

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño integral de protecciones para vía de entrada a la Comuna Loma Alta, Santa
Elena

INGE-3048

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero/a Civil

Presentado por:

Daniel Eduardo Oleas Paredes

Maria Emilia Frias Moreira

Guayaquil - Ecuador

II - 2025

Declaración Expresa

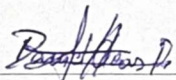
Nosotros Daniel Eduardo Oleas Paredes y Maria Emilia Frias Moreira acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

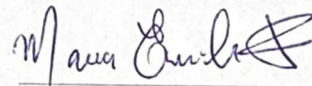
La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 14 de octubre del 2025.



Daniel Eduardo Oleas
Paredes



Maria Emilia Frias
Moreira

Evaluadores

MSc. Ingrid Tatiana Orta Zambrano

Profesor de Materia

PhD. Mijail Eduardo Arias

Hidalgo

Tutor de proyecto

Agradecimientos

Deseo extender mi mayor agradecimiento a quienes se han esforzado y sacrificado más que nadie por darme todo lo que tengo, mis padres: John Frias Zambrano y Martha Moreira Vera. Al resto de mi familia, y a mis sobrinos, que con cada visita me recuerdan la sencillez de la vida.

A nuestro tutor, Ing. Mijail Arias Hidalgo, Ph. D, por su valiosa orientación académica y por convertirse en un rol a seguir. Y mi compañero Daniel Oleas, por su esfuerzo, dedicación y sacrificio para alcanzar juntos esta meta.

A mis amigas: Doménica, Nahir, Gabriela, Yahaira, Arlette y Melissa, por estar siempre presentes y brindarme momentos de distensión durante este proceso. Y finalmente a mi pareja, Joel Chirguayo, quién fue mi mayor apoyo emocional durante este proceso, por nunca dejar de creer en mí.

María Emilia Frías Moreira

Resumen

El proyecto se orienta al diseño integral de soluciones viales con medidas geotécnicas e hidráulicas para proteger la conducción de agua potable y la vía de acceso a la Comuna Loma Alta, afectadas por escorrentía superficial, taludes inestables e inundaciones recurrentes. A partir del análisis de información topográfica e hidrológica, se construyó un hietograma de diseño de 2 horas y se modeló el comportamiento hidráulico del flujo mediante HEC-RAS. Con base en estos estudios, se desarrolló un sistema de drenaje conformado por canales y ductos cajón, incorporando pozos de disipación de energía para el control de velocidades, alcanzándose una velocidad máxima de 3.48 m/s. Adicionalmente, se evaluó la estabilidad y erosión de los taludes identificándose un talud inestable con un factor de seguridad de 1.08 cercano al límite, por lo cual se diseñó un muro de contención que protege el cementerio comunitario en un tramo de 150 m. Paralelamente, se planteó una rehabilitación de 20 m del pavimento que presentaba fallas estructurales en la vía de entrada, reutilizando los escombros de las asfálticas retiradas como relleno. Finalmente, se aplicó la Matriz de Leopold, confirmando la viabilidad ambiental del proyecto. En conjunto, la propuesta mejora la evacuación de aguas superficiales, reduce riesgos geotécnicos y fortalece la sostenibilidad de la infraestructura vial.

Palabras Clave: Drenaje vial, estabilidad de taludes, escorrentía superficial, modelación hidráulica.

Abstract

This project focuses on the integrated design of roadway solutions incorporating geotechnical and hydraulic measures to protect the potable water conveyance system and the access road to the Loma Alta Community, which are affected by surface runoff, unstable slopes, and frequent flooding. Based on the analysis of topographic and hydrological data, a 2-hour design hyetograph was developed, and the hydraulic behavior of the flow was modeled using HEC-RAS. From these analyses, a drainage system consisting of channels and box culverts was designed, incorporating energy dissipation structures to control flow velocities, resulting in a maximum velocity of 3.48 m/s. In addition, slope stability and erosion analyses were performed, identifying an unstable slope for which a retaining wall was designed to protect the community cemetery along a 150 m section. A new pavement structure was also defined for the access road, which exhibited structural failures. Finally, an environmental assessment was conducted using the Leopold Matrix, confirming the environmental feasibility of the project. Overall, the proposed integrated solution improves surface water conveyance capacity, reduces the risk of landslides and roadway damage, and enhances the sustainability of the roadway infrastructure.

Keywords: Drainage system, slope stability, surface runoff, hydraulic modeling.

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Índice de figuras.....	XII
Índice de tablas	XVI
1. Introducción	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Justificación del problema	4
1.4. Preguntas ingenieriles	6
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos	6
2. Materiales y métodos	9
2.1. Revisión de literatura	9
2.2. Área de estudio	15
2.3. Trabajo de campo y laboratorio	17
2.3.1. Topografía.....	17
2.3.2. Caracterización geotécnica del terreno	22

2.3.3.	Ensayos geotécnicos del terreno	24
2.4.	Análisis de datos	37
2.4.1.	Precipitación	37
2.4.2.	Métodos estadísticos y prueba de ajuste	39
2.4.3.	Periodo de retorno.....	45
2.4.4.	Cálculo de factor CN	46
2.4.5.	Tiempo de concentración.....	49
2.4.6.	Diagnóstico hidrológico.....	52
2.4.7.	Modelo hidráulico.....	57
2.4.8.	Pérdida de suelo por erosión en taludes críticos	61
2.4.9.	Modelo geotécnico de taludes críticos.....	67
2.5.	Análisis de alternativas	77
2.5.1.	Criterios de evaluación	77
2.5.2.	Descripción de alternativas.....	80
2.5.3.	Opción ganadora	83
3.	Diseño y especificaciones	88
3.1.	Normas y criterios de diseño.....	88
3.2.	Análisis del trazado y perfil longitudinal de excavación.....	90
3.3.	Diseño hidráulico del canal.....	93
3.3.1.	Justificación de sección.....	95

3.3.2.	Tirante normal y velocidades.....	96
3.3.3.	Borde libre	98
3.3.4.	Control de velocidades y erosión.....	100
3.4.	Revestimiento de canal comunitario.....	103
3.5.	Estructuras de transición.....	105
3.5.1.	Ducto Cajón	105
3.5.2.	Muros de ala.....	109
3.6.	Muro de contención en voladizo.....	111
3.7.	Reparación de sección de vía.....	116
3.8.	Diseño de subdrenes	124
3.9.	Modelado de solución.....	133
4.	Análisis de Impacto Ambiental.....	137
4.1.	Descripción del proyecto	137
4.2.	Línea base ambiental.....	139
4.2.1.	Territorio.....	139
4.2.2.	Suelo	140
4.2.3.	Clima.....	140
4.2.4.	Hidrología y agua.....	141
4.2.5.	Calidad del aire	141
4.2.6.	Flora	141

4.2.7.	Fauna.....	142
4.2.8.	Medio socioeconómico	142
4.2.9.	Medio patrimonial.....	142
4.3.	Actividades del proyecto.....	143
4.4.	Identificación de impactos ambientales	145
4.5.	Valoración de impactos ambientales	151
4.6.	Propuestas de medidas de prevención y mitigación	157
4.6.1.	Medida para limpieza y excavación.....	158
4.6.2.	Medida para movimiento de tierra.....	158
4.6.3.	Medida para conformación de canal.....	159
4.6.4.	Medida para revestimiento de canal	159
4.6.5.	Medida para descarga en río	160
4.7.	Resultados de medidas.....	161
5.	Presupuesto	164
5.1.	Definición de rubros del proyecto.....	164
5.2.	Análisis de precios unitarios	168
5.3.	Cantidades de obra.....	171
5.4.	Cronograma de obra.....	179
6.	Conclusiones.....	182
6.1.	Conclusiones	182

6.2. Recomendaciones	183
7. Bibliografía	185
8. Planos y anexos.....	197
Tabla A.1.....	197
Figura A.1 <i>Valor de CN dependiendo del uso de suelo y de su grupo hidrológico.</i>	198
Planos A.1 <i>Perfiles longitudinales: Tramos 1 (existente y propuesto), Tramo 2 y Tramo 3.....</i>	199
Planos A.2 <i>Perfiles longitudinales: Tramo 4, Tramo 5 y Tramos aportantes</i>	200
Planos A.3 <i>Perfiles longitudinales: Canal comunitario y Ductos cajón 1 y 2</i>	201
Planos A.4.1 <i>Detalle geométrico y estructural de muros de ala para Ductos cajón 1 y 2.</i>	202
Planos A.4.2 <i>Detalle geométrico y estructural de muros de ala para Ductos cajón 1 y 2.</i>	203
Planos A.5.1 <i>Rehabilitación de 20 [m] de la vía de entrada a Loma Alta.</i>	204
Planos A.5.2 <i>Vista en perfil de ducto cajón y estructura de vía.</i>	205
Planos A.6 <i>Vista General en planta de la propuesta integral.</i>	206
Planos A.7.1 <i>Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.</i>	207
Planos A.7.2 <i>Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.</i>	208
Planos A.7.3 <i>Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.</i>	209
Planos A.7.4 <i>Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.</i>	210
Planos A.7.5 <i>Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.</i>	211
Planos A.8.1 <i>Perfiles de los Canales Aportantes del sistema de drenaje.</i>	212
Planos A.8.2 <i>Perfiles de los Canales Aportantes del sistema de drenaje.</i>	213

Planos A.8.3 <i>Perfiles de los Canales Aportantes del sistema de drenaje</i>	214
Planos A.9.1 <i>Diseño del Muro de contención de 150 [m] y su detalle estructural</i>	215
Planos A.9.2 <i>Diseño del Muro de contención de 150 [m] y su detalle estructural</i>	216
Planos A.10 <i>Pozo de pérdida de energía TIPO I. Elaborado por Interagua</i>	217
Planos A.11 <i>Pozo de pérdida de energía TIPO III. Elaborado por Interagua</i>	218
Planos A.12 <i>Pozo de pérdida de energía TIPO V. Elaborado por Interagua</i>	219
Análisis de precio unitario	220
Descripciones de rubro	342
OP1. Replanteo topográfico y control geométrico	342
CP1. Excavación y desalojo.....	342
CP2. Conformación y compactación de fondo	343
CP3. Relleno compactado con material de mejoramiento (Incluye transporte)	344
CP4. Sobrecama de arena $e = 10$ cm (Incluye transporte).....	345
CP5. Encofrado para canal (laterales).....	346
CP6. Hormigón simple $f_c = 210$ kg/cm ²	347
CP7. Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm	348
CP8. Curado del hormigón	349
CA1. Excavación y desalojo	349
CA2. Conformación y compactación de fondo.....	350
CA3. Relleno compactado con material de mejoramiento (Incluye transporte).....	351

CA4. Sobrecama de arena $e = 10$ cm (Incluye transporte)	352
CA5. Encofrado para canal (laterales)	353
CA6. Hormigón simple $f'c = 210$ kg/cm ²	354
CA7. Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm.....	355
CA8. Curado del hormigón.....	356
PPE1. Excavación y desalojo.....	357
PPE2. Conformación y compactación de fondo	357
PPE3. Encofrado	358
PPE4. Hormigón para replantillo $f'c = 140$ kg/cm ²	359
PPE5. Hormigón para estructura $f'c = 280$ kg/cm ²	360
PPE6. Hormigón para losa $f'c = 350$ kg/cm ²	361
PPE7. Relleno superficial de cimentación $e = 50$ cm	362
PPE8. Acero de refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm ²	363
PPE9. Curado del hormigón	364
S1. Tubería perforada $\Phi = 200$ mm	365
S2. Colocación material de sitio (adecuado por granulometría).....	365
S3. Geotextil no tejido punzonado.....	366
DC1. Excavación y desalojo	367
DC2. Conformación y compactación de fondo.....	368
DC3. Ducto cajón prefabricado	369

W1. Encofrado	370
W2. Hormigón para muros, losa, delantal y cabezal $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$	371
W3. Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	372
W4. Curado del hormigón.....	373
PV1. Retiro de pavimento deteriorado.....	374
PV2. Colocación y compactación de material de sitio	375
PV3. Colocación material de base CBR 80%.....	375
PV4. Compactación por capas	376
PV5. Geotextil no tejido punzonado	377
PV6. Colocación de mezcla asfáltica.....	378
T1. Reconformación de taludes	379
T2. Excavación y desalojo para mejoramiento de terreno	380
T3. Colocación material de mejoramiento $c' = 25 \text{ kPa}$	381
T4. Encofrado	382
T5. Hormigón para muros y losa $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$	383
T6. Mechinales $\Phi = 150 \text{ mm}$	383
T7. Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	384
T8. Geotextil no tejido punzonado.....	385
PC1. Excavación y desalojo para colocación de protección.....	386
PC2. Regularización de fondo y laterales	387

PC3. Colchón de gavión 45x60 mm	388
PC4. Colocación de piedra escollera $D_{50} = 10$ cm e = 30 cm	389
OC1. Limpieza final de obra.....	390
M1. Limpieza ocasional de canales	391
M2. Limpieza ocasional de ductos cajón.....	392
M3. Mantenimiento geotextil en taludes	393
A1. Señalización preventiva	394
A2. Cinta de advertencia.....	395
A3. Supresión de polvo (humectación).....	396
Cronograma.....	396

Índice de figuras

Figura 2.1 <i>Mapa de ubicación del área de estudio (Fuente: IGM)</i>	16
Figura 2.2 <i>Toma de datos GNSS. (Fuente: Cortesía de estudiantes realizando prácticas comunitarias.)</i>	18
Figura 2.3 <i>Toma de datos GNSS. (Fuente: Cortesía de estudiantes realizando prácticas comunitarias.)</i>	19
19	
Figura 2.4 <i>Toma de datos GNSS. (Fuente: Cortesía de estudiantes realizando prácticas comunitarias.)</i>	19
19	
Figura 2.5 <i>Topografía de Loma Alta</i>	20
Figura 2.6 <i>Pendientes del área de estudio.</i>	21
Figura 2.7 <i>Mapa de tipo de suelo en Nanocuenca “Loma Alta” (Fuente: IGM)</i>	23
Figura 2.8 <i>Evidencia de recolección de muestras en cumbre de talud.</i>	25
Figura 2.9 <i>Evidencia de recolección de muestras en punto más bajo al lateral de vía.</i>	25
Figura 2.10 <i>Curva granulométrica obtenida.</i>	27
Figura 2.11 <i>Curva granulométrica obtenida.</i>	29
Figura 2.12 <i>Muestras por ensayar con prueba de Cuchara de Casa Grande.</i>	31
Figura 2.13 <i>Curva para determinar el índice plástico de la muestra 1.</i>	32
Figura 2.14 <i>Curva para determinar el índice plástico de la muestra 2.</i>	34
Figura 2.15 <i>Equipo de corte directo.</i>	35
Figura 2.16 <i>Resultados de envolvente de cortante para la muestra 1.</i>	36
Figura 2.17 <i>Resultados de envolvente de cortante para la muestra 2.</i>	36

Figura 2.18 <i>Precipitaciones máximas diarias anuales registradas en M0245 y M0782 (Fuente: INAMHI)</i>	39
Figura 2.19	55
Figura 2.20 <i>Hietograma de diseño T = 50 años.</i>	57
Figura 2.21 <i>Elevación de terreno de Loma Alta a partir de curvas de nivel</i>	58
Figura 2.22 <i>Nanocuenca aportante en QGis</i>	59
Figura 2.23 <i>Perímetro nanocuenca aportante en HEC-RAS</i>	60
Figura 2.24 <i>Resultado de modelo en HEC-RAS</i>	61
Figura 2.25 <i>Taludes críticos seleccionados para metodología RUSLE.</i>	63
Figura 2.26 <i>Vista en planta: talud crítico 1.</i>	67
Figura 2.27 <i>Vista en perfil: talud crítico 1.</i>	68
Figura 2.28 <i>Vista en planta: talud crítico 2.</i>	68
Figura 2.29 <i>Vista en perfil: talud crítico 2.</i>	69
Figura 2.30 <i>Vista en planta: talud crítico 3.</i>	69
Figura 2.31 <i>Vista en perfil: talud crítico 3.</i>	70
Figura 2.32 <i>Vista en planta: talud crítico 4.</i>	70
Figura 2.33 <i>Vista en perfil: talud crítico 4.</i>	71
Figura 2.34 <i>Mapa de aceleraciones sísmicas del Ecuador (Z). (Elaboración: NEC, 2011)</i>	73
Figura 2.35 <i>Modelación talud crítico 1.1. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^{\circ}$.</i>	75
Figura 2.36 <i>Modelación talud crítico 1.2. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^{\circ}$.</i>	75
Figura 2.37 <i>Modelación talud crítico 2. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^{\circ}$. Sobrecarga: 40 kN/m^3</i>	76
Figura 2.38 <i>Modelación talud crítico 3. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^{\circ}$.</i>	76
Figura 2.39 <i>Modelación talud crítico 4. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^{\circ}$.</i>	77

Figura 2.40 <i>Alternativas para paquetes de soluciones.</i>	80
Figura 3.1 <i>Ubicación de tramos de canales principales.</i>	91
Figura 3.2 <i>Ubicación de tramos de canales anexos.</i>	92
Figura 3.3 <i>Comparación de velocidades con y sin revestimiento de gavión.</i>	105
Figura 3.4 <i>Líneas características y perfil de flujo en Ducto cajón 1 (Elaboración: imagen mejorada con IA)</i>	106
Figura 3.5 <i>Líneas características y perfil de flujo en Ducto cajón 2 (Elaboración: imagen mejorada con IA)</i>	108
Figura 3.6 <i>Vista en planta de la entrada y salida del Ducto Cajón 1.</i>	111
Figura 3.7 <i>Diagrama de cuerpo libre del muro de contención.</i>	112
Figura 3.8 <i>Falla estructural en vía de entrada a comuna Loma Alta.</i>	117
Figura 3.9 <i>Dimensiones y pesos de camiones característicos de flota de camiones ecuatoriana.</i>	119
Figura 3.10 <i>Cálculo de número estructural con software AASHTO 93 para carpeta asfáltica.</i>	121
Figura 3.11 <i>Cálculo de número estructural con software AASHTO 93 para material de relleno.</i>	121
Figura 3.12 <i>Esquema de capas de estructura de pavimento.</i>	122
Figura 3.12 <i>Cálculo de número estructural con software AASHTO 93 para carpeta asfáltica.</i>	123
Figura 3.13 <i>Cálculo de número estructural con software AASHTO 93 para material de relleno.</i>	124
Figura 3.14 <i>Esquema de capas de estructura de pavimento.</i>	124
Figura 3.15 <i>Nomograma para el cálculo de diámetro de tubería a usar. Fuente: Lawson (1982).</i>	132

Figura 3.16 <i>Mancha de agua de Comuna Loma alta con terreno natural. T = 50 años.</i>	134
Figura 3.17 <i>Mancha de agua de Comuna Loma alta con terreno natural sobre Ducto cajón 2.</i>	136
Figura 3.18 <i>Mancha de agua de Comuna Loma alta con 50 cm de capa de lastre sobre Ducto cajón 2.</i>	137
Figura 4.1 <i>Ubicación del área de estudio “Loma Alta”.</i>	138
Figura 4.2 <i>Señal informativa turística en la vía de entrada a Loma Alta.</i>	143

Índice de tablas

Tabla 2.1 <i>Ubicación geográfica de las muestras recolectadas.</i>	24
Tabla 2.2 <i>Resultados de ensayo de granulometría para la muestra 1.</i>	26
Tabla 2.3 <i>Diámetros de partícula según pasantes.</i>	27
Tabla 2.4 <i>Resultados de ensayo de granulometría para la muestra 2.</i>	28
Tabla 2.5 <i>Diámetros de partícula según pasantes.</i>	29
Tabla 2.6 <i>Datos obtenidos del ensayo de la muestra 1.</i>	32
Tabla 2.7 <i>Límites de Atterberg para la muestra 1.</i>	33
Tabla 2.8 <i>Datos obtenidos del ensayo de la muestra 2.</i>	33
Tabla 2.9 <i>Límites de Atterberg para la muestra 2.</i>	34
Tabla 2.10 <i>Estaciones meteorológicas usadas en recopilación de información. Fuente: INAMHI.</i>	37
Tabla 2.11 <i>Tabulación de factor k en función de la confianza esperada. Fuente: Stephens, M. A. (1974)</i>	45
Tabla 2.12 <i>Resultados prueba Kolmogorov-Smirnov para cada distribución estadística.</i>	45
Tabla 2.13 <i>Estados de valor CN según la condición previa de humedad. Fuente: Chow (1965)</i> 46	46
Tabla 2.14 <i>Descripción de los grupos hidrológicos del suelo. Fuente: Chow (1965)</i>	47
Tabla 2.15 <i>Obtención de CN ponderado para área de estudio.</i>	48
Tabla 2.16 <i>Descripciones de uso para obtención de CN ponderado.</i>	48
Tabla 2.17 <i>Características de la nanocuenca obtenidas con ArcGreekCalculator en QGis.</i>	49
Tabla 2.18 <i>Resultados de tiempo de concentración T_c.</i>	52
Tabla 2.19 <i>Resultados de K, m y n.</i>	54
Tabla 2.20	63

Tabla 2.21 <i>Factor LS para cada talud.</i>	64
Tabla 2.22 <i>Resultados de los factores K, C, P y A.</i>	65
Tabla 2.23	72
Tabla 2.24 <i>Tabla de coeficientes de aceleración de suelo (F_a). Elaboración: MIDUVI, 2015</i>	73
Tabla 2.25 <i>Ponderación en escala de Likert de las alternativas propuestas.</i>	83
Tabla 3.1 <i>Valores usados para obtención de caudal por método racional para canales principales</i>	94
Tabla 3.2 <i>Valores de caudal por método racional para canales anexos.</i>	94
Tabla 3.3 <i>Geometría de elementos pertenecientes a la red de solución.</i>	96
Tabla 3.4 <i>Parámetros hidráulicos de elementos pertenecientes a la red de solución.</i>	97
Tabla 3.5 <i>Especificación de borde libre para los elementos de la red de solución.</i>	99
Tabla 3.6 <i>Relación de llenado y carga de velocidad de los elementos de la red de solución.</i> ...	101
Tabla 3.7 <i>Acero propuesto para armado de canales principales.</i>	102
Tabla 3.8 <i>Acero propuesto para armado de canales aportantes.</i>	103
Tabla 3.9 <i>Tabla resumen de parámetros Ducto Cajón 1. Elaboración: Modelación computacional en HY8.</i>	107
Tabla 3.10 <i>Tabla resumen de parámetros Ducto Cajón 2. Elaboración: Modelo computacional en HY8.</i>	108
Tabla 3.11 <i>Valores de Factor de seguridad para distintas condiciones según NEC-SE-GC.</i>	112
Tabla 3.12 <i>Cálculo de cargas generadas por metro lineal.</i>	113
Tabla 3.13 <i>Momentos estabilizadores calculados (sentido horario).</i>	114
Tabla 3.14 <i>Momentos desestabilizadores calculados (sentido antihorario).</i>	114
Tabla 3.15 <i>Fuerzas de deslizamiento activas.</i>	115

Tabla 3.16 <i>Fuerzas de deslizamiento pasivas.</i>	116
Tabla 3.17 <i>Clasificación funcional de las vías según su TPDA. Fuente: MTOP (2013).</i>	118
Tabla 3.18 <i>Datos para la reparación de tramo de vía sobre Ducto cajón.</i>	119
Tabla 3.19 <i>Datos para la reparación de tramo de vía deteriorada.</i>	122
Tabla 3.20 <i>Valores recomendados para Fi. Fuente: PAVCO.</i>	126
Tabla 3.21 <i>Valores recomendados para Fr. Fuente: PAVCO.</i>	127
Tabla 3.22 <i>Valores necesarios para el cálculo de los caudales de diseño.</i>	128
Tabla 3.23 <i>Valores necesarios para el cálculo de los caudales de diseño.</i>	129
Tabla 3.14 <i>Diámetros de tuberías para sistema de subdrenaje.</i>	132
Tabla 4.1 <i>Actividades susceptibles a causar impactos ambientales.</i>	144
Tabla 4.2 <i>Actividades susceptibles a causar impactos ambientales positivos.</i>	145
Tabla 4.3 <i>Actividades susceptibles a causar impactos ambientales negativos.</i>	147
Tabla 4.4 <i>Definición de Magnitud e Impacto con rango establecido.</i>	149
Tabla 4.5 <i>Matriz de Leopold aplicada al proyecto.</i>	150
Tabla 4.6 <i>Características de magnitud de impacto ambiental con su respectivo rango numérico y descripción. Fuente: López (2013).</i>	152
Tabla 4.7 <i>Valoración de Índice Total de Impacto.</i>	153
Tabla 4.8 <i>Valoración de impactos ambientales predominantes por característica.</i>	153
Tabla 4.9 <i>Índices Totales de Impacto resultantes de valoración.</i>	155
Tabla 5.1 <i>Rubros de proyecto.</i>	164
Tabla 5.2 <i>Metrado rubro CP1.</i>	171
Tabla 5.3 <i>Metrado rubro CP2.</i>	173
Tabla 5.4 <i>Metrado rubro CP3.</i>	175

Tabla 5.5 <i>Metrado rubro CP4.</i>	176
Tabla 5.6 <i>Metrado rubro CP5.</i>	176
Tabla 5.7 <i>Metrado rubro CP6.</i>	177
Tabla 5.8 <i>Metrado rubro CP7.</i>	178
Tabla 5.9 <i>Metrado rubro CP8.</i>	179

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Las inundaciones por efecto de las lluvias es uno de los fenómenos naturales más comunes que afectan las poblaciones en el Ecuador. Estas ocurren cuando, ante precipitaciones intensas, los sistemas de drenaje son incapaces de evacuar rápidamente porque supera la capacidad de infiltración del suelo y la eficiencia de los sistemas de drenaje existentes de ser el caso. En muchos casos, estas suelen tener repercusiones socioeconómicas y ambientales significativas en las zonas rurales del país, donde los recursos de ayuda son limitados o el difícil acceso a su poblado impide la atención inmediata.

Este fenómeno afecta directa y bruscamente la vida cotidiana de las personas en zonas rurales: (i) interrumpen las actividades económicas necesarias para su sobrevivencia; (ii) deterioran los caminos e infraestructura existente; (iii) producen pérdidas en sus cultivos; y, (iv) contaminan fuentes de agua al arrastrar lodo y escombros. Cabe recalcar que el daño impacta el bienestar de las personas, especialmente cuando interrumpen servicios básicos como lo son el abastecimiento de agua potable, red eléctrica y atención médica. Además, a nivel ambiental se generan procesos de erosión, arrastre de sedimentos y alteración de ecosistemas sensibles que se encuentran protegidos.

Durante la historia, el propósito del drenaje, especialmente en vías, ha sido enfocado únicamente en evacuar el agua superficial de las carreteras y caminos. Esto ha tenido lugar sin tomar en cuenta factores importantes como la seguridad vial, la protección de infraestructura existente y la estabilidad del terreno alrededor a lo largo de la vía. El drenaje de agua no controlada puede llevar a deslizamientos e inundaciones que afectan tanto las vías como las comunidades a

las que pertenecen. Por eso, lugares con topografía irregular y con suelos de baja permeabilidad merecen más relevancia en su gestión.

Estos eventos evidencian la necesidad de fortalecer la planificación y el diseño de estrategias de drenaje que se adapten a las características del terreno y a las condiciones climáticas del sitio, minimizando el impacto ambiental. Por esto, a través de investigaciones se ha empezado a implementar soluciones sostenibles y eficaces, como zanjas de infiltración, cunetas verdes, sistemas de drenaje urbano sostenibles (SUDS), diques y estructuras de retención.

1.2 Descripción del problema

En Loma Alta, parroquia de Colonche, Provincia de Santa Elena, el problema principal es el peligro intermitente que representa la escorrentía de aguas superficiales provocadas por la lluvia. Esto afecta la conducción de agua potable proveniente de la Planta de Tratamiento que abastece esta comuna debido a una falta de drenaje y alcantarillado pluvial eficiente. A esto se añade que la comuna, al estar ubicada aguas abajo y seguida de una colina que forma un talud inestable, experimenta inundaciones endémicas. Estas no tardan en surgir cuando empiezan las lluvias en invierno, en los meses de diciembre (usualmente, hasta mayo). Aunque este problema no afecta a todo un sector productivo, indirectamente afecta a otros como la agricultura, comercio local, salud, transporte y abastecimiento de agua.

Por esto, existen problemas de escorrentía superficial que afectan directamente la vía de entrada hacia la comuna y las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). Durante la etapa invernal, el agua se acumula y provoca inundaciones por la ausencia de un sistema de drenaje pluvial adecuado en la vía de acceso, lo que incrementa la erosión y el deterioro del paquete de pavimento. Estas condiciones evidencian la necesidad de diseñar soluciones técnicas

que garanticen la protección y operatividad del sistema de agua potable, así como la seguridad de las instalaciones y del entorno.

1.3 Justificación del problema

La situación descrita anteriormente ya ha provocado un acelerado deterioro de la vía de acceso y daños en equipos esenciales de la planta, lo cual representan gastos inesperados para la empresa encargada del abastecimiento de agua potable. Los habitantes de la comuna Loma Alta también se ven afectados debido a las inundaciones: sus vías se encuentran en mal estado, sus comercios no funcionan con normalidad perjudicando la economía local, muchos viven de la agricultura la cual depende del riego y las inundaciones arrastran lodo, residuos y basura contaminando calles y viviendas. Cabe destacar que, ante el desabastecimiento de agua potable la salud de los habitantes se pone en riesgo ya que puede obligar a las personas a buscar fuentes menos seguras de agua aumentando problemas de salud.

Ante esto, la necesidad de una solución es clara por lo que se debe analizar diferentes propuestas que garanticen la protección de la infraestructura existente y el bienestar de la comunidad. La implementación de un sistema de drenaje integral permite controlar la escorrentía superficial del agua de lluvia, reduciendo la erosión del suelo y evitando el arrastre de sedimentos, residuos y posibles contaminantes que afecten la fertilidad y calidad de suelo. Esto es fundamental para mantener la estabilidad del terreno y preservar la economía de la población que depende de la agricultura como su principal fuente de ingresos y alimentación. Por tal motivo, la continuidad de la vida cotidiana de los habitantes se ve favorecida permitiéndoles trabajar y movilizarse con normalidad sin interrupciones inesperadas, independientemente de las condiciones climáticas.

