embalse en el Campus Gustavo Galindo. Esta obra hidráulica tiene una longitud aproximada en la corona de 102 metros y una altura de 20 metros. La presa fue diseñada para almacenar anualmente 380 000 m<sup>3</sup>, siendo la cuenca de drenaje que alimenta dicho embalse de aproximadamente 86 ha según Saltos (2007).

Perimetralmente a la presa, comúnmente conocida como “Lago de la ESPOL”, se sitúa una ciclovía de tierra, la cual ha sido utilizada con fines recreativos tanto por estudiantes de la universidad como por particulares.

Dicha ciclovía, según trabajadores presentes en el momento de la construcción, fue hecha con el material de extracción cuando construyeron el vaso de la presa, este material fue compactado a medida que las maquinarias avanzaban. La vía fue inicialmente construida para poder movilizar las maquinarias alrededor de la cota 79, siendo esta la cota perimetral que limita la presa.

## **1.2 Descripción del problema**

Desde que la presa fue construida y durante todos los años en que esta ha operado, debido a los niveles de precipitación en el litoral ecuatoriano esta se ha llenado prácticamente por completo, dando paso al funcionamiento del aliviadero, el cual es una estructura que como su nombre lo indica permite aliviar el volumen excedente de agua en la presa.

Debido a que se trata de una presa de tierra, para que la seguridad de funcionamiento de esta obra sea garantizada, la presa no debe ser desbordada, ya que si esto ocurre el cuerpo de presa podría fallar, por lo

cual es necesario preservar la capacidad de embalse, ya que si esta disminuye, el aliviadero dejaría pasar mayores caudales y puede llegar el momento en el cual sea una obra insuficiente para el drenaje del embalse.

Uno de los mayores problemas que se ha presentado en la presa a lo largo de los años ha sido el azolve del lago, es decir la deposición de material en el lago, lo cual ha afectado su capacidad de almacenamiento causando que el nivel de embalse de la presa sea mayor con menores volúmenes de agua.

El emplazamiento de la denominada ciclovía, no ha considerado el crecimiento del nivel de embalse por lo que la plataforma de esa pequeña vía se inunda cuando el nivel de embalse crece, causando que sea imposible la circulación de bicicletas por las malas condiciones del terreno. Sumado al problema de inundación, de acuerdo a la investigación realizada no existe un adecuado diseño estructural de la ciclovía, siendo la falta del sistema de drenaje uno de los principales problemas dado que esta vía nunca fue concebida como tal.

Las acciones más perjudiciales y que afectan directamente la capacidad de embalse, y por lo tanto el funcionamiento de la ciclovía, constituyen el

amontonamiento de materiales de desalojo que han sido colocados en la cola de la presa, así mismo la falta de un diseño adecuado de la ciclovía causa que el material que conforma la plataforma de la misma se desprenda y termine azolvando el lago, incrementando la magnitud del problema, esto se puede evidenciar en el registro fotográfico presentado en el ANEXO A.



**Figura 1.1** Ciclovía saturada durante la época lluviosa.  
**Fuente:** Luna, V., Mendez, S., 2017.

La figura anterior corresponde a una inspección realizada el 17 de mayo del 2017, la mayoría de la plataforma de la ciclovía se encontraba

saturada de agua, no se evidenciaban taludes adecuados para esta obra, en muchos de los tramos el nivel del embalse daba casi al ras del nivel de la vía, así mismo se evidencio que la cola del lago se encuentra azolvada, lo cual no solo afecta a la ciclovía sino también a la fauna del lago.

En la inspección se observó además que en esta vía no solo se da la circulación de bicicletas, sino que también se encontró evidencia del paso de vehículos livianos, lo cual agrava el desprendimiento del material de la plataforma.



**Figura 1.2** Marcas de vehículos en la ciclovía  
**Fuente:** Luna, V., Mendez, S., 2017.

A pesar de que en épocas lluviosas se presentan problemas antes mencionados, existe evidencia de circulación de vehículos en estas épocas, tanto como automóviles como maquinarias, lo cual ayuda a la deformación de la capa de rodadura y al momento de secarse este material se vuelve muy duro, lo que incrementa las posibilidades de que se accidenten los usuarios.

Debido a lo anterior expuesto, el presente trabajo pretende plantear una solución para recuperar la capacidad de embalse de la presa y que esta tenga una mayor vida útil, además de una serie de alternativas que brinden una solución adecuada para los problemas identificados, es decir que se encuentre una solución que permita la coexistencia de la ciclovía y de la presa, sin que el funcionamiento de ninguna de ellas se vea afectado.

### **1.3 Alcance**

De acuerdo a los antecedentes anteriores y con el fin de elaborar el proyecto de fin de carrera para la obtención del título de Ingeniero Civil, se ha decidido aportar a la ESPOC con el rediseño de la ciclovía que rodea perimetralmente el lago, además debido a la necesidad de preservar la capacidad de embalse de la presa, se presenta la remoción

de material del lago como una solución para los problemas de azolve que enfrenta.

El proyecto consiste en el diseño geométrico y estructural de una ciclovía, tomando en cuenta las consideraciones y parámetros del terreno como planimetría, altimetría, impactos ambientales y costos que afectan la toma de decisiones al momento de la ejecución de un proyecto.

Las alternativas que se desarrollarán en el presente trabajo contemplan tres opciones de trazado geométrico y se muestran a continuación:

1. Inicio en el parqueadero de EDCOM con fin a la altura de la intersección con la ciclovía de la vía principal ESPOL.
2. Inicio en el parqueadero de EDCOM con fin a la altura del parqueadero de FIMCBOR.
3. Inicio en el parqueadero de EDCOM con fin en Estación de bicicletas por Rectorado.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Proveer a la comunidad politécnica de un área adecuada para la práctica de ciclismo recreacional, realizando el correcto diseño



tanto geométrico como estructural para la Ciclovía del Lago, colocando la respectiva señalética tanto horizontal como vertical para garantizar la seguridad vial del recorrido, así como presentar la remoción del material azolvado del lago como solución para aumentar la capacidad de embalse de la presa.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar el correcto diseño geométrico y estructural para la Ciclovía del Lago.
- Determinar la señalización horizontal y vertical necesaria para la Ciclovía del Lago.
- Calcular los volúmenes para el desazolve del lago.
- Determinar el sitio de depósito adecuado para el material azolvado.
- Seleccionar la alternativa óptima para la Ciclovía del Lago.
- Presentar recomendaciones para la ejecución de las obras.

### **1.5 Terminología**

#### **1.5.1 Avenida extraordinaria**

Incremento excesivo del nivel del cauce de un cuerpo hídrico, causado por intensas precipitaciones parciales o sobre toda la cuenca.

### **1.5.2 Azolve**

Material sedimentario que es arrastrado desde la cuenca, hasta un vaso de presa, el cual se deposita formando bancos y por consiguiente disminuyendo la profundidad y perdiendo así la capacidad de embalse.

### **1.5.3 Creciente de Diseño**

Calculada a partir de las tormentas más intensas registradas en la cuenca, se utilizan hidrogramas de diseño los cuales se obtienen con las precipitaciones máximas en 24 horas con periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

### **1.5.4 Embalse**

Depósito de agua formado de manera artificial, creado cerrando la boca de un valle; un río; o un arroyo mediante un dique o una presa, reteniendo así un volumen de agua determinado que podrá ser utilizado para riego, abastecimiento, producción energética, etc.

### **1.5.5 Mejoramiento de suelo**

Procedimiento por el cual se modifican las propiedades y características de un suelo por medio de una acción física, inyección de material de mayor resistencia o utilizando materiales como geotextiles a fin de que este pueda ser utilizado para soportar mayores sollicitaciones de carga.

#### **1.5.6 Problemas en vías de tierra**

Entre los mayores problemas se tiene la falta de un sistema de drenaje o el incorrecto diseño de este y taludes inadecuados. El suelo al ser la capa de rodadura se verá sometido a desgaste y la intemperie, pudiendo derivarse al desprendimiento de material, lavado de finos, crecimiento de vegetación, entre otros.

#### **1.5.7 Sedimentación en lagos**

Los lagos son depósitos de agua, naturales o artificiales, estos se llenan con el agua de las sub-cuencas que los rodean y por consiguiente arrastran sedimentos que finalmente se depositarán en las orillas del lago y el fondo del vaso, dado que la velocidad es cercana a cero en este.

#### **1.5.8 Taludes para vías**

Cuando se construyen vías es necesario hacer taludes para corte y relleno y también para el propio diseño del pavimento ya que estos son formados con material con características específicas y cada material necesita un talud óptimo con el cual pueda mantenerse sin sufrir problemas de derrumbe.

### **1.5.9 Vida útil**

Años para los cuales se diseña una obra tal que esta cumpla con las funciones para la que fue construida.

## **1.6 Descripción del área de estudio**

### **1.6.1 Lagos**

Los lagos son depresiones en el terreno con agua contenida de forma que nunca el volumen de agua se desaloja por completo, no tienen conexión con los océanos, son alimentados por ríos y por lluvias.

Los lagos tienen su origen de procesos tectónicos, volcánicos, fluviales o glaciares, aunque también pueden ser de origen artificial (embalses), de acuerdo a Cadena y Yanez (2002) los lagos pueden ser clasificados como:

- Lagos tectónicos: de diversas magnitudes y de grandes profundidades.
- Lagos glaciares: formados a partir de la última era glacial, al derretirse los glaciares llenaron las depresiones del terreno.
- Lagos volcánicos: se forman en los cráteres de volcanes inactivos.
- Lagos aluviales: se forman por las crecidas de los ríos.
- Lagos kársticos: formados en las depresiones de las colinas.
- Lagos artificiales: formados como resultado de las presas construidas por el hombre para obtener energía, irrigación, regulación de caudales, etc. El lago de la ESPOL forma parte de esta clasificación.

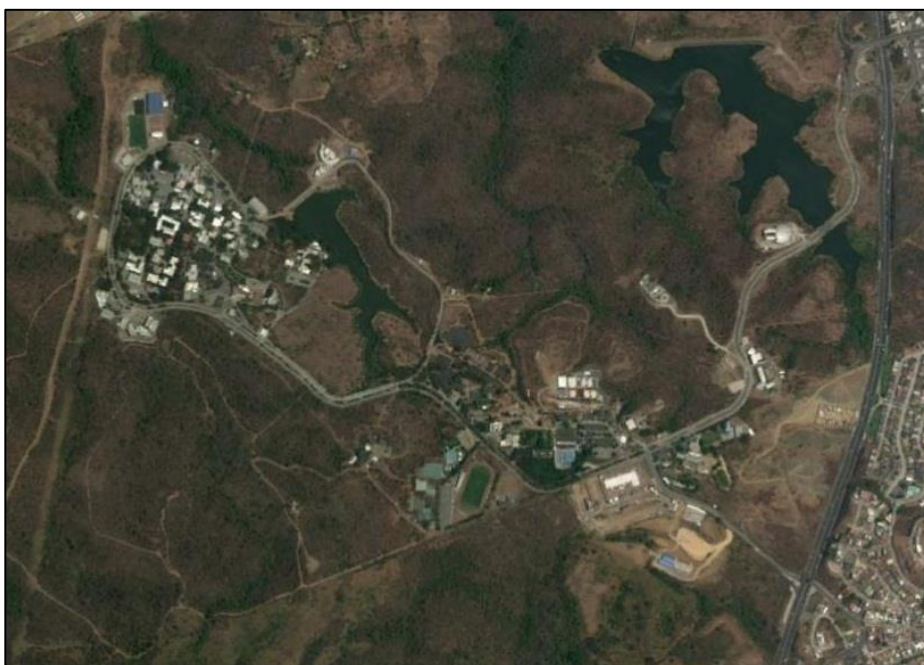
De acuerdo a la presencia de nutrientes los lagos pueden ser:

- Eutróficos: sus aguas son ricas en nutrientes, la luz penetra con dificultad y existe poca presencia de oxígeno, debido a los procesos aeróbicos que desarrollan en él.
- Oligotróficos: sus aguas son pobres en nutrientes, la luz penetra con facilidad, por lo tanto sus aguas son claras, el oxígeno es abundante.

El Lago de la ESPOL es un lago artificial y oligotrófico (Cadena, M. & Yanez, A., 2002).

### 1.6.2 Ubicación

La vía de estudio se encuentra ubicada dentro de los predios de la Escuela Superior Politécnica del Litoral – ESPOL, en el Campus Gustavo Galindo, en el kilómetro 30.5 de la Vía Perimetral-Prosperina, aproximadamente a 615411.72m al Este y 9762522.13m al Sur en coordenadas UTM.



**Figura 1.3** Ubicación general de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

**Fuente:** Google Earth, 2017.

El Campus Gustavo Galindo abarca aproximadamente 690 hectáreas, de las cuales 120 ha. corresponden a la infraestructura

física, es decir a las áreas de Administración, Ingenierías y Tecnologías, mientras que las restantes 570 ha. pertenecen al Bosque Protector La Prosperina. (Jaramillo, 2005)

El Lago de la ESPOL, es una obra artificial correspondiente al primer embalse construido en el Campus en el año 1990, perimetralmente el lago es bordeado por una ciclovía de tierra simple.



**Figura 1.4** Lago de la Escuela Superior Politécnica del Litoral  
**Fuente:** Google Earth, 2017.

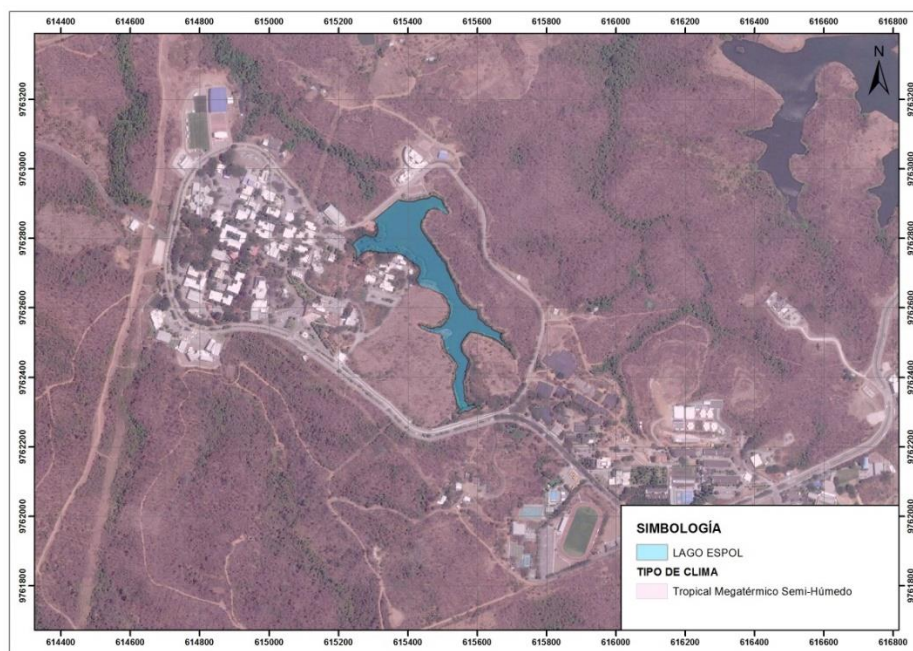
Para el desarrollo de la presente sección se utiliza como base los metadatos disponibles en el INFOPLAN. Según la Secretaría nacional de Planificación y Desarrollo – SENPLADES, “El

INFOPLAN es una herramienta consolidada de información estadística y geográfica de las instituciones públicas”, creado por el Sistema de Información Nacional -SNI. La información disponible en la herramienta se refiere a temas de economía, educación, población, salud, vivienda, recursos naturales, biodiversidad y más; derivada de censos, encuestas, y registros administrativos. La información geográfica, elaborada a diferentes escalas por fuentes oficiales, consiste en fotografías aéreas, ortofotos, imágenes satelitales, cartografía básica, temática y catastral.

### **1.6.3 Tipo de clima**

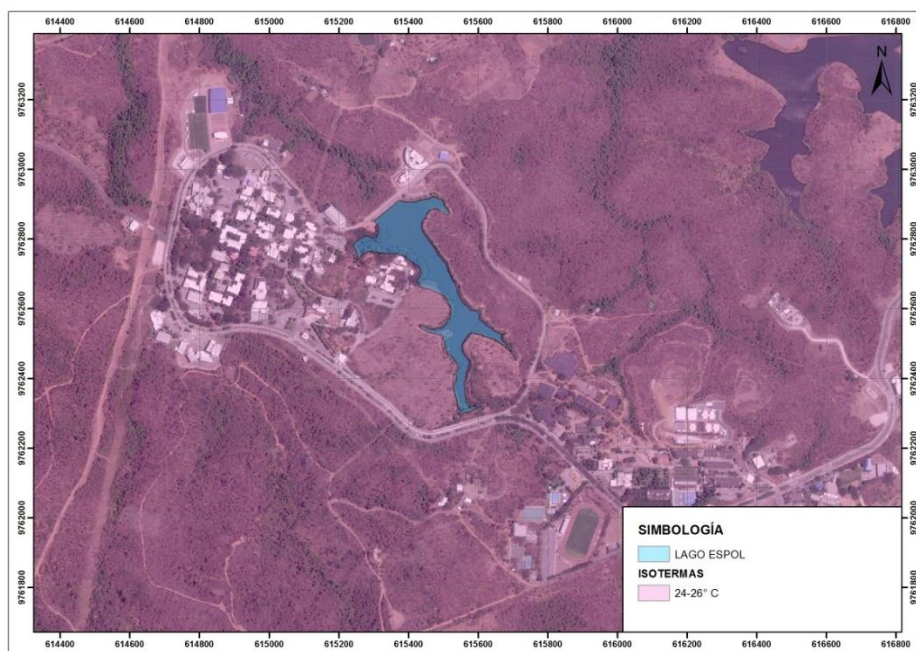
Como se muestra en la figura a continuación, el Lago de la ESPOL se encuentra en la franja del clima Tropical Megatérmico Semi Húmedo, este tipo de clima se caracteriza por tener una estación lluviosa y una seca muy marcada, con precipitaciones anuales que oscilan entre 1000 y 2000 mm de lluvia durante los meses de diciembre a abril y temperaturas medias que bordean los 25° C, con humedad relativa entre el 70 y 90% (Pourrui, P., Róvere, O., Romo, I., Villacrés, H.) El clima Tropical Megatérmico Semi Húmedo cubre aproximadamente una faja de 80 Km de llanura costera, la cual inicia en la costa norte hasta el Golfo de Guayaquil.





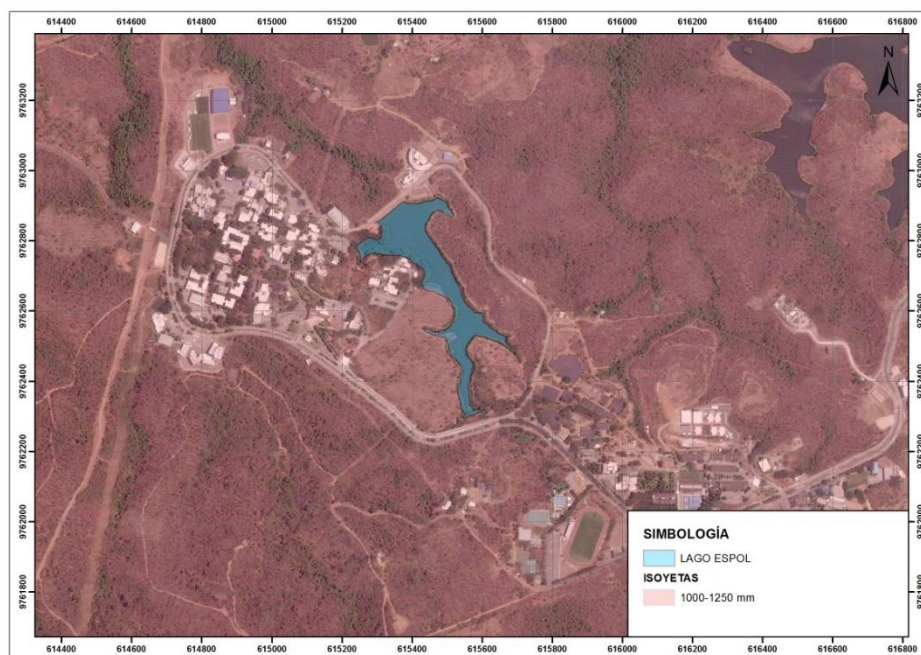
**Figura 1.5** Tipo de clima de la ESPOL  
**Fuente:** INFOPLAN, 2012.

De acuerdo al mapa de isotermas, líneas que unen puntos de igual temperatura, las temperaturas en la ESPOL oscilan entre los 24 y 26° C.



**Figura 1.6** Mapa de Isotermas  
**Fuente:** INFOPLAN, 2012.

De acuerdo a los datos recopilados por el INFOPLAN en el mapa de isoyetas, líneas que unen puntos de igual precipitación, en el Lago de la ESPOL las precipitaciones anuales oscilan entre 1000 y 1250 mm anuales.



**Figura 1.7** Mapa de Isoyetas  
**Fuente:** INFOPLAN, 2012.

#### 1.6.4 Geología

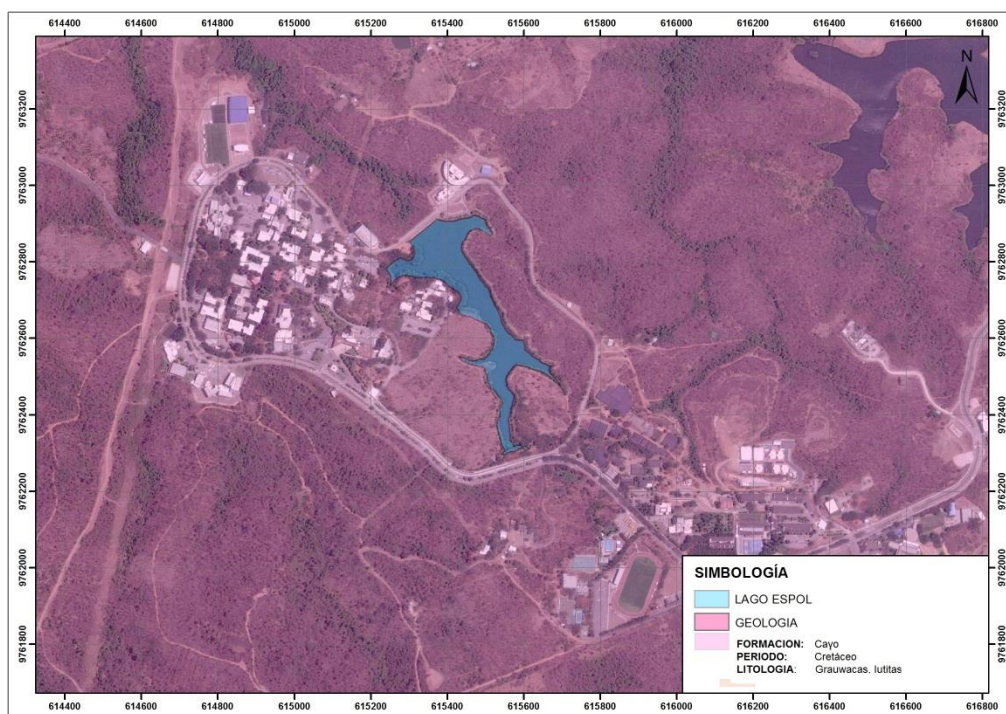
La ESPOL como parte de su planificación estructural planea la construcción del Aula Magna ubicada en la cola del Lago, a partir del estudio de suelo realizado para la construcción de la misma se obtiene la siguiente descripción geológica.



**Figura 1.8** Implantación del Aula Magna.

**Fuente:** Google Earth, 2014.

El área de estudio se encuentra en la Formación Cayo, esta formación pertenece al período Cretácico Superior, con espesores medios de que varían entre 3 a 5 m de sedimentos duros y resistentes a la erosión. Litológicamente esta formación se compone de grauwacas, alternados con capas de lutitas, limolitas y areniscas.



**Figura 1.9** Geología de la ESPOL  
Fuente: INFOPLAN, 2012.

La zona aledaña a la cola del lago se encuentran estratos esporádicos de limolitas de 0.20 m de espesor, se encuentran también Suelos Residuales, formado por rocas desintegradas y erosionadas, depositado en la falda de las elevaciones, se componen de arcilla y limo arcilloso con estrato de 1.10 m sobre la roca, se observa también roca meteorizada y estratos de lutitas.



**Figura 1.10** Presencia de Lutitas  
**Fuente:** ESPOL, 2017.



**Figura 1.11** Suelos residuales en la cola del Lago  
**Fuente:** ESPOL, 2017.

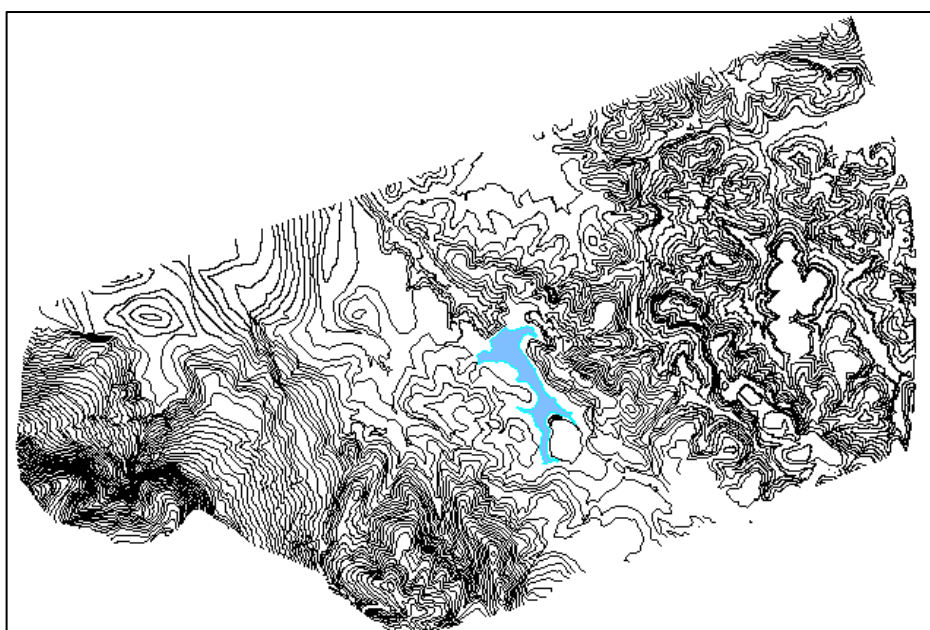
# **CAPÍTULO 2**

## **ESTUDIOS PRELIMINARES**

## 2.1 Información disponible

### 2.1.1 Topografía

Se obtuvo un plano topográfico del Campus facilitado por la ESPOL, con curvas de nivel principales cada 5 metros, dicha topografía es del 2016



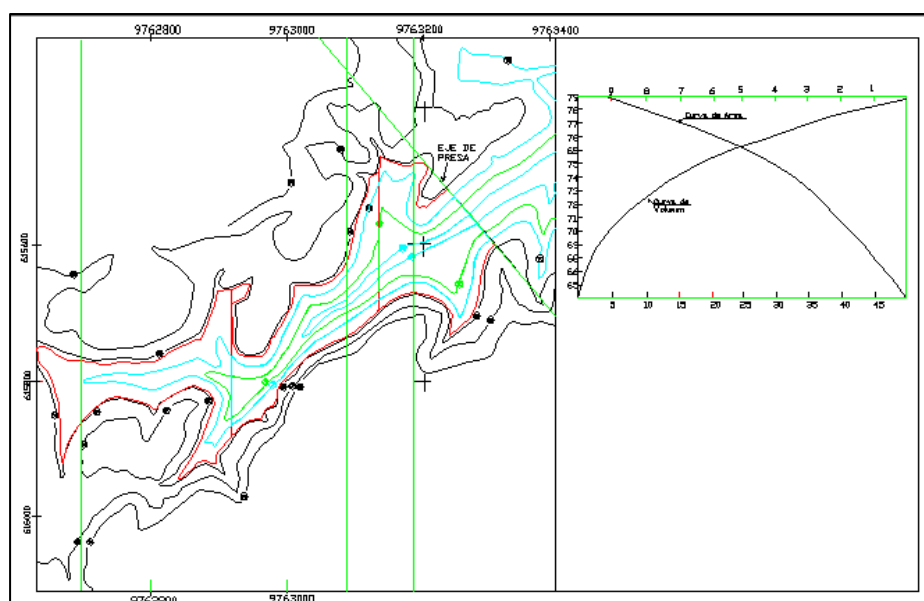
**Figura 2.1** Topografía del Campus Gustavo Galindo  
**Fuente:** ESPOL 2017.

La topografía facilitada se encontró en formato de polilíneas, por lo cual fue necesario con la ayuda del programa AutoCAD Civil 3D, crear la superficie para que pueda ser utilizada para los diseños requeridos.



### 2.1.2 Batimetría

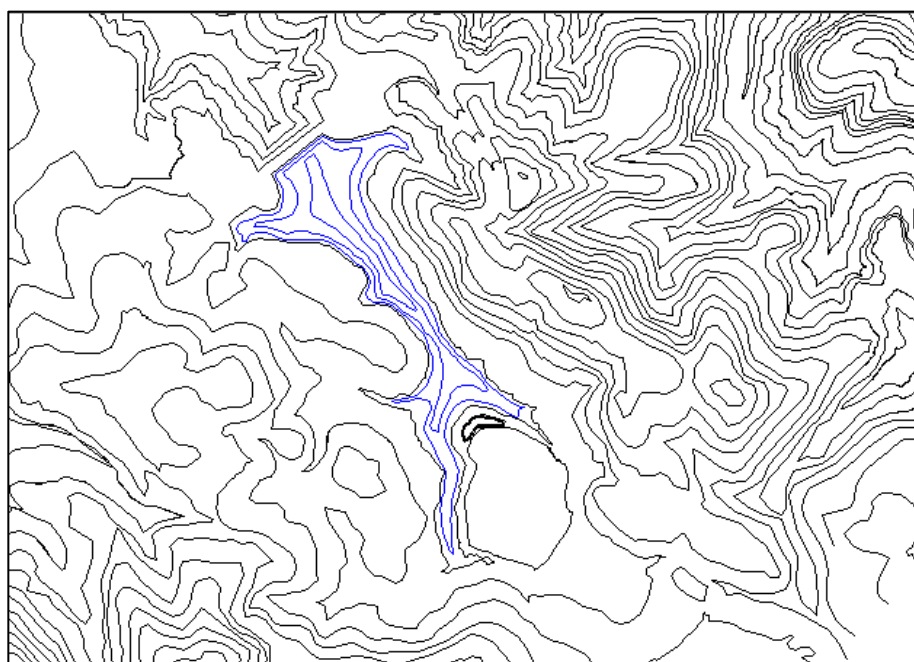
Se obtuvo la batimetría del Lago, facilitada por el Ing. Iván Marcelo Saltos Andrade, la batimetría fue realizada para la elaboración de la tesis "Aplicación del modelo de contaminación Exams en Embalses. Caso de estudio: Embalse de la ESPOL", previa a la obtención del Título de Oceanógrafo.



**Figura 2.2** Batimetría del Lago de la ESPOL  
**Fuente:** Saltos, I., 2007.

La batimetría facilitada fue realizada de 2 maneras, de forma empírica utilizando una soga y un peso; y utilizando el ecosonda Furuno FCV 600 L posicionándose con un GPS diferencial, finalmente combinando los datos obtenidos realizaron el plano

batimétrico con curvas de nivel cada 5 metros, fue necesaria la orientación del lago para que coincida con la orientación real del lago, al igual que en el caso de la topografía se requirió utilizar el programa AutoCAD Civil 3D para generar la superficie, se juntaron tanto la topografía como la batimetría en un mismo archivo para utilizarlo de base, obteniendo un plano Topobatimétrico.



**Figura 2.3** Plano de curvas de nivel de ESPOL

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

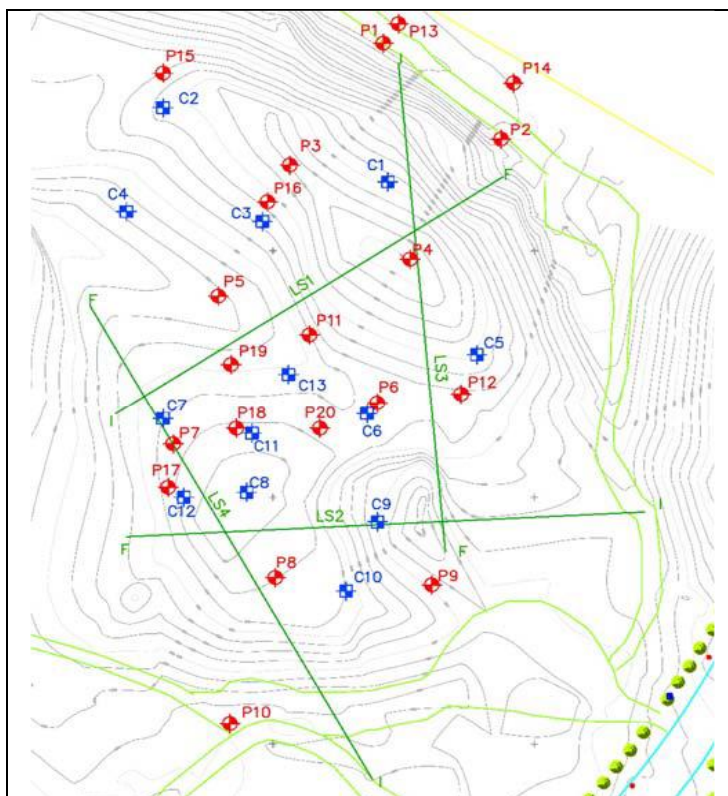
### 2.1.3 Diseños anteriores

No se encontró información acerca de diseños anteriores de la ciclovía perimetral al Lago.