Una escorrentía mal gestionada puede traer riesgo de socavación a las tuberías de conducción y deterioración de la infraestructura vial. En el aspecto económico, un paquete de soluciones integral reduciría los gastos emergentes de reparación y accidentes en el sistema de abastecimiento de agua potable protegiendo así estas instalaciones vitales. Asimismo, aumentarían la vida útil de la vía de acceso hacia la comuna y de las viviendas que se encuentran en el poblado, ya que un sistema de drenaje aportaría positivamente a la durabilidad del pavimento y la reducción de intervenciones de rehabilitación frecuentes tanto en la vía como en los hogares de las personas.

Otros de los beneficios de una solución eficiente son: (i) la reducción de siniestros viales y encharcamientos en las calles y áreas públicas mejorando la percepción de seguridad; (ii) la conservación de la calidad de vida del entorno y del ecosistema local al mantener un equilibrio ecológico saludable sin afectar la flora y fauna local; (iii) la prevención de propagación de enfermedades tropicales como el Dengue y el Zika portadas por vectores al usar el agua como criadero; y, (iv) estabilización del talud que se encuentra a lado de la vía de acceso hacia la Planta de Tratamiento de Agua Potable para evitar la saturación del suelo y así reducir el riesgo de deslizamientos y deslaves que comprometen la seguridad de las personas y la infraestructura local.

A largo plazo, se obtendría un sistema más eficiente y sostenible, alineado con las estrategias de gestión del territorio y de adaptación al cambio climático. La implementación de infraestructura de drenaje representa una inversión que no solo resuelve problemas inmediatos, sino que también se integra a una visión de desarrollo territorial sostenible. Esto posiciona a la comunidad en mejor situación para adaptarse a las variaciones climáticas futuras y cumplir con estándares ambientales modernos. Ejecutar una solución que combine el drenaje vial eficaz y

medidas geotécnicas y estructurales representaría un ahorro a futuro, evitando tener que ejecutar acciones de emergencia.

1.4 Preguntas ingenieriles

1. ¿Hasta qué punto los hietogramas realizados representan los eventos históricos de precipitación y cómo la información adicional topográfica, geotécnica y de infraestructura existente contribuye a un diseño de solución a la medida?
2. ¿En qué medida se ve afectado el factor de seguridad del talud que protege a la PTAP frente a la tormenta de diseño?
3. ¿De qué manera el diseño del paquete de soluciones minimiza impactos ambientales, reduce riesgos futuros y optimiza el mantenimiento a largo plazo?
4. ¿En qué medida el paquete de soluciones elegido permite reducir los niveles de inundación en el sector de estudio de la Comuna Loma Alta?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar soluciones de drenaje vial, que involucren medidas geotécnicas, hidráulicas y estructurales de protección para el sistema de conducción de agua potable y la vía de entrada a la Comuna Loma Alta, Parroquia Colonche, Provincia de Santa Elena.

1.5.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la cuenca hidrográfica de Loma Alta, utilizando información topográfica, pluviométrica e infraestructural, para la identificación de zonas críticas de inundación.

- Evaluar la estabilidad de los taludes circundantes luego del evento extremo, a través de métodos disponibles, para la protección del sistema de agua potable.
- Valorar la sostenibilidad de las soluciones propuestas, mediante análisis de impacto ambiental para la selección de alternativa con intervenciones menos invasivas que protejan la infraestructura y ecosistema existente.
- Diseñar el paquete de soluciones más adecuado para garantizar la seguridad de la infraestructura vial y de conducción de AAPP tomando en cuenta factores de presupuesto, cronograma y mantenimiento.

Capítulo 2

2. Materiales y métodos

2.1 Revisión de literatura

Los sistemas de drenaje de aguas pluviales suelen tener un denominador común relacionado a la insuficiencia de la operación hidráulica. Al no tener una expansión urbana que marche a la par de la planificación del uso del suelo, el crecimiento descontrolado y desordenado de superficies impermeables es inevitable. De esta manera, se produce lo que se pretende evitar, inundaciones (Acosta, 2000; Ramírez et al., 2021). A consecuencia de las lluvias, naturalmente ocurre un proceso llamado infiltración. Parte de esta agua infiltrada constituye el caudal de los ríos y arroyos que conforman una cuenca hidrográfica o, en otros casos, también alimenta a los acuíferos, que son fuentes de agua subterráneas usados en muchos casos para consumo humano (Eisenkölbl, 2024). Sin embargo, los excedentes suelen acumularse en áreas de poca altitud donde la evacuación es complicada y el nivel de peligro depende de la intensidad, ocurrencia y duración de la precipitación (Maskrey, 1993).

A esto se añade que, por consecuencia del incremento de gases de efecto invernadero en la atmósfera y el consecuente calentamiento global, el ciclo hidrológico del planeta cambia conforme pasa el tiempo (Danckers y Feyen, 2008). Un clima más cálido produce un mayor contenido de humedad atmosférica y una precipitación media global mayor. La intensidad de los eventos de lluvia está estrechamente relacionada a la humedad en la atmósfera. Esto resulta en una precipitación extrema que aumentará más rápido que la precipitación media global, la cual está limitada por el balance energético de la tropósfera (Hegerl et al., 2007). Aunque las proyecciones de estas precipitaciones extremas son menos consistentes en comparación con las

de temperatura, la intensidad está proyectada a incrementar en la mayoría del territorio de la Tierra, especialmente en latitudes medias y altas (Meehl et al., 2007).

En Ecuador, las precipitaciones presentadas en los años 1982-1983 y 1997-1998 corresponden a eventos extremos de El Niño que afectaron considerablemente a la economía del país por daños a la infraestructura vial. De este modo, la agricultura producida en la costa centro y sur del país se vió afectada (Gálvez, H., y Regalado, J., 2009). Según la evaluación realizada por (Frontuto et al., 2020), la combinación de ubicación de la costa ecuatoriana, la corriente fría de Humboldt, las corrientes calientes del Golfo de Panamá y la oscilación sur del fenómeno de El Niño (ENSO), la vuelven una de las zonas de mayor riesgo hídrico en Latinoamérica. Como estipula el boletín informativo de la secretaría nacional de planificación y desarrollo, los costos globales por pérdidas en inundaciones ascienden a USD 237.9 millones (SENPLADES, 2012).

El estudio hidrológico representa un eje clave en la planificación y diseño de infraestructuras destinadas al control y conducción de aguas pluviales. Esto se debe a que permite cuantificar la relación entre la precipitación, la infiltración y la escorrentía superficial (USACE, 2023). En cuencas pequeñas, el volumen de escorrentía tiende a aumentar y se eleva el riesgo de inestabilidad en los taludes debido a la combinación de pendientes pronunciadas, suelos impermeables y poca cobertura vegetal (Lucas-Borja et al., 2021). En zonas tropicales y semiáridas, como la costa ecuatoriana, este escenario puede ser predominante por la concentración de eventos de alta intensidad en periodos cortos durante la estación lluviosa (Subba et al., 2019).

Para este efecto, es importante estimar caudales de diseño y definir los periodos de retorno más representativos para obras hidráulicas en cuencas rurales (O'Connell y Todini,

1996). Entre los métodos más empleados para estimar la escorrentía directa destaca el método del número de curva (Curve Number – CN) desarrollado por *el Soil Conservation Service* (SCS, 1972). Este modelo relaciona las características del suelo, el uso del terreno y la cobertura vegetal con la capacidad de infiltración del área analizada (Mishra & Singh, 2003). La integración de esta y otras herramientas permiten representar de forma integral el comportamiento hidrológico de la cuenca, optimizando el diseño de obras de drenaje y reduciendo los riesgos por escorrentía superficial (Nastos y Zerefos, 2010).

Diversos estudios han comprobado su eficacia para representar el comportamiento hidrológico de cuencas pequeñas, especialmente cuando se complementa con análisis hidráulicos en software como HEC-RAS. Este permite simular la propagación del flujo a lo largo de cauces naturales o artificiales y evaluar la capacidad de conducción de los sistemas de drenaje o terreno natural (USACE, 2021). Dicho programa integra información topográfica, parámetros de rugosidad y caudales de diseño obtenidos mediante el método CN, facilitando la determinación de niveles de agua, velocidades y zonas de posible inundación (Moriasi et al., 2012). Su aplicación es recomendada para el dimensionamiento de obras de drenaje pluvial y para el análisis del comportamiento hidráulico en tramos críticos de la infraestructura vial (Cunge et al., 1980).

La estimación del tiempo de concentración (T_c) es otro parámetro fundamental. Esto se define como el intervalo requerido para que el flujo superficial generado en el punto más alejado de la cuenca alcance su salida (USDANRCS, 2010). A través de T_c , se determina la duración efectiva de la tormenta de diseño y el instante en que se alcanza el caudal máximo (Perdikaris et al., 2018). Así mismo, las curvas de Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) son herramientas

básicas para determinar la intensidad de lluvia asociada a diferentes periodos de retorno (Teegavarapu, 2012). Estas curvas se construyen a partir de registros históricos o artificiales de precipitación, y se utilizan para definir las condiciones de diseño de las estructuras hidráulicas y pluviales (Koutsoyiannis et al., 1998).

Existen muchas formas de atenuar y controlar parcialmente las inundaciones. Estas pueden ser divididas en dos categorías: medidas estructurales y, las no estructurales (García, 2007). Las intervenciones infraestructurales se refieren a las obras civiles de canalización y estabilización de suelos y taludes que tienen como finalidad modificar el comportamiento del flujo de agua para evitar o reducir los impactos adversos originados por las inundaciones (Wang, L. et al., 2022). Entre las estructuras que existen para su mitigación existen las presas, diques, embalses de retención, etc. Estas actúan como barreras o conducen el flujo excedente durante eventos extremos y protegen áreas vulnerables. (National Research Council, 2013) Este tipo de estructuras destacan porque requieren planificación detallada y múltiples estudios para garantizar su capacidad. Este tipo de estructuras suelen combinarse estratégicamente entre sí para optimizar la mitigación del riesgo de inundación (Kim, K. et al., 2019)

Las medidas no estructurales están basadas en sistemas de alerta y protección temprana basada en la naturaleza. Estas representan enfoques que dependen de procesos ecológicos y gestión del paisaje para reducir el riesgo de inundaciones y restaurar funciones ambientales (Toziopoulou, 2024). Estas soluciones basadas en la naturaleza incluyen prácticas como la restauración de humedales, bosques ribereños e implementación de corredores ecológicos que afectan positivamente a la interacción cuenca-precipitación. (Banco Mundial, 2017). Además, la implementación de esta infraestructura verde permite la distribución de las aguas pluviales con el

fin de aliviar las presiones sobre los sistemas convencionales (Zhang, S., 2024). Regiones con menor desarrollo urbano se ven beneficiadas de estas medidas por su implementación más rápida y económica (Salas Salinas, 2014).

Enfoques tradicionales utilizan predominantemente soluciones de ingeniería, como barreras y diques, para proteger a la población de los costos económicos y sociales de las inundaciones (Kendrick, 1988). Un proyecto reconocido fue realizado en Ahuachapán, donde se implementó la estabilización de un talud erosionado junto al río que separa Guatemala y El Salvador. Se hizo mediante un muro de gaviones, impermeabilización con geotextil y geomembrana, y revegetación para controlar la erosión lo que protegió a la carretera adyacente frente a hundimientos por lluvias intensas (Maccaferri, 2016). En Ecuador se pueden encontrar proyectos como el Sistema de Control de Inundaciones Bulubulu-Cañar que está formado por 12 Km de diques, muros de hormigón y obras complementarias (EPA, 2019); y el sistema de drenaje pluvial en la calle El Oro y Avenida Manta de la ciudad de Montecristi en Manabí que benefició a la comunidad rural (Santana y Loor, 2004).

Además de soluciones comunes, la estabilidad de los taludes representa un factor crítico debido a que pueden intensificar la escorrentía superficial, generar erosión y producir sedimentos que obstruyen cauces naturales o artificiales. Este último puede afectar al funcionamiento de los sistemas de drenaje pluvial (Duncan, 2014; Arbelo y Aroztegui, 2015). Cuando un talud es pequeño y se compone solo de suelo, su análisis es puramente geotécnico. Sin embargo, en extensiones de terreno mayores, la geología variable puede dar lugar a diferentes tipos de suelos con propiedades geotécnicas diversas (Ortigao y Sayao, 2004). Por consiguiente, un estudio geológico resulta esencial para identificar estas distintas zonas y sus factores físicos, lo cual

permite comprender su influencia en las respectivas características geotécnicas (Chowdhury et al., 2009).

La probabilidad de erosión en un área específica está determinada principalmente por cuatro factores: las propiedades del suelo, la cobertura vegetal, la topografía y las condiciones climáticas e hidrológicas (Giráldez et al., 2015). Los aspectos más importantes entre las características del suelo incluyen tipo, espesor y orientación de las unidades litológicas, características de fracturas y fallas en bloques de roca, y la magnitud y orientación de los esfuerzos in situ (Beale y Read, 2014). La cobertura vegetal protege el suelo de la erosión al reducir la energía de la lluvia y la escorrentía, mientras que sus raíces aumentan la cohesión y resistencia del terreno. Su eficacia depende de la densidad, altura y extensión de la vegetación (Federal Highway Administration, 2001). La topografía es esencial para el talud porque define su geometría, siendo la más importante su pendiente, y el perfil del terreno sobre el cual se calculará su estabilidad y se planificará su diseño. El clima es un factor externo sobre el que no se tiene control: en climas húmedos es más común que ocurran problemas de estabilidad y deslizamientos de ladera. En cambio, en zonas semiáridas las lluvias son menos frecuentes pero muy intensas, causando erosión severa. Además, hay períodos de estiaje que dificultan que la vegetación se establezca por la falta de agua (Anderson y Holcombe, 2013).

Analizar la relación entre la escorrentía, la cobertura vegetal y las propiedades geotécnicas del terreno resulta esencial para anticipar los procesos de erosión que pueden comprometer la estabilidad de las infraestructuras hidráulicas y viales (Panagos et al., 2015). En este sentido, el uso de modelos empíricos como la Ecuación revisada universal de pérdida de suelos (RUSLE, por sus siglas en inglés) permite estimar de manera cuantitativa la pérdida de

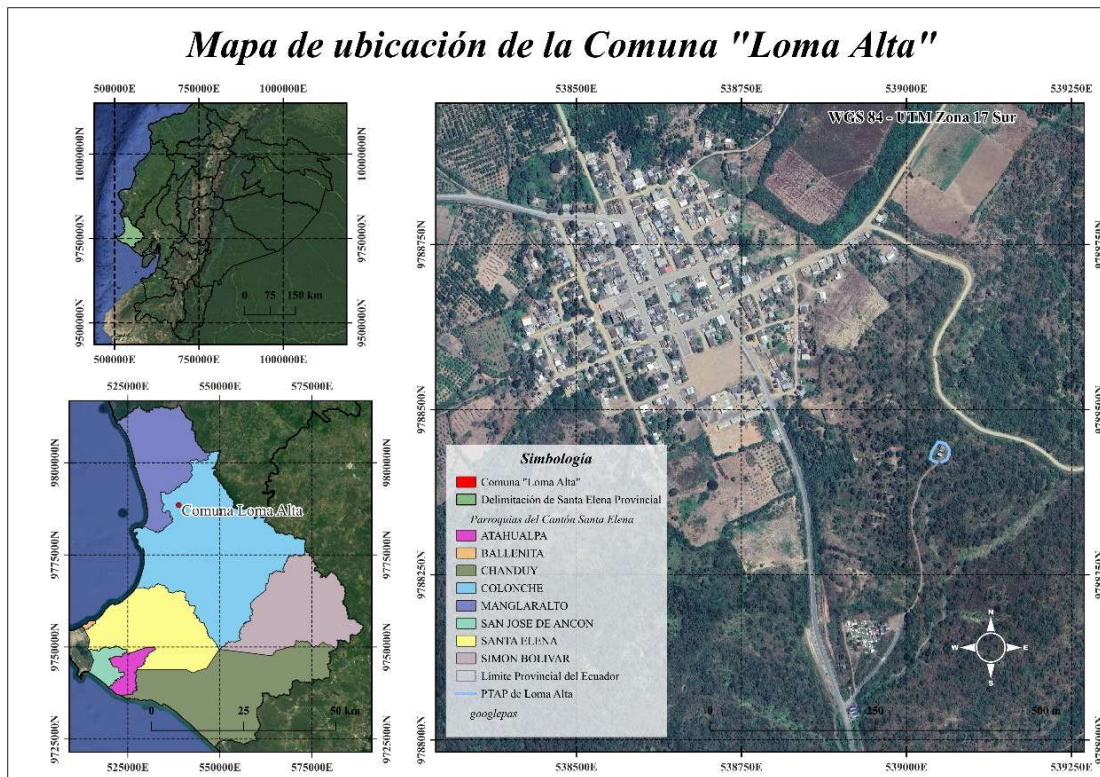
suelo en función de variables como la precipitación, la erodabilidad del terreno, la longitud y pendiente del área, el tipo de cobertura y las prácticas de manejo o conservación aplicadas (Renard et al., 1997). Este tipo de análisis posibilita identificar las zonas más susceptibles como los taludes sin vegetación o las áreas con alta acumulación de escorrentía que aportan sedimentos a los sistemas de drenaje y reducen su capacidad hidráulica, favoreciendo así una planificación más efectiva de medidas preventivas y correctivas en sectores vulnerables como Loma Alta (Ganasri y Ramesh, 2016).

2.1. Área de estudio

La provincia costera de Santa Elena está dividida en tres cantones, el más grande del mismo nombre, seguido de Salinas y Libertad. Dentro del primero, se encuentra la comuna Loma Alta en la parroquia Colonche la cual cuenta con 40058 habitantes según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2022). La comuna Loma Alta se encuentra dentro de las laderas de la cordillera Chongón Colonche (Cacao, 2018) aproximadamente en la coordenada Este (X): 538790.21 y Norte (Y): 9788485.59 y se ubica dentro del área protegida “Reserva Ecológica Comunal Loma Alta”, caracterizada por su alto valor ecológico y variedad de especies de aves (Astudillo-Sánchez, 2019). El río principal de la cuenca hidrográfica en la que está localizada Loma Alta es el río Valdivia-California, a poco menos de 1 km de la comuna. Dentro de esta cuenca se encuentran 4 comunas además de la referenciada en este proyecto: San Pedro, Valdivia, Sinchal y Barcelona (IGM, 2012).

Figura 2.1

Mapa de ubicación del área de estudio (Fuente: IGM)



Este río comienza su recorrido en los cerros Sombrero, Guachineas y La Torre el cual se extiende por aproximadamente 28 km rodeado de relieves colinados. De estos, los primeros 8 km tienen dirección norte a sur para luego torcer al oeste, con una pendiente sumamente fuerte (Medina, Sánchez y Vásquez, 2011). Es un río permanente, con escurrimientos mayores en la época de lluvias de enero a mayo y desde julio a diciembre se presenta un clima seco con pequeñas lloviznas ocasionales que hacen que el río permanezca con un caudal estable (Prefectura de Santa Elena, 2009). Además, la zona presenta una topografía montañosa e irregular con pendientes pronunciadas y pocos valles extensos.

El clima en la comuna Loma Alta puede ser descrito como árido o semiárido, con periodos prolongados de sequía o pocas lloviznas y temperaturas templadas durante los meses secos, y en los meses lluviosos se caracteriza de temperaturas cálidas. La vegetación que cubre la cuenca está constituida por restos de bosques secundarios, frutales, arbustos y pastos naturales, mientras que la fauna silvestre ha ido reduciendo con el paso del tiempo. Actualmente, dentro de la reserva ecológica destacan alrededor de 300 especies de aves (Tomalá, 2013).

El suelo descrito de la Comuna Loma Alta permite a los habitantes vivir de la agricultura como actividad económica principal, así como de la pesca, turismo, artesanía y comercio, aunque no dispongan de muchos recursos económicos (Suarez, 2011). Cuenta con una red vial de entrada suficiente para las necesidades básicas de los habitantes, sin embargo, el drenaje del agua pluvial de este ha demostrado no ser efectivo y ha provocado problemas de desbordamiento ante lluvias intensas. A esto se le añade que la comuna cuenta con su propia planta de tratamiento de agua potable (PTAP) que abastece a la comuna y se extiende por la red vial y se encuentra en la cima de un talud natural con una pendiente pronunciada.

2.2 Trabajo de campo y laboratorio

2.2.1 Topografía

La información topográfica empleada para el presente proyecto fue recopilada a través de un dispositivo *Real Time Kinematic* (RTK) por estudiantes de la ESPOL cursando sus prácticas comunitarias en el mes de abril del 2025. Los datos topográficos disponibles corresponden a la comuna Loma Alta, comprendiendo desde la entrada y abarcando la mayor parte de la comuna, incluyendo su PTAP. También se observa la presencia de cerros y laderas adyacentes relevantes

para el estudio, los cuales, por sus características geomorfológicas y de pendiente, contribuyen al problema de inundación en el área analizada.

Posteriormente estos datos fueron tratados para tener un Modelo Digital de Elevación (DEM, siglas en inglés) que será usado para la modelación hidráulica en pasos posteriores. Las elevaciones van desde los 122 m.s.n.m. en la parte de la planta de tratamiento hasta los 48 m.s.n.m. en la parte del pueblo. El cliente ha confirmado que este punto más bajo es un punto crítico que afecta a la población por inundaciones en épocas de lluvia, afectando el buen vivir de la comunidad. La altimetría fue crucial para identificar estas zonas de acumulación potencial.

Figura 2.2

Toma de datos GNSS. (Fuente: Cortesía de estudiantes realizando prácticas comunitarias.)



Figura 2.3

Toma de datos GNSS. (Fuente: Cortesía de estudiantes realizando prácticas comunitarias.)

**Figura 2.4**

Toma de datos GNSS. (Fuente: Cortesía de estudiantes realizando prácticas comunitarias.)



Figura 2.5

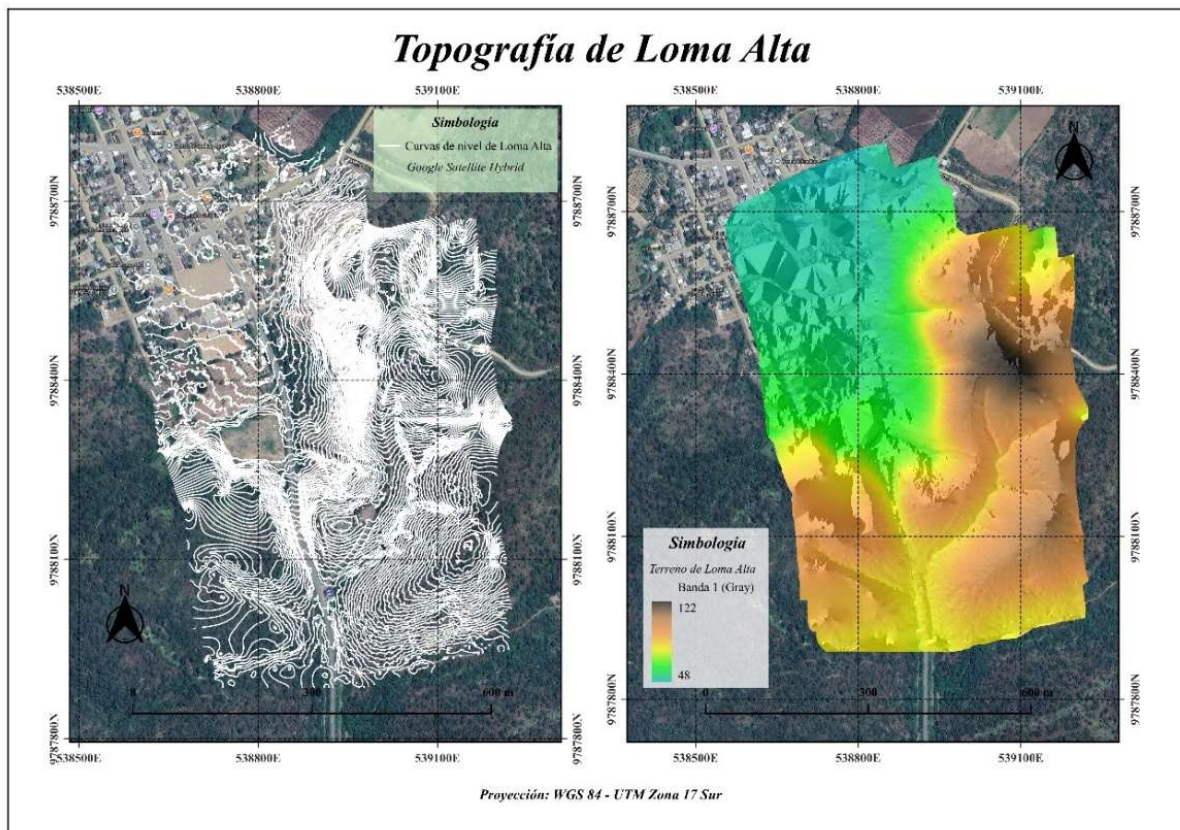
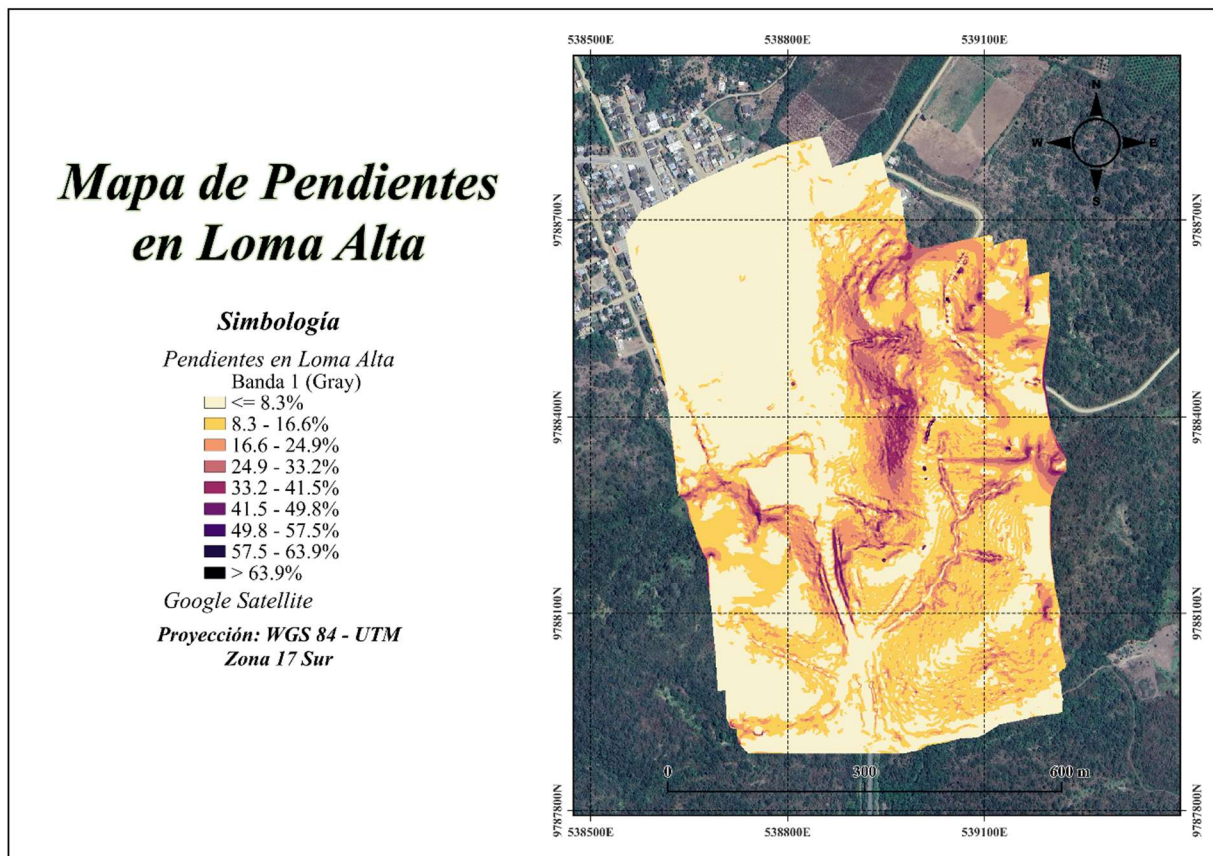
Topografía de Loma Alta.

Figura 2.6

Pendientes del área de estudio.



Por la topografía de Loma Alta, se notan los taludes que delimitan naturalmente al inicio del pueblo, característica de la cordillera Chongón Colonche de la provincia de Santa Elena. Luego de esta barrera natural, se extiende el pueblo a una cota evidentemente menor pero constante, siguiendo de manera homogénea hasta los 48 m.s.n.m., donde se encuentra el río Valdivia-California. El mapa de pendientes es de gran utilidad para determinar las posibles zonas de inundación y taludes críticos. La sombra verde de la Figura 2.6 representa esa zona.

2.2.2 Caracterización geotécnica del terreno

En el estudio de impacto de inundaciones hecho por (Quichimbo-Miguitama, F. et al., 2022) sobre el poco desarrollo que se tiene ante estos eventos extremos, evitaron llevar a cabo un estudio de suelos convencional en su zona de interés. En su lugar, ellos obtuvieron estas características a través de triangulación de información entre fotografías digitales, literatura pertinente, y el manual del *Storm Water Management Model* (SWMM) (Rossman L., 2015). De tal manera, se usó la misma metodología para el presente estudio.

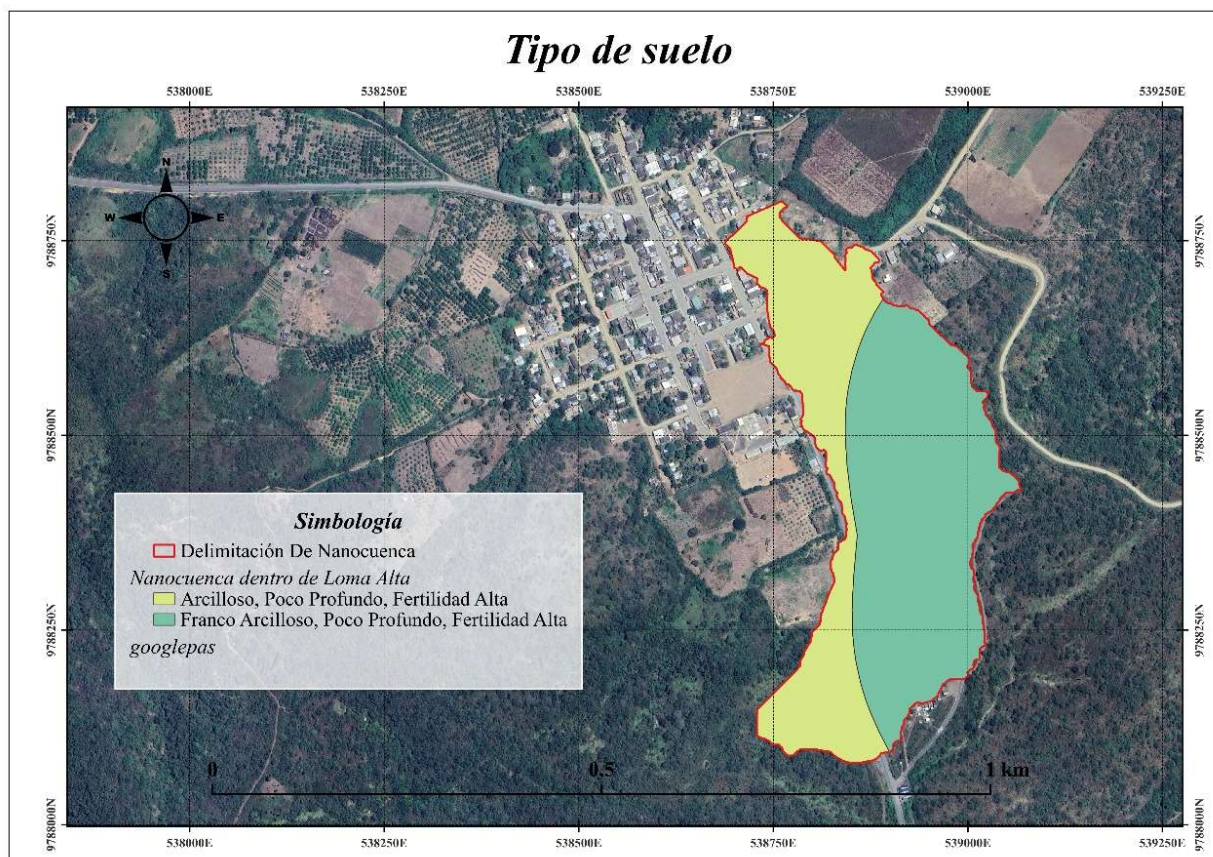
Como parte de la caracterización del terreno, se hizo una comparación de distintas fuentes para determinar con qué tipo de suelo se va a tratar. Se constató datos de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, sigla en inglés), del Geoportal del Instituto Geográfico Militar (IGM), y otras tesis basadas en la zona de interés donde determinan esta característica a través de calicatas, ensayos indirectos y de laboratorio. Así, se hizo una comparación entre las 3 fuentes y se constató que los resultados entre las tres concluyen que en Loma Alta predomina el suelo arcilloso, a pesar de ser obtenidas por diferentes satélites, en el caso de la NASA y del IGM. De este modo, se decidió usar la caracterización propuesta en una tesis de grado de la ESPOL debido a su análisis detallado y variedad de pruebas para caracterización del suelo (Benalcázar & Ramos, 2022).

Según el *Land Data Assimilation System* de la NASA, la zona de estudio cuenta con fracciones de arena, arcilla y limo, repartiéndose en un 0.33 % para la arena, 0.34% para arcilla y 0.33% para limo (NASA, 2025) usando una resolución de 0.25° en latitud y longitud, lo que significa que su área de cobertura es de aproximadamente 27 kilómetros en latitud y longitud. En cuanto al IGM, respecto a la litología, se establece que existe una alternancia de areniscas finas, blandas, parda a grises, con lutitas y arcillas café a café verdosas. Sobre el suelo, detalla que

corresponde a un franco arcilloso poco profundo con fertilidad alta. (IGM, 2015; Zambrano et al., 2016).

Figura 2.7

Mapa de tipo de suelo en Nanocuenca “Loma Alta” (Fuente: IGM)



Según (Zambrano & Tábara, 2024) las muestras que fueron tomadas en la zona corresponden a una primera muestra de grava, seguida de muestra de arcilla inorgánica de plasticidad alta y, por último, muestras de arena bien graduada. Por otro lado, según Benalcázar & Ramos (2022), a través de sondeos eléctricos perfiles verticales se estableció: el SEV 10 determina un perfil que comienza con una capa de arenas con limo de 0.9 metros de espesor, seguida de arcillas compactas y grava con una capa arenosa de 4.85 y 22 metros.

2.2.3 Ensayos geotécnicos del terreno

Para la adecuada caracterización geotécnica del terreno en Loma Alta, se ejecutó tres ensayos de laboratorio en las dos muestras de suelo representativas del sitio, siguiendo los procedimientos establecidos en normas ASTM vigentes. Los ensayos fueron de granulometría para determinar la distribución del tamaño de partículas, límites de Atterberg para evaluar la consistencia y plasticidad del suelo, y de corte directo con el fin de obtener los parámetros de resistencia al corte. Los resultados obtenidos permiten identificar la clasificación del suelo y describir el comportamiento físico y mecánico del suelo.

Se visitó el sitio del proyecto para recoger muestras de suelo, fundamentales para la modelación de taludes al tener una estimación del comportamiento de la falla geológica y diseñar en consecuencia. Además, son necesarios esos parámetros del suelo para la posible reutilización de material en otras partes que pueda necesitarse en la construcción del proyecto de solución. Por esto, representan un insumo técnico esencial para el análisis y diseño de las soluciones de drenaje y estabilidad planteadas en el proyecto. A continuación, la ubicación de cada muestra tomada junto con la descripción del lugar de la cual fue extraída y fotos tomadas en sitio.

Tabla 2.1

Ubicación geográfica de las muestras recolectadas.

Muestra	Ubicación UTM	Descripción
1	538975 E; 9788191 N	Cumbre del talud al lado del cementerio
2	538854 E; 9788355 N	Lado de la vía en el punto más bajo

Figura 2.8

Evidencia de recolección de muestras en cumbre de talud.

**Figura 2.9**

Evidencia de recolección de muestras en punto más bajo al lateral de vía.



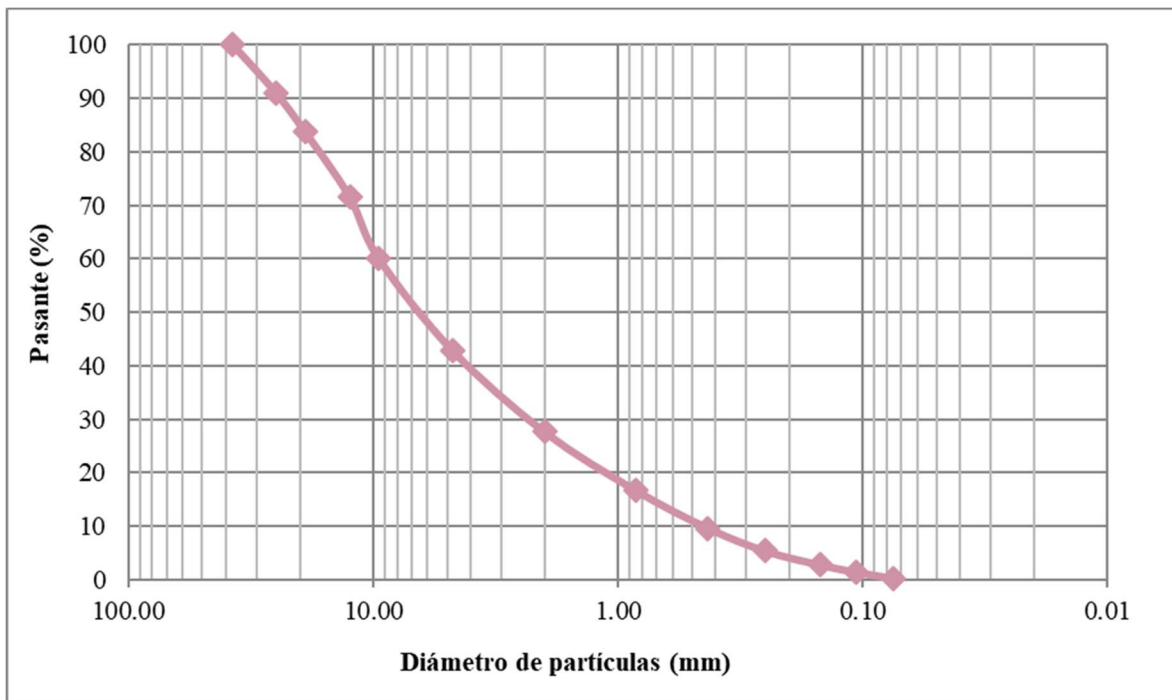
2.2.3.1 Granulometría

Los resultados obtenidos del ensayo de granulometría son los siguientes:

Tabla 2.2

Resultados de ensayo de granulometría para la muestra 1.

No. de Tamiz	Apertura del tamiz (mm)	Retenido parcial (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante acumulado (%)
1 1/2	37.5	0	0.0	0.0	100.0
1	25	75.19	9.0	9.0	91.0
3/4	19	60.98	7.3	16.2	83.8
1/2	12.5	101.63	12.1	28.4	71.6
3/8	9.5	96.83	11.6	39.9	60.1
4	4.75	144.16	17.2	57.1	42.9
10	2	127.48	15.2	72.3	27.7
20	0.85	91.4	10.9	83.3	16.7
40	0.43	59.45	7.1	90.3	9.7
60	0.25	36.01	4.3	94.6	5.4
100	0.15	21.55	2.6	97.2	2.8
140	0.106	11.69	1.4	98.6	1.4
200	0.075	9.72	1.2	99.8	0.2
Fondo		1.91	0.2	100.0	0.0
Total (g)		838.00			

Figura 2.10*Curva granulométrica obtenida.***Tabla 2.3***Diámetros de partícula según pasantes.*

D₁₀ (mm)	D₁₅ (mm)	D₃₀ (mm)	D₆₀ (mm)
0.445	0.719	2.338	9.474

Para la muestra estudiada, por su granulometría se determinó que hay más del 50% de material acumulado sobre el tamiz 4, definiéndolo como una grava. La guía del sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS, estableció 2 condiciones para determinar el tipo de grava a la que pertenece: C_u mayor a 4 y un C_c entre 1 y 3 para poder ser considerada una GW; es decir, grava bien graduada. Los cálculos se muestran a continuación y definen al suelo como una GW.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 21.29$$

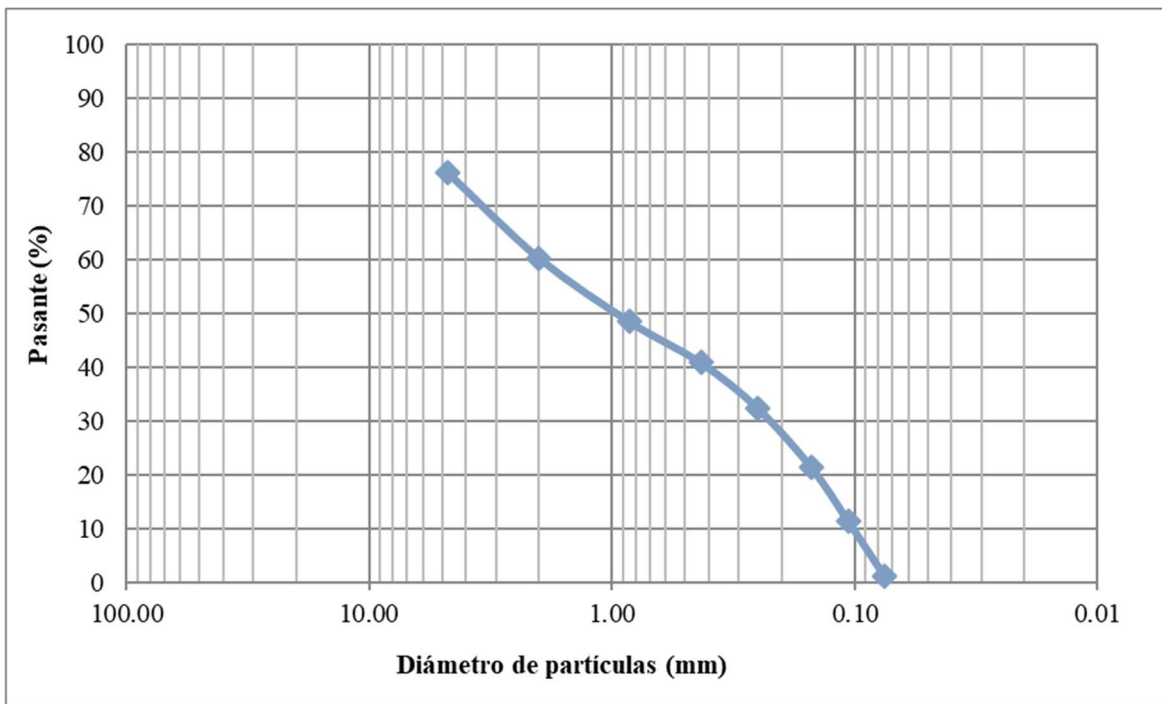
[Ecuación 1]

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = 1.30$$

[Ecuación 2]

Tabla 2.4*Resultados de ensayo de granulometría para la muestra 2.*

No. de Tamiz	Apertura del tamiz (mm)	Retenido parcial (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante acumulado (%)
4	4.75	60	23.9	23.9	76.1
10	2	39.96	15.9	39.7	60.3
20	0.85	29.59	11.8	51.5	48.5
40	0.43	19.29	7.7	59.2	40.8
60	0.25	21.34	8.5	67.7	32.3
100	0.15	27.79	11.0	78.7	21.3
140	0.106	24.92	9.9	88.6	11.4
200	0.075	25.71	10.2	98.8	1.2
Fondo		2.94	1.2	100.0	0.0
Total (g)		251.54			

Figura 2.11*Curva granulométrica obtenida.***Tabla 2.5***Diámetros de partícula según pasantes.*

D₁₀ (mm)	D₁₅ (mm)	D₃₀ (mm)	D₆₀ (mm)
0.101	0.120	0.235	1.962

Esta muestra de suelo, a simple vista, se trata de un suelo con presencia de finos. Debido a esta característica, se lavó el material para poder determinar las características físicas del árido, evitando así errores en los resultados. Luego del lavado, se procedió al secado y al paso por la tamizadora. De esta manera, el suelo presenta una granulometría que retiene menos del 50% del árido en el tamiz 4. Esto significa que el tipo de suelo se clasifica como arena. Además, tiene un

porcentaje de pasante por el tamiz 200 de 1.2%, que es menor al 5%, clasificándose como un suelo Sw o Sp. La clasificación SUCS propone los siguientes parámetros a cumplir: Cu mayor a 6 y un Cc entre 1 y 3.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 8.35$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = 0.28$$

Al no cumplirse el último parámetro relacionado a Cc, se cataloga a este suelo como una arena mal graduada.

2.2.3.2 Límites de Atterberg

Para el ensayo de límites de Atterberg, se probaron las dos muestras con el fin de determinar la compresibilidad y el comportamiento mecánico del suelo de cada uno y poder plantear o no el uso de este tipo de suelo en alguna instancia del proyecto. En la Figura 2.12, se aprecian las 2 muestras con los implementos para el ensayo. La prueba del límite líquido se ejecuta en la cuchara de casa grande con condiciones húmedas del suelo para que se mantenga dentro de los rangos permisibles de golpes por ensayo. Con estos datos se puede crear en Excel una recta de mejor ajuste que debe tener un valor de R² mayor a 0.95 para que sea aceptable.

Por su parte, la prueba del límite plástico consiste en la formación de pequeños tubos cilíndricos a partir de una muestra con poco contenido de humedad. Es necesario tener especial atención durante la formación de estos tubos cilíndricos. Estos no deben ser mayor a 3 mm de diámetro y deben presentar pequeñas grietas en su estructura. Además, es importante reducir al mínimo los desperdicios de muestra. Este ensayo para el límite plástico permite determinar el porcentaje de humedad mínima que debe tener el suelo para no comportarse como un material

frágil. Los resultados obtenidos para estos ensayos, así como los insumos obtenidos, se muestran a continuación.

Figura 2.12

Muestras por ensayar con prueba de Cuchara de Casa Grande.



Tabla 2.6

Datos obtenidos del ensayo de la muestra 1.

Datos	Límite líquido				Límite plástico
No. de Recipiente	21	11	99	36	47
Peso Suelo Húmedo + Recip. (g)	15.85	16.15	16.1	18.5	15.48
Peso Suelo Seco + Recip (g)	13	12.9	13	14.8	13.75
Peso del Agua (g)	2.85	3.25	3.1	3.7	1.73
Peso del Recipiente (g)	6.3	5.91	6.13	6.28	6.06
Peso Suelo Seco (g)	6.7	6.99	6.87	8.52	8.52
Número de Golpes	36	17	26	33	-
Contenido de Humedad (%)	42.5	46.5	45.1	43.4	20.3

Figura 2.13

Curva para determinar el índice plástico de la muestra 1.

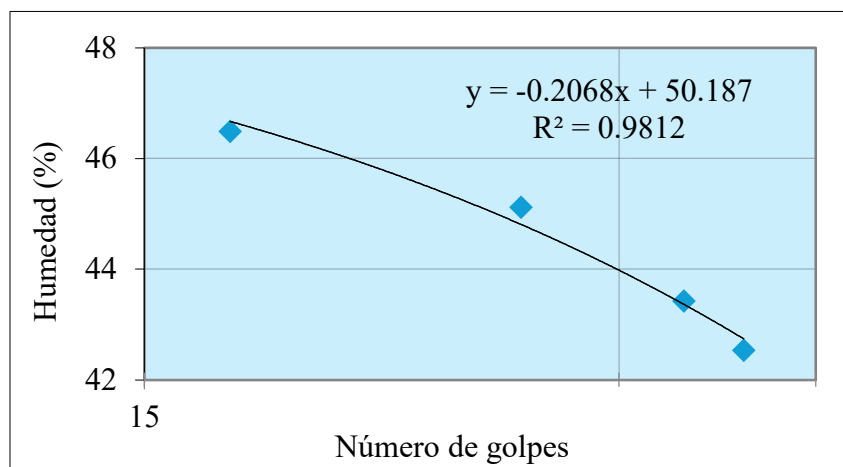


Tabla 2.7*Límites de Atterberg para la muestra 1.*

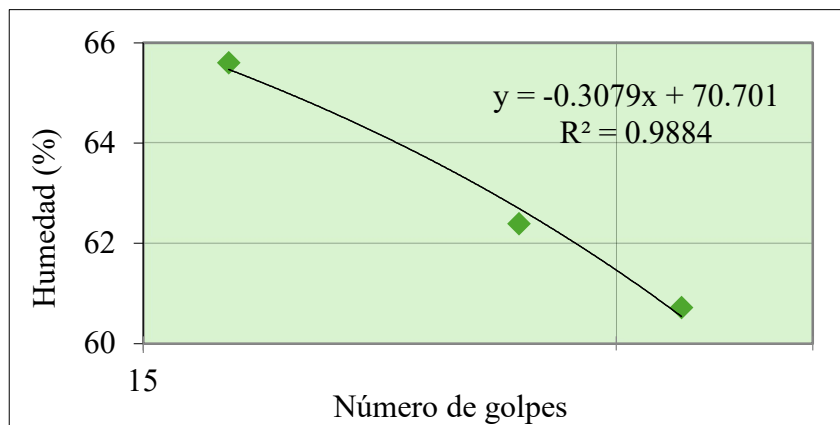
<i>Límites</i>	
45.02	Límite líquido
20.3	Límite plástico
24.71	Índice de plasticidad

Tabla 2.8*Datos obtenidos del ensayo de la muestra 2.*

Datos	Límite Líquido			Límite plástico
No. de Recipiente	37	105	128	38
Peso Suelo Húmedo + Recip. (g)	12.18	11.49	12.67	15.65
Peso Suelo Seco + Recip (g)	9.8	9.4	10	14.13
Peso del Agua (g)	2.38	2.09	2.67	1.52
Peso del Recipiente (g)	5.88	6.05	5.93	6.14
Peso Suelo Seco (g)	3.92	3.35	4.07	7.99
Número de Golpes	33	26	17	-
Contenido de Humedad (%)	60.7	62.4	65.6	19.0

Figura 2.14

Curva para determinar el índice plástico de la muestra 2.

**Tabla 2.9**

Límites de Atterberg para la muestra 2.

<i>Límites</i>	
45.02	Límite líquido
19.0	Límite plástico
25.99	Índice de plasticidad

De esta manera, según la clasificación SUCS, el material de la Muestra 2 corresponde a una arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.

2.2.3.3 Corte directo

Sobre el ensayo de corte directo, este fue necesario para poder determinar las propiedades de cohesión efectiva y ángulo de fricción interna de las muestras. El ensayo consiste en un

primer paso de compactación de la muestra en una caja cuadrada de 20 mm de profundidad, simulando así las condiciones de terreno. Luego de conformada la muestra, se lo monta en el equipo de corte directo de la Figura 2.15, donde se le aplicarán esfuerzos del 100%, 200%, y 50% de su esfuerzo vertical en la caja. Con las propiedades de los estratos en la base del talud (Muestra 2) y la corona del talud (Muestra 1), se puede correr el modelo con el software Slope/w para verificar la estabilidad de los taludes críticos. A continuación, los resultados.

Figura 2.15

Equipo de corte directo.



Figura 2.16

Resultados de envolvente de cortante para la muestra 1.

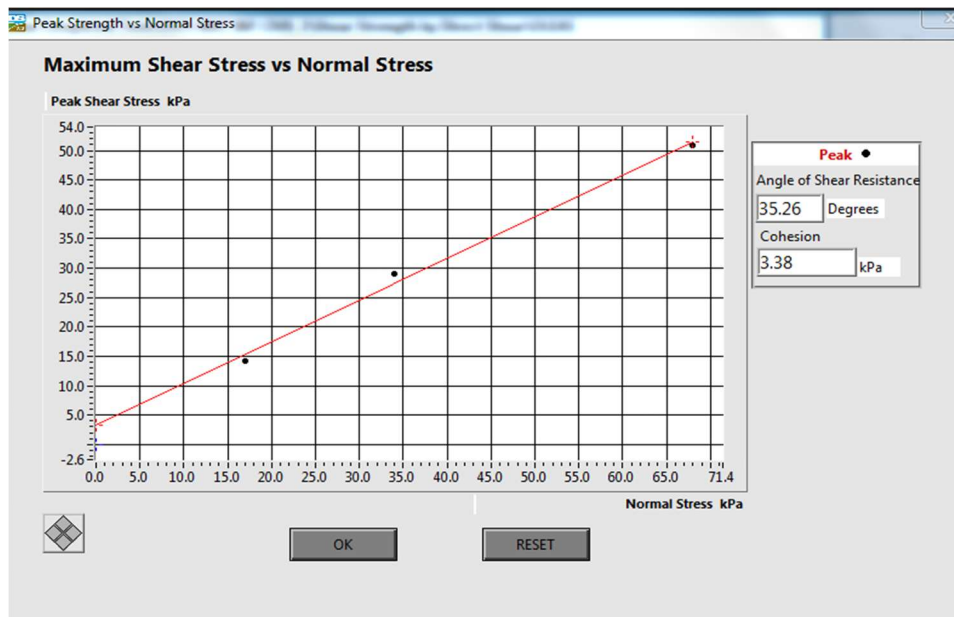
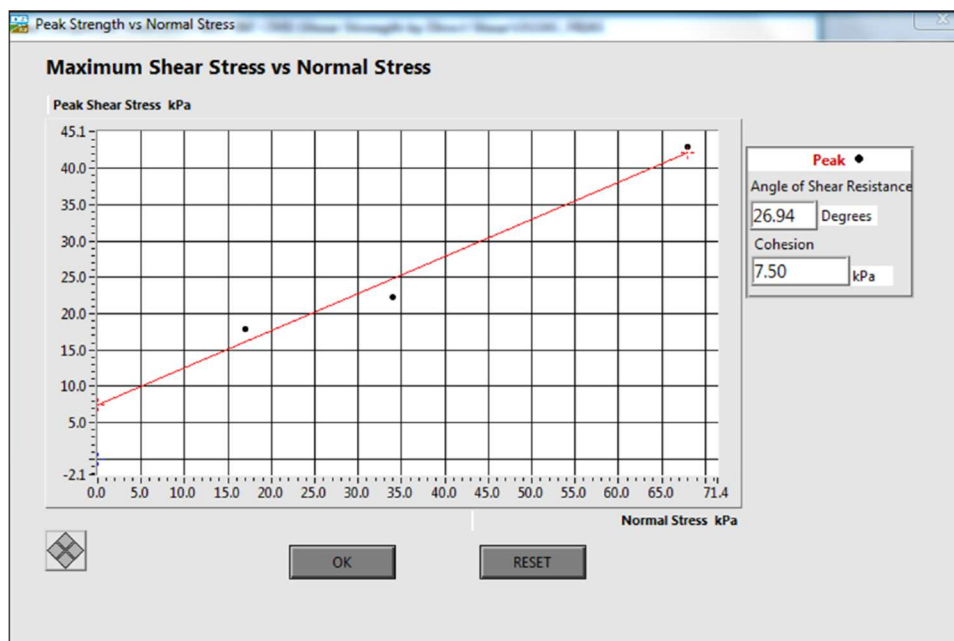


Figura 2.17

Resultados de envolvente de cortante para la muestra 2.



2.3 Análisis de datos

2.3.1 Precipitación

G. Rivard (1996), propone una metodología para tratar los datos de lluvia. En ese apartado, propone un modelo de precipitación para proyectar las lluvias horarias tomando en consideración factores que afectan a la escorrentía, eligiendo un tiempo de tormenta adecuado. Para la caracterización de la zona de estudio se usó los datos pluviométricos del INAMHI. La mayoría de los datos fueron obtenidos de la estación M0245 El Suspiro, que se encuentra a una distancia de 1440 metros de la comuna de estudio (INAMHI, 1994-2013). Se usó la estación M0782 Barcelona para obtener datos faltantes y completar el análisis estadístico.

Tabla 2.10

Estaciones meteorológicas usadas en recopilación de información. Fuente: INAMHI.

Estación meteorológica	Código	Coordenadas UTM WGS84 / UTM 17S	Altitud [m.s.n.m.]	Rango operativo
El Suspiro	M0245	539295.93, 9789988.15	0	1991 - 2013
Barcelona	M0782	535218.04, 9789988.94	0	1991 - 2013

La única estación que proporciona datos faltantes en los años de interés es la estación M0782 Barcelona, la cual al encontrarse a una distancia 3848 metros, menor a 5 Km, se optó por usar directamente este dato para el año 1997, de tal forma que no fue necesario interpolar espacialmente. Es importante recordar que Ecuador se vio afectado en el periodo 1997-1998 por el fenómeno de El Niño (Vos et al., 1999), por lo que tener datos en estos años es muy

importante, debido a que la inclusión de estos datos extremos mejora el análisis estadístico correspondiente.

Dado que el INAMHI presenta un método para creación de curvas IDF que se ve afectado por la escasez de estaciones, se decidió basarse en la normativa peruana del Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú (MTC), que presenta condiciones meteorológicas similares a nuestra zona de interés (Lima, reducida pluviosidad). Esta metodología además es útil para predecir el comportamiento de la lluvia en tiempos menores a 24 horas por el método de Dick-Peschke (MTC, 2012).

$$P_d = P_{24h} \cdot \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} [mm]$$

[Ecuación 3]

Donde:

- P_d = altura total de precipitación, [mm]
- d = duración en minutos, [min]
- P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas, [mm]

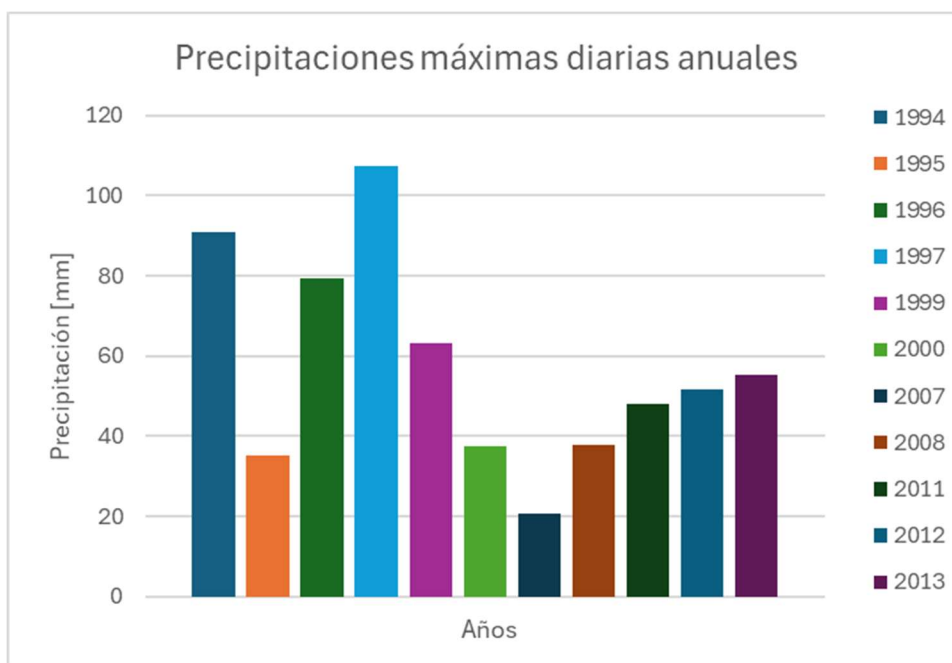
La falta de datos representó un desafío grande y remarca la poca preparación que tiene el país ante posibles eventos hidrológicos extremos, sobre todo en la provincia de Santa Elena, hay carencias de estaciones meteorológicas y datos en ellas. De tal modo, se caracterizó la zona de estudio con únicamente 11 datos, aunque suficientes para ejecutar un análisis de extremos hidrológicos adecuado.

A continuación, se presenta una gráfica de barras con los datos de precipitación máxima anual con los que se trabajó. Como se observa en la Figura 2.18, solo están tabulados los 11

datos con los que se trabajó, donde la máxima precipitación registrada fue la de 1997 con 107 mm, correspondiente al periodo donde se desarrolló el fenómeno de El Niño. A su vez, el valor mínimo de precipitación registrada fue de 21 mm en el 2007.

Figura 2.18

Precipitaciones máximas diarias anuales registradas en M0245 y M0782 (Fuente: INAMHI)



2.3.2 Métodos estadísticos y prueba de ajuste

Una vez tabulados los datos, se procedió a determinar la magnitud y probabilidad de que haya un evento hidrológico (Chow et al., 1988). Esta información es crucial para tomar decisiones en el diseño y recomendar soluciones al problema. Los métodos estadísticos aplicados a los datos usan la frecuencia dada por los periodos de retorno con los que se va a armar la curva IDF, estimando datos de precipitación a través de distribuciones probabilísticas. En el campo de la hidrología, este análisis es aplicable a otras variables climáticas además de la precipitación (Mays, 2011).