#### **2.1.4 Estudios de suelo**

La presente sección se describe en función del estudio de Geológico-Geotécnico facilitado por la ESPOL y realizado para la construcción del Aula Magna.

Para el estudio geotécnico se realizaron cuatro líneas de sísmica de refracción, cada una de 100 m de longitud, alcanzando a definir las capas sísmicas entre 10 y 20 m de profundidad, también se realizaron 20 perforaciones geotécnicas, por la técnica del ensayo de penetración estándar-SPT por sus siglas en inglés- entre los 0 y 2.55 m de profundidad para obtener información estratigráfica. La ubicación de las perforaciones se muestra a continuación.



**Figura 2.4** Ubicación de las perforaciones  
**Fuente:** ESPOL, 2017.

**Tabla I.** Ubicación de las perforaciones

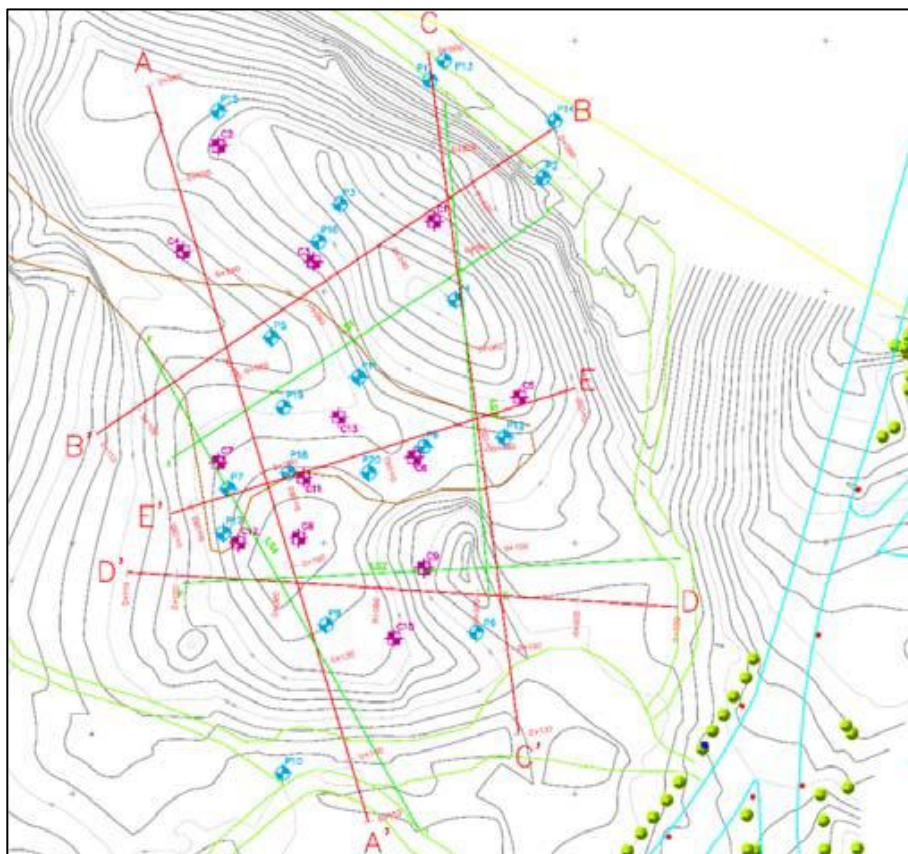
Denominación	X (UTM)	Y (UTM)	Profundidad [m]
P1	615671	9762492	2.55
P2	615693	9762472	2.57
P3	615653	9702467	0.90
P4	615676	9762448	0.55
P5	615639	9762440	2.25
P6	615669	9762419	2.55
P7	615630	9762410	1.20
P8	615650	9762383	0.20
P9	615680	9762382	0.90
P10	615641	9762354	0.55
P11	615657	9762433	2.50
P12	615686	9762421	2.35
P13	615674	9762496	1.30
P14	615696	9762484	1.30
P15	615629	9762486	2.20
P16	615649	9762460	1.75
P17	615630	9762402	1.10
P18	615643	9762414	1.10
P19	615642	9762427	1.25
P20	615659	9762414	1.25

Las muestras fueron obtenidas usando un muestreador tipo cuchara partida, para el ensayo de penetración estándar (SPT), de 2 pulgadas de diámetro exterior (DE) y 1.375 pulgadas de diámetro interior (DI), empleando un martillo tipo Safety (63.5 Kg, 0.76 m altura de caída y varillas AW).

**Fuente:** ESPOL, 2017.

Las muestras extraídas fueron sometidas a ensayos de laboratorio a fin de conocer las características geotécnicas de los materiales, los ensayos realizados fueron: granulometría (Norma ASTM D 422), límites de Atterberg (Norma ASTM D 4318), contenido de humedad (ASTM D 2216), clasificación de los suelos (ASTM D 2487), compresión uniaxial en los suelos para obtener la resistencia al corte no drenada en los suelos cohesivos.

Se realizaron también 5 perfiles geológicos geotécnicos, a fin de identificar los materiales presentes en la zona de estudio y determinar su extensión, en la figura a continuación se presenta su ubicación.



**Figura 2.5** Perfiles Geológicos Geotécnicos  
**Fuente:** ESPOL, 2017.

De los perfiles se obtuvo que en el área de estudio se identificó suelo residual sobre la roca y que puede ser resultado de la meteorización de la misma. Se compone de limos arenosos o arenas con bajo contenido de humedad natural y no plásticos.

Se observaron arcillas de alta plasticidad con tonalidades de negro a café oscuro, con contenido de finos superior al 90%, principalmente en la zona central del área de estudio, se trata de un suelo cohesivo de alta plasticidad y con espesor máximo de 1.5 m, el número de golpes del material  $N_{SPT}$  se encuentra entre 12 y 18 golpes. La resistencia al corte no drenado se encuentra en el rango de 40 a 80 KPa.

Debajo de los materiales anteriores se encuentra roca meteorizada y altamente fracturada, desde el punto de vista granulométrico se puede clasificar como grava arenosa, el número de golpes del material  $N_{SPT}$  se encuentra entre 50 y 100 golpes.

De acuerdo al ensayo de sísmica de refracción bajo los estratos anteriores se encuentran roca con menor fracturación.

A partir de los análisis de capacidad de carga por asentamiento y por resistencia al corte el esfuerzo admisible es menor o igual a 700 KPa.

Por el análisis de estabilidad mediante la técnica de equilibrio limite el talud más crítico se recomienda utilizar una pendiente máxima de 2H:1V.

### 2.1.5 Estudios hidrológicos

Según Saltos (2007) en el campus Gustavo Galindo existen cinco sub-cuencas principales, las cuales podrían generar caudales considerables en los meses lluviosos. A partir de los diseños de la presa del embalse del Lago de la ESPOL, se describe que durante las épocas secas mayoría de las quebradas se vacían. En el trabajo de Saltos, se han denominado a las sub-cuencas como A, B, C, D, E, a partir del método racional y de las cuencas de drenaje determinadas mediante AutoCAD se describe que bajo las condiciones de uso de suelo y con un período de retorno de 25 años, se estiman los caudales de la tabla a continuación:

$$Q = C * I * A; (m^3/seg)$$

En donde:

$C$  = Coeficiente de escurrimiento;

$I$  = intensidad máxima de precipitación pluvial (mm/h);

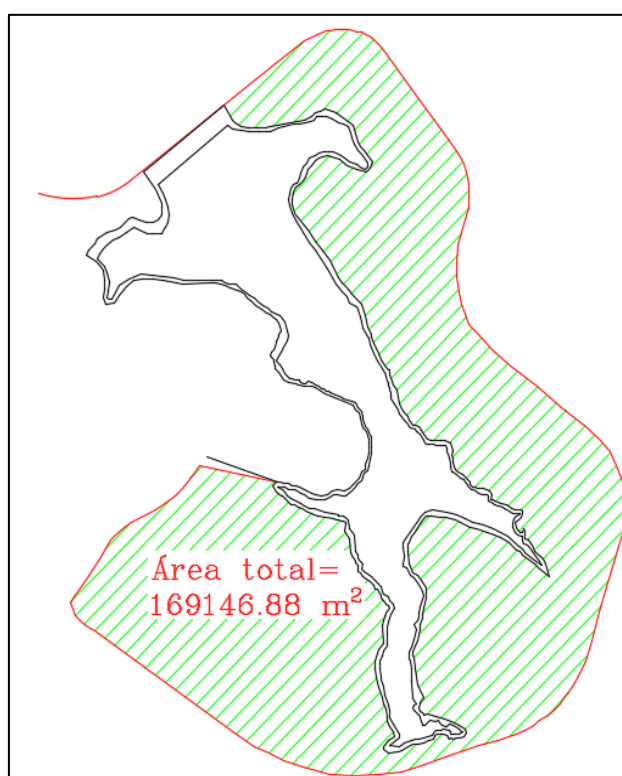
$A$  = Área de la cuenca aguas arriba del sitio en el que estará ubicada la estructura de drenaje propuesta (ha);



**Tabla II.** Estimación de caudales.

Subcuenca	C	i (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /seg)
A	0.453	154.0	7.77
B	0.456	85.0	22.33
C	0.590	86.0	15.05
D	0.415	114.0	14.77
E	0.388	135.0	14.95

**Fuente:** Plan de Manejo Ambiental del Campus Gustavo Galindo ESPOL, 1998.

**Figura 2.6** Subcuenca C que abarca el Lago

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

## 2.2 Trabajos de campo y laboratorio

### 2.2.1 Levantamiento topográfico

El nivel de embalse de una presa se ve afectado por diversos factores, tales como cambios en su geometría, así como por los cambios de estación del año.

En el caso del Lago de la ESPOL, los cambios de su geometría se deben al azolvamiento que ha venido sufriendo en los últimos años, mientras que durante la estación lluviosa se producen los niveles máximos de embalse. En el presente año 2017, debido al fenómeno de El Niño se ha dado una avenida extraordinaria, aumentando el volumen de agua embalsada en la presa.

Debido a lo anteriormente mencionado, es necesario realizar un levantamiento topográfico a fin de que el nivel de embalse coincida con la realidad que enfrentan tanto el Lago como la Ciclovía, lo cual afecta su correcto funcionamiento.

Para la realización del levantamiento topográfico se requieren los siguientes equipos.

- Estación total
- Bastones porta prisma
- Prismas
- Chalecos reflectivos

Para el levantamiento de información topográfica se realizó un arrastre de cota, a partir de dos hitos ubicados dentro de la FICT, los hitos fueron colocados como parte del proyecto de prácticas preprofesionales en el año 2017. Las informaciones de los hitos se detallan a continuación:

**Tabla III.** Datos de los hitos

Hito	Este UTM	Norte UTM	Elevación msnm
FICT 001	615069.653	9762792.757	86.419
FICT 002	655019.540	9762807.862	84.482

**Fuente:** FICT, 2017



**Figura 2.7** Hito FICT001

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 2.8** Hito FICT001  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

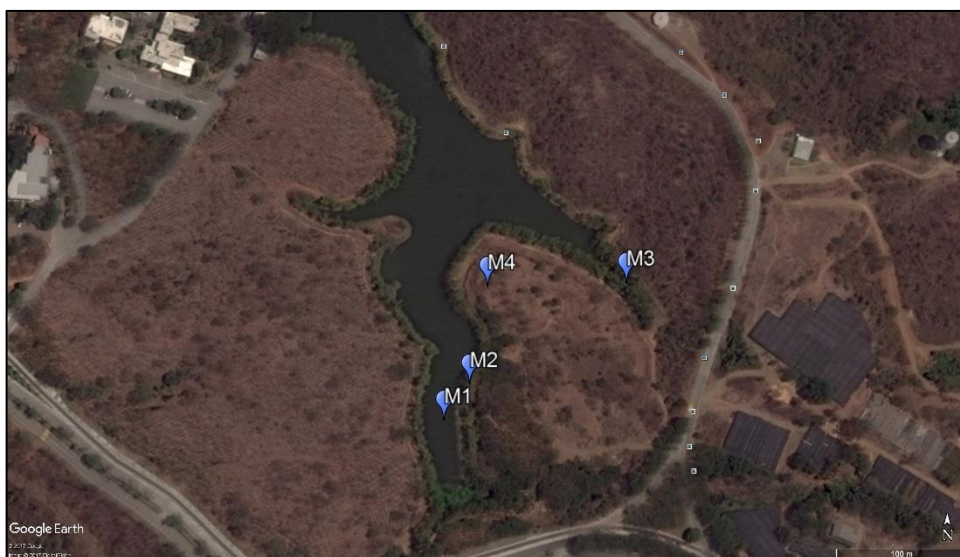
### **2.2.2 Estudios de suelo**

A fin de poder determinar la clasificación, límites de Atterberg y humedad natural del suelo que compone tanto la ciclovía como el material azolvado en el lago se obtuvieron 4 muestras alteradas de suelo cada una de 5 Kg. Dos de estas fueron tomadas del material azolvado, una de la ciclovía en una zona que presentaba menor calidad del suelo, y la última tomada del cerro que se encuentra alrededor de la cola del lago. Sus ubicaciones se muestran en la tabla y figura a continuación.

**Tabla IV.** Ubicación de las estaciones de muestreo.

Estación	Este UTM	Norte UTM
M1	615550.36 m E	9762378.23 m S
M2	615570.40 m E	9762406.30 m S
M3	615691.90 m E	9762484.81 m S
M4	615584.46 m E	9762482.12 m S

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Figura 2.9** Ubicación de las estaciones de muestreo.

Fuente: Google Earth, 2017.



**Figura 2.10** Estación de muestreo M1.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 2.11** Estación de muestreo M2.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 2.12** Estación de muestreo M3.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 2.13** Estación de muestreo M4.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Una vez que se tomaron las muestras, se trasladaron al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en la cual se realizaron los ensayos antes mencionados.



Las estaciones M1 y M3 corresponden a material azolvado en las colas del lago, por criterio visual sería una arena gruesa y media con contenido de materia orgánica y de color café oscuro, M3 con mayor presencia de humedad que M1.



**Figura 2.14** Muestra 3 antes del secado.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 2.15** Muestra 1 antes del secado.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

La estación M2 presenta alto contenido de humedad y se puede observar que es material expansivo, material con tonalidades de color, café oscuro, marrón claro y negro azulado. Material seco es duro y difícil de romper; húmedo presenta alta plasticidad y maleabilidad.



**Figura 2.16** Muestra 2 antes del secado.

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

La estación M4 fue tomada de la colina que se encuentra entre las colas, en este punto se observa material granular y tierra, con presencia de materia orgánica como raíces, hojas e insectos, con tonalidad rojiza y baja humedad.



**Figura 2.17** Muestra 4 antes del secado.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Se siguió la metodología correspondiente a la norma utilizada para cada ensayo, las cuales son: *ASTM C-136* para el procedimiento del ensayo granulométrico, *ASTM D-2487* para clasificación del suelo según SUCS, *ASTM D-3282* para clasificación del suelo según AASHTO, *ASTM D-4318* para los límites de Atterberg y *ASTM D-2216* para contenido de humedad.

Para mayor detalle del procedimiento de los ensayos revisar las normas mencionadas. Los resultados junto con los cálculos se detallan en el siguiente punto.

## **2.3 Trabajo de oficina**

### **2.3.1 Levantamiento topográfico**

Los datos fueron extraídos de la estación total con ayuda de un pen drive y posteriormente los datos fueron cargados al programa AutoCAD Civil 3D, donde se verificó el nivel de embalse actual.

Del levantamiento topográfico se obtiene que la cota actual del lago es de 83.02 msnm, sin embargo se evidencia que existe un error entre las cotas de la topografía provista, con un desfase de 5m ya que la corona de la presa se encuentra en la cota 85 msnm, por lo cual se decide trabajar con la cota de 78.02 m, sin embargo se redondea esta elevación, obteniendo la cota final del nivel de embalse de 78.00 msnm.

### **2.3.2 Estudios de Suelo**

Para la Muestra 1 se realizó dos ensayos de humedad natural con lo cual obtuvimos una humedad natural promedio de 24.15%, los datos de humedad de los ensayos se muestran a continuación:

**Tabla V. Humedad natural - Muestra 1.**

<b>HUMEDAD NATURAL</b>		
<b>Muestra</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>
<b>RECIPIENTE No</b>	10	53
<b>Peso M.HUM + REC. (gr)</b>	309	377.18
<b>Peso M.Seca + REC. (gr)</b>	264.72	314.46
<b>Peso de REC. (gr)</b>	68.58	70.59
<b>Humedad (%)</b>	22.58	25.72

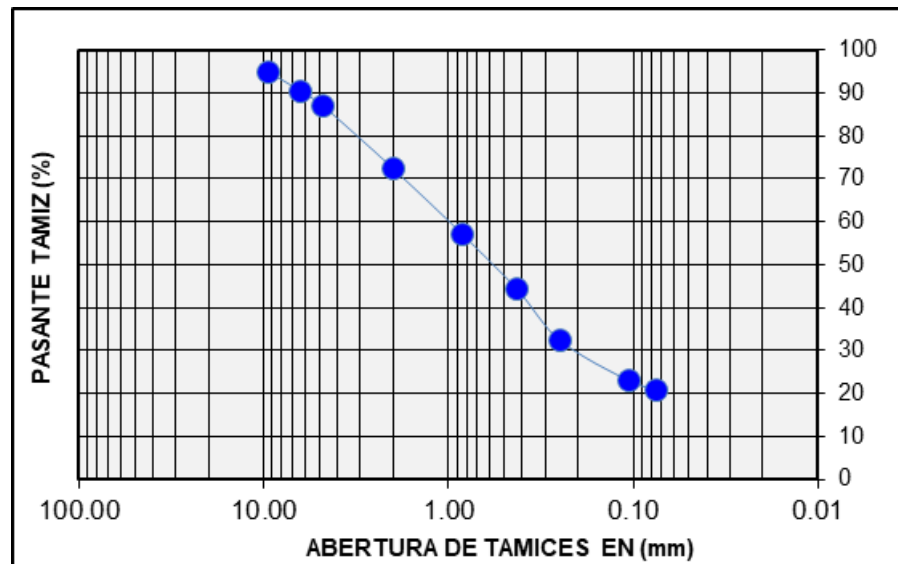
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Completando la tabla de cálculo del análisis granulométrico se determinó la siguiente composición de la Muestra 1; 13% Gravas, 66% Arenas y 21% Finos; se presenta la tabla con los tamices utilizados y la curva granulométrica resultante.

**Tabla VI. Granulometría - Muestra 1.**

<b>TAMIZ</b>		<b>Peso Retenido Parcial</b>	<b>%Retenido Parcial</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>%Pasante Acumulado</b>
<b>ASTM</b>	<b>mm</b>				
<b>3/8"</b>	9.525	6.45	4.97	4.97	95.03
<b>1/4"</b>	6.35	5.86	4.51	9.48	90.52
<b>No. 4</b>	4.76	4.68	3.60	13.09	86.91
<b>No. 10</b>	2.00	18.78	14.46	27.55	72.45
<b>No. 20</b>	0.84	20.04	15.43	42.98	57.02
<b>No 40</b>	0.425	16.59	12.78	55.76	44.24
<b>No. 60</b>	0.25	15.42	11.88	67.64	32.36
<b>No. 140</b>	0.105	12.31	9.48	77.12	22.88
<b>No. 200</b>	0.075	2.54	1.96	79.07	20.93
<b>Fondo</b>		27.17	20.93	100.00	0.00
<b>Total</b>		129.84	gr.		

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 2.18** Curva granulométrica - Muestra 1.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Para el cálculo de los límites líquido y plástico, se toman en cuenta al menos tres puntos para cada límite; los puntos del límite líquido deben ser tales que a medida que disminuye el contenido de humedad (%), el número de golpes debe ir aumentando, los datos que no cumplan este criterio serán descartados para realizar los cálculos pero si son mostrados en las tablas, los valores descartados tendrán un asterisco en el número de ensayo .

**Tabla VII.** Límite Líquido – Muestra 1.

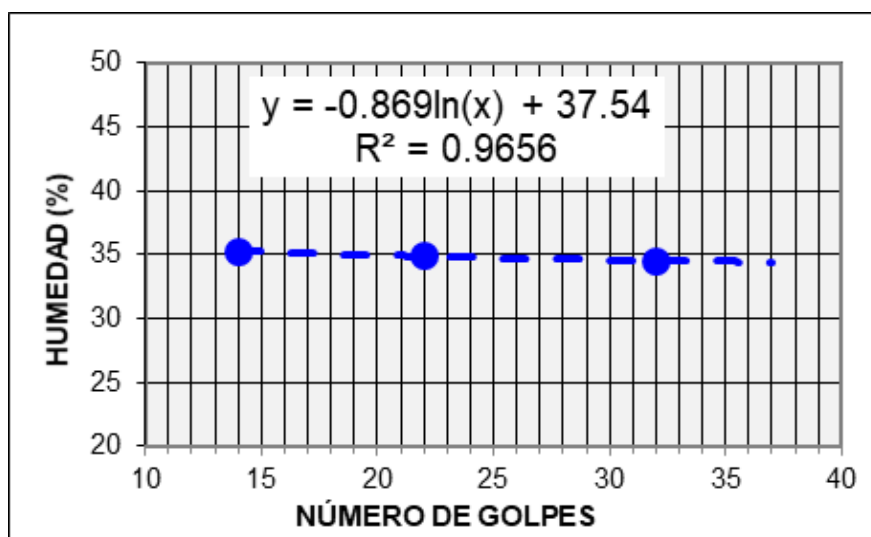
Ensayo No.	1	2	3	4*
Tara No.	2	98	6	85
Tara + Suelo Húmedo	19.89	19.25	22.86	19.97
Tara + Suelo Seco	16.39	15.90	18.57	16.17
Agua	3.50	3.35	4.29	3.80
Peso de Tara	6.45	6.31	6.13	6.10
Peso Seco	9.94	9.59	12.44	10.07
Contenido de Humedad (%)	35.21	34.93	34.49	37.74
Numero de Golpes	14	22	32	38
log( No. de Golpes)	1.1461	1.3424	1.5051	1.5798

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla VIII.** Límite Plástico – Muestra 1.

Ensayo No.	1	2	3
Tara No.	68	60	76
Tara + Suelo Húmedo	7.06	7.94	7.32
Tara + Suelo Seco	6.83	7.65	7.09
Agua	0.23	0.29	0.23
Peso de Tara	5.88	6.31	5.94
Peso Seco	0.95	1.34	1.15
Contenido de Humedad (%)	24.2	21.6	20.0

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Figura 2.19** %Humedad vs N° de Golpes – Muestra 1.

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla IX.** Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Muestra 1.

<b>LIMITES</b>	
<b>WL</b>	35
<b>WP</b>	22
<b>IP</b>	13

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla X.** Clasificación SUCS y AASHTO – Muestra 1.

<b>CLASIFICACION</b>	
<b>SUCS</b>	SC
<b>AASHTO</b>	A-2-6

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Para las demás muestras se realizó el mismo procedimiento por lo cual a continuación se presentan las figuras y tablas correspondientes de cada muestra.

En la Muestra 2 obtuvimos una humedad natural promedio de 103.60%, los datos de humedad de los ensayos se muestran a continuación:

**Tabla XI.** Humedad natural – Muestra 2.

<b>HUMEDAD NATURAL</b>		
<b>Muestra</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>
<b>RECIPIENTE No</b>	28	55
<b>Peso M.HUM + REC. (gr)</b>	393.73	517.62
<b>Peso M.Seca + REC. (gr)</b>	222.56	299.53
<b>Peso de REC. (gr)</b>	71.57	67.11
<b>Humedad (%)</b>	113.37	93.83

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

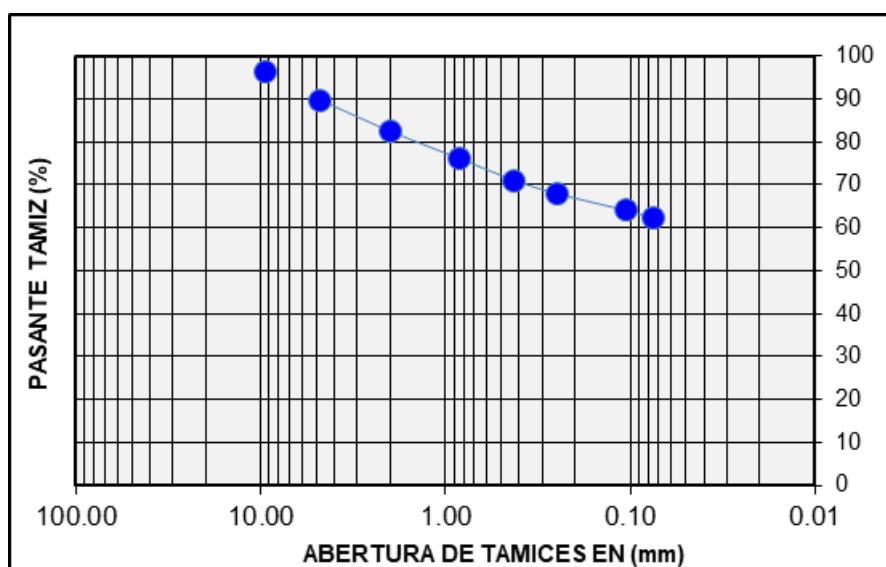


Del análisis granulométrico se determinó la siguiente composición de la Muestra 2; 10% Gravas, 28% Arenas y 62% Finos; se presenta la tabla con los tamices utilizados y la curva granulométrica resultante.

**Tabla XII.** Granulometría - Muestra 2.

TAMIZ		Peso Retenido Parcial	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Pasante Acumulado
ASTM	mm				
3/8"	9.525	4.24	3.76	3.76	96.24
1/4"	6.35				
No. 4	4.76	7.30	6.48	10.24	89.76
No. 10	2.00	8.13	7.21	17.45	82.55
No. 20	0.84	7.25	6.43	23.88	76.12
No. 40	0.425	5.64	5.00	28.89	71.11
No. 60	0.25	3.53	3.13	32.02	67.98
No. 140	0.105	4.46	3.96	35.97	64.03
No. 200	0.075	2.12	1.88	37.85	62.15
Fondo		70.05	62.15	100.00	0.00
Total		129.84	112.72	gr.	

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 2.20** Curva granulométrica - Muestra 2.

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XIII. Límite Líquido – Muestra 2.**

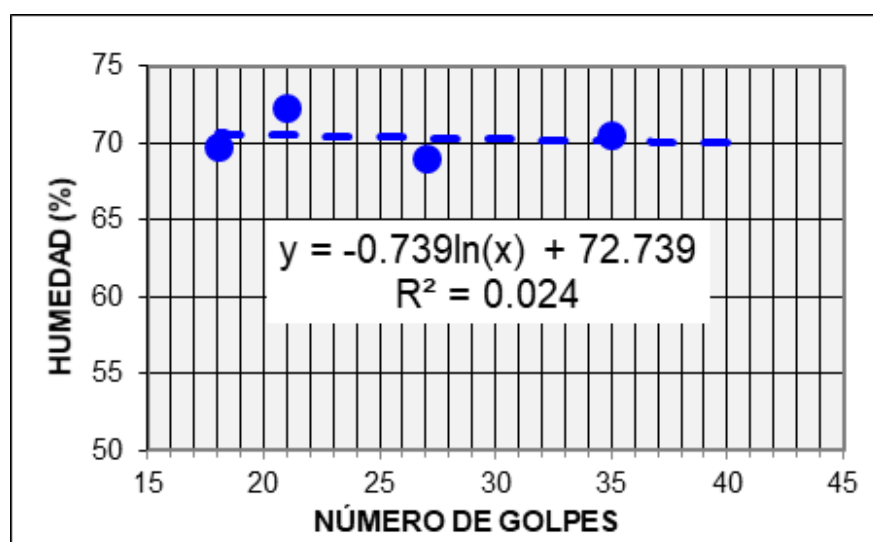
Ensayo No.	1	2	3	4
Tara No.	51	52	36	78
Tara + Suelo Húmedo	17.36	13.79	15.57	12.88
Tara + Suelo Seco	12.73	10.61	11.69	10.04
Agua	4.63	3.18	3.88	2.84
Peso de Tara	6.09	6.21	6.07	6.01
Peso Seco	6.64	4.40	5.62	4.03
Contenido de Humedad (%)	69.73	72.27	69.04	70.47
Numero de Golpes	18	21	27	35
log( No. de Golpes)	1.2553	1.3222	1.4314	1.5441

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XIV. Límite Plástico – Muestra 2.**

Ensayo No.	1	2	3
Tara No.	27	22	34
Tara + Suelo Húmedo	6.82	7.74	8.01
Tara + Suelo Seco	6.66	7.39	7.68
Agua	0.16	0.35	0.33
Peso de Tara	6.03	5.98	6.27
Peso Seco	0.63	1.41	1.41
Contenido de Humedad (%)	25.4	24.8	23.4

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Figura 2.21 %Humedad vs N° de Golpes – Muestra 2.**

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XV.** Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Muestra 2.

<b>LIMITES</b>	
<b>WL</b>	70
<b>WP</b>	25
<b>IP</b>	46

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XVI.** Clasificación SUCS y AASHTO – Muestra 2.

<b>CLASIFICACION</b>	
<b>SUCS</b>	CH
<b>AASHTO</b>	A-7-6

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

En la Muestra 3 obtuvimos una humedad natural promedio de 30.07%, los datos de humedad de los ensayos se muestran a continuación:

**Tabla XVII.** Humedad natural – Muestra 3.

<b>HUMEDAD NATURAL</b>		
<b>Muestra</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>
<b>RECIPIENTE No</b>	27	40
<b>Peso M.HUM + REC. (gr)</b>	475.08	494.67
<b>Peso M.Seca + REC. (gr)</b>	382.14	395.7
<b>Peso de REC. (gr)</b>	68.41	71.43
<b>Humedad (%)</b>	29.62	30.52

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Del análisis granulométrico se determinó la siguiente composición de la Muestra 3; 26% Gravas, 65% Arenas y 10% Finos; se presenta la tabla con los tamices utilizados y la curva granulométrica resultante.

Tabla XVIII. Granulometría - Muestra 3.

TAMIZ		Peso Retenido Parcial	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Pasante Acumulado
ASTM	mm				
3/8"	9.525	12.44	7.93	7.93	92.07
1/4"	6.35	17.57	11.20	19.13	80.87
No. 4	4.76	10.17	6.48	25.62	74.38
No. 10	2.00	38.32	24.43	50.04	49.96
No. 20	0.84	27.71	17.67	67.71	32.29
No. 40	0.425	15.52	9.89	77.60	22.40
No. 60	0.25	9.18	5.85	83.46	16.54
No. 140	0.105	8.72	5.56	89.02	10.98
No. 200	0.075	2.07	1.32	90.34	9.66
Fondo		15.16	9.66	100.00	0.00
Total		129.84	156.86	gr.	

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

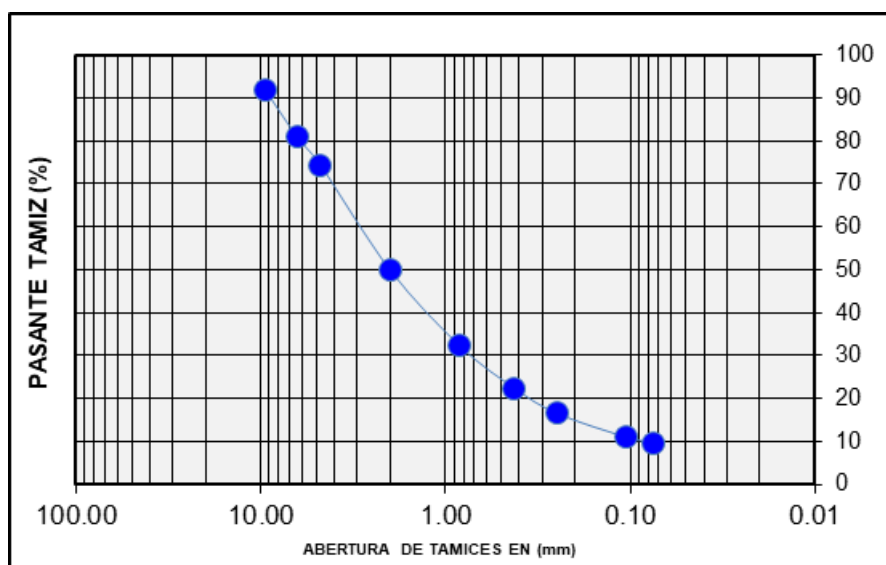


Figura 2.22 Curva granulométrica - Muestra 3.