2.3.2.1 Gumbel

Según E. J. Gumbel (1958), su función de ajuste de datos basada en la función exponencial sigue una distribución asintótica, ideal para estimar valores máximos. Como lo menciona (Anghel, C., 2024) esta distribución es muy utilizada para proyectar máximas precipitaciones y construir curvas IDF. A diferencia de una distribución normal, donde los datos más próximos a la media tienen más peso, en la distribución Gumbel, estarían en los extremos o colas de la campana de Gauss. Esta distribución sigue la forma de:

$$\Phi(x) = \text{EXP}(-e^{-y})$$

[Ecuación 4]

Donde:

$$y = \alpha_n \cdot (x - \mu_n)$$

[Ecuación 5]

Para Gumbel, se trabajó con el factor de frecuencia K_T para valores extremos (máximos) que responden a la ecuación:

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot \left[0.5772 + \ln \left(\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right) \right]$$

[Ecuación 6]

Donde el valor de T corresponde al periodo de retorno seleccionado. Utilizando el criterio descrito por (Chow et al, 1988), el valor esperado de la variable hidrológica se ajusta a la forma de la Ecuación 7:

$$x_t = \mu + K_T \cdot \sigma$$

[Ecuación 7]

Donde cada valor esperado se obtendrá del factor de frecuencia K_t multiplicado por la distribución estándar y sumado a la media de los datos. Sin embargo, como describen Hosking y Wallis (2005), la cantidad de datos con las que se trabaja debe ser muy amplia para que se justifique el fundamento detrás de una evaluación de extremos. Por esta razón, se sugiere comparar con otras distribuciones.

2.3.2.2 Log-Normal

Según Teegavarapu (2012), la distribución Log-Normal asume una distribución de los datos que se asemeja a una distribución normal, con la diferencia de que usa el promedio de los logaritmos de los datos (variable Y), obteniendo \bar{y} , así como también la desviación estándar (S_y) de estos últimos para armar la distribución que van a tener las probabilidades de no ocurrencia (p) dadas por los periodos de retorno donde $p = 1 - \frac{1}{T}$. Si se aplica la función inversa de la distribución logarítmica estándar con los parámetros descritos, se obtienen las precipitaciones de diseño (Aparicio, 2012). Además, en (Stedinger, J. R et al., 1993) el uso de estas transformaciones logarítmicas es efectivo para quitar el peso elevado que pueden tener los datos aberrantes en ambos polos de la distribución.

$$y_T = \bar{y} + K_T \cdot S_y$$

[Ecuación 8]

2.3.2.3 Pearson III

Por el lado de la distribución estadística Pearson III, esta es descrita como una variante de la distribución gamma que ocupa 3 parámetros y ha sido usada ampliamente en varios estudios de precipitaciones máximas debido a su flexibilidad asociada a distribuciones no simétricas (Anghel, C. G. y Ianculescu, D., 2025). Desde su creación esta distribución ha sido adaptada y modificada por varios autores para distintos usos (Singh, V. P., 1998), esta distribución tiene su función de probabilidad dada por:

$$f(x) = \frac{1}{a \cdot \Gamma(b)} \cdot \left(\frac{x-c}{a}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{x-c}{a}\right)}$$

[Ecuación 9]

Sin embargo, para simplicidad de cálculos se optó por usar las expresiones en (Chow et al., 1988) para obtener el factor de frecuencia K_t .

$$K_T = z + (z^2 - 1) \cdot k + \frac{1}{3} \cdot (z^3 - 6 \cdot z) \cdot k^2 - (z^2 - 1) \cdot k^3 + z \cdot k^4 + \frac{1}{3} \cdot k^5$$

[Ecuación 10]

En esta expresión, toma en cuenta cómo se distribuyen los datos a través del factor k , donde divide la Curtosis o sesgo que tiene la distribución de datos con los que se trabaja.

$$k = \frac{C_s}{6} = \frac{\gamma}{6}$$

[Ecuación 11]

Por otro lado, para la variable z , esta depende de la variable intermedia w , dada por la ecuación 12 y depende de la probabilidad de ocurrencia dada por el periodo de retorno $p = 1/T$:

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{p^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

[Ecuación 12]

De este modo, la variable z representa la probabilidad de excedencia de que un evento con un periodo de retorno se dé. Esta, se describe de la siguiente manera:

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853 \cdot w + 0.010328 \cdot w^2}{1 + 1.432788 \cdot w + 0.189269 \cdot w^2 + 0.001308 \cdot w^3}$$

[Ecuación 13]

2.3.2.4 Log-Pearson III

Como indica (Haan, C., 2002), la distribución Log-Pearson III se ha mostrado como una opción viable para la determinación de frecuencias de inundaciones extremas, así como también para todas las variables hidrológicas. Tal es su uso, que de acuerdo con (Naghavi, B. et al., 1990), esta ha sido usada desde su implementación en 1967 por el *U.S. Water Resources Council* (WRC) para el diseño de su red de drenaje vial.

Esta distribución requiere tratar los datos hidrológicos aplicándoles un logaritmo de una base determinada, por facilidad, se aplicó logaritmo natural a los datos. Se sigue el mismo proceso que se aplicó para la distribución Log-Normal descrita anteriormente. Esta distribución usa el mismo factor de frecuencia que fue estimado por (U.S. Water Resources Council, 1981) para la distribución Pearson III.

2.3.2.5 Prueba Kolmogorov-Smirnov

La prueba de ajuste de Kolmogorov-Smirnov se basa en la comparación de la mayor diferencia para todos los valores n entre la distribución empírica propuesta $[F_n(x)]$ y la distribución estadística aplicada $[F'(x)]$ (Mohd Razali, N., y Bee Wah, Y., 2011). Como propone (Kolmogorov, 1933):

$$T = \max|F'(x) - F_n(x)|$$

[Ecuación 14]

Donde, si T excede el cuantil $1 - \alpha$, dado por la tabla de cuantiles según el nivel de confianza, la hipótesis de que los valores se ajustan queda descartada. La Tabla A.1 en anexos, contiene valores críticos que no deben ser superados por el valor T para que sea considerado una prueba de buen ajuste (Massey, F. J., 1951).

Un método alternativo es hallar esta diferencia máxima, también llamada delta crítico para tener una referencia del valor máximo que puede adoptar T de la ecuación 14. Estos valores pueden ser obtenidos de la tabla aplicándola a la ecuación:

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

[Ecuación 15]

Tabla 2.11

Tabulación de factor k en función de la confianza esperada. Fuente: Stephens, M. A. (1974)

α	0.15	0.1	0.05	0.025	0.01
$k(\alpha)$	0.775	0.819	0.895	0.955	1.035

Así, se obtuvieron los valores de T máximos y el que tuvo mejor ajuste, y por ende el que se empleó para la modelación fueron los datos de precipitación por el método de Log-Normal.

Tabla 2.12

Resultados prueba Kolmogorov-Smirnov para cada distribución estadística.

	Gumbel	Log-Normal	Pearson III	Log-Pearson III
$\Delta_{\text{máx}}$	5.54	2.89	11.92	7.52
Conclusión	<i>Si se ajusta</i>	<i>Si se ajusta</i>	<i>Si se ajusta</i>	<i>Si se ajusta</i>

2.3.3 Periodo de retorno

La elección de un adecuado periodo de retorno es muy importante para el diseño de las estructuras de drenaje que se plantearán más adelante. Como lo describe (Yang, Y. et al., 2019), por el aumento de población y el cambio en el uso de suelo, una estimación incorrecta del periodo de retorno para el que se diseña puede conducir a reboses en el sistema de alcantarillado. Es decir, sistemas ineficientes. Por esta razón, como menciona (Fortunato, A. et al., 2014), la tendencia en la actualidad es escoger periodos de retorno que tengan en cuenta el uso de suelo a

futuro y que sean dirigidos a minimizar inversión y mantenimiento teniendo como parámetro el riesgo de una eventualidad.

Con ese preámbulo, la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) data del 2002, por lo que es seguro decir que está desactualizada. Así, teniendo en cuenta las posibles soluciones que se pueden dar al problema planteado, la normativa indica que se deben estimar las precipitaciones para un periodo de retorno de 100 años y 150 años (MTO, 2002). Estos valores corresponden para el diseño de las cunetas viales y contracunetas que podrían ir sobre la corona del talud, y para el alcantarillado transversal a la vía respectivamente. Sin embargo, a pesar de ser la normativa que rige en el país actualmente, se eligió un periodo de retorno de 50 años por la escala del proyecto y la importancia de la vía a proteger.

2.3.4 Cálculo de factor CN

Como lo especifica el antiguo *Soil Conservation Service* (SCS) de los Estados Unidos (SCS, 1972) para la obtención del número de curva de escurrimiento (CN), es necesario como paso previo asignar valores de tipo de suelo, uso de suelo y cobertura de la zona para poder cuantificar este valor (Chow et al., 1988). Este CN indica el potencial de escurrimiento que tiene el suelo con determinado conjunto de características. Además, (Chow, 1965) indica que es posible ajustar este valor de CN dependiendo de las condiciones previas de humedad.

Tabla 2.13

Estados de valor CN según la condición previa de humedad. Fuente: Chow (1965)

CN (I)	CN (II)	CN (III)
Seco	Normal	Húmedo

Para la clasificación del CN en la nanocuenca dentro de Loma Alta, se usó las mismas tablas que propone (Chow, 1965). Para este efecto, la Figura A.1 en Anexos fue la usada para la caracterización del CN.

Tabla 2.14

Descripción de los grupos hidrológicos del suelo. Fuente: Chow (1965)

Grupo A	Arena profunda, sedimentos profundos, agregados finos
Grupo B	Sedimentos superficiales, franco arenoso
Grupo C	Franco arcilloso, franco arenoso superficial, suelos con bajo contenido orgánico, suelos con alto contenido de arcilla
Grupo D	Suelos expansibles, arcillas plásticas pesadas, ciertos suelos salinos

De tal manera, se asignaron valores de CN a cada polígono obtenido de la subdivisión de la nanocuenca, con información de tipo, uso de suelo y cobertura. Se realizó la interpolación vectorial entre estos valores y el polígono de la nanocuenca de estudio. De esta manera, se obtuvo el valor ponderado de $CN = \frac{8900}{100} = 89$ como se muestra en la Tabla 2.15. Este valor va a servir para el cálculo del tiempo de concentración por el método de Simas.

Tabla 2.15*Obtención de CN ponderado para área de estudio.*

ID	Área [m ²]	Cód.	Suelo	Grupo	Uso	Estado	CN	% Área	Producto
2	81841	C-II- C-2a	Franco arcilloso, poco profundo, fertilidad alta	D	2; Pasture	Poor	89	59.85	5326.79
1	54899	C-II- C-2a	Franco arcilloso, poco profundo, fertilidad alta	D	2; Pasture	Poor	89	40.15	3573.21
Total	136740							Total	8900.00

Tabla 2.16*Descripciones de uso para obtención de CN ponderado.*

1	Superficies, vertientes y encañonamientos de mesetas con matorral seco
2	Relieves colinados medios, localmente asociados con estructuras monoclinales con matorral seco

2.3.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (T_c) es el tiempo que le toma a una gota de agua desplazarse desde el punto más distante de la cuenca hidrográfica hasta la salida de esta (NRCS, 2010). Para el caso de estudio, fue importante la información proporcionada por el cliente para tener una guía sobre cuánto debía ser la duración de tormenta, lo que permitió la correcta identificación de un método que se ajuste a la realidad (Chow et al., 1988). Para el proyecto se optó por probar 3 métodos diferentes que requerían de distintos parámetros obtenidos algunos con ayuda de la herramienta *ArcGreekCalculator* de manejo de información geográfica QGIS.

Tabla 2.17

Características de la nanocuenca obtenidas con ArcGreekCalculator en QGIS.

Área de la nanocuenca	0.14	km ²
Perímetro	2.24	km
Longitud de la nanocuenca	0.73	km
Ancho de la microcuenca	0.19	km
Relieve	73.04	m
Elevación promedio	73.55	m.s.n.m.
Elevación mínima	48.00	m.s.n.m.
Elevación máxima	121.04	m.s.n.m.
Pendiente media de la nanocuenca (grados)	13.59	°
Pendiente media de la nanocuenca (porcentaje)	24.18	%

2.3.5.1 Kirpich

Este método fue desarrollado por Kirpich en 1940 y fue desarrollada usando 7 cuencas rurales de una granja de Tennessee, USA (Perdikaris, J. et al., 2018). Este método estudió cuencas que varían entre 0.004 y 0.45 km², para pendientes bajas, entre 3% y 12%

$$T_c = 0.007 \cdot l^{0.77} \cdot S^{-0.385} \quad [\text{min}]$$

[Ecuación 16]

- T_c = Tiempo de concentración [min]
- l = Longitud del canal desde cabezal hasta salida de la microcuenca [pies]
- S = Pendiente de la longitud hidráulica más larga [ft/ft]

2.3.5.2 Kerby-Kirpich

Años más tarde, Kerby junto con Kirpich desarrollaron una fórmula que estima el flujo superficial del agua además del tiempo que le toma a la gota de agua viajar por el canal principal (Thomason, C., 2019). La estimación de T_c con esta fórmula es aplicable para cuencas que van desde los 0.65 km² hasta los 390 km².

$$T_c = T_{ov} + T_{ch} \quad [\text{min}]$$

[Ecuación 17]

- T_c = Tiempo de concentración [min]
- T_{ov} = Tiempo de flujo superficial [min]
- T_{ch} = Tiempo de flujo de canal [min]

$$T_{ov} = K \cdot (L \cdot N)^{0.467} \cdot S^{-0.235} \quad [\text{min}]$$

[Ecuación 18]

- T_{ov} = Tiempo de flujo superficial [min]
- K = Coeficiente de conversión; para unidades del SI: $K = 1.44$
- L = Longitud de flujo superficial [m]
- N = Coeficiente de retardo
- S = Pendiente de la microcuenca [m/m]

$$T_{ch} = K \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385} \quad [\text{min}]$$

[Ecuación 19]

- T_{ch} = Tiempo de flujo de canal [min]
- K = Coeficiente de conversión; para unidades del SI: $K = 0.0195$
- L = Longitud de canal principal [m]
- S = Pendiente de canal principal [m/m]

2.3.5.3 Simas

En este método desarrollado por Simas en 1996, después del análisis de 116 cuencas rurales pequeñas, desarrolló la ecuación como se ve en (Woodward, D. E., 2010).

$$T_c = 0.0085 \cdot W^{0.5937} \cdot Y^{-0.1505} \cdot S^{0.3131} \quad [\text{horas}]$$

[Ecuación 20]

- T_c = Tiempo de concentración [horas]
- W = Ancho de la microcuenca [pies]
- Y = Pendiente promedio de la microcuenca [ft/ft]

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Luego de realizar el cálculo correspondiente a cada método, se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 2.18

Resultados de tiempo de concentración Tc.

Método	Horas
Kirby	0.20
Kerby-Kirpich	0.31
Simas	0.39

El MTOP establece un tiempo mínimo de duración de tormenta para el diseño de 30 minutos (MTOP, 2002). No obstante, el tiempo de duración estimado por los moradores del sector es de 2 horas. A falta de datos consistentes de duraciones horarias de tormenta, se usa esta duración como parámetro para calibrar el modelo. Así, el hietograma de diseño contempló la precipitación durante 2 horas.

2.3.6 Diagnóstico hidrológico

2.3.6.1 Curvas IDF

En la actualidad, el INAMHI no cuenta con curvas IDF para las estaciones de interés que rodean Loma Alta. Debido a esto, se creó curvas IDF que sean representativas para la zona de estudio. La falta de información pluviométrica en las estaciones meteorológicas escogidas no hizo más que entorpecer el proceso de construcción de estas curvas, las cuales permiten

establecer una relación para obtener la intensidad de lluvia a partir de los parámetros de duración y periodo de retorno.

Una vez que se obtuvo las precipitaciones máximas diarias para cada 5 minutos dentro de 24 horas por medio de la Ecuación 1 de Dick-Peschke, se usó la siguiente fórmula propuesta (INAMHI, 2015):

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \quad [\text{mm/h}]$$

[Ecuación 21]

- I = Intensidad [mm/h]
- T = Periodo de retorno [años]
- T = Tiempo de duración [h]
- K, m, n = constantes de ajustes propias de cada estación

Normalizando la expresión y con un cambio de variable, se obtiene:

$$\log I = \log K + m \cdot \log T - n \cdot \log t$$

[Ecuación 22]

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2$$

[Ecuación 23]

Donde:

$$y = \log I ; a_0 = \log K ; a_1 = m ; x_1 = \log T ; a_2 = -n ; x_2 = \log t$$

Dichas constantes k, m, n se obtienen de realizar una regresión múltiple con los parámetros de intensidad, periodo de retorno y duración con el sistema de ecuaciones propuesto:

$$\sum y = N \cdot a_0 + a_1 \cdot \sum x_1 + a_2 \cdot \sum x_2$$

$$\sum x_1 \cdot y = a_0 \cdot \sum x_1 + a_1 \cdot \sum (x_1^2) + a_2 \cdot \sum x_1 \cdot x_2$$

$$\sum x_2 \cdot y = a_0 \cdot \sum x_2 + a_1 \cdot \sum x_1 \cdot x_2 + a_2 \cdot \sum x_2 + a_2 \cdot \sum (x_2^2)$$

De este modo, se llegó a los valores de los coeficientes K, m y n haciendo uso de la herramienta de regresión múltiple de Excel, arrojando los siguientes valores en la Tabla 2.19, y con los cuales se desarrolló las curvas IDF de la Figura 2.19 aplicando la Ecuación 21:

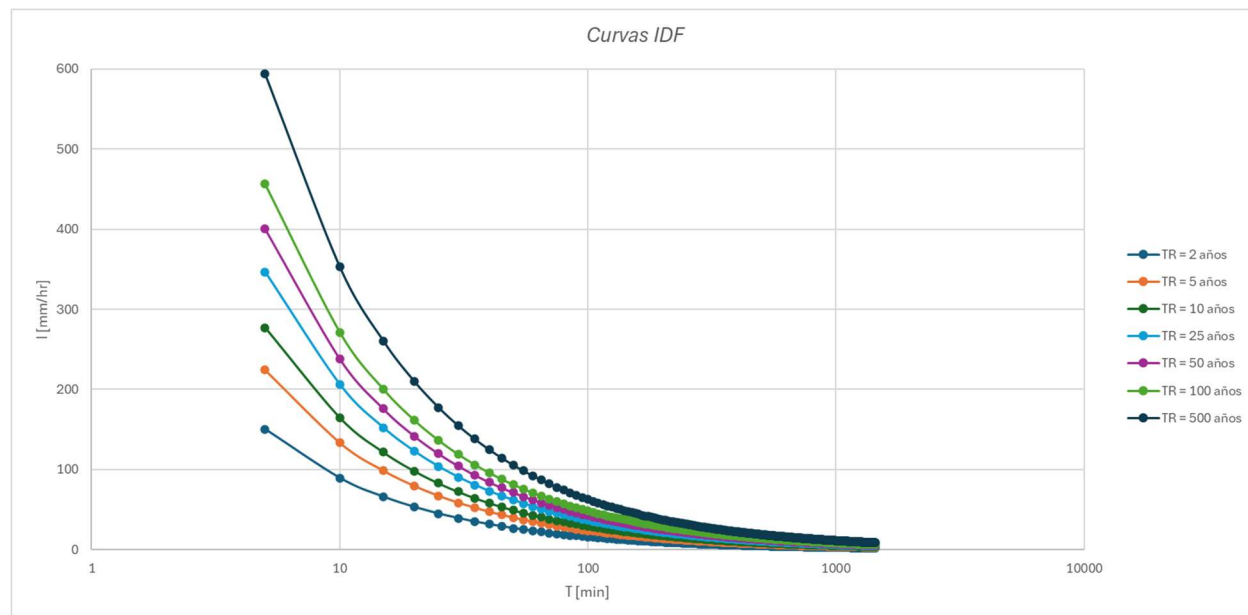
Tabla 2.19

Resultados de K, m y n.

K	m	n	R²
493.23	0.24	0.75	0.99

Figura 2.19

Gráfica de Curvas IDF obtenidas



Para el estudio, el análisis de regresión es apropiado, pues el mismo método es aplicado por (Contreras, J. et al., 2017) para obtener la relación que hay entre las precipitaciones y otras variables climáticas. Así, el mismo proceso se aplicó para determinar los coeficientes k , m , n .

A partir de las curvas resultantes, se procedió a la obtención del hietograma de diseño. Los parámetros de entrada para la creación del hietograma de diseño fueron el del tiempo de concentración, que define la duración de la tormenta, el periodo de retorno para el que se va a diseñar la obra hidráulica, y las intensidades correspondientes a cada intervalo de tiempo dentro de la duración de la tormenta.

2.3.6.2 Hietograma por método de bloque alterno

Un hietograma, es la presentación en una gráfica de los valores de altura de precipitación, dados una duración y un periodo de retorno, como lo muestran (Santra, P., y Das, B. S., 2013).

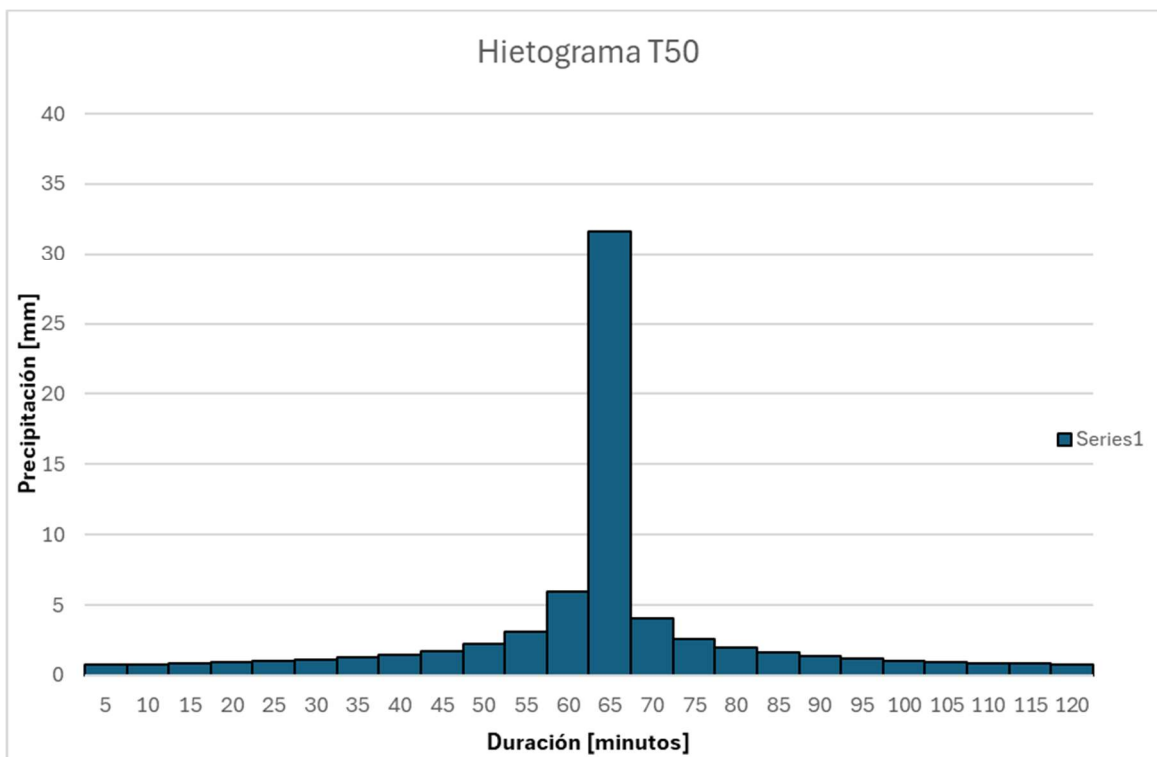
Sin embargo, hoy en día la investigación busca obtener hietogramas confiables que puedan predecir la altura de lluvia, sobre todo para modelación de inundaciones, donde se opta por el uso de datos de tormenta reales (Bui Thi Thu Trang et al., 2018).

Cuando no se posee esta información, se puede hacer uso de un “hietograma sintético”. Varios métodos podrían aplicarse para la distribución de lluvia, tal como lo hacen (Duka, M. et al., 2017) para comparar un mejor método de representación de lluvia. Sin embargo, se aplicó el más común dado por (Chow et al., 1988), que es el método de bloque alterno, que estima una distribución normal de la lluvia, siendo que la máxima lluvia ocurre en el medio de los datos.

Con los hietogramas de diseño, se pudo proceder a la modelación con la topografía que se tiene del sitio del proyecto. Para su construcción, se utilizó la duración de tormenta definida previamente de 2 horas. Esta distribución de lluvia fue hecha para un periodo de retorno de 50 años (Figura 2.20). De esta manera, se pudo determinar a través de la modelación en HEC-RAS una capa de alturas de precipitación que ayuda a determinar los puntos críticos de la zona.

Figura 2.20

Hietograma de diseño $T = 50$ años.

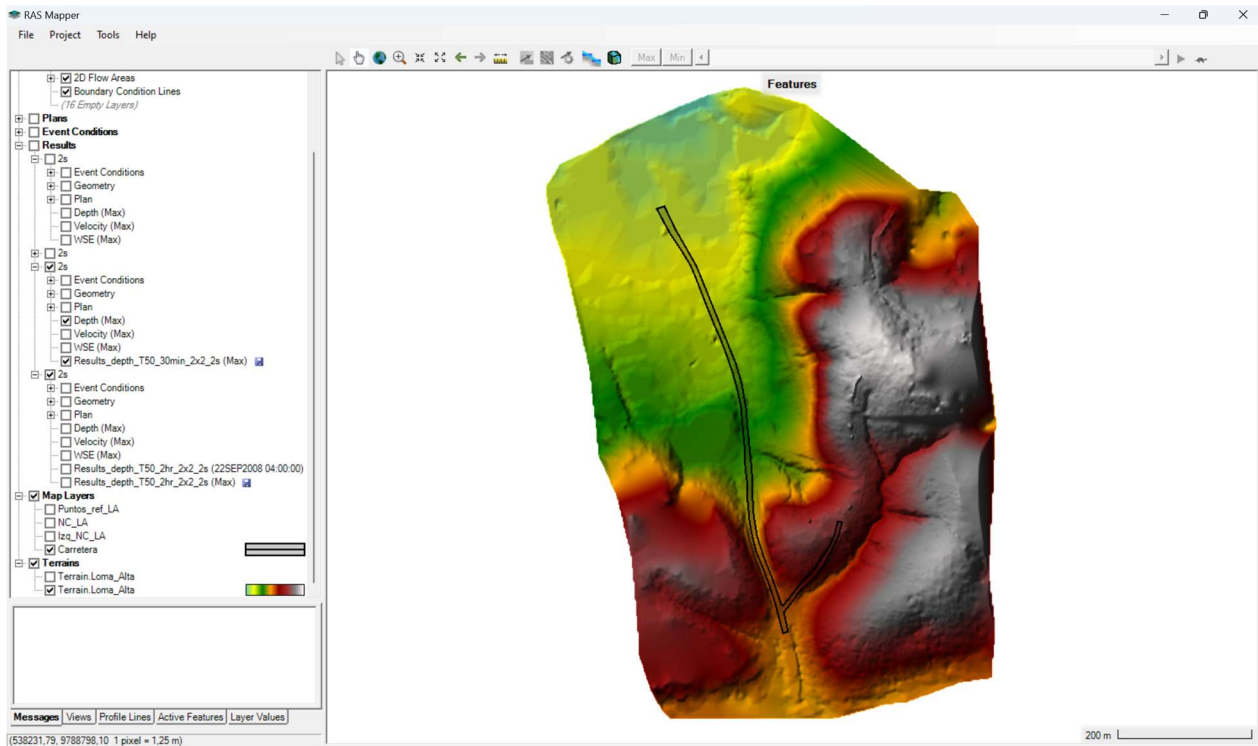


2.3.7 Modelo hidráulico

Para el desarrollo del modelo hidráulico, se hizo uso de la topografía descrita en el punto 2.2.1. Este conjunto de polilíneas fue tratado en Civil 3D y convertido a superficie TIN (*Triangulated Irregular Network*) donde no se identificó errores por falta de datos o mala operación del RTK en la zona de interés. Gracias al detalle del insumo topográfico, se pudo hacer una superficie bien detallada con celdas de 0.5 metros x 0.5 metros. La superficie TIN en la herramienta de geometría de Hec-Ras se ve como en la Figura 2.21.

Figura 2.21

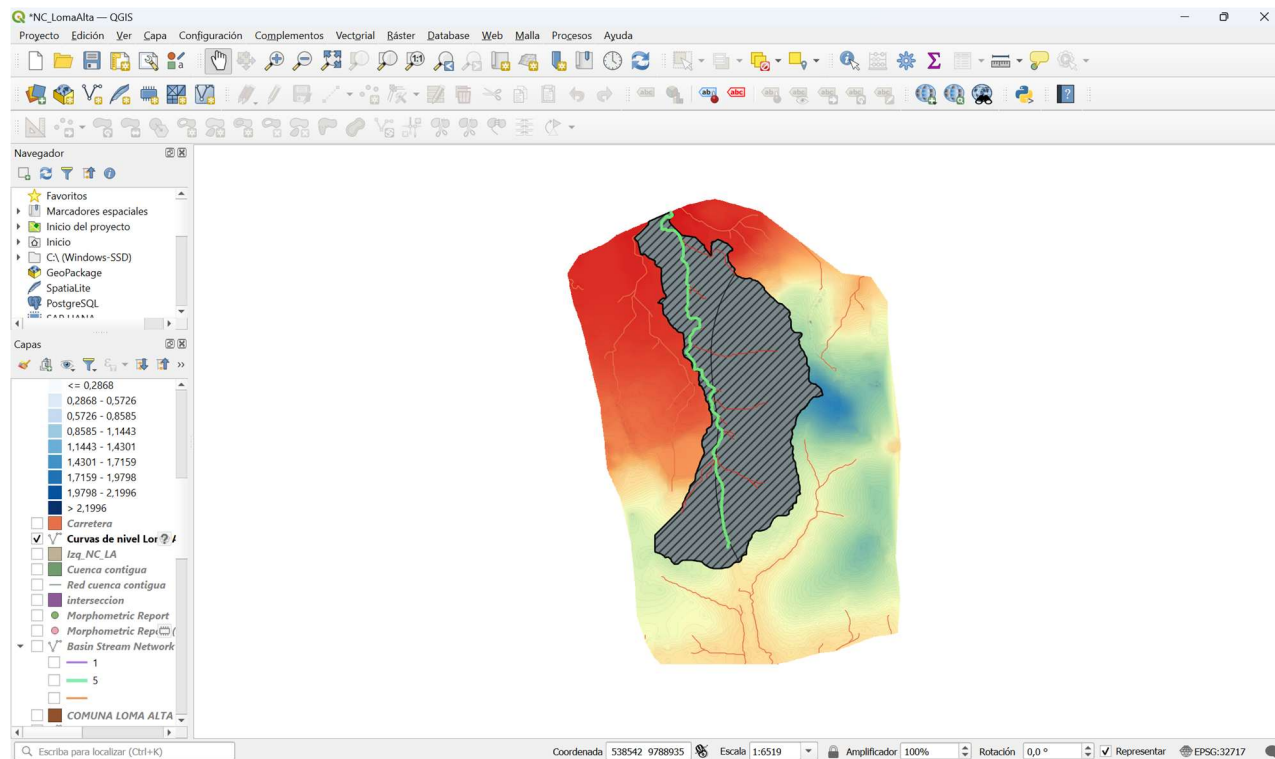
Elevación de terreno de Loma Alta a partir de curvas de nivel



Debido a la escala del proyecto, es suficiente contar con un área de estudio que contribuya a la cantidad de agua que llegará al sitio problemático identificado. Para esta delimitación, se hizo uso de la herramienta ArcGreek Calculator que es un complemento de libre acceso en la aplicación QGis. Esta dibuja las redes por donde el agua va a fluir naturalmente dada la topografía. Así, según la separación de las redes resultó en un archivo que delimita esa cuenca aportante, como se aprecia en la Figura 2.22.

Figura 2.22

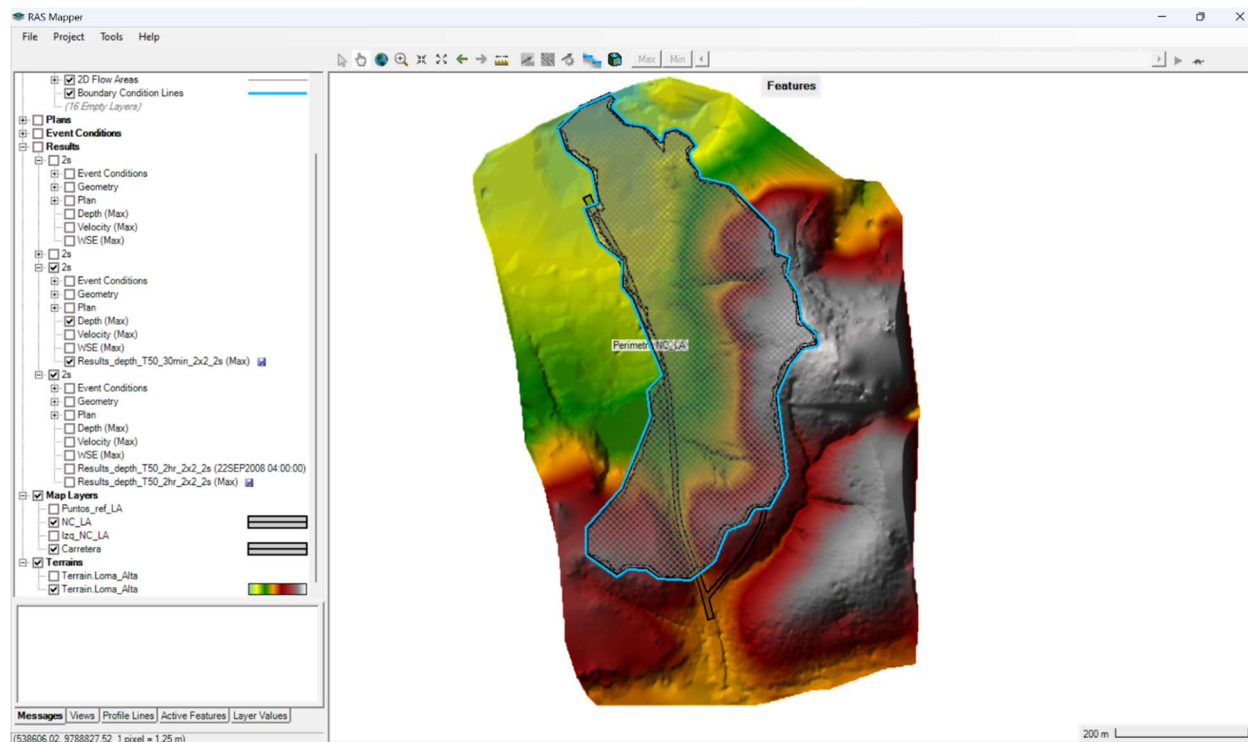
Nanocuenca aportante en QGIS



De esta manera se pudo establecer el perímetro en 2D del área en donde la lluvia va a aportar a la inundación. Este perímetro tiene condiciones de borde de tirante normal, lo que significa que se ingresó una pendiente despreciable $S = 0.003$ para que el agua fluya y descargue hacia afuera del área con la pendiente del terreno natural (perímetro azul en Figura 2.23).

Figura 2.23

Perímetro nanocuenca aportante en HEC-RAS



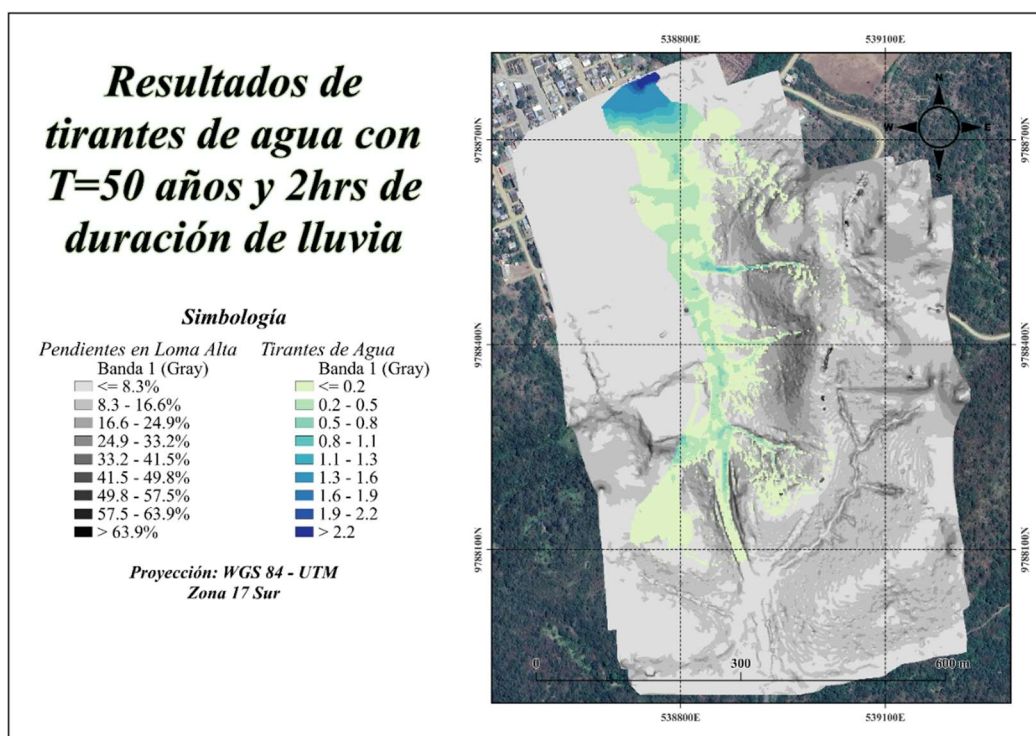
Por temas de capacidad de la computadora y mínima diferencia en los resultados, a pesar de que el TIN de Loma Alta tiene celdas cuadradas de 0.5 metros por lado, el modelo hidráulico se corrió con celdas de 2x2 metros. Como insumo, se utilizó el hietograma de diseño conseguido por el método de bloque alterno para un periodo de retorno de 50 años. Como ecuaciones dentro del programa, se usaron las ecuaciones de difusión de onda. Como último parámetro se ajustó el intervalo de tiempo con el cual el modelo numérico de Hec-Ras funciona.

Para el ajuste del intervalo de tiempo, hay que recordar que este es el tiempo de análisis con el que el programa calcula las variables hidráulicas en cada celda. Con un tamaño característico de celda de 2 metros, es prudente un intervalo de tiempo de 2 segundos para asegurar la estabilidad por el criterio de Courant con límite igual a 1, una relación entre el

intervalo de tiempo y el tamaño de celda. De ser muy alto este valor, el modelo puede tener resultados irreales. Por el contrario, si es muy bajo, si bien se asegura la estabilidad, puede tomar mucho tiempo realizar cada cálculo por celda como indica como indica (Chang, S.-C., 2005).

Figura 2.24

Resultado de modelo en HEC-RAS.



2.3.8 Pérdida de suelo por erosión en taludes críticos

Con las características recopiladas en distintas fuentes, se complementó con la aplicación del modelo empírico RUSLE (Renard et al, 1997). El cual permite estimar la pérdida potencial de suelo por erosión hídrica en los taludes analizados. Esta metodología, cuantifica la tasa media anual de erosión a partir de la combinación de factores climáticos, caracterización del suelo,

topográficos, de cobertura vegetal y de prácticas de manejo (Pandey, S., 2021). La expresión del modelo se define de la siguiente forma:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

[Ecuación 24]

Donde:

- **A** = Pérdida de suelos [ton/ha/año]
- **R** = Factor de Erosividad media anual de las precipitaciones [$\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$]
- **K** = Factor de Erodabilidad del suelo [$\text{Ton} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$]
- **L** = Factor de Longitud de pendiente [Adimensional]
- **S** = Factor de Inclinación de la pendiente [Adimensional]
- **C** = Factor de Uso de suelo [Adimensional]
- **P** = Factor de Prácticas de prevención [Adimensional]

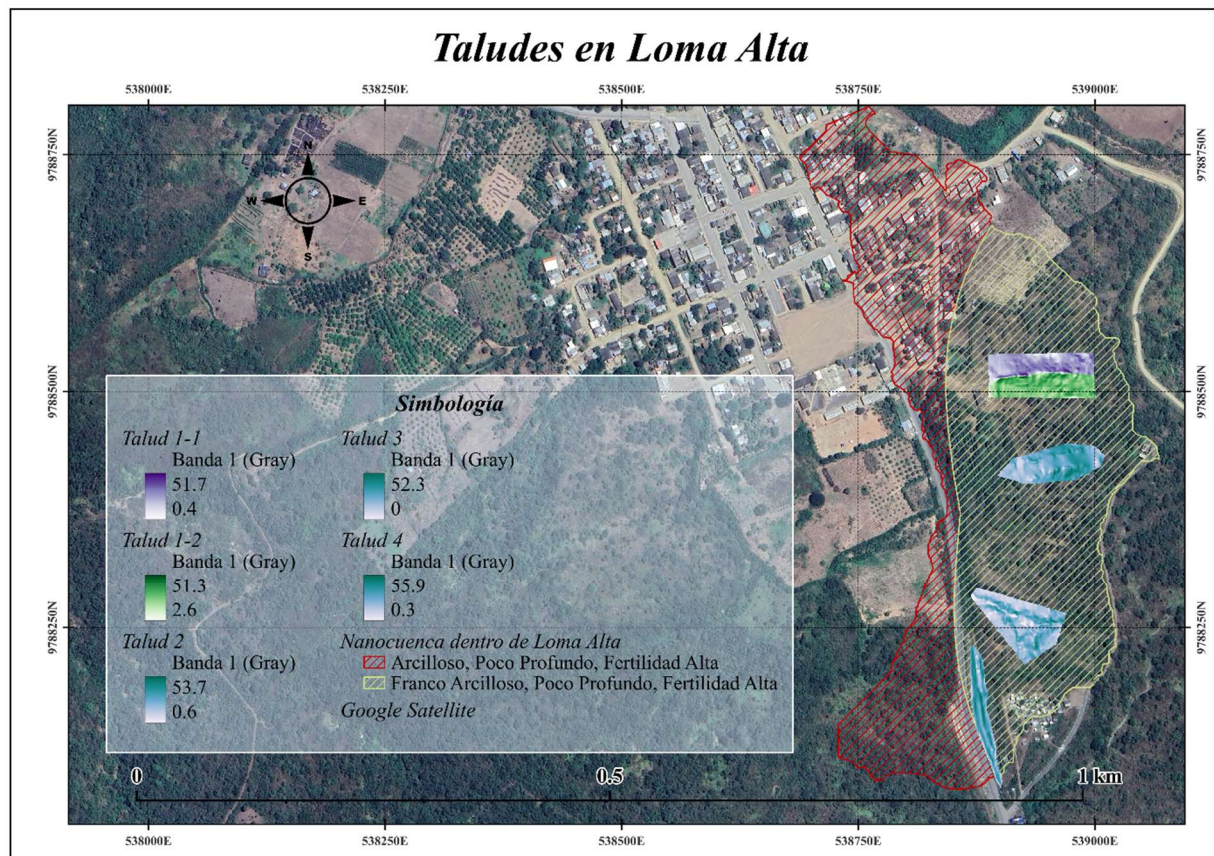
El análisis se enfocó en los cuatro taludes principales que conforman el área de estudio: Talud 1-1, Talud 1-2, Talud 2, Talud 3 y Talud 4. El talud 1 fue dividido en dos debido a la forma en “V” que tiene transversalmente, como se observa en la Figura 2.27. La obtención de los parámetros L y S se realizó mediante el software QGIS, utilizando las herramientas de análisis de pendiente y medición lineal sobre el modelo digital de terreno. Estos valores permitieron calcular el factor LS, que representa la influencia geométrica de la topografía sobre la erosión (Stone y Hilborn, 2000; Brea y Balocchi, 2010).

$$L \times S = \left(\frac{\text{Longitud de la pendiente en [m]}}{22.1} \right)^{NN} \times [0.065 + 0.0456S + 0.006541S^2]$$

[Ecuación 25]

Figura 2.25

Taludes críticos seleccionados para metodología RUSLE.



La longitud de la pendiente se la toma desde el inicio de la escorrentía hasta donde se depositaria el sedimento. El factor NN depende de la pendiente (S) la cual debe estar en porcentaje y toma valores típicos (Wischmeier y Smith, 1978) basados en la siguiente tabla:

Tabla 2.20

Valores de NN. Fuente: (Wischmeier y Smith, 1978)

C	<1	1 ≤ Pendiente < 3	3 ≤ Pendiente < 5	≥ 5
NN	0.2	0.3	0.4	0.5

Con esto, se obtuvo los siguientes valores para el factor LS de cada talud:

Tabla 2.21

Factor LS para cada talud.

Talud	S [%]	Long. Pend. [m]	L	L*S
1-1	26.0	113.7	2.27	12.86
1-2	28.1	113.7	2.27	14.79
2	27.9	116.1	2.29	14.70
3	16.5	104.5	2.17	5.63
4	31.1	18.8	0.92	7.18

El factor R fue determinado usando la información de la estación pluviométrica El Suspiro (M0245) que se encuentra en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Este factor representa la energía erosiva de la lluvia y la escorrentía superficial, es decir, la capacidad de la lluvia para causar desprendimiento y transporte de partículas del suelo (Benavidez et al., 2018). Su fórmula viene dada de esta forma:

$$R = 2.56 \times \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{M_i^2}{P_a} \right)^{1.065}$$

[Ecuación 26]

Donde:

- M_i = Precipitación mensual [mm]

- P_a = Precipitación anual total [mm]

Para el cálculo del factor R se empleó directamente la fórmula presentada en el artículo de Morales-Salazar et al. (2021) donde modeló las tasas de erosión en la microcuenca Río Muchacho en Manabí. Este método estima la erosividad de la lluvia a partir de la precipitación mensual y anual, lo cual resulta adecuado para zonas donde no existen registros de intensidad de lluvia en intervalos cortos. La aplicación de esta fórmula permitió obtener un valor promedio multianual representativo para la zona de estudio. Con esto se extrajo información de precipitación mensual y anual de los años: del 1994 al 2000, del 2003 al 2007 y del 2010 al 2015; completando para los años 1997 y 1996 con datos de otra estación cercana: Barcelona (M0782). Aplicando la Ecuación 2, se obtuvo un R de 263.9 [MJ*mm*ha-1*h-1*año-1].

Los factores K, C y P fueron determinados a partir de información climatológica e investigaciones previas realizadas en la región, considerando la textura franco-arcillosa predominante en la zona de los taludes, el tipo de cobertura vegetal y la presencia de medidas de control superficial mínimas y las tablas proporcionadas por (Roose, 1996; ESA, 2021; Stone y Hilbron, 2000) que se encuentran en anexos.

Tabla 2.22

Resultados de los factores K, C, P y A.

Talud	K	C	P	A [ton/ha/año]
1-1	0.3	0.025	1	25.5
1-2	0.3	0.025	1	29.3
2	0.3	0.025	1	29.1

3	0.3	0.025	1	11.1
4	0.3	0.4	0.8	181.8

Según Ramos (2001); Velázquez (2008) y Ramírez (2010) la clasificación del grado de erosión y pérdida del suelo es la siguiente:

- Muy Baja: Pérdida de suelo entre 0 a 5 t/ha por año. Suelos no susceptibles al proceso erosivo.
- Baja: Pérdida de suelo entre 5 a 10 t/ha por año. Suelos con niveles de erosión bajos y pérdidas tolerables.
- Moderada: Pérdida de suelo entre 10 a 25 t/ha por año. Zonas con procesos erosivos leves.
- Media: Pérdida de suelo entre 25 a 50 t/ha por año. Zonas con pérdidas del suelo poco tolerables.
- Alta: Pérdida de suelo entre 50 a 100 t/ha por año. Suelos con grados de erosión grave
- Muy Alta: Pérdida de suelo entre 100 a 200 t/ha por año. Sitios donde la erosión se aprecia con frecuencia.
- Crítica: Pérdida de suelo mayor a 200 t/ha por año. Zonas con procesos erosivos extremos.

Comparando la clasificación con los resultados del método RUSLE, se puede concluir que los taludes 1-1, 1-2 y 2 entran en el rango de pérdida de suelo Media, el talud 3 entra en la categoría Moderada y el talud 4 se encuentra dentro en la categoría de pérdida de suelo Muy Alta.

2.3.9 Modelo geotécnico de taludes críticos

Para la modelación geotécnica, se utilizó la topografía como insumo para la herramienta de obtención de pendientes de QGis. Así, se determinó los puntos de mayor pendiente y por tanto los taludes más susceptibles al fallo. Estos taludes se pueden ver en la Ilustración 8 con su respectiva numeración. Las zonas con presencia de cargas distribuidas que pueden desestabilizar a los taludes, las longitudes de los taludes y sus pendientes fueron determinadas gráficamente con Civil 3D. A continuación, se detallan los perfiles de los taludes críticos en escala 1:1.

Figura 2.26

Vista en planta: talud crítico 1.

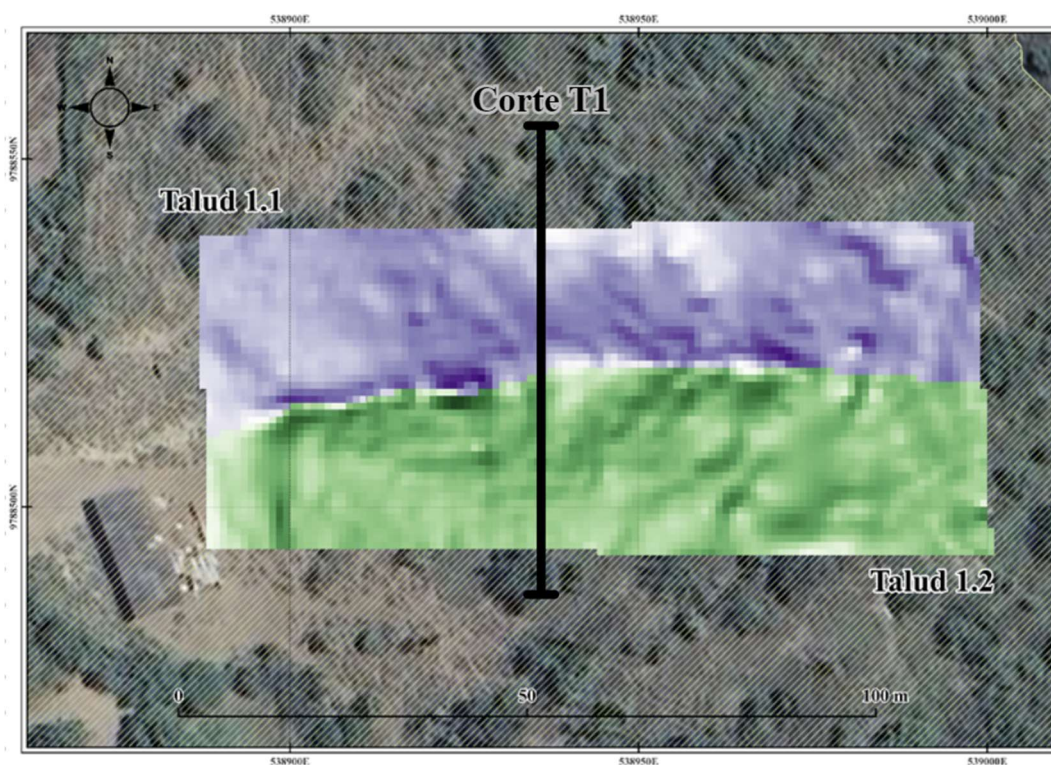


Figura 2.27

Vista en perfil: talud crítico 1.

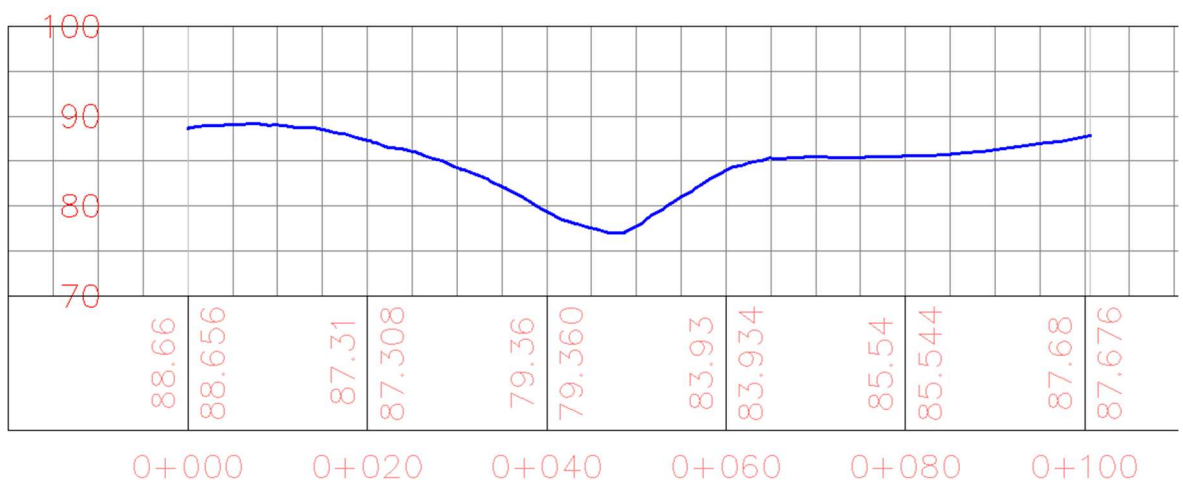


Figura 2.28

Vista en planta: talud crítico 2.

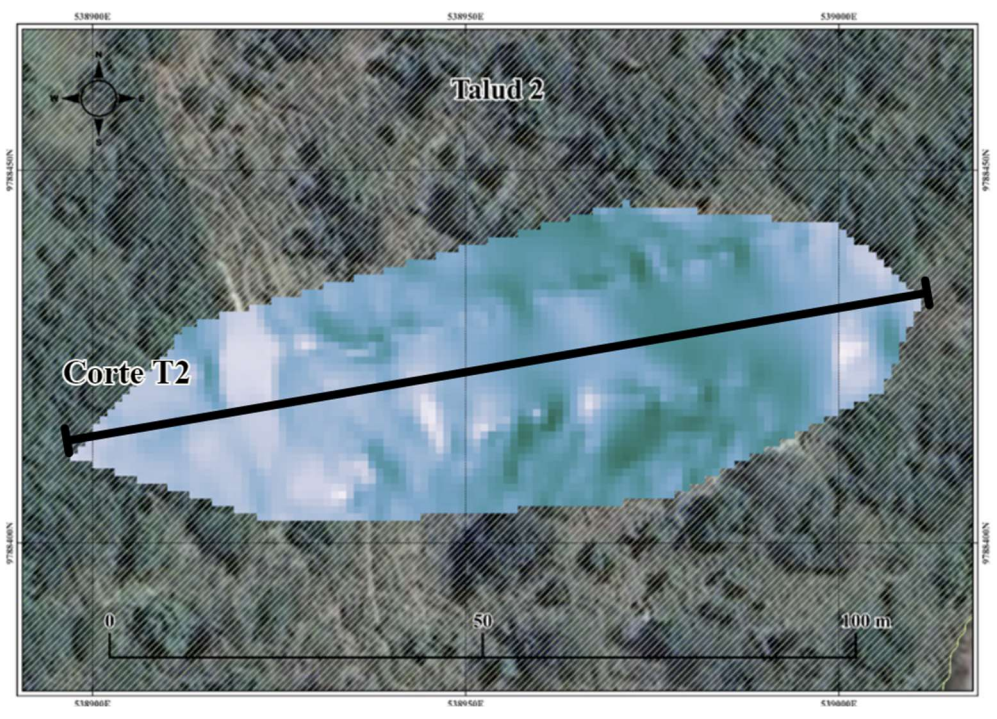


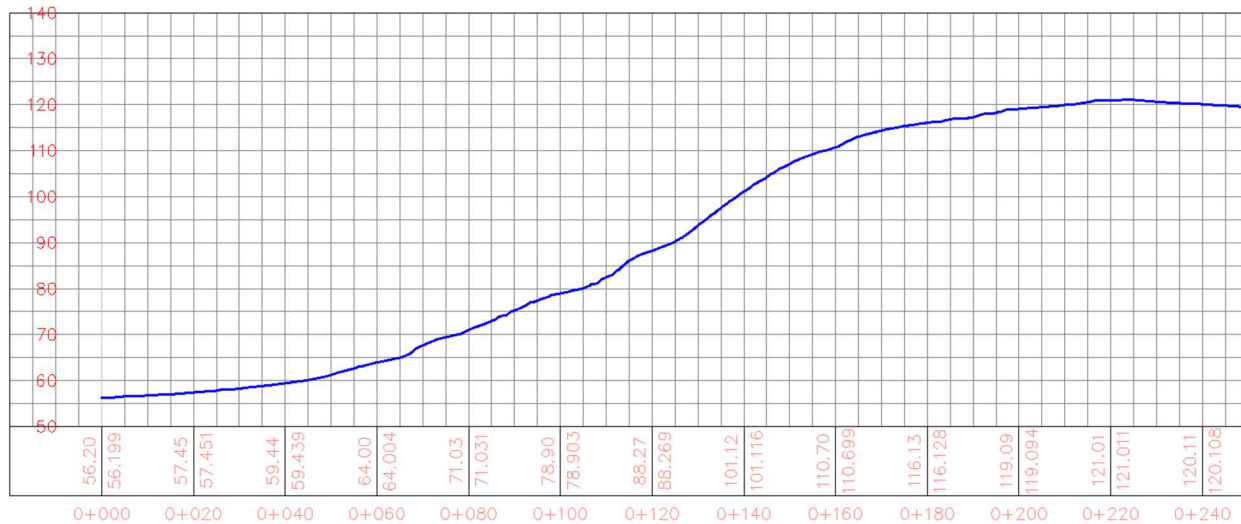
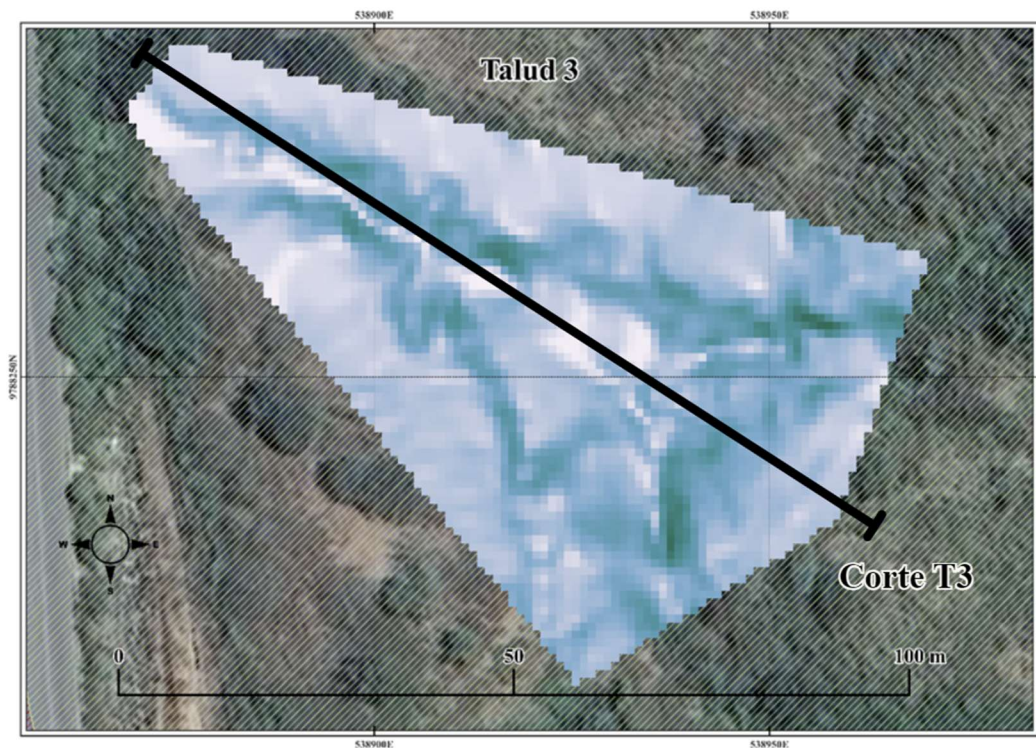
Figura 2.29*Vista en perfil: talud crítico 2.***Figura 2.30***Vista en planta: talud crítico 3.*