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XIX.** Límite Líquido – Muestra 3.

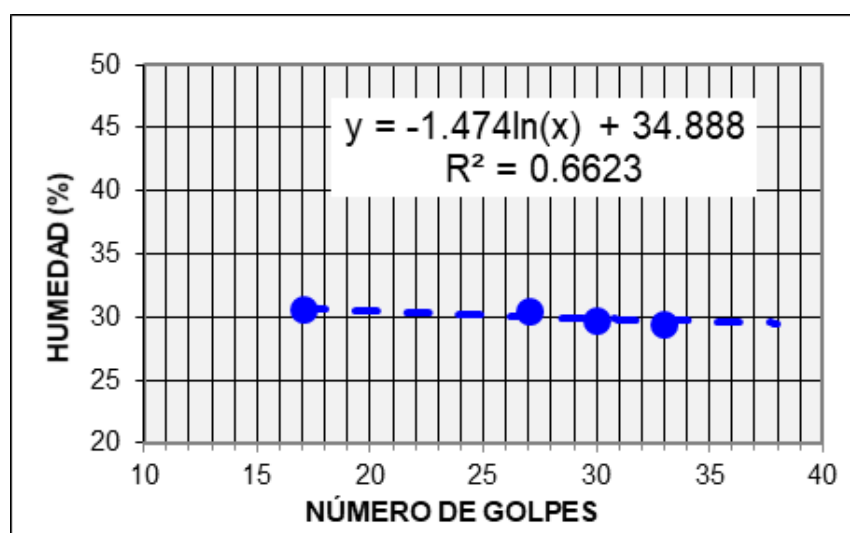
Ensayo No.	1	2	3	4
Tara No.	46	20	71	45
Tara + Suelo Húmedo	18.89	17.14	15.69	16.87
Tara + Suelo Seco	15.84	14.53	13.45	14.39
Agua	3.05	2.61	2.24	2.48
Peso de Tara	5.87	5.97	5.92	5.99
Peso Seco	9.97	8.56	7.53	8.40
Contenido de Humedad (%)	30.59	30.49	29.75	29.52
Numero de Golpes	17	27	30	33
log( No. de Golpes)	1.2304	1.4314	1.4771	1.5185

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XX.** Límite Plástico – Muestra 3.

Ensayo No.	1	2	3
Tara No.	10	89	78
Tara + Suelo Húmedo	7.29	7.90	10.71
Tara + Suelo Seco	7.09	7.60	9.76
Agua	0.20	0.30	0.95
Peso de Tara	5.97	6.05	6.01
Peso Seco	1.12	1.55	3.75
Contenido de Humedad (%)	17.9	19.4	25.3

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Figura 2.23** %Humedad vs N° de Golpes – Muestra 3.

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XXI.** Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Muestra 3

<b>LIMITES</b>	
<b>WL</b>	30
<b>WP</b>	21
<b>IP</b>	9

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XXII.** Clasificación SUCS y AASHTO – Muestra 3.

<b>CLASIFICACION</b>	
<b>SUCS</b>	SW-SC
<b>AASHTO</b>	A-2-4

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

En la Muestra 4 obtuvimos una humedad natural promedio de 12.82%, los datos de humedad de los ensayos se muestran a continuación:

**Tabla XXIII.** Humedad natural – Muestra 4.

<b>HUMEDAD NATURAL</b>		
<b>Muestra</b>	<b>4.1</b>	<b>4.2</b>
<b>RECIPIENTE No</b>	17	47
<b>Peso M.HUM + REC. (gr)</b>	251.71	296.23
<b>Peso M.Seca + REC. (gr)</b>	231.18	270.31
<b>Peso de REC. (gr)</b>	69.07	70.44
<b>Humedad (%)</b>	12.66	12.97

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Del análisis granulométrico se determinó la siguiente composición de la Muestra 4; 15% Gravas, 51% Arenas y 34% Finos; se presenta la tabla con los tamices utilizados y la curva granulométrica resultante.

Tabla XXIV. Granulometría - Muestra 4.

TAMIZ		Peso Retenido Parcial	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Pasante Acumulado
ASTM	mm				
3/8"	9.525	13.08	8.45	8.45	91.55
1/4"	6.35	5.59	3.61	12.06	87.94
No. 4	4.76	3.90	2.52	14.58	85.42
No. 10	2.00	18.25	11.79	26.37	73.63
No. 20	0.84	17.67	11.42	37.79	62.21
No 40	0.425	12.39	8.00	45.79	54.21
No. 60	0.25	9.54	6.16	51.96	48.04
No. 140	0.105	15.80	10.21	62.17	37.83
No. 200	0.075	5.78	3.73	65.90	34.10
Fondo		52.78	34.10	100.00	0.00
Total		129.84	154.78	gr.	

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

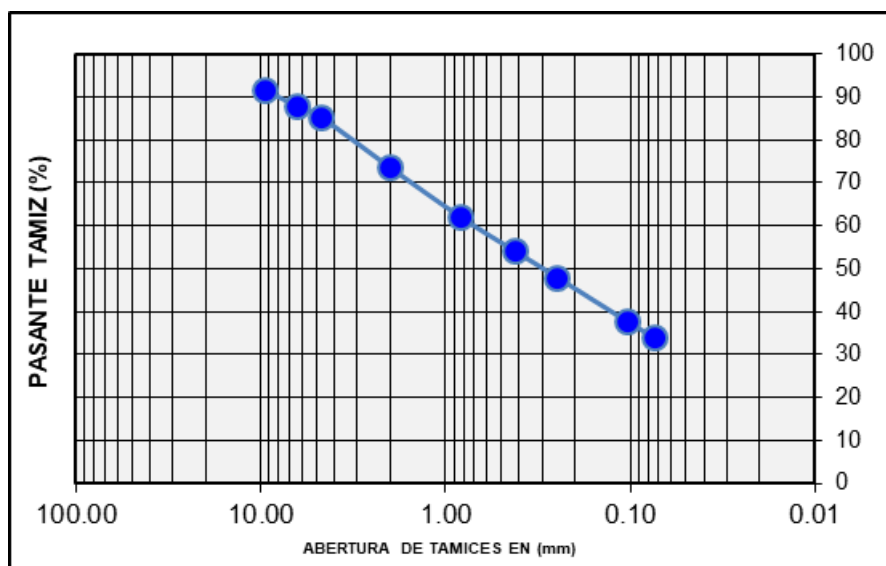


Figura 2.24 Curva granulométrica - Muestra 4.

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XXV.** Límite Líquido – Muestra 4.

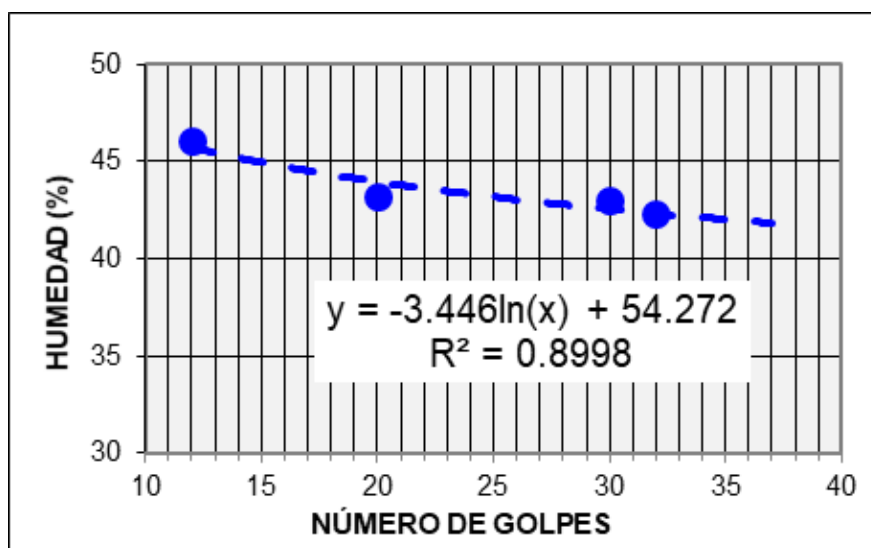
Ensayo No.	1	2	3	4
Tara No.	52	24	44	41
Tara + Suelo Húmedo	12.46	13.78	14.58	17.77
Tara + Suelo Seco	10.49	11.42	12.04	14.25
Agua	1.97	2.36	2.54	3.52
Peso de Tara	6.21	5.96	6.13	5.93
Peso Seco	4.28	5.46	5.91	8.32
Contenido de Humedad (%)	46.03	43.22	42.98	42.31
Numero de Golpes	12	20	30	32
log( No. de Golpes)	1.0792	1.3010	1.4771	1.5051

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XXVI.** Límite Plástico – Muestra 4.

Ensayo No.	1	2	3
Tara No.	16	82	83
Tara + Suelo Húmedo	8.10	7.43	7.70
Tara + Suelo Seco	7.66	7.10	7.30
Agua	0.44	0.33	0.40
Peso de Tara	6.27	6.06	5.98
Peso Seco	1.39	1.04	1.32
Contenido de Humedad (%)	31.7	31.7	30.3

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Figura 2.25** %Humedad vs N° de Golpes – Muestra 4.

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Tabla XXVII.** Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Muestra 4.

<b>LIMITES</b>	
<b>WL</b>	43
<b>WP</b>	31
<b>IP</b>	12

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XXVIII.** Clasificación SUCS y AASHTO – Muestra 4.

<b>CLASIFICACION</b>	
<b>SUCS</b>	SM
<b>AASHTO</b>	A-2-7

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Los resultados mostrados fueron calculados con unas hojas de Excel las cuales se adjunta en los anexos. Una vez obtenidos todos los resultados de los ensayos previstos de acuerdo a las normas pertinentes se muestra una tabla de resumen de resultados obtenidos:

**Tabla XXIX.** Resumen de los ensayos geotécnicos.

	<b>W<sub>prom</sub></b> <b>(%)</b>	<b>Gravas</b> <b>(%)</b>	<b>Arenas</b> <b>(%)</b>	<b>Finos</b> <b>(%)</b>	<b>WL</b> <b>(%)</b>	<b>IP</b> <b>(%)</b>	<b>SUCS</b>	<b>AASHTO</b>
<b>M1</b>	24.15	13	66	21	35	13	SC	A-2-6
<b>M2</b>	103.60	10	28	62	70	46	CH	A-7-6
<b>M3</b>	30.07	26	65	10	30	9	SW- SC	A-2-4
<b>M4</b>	12.82	15	51	34	43	12	SM	A-2-7

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Con estos resultados se determinó que el material azolvado en la cola del lado derecho es arena bien gradada con arcilla y grava, del lado izquierdo se tiene arena arcillosa, por otro lado con la muestra representativa tomada del sendero existente (ciclovía) se tiene una arcilla arenosa de alta plasticidad, y de la muestra representativa de las periferias de la cola se tiene arena limosa con grava.

Cabe recalcar que las muestras fueron tomadas al finalizar la época lluviosa por lo cual la muestra representativa del material de la ciclovía fue tomada de un sector donde aún se mantenía húmedo el suelo, lo cual representaría la condición del trazado geométrico actual en una época lluviosa con bajas precipitaciones, esto se podría entender como una época crítica para esta vía, dicha muestra tenía el 103% de humedad; con esto se demuestra a su vez que las condiciones actuales de la ciclovía no son las adecuadas para su correcto funcionamiento durante épocas lluviosas ni en épocas secas dada la afectación que se genera en su época crítica.

Las hojas de cálculo utilizadas se encuentran en el ANEXO B.

Para que un material sea usado como capa drenante este debe tener bajo contenido de finos y alto de gravas, a continuación se muestra una gráfica con un rango aceptable para determinar si un material es drenante o no.

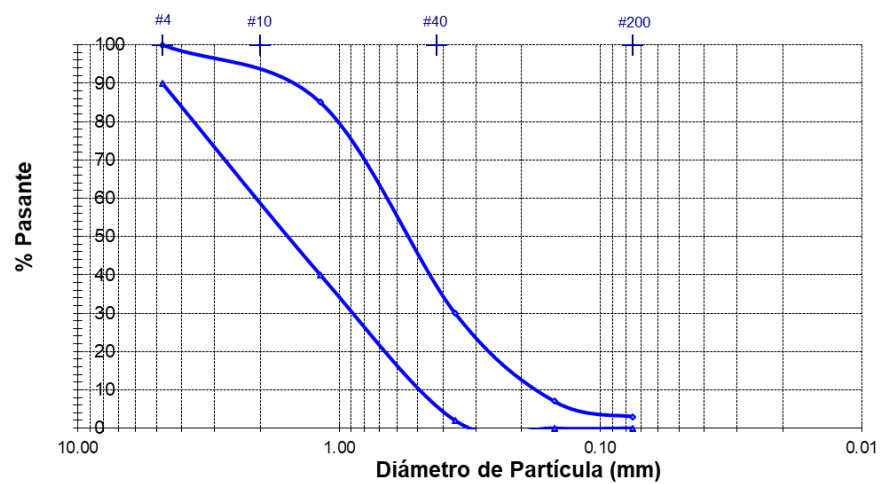
**Tabla XXX.** Granulometría Capa Drenante.

TAMIZ		Mín. %Pasante Acumulado	Máx. %Pasante Acumulado
ASTM	mm		
<b>No. 4</b>	4.76	90.0	100.0
<b>No. 16</b>	1.18	40.0	85.0
<b>No. 50</b>	0.36	2.0	30.0
<b>No. 100</b>	0.15	0.0	7.0
<b>No. 200</b>	0.075	0.0	3.0
<b>Fondo</b>		0.0	0.0

**Fuente:** Figueroa, G., 2017.

En la tabla se presentan lo mínimos y máximos valores de la capa drenante para sus % pasante acumulado y para determinados tamices.

El la gráfica cualquier material cuya granulometría entre dentro de los limites graficados se asumirá como material drenante.

**Figura 2.26** Granulometría de material para Capa Drenante

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017

# **CAPÍTULO 3**

## **DESZOLVE DEL LAGO**

### **3.1 Erosión y sedimentación en el Lago**

Uno de los problemas que afectan los embalses es la pérdida de su capacidad de almacenamiento causado por la acumulación de sedimentos, el azolvamiento en lagos artificiales disminuye el volumen de agua disponible a la vez que aumenta la cota del espejo de agua.

En casos extremos, la sedimentación en los embalses puede llegar a inutilizar completamente el embalse, considerando que evitar la erosión de la cuenca del lago es costoso, lo mejor es realizar dragados de mantenimiento, es decir remover el material sedimentado periódicamente.

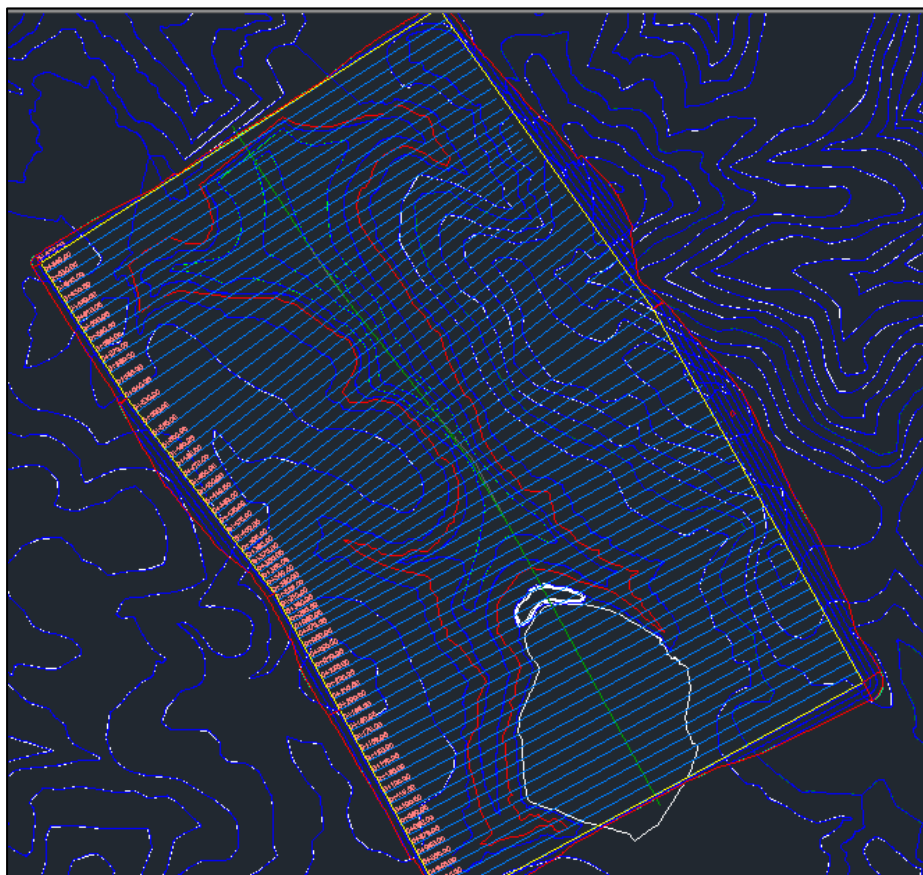
De acuerdo a Cadena y Yanez (2002), aproximadamente en el año 2000 se removieron los arbustos naturales de los alrededores del lago, dando paso a la siembra de teca y bambú, el retirar los arbustos dio como resultado la erosión e inestabilidad del suelo adyacente al lago, causando el descenso de sedimentos al mismo, reduciendo la profundidad y afectando la turbidez del agua.

Como efecto de la remoción de los arbustos originales se incrementó la sedimentación en el lago, por lo cual fue necesario en el año 2001, realizar el dragado del material azolvado.

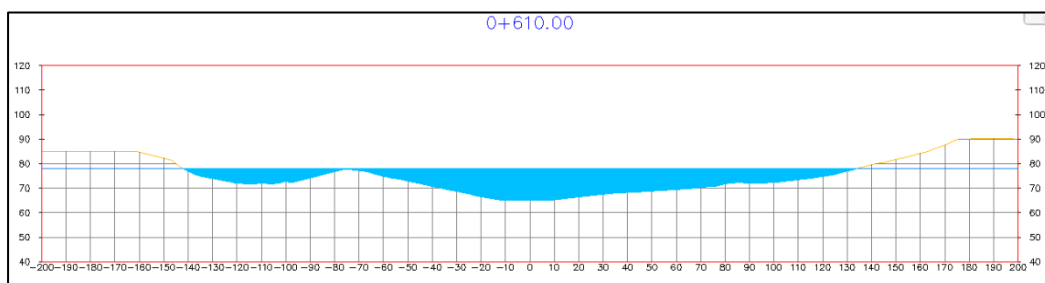
### **3.2 Capacidad de embalse actual**

A partir de la topobatimetría y mediante el uso del programa AutoCAD Civil 3D, se genera la superficie base para los cálculos del volumen actual que puede soportar la presa bajo las siguientes premisas:

1. De los diseños originales de la presa se conoce que la cota máxima de embalse es 78 msnm.
2. Para calcular el volumen máximo almacenado se genera una superficie de explanación en la cota 78 msnm, con taludes con relación 1H:1V.
3. Se generan secciones de muestreo transversales cada 10 metros.
4. Los volúmenes mostrados en la tabla a continuación son calculados automáticamente por el software.



**Figura 3.1** Explanación para el cálculo de la capacidad de embalse actual  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 3.2** Sección tipo del lago  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Tabla XXXI.** Volúmenes actuales de capacidad de embalse

Total Volume Table			
Estacion	A. Relleno	Vol. Relleno	Vol. Acumulado
0+010.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	0.00	0.00
0+030.00	0.14	0.68	0.68
0+040.00	14.00	70.70	71.38
0+050.00	35.14	245.71	317.09
0+060.00	41.02	380.77	697.86
0+070.00	49.99	455.05	1152.91
0+080.00	56.04	530.16	1683.07
0+090.00	65.89	609.62	2292.69
0+100.00	69.18	675.31	2967.99
0+110.00	73.49	713.32	3681.32
0+120.00	79.67	765.81	4447.12
0+130.00	84.15	819.09	5266.21
0+140.00	81.06	826.04	6092.25
0+150.00	85.89	834.77	6927.02
0+160.00	89.64	877.69	7804.71
0+170.00	103.90	967.74	8772.45
0+180.00	132.94	1184.23	9956.68
0+190.00	194.72	1638.31	11594.99
0+200.00	214.96	2048.38	13643.37
0+210.00	260.35	2376.52	16019.89
0+220.00	346.12	3032.37	19052.25
0+230.00	491.53	4188.27	23240.52

Total Volume Table			
Estacion	A. Relleno	Vol. Relleno	Vol. Acumulado
0+240.00	613.82	5526.74	28767.26
0+250.00	658.02	6359.21	35126.47
0+260.00	662.47	6602.46	41728.93
0+270.00	690.98	6767.22	48496.15
0+280.00	641.08	6660.28	55156.43
0+290.00	439.55	5403.15	60559.58
0+300.00	311.18	3753.63	64313.21
0+310.00	242.14	2766.56	67079.78
0+320.00	195.73	2189.36	69269.14
0+330.00	178.57	1871.53	71140.67
0+340.00	166.14	1723.55	72864.22
0+350.00	196.17	1811.53	74675.75
0+360.00	227.64	2119.05	76794.80
0+370.00	262.33	2449.85	79244.65
0+380.00	293.68	2780.02	82024.67
0+390.00	337.12	3153.98	85178.66
0+400.00	362.42	3497.73	88676.38
0+410.00	403.35	3828.89	92505.27
0+420.00	481.41	4423.84	96929.10
0+430.00	620.52	5509.69	102438.79
0+440.00	625.77	6231.45	108670.24
0+450.00	519.34	5725.54	114395.78

Total Volume Table			
Estacion	A. Relleno	Vol. Relleno	Vol. Acumulado
0+460.00	442.50	4809.18	119204.96
0+470.00	441.04	4417.68	123622.64
0+480.00	454.67	4478.53	128101.17
0+490.00	499.29	4769.76	132870.93
0+500.00	529.37	5143.30	138014.23
0+510.00	557.85	5436.09	143450.32
0+520.00	598.23	5780.39	149230.71
0+530.00	657.20	6277.16	155507.88
0+540.00	740.72	6989.61	162497.48
0+550.00	893.12	8169.23	170666.71
0+560.00	1079.52	9863.23	180529.94
0+570.00	1310.40	11949.61	192479.56
0+580.00	1529.77	14200.85	206680.40
0+590.00	1700.60	16151.82	222832.22
0+600.00	1906.48	18035.38	240867.60
0+610.00	1868.04	18872.62	259740.22
0+620.00	1556.79	17124.17	276864.39
0+630.00	1148.73	13527.59	290391.99
0+640.00	994.42	10715.74	301107.72
0+650.00	743.87	8691.44	309799.16
0+660.00	61.34	4026.03	313825.19
0+670.00	0.00	306.69	314131.89

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Las secciones y planos de cálculo de la capacidad de embalse actual se encuentran en el ANEXO C.

De los volúmenes obtenidos se obtiene que la capacidad de embalse actual es de 314131.89 m<sup>3</sup>, de los diseños originales de la presa se sabe que esta fue construida inicialmente con una capacidad de almacenamiento de 380,000 m<sup>3</sup>.

Es necesario recalcar en las condiciones actuales debido al azolvamiento y la descarga artificial de sedimentos al lago, se tienen condiciones críticas de funcionamiento ya que se han perdido aproximadamente 65868.11 m<sup>3</sup>, lo que hace que el tránsito de la avenida en el momento de grandes lluvias va a arrojar caudales mayores que la capacidad de desagüe del aliviadero; de esta forma la lámina de agua en el envase se acercaría más a la corona de la presa, lo cual no es admisible.

Con la solución planteada se pretende recuperar la capacidad de almacenamiento del vaso y de esta manera se garantizar el buen funcionamiento hidráulico de la presa.

### **3.3 Características del material a remover**

Los sedimentos presentes en la estación M1 fueron sometidos a ensayos de granulometría y a Límites de Atterberg. Los sedimentos presentes en esta estación corresponden a suelos de grano fino, clasificado como arenas arcillosas inorgánicas, cuyo límite líquido es de 35 y su índice de plasticidad es del 13%.

Este tipo de material es arcilla oscura, con material orgánico y algo de conchilla, considerada como plástica, es impermeable en estado compactado. En dicho estado, presenta una resistencia deficiente al corte, una compresibilidad elevada.

Los suelos arenosos se caracterizan por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto una escasa retención de agua y de nutrientes. Este tipo de material es impermeable en estado compactado. En dicho estado, presenta una resistencia deficiente al corte, una compresibilidad elevada. Por tal motivo, su facilidad de tratamiento en obra se considera deficiente.



**Figura 3.3** Muestra M1  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

### **3.4 Equipo propuesto para el dragado**

Es necesario considerar las condiciones del terreno al seleccionar el equipo para el dragado, la ladera natural existente en la margen derecha del lago, aguas abajo, es de 1:1 a 1.5:1, es decir que los taludes adyacentes al trazado geométrico de la ciclovía tienen pendientes pronunciadas.

Del levantamiento topográfico realizado se obtiene que en el actual trazado de la ciclovía se pueden encontrar anchos críticos de 2.4 m, lo cual limita el equipo que puede ingresar a los límites del lago para el dragado.

Se propone entonces ir ampliando la vía en los tramos con anchos críticos y el material desalojado se destinará para relleno, así pues se evita incurrir en gastos adicionales para desalojo de dicho material a un lugar lejano, de esta manera el actual trazado geométrico tendrá un ancho de 3.5 metros los cuales serán necesarios para el diseño de la ciclovía y la circulación de maquinarias al momento de la construcción.

Al recorrer la ciclovía se observa que para la construcción del sendero los taludes son bastante pronunciados, es decir que durante la construcción de la vía se realizó un corte muy forzado dejando taludes inestables, se presume que además al hacer dichas excavaciones se ha arrojado materiales al vaso de la presa, lo cual ha contribuido a aumentar el azolvamiento del lago, durante la inspección se pudo observar varios árboles caídos o sumergidos en el lago con lo cual se evidencia aún más el azolve.

Se recomienda el uso de excavadoras para realizar la remoción del material azolvado y el de ampliación del vaso, ya que gracias a su brazo permite la excavación a profundidades mayores y con un mayor alcance.



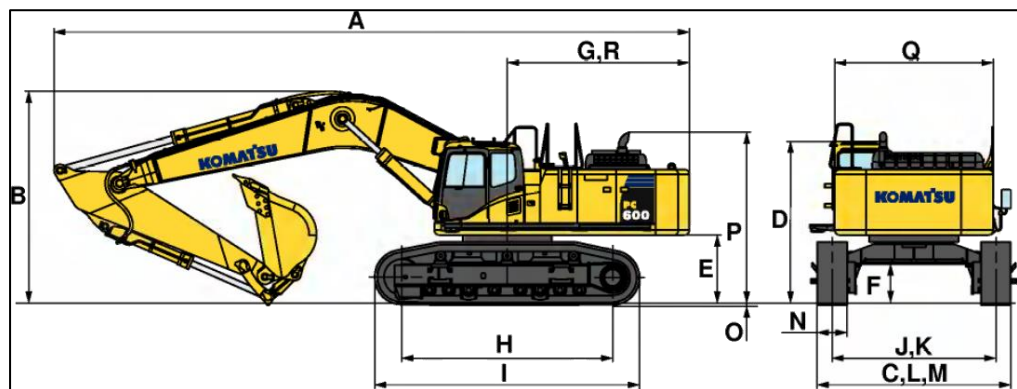
**Figura 3.4** Excavadora KOMATSU  
**Fuente:** Folleto KOMATSU PC600LC-8, 2017.

Para la selección del equipo a utilizar se han seleccionado cuatro excavadoras de la marca KOMATSU, a continuación se detallan las características de este tipo de excavadoras.

En la a continuación las letras “C,L,M” corresponden al ancho de la excavadora, dependiendo el modelo puede retraer o extender su oruga para adaptarse al terreno, denominado Ancho mínimo y Ancho máximo, “H” es la longitud de la excavadora con la oruga contraída en contacto con la superficie del suelo, se denomina suelo a la superficie sobre la cual

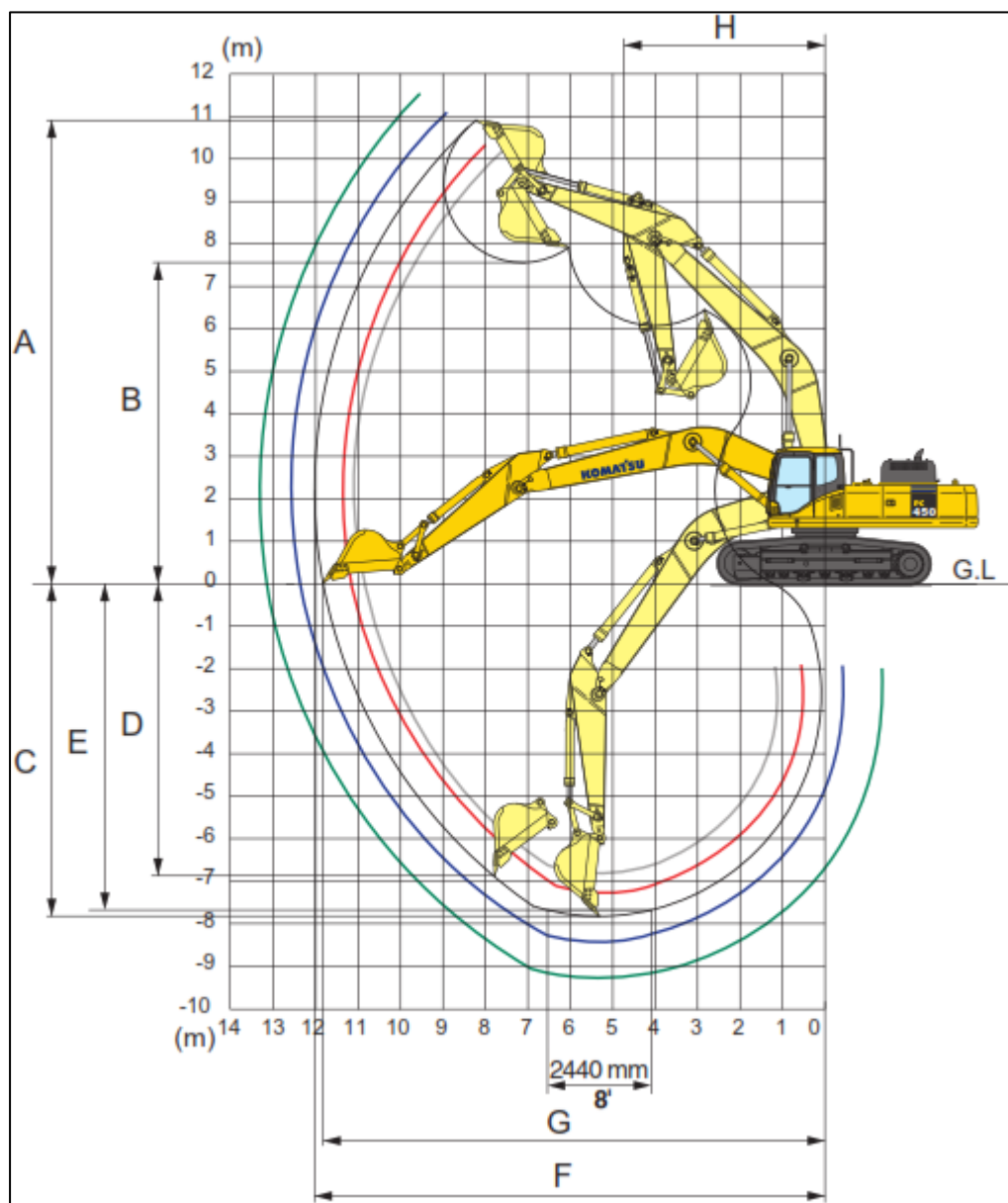


se encuentra posicionada la excavadora, H será llamado Longitud para el desarrollo de esta sección.



**Figura 3.5** Dimensiones de una excavadora  
**Fuente:** Folleto KOMATSU PC600LC-8, 2017.

“G” es la máxima distancia a la que llega la excavación a nivel del suelo, esta distancia se denominara Alcance; “C” es la máxima profundidad de excavación.



**Figura 3.6** Dimensiones de rangos de trabajo de una excavadora  
**Fuente:** Folleto KOMATSU PC450LC-8, 2017.

A continuación, se presenta la tabla de análisis de cuatro excavadoras, cuyas dimensiones se obtienen del catálogo digital disponible desde la página oficial de KOMATSU, de la cual se escogerá la opción que mejor se adapte a las restricciones de la ciclovía y maximizando capacidad de

la cuchara y distancia de alcance horizontal y profundidad máxima al nivel del suelo.

**Tabla XXXII.** Comparación entre 4 excavadoras KOMATSU

<b>PC</b>	<b>Cuchara (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ancho min (m)</b>	<b>Ancho max (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Alcance (m)</b>	<b>Profundidad Máxima (m)</b>
<b>600</b>	3.8	3.19	3.9	4.25	14.435	10.22
<b>450</b>	2.87	3.29	3.79	4.35	11.800	9.25
<b>350</b>	1.96	3.44	-	4.03	10.920	8.18
<b>220</b>	1.41	3.38	-	3.84	10.420	7.32

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

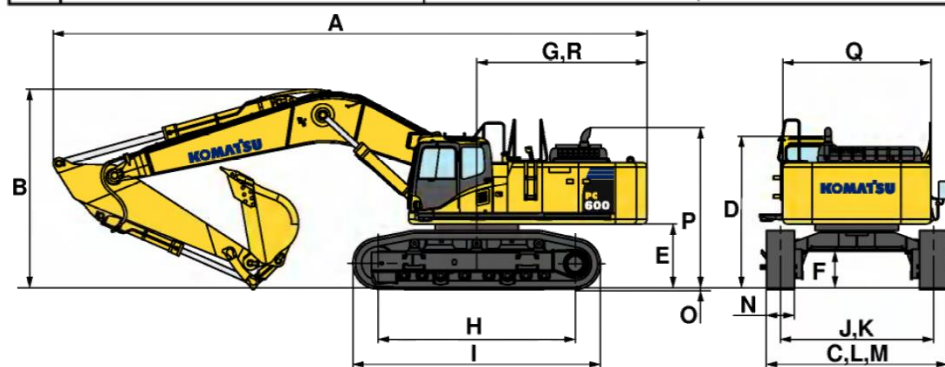
Para el dragado se propone la excavadora KOMATSU PC600LC-8 o similar, las especificaciones técnicas de la misma se muestran a continuación.



## DIMENSIONS

	Boom	7660 mm	25'2"	7660 mm	25'2"
	Arm	3500 mm	11'6"	4300 mm	14'1"
A	Overall length	12910 mm	42'4"	12830 mm	42'1"
B	Overall height (to top of boom)	4300 mm	14'1"	4655 mm	15'3"

		PC600-8		PC600LC-8	
C	Overall width	3900 mm	12'10"	3900 mm	12'10"
D	Overall height (to top of cab)	3280 mm	10'9"	3280 mm	10'9"
E	Ground clearance, counterweight	1365 mm	4'6"	1365 mm	4'6"
F	Ground clearance (minimum)	780 mm	2'7"	780 mm	2'7"
G	Tail swing radius	3900 mm	12'10"	3900 mm	12'10"
H	Track length on ground	4250 mm	13'11"	4600 mm	15'1"
I	Track length	5340 mm	17'6"	5690 mm	18'8"
J	Track gauge	2590 mm	8'6"	2590 mm	8'6"
K	Track gauge when expanded	3300 mm	10'10"	3300 mm	10'10"
L	Width of crawler	3190 mm	10'6"	3190 mm	10'6"
M	Width of crawler when expanded	3900 mm	12'10"	3900 mm	12'10"
N	Shoe width	600 mm	24"	600 mm	24"
O	Grouser height	37 mm	1.5"	37 mm	1.5"
P	Machine cab height	3435 mm	11'3"	3435 mm	11'3"
Q	Machine cab width	3195 mm	10'6"	3195 mm	10'6"
R	Distance, swing center to rear end	3775 mm	12'5"	3775 mm	12'5"



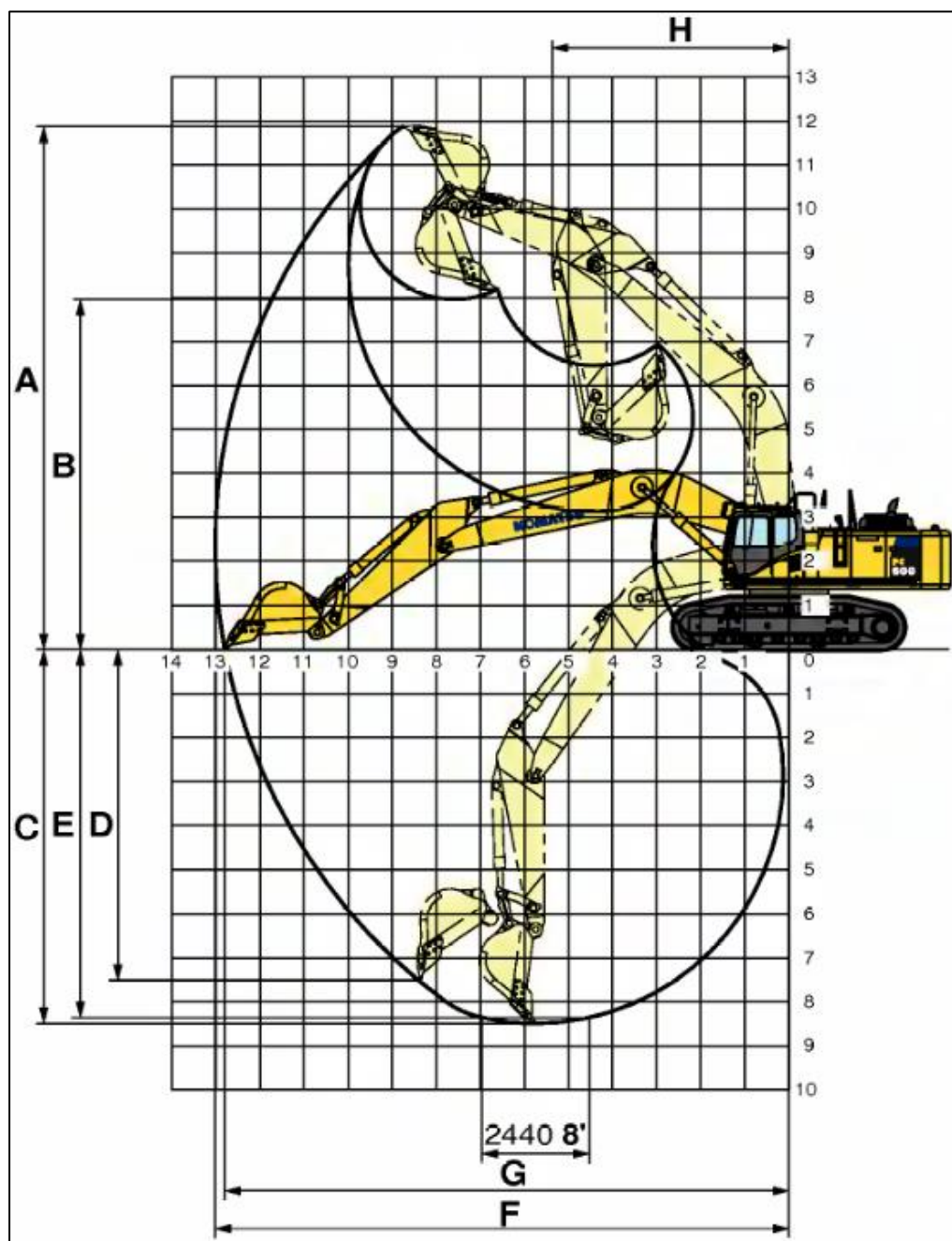
**Figura 3.7** Dimensiones de la excavadora KOMATSU PC600LC-8  
**Fuente:** Folleto KOMATSU PC600LC-8, 2017.

### 3.5 Escenario de dragado

El escenario de profundización dependerá del equipo propuesto anteriormente, la excavadora KOMATSU PC600-8 presenta diferentes rangos de trabajo, para el diseño de la sección de dragado se ha considerado el esquema siguiente:

		WORKING RANGE					Unit: mm ft in
	Boom	7660 25'2"	7660 25'2"	7660 25'2"	7300 23'11"	6600 21'8"	
	Arm	3500 11'6"	4300 14'1"	5200 17'1"	3500 11'6"	2900 9'6"	
A	Max. digging height	11880 39'0"	12180 40'0"	12560 41'3"	11475 37'8"	11140 36'7"	
B	Max. dumping height	7960 26'1"	8245 27'1"	8600 28'3"	7650 25'1"	7210 23'8"	
C	Max. digging depth	8490 27'10"	9275 30'5"	10225 33'7"	8165 26'9"	7060 23'2"	
D	Max. vertical wall digging depth	7510 24'8"	8375 27'6"	9275 30'5"	6660 21'10"	5630 18'6"	
E	Max. digging depth of cut for 8' level	8360 27'5"	9175 30'1"	10125 33'3"	8030 26'4"	6910 22'8"	
F	Max. digging reach	13020 42'9"	13740 45'1"	14630 48'0"	12615 41'5"	11550 37'11"	
G	Max. digging reach at ground level	12800 42'0"	13555 44'6"	14435 47'4"	12385 40'8"	11300 37'1"	
H	Min. swing radius	5370 17'7"	5385 17'8"	5510 18'1"	5090 16'8"	4670 15'4"	
	Bucket digging force (SAE)	261 kN 26900 kgf 59,900 lb				289 kN 29500 kgf 65,040 lb	
	Bucket digging force at power max. (SAE)	285 kN 29100 kgf 64,750 lbf				312 kN 31770 kgf 70,040 lb	
	Arm crowd force (SAE)	222 kN 22600 kgf 49,820 lb	194 kN 19800 kgf 43,650 lb	170 kN 17300 kgf 38,140 lb	222 kN 22600 kgf 49,820 lb	260 kN 26500 kgf 58,420 lb	
	Arm crowd force at power max (SAE)	238 kN 24300 kgf 53,570 lb	209 kN 21300 kgf 46,960 lb	182 kN 18600 kgf 41,010 lb	238 kN 24300 kgf 53,570 lb	280 kN 28500 kgf 62,830 lb	
	Bucket digging force (ISO)	291 kN 30000 kgf 66,140 lb				336 kN 34300 kgf 75,620 lb	
	Bucket digging force at power max. (ISO)	317 kN 32300 kgf 71,710 lb				362 kN 36900 kgf 81,350 lb	
	Arm crowd force (ISO)	228 kN 23300 kgf 51,370 lb	202 kN 20600 kgf 45,410 lb	176 kN 17900 kgf 39,460 lb	228 kN 23300 kgf 51,370 lb	272 kN 27700 kgf 61,070 lb	
	Arm crowd force at power max (ISO)	246 kN 25100 kgf 55,340 lb	218 kN 22200 kgf 48,940 lb	189 kN 19300 kgf 42,550 lb	246 kN 25100 kgf 55,340 lb	293 kN 29900 kgf 65,920 lb	

**Figura 3.8** Rango de trabajo de la excavadora KOMATSU PC600LC-8  
**Fuente:** Folleto KOMATSU PC600LC-8, 2017.

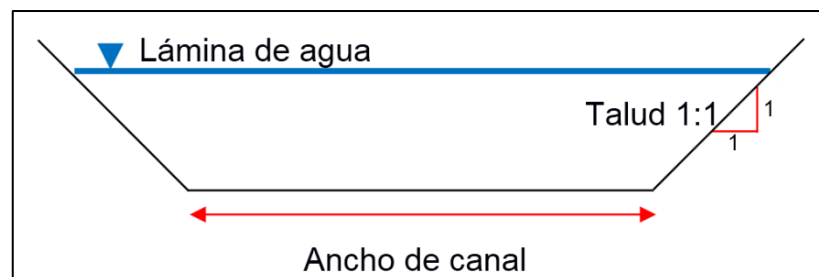


**Figura 3.9** Esquema del rango de trabajo de la excavadora KOMATSU PC600LC-8

**Fuente:** Folleto KOMATSU PC600LC-8, 2017.

Considerando que la zona de mayor y evidente afectación por azolvamiento es la cola del lago, se propone el dragado en dicho sector. Se debe tomar en consideración que la remoción del material deberá realizarse con agua, ya que no es posible vaciar la presa.

Se utilizará la convención en términos como pendientes de taludes expresadas de la forma  $x:y$  donde el primer valor ( $x$ ) indica la distancia horizontal que se recorre por cada distancia vertical ( $y$ ) además se denomina ancho del canal a la longitud horizontal que habrá en la solera del canal tal como lo expresa el esquema mostrado a continuación:



**Figura 3.10** Esquema de profundización

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Pese que la profundidad máxima de excavación del equipo es de 9.275 m, se debe considerar que la cola del lago se encuentra en promedio en la cota 79 msnm y a fin de asegurar que el equipo remueva el material sin inconvenientes se establece que se removerá material hasta llegar a la cota 71 msnm.

Se considerará además que el alcance de la draga es de 14.435 m, desde el eje de la excavadora, sin embargo el alcance real para el proyecto será la diferencia entre el alcance y la mitad del lago del equipo, e decir aproximadamente 12 m útil, para garantizar el dragado las secciones tendrán un ancho de 11 m desde el borde del lago hacia el centro. La sección a dragar se muestra en la figura a continuación.



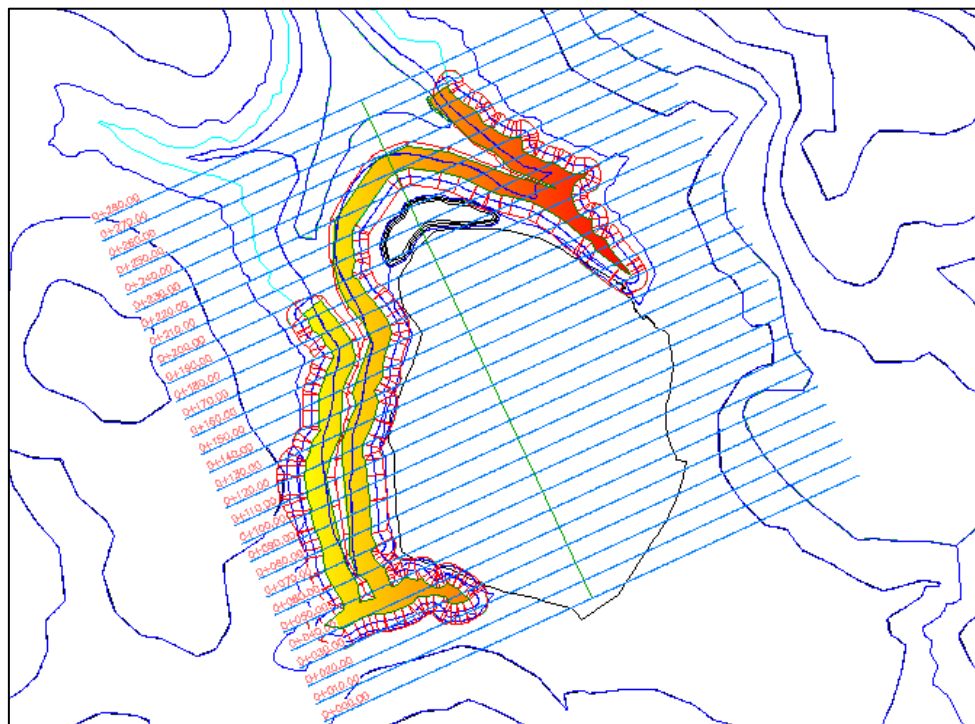
**Figura 3.11** Sección a dragar  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



### 3.6 Capacidad esperada de embalse

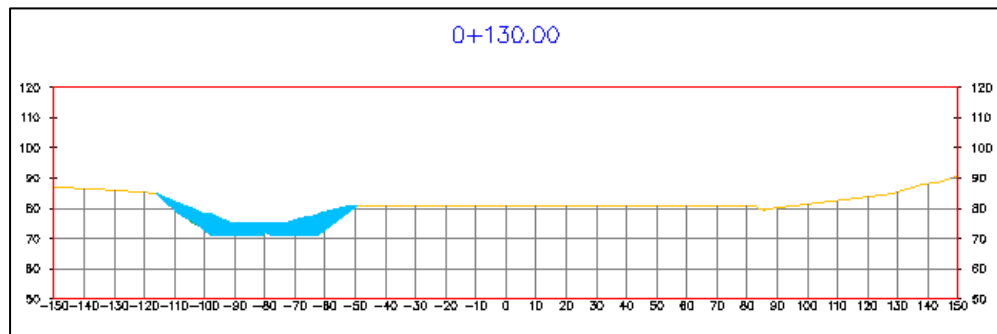
A partir de la superficie base generada anteriormente, se diseña la zona a dragar bajo las siguientes premisas:

1. La zona a dragar abarca la cola del lago y los bordes contiguos.
2. Para calcular el volumen de dragado se genera una superficie de explanación en la cota 71 msnm, con taludes con relación 1H:1V y un ancho de 11m desde el borde del lago.
3. Se generan secciones de muestreo transversales cada 10 metros.
4. Los volúmenes mostrados en la tabla a continuación son calculados automáticamente por el software.



**Figura 3.12** Zona a dragar (Vista en AutoCAD Civil 3D)

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 3.13** Sección tipo de dragado  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

**Tabla XXXIII.** Volúmenes a dragar

Total Volume Table			
Estacion	A. Corte	Vol. Corte	Vol Acumulado
0+000.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	56.30	281.48	281.48
0+030.00	198.20	1272.49	1553.97
0+040.00	488.46	3433.31	4987.27
0+050.00	318.78	4036.20	9023.47
0+060.00	209.01	2638.93	11662.40
0+070.00	218.66	2138.34	13800.74
0+080.00	198.52	2085.88	15886.62
0+090.00	0.00	992.58	16879.20
0+100.00	220.29	1101.43	17980.63
0+110.00	227.78	2240.33	20220.96
0+120.00	264.24	2460.11	22681.07
0+130.00	280.71	2724.78	25405.85
0+140.00	274.48	2775.96	28181.81
0+150.00	327.74	3011.08	31192.89
0+160.00	351.80	3397.68	34590.57
0+170.00	298.01	3249.02	37839.59
0+180.00	311.23	3046.18	40885.77
0+190.00	323.72	3174.75	44060.53

Total Volume Table			
Estacion	A. Corte	Vol. Corte	Vol Acumulado
0+200.00	329.18	3264.50	47325.03
0+210.00	318.21	3236.95	50561.98
0+220.00	307.91	3130.59	53692.57
0+230.00	421.82	3648.62	57341.19
0+240.00	357.24	3895.30	61236.50
0+250.00	133.92	2455.81	63692.30
0+260.00	71.82	1028.69	64721.00
0+270.00	46.51	591.66	65312.65
0+280.00	0.00	232.56	65545.21

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Las secciones y planos de cálculo de la capacidad esperada de embalse se encuentran en el ANEXO D.

Se espera que como resultado del dragado lago este aumente su capacidad de embalse en 65545.21 m<sup>3</sup>, teniendo una capacidad total de 379677.1 m<sup>3</sup>.

# **CAPÍTULO 4**

## **DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CICLOVÍA**

#### 4.1 Normativas aplicables en el diseño geométrico

Como toda estructura vial, las ciclovías deben cumplir con características esenciales que las componen y definen, muchas de las cuales guardan semejanza con el diseño geométrico de carreteras.

De acuerdo a la normativa consultada, actualmente en Ecuador existe el *“Plan Estratégico Nacional de Ciclovías”*, desarrollado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), el cual servirá como guía para el desarrollo del presente trabajo, dicho plan estratégico se fundamenta en las siguientes normativas:

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2008). Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Ecuador
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2012). Reglamento a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Ecuador
- Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE INEN 004 (2013). "Señalización Vial. Parte 6. Ciclovías". Subsecretaría de la Calidad, Ministerio de Industrias y Productividad. Ecuador

Considerando que las normativas vigentes en el territorio ecuatoriano son relativamente nuevas, y recalando que se dará siempre prioridad a la

misma, se ha consultado también las normativas que se detallan a continuación:

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1999). Guide for development of bicycles facilities. USA.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2015). CONSTRUCCIÓN DE CICLOVÍAS: ESTÁNDAR TÉCNICO. Chile: Impresora Printer S.A.
- Municipalidad de Lima. (2017). Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista. Perú.
- Centro de Investigación y Asesoría de Transporte Terrestre, Fundación Ciudad Humana de Bogotá y TARYET. (2004). MANUAL DE DISEÑO PARA INFRAESTRUCTURA DE CICLOVIAS. Perú.
- CROW. (2011). Manual de Diseño para el Tráfico Bicicletas. Holanda.

#### **4.2 Factores a considerar**

Los ciclistas no presentan homogeneidad, al contrario son un grupo muy heterogéneo variando en edad, género y habilidades físicas. Las bicicletas al igual que los ciclistas varían unas de otras, adaptándose a los requerimientos de los usuarios, por lo tanto, existen diferentes dimensiones y formas según su uso.

Para el diseño de vías la comodidad y la seguridad del conjunto vehículo-conductor son parámetros que se complementan entre sí, para el diseño de la infraestructura para el uso del ciclista se debe aplicar la misma filosofía, por lo tanto para un adecuado diseño geométrico de ciclovías recreativas se debe considerar los siguientes factores:

- El motor de las bicicletas son los músculos por lo tanto la ciclovía debe minimizar la pérdida de energía.
- La bicicleta es un vehículo inestable, los vientos fuertes, baches, hoyos en el camino y bajas velocidades afectan su estabilidad.
- La bicicleta tiene muy poca amortiguación ante golpes, la ciclovía debe tener una superficie pareja y sin baches.
- El ciclismo es una actividad social, las ciclovías deben permitir la circulación de dos ciclistas juntos.
- Se debe asegurar que las curvas horizontales y verticales permitan maniobrar con comodidad al ciclista.
- Debe ser atractiva, su diseño y la forma en que se complementa con el medio ambiente debe resultar agradable para el ciclista.

#### **4.3 La bicicleta como vehículo de diseño**

Las bicicletas vienen en diferentes formas y tamaños, lo cual dificulta al diseñador trabajar con dimensiones promedio. A continuación, se detallan las dimensiones de diferentes bicicletas.

**Tabla XXXIV.** Dimensiones típicas de bicicletas

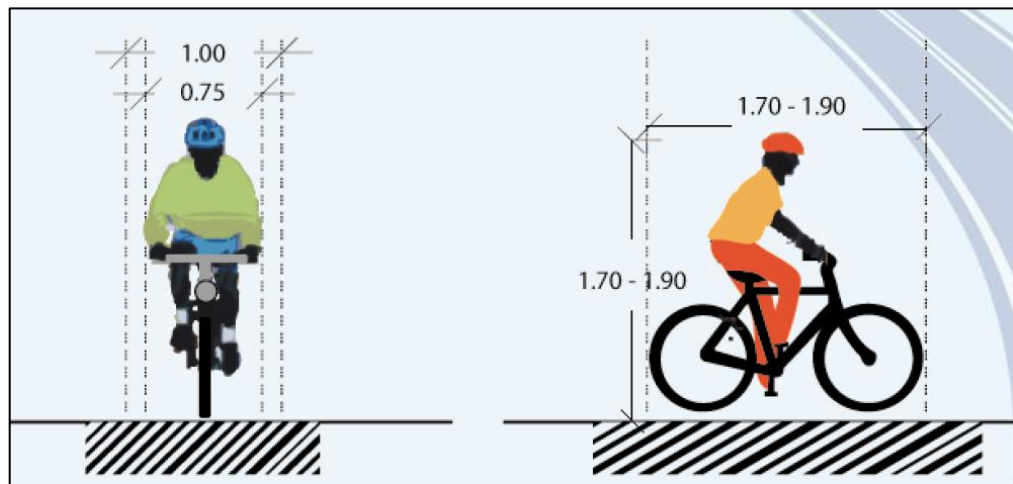
<b>Tipo de Bicicleta</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Ancho de manubrio (cm)</b>	<b>Tamaño de Rueda* (cm)</b>	<b>Grosor del neumático (cm)</b>
<b>Bicicleta de turismo para adultos</b>	180 - 195	100 - 120	50 - 60	66 - 72	3,7 – 4,0
<b>Bicicleta de carrera para adultos</b>	170 – 190	100 - 120	45 - 60	66 -72	2,5 – 3,0
<b>Bicicleta de montaña</b>	170 – 190	95 - 110	60 - 65	66 -72	4,0 – 5,0
<b>Bicicleta de niño</b>	150 - 170	80 100	50 -55	51 - 62	3,6 – 3,8
<b>Bicicleta reclinada</b>	170 -220	40 - 60	60 -70	-	-

\*Incluye el neumático

**Fuente:** CROW, 2011.

El diseño geométrico debe satisfacer los requerimientos de los ciclistas, a pesar de existir una amplia variedad de bicicletas es útil utilizar como vehículo de diseño una bicicleta “estándar” a fin de determinar las dimensiones óptimas de la ciclovía, a continuación se muestra las dimensiones de la bicicleta seleccionada como vehículo de diseño.





**Figura 4.1** Vehículo de diseño  
**Fuente:** MTOP, 2017.

#### 4.4 Sección de la vía

El tipo de bicicleta determina en gran parte el diseño de la infraestructura vial, principalmente en los anchos y los radios de giro, pero al determinar el ancho de sección también es necesario considerar la estabilidad, el balanceo y la sección libre.

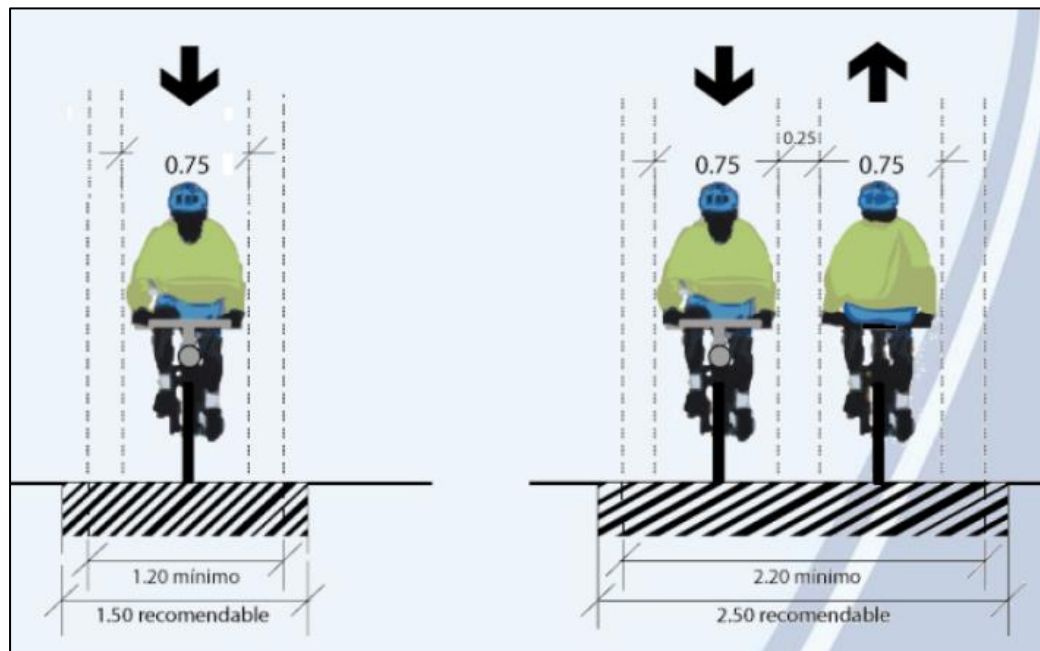
Para mantener la estabilidad en una bicicleta es necesario circular con una velocidad de al menos 12Km/h, a una velocidad menor la bicicleta se vuelve más inestable y comienza a tambalearse, mientras que a velocidades de 20 Km/h o mayores es fácil para el ciclista mantener la estabilidad con un ligero balanceo.

El balanceo es el ligero movimiento de un lado a otro que se produce cuando ciclista trata de corregir la pérdida de equilibrio normal durante el recorrido, el balanceo depende de la velocidad, edad, experiencia, capacidad física y la calidad del camino.

En condiciones normales el balanceo es de aproximadamente 0.20 m, para velocidades menores a 12 Km/h el ciclista necesitará de un mayor espacio para balancearse y mantener el equilibrio. Además del balanceo es necesario considerar el miedo del ciclista a los obstáculos, de forma que usualmente el ancho de diseño es de 0.75 m.

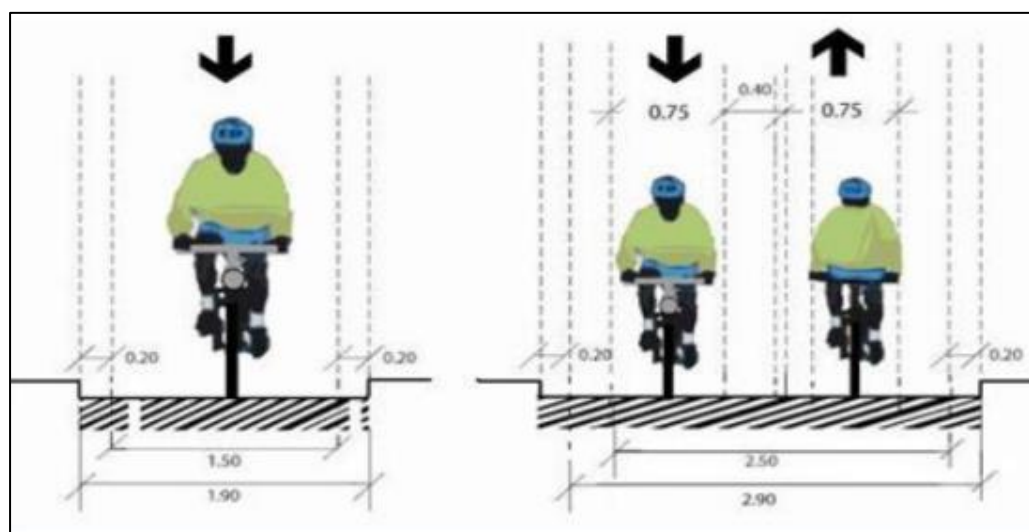
La sección libre es el resultado de la suma del espacio requerido por el conjunto bicicleta-ciclista, el espacio para el balanceo y el miedo a obstáculos.

De acuerdo al Plan Estratégico Nacional de Ciclovías para vías en un solo sentido de circulación el ancho mínimo de la sección será de 1.20 m, sin permitir adelantamientos, el ancho recomendable es de 1.50 m permitiendo adelantamientos, para vías en dos direcciones el ancho mínimo de la sección es de 2.20 m, pero se recomienda que el ancho para mayor comodidad y seguridad sea mayor o igual a 2.50 m.



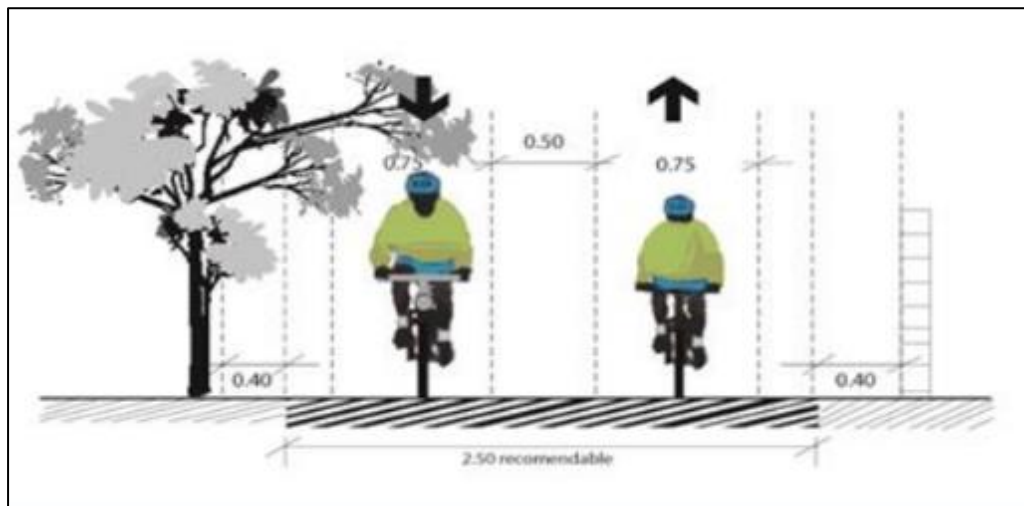
**Figura 4.2** Anchos de sección  
Fuente: MTOP, 2017.

En caso de que la ciclovía disponga de bordillos superiores a 5 cm, es necesario incrementar 0.20 m de resguardo a cada lado de la sección.