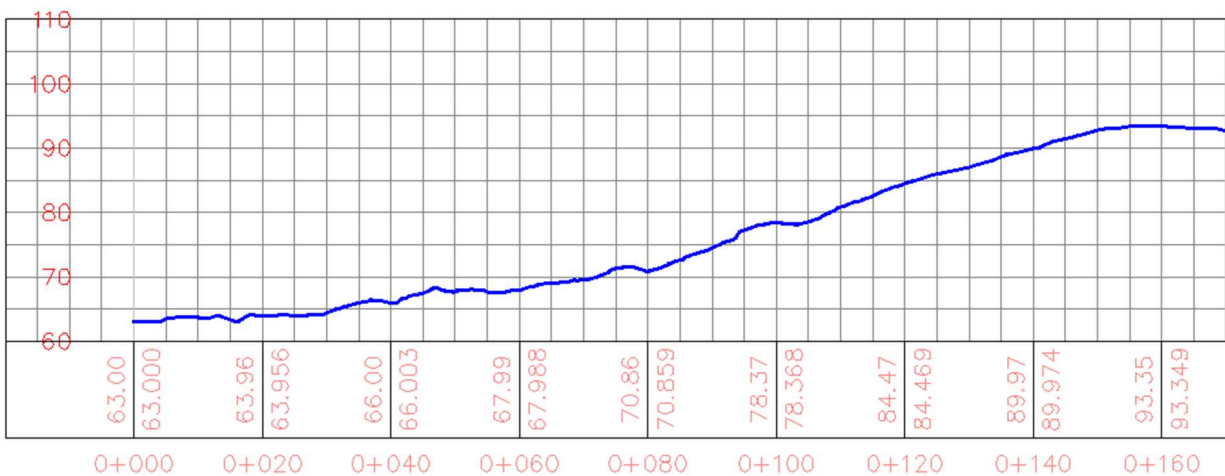
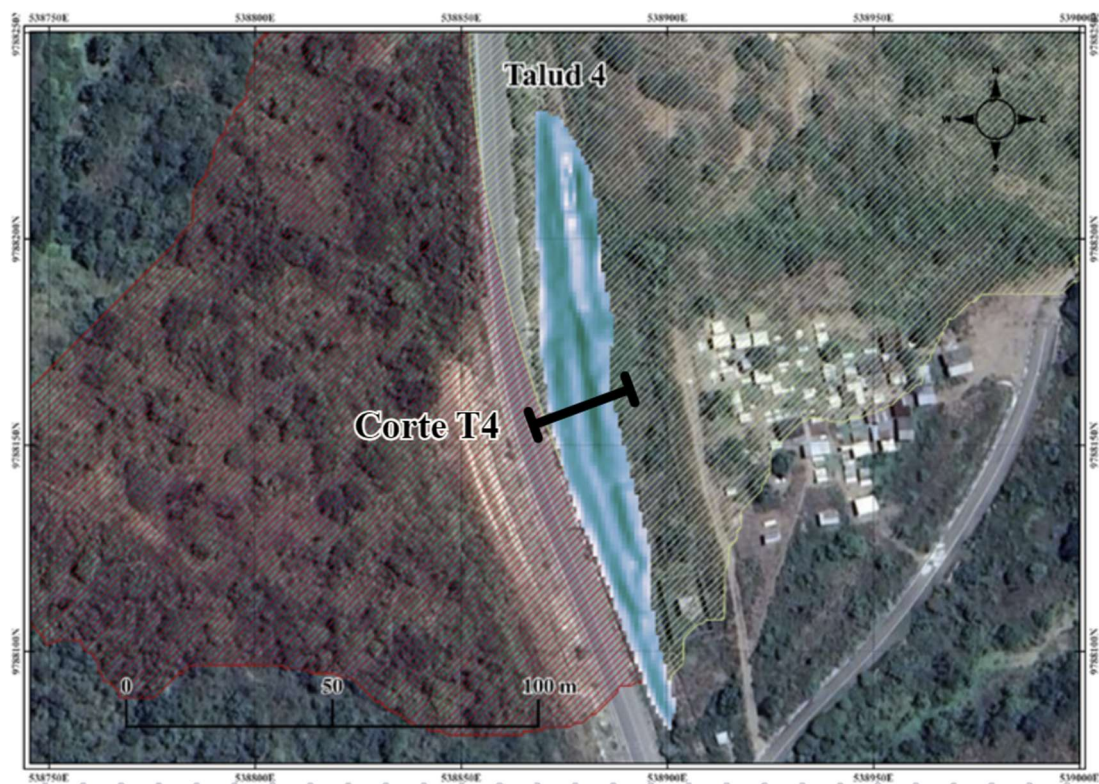
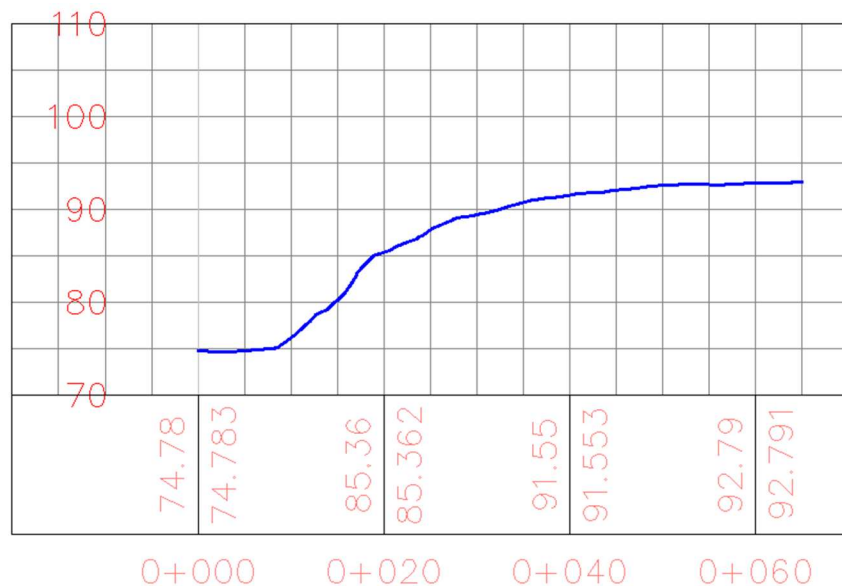
Figura 2.31*Vista en perfil: talud crítico 3.***Figura 2.32***Vista en planta: talud crítico 4.*

Figura 2.33

Vista en perfil: talud crítico 4.



Debido a que no se levantó calicatas para conocer las propiedades del suelo, se hizo una consulta con un experto en el tema. Según el experto consultado en FICT Ing. Danilo Dávila, se pudo determinar un rango sobre el que podrían estar los parámetros de interés para la modelación, basándose en el tipo de suelo que se determinó en el punto 2.3.2 de caracterización geotécnica. Los datos de entrada requeridos fueron el peso específico del material, la cohesión efectiva y el ángulo de fricción interna. Se consideró que por el tipo de suelo el efecto que podría tener la infiltración de lluvia es despreciable. Para el análisis pseudo estático del sismo de diseño, se tomó como guía la norma NEC-SE-DS (MIDUVI, 2015) para la obtención de los coeficientes sísmicos horizontales y verticales. Para el factor de seguridad, se acudió a la norma NEC-SE-GC (MIDUVI, 2015). En este se indican Factores de seguridad para cada condición según la Tabla 2.14.

Tabla 2.23

Factores de seguridad por corte mínimos. Fuente: NEC-SE-GC (2015)

Condición	Diseño	Construcción
Carga muerta + Carga viva nominal	1.50	1.25
Carga muerta + Carga viva máxima	1.25	1.10
Carga muerta + Carga viva nominal + Sismo de diseño	1.10	1.00
Pseudo estático		
Taludes - condición estática y agua subterránea normal	1.50	1.25
Taludes - condición pseudo estática con agua subterránea normal y Coeficiente sísmico de diseño	1.05	1.00

De esta manera, la condición para las simulaciones será la que le corresponde el FS de 1.05 en diseño. Para los parámetros, se usarán los obtenidos en el laboratorio para la muestra 1. Estos corresponden a una cohesión efectiva de 7.50 kPa y un ángulo de fricción interna de 26.94°. Por último, se decidió proponer un nivel freático no tan exagerado, teniendo en cuenta que el cuerpo de agua más próximo está a 850 metros y a casi 10 metros de diferencia en altura. De esta manera, se tomó una posición conservadora al simular una condición de estación lluviosa con un nivel freático que aumenta la presión de poros del suelo, recreando una condición más crítica como indica (Perrone, A. et al., 2008).

Para el modelado, se usó la aplicación *GeoStudio*. En esta, se aplicó el método de Spencer para equilibrio límite considerando esfuerzos efectivos (Spencer, E., 1967). Para la determinación de los factores sísmicos, se procedió como indica la norma NEC-SE-DS

(MIDUVI, 2015). Por la caracterización geotécnica del terreno, el suelo considerado para el diseño es de tipo E según la NEC. Con la Tabla 2.24 se puede obtener el valor de F_a y obtener la aceleración máxima del espectro con la Ecuación 27.

Figura 2.34

Mapa de aceleraciones sísmicas del Ecuador (Z). (Elaboración: NEC, 2011)

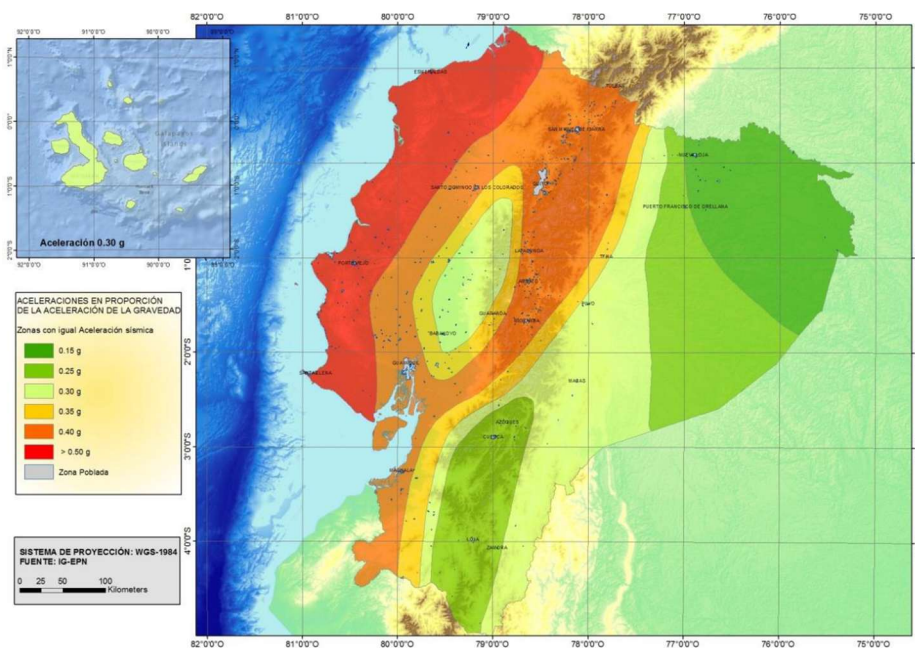


Tabla 2.24

Tabla de coeficientes de aceleración de suelo (F_a). Elaboración: MIDUVI, 2015

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
	Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1

C	1.40	1.30	1.25	1.23	1.20	1.18
D	1.60	1.40	1.30	1.25	1.20	1.12
E	1.80	1.50	1.39	1.26	1.14	0.97

$$a_{m\acute{a}x} = Z * F_a = 0.5 * 0.97 = 0.49$$

[Ecuación 27]

Con este valor se puede obtener el coeficiente sísmico horizontal calculado con la Ecuación 28.

$$E_h = 0.6 * \frac{a_{m\acute{a}x}}{g} = 0.6 * \frac{0.49}{9.81} = 0.03$$

[Ecuación 28]

La misma normativa establece que el coeficiente sísmico vertical debe ser considerado como mínimo de 2/3 del coeficiente sísmico horizontal.

$$E_v = \frac{2}{3} * E_h = \frac{2}{3} * 0.03 = 0.02$$

[Ecuación 29]

Así, se obtuvo un coeficiente horizontal de 0.03 y un coeficiente vertical de 0.02. En específico, para el talud 2, se propuso un valor de carga distribuida de 40 kPa para el área que abarca la PTAP en la realidad. A continuación, los resultados de la modelación.

Figura 2.35

Modelación talud crítico 1.1. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^\circ$.

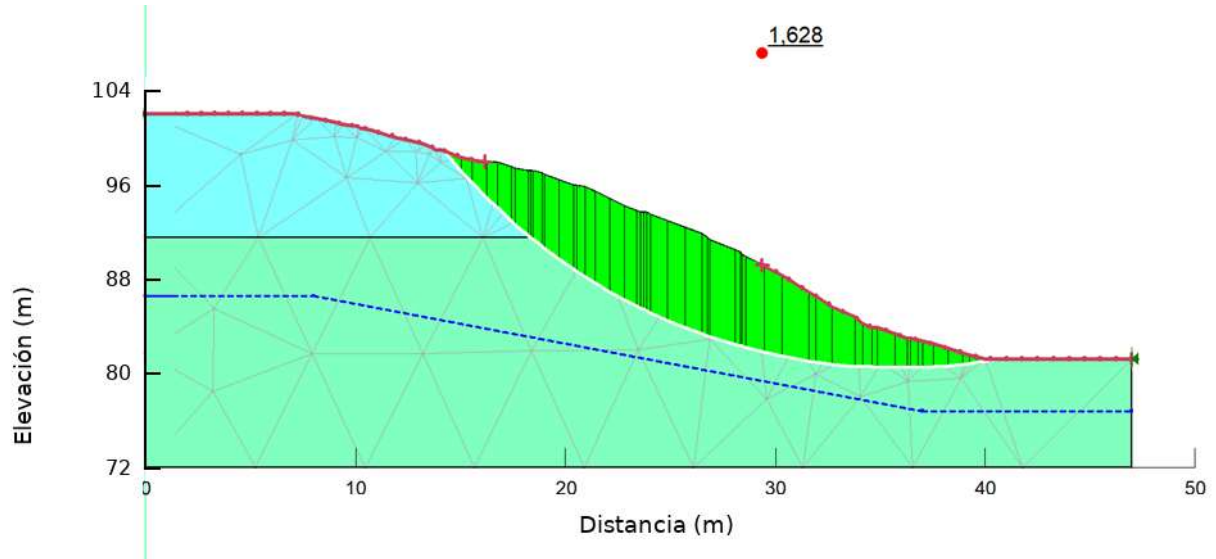


Figura 2.36

Modelación talud crítico 1.2. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^\circ$.

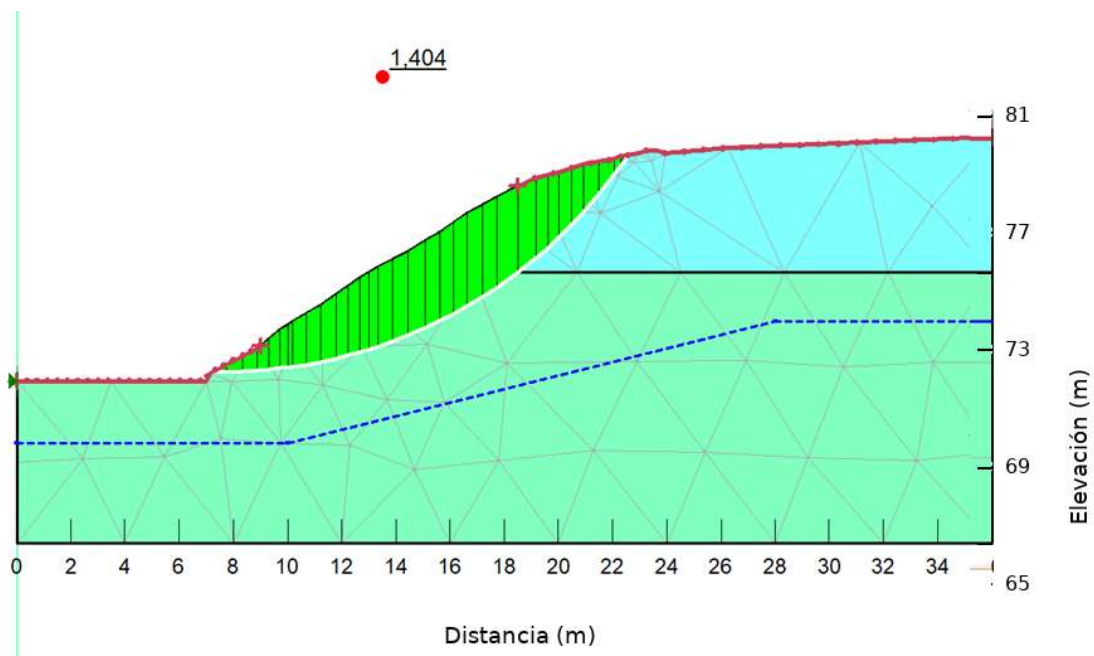
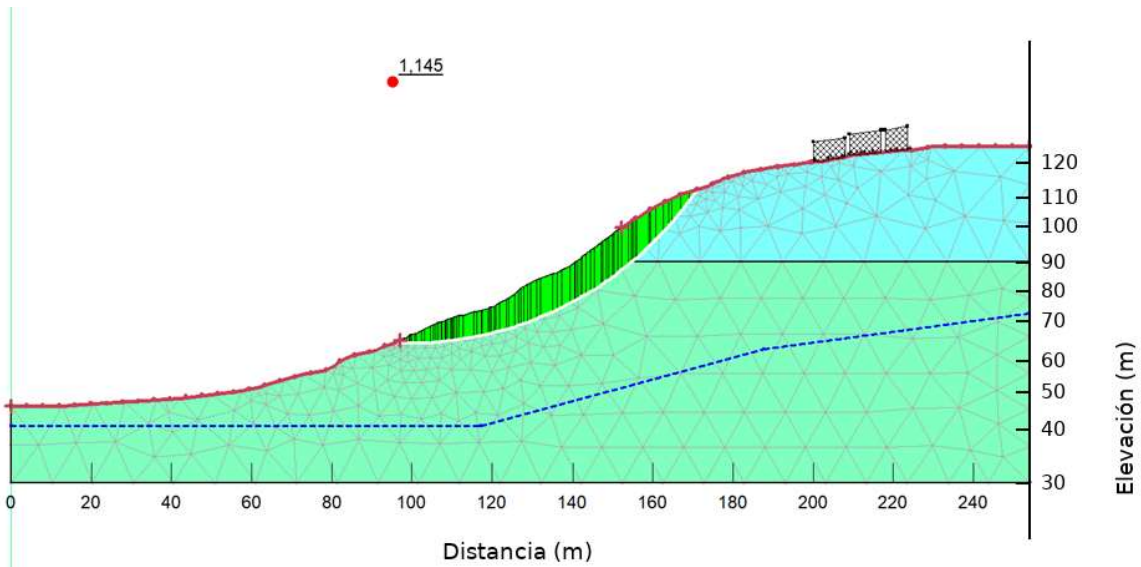


Figura 2.37

Modelación talud crítico 2. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^\circ$. Sobrecarga: 40 kN/m^3

**Figura 2.38**

Modelación talud crítico 3. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^\circ$

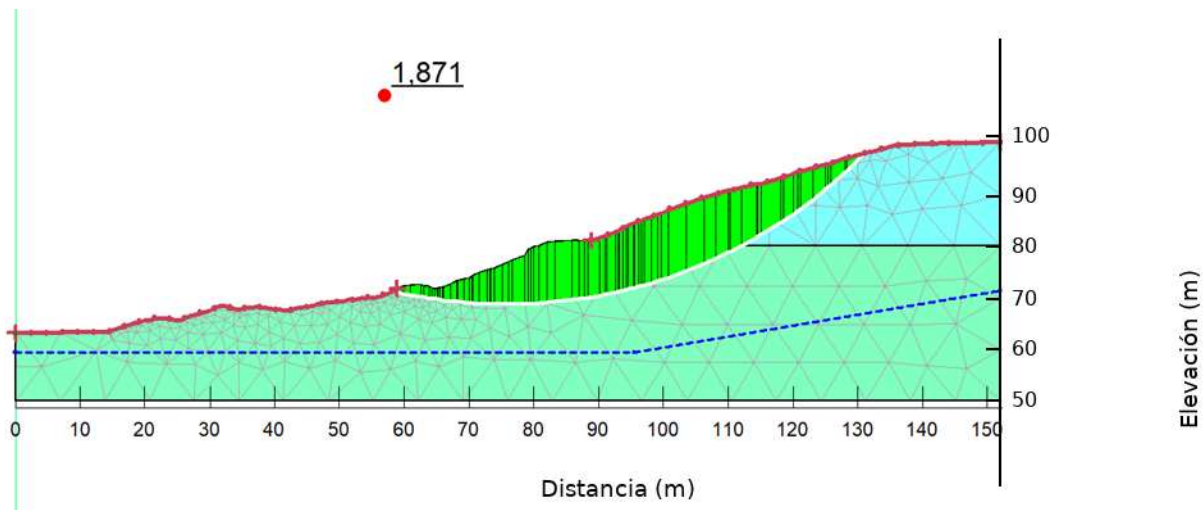
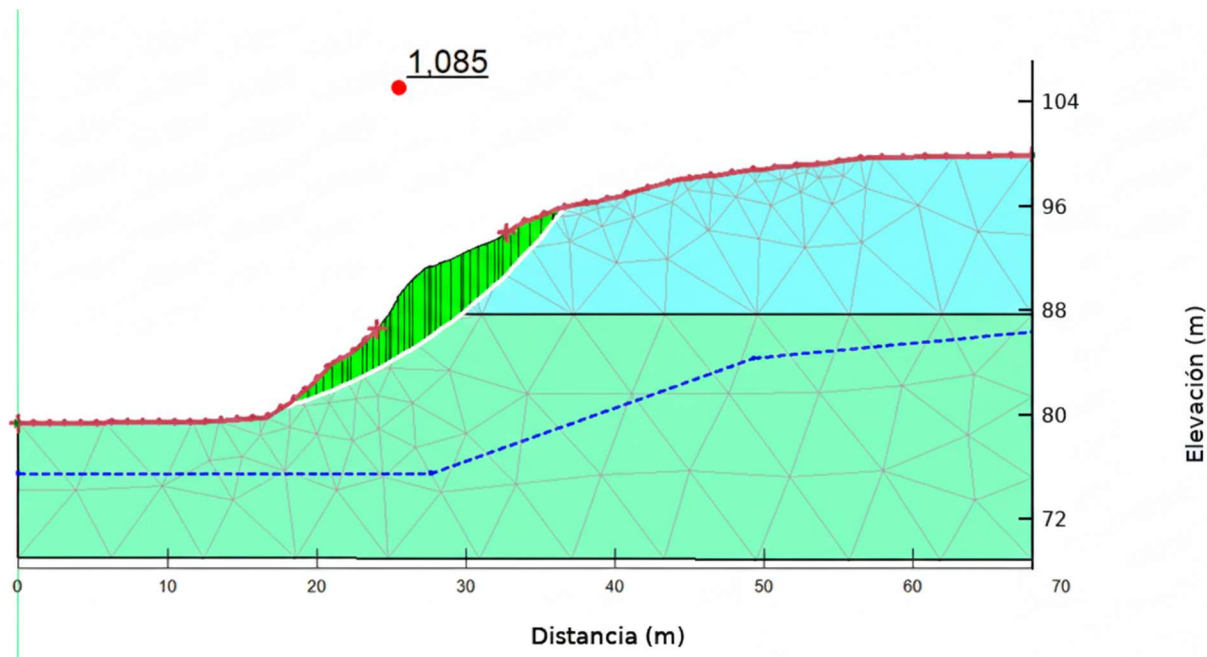


Figura 2.39

Modelación talud crítico 4. $c' = 7.5 \text{ kPa}$. $\Phi = 26.94^\circ$.



2.4 Análisis de alternativas

Para mitigar el problema de empozamiento de agua en Loma Alta, se propuso 3 paquetes de soluciones. Estas fueron propuestas en base al análisis topográfico y a los insumos obtenidos del análisis de datos. A través de una escala Likert, se cuantificó cuál es la opción que se desarrollará en base a 7 criterios, que comprenden aspectos de índole técnica, económica, social, legal y ambiental.

2.4.1 Criterios de evaluación

- **Desempeño técnico (20%)**

Este criterio analiza que tan funcionales y efectivas son las soluciones planteadas frente a eventos extremos. Se busca comprobar si las intervenciones se ajustan a la topografía, al

comportamiento natural del agua, al tipo de suelo y a las condiciones hidráulicas e hidrológicas del sistema. La revisión de estos factores son clave para asegurar la coherencia entre el diseño, los materiales y el desempeño esperado lo que permite implementar soluciones prácticas y seguras, minimizando errores que comprometan la obra y la creación de otros puntos críticos.

- **Dificultad y tiempo de ejecución (5%)**

Se analiza la complejidad constructiva de cada alternativa y el tiempo necesario para su ejecución y finalización. Considera la disponibilidad de materiales, mano de obra, accesibilidad al sitio y condiciones climáticas que puedan afectar el cronograma. Una adecuada planificación permite reducir retrasos y sobrecostos, además de ayudar a priorizar las soluciones más factibles.

- **Gestión del mantenimiento (15%)**

Evalúa la frecuencia, complejidad y costos asociados al cuidado de las obras una vez que estas hayan culminado su construcción. Considera el tiempo de las intervenciones periódicas, materiales y personal técnico necesario para la conservación de la obra. Este criterio es esencial para mantener y prolongar la vida útil de la infraestructura y reducir la necesidad de nuevos proyectos que implican gastos futuros. En comunidades rurales, esto adquiere más protagonismo al priorizar diseños que sean fáciles de mantener con pocos recursos.

- **Impacto ambiental (20%)**

Analiza posibles afectaciones o beneficios que genere cada alternativa sobre los ecosistemas locales. Valora aspectos como consumo de recursos, generación de desechos, modificación del suelo y sus efectos sobre la flora y fauna. Integrar esta variable en el diseño es clave para garantizar la sostenibilidad y resiliencia frente al cambio climático, buscando proteger

los ecosistemas existentes en Loma Alta, especialmente considerando que se encuentra dentro de una reserva ecológica.

- **Impacto social (20%)**

Este impacto mide como los paquetes de soluciones afectan la calidad de vida, la seguridad y las actividades económicas de la comunidad. Considera la aceptación social, cambios en la movilidad, acceso a servicios básicas y la relación con la agricultura local. Esto asegura que los proyectos sean inclusivos y respondan ante las necesidades reales de la población de Loma Alta.

- **Impacto económico (15%)**

Este criterio pondera los costos totales del proyecto, lo que incluye inversión inicial, operación y mantenimiento. Permite determinar la rentabilidad de cada alternativa y favorece la asignación eficiente de recursos y la sostenibilidad financiera de las obras públicas. En Loma Alta, esta evaluación contribuye a dar mayor importancia a soluciones de menor costo que generen beneficios duraderos con bajo costo de mantenimiento.

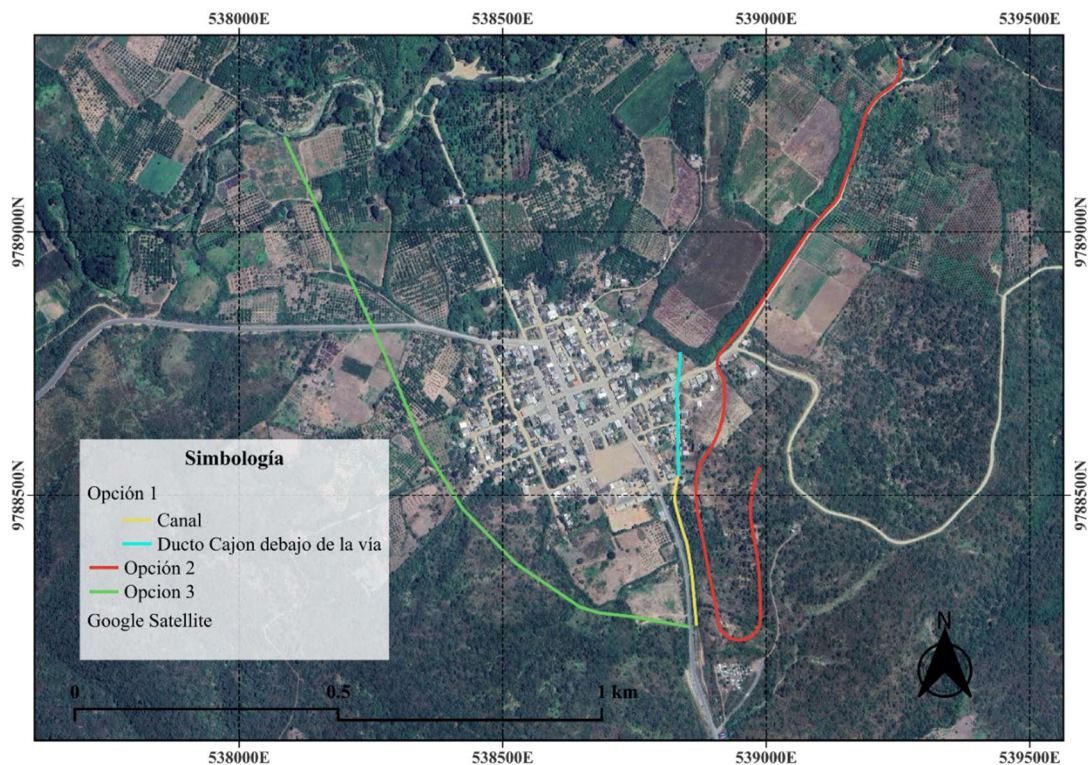
- **Requerimientos legales (5%)**

Los requerimientos legales establecen el conjunto de leyes, reglamentos y normas que regulan la ejecución de las obras y la obtención de permisos ambientales, territoriales y constructivos. Asegura el cumplimiento de las leyes nacionales, ordenanzas municipales y restricciones propias de áreas protegidas. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2020), la gestión legal oportuna previene sanciones, retrasos y conflictos socioambientales. En el caso de Loma Alta, este análisis resulta esencial por su cercanía a zonas de reserva ecológica.

2.4.2 Descripción de alternativas

Figura 2.40

Alternativas para paquetes de soluciones.



Opción 1.- Cuneta paralelo a la vía y ducto cajón debajo de la vía.

Esta alternativa propone captar el agua proveniente de la escorrentía mediante una cuneta ubicada en la parte inferior del talud, conducirla a través del pueblo con un ducto cajón debajo de una calle no pavimentada en sentido noreste, hasta descargarla a un canal que luego desemboca en el río Valdivia-California. El trazado sigue un recorrido relativamente corto, pero atraviesa sectores consolidados del poblado, lo que implica una intervención dentro de zonas urbanizadas. Aunque esta ruta permitiría evacuar el agua rápidamente evitando su descenso por el talud y reduciendo procesos erosivos, la presencia de viviendas y vías en su trayecto introduce

limitaciones importantes relacionadas con servidumbres, molestias a la comunidad y posibles afectaciones durante la construcción.