**Figura 4.3** Espacio de resguardo para bordillos  
Fuente: MTOP, 2017.

En caso de que existan objetos como mobiliarios, bancas, árboles, muros, guardavías o similares, se debe adicionar 0.40 m como espacio de resguardo a cada lado de la sección.



**Figura 4.4** Espacio de resguardo para obstáculos  
**Fuente:** MTOP, 2017.

#### 4.5 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño determina el radio de giro y el peralte de las curvas. Al hablar de la velocidad de diseño, se habla de la velocidad típica del ciclista, por lo cual se debe considerar en el diseño que el ciclista debe superar dos fuerzas en su recorrido, la resistencia al rodamiento y la resistencia aerodinámica. La resistencia al rodamiento es determinada por los neumáticos de la bicicleta y por la superficie de rodadura, la resistencia aerodinámica depende por otro lado del diseño de la bicicleta y de la velocidad del viento.

Como se mencionó inicialmente, el motor de la bicicleta es el poder muscular del ciclista, la resistencia extra debe superarse con un esfuerzo físico adicional, de lo contrario la bicicleta se desaceleraría.

El diseño de la ciclovía debe minimizar las pérdidas de energía, para esto es necesario que el diseño minimice las pérdidas por la resistencia de rodamiento, ya que estas dependen principalmente de la calidad de la superficie, se debe considerar además minimizar las variaciones de altura, evitar paradas innecesarias y proveer refugio contra el viento.

La velocidad por la que un ciclista circula depende del tiempo que durará el esfuerzo y del motivo para usar la bicicleta. La velocidad normal de pedaleo se encuentra entre los 15 y 20 km/h, para ciclovías en que se requiera andar a velocidades mayores, esta es de 30 Km/h (CROW 2011),

En condiciones favorables de clima, terreno plano y pavimentado la velocidad de diseño es de 30 Km/h, mientras que en terrenos no pavimentados se recomienda velocidades de 24 Km/h.

En la actualidad las bicicletas pueden alcanzar velocidades de entre 20 y 25 km/h, sin embargo en pendientes de bajada las velocidades son

mayores. Si la pendiente longitudinal es pronunciada la velocidad de descenso será mayor, en la tabla a continuación se presentan las velocidades de descenso de acuerdo a la pendiente longitudinal.

**Tabla XXXV. Velocidad de diseño en descenso**

Pendiente %	Longitud (m)		
	25 a 75	75 a 150	>150
3 a 5	35 Km/h	40 km/h	45 km/h
6 a 8	40 km/h	50 km/h	55 km/h
9	45 km/h	55 km/h	60 km/h

**Fuente:** Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

Para el presente proyecto y para el diseño de la infraestructura vial se considera una velocidad de 30Km/h, en terreno plano y se aplicará la tabla anterior para descensos.

#### 4.6 Curvas horizontales

Al igual que en el diseño de carreteras, las curvas horizontales y por tanto el radio de giro está en función de la velocidad de diseño, el radio de la curva afecta la velocidad de los ciclistas, según CROW (2011) el radio mínimo de giro deberá ser 5m, ya que radios menores obligarían al ciclista a conducir a velocidades menores a de 12 Km/h, dificultando el equilibrio y la estabilidad.

Para el presente trabajo se aplicará el criterio del Centro de Investigación y Asesoría de Transporte Terrestre, Fundación Ciudad Humana de

Bogotá y TARYET (2004) se indica que de acuerdo a relaciones empíricas, el radio de giro de giro se puede calcular de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$R = 0.24 V + 0.42$$

Donde:

R: radio de giro en metros

V: velocidad de diseño en Km/h

Aplicando la ecuación anterior se obtiene 7.6 m de radio de giro mínimo.

#### **4.7 Curvas verticales**

Al diseñar las curvas verticales es necesario considerar que las pendientes cuesta arriba requieren un esfuerzo adicional por parte del ciclista, es decir mientras mayor sea la pendiente y más prolongado el tramo la velocidad del ciclista disminuirá, de acuerdo a AASHTO (1999) la pendiente recomendable es de 5 a 6% en tramos de 240 m de longitud, pendientes mayores causarán fatiga al ciclista, por lo cual la longitud de los tramos debe ser menor.

De acuerdo a Acuña, R., Hernandez, H., Jimenez, D., Amora, J. y Loria, L. (2015) en el diseño de las curvas verticales, es necesario considerar la pendiente cuesta abajo como la pendiente crítica, a continuación se

presenta una guía de las longitudes de los tramos de acuerdo a la pendiente.

**Tabla XXXVI.** Longitud de tramo en función de la pendiente del terreno

<b>Pendiente %</b>	<b>Longitud máxima del tramo (m)</b>
<b>5 a 6</b>	240
<b>7</b>	120
<b>8</b>	90
<b>9</b>	60
<b>10</b>	30
<b>&gt;11</b>	15

**Fuente:** AASHTO, 1999.

#### **4.8 Sobreanchos**

Las pendientes afectan el ancho de la sección de diseño, ya que el ciclista requiere de mayor espacio para maniobrar durante el descenso, mientras que durante el ascenso requiere de espacio adicional para el balanceo. El sobreancho en caso de pendientes se ve afectado por la pendiente y longitud del tramo.

**Tabla XXXVII.** Sobreancho en función de pendiente y longitud del tramo

<b>Pendiente %</b>	<b>Longitud (m)</b>		
	<b>25 a 75</b>	<b>75 a 150</b>	<b>&gt;150</b>
<b>3 a 5</b>	0	0.2 m	0.3 m
<b>6 a 8</b>	0.2 m	0.3 m	0.4 m
<b>9</b>	0.3 m	0.4 m	0.5 m

**Fuente:** Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

En el caso de las curvas horizontales también se requieren de sobreanchos cuando los radios de giro son menores a 32 m.



**Tabla XXXVIII.** Sobreancho en función del radio de giro

<b>Radio de giro</b>	<b>Sobreancho (m)</b>
<b>24 a 32</b>	0.25
<b>16 a 24</b>	0.50
<b>8 a 16</b>	0.75
<b>0 a 8</b>	1.00

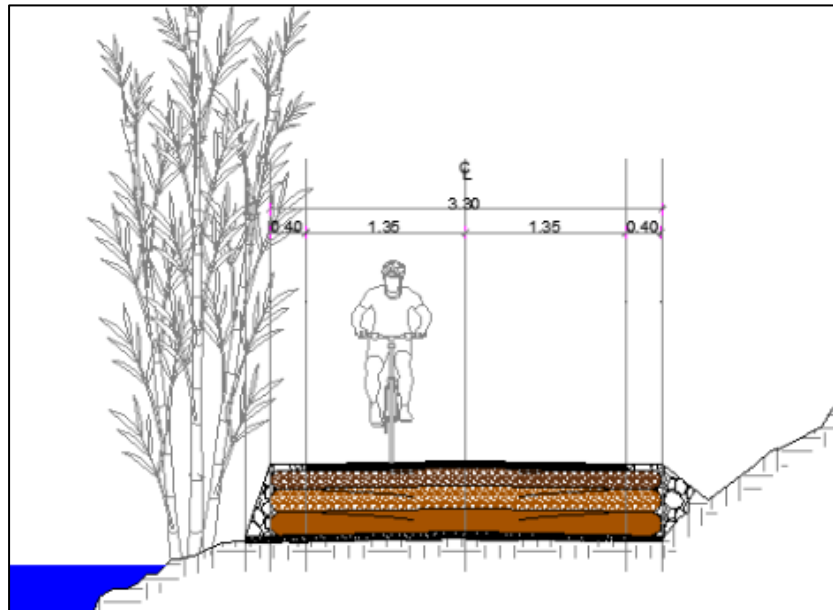
**Fuente:** Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

#### **4.9 Peralte**

El peralte es la sobreelevación de la superficie de rodadura en curvas horizontales, para evitar que los ciclistas salgan de la ciclovía, se recomienda que no debe exceder el 12%, ya que pueden causar movimientos lentos por la sensación de inclinación de la sección, (Centro de Investigación y Asesoría de Transporte Terrestre, Fundación Ciudad Humana de Bogotá y TARYET, 2004) , para pendientes mayores a 4% el peralte no debe ser mayor a 8%

#### **4.10 Sección propuesta para la ciclovía**

De acuerdo con los criterios anteriormente descritos, se propone la siguiente sección de diseño para la ciclovía.



**Figura 4.5** Sección típica para la ciclovía del lago

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

#### 4.11 Ruta de la ciclovía

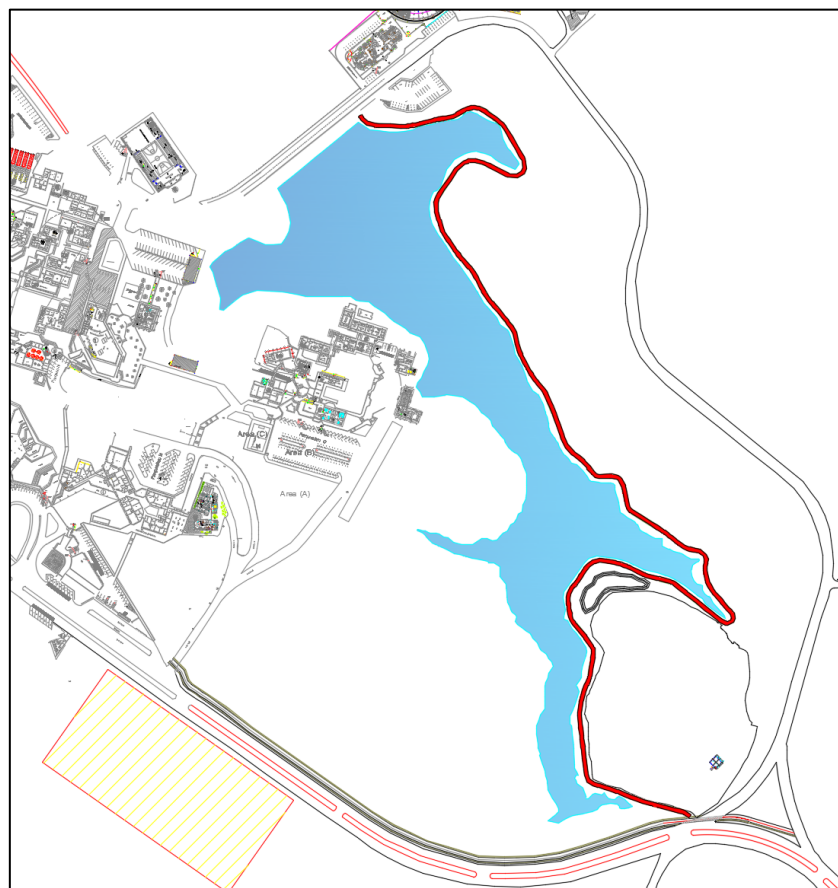
A partir de entrevistas a los usuarios de la ciclovía del lago, se determina que la falta de señalización ha permitido que los ciclistas utilicen diferentes accesos y salidas durante el recorrido. Para el diseño de la ruta de la ciclovía se considera que en la zona aledaña a la cola del lago se construirá un Aula Magna, misma que contempla una ciclovía perimetral, a partir de esto se plantean las siguientes alternativas para la ruta de la ciclovía.

##### 4.11.1 Alternativa 1

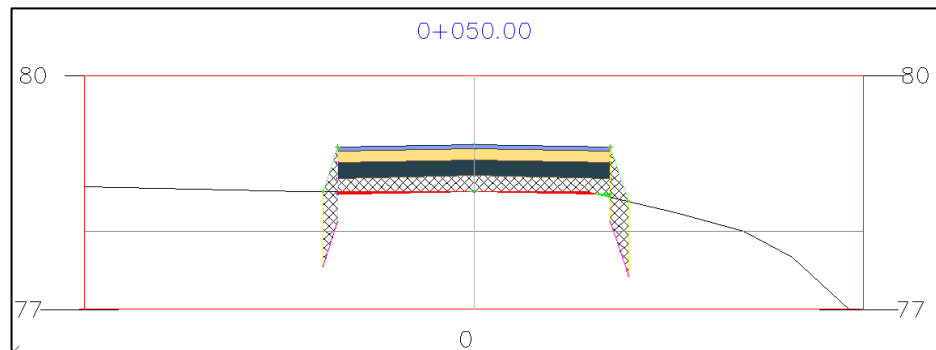
La alternativa 1 consiste en una ciclovía que parte desde el parqueadero de EDCOM y se empata con la ciclovía perimetral

al Aula Magna, uniéndose posteriormente a la ciclovía exterior de la Biblioteca.

Esta alternativa tiene el objetivo de servir de conexión entre la ciclovía principal y EDCOM, permitiendo a los estudiantes la movilidad y conexión a las facultades de Ciencias de la Tierra (FICT), EDCOM, y MECANICA.



**Figura 4.6** Alternativa 1  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 4.7** Sección tipo de alternativa 1  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Mediante el uso del software AutoCAD Civil 3D, se genera esta ruta, esta alternativa tiene una longitud de 1206 m, requiere un volumen de corte de 153.31 m<sup>3</sup> y un volumen de relleno de 128.62 m<sup>3</sup>, a continuación se presentan las tablas de curvas. Los volúmenes de corte y relleno se respaldan con los planos y tablas del ANEXO E.

**Tabla XXXIX.** Elementos de curva – Alternativa 1

ELEMENTOS DE CURVA					
CURVA	RADIO	PC	PI	PT	DIRECCION
Pl: 1	13.506m	0+003.11m	0+009.88m	0+015.67m	S60° 51' 40"E
Pl: 2	48.192m	0+038.37m	0+045.52m	0+052.56m	N84° 03' 41"E
Pl: 3	91.143m	0+066.18m	0+069.61m	0+073.03m	N77° 46' 40"E
Pl: 4	19.145m	0+082.64m	0+086.14m	0+089.57m	N69° 33' 50"E
Pl: 5	17.106m	0+096.66m	0+107.84m	0+116.46m	S87° 38' 56"E
Pl: 6	14.834m	0+132.71m	0+135.87m	0+138.94m	S42° 27' 34"E
Pl: 7	9.897m	0+172.07m	0+205.07m	0+197.39m	S42° 53' 02"W
Pl: 8	18.357m	0+223.16m	0+238.98m	0+249.27m	S75° 26' 24"W
Pl: 9	18.411m	0+275.46m	0+284.16m	0+291.72m	S9° 23' 40"W
Pl: 10	30.396m	0+305.33m	0+310.42m	0+315.41m	S25° 23' 54"E
Pl: 11	102.449m	0+328.98m	0+334.80m	0+340.61m	S38° 09' 00"E
Pl: 12	58.520m	0+348.12m	0+355.78m	0+363.34m	S33° 57' 17"E
Pl: 13	53.577m	0+372.61m	0+380.00m	0+387.30m	S34° 21' 41"E

ELEMENTOS DE CURVA					
CURVA	RADIO	PC	PI	PT	DIRECCION
PI: 14	73.554m	0+396.80m	0+400.07m	0+403.33m	S39° 40' 17"E
PI: 15	20.975m	0+414.03m	0+418.69m	0+423.19m	S24° 36' 50"E
PI: 16	34.406m	0+431.99m	0+436.67m	0+441.30m	S19° 51' 08"E
PI: 17	51.827m	0+455.44m	0+460.50m	0+465.52m	S33° 10' 43"E
PI: 18	22.874m	0+476.87m	0+480.10m	0+483.29m	S30° 42' 32"E
PI: 19	29.429m	0+522.87m	0+531.79m	0+540.18m	S35° 15' 59"E
PI: 20	50.095m	0+544.92m	0+551.45m	0+557.92m	S44° 40' 52"E
PI: 21	7.546m	0+563.74m	0+567.60m	0+570.87m	S64° 18' 35"E
PI: 22	10.187m	0+581.33m	0+589.86m	0+595.54m	S51° 24' 42"E
PI: 23	6.759m	0+613.85m	0+616.73m	0+619.29m	S34° 29' 57"E
PI: 24	155.718m	0+646.78m	0+657.22m	0+667.63m	S53° 42' 47"E
PI: 25	24.905m	0+670.09m	0+676.06m	0+681.81m	S63° 21' 28"E
PI: 26	7.863m	0+690.13m	0+697.87m	0+702.36m	S32° 17' 50"E
PI: 27	27.182m	0+703.41m	0+714.41m	0+724.31m	S9° 46' 39"E
PI: 28	32.155m	0+728.93m	0+731.48m	0+734.02m	S36° 20' 22"E
PI: 29	5.109m	0+756.40m	0+768.87m	0+768.47m	S36° 14' 16"W
PI: 30	10.800m	0+768.97m	0+771.39m	0+773.72m	N63° 26' 53"W
PI: 31	9.289m	0+825.22m	0+827.18m	0+829.08m	N63° 08' 48"W
PI: 32	7.802m	0+852.64m	0+853.41m	0+854.17m	N69° 26' 38"W
PI: 33	70.127m	0+865.12m	0+873.37m	0+881.54m	N70° 32' 43"W
PI: 34	17.100m	0+889.83m	0+902.19m	0+911.24m	S66° 52' 51"W
PI: 35	78.438m	0+915.63m	0+922.02m	0+928.38m	S35° 40' 25"W
PI: 36	17.396m	0+929.71m	0+937.02m	0+943.54m	S17° 33' 32"W
PI: 37	13.379m	0+956.73m	0+960.11m	0+963.36m	S25° 17' 03"E
PI: 38	15.991m	0+978.08m	0+978.87m	0+979.66m	S36° 39' 12"E
PI: 39	7.859m	0+990.32m	0+993.41m	0+996.21m	S12° 20' 47"E
PI: 40	9.091m	1+016.95m	1+018.13m	1+019.30m	S16° 31' 53"W
PI: 41	76.297m	1+024.43m	1+038.28m	1+051.84m	S13° 38' 46"W
PI: 42	9.392m	1+105.02m	1+111.08m	1+115.78m	S39° 26' 38"E
PI: 43	180.427m	1+148.28m	1+161.70m	1+175.08m	S71° 48' 17"E
PI: 44	24.551m	1+194.92m	1+200.14m	1+205.22m	S64° 02' 06"E

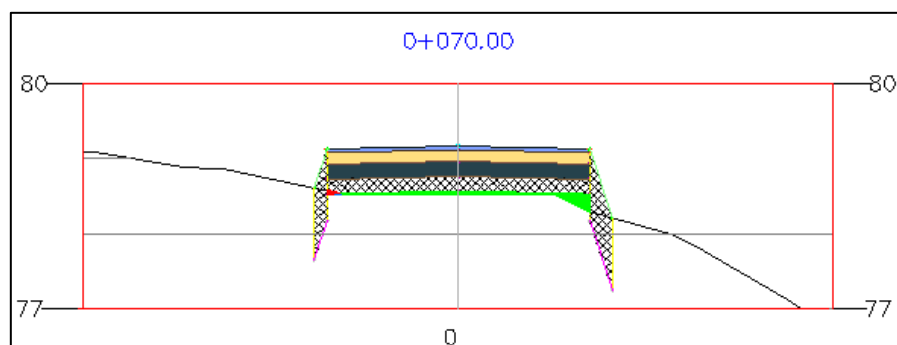
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Para esta alternativa se contempla la construcción de una estación o paradero de bicicletas la cual estaría ubicada junto al parqueadero de EDCOM.

#### 4.11.2 Alternativa 2

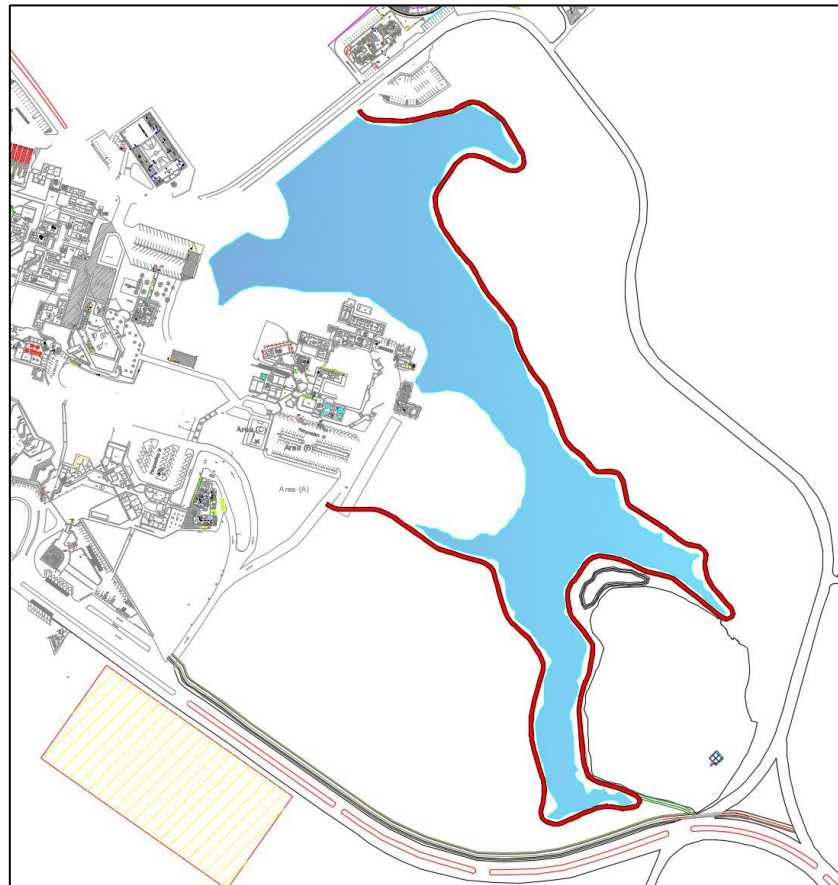
La alternativa 2 consiste en una ciclovía que parte desde el parqueadero de EDCOM, recorriendo perimetralmente al lago y terminando junto al parqueadero de la facultad de MARÍTIMA (FIMCBOR).

Esta alternativa tiene el objetivo de conectar la facultad de EDCOM y MARITIMA, sirviendo como punto de recreación para los estudiantes y potenciando el turismo en el campus, permitiendo a los estudiantes la movilidad y conexión entre la Biblioteca Central del Campus y las facultades de Ciencias de la Tierra (FICT), EDCOM, y MECÁNICA. Esta alternativa se ilustra a continuación.



**Figura 4.8** Sección tipo de Alternativa 2

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 4.9** Alternativa 2  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Mediante el uso del software AutoCAD Civil 3D, se genera esta ruta, esta alternativa tiene una longitud de 1652 m, requiere un volumen de corte de  $182.05 \text{ m}^3$  y un volumen de relleno de  $271.85 \text{ m}^3$ , a continuación se presentan las tablas de curvas. Los volúmenes de corte y relleno se respaldan con los planos y tablas del ANEXO F.

Tabla XL. Tabla de elementos de curva – Alternativa 2.

ELEMENTOS DE CURVA					
CURVA	RADIO	PC	PI	PT	DIRECCION
PI 1	13.506m	0+003.11m	0+009.88m	0+015.67m	S60° 51' 40"E
PI 2	48.192m	0+038.37m	0+045.52m	0+052.56m	N84° 03' 41"E
PI 3	91.143m	0+066.18m	0+069.61m	0+073.03m	N77° 46' 40"E
PI 4	19.145m	0+082.64m	0+086.14m	0+089.57m	N69° 33' 50"E
PI 5	17.106m	0+096.66m	0+107.84m	0+116.46m	S87° 38' 56"E
PI 6	14.834m	0+132.71m	0+135.87m	0+138.94m	S42° 27' 34"E
PI 7	9.897m	0+172.07m	0+205.07m	0+197.39m	S42° 53' 02"W
PI 8	18.357m	0+223.16m	0+238.98m	0+249.27m	S75° 26' 24"W
PI 9	18.411m	0+275.46m	0+284.16m	0+291.72m	S9° 23' 40"W
PI 10	30.396m	0+305.33m	0+310.42m	0+315.41m	S25° 23' 54"E
PI 11	102.449m	0+328.98m	0+334.80m	0+340.61m	S38° 09' 00"E
PI 12	58.520m	0+348.12m	0+355.78m	0+363.34m	S33° 57' 17"E
PI 13	53.577m	0+372.61m	0+380.00m	0+387.30m	S34° 21' 41"E
PI 14	73.554m	0+396.80m	0+400.07m	0+403.33m	S39° 40' 17"E
PI 15	20.975m	0+414.03m	0+418.69m	0+423.19m	S24° 36' 50"E
PI 16	34.406m	0+431.99m	0+436.67m	0+441.30m	S19° 51' 08"E
PI 17	51.827m	0+455.44m	0+460.50m	0+465.52m	S33° 10' 43"E
PI 18	22.874m	0+476.87m	0+480.10m	0+483.29m	S30° 42' 32"E
PI 19	29.429m	0+522.87m	0+531.79m	0+540.18m	S35° 15' 59"E
PI 20	50.095m	0+544.92m	0+551.45m	0+557.92m	S44° 40' 52"E
PI 21	7.546m	0+563.74m	0+567.60m	0+570.87m	S64° 18' 35"E
PI 22	10.187m	0+581.33m	0+589.86m	0+595.54m	S51° 24' 42"E
PI 23	6.759m	0+613.85m	0+616.73m	0+619.29m	S34° 29' 57"E
PI 24	155.718m	0+646.78m	0+657.22m	0+667.63m	S53° 42' 47"E
PI 25	24.905m	0+670.09m	0+676.06m	0+681.81m	S63° 21' 28"E
PI 26	7.863m	0+690.13m	0+697.87m	0+702.36m	S32° 17' 50"E
PI 27	27.182m	0+703.41m	0+714.41m	0+724.31m	S9° 46' 39"E
PI 28	32.155m	0+728.93m	0+731.48m	0+734.02m	S36° 20' 22"E
PI 29	5.109m	0+756.40m	0+768.87m	0+768.47m	S36° 14' 16"W
PI 30	10.800m	0+768.97m	0+771.39m	0+773.72m	N63° 26' 53"W
PI 31	9.289m	0+825.22m	0+827.18m	0+829.08m	N63° 08' 48"W
PI 32	7.802m	0+852.64m	0+853.41m	0+854.17m	N69° 26' 38"W
PI 33	70.127m	0+865.12m	0+873.37m	0+881.54m	N70° 32' 43"W
PI 34	17.100m	0+889.83m	0+902.19m	0+911.24m	S66° 52' 51"W
PI 35	78.438m	0+915.63m	0+922.02m	0+928.38m	S35° 40' 25"W
PI 36	17.396m	0+929.71m	0+937.02m	0+943.54m	S17° 33' 32"W
PI 37	13.379m	0+956.73m	0+960.11m	0+963.36m	S25° 17' 03"E
PI 38	15.991m	0+978.08m	0+978.87m	0+979.66m	S36° 39' 12"E



ELEMENTOS DE CURVA					
CURVA	RADIO	PC	PI	PT	DIRECCION
PI 39	7.859m	0+990.32m	0+993.41m	0+996.21m	S12° 20' 47"E
PI 40	9.091m	1+016.95m	1+018.13m	1+019.30m	S16° 31' 53"W
PI 41	76.297m	1+024.43m	1+038.28m	1+051.84m	S13° 38' 46"W
PI 42	40.732m	1+091.81m	1+096.82m	1+101.79m	S12° 17' 14"E
PI 43	13.377m	1+106.24m	1+112.18m	1+117.43m	S43° 15' 51"E
PI 44	5.165m	1+155.65m	1+173.54m	1+168.97m	S7° 10' 10"W
PI 45	14.947m	1+177.13m	1+179.61m	1+182.04m	N89° 30' 14"W
PI 46	24.432m	1+189.86m	1+196.74m	1+203.28m	S84° 10' 42"W
PI 47	247.729m	1+212.90m	1+219.17m	1+225.45m	S66° 58' 50"W
PI 48	8.735m	1+236.97m	1+240.07m	1+242.93m	S85° 05' 00"W
PI 49	39.502m	1+589.57m	1+602.29m	1+614.17m	N72° 27' 08"W
PI 50	21.453m	1+636.65m	1+644.03m	1+650.87m	N71° 18' 15"W
PI 51	7.963m	1+249.34m	1+257.11m	1+261.66m	N31° 02' 19"W
PI 52	40.469m	1+270.20m	1+280.93m	1+291.17m	N1° 33' 21"W
PI 53	76.700m	1+316.55m	1+338.58m	1+359.47m	N0° 22' 00"W
PI 54	19.186m	1+386.46m	1+395.12m	1+402.74m	N8° 38' 16"W
PI 55	12.540m	1+418.32m	1+419.99m	1+421.63m	N40° 30' 53"W
PI 56	26.198m	1+438.60m	1+446.24m	1+453.47m	N31° 49' 55"W
PI 57	14.698m	1+486.34m	1+494.47m	1+501.19m	N44° 31' 05"W
PI 58	13.770m	1+539.29m	1+541.58m	1+543.82m	N64° 02' 14"W

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

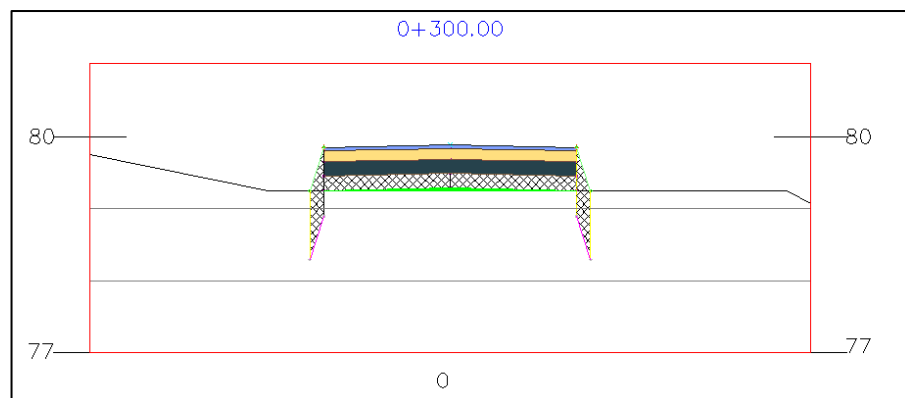
Para esta alternativa se contempla la construcción de dos estaciones o paraderos de bicicletas, una ubicada al inicio de la ruta junto al parqueadero de EDCOM y otra al finalizar el recorrido junto al parqueadero de MARITIMA.

#### 4.11.3 Alternativa 3

La alternativa 3 consiste en una ciclovía que parte desde el parqueadero de EDCOM, recorriendo perimetralmente al lago,

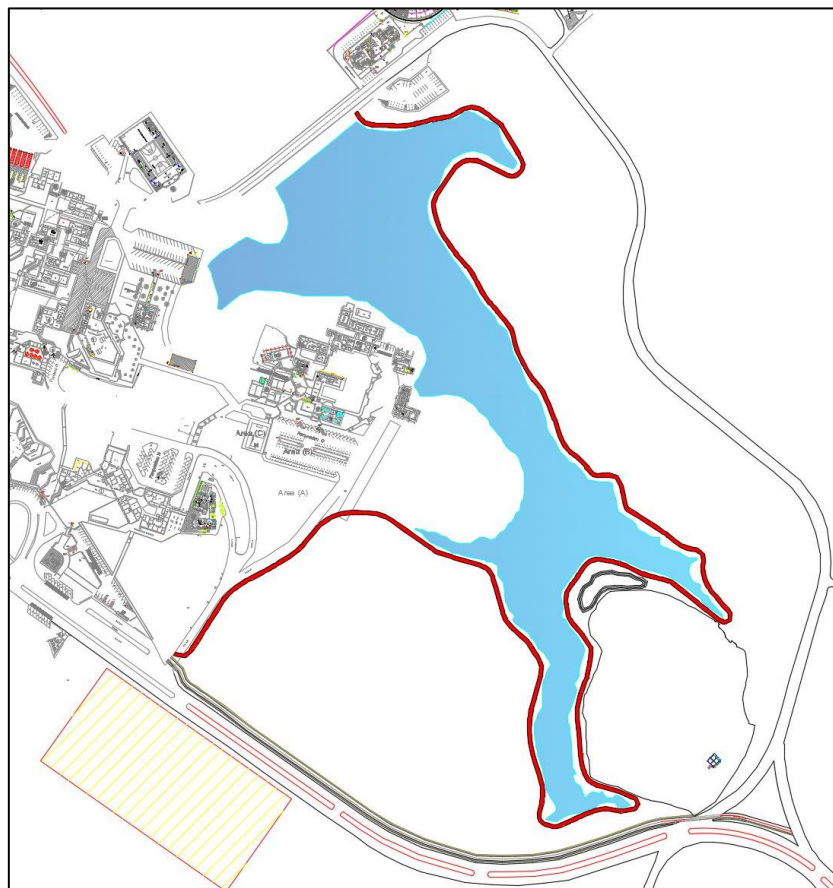
saliendo en la MARITIMA, siguiendo junto a la vía de ingreso de la misma facultad y empatándose finalmente con la garita de bicicletas ubicada cerca de la biblioteca del campus.