Entre las desventajas principales se encuentran la necesidad de realizar obras en áreas habitadas, el riesgo de obstrucciones por residuos urbanos y las dificultades para garantizar un mantenimiento adecuado en un entorno con alta actividad humana. Si bien esta opción destaca por su eficiencia hidráulica y su menor longitud, su impacto social y urbano la convierte en una alternativa compleja.

Opción 2.- Contracuneta en el talud y cuneta hacia el noreste.

En esta opción, el control del agua inicia con la construcción de una contracuneta en la corona del talud para interceptar la escorrentía superficial. Una vez captada, el agua es derivada hacia el noreste mediante una cuneta que bordea el poblado, pasando cerca de las casas, sin ingresar directamente en la zona urbana. Esta ruta evita en mayor parte el cruce por viviendas y continúa por sectores con presencia de áreas agrícolas de tamaño medio, lo que reduce la afectación social directa pero mantiene la necesidad de coordinaciones con propietarios rurales. Esta opción también logra proteger indirectamente al talud, en su primer tramo antes de acercarse al poblado, de una erosión excesiva, y a su vez, se evita la concentración excesiva de agua en el lugar de empozamiento.

Sin embargo, durante la revisión del tramo en una visita presencial a Loma Alta, se observó un aumento en la elevación de las cotas del tramo cercano a la población, antes de dirigirse al este hacia el río. Esto significa que el diseño representa muchas dificultades para su ejecución, debido a que la topografía existente no permite una construcción segura al tener que mover grandes volúmenes de tierra, posiblemente afectación al talud en la sección que se

encuentra más cerca al poblado e ineffectividad de flujo del agua al tener pendientes problemáticas en el terreno. El paso por zonas agrícolas implica considerar el aporte de sedimentos y posibles interferencias con actividades productivas. Esta alternativa aunque tiene un impacto social leve, no presenta viabilidad constructiva ni funcionalidad hidráulica. Otras posibles restricciones que podrían surgir serían el limitado espacio entre la vía y las zonas de cultivo, y el posible mal funcionamiento que le puedan dar al canal por contaminación, por mal uso del recurso hídrico u obstrucción del canal por prácticas agrícolas. Se debe tener en cuenta, además, el correcto dimensionamiento y la adecuada impermeabilización de estas contracunetas debido a que, un diseño deficiente, podría generar infiltración lo cual debilitaría el talud y ocasionar un problema de mayor magnitud.

Opción 3.- Alcantarillado transversal sentido Noroeste.

Para la última opción, se replica la canalización del agua producto de la escorrentía formada sobre los taludes por efecto de la precipitación. En el punto más bajo, se plantea una alcantarilla tipo Culvert que pase por debajo de la estructura de pavimento. Luego, se transportará el agua hacia el río rodeando al pueblo e invadiendo lo menos posible la propiedad privada. Además, se goza de la facilidad en la operación y mantenimiento por el terreno regular de la zona.

Como contrapuntos, es un camino por recorrer mucho más largo y el relieve es menos homogéneo que la opción 2, ya que parecido a la opción 1 tiene diferentes elevaciones de cota durante su recorrido, lo que encarece la obra. Además, por la ubicación del río, hay la necesidad de pasar por debajo de una segunda carretera, lo que dificulta mucho la ejecución y contribuye aún más al costo. Desde el punto de vista social, se espera cierto rechazo de la comunidad por esta solución que atraviesa zonas agrícolas.

2.4.3 Opción ganadora

Con los criterios definidos, se procedió a puntuar las opciones del 1 al 5 en una escala de Likert con 7 criterios como se muestra a continuación en la Tabla 2.25. Luego de evaluar, se debe ponderar con el peso que se le asignó a cada criterio. El del mayor puntaje es la opción elegida.

Tabla 2.25

Ponderación en escala de Likert de las alternativas propuestas.

Criterio - Peso (%)	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Desempeño técnico (20%)	4	2	3
Dificultad y tiempo de ejecución (5%)	4	2	2
Gestión del mantenimiento (15%)	3	4	2
Impacto ambiental (20%)	5	3	2
Impacto social (20%)	2	4	2
Impacto económico (15%)	3	1	1
Requerimientos legales (5%)	1	3	2
Puntaje ponderado	3.35	2.80	2.05

Para el criterio de desempeño técnico, la opción 1 obtuvo un puntaje alto (4) porque su ruta hacia el norte es corta y permite evacuar el agua de manera directa, sin requerir un alto volumen de movimiento de suelo. Aun así, pasar por zonas del poblado puede jugar en contra, ya que una obra dentro de áreas habitadas siempre tiene más riesgos de obstrucciones y complicaciones durante lluvias fuertes. La opción 2, tiene un puntaje menor (2) debido a su

longitud y las curvas en su trayecto, además de que no funciona bien por las pendientes naturales del terreno que no permiten un flujo continuo del agua. Conduce el agua con más resistencia pero su punto a favor es que evita casi completamente la zona urbana, lo cual la hace más agradable. En cambio, la opción 3 mantiene la desventaja de su gran longitud y de requerir dos cruces bajo carreteras. Esto pone en duda su eficiencia ante tormentas fuertes o caudales inesperados.

Sobre la dificultad y tiempo de ejecución, las opciones 2 y 3 presentan complicaciones porque son larga, atraviesan zonas con pendientes variables y obliga a intervenir infraestructuras existentes como los taludes. Esto hace que la obra tarde más y requiera más recursos. La opción 1, por el contrario, es la más simple de ejecutar (puntaje 4), ya que se piensa construir en un camino ya existente, lo que facilita el acceso, reduce tiempos y permite avanzar más rápido. Su desventaja radica en que se ubica dentro del poblado y eso siempre complica el movimiento de materiales, cierre de calles y organización de la obra.

En la gestión del mantenimiento, los valores son distintos para cada opción. La opción 1 obtuvo 3 puntos porque al pasar por zonas habitadas puede acumular residuos dentro de la comuna con mayor frecuencia y requiere limpieza periódica para evitar obstrucciones. La opción 2 tiene 4 puntos debido a que, aunque requiere control de sedimentos por estar cerca de áreas agrícolas, su recorrido es más accesible y presenta menos elementos críticos que revisar. La opción 3 tiene el puntaje más bajo (2) porque su longitud y la presencia de dos bocas de alcantarilla demandan más tiempo y recursos para el mantenimiento.

En cuanto al impacto ambiental, la opción 1 obtuvo 5 puntos porque su intervención se da principalmente en zonas urbanizadas, donde la afectación directa a ecosistemas es menor y su

primer tramo se encuentra en un camino que ya existe por naturaleza. Aun así, existe el riesgo de afectar la calidad del agua si no se controla adecuadamente su descarga. La opción 2 fue puntuada con 3 por ser un poco más invasiva, ya que atraviesa la cobertura vegetal del talud y necesitaría una gran cantidad de extracción de tierra y bordea el poblado atravesando zonas agrícolas periféricas. La opción 3 obtuvo 2 puntos porque su longitud implica una intervención más extensa en terrenos rurales, lo que aumenta la alteración del entorno natural.

En el impacto social, la opción 1 alcanzó una calificación de 2 porque al cruzar zonas habitadas puede generar molestias y riesgos durante la construcción y el mantenimiento. La opción 2, con 4 puntos, es la más favorable: no atraviesa viviendas, evita conflictos por servidumbres y no afecta áreas agrícolas importantes. La opción 3 tiene una puntuación de 2, ya que aunque no cruza por el centro poblado, puede interferir con actividades agrícolas y generar inconvenientes en la movilización en los puntos donde se construyen los cruces bajo las vías.

Sobre el impacto económico, la opción 2 obtuvo 1 punto por ser una alternativa de costos altos tanto en construcción como en mantenimiento debido a su mayor longitud y ubicación que atraviesa taludes predominantes. La opción 1 recibió 3 puntos, ya que aunque su longitud es menor, se compensa con los costos adicionales de trabajar dentro del área urbana y asegurar que su diseño no afecte a las viviendas. La opción 3, con 1 punto, implica mayores gastos por su longitud y por las obras especiales que requiere, como las alcantarillas transversales.

Con respecto a los requerimientos legales, la opción 1 fue calificada con 1 punto porque al atravesar áreas pobladas y descargar el agua hacia un cuerpo hídrico, necesita múltiples permisos y aprobaciones comunitarias las cuales serían muy complicadas de conseguir. La opción 2 obtuvo 3 puntos, ya que requiere autorización del GAD Provincial por trabajar dentro

del derecho de vía y permisos de SENAGUA por su descarga hacia el río. La opción 3 tiene una calificación de 2 porque, debido a su tamaño, exige estudios ambientales más completos, permisos del MAATE y autorizaciones del MTOP para los cruces bajo carreteras.

En conjunto, la opción 1, que conduce el agua combinando una cuneta y ducto cajón, obtuvo el puntaje ponderado más alto: 3.35. Esto la posiciona como la alternativa más equilibrada y conveniente, ya que minimiza el impacto ambiental, mantiene un impacto económico controlado y representa inversiones más manejables tanto en el corto como en el largo plazo. Por estas razones, se seleccionó como la mejor alternativa para continuar con el diseño en el Capítulo 3.

Capítulo 3

3. Diseño y especificaciones

3.1 Normas y criterios de diseño

El marco normativo que respalda el diseño del sistema de drenaje y las obras de conducción de agua superficial y subterránea para Loma Alta, integra disposiciones nacionales de gestión hídrica y criterios técnicos internacionales aplicables a la infraestructura vial e hidráulica. La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento de Agua y su Reglamento establecen que toda intervención que modifique o desvíe escorrentías debe alinearse con los procedimientos de autorización de uso y aprovechamiento de agua dictados por la autoridad hídrica nacional (Asamblea Nacional, 2014). Esto implica asegurar que la conducción hacia cuerpos receptores, en este caso el Río Valdivia-California, no comprometa la disponibilidad ni la calidad del agua y que la solución propuesta sea compatible con los procesos de autorización y control ejercidos por SENAGUA y la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA, 2018)

En el ámbito vial, el diseño de cunetas, alcantarillas y obras transversales se fundamenta en el Capítulo 9 del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, donde se establecen criterios para definir pendientes mínimas, capacidades de descarga y geometría adecuada de estructuras de drenaje (MTO, 2003). Su aplicación permitió ajustar las dimensiones de las cunetas de acuerdo con la topografía local, reduciendo la acumulación de agua sobre la vía y limitando la infiltración hacia taludes susceptibles. Para el diseño estructural de los elementos empleados en la red de solución, se usó las normativas ACI 318-19 (ACI, 2019) del American Concrete Institution y el Structural design manual for improved inlets and culverts publicada por la Agencia Federal de Autopistas de los EEUU (FHWA, 1983).

De manera complementaria, se empleó los criterios de la *Hydraulic Design Series* (HDS), así como la serie de criterios de Hydraulic Engineering Circular (HEC) específicamente las secciones relativas al comportamiento hidráulico de entradas de alcantarillas y ductos cerrados (FHWA, 2019-2024). Estos lineamientos permiten evaluar las dimensiones en la entrada, las pérdidas localizadas el efecto de la condición hidráulica existente aguas sobre la capacidad del conducto. Su uso fue determinante para comprobar que el ducto cajón prefabricado proyectado opere sin inducir desbordamientos, incrementos de energía o procesos erosivos significativos en la zona de descarga durante lluvias intensas que provoquen caudales elevados.

La integración entre los lineamientos del MTOP y la HDS-05 también orientó el diseño de los canales superficiales responsables de captar y conducir la escorrentía hacia el ducto cajón. A través de los métodos iterativos de Knight et al. (2010) y Newton Raphson (Mays. 2011), se estimó tirantes y velocidades críticos y normales cuyos valores fueron comparados con los rangos recomendados en la literatura técnica para preservar la estabilidad del revestimiento y evitar erosión interna con la norma HEC-23 (FHWA-2019). Asimismo, la definición de secciones trapezoidales y del borde libre se ajustó para asegurar un desempeño adecuado bajo lluvias intensas y facilitar el mantenimiento preventivo requerido para prolongar la vida útil del sistema.

En conjunto, el marco legal hídrico encabezado por SENAGUA y ARCA, junto con las directrices del MTOP y los criterios hidráulicos de la HDS-05, conforman una base sólida para el diseño del drenaje en Loma Alta. Esta articulación normativa permite garantizar que las cunetas, canales y el ducto cajón propuesto cumplan con los requerimientos de capacidad, seguridad y durabilidad. De esta manera, se contribuye a la reducción de la erosión, los desbordamientos y

las afectaciones que actualmente comprometen la vía de acceso y la infraestructura de abastecimiento de agua potable.

3.2 Análisis del trazado y perfil longitudinal de excavación

El desarrollo geométrico de la solución se apoyó en el análisis del Modelo Digital de Elevación procesado en QGIS, herramienta que permitió identificar el recorrido natural de escorrentía y las zonas con pendientes críticas. Con esta base, se definió el trazado de cunetas, ductos cajón y canales de derivación, priorizando recorridos que minimicen la invasión en la naturaleza y la comunidad, pero a su vez aseguren recolectar la mayor cantidad de escorrentía posible.

Este trazado consideró criterios hidráulicos, constructivos, ambientales y sociales. Se decidió hacer dos canales paralelos a la vía de acceso. El agua recolectada en los tramos 1 y 3, a través de un ducto cajón debajo de la vía asfaltada, se junta con el tramo 4 para luego ser conducida por el resto del recorrido de la solución hasta llegar a su descarga en el río.

Figura 3.1

Ubicación de tramos de canales principales.

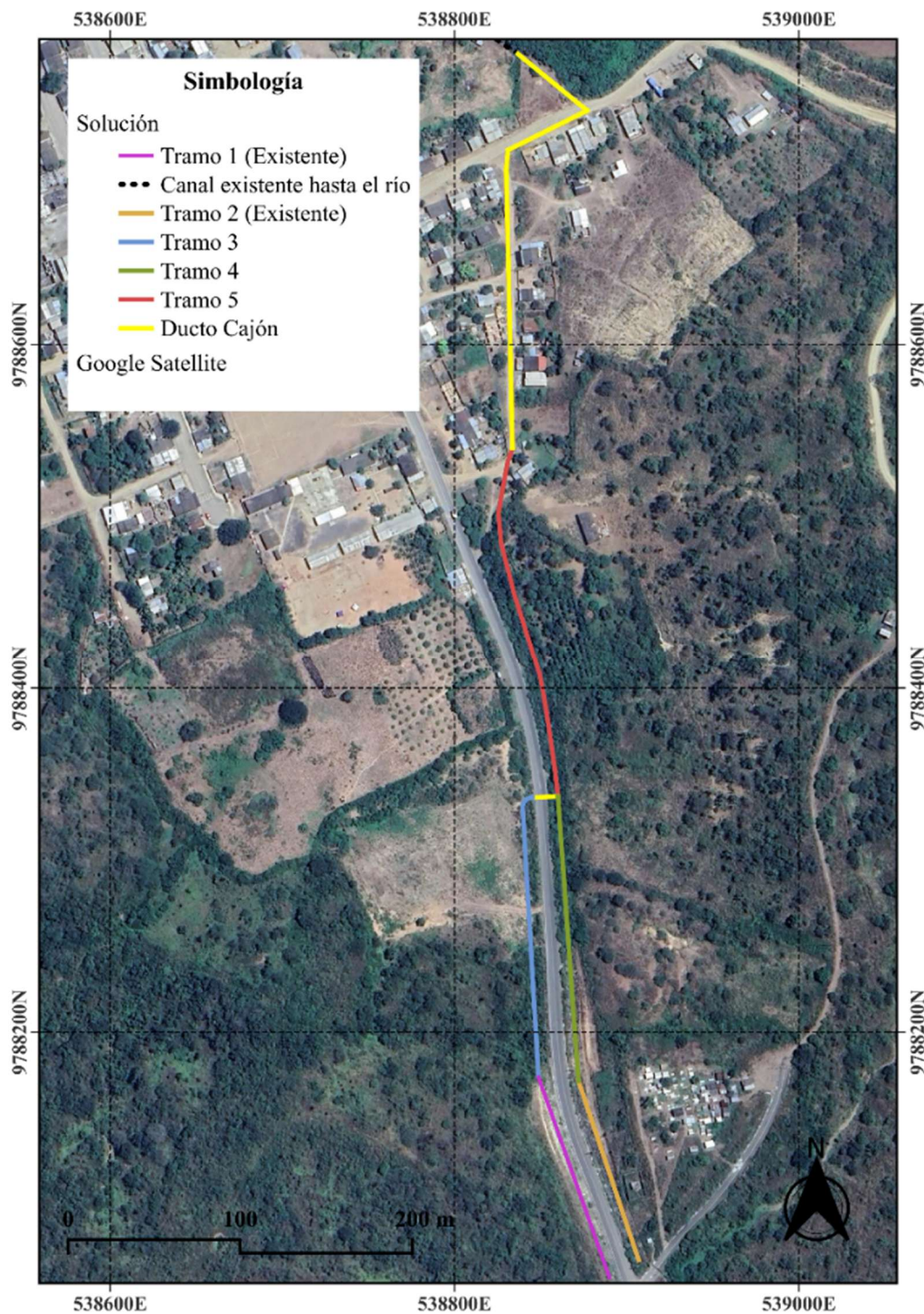
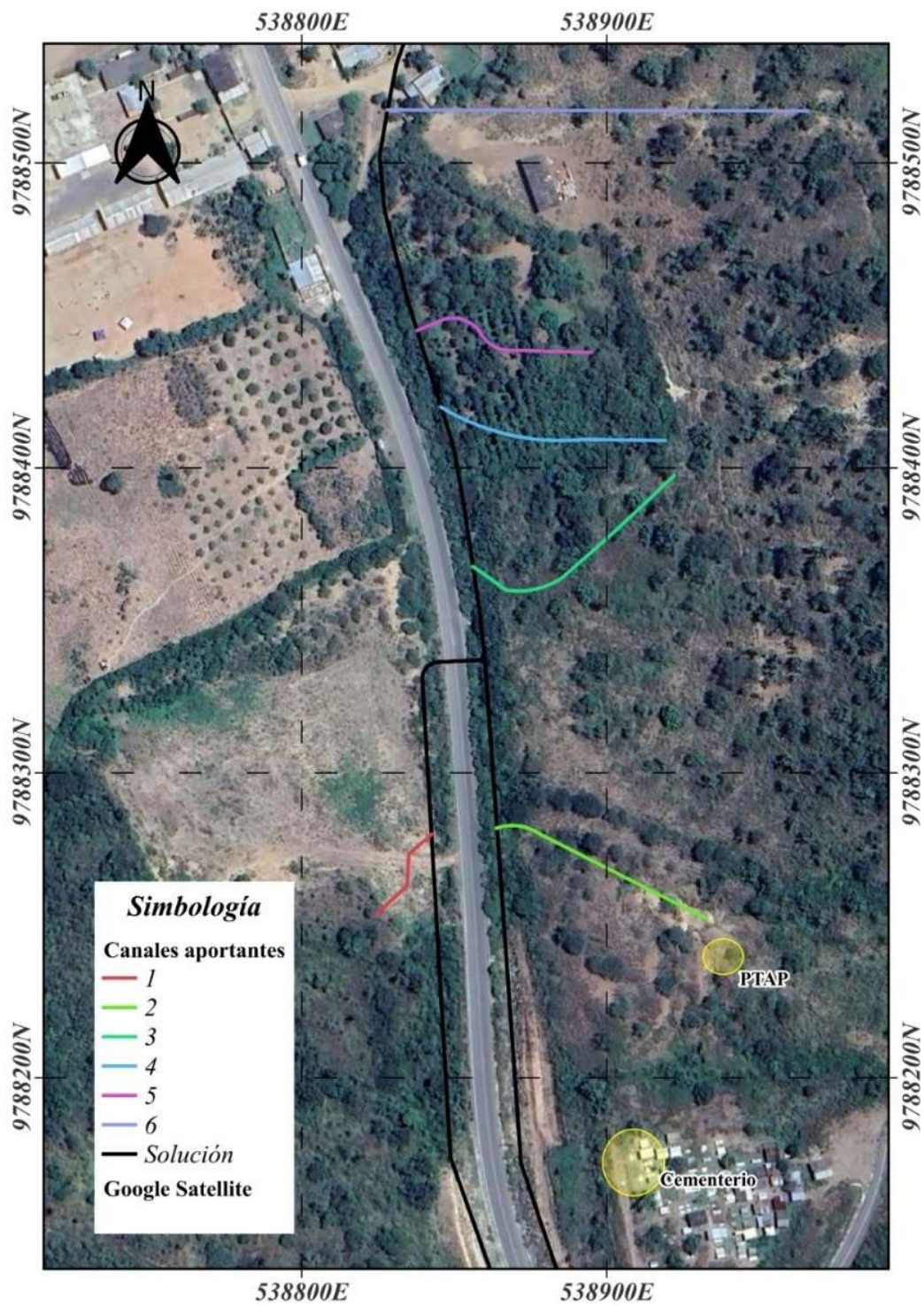


Figura 3.2

Ubicación de tramos de canales anexos.



Como limitaciones de partida, se tienen cotas de inicio (cota de terreno natural en la entrada a la Comuna Loma Alta) y cotas de fin (cota de río). Esta restricción, sumada a las pendientes del terreno, complicarían luego el control de velocidades, siendo necesario la colocación de pozos de pérdida de energía. El trazado de los canales al contorno de la vía tiene 3 beneficios: (i) Protección de la estructura de pavimento mediante subdrenes; (ii) aprovechamiento de la estructura existente; (iii) por inspección en la zona de estudio se detectó que los lados de la vía presentan un camino natural producto de la escorrentía superficial.

Una vez en el sitio, se detectó una obra ejecutada de lastrado de vía que aumentó el nivel de una calle que es crítica para el problema de inundación según los locales y según el modelado en Hec-Ras. Para temas de diseño, este aumento fue considerado en el diseño de la red de canales como 0.5 m de aumento de la cota de terreno natural. Esto es fundamental para determinar la pendiente que tendrá el ducto cajón. Para todo este proceso de definición de canales, se hizo uso de la herramienta Autodesk Civil 3D. El proceso fue crear las alineaciones siguiendo la planimetría que se tenía de la vía de entrada mostrada en la Figura 3.1 y Figura 3.2.

Con estas alineaciones, se crearon los perfiles proyectándolos sobre la superficie TIN de Loma Alta. Así, se procedió a hacer un ajuste de pendientes tratando de que en esta red principal se mantengan pendientes por debajo de 2.5% con las restricciones de inicio y fin del sistema.

Como resultado, se pueden ver los planos obtenidos del diseño de la red de canales. En el apartado de anexos, revisar Planos A.1, Planos A.2 y Planos A.3.

3.3 Diseño hidráulico del canal

En este apartado, a partir de las intensidades del hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años con una duración de tormenta de 2 horas, se dividió la nanocuenca en áreas de

aporte dentro de la corrida del modelo Hec-Ras del capítulo 2. Estas áreas de aporte fueron de utilidad para poder estimar el área que tiene cada zona y, a través del método racional, obtener caudales de escorrentía superficial que se integran a la red de canales durante toda su extensión. De esta manera, en la Tabla 3.1 y Tabla 3.2 se estableció las siguientes distribuciones de caudales para cada canal, para un caudal asociado de $4.76 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla 3.1

Valores usados para obtención de caudal por método racional para canales principales.

Tramo	Área [m^2]	Área [Ha]	Q propio [m^3/s]	Q acumulado [m^3/s]
1	19250.8	1.93	1.09	1.09
2	8726	0.87	0.50	0.50
3	12852	1.29	0.73	1.23
4	18517	1.85	1.05	3.37
5	24525	2.45	1.39	4.76

Tabla 3.2

Valores de caudal por método racional para canales anexos.

Canales aportantes	Q propio [m^3/s]
1	1.09
2	0.50
3	0.73
4	0.53

5	0.53
6	1.39

A partir del caudal se pudo estimar los tirantes, velocidades, pendientes máximas para no exceder las velocidades permisibles del flujo, y la geometría de los canales y ductos cajón. Esto teniendo en cuenta siempre el equilibrio entre capacidad hidráulica, aprovechamiento del terreno natural, costo de proveniente de movimiento de tierra, y ejes sostenibles.

3.3.1 Justificación de sección

Para la justificación de la sección, como guía se tuvo primero la estructura existente en el área de estudio. Esta tiene una sección triangular con altura de 0.30 m y con taludes de 2.5H:1V en sentido a la estructura vial y 1H:1V en el otro talud. Para drenaje vial (MTOP, 2003) recomienda canales con taludes entre 2H:1V y 3H:1V por su equilibrada relación entre capacidad hidráulica y estabilidad de la estructura. Por otro lado, la (FHWA, 1988) estima que taludes menores a 2H:1V son susceptibles a erosiones laterales a menores velocidades que las de resistencia del material. Además, como el mismo autor menciona en 2009 en la normativa HEC-22, una sección trapezoidal es más tolerante a variaciones de tirantes: ideal si se tiene pendientes bruscas en la zona de estudio.

Se iteró modificando las pendientes, taludes (s) y geometría (base y profundidad) de los distintos canales para que cumplan con la normativa vigente del país. Se redujo los movimientos de tierra al mínimo para no encarecer la obra, haciendo uso de los pozos de pérdida de energía necesarios para bajar niveles, corregir pendientes, forma del canal y mantener velocidades menores a 3.5 m/s. Las geometrías de diseño fueron las siguientes:

Tabla 3.3*Geometría de elementos pertenecientes a la red de solución.*

	Base [m]	s [xH:1V]	Pendiente [%]
Tramo 1 (existente)	1.00	2.50	2.5
Tramo 1 (propuesto)	1.50	2.50	2.5
Tramo 2 (existente)	1.00	2.50	0.025
Tramo 3 (propuesto)	1.50	2.50	2.5
Tramo 4 (propuesto)	2.00	2.50	1.3
Tramo 5 (propuesto)	2.00	2.50	1
Ducto cajón 1	1.50	NA	2
Ducto cajón 2	2.00	NA	0.5
Canal comunitario	2.00	2.50	0.5
Canal aportante 1	1.50	2.50	3
Canal aportante 2	1.50	2.50	7
Canal aportante 3	1.50	2.50	4
Canal aportante 4	1.50	2.50	5
Canal aportante 5	1.50	2.50	5
Canal aportante 6	2.00	2.50	2.5

3.3.2 Tirante normal y velocidades

En la determinación del tirante crítico el método de Newton–Raphson es ampliamente utilizado debido a su rapidez de convergencia y su eficiencia para resolver ecuaciones implícitas

en hidráulica de canales. Su aplicación permite estimar el tirante crítico a partir de una aproximación inicial, facilitando el análisis de secciones reales y geometrías complejas que no cuentan con soluciones analíticas explícitas (Sturm, 2001).

$$f'(x) = 1.5 \times A^{\frac{1}{2}} \times T^{\frac{1}{2}} - S \times D^{\frac{3}{2}}$$

$$f(y_c^i) = a\sqrt{D} - \frac{Q}{\sqrt{g}}$$

$$y_c^{i+1} = y_c^i \pm \frac{f(y_c^i)}{f'(y_c^i)}$$

Verificación de régimen con numero de Froude:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD\cos\theta/\alpha}}$$

Tirantes normales con método de Knight:

$$y_n^{i+1} = \left[\frac{Q \times n}{\sqrt{S_o}} \right]^{\frac{3}{5}} \times \frac{(b + 2 \times y_n^i \times \sqrt{1 + z^2})^{\frac{2}{5}}}{b + z \times y_n^i}$$

$$\frac{Q \times n}{\sqrt{S_o}} = J$$

A través de este método, se obtuvo los resultados presentes en la tabla, donde fueron tabulados el tirante normal, velocidades y régimen en el que se encuentra.

Tabla 3.4

Parámetros hidráulicos de elementos pertenecientes a la red de solución.

	Q [m ³ /s]	Tirante normal [m]	V [m/s]	Froude
Tramo 1 (existente)	1.09	0.21	3.44	2.78
Tramo 1 (propuesto)	1.09	0.17	3.27	2.77
Tramo 2 (existente)	0.50	0.14	2.71	2.62
Tramo 3 (propuesto)	1.23	0.18	3.38	2.79
Tramo 4 (propuesto)	3.37	0.34	3.48	2.17
Tramo 5 (propuesto)	4.76	0.44	3.48	1.94
Ducto cajón 1	1.09	0.22	3.37	2.32
Ducto cajón 2	4.76	0.75	3.18	1.17
Canal comunitario	4.76	0.52	2.74	1.43
Canal aportante 1	1.09	0.17	3.46	3.00
Canal aportante 2	0.50	0.09	3.32	3.82
Canal aportante 3	0.73	0.12	3.39	3.37
Canal aportante 4	0.53	0.09	3.26	3.64
Canal aportante 5	0.53	0.09	3.22	3.57
Canal aportante 6	1.39	0.17	3.34	2.79

3.3.3 Borde libre

El borde libre es la distancia vertical entre el nivel del agua y el borde superior de un canal o estructura hidráulica, incorporada como un margen de seguridad para prevenir desbordamientos ante fluctuaciones del caudal, turbulencias o incertidumbres en el diseño. Su función es asegurar que la estructura mantenga un desempeño estable incluso bajo condiciones más exigentes que las previstas en el cálculo hidráulico (Sturm, 2001).

$$\text{Borde Libre (BL)} = \sqrt{J \times y}$$

Este es un método aproximado donde luego se procede al redondeo por facilidad constructiva. El borde libre es importante porque con el tirante normal se estima la altura hasta que debe ser revestido el canal. Para este diseño se contempla el uso de hormigón armado que resiste velocidades de hasta 4 m/s sin erosionarse. A continuación, se presentan las medidas redondeadas usadas para el modelo de solución.

Tabla 3.5

Especificación de borde libre para los elementos de la red de solución.