Al igual que la alternativa anterior, esta pretende convertirse en un punto de recreación para los estudiantes y potenciando el turismo en el campus, permitiendo a los estudiantes la movilidad y conexión entre la Biblioteca Central del Campus y las facultades de Ciencias de la Tierra (FICT), EDCOM, y MECANICA. Esta alternativa se ilustra a continuación.



**Figura 4.10** Sección tipo de Alternativa 3

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 4.11** Alternativa 3  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Mediante el uso del software AutoCAD Civil 3D, se genera esta ruta, esta alternativa tiene una longitud de 1840 m, requiere un volumen de corte de  $168.14 \text{ m}^3$  y un volumen de relleno de  $1144.02 \text{ m}^3$ , a continuación se presentan las tablas de curvas. Los volúmenes de corte y relleno se respaldan con los planos y tablas del ANEXO G.

**Tabla XLI. Tabla de elementos de curva – Alternativa 3.**

ELEMENTOS DE CURVAS					
CURVA	RADIO	PC	PI	PT	DIRECCION
PI 1	13.506m	0+006.21m	0+012.99m	0+018.77m	S60° 51' 39"E
PI 2	48.192m	0+041.48m	0+048.63m	0+055.67m	N84° 03' 41"E
PI 3	91.143m	0+069.29m	0+072.71m	0+076.14m	N77° 46' 40"E
PI 4	19.145m	0+085.75m	0+089.25m	0+092.67m	N69° 33' 50"E
PI 5	17.106m	0+099.77m	0+110.95m	0+119.57m	S87° 38' 56"E
PI 6	14.834m	0+135.82m	0+138.98m	0+142.05m	S42° 27' 34"E
PI 7	9.897m	0+175.17m	0+208.18m	0+200.50m	S42° 53' 02"W
PI 8	18.357m	0+226.27m	0+242.09m	0+252.38m	S75° 26' 24"W
PI 9	18.411m	0+278.57m	0+287.27m	0+294.83m	S9° 23' 40"W
PI 10	30.396m	0+308.44m	0+313.52m	0+318.52m	S25° 23' 54"E
PI 11	102.449m	0+332.09m	0+337.91m	0+343.72m	S38° 09' 00"E
PI 12	58.520m	0+351.23m	0+358.88m	0+366.45m	S33° 57' 17"E
PI 13	53.577m	0+375.71m	0+383.10m	0+390.40m	S34° 21' 41"E
PI 14	73.554m	0+399.91m	0+403.18m	0+406.44m	S39° 40' 17"E
PI 15	20.975m	0+417.14m	0+421.79m	0+426.30m	S24° 36' 50"E
PI 16	34.406m	0+435.09m	0+439.78m	0+444.40m	S19° 51' 08"E
PI 17	51.827m	0+458.55m	0+463.61m	0+468.63m	S33° 10' 43"E
PI 18	22.874m	0+479.98m	0+483.21m	0+486.40m	S30° 42' 32"E
PI 19	29.429m	0+525.98m	0+534.89m	0+543.29m	S35° 15' 59"E
PI 20	50.095m	0+548.02m	0+554.56m	0+561.03m	S44° 40' 52"E
PI 21	7.546m	0+566.85m	0+570.70m	0+573.98m	S64° 18' 35"E
PI 22	10.187m	0+584.44m	0+592.97m	0+598.65m	S51° 24' 42"E
PI 23	6.759m	0+616.96m	0+619.83m	0+622.40m	S34° 29' 57"E
PI 24	155.718m	0+649.89m	0+660.33m	0+670.74m	S53° 42' 47"E
PI 25	24.905m	0+673.20m	0+679.17m	0+684.92m	S63° 21' 28"E
PI 26	7.863m	0+693.24m	0+700.98m	0+705.47m	S32° 17' 50"E
PI 27	27.182m	0+706.52m	0+717.51m	0+727.41m	S9° 46' 39"E
PI 28	32.155m	0+732.04m	0+734.59m	0+737.13m	S36° 20' 22"E
PI 29	5.109m	0+759.50m	0+771.98m	0+771.58m	S36° 14' 16"W
PI 30	10.800m	0+772.08m	0+774.49m	0+776.83m	N63° 26' 53"W
PI 31	9.289m	0+828.33m	0+830.29m	0+832.19m	N63° 08' 48"W
PI 32	7.802m	0+855.75m	0+856.51m	0+857.27m	N69° 26' 38"W
PI 33	70.127m	0+868.23m	0+876.47m	0+884.65m	N70° 32' 43"W
PI 34	17.100m	0+892.94m	0+905.30m	0+914.34m	S66° 52' 51"W
PI 35	78.438m	0+918.73m	0+925.12m	0+931.49m	S35° 40' 25"W
PI 36	17.396m	0+932.82m	0+940.12m	0+946.65m	S17° 33' 32"W
PI 37	13.379m	0+959.83m	0+963.22m	0+966.47m	S25° 17' 03"E
PI 38	15.991m	0+981.18m	0+981.97m	0+982.77m	S36° 39' 12"E

ELEMENTOS DE CURVAS					
CURVA	RADIO	PC	PI	PT	DIRECCION
PI 39	7.859m	0+993.43m	0+996.52m	0+999.32m	S12° 20' 47"E
PI 40	9.091m	1+020.05m	1+021.24m	1+022.40m	S16° 31' 53"W
PI 41	76.297m	1+027.54m	1+041.39m	1+054.95m	S13° 38' 46"W
PI 42	40.732m	1+094.92m	1+099.93m	1+104.90m	S12° 17' 14"E
PI 43	13.377m	1+109.35m	1+115.29m	1+120.54m	S43° 15' 51"E
PI 44	5.165m	1+158.75m	1+176.65m	1+172.08m	S7° 10' 10"W
PI 45	14.947m	1+180.23m	1+182.72m	1+185.15m	N89° 30' 14"W
PI 46	24.432m	1+192.96m	1+199.85m	1+206.39m	S84° 10' 42"W
PI 47	247.729m	1+216.00m	1+222.28m	1+228.55m	S66° 58' 50"W
PI 48	8.735m	1+240.08m	1+243.18m	1+246.04m	S85° 05' 00"W
PI 49	39.502m	1+593.08m	1+605.39m	1+616.96m	N71° 55' 43"W
PI 50	42.095m	1+629.36m	1+649.44m	1+666.83m	S65° 15' 23"W
PI 51	45.302m	1+684.83m	1+692.46m	1+699.96m	S49° 19' 37"W
PI 52	30.428m	1+740.91m	1+742.72m	1+744.53m	S58° 56' 48"W
PI 53	42.798m	1+755.79m	1+764.54m	1+773.04m	S43° 59' 13"W
PI 54	9.083m	1+824.16m	1+833.17m	1+838.35m	S77° 12' 04"W
PI 55	107.890m	1+716.37m	1+719.63m	1+722.89m	S60° 37' 41"W
PI 56	7.963m	1+252.44m	1+260.22m	1+264.76m	N31° 02' 19"W
PI 57	40.469m	1+273.31m	1+284.03m	1+294.27m	N1° 33' 21"W
PI 58	76.700m	1+319.66m	1+341.69m	1+362.57m	N0° 22' 00"W
PI 59	19.186m	1+389.57m	1+398.23m	1+405.84m	N8° 38' 16"W
PI 60	12.540m	1+421.43m	1+423.09m	1+424.74m	N40° 30' 53"W
PI 61	26.198m	1+441.71m	1+449.35m	1+456.57m	N31° 49' 55"W
PI 62	14.698m	1+489.45m	1+497.58m	1+504.30m	N44° 31' 05"W
PI 63	13.770m	1+542.40m	1+544.68m	1+546.93m	N64° 02' 14"W

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Para esta alternativa se contempla la construcción de dos estaciones o paraderos de bicicletas, una ubicada al inicio de la ruta junto al parqueadero de EDCOM.

# **CAPÍTULO 5**

## **DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CICLOVÍA**

## 5.1 Normativas para la configuración de la estructura de pavimento

Como se menciona en el capítulo anterior, las normativas vigentes en el territorio ecuatoriano son relativamente nuevas y cabe recalcar que aún no se desarrolla una normativa o manual para el diseño de la estructura del pavimento para ciclovías, por lo cual se ha procedido a consultar las normativas y manuales de diseño de otros países como se detallan a continuación:

- Manual de Diseño de Ciclo rutas, Plan Maestro de Ciclo rutas para Santa Fé de Bogotá D.C., Colombia, 1999.
- Construcción de Ciclo infraestructura. Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá, 2016.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicación. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP-001-F, Quito, 2002.
- Construcción de Ciclovías: Estándar Técnico. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Espacios Públicos Urbanos, Chile, 2015.
- O'Neil, M., & Poormoayed, N. (1998). Methodology for Foundations on Expansive Clays. Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, 106(GT12), 1345-1367. Recuperado el 2017

- Vélo Québec. (2003). Technical Handbook of Bikeway Design. Por M. L. Birk. De Montréal, Québec, Canada.

## **5.2 Consideraciones generales**

De acuerdo al Instituto de Desarrollo Urbano (1999) los requisitos para la estructura del pavimento son que la superficie de rodadura debe ser regular, impermeable, antideslizante y, en lo posible, de aspecto agradable. Dado que las ciclo rutas no son sometidas a grandes esfuerzos, estas no necesitan una estructura mayor a la utilizada para vías peatonales.

## **5.3 Tipo de vía**

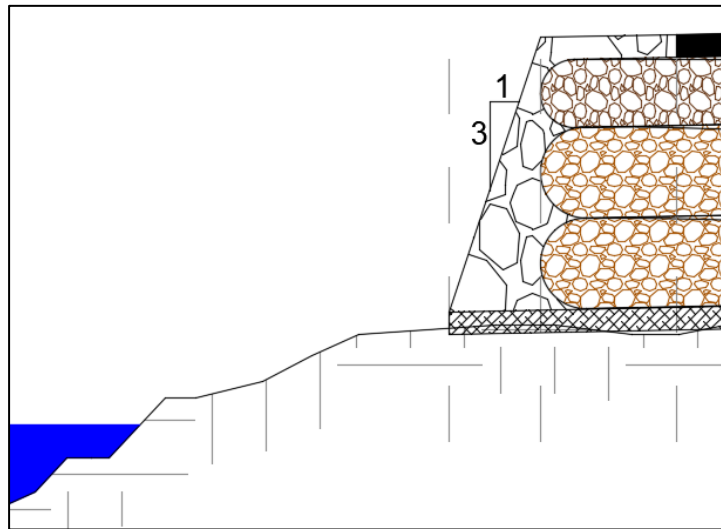
Para el presente diseño dado que ya existe un trazado geométrico perimetral al lago, se considera la necesidad de un mejoramiento de la Subrasante en base a los resultados obtenidos de los ensayos a las muestras tomadas in situ; además se realiza el diseño de un pavimento flexible para tránsito de peatones y bicicletas.

## **5.4 Taludes requeridos**

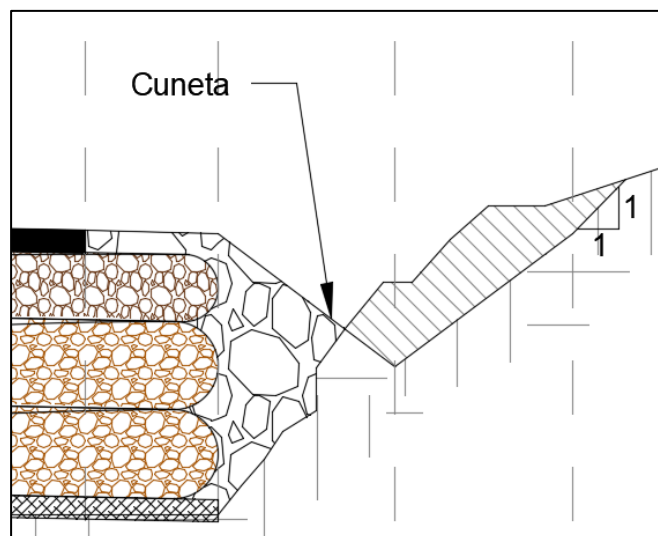
Para proteger las capas de geotextil y dado que al utilizar este tipo de mejoramiento de Subrasante es posible tener taludes verticales se



tomará de todos modos un talud de 1:3 para el carril más cercano al lago y dado que se va a construir una cuneta el talud después de la cuneta será de 1:1 para el terreno natural como se puede apreciar en la figura a continuación:



**Figura 5.1** Talud 1:3 para lado cercano al lago.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 5.2** Talud 1:1 para terreno natural después de cuneta.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

## 5.5 Preparación de Subrasante

Para comenzar con la implantación del proyecto se deberá realizar el replanteo geométrico y nivelación; principalmente utilizando estacas, definiendo ejes, vértices, deflexiones en terreno y cualquier otra característica relevante del proyecto; así mismo se debe dar el bombeo y peralte adecuados para la plataforma. Se deberá nivelar el suelo compactando el terreno natural agregando cinco centímetros de material a fin de proporcionar una superficie de apoyo homogénea.

En el presente trabajo se realizará corte y relleno como se muestran en las tablas dentro de los Anexos E, F y G para cada alternativa de trazado geométrico como se menciona en el capítulo anterior. El material excavado será principalmente en la margen derecha del embalse dado que en estas zonas se encuentran los mayores problemas de ancho insuficiente.

De acuerdo al documento de Construcción de Ciclo infraestructura de Bogotá, para determinar si el suelo que servirá de Subrasante necesita mejoramiento, propone dos criterios; que el CBR sea  $< 3.0\%$  o si se encuentran estratos expansivos, para lo cual se usa la siguiente tabla a fin de poder clasificar el potencial de expansión.

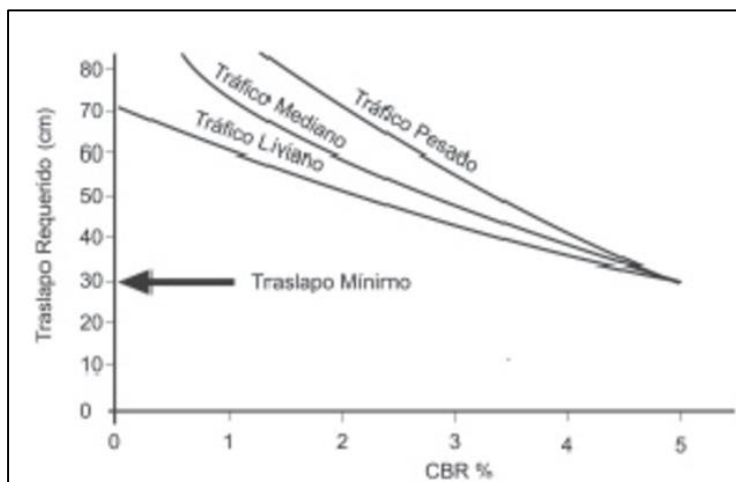
**Tabla XLII.** Clasificación de potencial de expansión basado en las propiedades del índice de plasticidad.

Límite líquido	Índice de plasticidad	Expansión potencial (%)	Clasificación de la expansión potencial
< 50	< 25	<0.5	Baja
50-60	25-35	0.5-1.5	Marginal
> 60	> 35	>1.5	Alta

**Fuente:** O'Neil, M., Poormoayed, N., 1998.

En el presente diseño se tiene material altamente expansivo por lo que se asume un CBR de diseño de 10%.

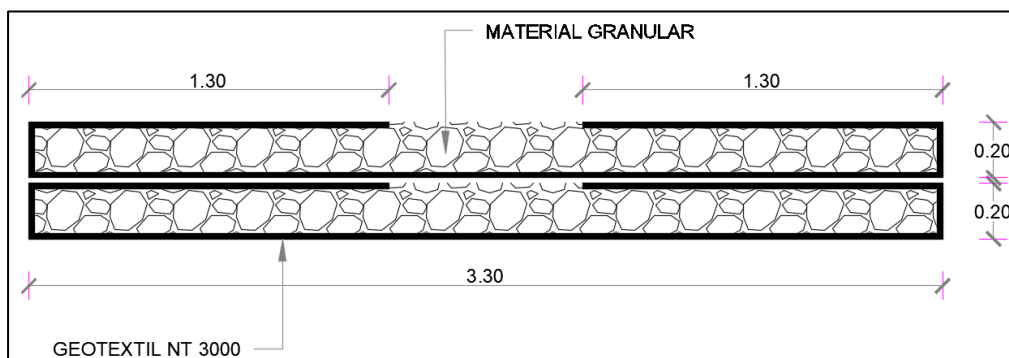
Dado que encontramos arcilla de alta plasticidad en el trazado geométrico de la vía se usarán dos capas de Geotextil NT3000 cada una con 20cm de material granular del sitio, para lo cual se necesitarán dos rollos del geotextil dado que cada rollo viene de 3.50 metros transversales y los requerimientos de la ciclovía comprenden un ancho de 330 cm en la Subrasante mejorada, a lo que se le suman el espesor de la capa y la longitud de desarrollo para el confinamiento en ambos lados de la vía como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 5.3** Traslado del geotextil en función del CBR y tipo de tráfico.

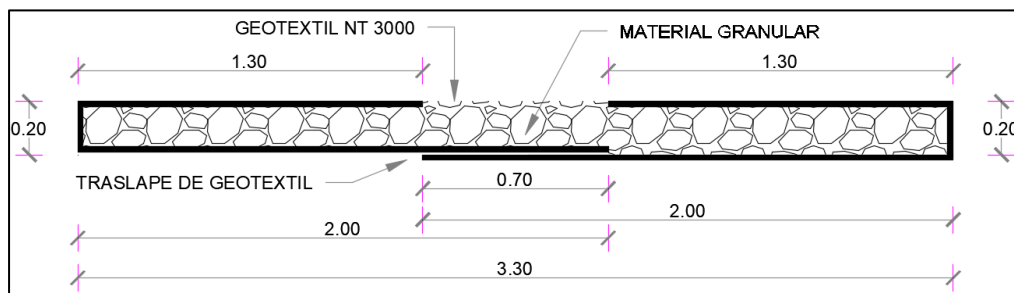
**Fuente:** Vías – Separación de suelos de Subrasante y capas granulares empleando Geotextil NT3000, 2017.

Se coserá el geotextil con un traslape de 70 cm de acuerdo al gráfico presentado arriba, dado que tenemos tráfico liviano y asumimos un CBR cercano a 0%; el geotextil debe extenderse una distancia de  $L/3$  confinando el material de relleno, siendo  $L$  el ancho del mejoramiento de la Subrasante como se muestra más abajo.



**Figura 5.4** Configuración del Mejoramiento con Geotextil.

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 5.5** Traslape de Geotextil.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

## 5.6 Estructura de Pavimento Flexible

### 5.6.1 Sub Base

Es una capa que por sus características y propiedades granulométricas puede ser utilizada para drenaje. Los materiales que se emplean deben tener un coeficiente de desgaste máximo del 50% obtenido del ensayo de Abrasión de los Ángeles y el pasante del tamiz N°40, el índice de plasticidad debe ser menor que 6 y con límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

Además el material debe ser compactado en capas de 150 mm con el 90% de la densidad máxima del proctor modificado.

Las sub-bases tienen una clasificación en base al tipo de material a utilizarse la cual es definida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y son las siguientes:

**Sub-base Clase 1:** Son sub-bases construidas con agregados obtenidos por trituración de roca o grava, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1 de la siguiente tabla.

**Sub-base Clase 2:** Son sub-bases construidas con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2 de la siguiente tabla.

**Sub-base Clase 3:** Son sub-bases construidas con agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos en la Sección 816 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP, y graduados

uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3 de la siguiente tabla.

**Tabla XLIII.** Clasificación de Sub-bases según su granulometría.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	-	-	100
2" (50.8 mm.)	-	100	-
1 1/2 (38.1 mm.)	100	70 – 100	-
Nº 4 (4.75 mm.)	30 – 70	30 – 70	30 – 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 – 35	15 – 40	-
Nº 200 (0.075 mm.)	0 – 15	0 – 20	0 – 20

Fuente: MOP – 001-F, 2002.

A pesar de que el MTOP define las anteriores sub-bases, estas son las propuestas para una estructura de pavimento para vías de circulación de vehículos motorizados. Por otro lado el Manual de Diseño de Ciclo rutas de Bogotá define que esta capa está compuesta por materiales existentes alrededor del sitio de construcción. Esto siempre que sea posible y con el fin de reducir costos de construcción e incrementar la durabilidad de las instalaciones.

A continuación se presentan condiciones que aseguran unas mínimas especificaciones:

- El relleno debe estar compuesto por un material compactable.
- El material deberá compactarse en capas de 150 mm con el 90% de la densidad máxima del proctor modificado.
- En condiciones con nivel freático muy alto, debe diseñarse la vía tal que esta no se vea afectada en las capas de base y sub-base.

### **5.6.2 Base**

Esta capa es la que recibe mayor parte de los esfuerzos producidos por el tránsito, sobre esta se coloca la carpeta de rodadura. Para la granulometría es de mayor importancia que el material cumpla con el CBR y una plasticidad mínima, además es recomendable que no se compacten que tengan una humedad igual o mayor que su límite plástico dentro de esta capa de base.

Para las bases el porcentaje de material que pase el tamiz N°40 debe tener un límite líquido menor al 25% y un índice de plasticidad menor al 6%, porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor al 40% y el valor relativo de soporte, CBR debe ser igual o mayor al 80%.



Además este material debe ser compactado con el 95% de la densidad del próctor modificado y en espesores menores a 150 mm; y después de ser compactado deberá tener menor espesor. Deberá ser compactado con la humedad óptima para así obtener la densidad deseada y no puede estar colocada sobre superficies húmedas. Finalmente la base debe extenderse con un ancho de 300 mm a cada lado de la vía con respecto a su superficie de rodadura.

Los agregados de la base deberán estar limpios, ser sólidos y resistentes, libres de polvo, suciedad, arcilla, materia orgánica u otros materiales extraños y estas bases tienen la siguiente clasificación definida por el MTOP:

**Base Clase 1:** Son constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% de acuerdo con lo establecido en la subsección 814-2 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MOP; y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los tipos A y B en la siguiente tabla.

**Tabla XLIV.** Base Tipo 1A y 1B según su granulometría.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	-
1 1/2" (38.1 mm.)	70 – 100	100
1" (25.4 mm.)	55 – 85	70 – 100
3/4" (19.0 mm.)	50 – 80	60 – 90
3/8" (9.5 mm.)	35 – 60	45 – 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 – 50	30 – 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 – 40	20 – 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 – 25	10 – 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 – 12	2 – 12

Fuente: MOP – 001-F, 2002.

**Base Clase 2:** Son constituidas por fragmentos de roca o grava triturada, cuya porción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso, y que cumpla los requisitos establecidos en la subsección 814-4 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MOP; y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la siguiente tabla.

**Tabla XLV.** Base Clase 2 según su granulometría.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm.)	100
3/4" (19.0 mm.)	70 – 100
3/8" (9.5 mm.)	50 – 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 – 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 – 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 – 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 – 15

Fuente: MOP – 001-F, 2002.

**Base Clase 3** Son constituidas por fragmentos de roca o grava triturada, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% del peso, y que cumplirá los requisitos establecidos en la subsección 814-4 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MOP; y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la siguiente tabla.

**Tabla XLVI.** Base Clase 3 según su granulometría.

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
<b>3/4" (19.0 mm.)</b>	100
<b>Nº 4 (4.76 mm.)</b>	45 – 80
<b>Nº 10 (2.00 mm.)</b>	30 – 60
<b>Nº 40 (0.425 mm.)</b>	20 – 35

Fuente: MOP – 001-F, 2002.

**Base Clase 4:** Son constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de conformidad con lo establecido en la subsección 814-3 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MOP; y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la siguiente tabla.

**Tabla XLVII.** Base Clase 4 según su granulometría.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm.)	100
3/4"(19.0 mm.)	70 – 100
3/8"(9.5 mm.)	50 – 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 – 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 – 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 – 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 – 15

Fuente: MOP – 001-F, 2002.

Por otro lado el Manual de Diseño de Ciclo rutas de Bogotá también define que esta capa no debe tener material orgánico y recomienda una granulometría para la construcción de la base, la cual fue sacada del Technical Handbook of Bikeway Design, Vélo Québec, 2003; y dado que los tamices que se proponen no concuerdan con los de la norma ASTM E – 11/95, en este trabajo se sugieren los tamices de acuerdo a la Norma ASTM E – 11/95 como se muestra a continuación:

**Tabla XLVIII.** Granulometría óptima del material de base.

Tamiz según Vélo Québec	Tamiz ASTM propuesto	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
28.0 mm.	1" (25.4 mm.)	100
20.0 mm.	3/4"(19.0 mm.)	90 – 100
14.0 mm.	0.53"(13.2 mm.)	68 – 93
5.0 mm.	Nº 4 (4.76 mm.)	33 – 60
1.25 mm.	Nº 16 (1.18 mm.)	19 – 38
0.315 mm.	Nº 50 (0.300 mm.)	9 – 17
0.080 mm.	Nº 200 (0.075 mm.)	2 – 8

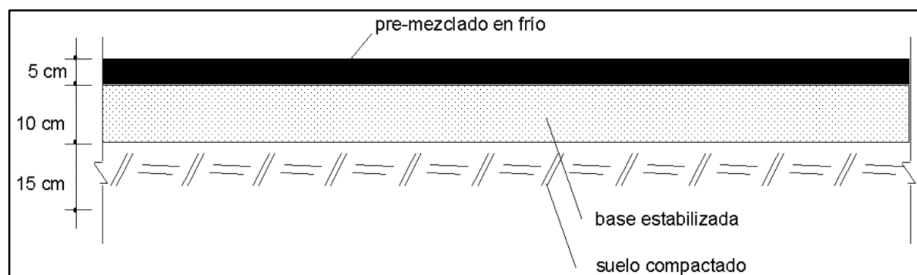
Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

### 5.6.3 Capa de rodadura

Es la capa superior y comparativamente de menor espesor que las anteriores, sin embargo es la que posee mayor resistencia y calidad. Resistente a presiones verticales y horizontales impuestas por la acción directa de los neumáticos, resistente a la abrasión, impermeable y de elevado coeficiente de fricción en su superficie; así también es capaz de soportar la acción directa y destructiva de los agentes atmosféricos sin degradarse.

Esta capa normalmente es la más costosa de la estructura del pavimento flexible. Debido a la uniformidad de su superficie y a su alto coeficiente de fricción, tiene como funciones principales el proveer una superficie confortable, eficiente y segura para el rodamiento además de proteger a la capa de base.

En el Manual de Diseño de Ciclorutas de Bogotá se presenta un ejemplo de los espesores de las capas de un Pavimento Asfáltico, tal como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 5.6** Esquema de Pavimento Flexible según Manual de Diseño de Ciclo rutas.

**Fuente:** Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

En el documento de Construcción de Ciclovías publicado por el Gobierno de Chile también se presenta un esquema con espesores mínimos para estructuras de pavimento flexible, a continuación se muestra la figura con dicho esquema.



**Figura 5.7** Esquema de Pavimento Flexible según documento de Construcción de Ciclovías del Gobierno de Chile.

**Fuente:** Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2015.

## 5.7 Diseño de Pavimento Flexible

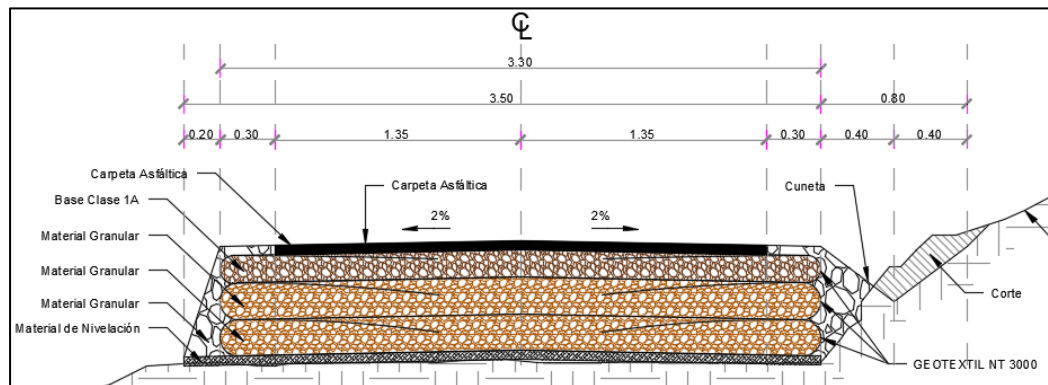
Para este cálculo se ha tomado de ejemplo los espesores del pavimento mínimo en base a experiencias en la construcción de Ciclovías en otros países y normas; además considerando que las cargas que actúan sobre esta estructura son bajas se definen los siguientes espesores y capas de la estructura de pavimento flexible:

**Tabla XLIX.** Espesores de Pavimento Flexible.

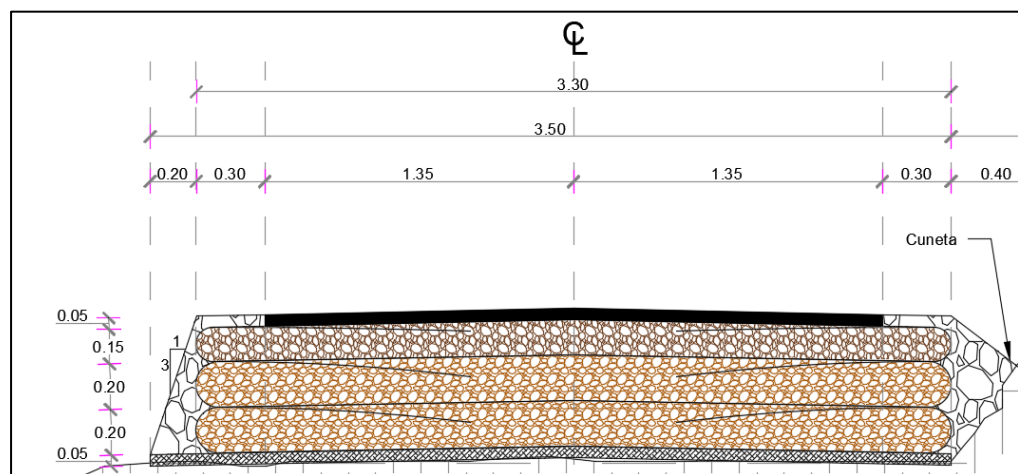
Capa	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	5
Base Granular Clase 1A	15

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Para nuestro diseño no utilizaremos Sub base dado que ya se está mejorando la Subrasante con Geotextil NT 3000; se escogió la Base granular Clase 1A dado que es el material disponible más cercano de las canteras ubicadas en la Vía a la Costa; en caso que el Contratista pueda adquirir una Base Clase 4 podrá hacerlo ya que la granulometría de esta es más cercana a la propuesta según Vélo Québec para granulometría optima de base; lo cual ayudaría a reducir el costo de la estructura de pavimento. La configuración del pavimento flexible incluyendo el mejoramiento de la Subrasante se muestra a continuación.



**Figura 5.8** Esquema con nombres de las capas del Pavimento Flexible.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



**Figura 5.9** Esquema con espesores de las capas del Pavimento Flexible.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

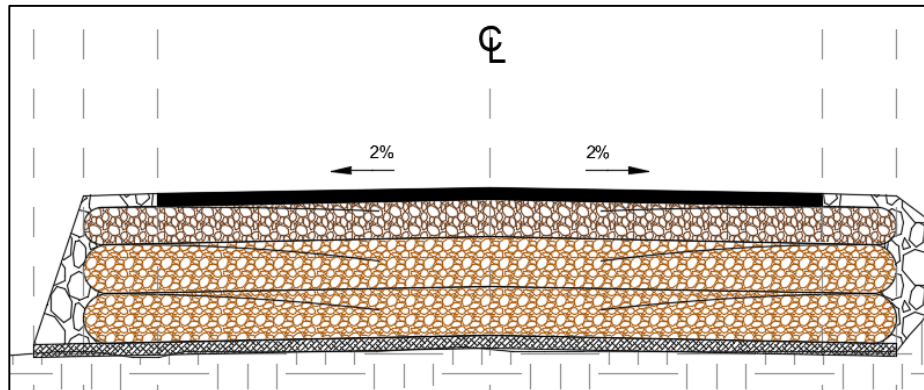
## 5.8 Obras Complementarias

### 5.8.1 Bombeo

Este es el primer sistema de drenaje con el que cuenta la vía, el cual es la pendiente transversal que se le da a la estructura del pavimento y cuya finalidad es garantizar el escurrimiento del agua superficial hacia un punto donde esta no cause problemas a la



estructura del pavimento. En el presente diseño se adopta un bombeo del 2% el cual deberá implementarse desde la nivelación del terreno natural hasta la capa de rodadura.



**Figura 5.10** Bombeo de la estructura del pavimento.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

### 5.8.2 Cuneta

Estas son normalmente zanjas construidas a uno o ambos lados de la vía, con el objetivo de conducir el agua proveniente de la corona y los taludes adyacentes a la carretera hacia un lugar adecuado donde no cause daños.

Generalmente esta es construida de mampostería, hormigón ciclópeo u hormigón simple. Su sección suele ser triangular, trapezoidal o rectangular.

El diseño propuesto será de una estructura de material granular que permita el paso del agua, ya que al tener el mejoramiento con tierra armada en la Subrasante, esta actúa a su vez confinando el suelo que se encuentra adyacente, no permitiendo que los agregados finos entren al material de Subrasante confinado, pero permitiendo el paso del agua a través de estas capas para finalmente terminar en el lago.

La información de intensidad de lluvia “i”, Coeficiente de escorrentía “C” y caudales “Q” las obtenemos de la tabla que presenta Saltos (2007); en nuestro caso estamos trabajando dentro de la Subcuenca C, la tabla con todas las Subcuencas se muestra a continuación:

**Tabla L.** Estimación de caudales.

Subcuenca	C	i (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /seg)
A	0.453	154.0	7.77
B	0.456	85.0	22.33
C	0.590	86.0	15.05
D	0.415	114.0	14.77
E	0.388	135.0	14.95

**Fuente:** Plan de Manejo Ambiental del Campus Gustavo Galindo ESPOL, 1998.

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda una gota de agua en recorrer desde el punto más alejado de la cuenca hasta la estructura de drenaje.

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385};$$

$$H = L * i;$$

$t_c$  = tiempo de concentración (minutos);

L= longitud de recorrido de una gota hasta área de drenaje (m);

H = desnivel medio de la cuenca (m);

i = pendiente;

L = 697 m; i = 47.1%

Entonces tenemos que:

$$t_c = 0.0195 * \left( \frac{697^3}{697 * 0.471} \right)^{0.385} = 4.03 \text{ min}$$

El diseño de las cunetas se realiza con la intensidad máxima de precipitación para un periodo de retorno de 40 años y viene dada por:

$$I = \frac{4.14 * T^{0.18} * P_{m\acute{a}x}}{t_c^{0.58}}$$

I = intensidad de precipitación pluvial (mm/h).

T = periodo de retorno (años).

$P_{m\acute{a}x}$  = Precipitación máxima (mm).

$t_c$  = tiempo de concentración (minutos).

Pero dado que ya tenemos la intensidad máxima para un período de retorno de 25 años, podemos obtener la Precipitación máxima que se usó y con eso la intensidad máxima para un periodo de retorno de 40 años; con lo cual tenemos lo siguiente:

$$86 = \frac{4.14 * 25^{0.18} * P_{m\acute{a}x}}{4.03^{0.58}} \quad (1);$$

$$I = \frac{4.14 * 40^{0.18} * P_{m\acute{a}x}}{4.03^{0.58}} \quad (2);$$

Reemplazamos la ec.1 dentro de ec.2 y obtenemos:

$$I = 93.60 \text{ mm/h}$$

Se determina el caudal en la cuneta con la fórmula del método racional para lo cual necesitamos calcular los términos de la ecuación.

$$Q = \frac{C * I * A}{360}; \quad (m^3/seg)$$

En donde:

$C$  = Coeficiente de escurrimiento;

$I$  = intensidad máxima de precipitación pluvial (mm/h);

$A$  = Área de la cuenca aguas arriba del sitio en el que estará ubicada la estructura de drenaje propuesta (ha);

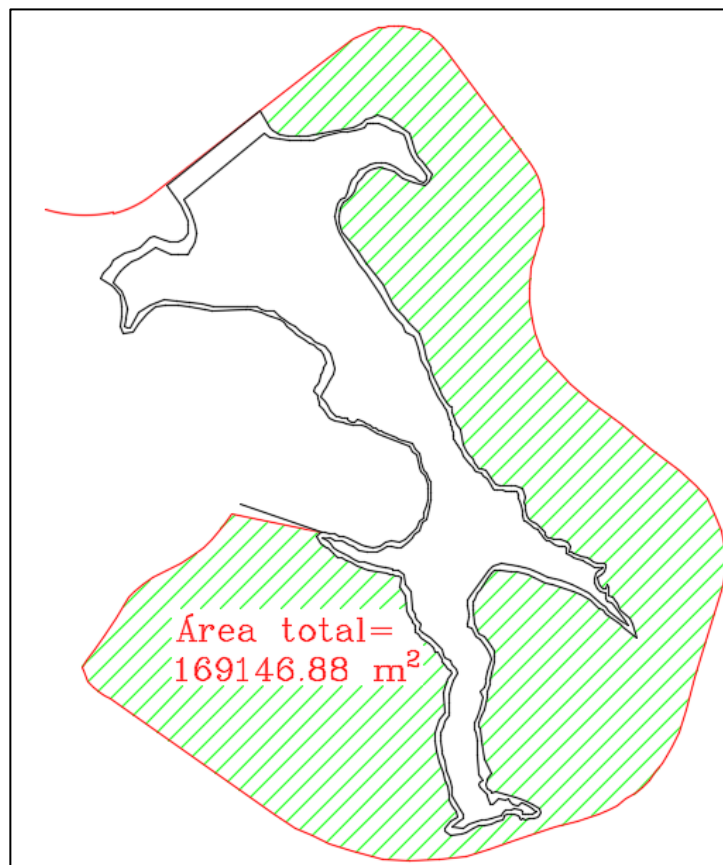
Calculamos el valor de Coeficiente de escorrentía para la cuneta de tierra y lo obtuvimos en base a interpolación de las tablas dadas por Martínez (2006), para Suelo tipo A por tener una pendiente de 47.1% lo cual es mayor al 20%; siendo este valor de  $C = 0.3376$ . Este valor es más exacto que el propuesto en la tabla de Coronel y Falconí (2006) presentada a continuación pero aun así guarda relación dentro de los límites establecidos:

Tipo de área drenaje	Mínimo	Máximo
Pavimento hormigón o asfalto	0.75	0.95
Zonas comerciales	0.60	0.80
Zonas residenciales	0.35	0.70
Áreas rurales, parques en césped	0.15	0.30
Arena con poca vegetación	0.15	0.30
Arena bajo bosques o matorrales espesos	0.15	0.30
Grava con escasa vegetación	0.20	0.40
Grava bajo bosques o matorrales espesos	0.15	0.35
Arcilla con escasa vegetación	0.35	0.75
Arcilla bajo abundante vegetación	0.25	0.60

**Figura 5.11** Coeficiente de escorrentía para diferentes tipos de materiales.

**Fuente:** Coronel, A., Falconí, J., 2006.

El área “A” está dada en hectáreas y es la que influye directamente sobre la estructura de la cuneta la cual es igual a 16.91 ha. ya que bordeando esta área ya existe una vía construida o el emplazamiento de los edificios tanto administrativos como salones de clases; se muestra sombreado de verde en la siguiente figura:



**Figura 5.12** Plano con el Área de la Subcuenca del lago.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

$$Q = \frac{0.3376 * 93.60 * 16.91}{360} = 1.48 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ahora mediante la ecuación de Manning se determina el tirante:

$$Q = \frac{1}{n} * AR_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

En el diseño el coeficiente de rugosidad  $\eta$  de Manning está entre 0.016 y 0.03 por lo que asumiremos un  $\eta = 0.025$  para un canal con alineación irregular en suelo de grava con algo de arcilla obtenido del Cuadro 3 del Boletín de Suelos de la FAO, 1997; como se muestra a continuación en la tabla:

**Tabla LI.** Coeficiente de rugosidad  $\eta$  de Manning.

<b>Canales sin vegetación</b>	<b><math>\eta</math></b>
Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación, en suelos sedimentarios finos	0.016
Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros ni vegetación, con suelos de arcilla duros u horizontes endurecidos	0.018
Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa vegetación, en tierra franca arcillosa	0.020
Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular, pocas piedras, hierba fina en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y también en canales recién limpiados y rastrillados	0.0225
Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelo de grava o esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación	0.025
Sección transversal y alineación irregulares, rocas dispersas y grava suelta en el fondo, o con considerable vegetación en los márgenes inclinados, o en un material de grava de hasta 150 mm de diámetro	0.030
Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en la roca	0.030

**Fuente:** Hudson, N. Boletín de Suelos de la FAO, 1997.

Para una sección triangular:

$$A = zy^2$$
$$R_h = \frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$$

La pendiente longitudinal del canal es obtenida del modelado en Autocad Civil 3D; y asumiremos una pendiente del talud de la cuneta de  $z$ .

$$S = 0.03 \ ;$$

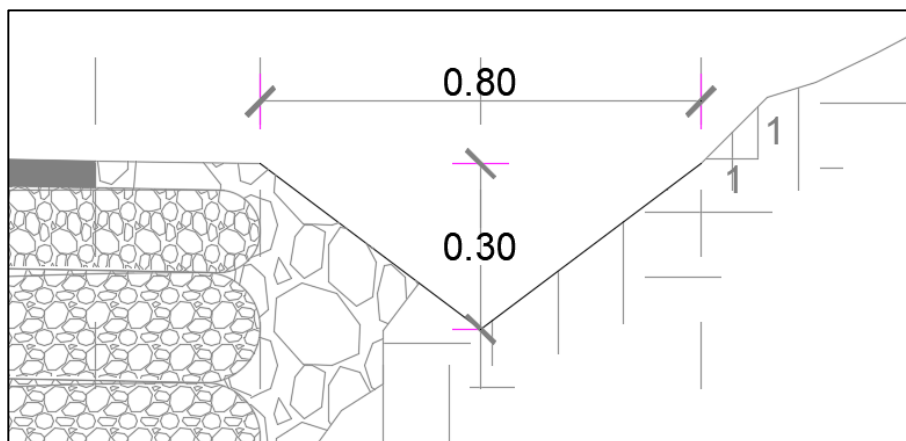
$$z = 4/3 \ ;$$

$$Q = 1.48 \text{ m}^3/\text{seg} \ ;$$

Finalmente reemplazando todo en la ecuación de Manning tenemos que  $y = 0.2831 \text{ m}$ .

Entonces se asume un  $y = 0.30 \text{ m}$ .





**Figura 5.13** Sección de cuneta obtenida.  
**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

### 5.8.3 Subdrenaje

En la Sección de Preparación de la Subrasante se determinó que se usarán dos capas de Geotextil NT 3000 a lo largo de la ciclovía siempre que esta se mantenga hasta máximo la cota 80 y una capa de Geotextil NT 3000 para el trazado geométrico cuya nivelación quede sobre la cota 80.

Este material además de confinar el suelo y retener los finos de la Subrasante, permite a su vez drenar el agua de forma natural, solucionando de manera eficiente el problema del drenaje a lo largo del emplazamiento de la vía el cual ha sido un factor importante para el actual desgaste de la denominada ciclovía del Lago.

#### **5.8.4 Alcantarillas**

De acuerdo a los cálculos mostrados en las secciones anteriores de Cuneta y Subdrenaje se puede determinar que no es necesario el diseño de alcantarillas para aliviar el caudal que circule por la cuneta, no solo porque las cunetas bastan para manejar el agua superficial sino también por el Subdrenaje que se produce dada la configuración de la tierra armada para mejoramiento de la Subrasante, por consiguiente no se diseñarán estos elementos.

#### **5.8.5 Señalización**

Para este apartado debe utilizarse los lineamientos presentes en el reglamento técnico INEN 004 – 6 actualizado; el ante-proyecto de Reglamento Ciclovías emitido por el MTOP, 2012, de igual manera que se realizan en la construcción de caminos y carreteras.

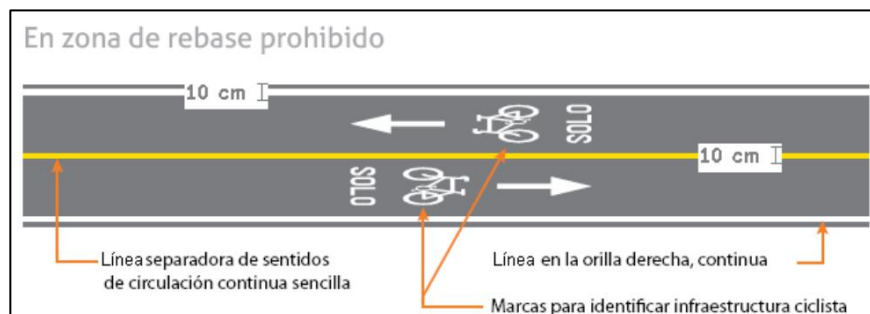
Utilizando de manera correcta las señalizaciones tanto horizontales como verticales, se asegura la circulación segura, evitando sobre-instalación o superposición de señales a fin de evitar distracciones o confusiones.

Las señales deberán ser uniformes, en lo referente a texto, forma y color referidos al RTE. INEN 004 en Señalización Vertical - Parte 1; Señalización Horizontal - Parte 2; Requisitos de Señalización Vertical - Parte 3; Alfabeto Normalizado - Parte 4; Semaforización - Parte 5; y Proyecto de Señalización de Ciclovías – Parte 6.

Para mayor información y detalles de las señales revisar los apartados antes mencionados, con el fin de que sea utilizado como un manual para la construcción de las señaléticas y que cumplan con la normativa actualizada al momento de su ejecución.

En caso de ciclovía segregada bidireccional deben ser señalizadas con línea de canalización continua blanca, en ambos costados de la ciclovía y con línea entrecortada amarilla de 1m de longitud, con 2 m de separación, en el centro de la infraestructura para indicar la doble dirección.

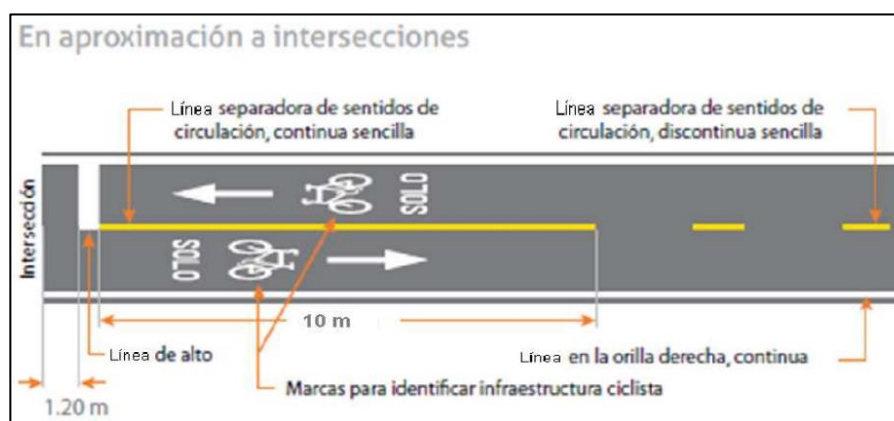
Para los tramos en los que el diseño ingenieril determine zona de rebase prohibida, la línea central debe ser continua y de color amarilla, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 5.14** Señalización ciclovia segregada en zona de rebase prohibida.

**Fuente:** INEN – RTE 004 – Señalización Vial, 2012.

En aproximación a intersecciones se debe señalizar con una línea continua, en el centro del carril, con mínimo 100 mm de anticipación al cruce, que empatará con la línea de PARE blanca, de 400 mm, ubicada al costado del flujo ciclístico que deba detenerse y con 1,20 m de anticipación al inicio del cruce exacto de las vías como se muestra a continuación.



**Figura 5.15** Señalización ciclovia segregada en aproximación a intersecciones.

**Fuente:** INEN – RTE 004 – 6, 2013.

Adicionalmente, se muestra un ejemplo de señalización para la separación de un tercer carril a través de unas líneas canalizadoras que quedará a juicio del ingeniero de tránsito a cargo del estudio de señalización.

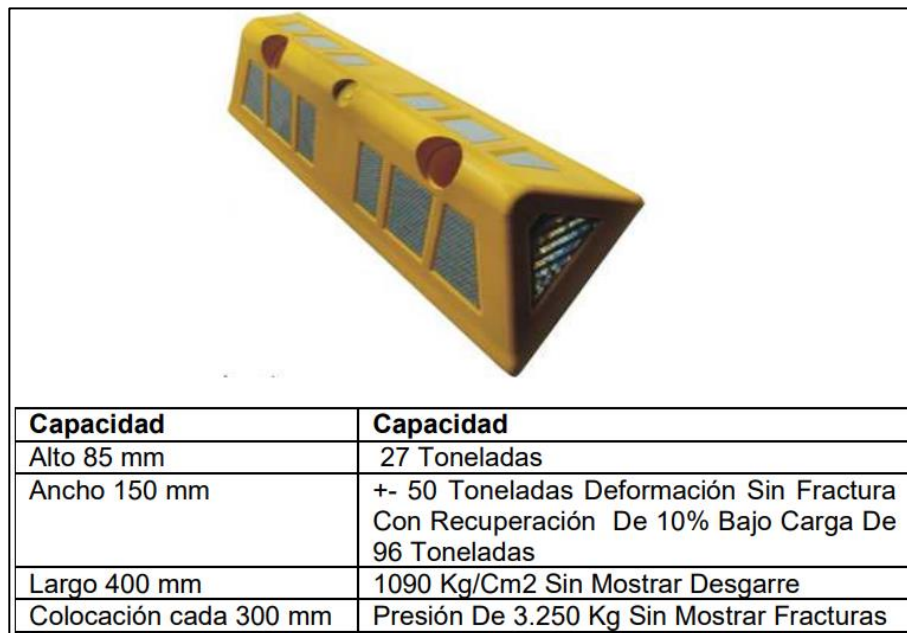
### 5.8.6 Separadores viales

Son conocidos más comúnmente como: bordillos montables, encarriladores, boyas, tachones, entre otros. Estos son fabricados con materiales plásticos comunes como son las polioleofinas y cuentan por lo general con reflectantes a la luz. Se muestra a continuación los 3 tipos de separadores viales que define la RTE 004 – 6.



**Figura 5.16** Separadores viales tipo tachones.

**Fuente:** INEN – RTE 004 – 6, 2013.



**Figura 5.17** Separadores viales tipo encarrilador.

**Fuente:** INEN – RTE 004 – 6, 2013.



**Figura 5.18** Separadores viales tipo delineador de carril exclusivo.

**Fuente:** INEN – RTE 004 – 6, 2013.



Especificaciones	Resistencia
Altura mínima 750 mm	350 impactos a 45 km/h
Diámetro 750 – 100 mm	A la temperatura (60 C)
Ancho de la base 100 – 200 mm	A la decoloración
Colocación en intersecciones	

**Figura 5.19** Separadores viales tipo delineador abatible.

**Fuente:** INEN – RTE 004 – 6, 2013.

# **CAPÍTULO 6**

## **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**



## **6.1 Marco Legal de la Calidad Ambiental en el Ecuador**

El marco legal viene dado por la política 13 de las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador, según el Decreto Ejecutivo 1802 del 1 de junio de 1994 (CAAM), el cual dice lo siguiente:

“El estado Ecuatoriano establece como instrumento obligatorio previamente a la realización de actividades susceptibles de degradar o contaminar el ambiente, la preparación, por parte de los interesados a efectuar estas actividades, de un Estudio de Impacto Ambiental y el respectivo Programa de Mitigación Ambiental, y de la presentación de estos, junto a solicitudes de autorización competentes, las cuales tienen la obligación de decidir al respecto y de controlar el cumplimiento de lo estipulado en dichos estudios y programas, a fin de prevenir la degradación y contaminación, asegurando, además la gestión ambiental, adecuada y sostenible. El Estudio de Impacto Ambiental y el programa de Mitigación Ambiental, deberán basarse en el principio de lograr el nivel de actuación más adecuado al respectivo espacio o recurso a proteger, a través de la acción más eficaz.”

De la Ley de Gestión Ambiental (R.O. No. 245, julio 30 / 1999) cabe mencionar los siguientes artículos:

**Artículo 1.-** La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

**Artículo 2.-** La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

**Artículo 3.-** El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

**Artículo 19.-** Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

**Artículo 21.-** Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos, el Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

**Artículo 23.-** La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

- a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada;
- b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y,
- c) La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

A continuación se mencionan otras leyes existentes que apoyan la gestión ambiental:

- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo relativo al recurso agua (R.O. No. 204).
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo relativo al recurso suelo (R.O. No. 989).
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de ruidos (R.O. No. 56).
- Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos (R.O. No.991).
- Reglamento que establece las normas de calidad del aire y sus métodos de medición (R.O. No. 726).
- Ley de Régimen Municipal.
- Ley de Régimen Provincial.
- Ley de Hidrocarburos.
- Ley de Minería y Reglamento General (R.O. No. 695 y R.O. No. 797).
- Ley de Tierras Baldías y Colonización.
- Ley de Tránsito y Transporte terrestre y sus reglamentos; la cual establece las normas para la circulación vial, peatonal y señalización.
- Código de Salud.
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y de Vida Silvestre.

El marco general está dado por la Constitución General del Estado Ecuatoriano, la cual garantiza el derecho de vivir en un ambiente libre de contaminación.

En adición a las leyes antes suscitadas, se presenta el Artículo 4 de la ordenanza que regula la obligación de realizar estudios ambientales a las obras civiles y a los establecimientos industriales comerciales y de otros servicios, ubicados dentro del cantón Guayaquil.

**Artículo 4.-** Los proyectos de construcción industrial, comercial o de otros servicios, así como las ampliaciones de instalaciones resistentes, de acuerdo con lo estipulado en el capítulo 2, artículo 40 de la ordenanza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil, deberá presentar en la Dirección de Medio Ambiente, del Municipio de Guayaquil – previo a la obtención del registro de construcción municipal que confiere la Dirección de Urbanismo, Avalúos y Registros – el estudio de impacto ambiental (EIA) para su respectiva revisión y aprobación.

## **6.2 Descripción del Área de Influencia**

Se rehabilitará la ciclo vía de tierra que se encuentra localizada bordeando el Lago Espol, la cual actualmente empieza frente a la

Facultad EDCOM, rodea la FIMCBOR y termina conectándose al parqueadero de la FICT.

La propuesta consiste en rediseñar la estructura de pavimento de la ciclovía para lo cual se considera un trazado que inicia así mismo frente a EDCOM pero culmina máximo a la altura del Parqueadero de FIMCBOR y adicionalmente se realizará un dragado de los sedimentos depositados en las colas del Lago Espol.

**Área de Influencia Directa.-** Se determinará en base al lugar donde se implanta la vía propuesta y el desazolve dentro de la ESPOL. Esta zona es la que se ve afectada directamente por las acciones del proyecto en la fase de reconstrucción tales como: perturbación de la cobertura vegetal, la cual se da en bajo grado ya que la vía se encuentra construida en su mayoría y ya existen caminos hechos por el paso por donde no existía ciclovía; generación de ruido; vibraciones generadas en el suelo; y emisión de polvo.

Esta zona así mismo se verá beneficiada por los impactos positivos como lo son: crecimiento en el flujo de peatones y ciclistas para su uso recreativo; y una alternativa de vía de comunicación más directa con EDCOM y alrededores.

**Área de Influencia Indirecta.-** Son áreas que tienen alteraciones significativas debido a los procesos de construcción y operación del proyecto. Y se consideran ciertos criterios para definir los límites físicos, los cuales se muestran a continuación:

Debido a que es un proyecto vial e hidráulico, es necesario considerar cual será la población beneficiada por la implementación del proyecto en mención. Las áreas que se verían influenciadas ya sea por las acciones de la fase constructiva u operativa de este trabajo.

En base a lo antes mencionado se establece que el Área de Influencia Indirecta corresponde a la Comunidad Politécnica y la ESPOL como institución junto a sus inmediaciones.

## **6.3 Objetivos**

### **6.3.1 Objetivo General**

Analizar el impacto ambiental generado por el desazolve de la cola del embalse Espol y la rehabilitación de la ciclovía que rodea el vaso.

### **6.3.2 Objetivos Específicos**

- Describir las condiciones ambientales existentes en la zona de influencia del proyecto antes de su ejecución.
- Evaluar la importancia de los impactos positivos y negativos que se generarán por el proyecto.
- Determinar las acciones correctivas necesarias desde el proceso de planeación para disminuir los impactos negativos al construir.

#### **6.4 Factores ambientales y recursos a evaluar**

En este apartado se presentan los factores evaluados tales como el Recurso Agua, para cuencas de drenaje; Aire, correspondiente al material particulado; Suelo, refiriéndose a las características físicas – mecánicas y la meteorización de la roca; Medio Biológico, tales como Flora y Fauna; Medio Visual, referente a la Calidad Visual; y Factores Socio-económicos, como lo son Tránsito, Turismo, Economía local y Comercio. Se detalla de mejor manera a continuación:

##### **6.4.1 Recurso Agua**

La cuenca de drenaje equivalente al Agua Superficial se verá directamente afectada dado que el lugar de deposición final es el lago y la vía bordea a este, impidiendo el paso si no es



atravesándolo. Por otro lado tendremos también el Agua Subterránea, la cual no se verá mayormente afectada por las operaciones superficiales.

#### **6.4.2 Recurso Suelo**

Por Alteraciones sobre este, se entiende a cualesquier afectación o impacto que podría ocasionarse directamente sobre el suelo. En el caso de Manejo, este se refiere al manejo de desechos sólidos que se puedan generar a partir de cada actividad, tendrá mayor peso la actividad que produzca desechos cuya naturaleza sea más alejada a la del suelo.

#### **6.4.3 Recurso Aire**

La generación de gases, material particulado y de ruido serán factores temporales debido principalmente a los movimientos de tierra durante el proceso constructivo; sin embargo para el periodo de vida de la obra o de operación y mantenimiento, se generarán menores afectaciones sobre este recurso.

#### **6.4.4 Factor Socio-económico**

Dentro de este tenemos la generación de empleos la cual corresponde a áreas cercanas al Campus Gustavo Galindo,

pudiendo ser empleo para personal nuevo o personal ya contratado dentro del predio. El otro factor es el Paisajístico y en este se mide que tanto se ve afectada la calidad visual y/o el paisaje actual al realizar cada trabajo.

### 6.5 Actividades a evaluar del proyecto

Las actividades son netamente de la etapa constructiva con excepción de la última que será de mantenimiento como se muestra en la tabla de abajo; en el periodo constructivo se presentan los mayores impactos ambientales dado que cuando se inicia la obra física se ve la necesidad de cambiar el entorno en el que se emplaza el proyecto, sin embargo el fin de realizar el Estudio de Impacto Ambiental es de cierta manera disminuir las alteraciones lo suficiente para permitir una armonía entre el hombre y la naturaleza.

Se detallan los elementos a construirse, transformarse y adecuarse con los posibles materiales o equipos a emplearse:

**Tabla LII.** Actividades y materiales o equipos a emplearse.

<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL / EQUIPO</b>
Cerramiento provisional	Madera y metales
Caseta de oficina, bodega, campamento	Contenedor metálico
Instalación eléctrica provisional	Plástico y metales

Instalación AAPP provisional	Plástico y metales
Batería sanitaria móvil	Batería sanitaria portátil plástica
Letrero de Obra	Plástico, madera y metales
Limpieza del terreno manual	Maquinaria pesada
Trazado y Replanteo	Madera, pintura, tiza y metales
Dragado sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)	Maquinaria pesada
Excavación sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)	Maquinaria pesada
Desalojo de Relleno no apto (incl. transporte)	Maquinaria pesada
Nivelado compactando con material de sitio	Maquinaria pesada
Mejoramiento de la Subrasante con Geotextil	Piedras y Geotextil
Base Clase 1A con Geotextil	Piedras y Geotextil
Carpeta asfáltica e=5cm incluye imprimación y sellado	Piedras, diésel y asfalto
Cuneta triangular de tierra compactada y Taludes	Maquinaria pesada
Marcas de pavimento segmentada (ancho = 10cm)	Pintura
Marcas de pavimento continua (ancho = 10cm)	Pintura
Señalización Vertical	Piedras y metales
Mantenimiento Vial	Durante su operación

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

## 6.6 Resultados de Matrices evaluadas por actividades

En el ANEXO H, se muestran las matrices de Leopold con los resultados obtenidos de la evaluación de impacto ambiental (EIA) para la etapa de construcción de la vía, reconociéndose en esta una afectación general baja.

Las actividades que causan mayor impacto son las de Dragado, Colocación de carpeta asfáltica de e=5cm y Excavación. Estos trabajos

generan impactos significativos sobre los recursos agua y suelo dado que durante la operación de las maquinarias se producen afectaciones sobre el suelo por los movimientos de tierra que se producen y también debido a la cercanía con el cuerpo hídrico de agua superficial denominada Lago o Embalse, para lo cual debe existir un correcto manejo de desechos sólidos como líquidos.

En el Factor Socio-económico quien lidera en contaminación es la Excavación, siendo lo más afectado el paisajismo del lugar. Esto puede ser causa de disminución de tránsito de peatones o ciclistas si no es tratado de tal forma que se reduzcan estos impactos.

Adicionalmente en estas matrices se encuentra incluida la etapa de mantenimiento como una actividad, ya que presentan similares características, aun así de menor impacto a la etapa constructiva. Cabe recalcar que el mantenimiento de la estructura global de una vía, generan impactos positivos para los usuarios por medio de aumento de durabilidad de la vía. Los recursos más afectados en esta etapa fueron la contaminación del recurso agua superficial y el manejo de desechos sólidos dentro de la implantación del proyecto, estos, con un grado medio de afectación.

## **6.7 Especificaciones Ambientales de Construcción**

El constructor deberá cumplir con las especificaciones ambientales presentadas en este apartado. Para el control ambiental de la obra, se debe incluir un fiscalizador ambiental y/o fiscalizador de obra el cual asegurará que se cumplan estas especificaciones.

### **Prevención de Accidentes de Tránsito**

La fiscalización exigirá al contratista el cumplimiento de lo estipulado en la sección 207 de las Especificaciones Generales MOP-001-F, en lo que sea aplicable al mantenimiento del tránsito durante la ejecución del proyecto. El contratista de la obra instalará un número suficiente de letreros y señales para informar y evitar potenciales accidentes de tránsito. Los letreros y señales posibles son:

- Letreros informativos: los que deberán contener la información siguiente: Nombre del Proyecto, Institución Ejecutora, Componentes del Proyecto, número de Beneficiarios y Organismo que financia.
  
- Vía alterna de circulación: estos serán temporales y deberán estar a una distancia prudencial de las obras que permitan ejecutar los desvíos ya sea de vehículos como de bicicletas o peatones.

Algunas recomendaciones y disposiciones generales se detallan a continuación:

- El operador nunca deberá dejar la maquinaria con el motor en marcha en una pendiente o un camino de material suelto ni cerca del vaso del embalse, ya que las vibraciones pueden ponerla en movimiento y provocar desprendimientos hacia el lago.
- Colocar en neutro la palanca de cambios y freno de emergencia en seguro antes de encender el motor de las maquinarias o vehículos.
- La excavadora no debe operar sin cable de seguridad que la una a la unidad de tracción. La falla de la barra de tracción puede ocasionar un accidente.
- Nunca se debe pasar por debajo o permanecer muy cerca de la excavadora cuando esta esté siendo reparada.
- No se debe soltar los controles mientras se tenga el cucharón en su posición levantada.

- Cuando la carga o la estructura misma del vehículo le impida al conductor una adecuada visibilidad, no deberá retroceder con el vehículo a menos que un operador a pie le haga señales indicándole el camino.

### **Control de Desechos y Materiales**

El material de excavación será evacuado hacia el sitio de eliminación temporal de material aprobado por la fiscalización. De existir algún sobrante permanente de tierra, será destinado en un sendero existente hacia aguas arriba de la cuenca o donde designe la fiscalización.

Durante la construcción, la fiscalización controlará que la eliminación del material sobrante se realice mediante un relleno compactado de acuerdo con las Especificaciones Generales MOP-001-F, numeral 3 02-4 en el sitio que apruebe la fiscalización. Una vez concluida la actividad de eliminación de material la fiscalización exigirá, al contratista, la colocación de una cobertura vegetal en los taludes y en la superficie de rellenos, utilizando vegetación propia del sector, de acuerdo con el numeral 206-2 de las Especificaciones Generales MOP-001-F.

La fiscalización debe exigir al contratista que el personal y la maquinaria lleven al sitio de construcción, recipientes metálicos de 55 galones, con

su respectiva tapa, para la colocación de la basura generada de manera que esta no sea vertida en el suelo, cercanías al embalse o en el lago, cauces de drenaje o vía.

El contratista, bajo la vigilancia de la fiscalización, desarrollará acciones diarias de limpieza de los escombros y materiales sobrantes.

### **Prevención de Accidentes Laborales**

Las principales actividades contempladas en la ejecución del proyecto en mención, son: excavaciones, compactación de las capas de la estructura del pavimento y limpieza del terreno; dado el sector donde se emplaza el proyecto, estas son las actividades con más riesgo para el personal de la obra.

El contratista proveerá a sus trabajadores de implementos de seguridad personal, además, se implementará un área para primeros auxilios. La fiscalización y/o fiscalizador ambiental deberá vigilar que los trabajadores empleen continuamente los implementos protectores.

La fiscalización y/o fiscalizador ambiental será el encargado de vigilar el implemento de las presentes especificaciones:



En general, para reducir los riesgos de trabajo, se deberá cumplir con las normas contempladas en la resolución N741 del Consejo Superior del 30 de marzo de 1990, incluidas en el “Reglamento General del Seguro de Riesgos de Trabajo”, publicado en el Registro Oficial N 579, del 1 de diciembre de 1990.

Los equipos mecanizados requeridos para la excavación y el relleno serán aquellos que estén en buenas condiciones.

Los operadores de equipos mecánicos pesados, y otros equipos que emitan altos niveles de ruido y que generen polvo, deberán utilizar orejeras y mascarillas anti-polvo.

Se debe respetar la señalización referente a:

- Señales de prohibición.
- Señales de advertencia.
- Señales de obligación.

Ningún obrero debe trabajar cerca de la zona en la que está operando un máquina retroexcavadora, tractor, grúa o similares.

Se deberá dotar a los trabajadores del equipo mínimo de protección personal necesaria: casco con efectiva resistencia mecánica a los golpes, guantes adecuados para obras civiles, zapatos de seguridad con suela antideslizante de caucho o neopreno y punteras de acero, un impermeable. También se deberá dotar de un área para primeros auxilios con botiquín básico en caso que ocurran accidentes laborales.

Los trabajadores deben estar siempre alejados del cucharón y de la cabina en movimiento. Nunca se debe girar el cucharón o alzar el material excavado por encima de los trabajadores.

El operador es la única persona que debe permanecer en la cabina cuando se está utilizando el equipo. No debe distraerse con la conversación de otras personas.

El operador a través de su ayudante, debe asegurarse de que los demás trabajadores estén fuera del alcance de su máquina antes de ponerla en marcha.

Cuando se transporta la maquinaria o materiales, debe colocarse banderolas rojas de tela o marcadores en los extremos de las cuchillas

que sobresalgan, ya que estos extremos salientes pueden golpear a personas o a otras máquinas.

Debe prohibirse a personas no autorizadas que viajen en las máquinas.

Los trabajadores no deben saltar de las máquinas en movimiento.

Antes de realizar las reparaciones en los equipos de movimiento de tierras, el operador debe asegurarse de que el motor no esté en marcha.

Los operadores no deben usar ropa suelta, cadenas, esclavas, etc., que puedan atascarse en el equipo en movimiento.

### **Almacenamiento y Manejo de Líquidos**

Deben tomarse todas las precauciones para almacenar y manipular gasolina y otros líquidos inflamables, con la finalidad de evitar que se evaporen en el aire.

Los líquidos inflamables como gasolina, alcohol, acetona, diluyentes de pintura, etc., se deben verter, de un recipiente a otro, al aire libre o en una zona bien ventilada.

Los trabajadores que manejen líquidos inflamables deben usar calzado de caucho, fibra, neopreno u otras sustancias que no produzcan chispas por el roce con pisos metálicos, pisos empedrados, etc.

La gasolina constituye un elemento que al contacto con la piel puede causar irritaciones graves, quemaduras, eczemas de contacto alérgico, etc., por lo que su uso no es recomendado para limpiar la grasa o cualquier otra sustancia del equipo, materiales o de las manos. En estos casos se deben utilizar los solventes, detergentes o jabones recomendados para cada caso, y lejos del vaso de la presa o de las vertientes de drenaje natural.

### **Prevención de Afectaciones**

El contratista deberá someter a la aprobación de la fiscalización el sitio donde realizará el mantenimiento de la maquinaria y de los vehículos a utilizarse en la obra, y el procedimiento a seguirse para el manejo de lubricantes.

La fiscalización prohibirá la eliminación o almacenamiento de residuos de aceite, gasolina, aditivos, envases, utensillos y otros, en las zonas de la obra, para evitar los riesgos de contaminación del suelo y, principalmente, de las aguas superficiales o subterráneas; el contratista

someterá a la aprobación de la fiscalización el sistema para la eliminación final de dichos residuos.

La maquinaria a ser utilizada en el proyecto debe estar en buenas condiciones de funcionamiento, de tal manera que se reduzca al mínimo la contaminación del aire debido a los gases emitidos por las maquinas. Esto implica un continuo mantenimiento de la maquinaria existente.

El contratista deberá instalar letreros en cada uno de los lugares de ejecución de las obras, por medio de los cuales la Entidad y el contratista de las obras pedirán disculpas a la comunidad politécnica, excusas por las molestias ocasionadas y a la vez explicarán el beneficio de las obras en ejecución.

El contratista deberá presentar cronogramas de actividades detallando la participación de personal y quipos; la organización de los procedimientos y la localización de materiales de acuerdo con el sistema constructivo adoptado y el avance de la obra.

El contratista deberá planificar la ubicación ordenada de los materiales de construcción, seleccionar los sitios para la acumulación y

almacenamiento de los diferentes productos (pétreos y cemento fundamentalmente), de modo que se atenúe el deterioro.

### **Prevención y Control de Pérdidas en Obra Civil, Equipos y Materiales.**

#### **Equipo Utilizado**

Todos los engranajes y demás partes movibles de la maquinaria deben estar resguardados adecuadamente.

Se debe colocar un extintor portátil de 5 lbs. Clase ABC y un botiquín de primeros auxilios en la maquinaria.

Es prohibido almacenar dentro de la cabina de la maquinaria latas de gasolina para repuesto en caso de emergencia. Todo equipo debe tener un mantenimiento adecuado para garantizar su funcionamiento adecuado y seguro.

Es terminantemente prohibido fumar en los sitios de almacenamiento de combustible. Motores, bastidores, cuchillos, sostenes de cuchillas, bandas de oruga, cables, sistemas hidráulicos, transmisores y demás partes fundamentales o críticas, deben ser revisados diariamente.

### **Camiones y/o Volquetas**

Estos vehículos deben ser conducidos solo por personal autorizado.

Todos los conductores de vehículos deben conocer y respetar estrictamente la Ley de tránsito y Transporte Terrestre y demás.

El vehículo debe estar equipado con todas las luces, reflectores y otros accesorios que exijan los reglamentos de tránsito.

No debe permitirse que ninguna persona permanezca dentro o sobre el camión o volqueta, mientras es cargado por un equipo de excavación o una grúa.

Los materiales cargados no deber sobrepasar el límite máximo de peso considerado seguro para su capacidad.

## **6.8 Recomendaciones y Conclusiones Ambientales**

Tanto para el constructor como para el fiscalizador, se debe determinar el sitio de acumulación de material de excavación dentro de la obra con el fin de poder utilizar dicho material para la conformación de las capas

drenantes de mejoramiento de Subrasante y los taludes y cuneta del mismo material.

Debe determinarse el lugar exacto de deposición final del excedente del material excavado y dragado, el cual se propone se localice cerca del Lago PARCON, con el fin de recuperar las condiciones iniciales del sector, el cual fue deteriorado y explotado sin una adecuada planificación ni mantenimiento.

Realizar el correcto transporte y deposición de la basura generada del proyecto.

Para evitar un despliegue excesivo de polvo, ruido, olores y demás molestias causadas por el proceso constructivo, se recomienda cumplir las siguientes medidas:

- Los camiones de transporte deberán cubrir el material de desalojo, material pétreo, y otros, con lonas para evitar su caída en la carretera.
- La basura deberá ser colocada en recipientes fijos para su evacuación diaria.
- En caso de despliegue excesivo de polvo, se humedecerá para su respectivo control, ya sea durante el transporte o en el proceso constructivo.



Una vez finalizada la obra, y puesta en funcionamiento, se aconseja realizar una revisión periódica de la vía y una correcta limpieza y mantenimiento de la ciclovía junto con sus obras de drenaje, para que siga cumpliendo su funcionalidad segura y confortable y no se vean afectados sus años de vida útil.

# **CAPÍTULO 7**

## **PRESUPUESTO**

Para la elaboración del presente estudio y diseño de la ciclovía se procedió a realizar un presupuesto para las tres alternativas de trazado geométrico con sus respectivos análisis de precios unitarios que en nuestro caso serán los mismos rubros con diferentes cantidades con lo cual se determinará el costo de construcción por metro lineal.

A continuación se presenta una lista con los rubros que se generaron a partir del Análisis Presupuestario, los cuales incluyen señalización y medidas ambientales para el proyecto; también se muestra el Presupuesto de cada alternativa seguidamente.

**Tabla LIII.** Listado de rubros Pavimento Flexible y Dragado

<b>RUBRO</b>	<b>DETALLE</b>
<b>1</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>
1.1	Cerramiento provisional
1.2	Caseta de oficina, bodega, guardianía
1.3	Instalación eléctrica provisional
1.4	Instalación AAPP provisional
1.5	Instalación de SS.HH. obreros
1.6	Letrero de Obra
<b>2</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>
2.1	Limpieza del terreno manual
2.2	Trazado y Replanteo
<b>3</b>	<b>DRAGADO</b>
3.1	Dragado sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)
<b>4</b>	<b>EXCAVACIONES</b>
4.1	Excavación sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)
4.2	Desalojo de Relleno no apto (incl. transporte)
4.3	Nivelado compactando con material de sitio

<b>5</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>
5.1	Mejoramiento de la Subrasante con Geotextil
5.2	Base Clase 1A con Geotextil
5.3	Carpeta asfáltica e=5cm incluye imprimación y sellado
5.4	Cuneta triangular de tierra compactada y Taludes
<b>6</b>	<b>SEÑALIZACIÓN VIAL</b>
6.1	Marcas de pavimento segmentada (ancho = 10cm)
6.2	Marcas de pavimento continua (ancho = 10cm)
6.3	Señalización Vertical
<b>7</b>	<b>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>
7.1	Clasificación residuos sólidos orgánicos e inorgánicos
7.2	Letreros informativos de obra
7.3	Caseta de Guardianía
7.4	Señalización ambiental
7.5	Cinta de peligro
7.6	Paletas de sigue-pare
7.7	Letreros preventivos: Hombres trabajando, Peligro, etc.
7.8	Barricadas
7.9	Revegetación o reforestación de áreas afectadas
7.10	Tanque de almacenamiento de grasas y aceites
7.11	Apaleamiento de polvo mediante aspersion de agua

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.

Tabla LIV. Presupuesto – Alternativa 1

<b>PRESUPUESTO - ALTERNATIVA 1</b>					
<b>RUBRO</b>	<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>1</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>				
1.1	Cerramiento provisional	ml	52.00	258.34	13,433.55
1.2	Caseta de oficina, bodega, campamento	u	1.00	258.34	258.34
1.3	Instalación eléctrica provisional	Global	1.00	111.99	111.99
1.4	Instalación AAPP provisional	Global	1.00	51.40	51.40
1.5	Instalación de SS.HH. obreros	mes	1.00	150.00	150.00
1.6	Letrero de Obra	U	1.00	107.88	107.88
<b>2</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
2.1	Limpieza del terreno manual	m2	6,030.00	8.89	53,606.70
2.2	Trazado y Replanteo	m2	4,221.00	2.92	12,325.32
<b>3</b>	<b>DRAGADO</b>				
3.1	Dragado sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)	m3	65,545.21	6.00	393,271.26
<b>4</b>	<b>EXCAVACIONES</b>				
4.1	Excavación sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)	m3	153.31	10.85	1,663.41
4.2	Desalojo de Relleno no apto (incl. transporte)	viaje	20.00	66.45	1,329.00
4.3	Nivelado compactando con material de sitio	m3	271.35	5.41	1,468.00
<b>5</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				
5.1	Mejoramiento de la Subrasante con Geotextil	m3	1,591.92	27.95	44,494.16
5.2	Base Clase 1A con Geotextil	m3	596.97	52.19	31,155.86
5.3	Carpeta asfáltica e=5cm incluye imprimación y sella	m2	162.81	11.11	1,808.82
5.4	Cuneta triangular de tierra compactada y Taludes	m3	128.62	6.41	824.45
<b>6</b>	<b>SEÑALIZACIÓN VIAL</b>				
6.1	Marcas de pavimento segmentada (ancho = 10cm)	ml	1,206.00	0.70	844.20
6.2	Marcas de pavimento continua (ancho = 10cm)	ml	2,412.00	0.82	1,977.84
6.3	Señalización Vertical	u	6.00	138.00	828.00
<b>7</b>	<b>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>				
7.1	Clasif. residuos sólidos orgánicos e inorgánicos	u	6.00	77.84	467.04
7.2	Letreros informativos de obra	u	2.00	253.43	506.86
7.3	Caseta de Guardianía	u	2.00	258.34	516.68
7.4	Señalización ambiental	u	6.00	253.43	1,520.58
7.5	Cinta de peligro	ml	350.00	0.12	42.00
7.6	Paletas de sigue-pare	u	2.00	7.29	14.58
7.7	Letreros preventivos: Hombres trabajando, Peligro,	u	3.00	79.96	239.88
7.8	Barricadas	u	4.00	48.03	192.12
7.9	Revegetación o reforestación de áreas afectadas	u	1,206.00	10.53	12,699.18
7.10	Tanque de almacenamiento de grasas y aceites	u	6.00	40.00	240.00
7.11	Apaleamiento de polvo mediante aspersion de agua	m3	60.00	5.82	349.20
			<b>Subtotal Obra Civil:</b>	<b>\$</b>	<b>559,710.20</b>
			<b>Costo Ambiental:</b>	<b>\$</b>	<b>16,788.12</b>
			<b>COSTO TOTAL DE OBRA:</b>	<b>\$</b>	<b>576,498.32</b>

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

Tabla LV. Presupuesto – Alternativa 2

<b>PRESUPUESTO - ALTERNATIVA 2</b>					
<b>RUBRO</b>	<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>1</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>				
1.1	Cerramiento provisional	ml	52.00	258.34	13,433.55
1.2	Caseta de oficina, bodega, guardianía	u	1.00	258.34	258.34
1.3	Instalación eléctrica provisional	Global	1.00	111.99	111.99
1.4	Instalación AAPP provisional	Global	1.00	51.40	51.40
1.5	Instalación de SS.HH. obreros	mes	1.00	150.00	150.00
1.6	Letrero de Obra	U	1.00	107.88	107.88
<b>2</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
2.1	Limpieza del terreno manual	m2	8,260.00	8.89	73,431.40
2.2	Trazado y Replanteo	m2	5,782.00	2.92	16,883.44
<b>3</b>	<b>DRAGADO</b>				
3.1	Dragado sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)	m3	65,545.21	6.00	393,271.26
<b>4</b>	<b>EXCAVACIONES</b>				
4.1	Excavación sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)	m3	182.05	10.85	1,975.24
4.2	Desalajo de Relleno no apto (incl. transporte)	viaje	23.00	66.45	1,528.35
4.3	Nivelado compactando con material de sitio	m3	371.70	5.41	2,010.90
<b>5</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				
5.1	Mejoramiento de la Subrasante con Geotextil	m3	2,180.64	27.95	60,948.89
5.2	Base Clase 1A con Geotextil	m3	817.74	52.19	42,677.85
5.3	Carpeta asfáltica e=5cm incluye imprimación y sella	m2	223.02	11.11	2,477.75
5.4	Cuneta triangular de tierra compactada y Taludes	m3	271.85	6.41	1,742.56
<b>6</b>	<b>SEÑALIZACIÓN VIAL</b>				
6.1	Marcas de pavimento segmentada (ancho = 10cm)	ml	1,652.00	0.70	1,156.40
6.2	Marcas de pavimento continua (ancho = 10cm)	ml	3,304.00	0.82	2,709.28
6.3	Señalización Vertical	u	10.00	138.00	1,380.00
<b>7</b>	<b>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>				
7.1	Clasif. residuos sólidos orgánicos e inorgánicos	u	6.00	77.84	467.04
7.2	Letreros informativos de obra	u	2.00	253.43	506.86
7.3	Caseta de Guardianía	u	3.00	258.34	775.02
7.4	Señalización ambiental	u	7.00	253.43	1,774.01
7.5	Cinta de peligro	ml	500.00	0.12	60.00
7.6	Paletas de sigue-pare	u	2.00	7.29	14.58
7.7	Letreros preventivos: Hombres trabajando, Peligro,	u	5.00	79.96	399.80
7.8	Barricadas	u	8.00	48.03	384.24
7.9	Revegetación o reforestación de áreas afectadas	u	1,652.00	10.53	17,395.56
7.10	Tanque de almacenamiento de grasas y aceites	u	6.00	40.00	240.00
7.11	Apaleamiento de polvo mediante aspersion de agua	m3	80.00	5.82	465.60
	<b>Subtotal Obra Civil:</b>			<b>\$</b>	<b>616,306.48</b>
	<b>Costo Ambiental:</b>			<b>\$</b>	<b>22,482.71</b>
	<b>COSTO TOTAL DE OBRA:</b>			<b>\$</b>	<b>638,789.19</b>

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

Tabla LVI. Presupuesto – Alternativa 3

<b>PRESUPUESTO - ALTERNATIVA 3</b>					
<b>RUBRO</b>	<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>1</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>				
1.1	Cerramiento provisional	ml	52.00	258.34	13,433.55
1.2	Caseta de oficina, bodega, guardianía	u	1.00	258.34	258.34
1.3	Instalación eléctrica provisional	Global	1.00	111.99	111.99
1.4	Instalación AAPP provisional	Global	1.00	51.40	51.40
1.5	Instalación de SS.HH. obreros	mes	1.00	150.00	150.00
1.6	Letrero de Obra	U	1.00	107.88	107.88
<b>2</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
2.1	Limpieza del terreno manual	m2	9,205.00	8.89	81,832.45
2.2	Trazado y Replanteo	m2	6,443.50	2.92	18,815.02
<b>3</b>	<b>DRAGADO</b>				
3.1	Dragado sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)	m3	65,545.21	6.00	393,271.26
<b>4</b>	<b>EXCAVACIONES</b>				
4.1	Excavación sin Clasificar (incl. perfilada de taludes)	m3	168.14	10.85	1,824.32
4.2	Desalojo de Relleno no apto (incl. transporte)	viaje	22.00	66.45	1,461.90
4.3	Nivelado compactando con material de sitio	m3	414.23	5.41	2,240.96
<b>5</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				
5.1	Mejoramiento de la Subrasante con Geotextil	m3	2,430.12	27.95	67,921.85
5.2	Base Clase 1A con Geotextil	m3	911.30	52.19	47,560.49
5.3	Carpeta asfáltica e=5cm incluye imprimación y sellador	m2	248.54	11.11	2,761.22
5.4	Cuneta triangular de tierra compactada y Taludes	m3	1,155.02	6.41	7,403.68
<b>6</b>	<b>SEÑALIZACIÓN VIAL</b>				
6.1	Marcas de pavimento segmentada (ancho = 10cm)	ml	1,841.00	0.70	1,288.70
6.2	Marcas de pavimento continua (ancho = 10cm)	ml	3,682.00	0.82	3,019.24
6.3	Señalización Vertical	u	10.00	138.00	1,380.00
<b>7</b>	<b>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>				
7.1	Clasif. residuos sólidos orgánicos e inorgánicos	u	6.00	77.84	467.04
7.2	Letreros informativos de obra	u	2.00	253.43	506.86
7.3	Caseta de Guardianía	u	3.00	258.34	775.02
7.4	Señalización ambiental	u	8.00	253.43	2,027.44
7.5	Cinta de peligro	ml	500.00	0.12	60.00
7.6	Paletas de sigue-pare	u	2.00	7.29	14.58
7.7	Letreros preventivos: Hombres trabajando, Peligro,	u	6.00	79.96	479.76
7.8	Barricadas	u	10.00	48.03	480.30
7.9	Revegetación o reforestación de áreas afectadas	u	1,841.00	10.53	19,385.73
7.10	Tanque de almacenamiento de grasas y aceites	u	6.00	40.00	240.00
7.11	Apaleamiento de polvo mediante aspersion de agua	m3	100.00	5.82	582.00
	<b>Subtotal Obra Civil:</b>			<b>\$</b>	<b>644,894.25</b>
	<b>Costo Ambiental:</b>			<b>\$</b>	<b>25,018.73</b>
	<b>COSTO TOTAL DE OBRA:</b>			<b>\$</b>	<b>669,912.98</b>

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

En el ANEXO I se encuentra detallado en Análisis de Precios Unitarios de cada una de las alternativas Para poder evaluar la conveniencia y normalizar el presupuesto referencial de cada alternativa se procedió a sacar el Costo por metro lineal de cada ruta, considerando solamente el Subtotal de la Obra Civil.

**Tabla LVII.** Resumen de Presupuesto por Alternativa.

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Subtotal Obra Civil</b>	\$ 559,710.20	\$ 616,306.48	\$ 644,894.25
<b>Costo Ambiental</b>	\$ 16,788.12	\$ 22,482.71	\$ 25,018.73
<b>Costo Total de Obra</b>	\$ 576,498.32	\$ 638,789.19	\$ 669,912.98
<b>Metros Lineales de obra</b>	1,206	1,652	1,841
<b>Costo por metro lineal</b>	\$ 464.10	\$ 373.07	\$ 350.30

**Fuente:** Luna, V., Méndez, S., 2017.



# **CAPÍTULO 8**

## **ANÁLISIS MULTICRITERIO**

En el presente capítulo se presenta una matriz de decisión, la cual se basa en el método del Scoring, en la cual se detalla el resumen de cada alternativa con sus respectivas áreas de análisis, las cuales están dispuestas en la primera columna de la primera tabla más abajo.

Cada ítem tiene un porcentaje de relevancia (ponderación  $w_i$ ) para el proyecto, la suma de las ponderaciones debe dar igual a 10.

Acorde al grado de satisfacción de cada una de las alternativas planteadas y para cada criterio de selección, se establece una calificación  $r_i$  empleando una escala de 10 puntos, siendo 1 una insatisfacción absoluta del criterio y 10 una alta satisfacción del mismo, valores en el rango del 1 al 10 se usan para denotar la parcial satisfacción del criterio en análisis.

Se calcula el puntaje  $S$  para cada alternativa de trazado geométrico mediante:

$$S = \sum w_i * r_i$$

Al finalizar la sumatoria por alternativas, la que tenga mayor valor será la más apropiada y la de menor valor será la menos apropiada. La sumatoria tendrá un rango de 1 a 100.

Tabla LVIII. Matriz de decisión

	<b>Peso <math>w_i</math></b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Menor Costo de Obra Civil por metro lineal</b>	3	4	8	10
<b>Menor Impacto Ambiental</b>	3	9	8	6
<b>Mayor Potencial Turístico</b>	1.5	6	9	9
<b>Conexión interna</b>	1	4	8	8
<b>Facilidad de traslado</b>	1.5	9	8	6
<b>Puntuación</b>		65.5	81.5	78.5

Fuente: Luna, V., Méndez, S., 2017.

Por lo tanto la alternativa que cumple mejor con los criterios de precio, utilización y beneficio es la Alternativa 2, a pesar de que su costo de obra civil no sea el menor, su trazado geométrico es un factor determinante por los beneficios y potenciales que este genera.

# **CAPÍTULO 9**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

Se logró diseñar en base a normas tanto la estructura del pavimento flexible, como el trazado geométrico de la ciclovía propuesta, cumpliendo criterios de utilización, y beneficios.

Se constató que actualmente existe una normativa para la señalización horizontal y vertical, la cual hay que cumplir en el diseño propuesto; principalmente tendrá señalización horizontal sobre la carpeta asfáltica, la señalización vertical se dispondrá a la altura de las entradas y salidas dado que se encuentra bordeando el vaso de la presa del Lago Espol.

El primer trabajo que se deberá realizar será el de dragado, dado que en base a la muestra tomada del material azolvado, se mostró que dicho material sirve para drenaje, el cual se utilizará en la estructura del pavimento incluyendo la cuneta y taludes. Con este material se logra recuperar alrededor de 65545 m<sup>3</sup>.

El excedente del material dragado se transportará y depositará aguas abajo y cerca del Lago PARCON dado que esta zona fue afectada hace varios años por la excesiva explotación del terreno.

La alternativa óptima fue elegida en base a criterios de utilización, costo, y beneficios, la cual a pesar de que la Alternativa 2 no es el de menor costo por metro lineal, es la que mejor se acopla a los criterios descritos.

En el apartado del Estudio de Impacto Ambiental se detallan con mayor precisión recomendaciones para la construcción y operación del proyecto en mención.

Finalmente la alternativa elegida para la ciclovía cumple con un correcto diseño geométrico y estructural para ciclismo recreativo, aprovechando al máximo el material de dragado lo cual disminuye costos y agrega significativamente beneficios a la comunidad politécnica.

## RECOMENDACIONES

Dado que la implantación de la ciclovía se encuentra en una zona rodeada de vegetación, se sugiere utilizar el diseño de mobiliario urbano que propone Solórzano (2015), presente en la bibliografía, donde realiza un diseño de mobiliario para paradero de ciclovía utilizando caña guadua.

Realizar un estudio detallado en el inicio de la ciclovía puesto que cada año luego de la época lluviosa se presenta un gran problema de destrucción de la rampa de acceso debido a los caudales que bajan por esta y de la tubería de drenaje que descarga hacia el lago por este sector.

Diseñar una estructura liviana y de corta envergadura en los puntos inicial y final de esta vía, que sirva para descanso del ciclista o peatón y parqueadero de bicicletas.

Realizar dos sondeos al material azolvado para determinar con mayor precisión si dicho material sirve como capa drenante, basándose en la curva propuesta en el Capítulo 2, Subcapítulo 2.3.2.

Realizar un estudio más exhaustivo referente al drenaje a través de la cuneta de material drenante a fin de determinar si es necesaria una estructura de

drenaje por alcantarillado. En caso que no se realice el estudio asumir un drenaje con alcantarillas cada 100 metros que desfoguen directo al lago.



# **ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA ACTUAL CICLOVÍA**

Se anexan las fotografías de la inspección visual, toma de medidas del ancho de la cicloavía y toma de puntos con GPS realizadas los días 17 de mayo y 10 de agosto; también se encuentran las del registro del estudio de suelo realizado la semana del 19 de junio; y el registro obtenido del sobrevuelo de un dron el 10 de mayo.

## **ANEXO B**

### **HOJA DE CÁLCULO PARA GRANULOMETRÍA Y CLASIFICACIÓN DEL SUELO**

Se presenta la hoja de Excel utilizada para determinar contenido de humedad; límites líquido y plástico; índice de plasticidad; y clasificación del suelo para las 4 muestras tomadas in situ el día 19 de junio y ensayadas en esa misma semana.

## **ANEXO C**

### **CAPACIDAD DE EMBALSE ACTUAL**

Se presenta el plano y tablas que se usaron para determinar y calcular el área y volumen actuales de capacidad de embalse del lago.

## **ANEXO D**

### **DRAGADO DE LA COLA DEL LAGO - CAPACIDAD DE EMBALSE ESPERADA**

Se presenta el plano y tablas que se usaron para determinar y calcular el área y volumen para el trabajo de dragado en la cola del lago; de esta forma se obtendrá la capacidad de embalse esperada del lago.

## **ANEXO E**

### **CICLOVÍA – ALTERNATIVA 1**

Se presenta el plano y tablas con volúmenes correspondientes a la alternativa 1 de trazado geométrico.

## **ANEXO F**

### **CICLOVÍA – ALTERNATIVA 2**

Se presenta el plano y tablas con volúmenes correspondientes a la alternativa 2 de trazado geométrico.

## **ANEXO G**

### **CICLOVÍA – ALTERNATIVA 3**

Se presenta el plano y tablas con volúmenes correspondientes a la alternativa 3 de trazado geométrico.



## **ANEXO H**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) - MATRICES DE LEOPOLD**

Se adjuntan las matrices de Leopold utilizadas para realizar el EIA para la construcción de la ciclovía el cual incluye el dragado de la cola del lago.

## **ANEXO I**

### **ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APUs)**

Se presentan los rubros, cantidades, APU's y presupuestos de las tres alternativas propuestas; para lo cual los rubros y los APU's serán los mismos, siendo los variantes en cantidades y por consiguiente en presupuesto referencial para cada alternativa.

# **BIBLIOGRAFÍA**

Acuña, R., Hernandez, H., Jimenez, D., Amora, J., Loria, L. (2015). *Guía de diseño y evaluación de ciclovías para Costa Rica*. San Jose, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1999). *Guide for development of bicycles facilities*. USA.

ASTM C-136. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.

ASTM D-2216. *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*.

ASTM D-4318. *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*.

Cabrera Agila, V. M. (2015). *Estudio y Diseño de la Ciclovía Ballenita - San Pablo, para Recreación y Bienestar de los usuarios de la Provincia de Santa Elena*. Trabajo de Titulación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil Opción Hidráulica, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4457/1/T-UCE-0011-169.pdf>

Cadena, M. & Yanez, A. (2002). *Evaluación del Potencial Turístico Recreativo del Lago de la ESPOL (Tesis de Pregrado)*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.

Centro de Investigación y Asesoría de Transporte Terrestre, Fundación Ciudad Humana de Bogotá y TARYET. (2004). *MANUAL DE DISEÑO PARA INFRAESTRUCTURA DE CICLOVIAS*. Perú.

Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas (2016). *Construcción de Cicloinfraestructura*. Bogotá. Obtenido de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/cicloinfraestructura/PTCicloinfraestructura.pdf>

Coronel Camatón, A. R., & Falconí Sotomayor, J. P. (2006). *Estudios y Diseños de Alternativas para la Rehabilitación del tramo de vía: Lago - Intersección con la Vía Principal ESPOL. Solución y Reubicación de la Tubería de Agua Potable Existente*. Tesis de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de ingeniería en Ciencias de la Tierra, Guayaquil. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3429/1/5952.pdf>

CROW. (2011). *Manual de Diseño para el Tráfico Bicicletas*. Holanda.

Gracia, J. (2002). Sedimentación en Embalses. En UNAM, *Manual de Ingeniería de Ríos*. MEXICO: UNAM.

Hudson, N. W. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. Boletín de Suelos de la FAO - 68, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Departamento de Desarrollo Sostenible, Roma. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>

Jaramillo, R. (2005). *Proyecto de Desarrollo Ecoturístico del Bosque Protector de la ESPOL como un medio para Recreación y Aprendizaje de la Ecología y una Contribución al Conocimiento de la Realidad Ambiental Latinoamericana*. Proyecto de Grado previo a la obtención del Título de: Ingeniero Comercial y Empresarial Especialización: Finanzas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Instituto de Ciencias Humanísticas y Económicas.

*Ley de Gestión Ambiental, Codificación*. Codificación 19. Registro Oficial Suplemento 418 de 10-sep-2004. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

Martínez de Azagra Paredes, A. (2006). Método de los coeficientes de escorrentía. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de <http://www.oasification.com/archivos/Coefficientes%20de%20escorrent%C3%ADa.pdf>

Ministerio de Obras Públicas y Comunicación. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. MOP-001-F, Quito. Obtenido de [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013\\_ConcursoPublico\\_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf)

Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2008). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. Ecuador

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2015). *CONSTRUCCIÓN DE CICLOVÍAS: ESTÁNDAR TÉCNICO*. Chile: Impresora Printer S.A.

Municipalidad de Lima. (2017). Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista. Perú.

O'Neil, M., & Poormoayed, N. (1998). Methodology for Foundations on Expansive Clays. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers*, 106(GT12), 1345-1367. Recuperado el 2017

Pourrui, P., Róvere, O., Romo, I., Villacrés, H. (s.f.). Clima del Ecuador. *El Agua en el Ecuador*, págs. 13-26.

*Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE INEN 004 (2013). "Señalización Vial. Parte 6. Ciclovías"*. Subsecretaría de la Calidad, Ministerio de Industrias y Productividad. Ecuador Obtenido de [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/rte\\_vigente/SUBIDOS%202013-11-25/rte%20004\\_6.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/rte_vigente/SUBIDOS%202013-11-25/rte%20004_6.pdf)

Saltos, I. (2007). *Aplicación del modelo de contaminación Exams en Embalses. Caso de estudio: Embalse de la ESPOL*. Tesis de Grado previa la obtención del Título de Oceanógrafo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Guayaquil.

Separación de suelos de Subrasante y capas granulares empleando Geotextil NT3000. *Capítulo 1: Vías*. Recuperado el 20 de Julio de 2017, de Scribd: <https://es.scribd.com/document/44547350/CAPITULO-1-VIAS#user-util-view-profile>



Solórzano, D. (2015). *Estudio y Diseño de Mobiliario Urbano para Ciclovía desde la av. Chile y 10 de Agosto hasta Malecón Simón Bolívar, del Centro de la ciudad de Guayaquil*. Trabajo de Titulación previa a la obtención del título de Licenciada en Diseño de Interiores Mención en Mueble, Universidad de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y urbanismo "Arq. Guillermo Cubillo Renella", Guayaquil.

Vélo Québec. (2003). *Technical Handbook of Bikeway Design*. En M. L. Birk. Montréal, Québec, Canada.