	Tirante normal	Altura de revestimiento	Borde libre	Profundidad
	[m]	[cm]	[m]	[m]
Tramo 1 (existente)	0.21	4	0.05	0.30
Tramo 1 (propuesto)	0.17	3	0.05	0.25
Tramo 2 (existente)	0.14	1	0.05	0.20
Tramo 3 (propuesto)	0.18	2	0.10	0.30
Tramo 4 (propuesto)	0.34	1	0.10	0.45
Tramo 5 (propuesto)	0.44	1	0.15	0.60
Ducto cajón 1	0.22	NA	NA	1.50
Ducto cajón 2	0.75	NA	NA	1.50
Canal comunitario	0.52	3	0.10	0.65
Canal aportante 1	0.17	3	0.05	0.25
Canal aportante 2	0.09	1	0.05	0.15

Canal aportante 3	0.12	3	0.05	0.20
Canal aportante 4	0.09	1	0.05	0.15
Canal aportante 5	0.09	1	0.05	0.15
Canal aportante 6	0.17	3	0.10	0.30

3.3.4 Control de velocidades y erosión

Las velocidades dentro del sistema son importantes porque según (Chow, 1959) de ser muy altas (mayores a 4.5 m/s), deterioran a la estructura y acortan su vida útil. Por esta razón, el (MTOPI, 2003) establece no exceder los 4 m/s cuando se trata de cunetas revestidas de hormigón. De manera conservadora, y previendo posibles fallas constructivas por error humano, se estableció pendiente y geometría tal que asegure no exceder los 3.5 m/s para asegurar la vida de servicio para el periodo de retorno seleccionado.

Para la solución propuesta, fue imperativo hacer uso de cámaras de pérdida de energía. Estos pozos son de hormigón armado con su respectivo diseño estructural, estando preparados para mitigar la energía con la que viene el flujo haciendo que pierda energía cinética por el choque contra las paredes de la estructura y potencial con la caída de nivel. La geometría de los pozos y el diseño estructural de los mismos está establecida por la empresa Interagua (Interagua, 2012). Estos pozos fueron utilizados para el control de velocidades según la necesidad del terreno debido a que este presenta longitudes notables, cambios de cota y dirección bruscas.

Específicamente, se usaron los pozos Tipo I, Tipo III y Tipo V. Estos varían la profundidad que tienen cada pozo, yendo desde profundidades de uso de 2.25 metros (Tipo I) hasta 4.75 metros (Tipo V). Debido a la diferencia de alturas que existe en el terreno natural,

fueron necesarios 18 pozos en toda la red del sistema de canales: 2 tipo I, 4 tipo III y 12 tipo V. De esta manera, se aseguró mantener las velocidades al margen y garantizar el funcionamiento adecuado de los canales durante toda su vida de diseño.

Tabla 3.6

Relación de llenado y carga de velocidad de los elementos de la red de solución.

	Relación de llenado [%]	V [m/s]	V²/2g [m]	Froude
Tramo 1 (existente)	61	3.44	0.60	2.78
Tramo 1 (propuesto)	63	3.27	0.54	2.77
Tramo 2 (existente)	61	2.71	0.37	2.62
Tramo 3 (propuesto)	54	3.38	0.58	2.79
Tramo 4 (propuesto)	69	3.48	0.62	2.17
Tramo 5 (propuesto)	65	3.48	0.62	1.94
Ducto cajón 1	14	3.37	0.58	2.32
Ducto cajón 2	50	3.18	0.51	1.17
Canal comunitario	74	2.74	0.38	1.43
Canal aportante 1	59	3.46	0.61	3.00
Canal aportante 2	53	3.32	0.56	3.82
Canal aportante 3	54	3.39	0.58	3.37
Canal aportante 4	57	3.26	0.54	3.64
Canal aportante 5	58	3.22	0.53	3.57
Canal aportante 6	50	3.34	0.57	2.79

Además, se muestra en la Tabla 3.6 que las secciones de los tramos mantienen una relación de llenado menores al 75%, que es lo que establece (Interagua, 2014) como límite para el uso de los canales. Demás datos como la carga de velocidad, tirantes normales, profundidades y cotas de terreno natural fueron importantes para poder obtener las cotas de inicio, fin y excavación de los pozos aplicados. Se chequeó que todo el sistema coincida en cotas e intersecciones, tal como se puede apreciar en los planos de perfiles longitudinal.

Por último, es necesario que todos estos canales tengan un refuerzo mínimo por retracción y temperatura. Para esto, se hizo uso de la norma ACI 318-19, que establece un contenido mínimo de acero por sección de hormigón de 0.0018 veces la sección bruta de hormigón. Por esta razón, se elaboró las Tablas 3.7 y 3.8 para cuantificar el acero proporcionado según el catálogo de mallas electrosoldadas de nuestro país. Además, este acero es considerado por la HEC-23 (FHWA, 2009) como un revestimiento flexible que va a aumentar la resistencia máxima a las fuerzas tractivas generadas, alargando la vida útil de los canales.

Tabla 3.7

Acero propuesto para armado de canales principales.

Canal principal	Área de sección [m ²]	Cuantía mínima [m ²]	Acero propuesto [m ²]
1 (existente)	0.26	4.71E-04	5.13E-04
1 (propuesto)	0.28	5.12E-04	5.58E-04
2 (existente)	0.21	3.74E-04	4.07E-04
3 (propuesto)	0.31	5.61E-04	6.11E-04
4 (propuesto)	0.44	7.96E-04	8.67E-04
5 (propuesto)	0.52	9.42E-04	1.03E-03

Tabla 3.8

Acero propuesto para armado de canales aportantes.

Canal aportante	Área de sección [m ²]	Cuantía mínima [m ²]	Acero propuesto [m ²]
1	0.28	5.12E-04	5.58E-04
2	0.23	4.15E-04	4.52E-04
3	0.26	4.64E-04	5.05E-04
4	0.23	4.15E-04	4.52E-04
5	0.23	4.15E-04	4.52E-04
6	0.36	6.51E-04	7.09E-04

3.4 Revestimiento de canal comunitario

Actualmente, la comunidad de Loma Alta se ha unido para excavar su propio canal para poder combatir con su problema de inundación. Al ser un canal rudimentario, requiere de una reconformación y recubrimientos que aseguren que van a poder manejar el caudal que pasará por este. Para este efecto, se tuvo en cuenta a la normativa HEC-23, Vol. 2, Cap.6, que habla sobre los recubrimientos flexibles (FHWA, 2012). Estos tienen la característica de que se ajustan bien a zonas que son susceptibles a asentamientos diferenciales sin perder su integridad estructural, ideal para un tipo de suelo con arcillas expansivas.

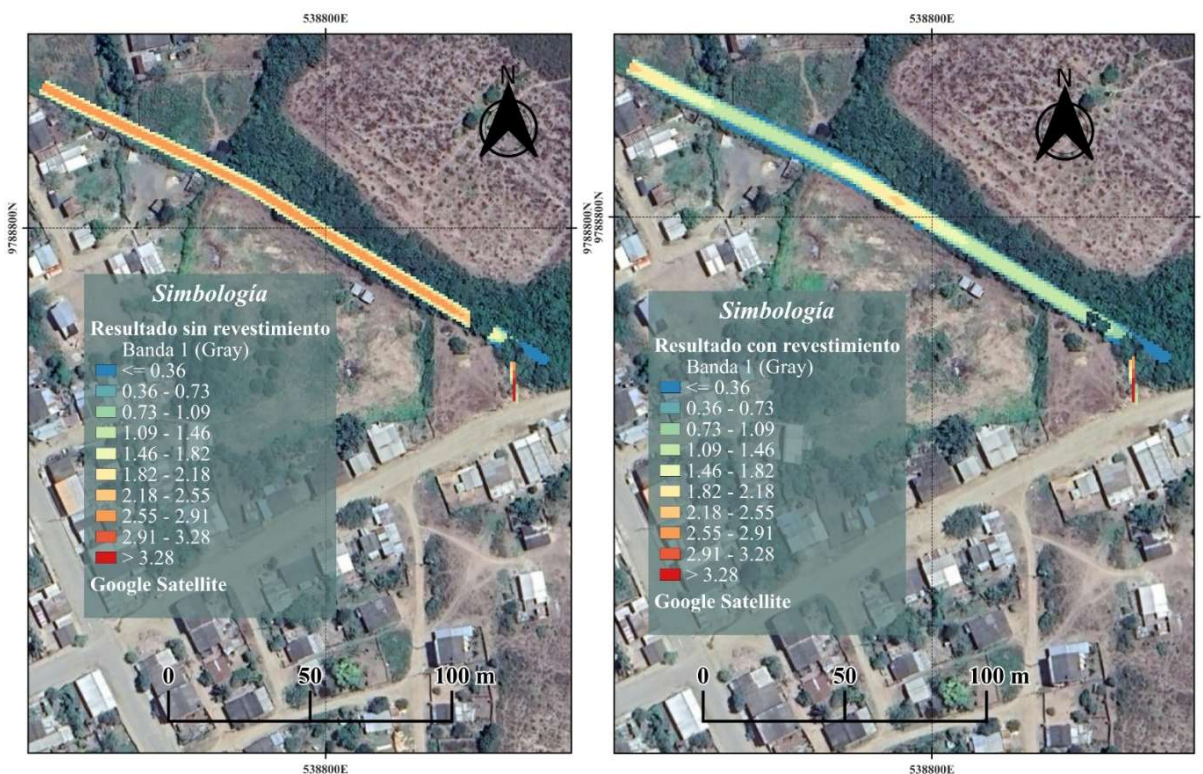
Además, esta normativa menciona que es recomendable el uso de este tipo de revestimiento cuando se espera socavación. Esta socavación puede ser producto de estructuras como el muro de ala que ocasiona cambio en el flujo de agua. Por esta razón, este revestimiento flexible cumple con doble función. Se espera que este recubrimiento ayude a resistir la tensión

tractiva generada en la base y en los taludes del canal. Esta normativa enfatiza la necesidad de tener una capa de material filtrante entre el recubrimiento flexible y el terreno natural para evitar el desprendimiento de material fino. Este aspecto es muy importante cuando se tiene en cuenta el eje ambiental, considerando que este canal desemboca en un río.

Por esta razón, se decidió recubrir el canal con esta geomalla los primeros 100 metros con espesor de recubrimiento de 30 cm como indica la HEC-23. Por su parte, la HEC-15 (FHWA, 1988) recomienda una distribución de áridos de d_{50} , donde el espesor de recubrimiento proporcionado para el canal debe ser de 1.5 a 3 veces el diámetro del árido. Se hará uso específicamente de un enrocado de diámetro de 15 cm y de una geomalla hexagonal TT, diámetro de alambre de 3 mm que cumple con estándares internacionales con el fin de evitar producción de sedimentos que podrían ocurrir de no hacerse esta protección. Tal como lo muestra la Figura 3.3. A la izquierda, el mapa de velocidades con el canal sin revestir, a la derecha, velocidades entre 0.5 a 1.5 que ocurren en la intersección entre estos afluentes.

Figura 3.3

Comparación de velocidades con y sin revestimiento de gavión.



3.5 Estructuras de transición

3.5.1 Ducto Cajón

Acerca de los ductos cajón, se seleccionó las secciones a partir de cálculos como canales con sección cuadrada, teniendo en cuenta la disponibilidad de distribuidores de elementos prefabricados. La solución del problema requiere de canales a ambos lados de la vía, y un transporte de agua debajo de un camino lastrado debido a que es la manera menos invasiva de finalmente poder llevar el agua al río. Así, fue necesario el uso de 2 ductos cajón como se ve en Figura 3.1. Uno para cruzar de un lado al otro de la vía, y el otro para pasar por debajo de la vía

trabajada por actores políticos. Además, se tuvo en cuenta como guía la HDS-5 de (FHWA, 2012) para la colocación y consideraciones de diseño del ducto cajón.

En la Figura 3.4 se puede ver una vista en corte del Ducto cajón 1 transportando un caudal de $1.09 \text{ m}^3/\text{s}$ a lo ancho de la vía. Por su parte, el Ducto cajón 2 se ve reflejado en la Figura 3.5, donde se ve al Ducto cajón transportando un caudal de $4.76 \text{ m}^3/\text{s}$ a lo largo de la vía. Ambas figuras muestran un perfil supercrítico con un perfil S2 producido por un cambio en la sección y pendientes. Para el caso del Ducto cajón 1, la llegada del canal 1 (propuesto) y para el Ducto cajón 2, la entrada del flujo del canal 5 (propuesto). Las velocidades de salida de ambos Ductos cajón están listadas en Tabla 3.9 y Tabla 3.10. Este insumo es importante para tener en cuenta consideraciones de revestimiento para los canales receptores.

Figura 3.4

Líneas características y perfil de flujo en Ducto cajón 1 (Elaboración: imagen mejorada con IA)

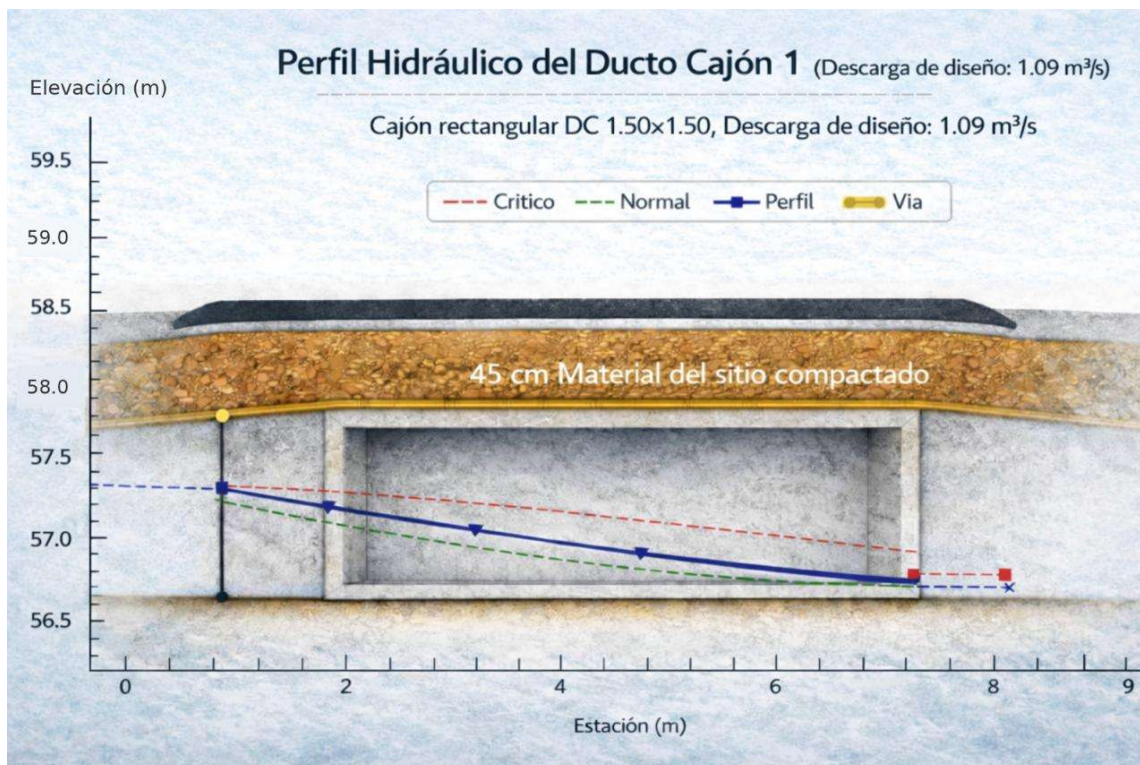


Tabla 3.9

Tabla resumen de parámetros Ducto Cajón 1. Elaboración: Modelación computacional en HY8.

Descarga [m ³ /s]	Tirante en entrada [m]	Relación de llenado	Tipo de flujo	Velocidad de salida [m/s]
0.00	0.00	0.00	0-NF	0.00
0.15	0.15	0.10	1-S2n	1.23
0.30	0.24	0.16	1-S2n	1.59
0.45	0.32	0.21	1-S2n	1.83
0.60	0.39	0.26	1-S2n	2.02
0.75	0.45	0.30	1-S2n	2.18
0.90	0.51	0.34	1-S2n	2.31
1.09	0.58	0.38	1-S2n	2.47
1.20	0.61	0.41	1-S2n	2.54
1.35	0.66	0.44	1-S2n	2.64
1.50	0.71	0.48	1-S2n	2.73

Figura 3.5

Líneas características y perfil de flujo en Ducto cajón 2 (Elaboración: imagen mejorada con IA)

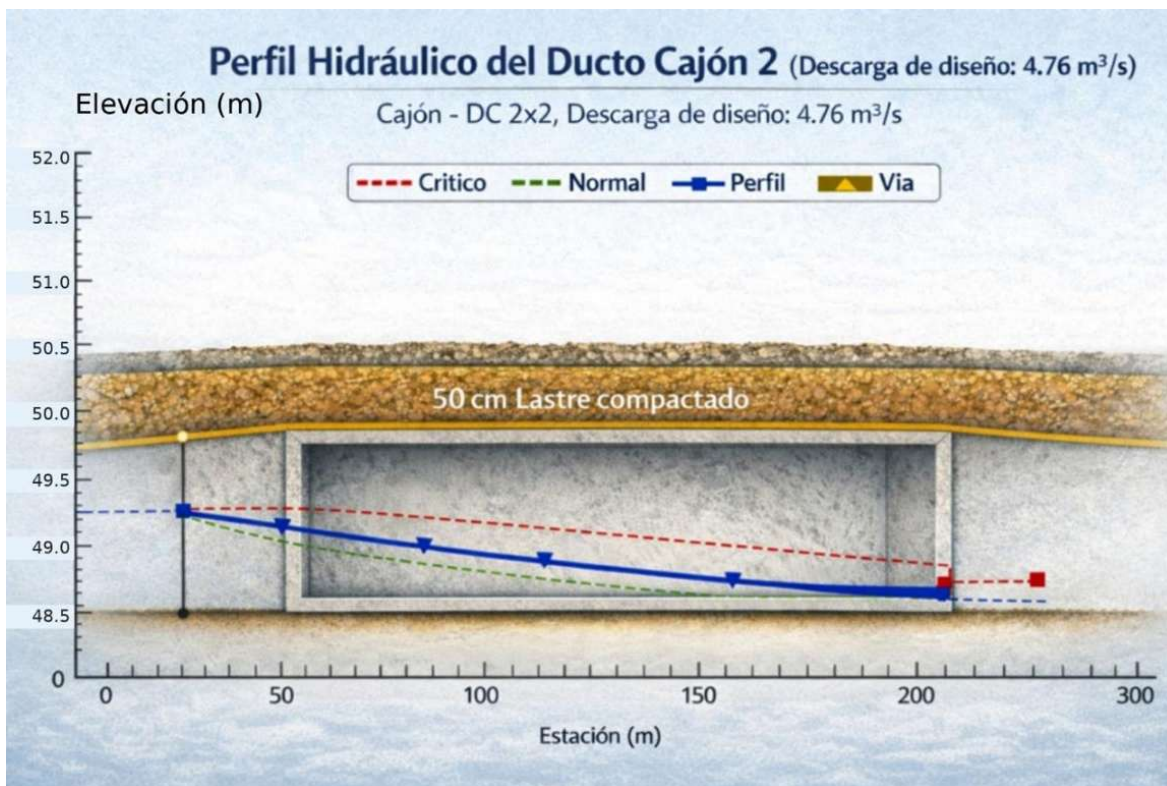
**Tabla 3.10**

Tabla resumen de parámetros Ducto Cajón 2. Elaboración: Modelo computacional en HY8.

Descarga [m ³ /s]	Tirante en entrada [m]	Relación de llenado	Tipo de flujo	Velocidad de salida [m/s]
0.00	0.00	0.00	0-NF	0.00
0.50	0.29	0.14	1-S2n	0.64
1.00	0.46	0.23	1-S2n	0.80
1.50	0.60	0.30	1-S2n	0.91

2.00	0.73	0.36	1-S2n	0.99
2.50	0.84	0.42	1-S2n	1.06
3.00	0.95	0.48	1-S2n	1.12
3.50	1.06	0.53	1-S2n	1.17
4.00	1.16	0.58	1-S2n	1.22
4.76	1.30	0.65	1-S2n	1.28
5.00	1.34	0.67	1-S2n	1.30

3.5.2 Muros de ala

Para la geometría de estos elementos se tuvo en consideración el sentido del flujo entrante y las dimensiones de los elementos de la red que interactúan. El Ducto cajón 1 cuenta con un caudal de 1.09 m³/s y tiene un ángulo de 90 grados con respecto al flujo de agua entrante, por lo que el muro de ala adquiere un rol hidráulico relevante. Esto sirve para redirigir el flujo en la dirección correcta hasta que cruce la vía y a su vez, proteger al ducto cajón de erosión local provocada por turbulencias generadas en este cambio de dirección. Para este caso, se proponen muros de ala divergentes y extendido con una inclinación de 30 grados, de manera que permiten el ingreso del flujo de agua de manera progresiva.

En cuanto al Ducto cajón 2, este transporta un caudal significativamente mayor de 4.76 m³/s, lo que requirió una sección de diseño de 2 x 2 metros. Para este caso, la entrada se encuentra alineada al flujo de agua entrante, por lo que se sugiere un ángulo para los muros de ala de 15 grados de inclinación. Valor estándar teniendo en cuenta la poca perturbación del flujo y los resultados del HY8. En cuanto a la salida, se tiene un esviaje de 30 grados con respecto al canal receptor del Ducto Cajón 2 y la geometría de los muros de ala tienen en consideración al

canal que transporta el agua a la intersección de estos elementos. La geometría de ambos casos se puede ver en Anexos Planos A.4.

Las condiciones del terreno y del comportamiento del agua exigen de un buen material en el canal receptor (referido como canal comunitario) debido al impacto generado por la salida del agua en el margen opuesto del canal. Por esta razón, se propone un ángulo de 30 grados con respecto al eje de este canal comunitario además de su respectiva protección con geo estera para reducir la energía del flujo. Luego de la colocación de los ductos cajón prefabricados es necesario colar en sitio el muro cabezal, que va a ayudar a contener las capas de suelo sobre los ductos cajón. Para el diseño de los muros cabezal y los muros de ala, se tomó como guía el Reporte de Diseño Estructural para Alcantarillas publicado por (FHWA, 1983).

Este documento tiene en cuenta esfuerzos producidos por las fuerzas activas con el método de Rankine y capacidad portante del suelo, resistencia a la tracción producto del flujo de agua, y efectos de retracción por temperatura para la propuesta del acero estructural. Además, hace consideraciones conservadoras para los muros de ala, siendo estos diseñados como muros de contención en voladizo. (Cantiliver). En el apéndice G de esta norma se muestra una tabla que propone longitudes, cantidades y diámetros de acero según la altura de suelo a contener. Los planos estructurales se encuentran en la sección de anexos, ver Planos A.4.

Figura 3.6

Vista en planta de la entrada y salida del Ducto Cajón 1.



3.6 Muro de contención en voladizo

Para el diseño del muro de contención, se utilizó el método de Rankine para la estimación de las fuerzas producidas por los estratos de manera activa y pasiva. Además, para el predimensionamiento y elección del tipo de muro a utilizar, se establecieron valores según establece (Das, B., 1999). Estos valores fueron referenciales y ayudaron a obtener el diseño final que cumple con las condiciones de volteo, deslizamiento y capacidad de carga. La normativa ecuatoriana NEC-SE-GC referente a geotecnia y cimentaciones establece valores de factor de seguridad F.S. de diseño que debe cumplir el elemento en la Tabla 3.11. Además, se presenta en la Figura 3.6 un diagrama de cuerpo libre donde se enlistan las fuerzas actuantes en el diseño, consideraciones de carga, y geometría.

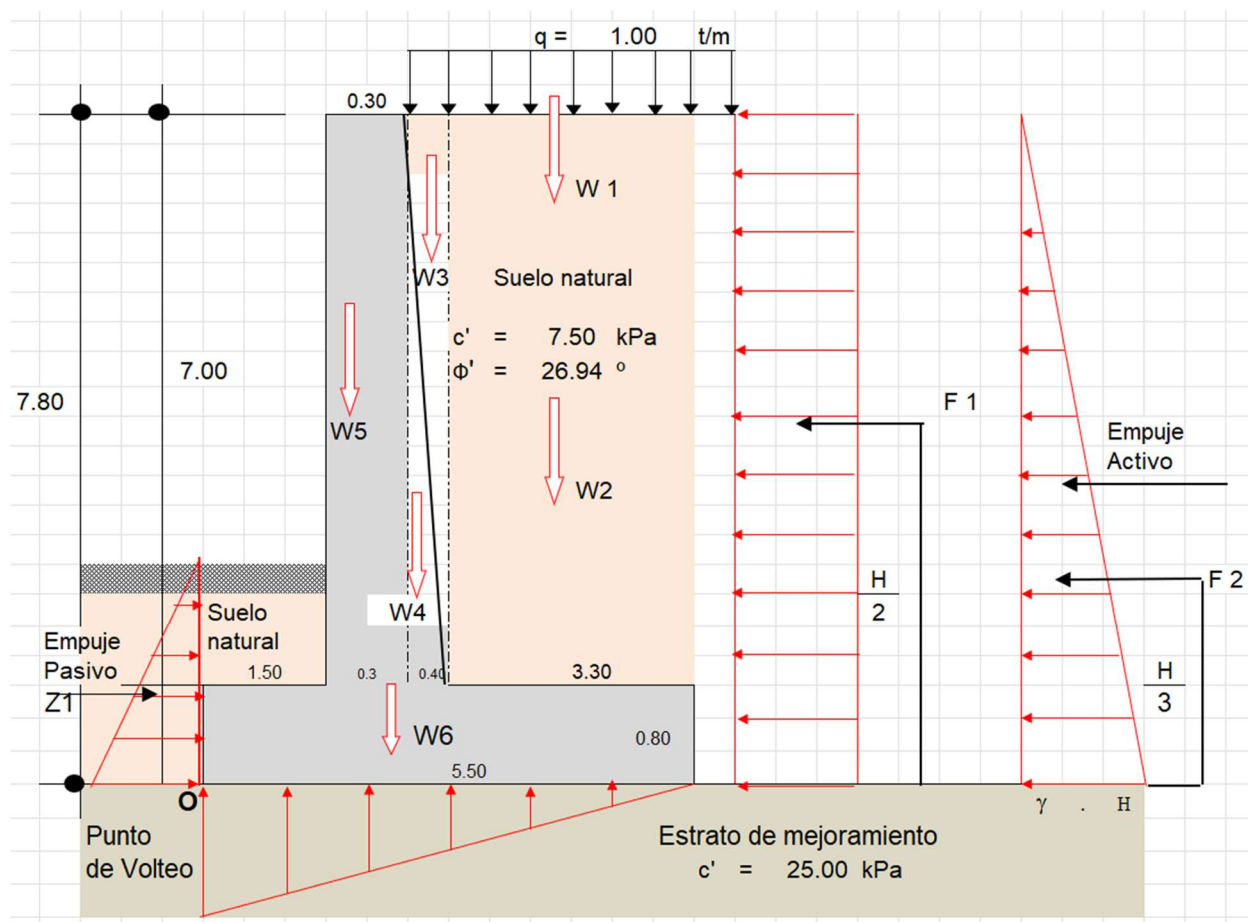
Tabla 3.11

Valores de Factor de seguridad para distintas condiciones según NEC-SE-GC.

Condición	Construcción	Estático	Sismo	Pseudo estático
Deslizamiento	1.6	1.6	Diseño	1.05
Volcamiento	3	3	Diseño	2

Figura 3.7

Diagrama de cuerpo libre del muro de contención.



Con el método de Rankine se calcularon los coeficientes de movimiento activo y pasivo del suelo para poder determinar las fuerzas horizontales que actúan en el muro a partir del esfuerzo generado por las fuerzas gravitacionales (W). El resultado de este cálculo se presenta en la Tabla 3.12. Lo siguiente es probar que el muro cumpla con la estabilidad la estabilidad por volteo, asegurando que el momento resistente total sea mínimo 3 veces mayor al momento actuante total (momento en sentido horario y antihorario al punto O respectivamente). La Tabla 3.13 y la Tabla 3.14 muestran estos resultados. Para el armado estructural de este muro, se tomó como guía el libro ya citado en el apartado de muros de ala y su distribución se puede ver en Anexos.

Tabla 3.12

Cálculo de cargas generadas por metro lineal.

Fuerza	Carga [kg/m³]	Área de aporte [m²]	Carga [kg]
W1	1000	3.7	3700
W2	1700	23.1	39270
W3	1700	1.4	2380
W4	2400	1.4	3360
W5	2400	2.1	5040
W6	2400	4.4	10560
Total			64310

Tabla 3.13*Momentos estabilizadores calculados (sentido horario).*

Fuerza	Carga [kg]	Brazo [m]	Momento [kg-m]
W1	3700	3.65	13505
W2	39270	3.85	151189.5
W3	2380	2.07	4926.6
W4	3360	1.93	6484.8
W5	5040	1.65	8316
W6	10560	2.75	29040
$\sum F_v$	64310	$\sum MF_v$	213461.9

Tabla 3.14*Momentos desestabilizadores calculados (sentido antihorario).*

Fuerza	Carga [kg]	Brazo [m]	Momento [kg-m]
F1	2936	3.50	10276
F2	19466	2.60	50611.6
$\sum F_h$	22402	$\sum MF_h$	60887.6

Se comprueba que cumple con este criterio a través de la siguiente expresión.

$$F_s V = \frac{213.47 \text{ ton} - m}{60.89 \text{ ton} - m} = 3.51 > 3 \quad \text{CUMPLE}$$

Para la prueba por deslizamiento, es necesario determinar los factores activos y pasivos de aporte del suelo. Siguiendo la teoría de Rankine, se usaron las siguientes ecuaciones que obtuvieron los siguientes valores:

Para el coeficiente activo:

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right); \phi' = 26.94^\circ; K_a = 0.38$$

Para el coeficiente pasivo:

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right); \phi' = 26.94^\circ; K_p = 7.48$$

De esta manera, se obtuvieron los resultados de las fuerzas activas y pasivas que afectan al muro de contención.

Tabla 3.15

Fuerzas de deslizamiento activas.

Peso	Carga [kg]	Ka	Fuerza [kg]
F1	2936	0.38	1115.68
F2	19466	0.38	7397.08
$\sum Fa$	22402	$Ka * \sum Fa$	8512.76

Tabla 3.16*Fuerzas de deslizamiento pasivas.*

Peso	Carga [kg]	Kp	Fuerza [kg]
Z1	4420	7.48	33061.60
$\sum F_p$	4420	$K_p * \sum F_p$	33061.60

Se comprueba que cumple con este criterio a través de la siguiente expresión.

$$F_s D = \frac{33.06 \text{ ton}}{8.51 \text{ ton}} = 3.92 > 1.6 \quad \text{CUMPLE}$$

3.7 Reparación de sección de vía

Durante la inspección del sitio, se constató que hay una sección de la estructura de pavimento existente que ya ha sido afectado por la precipitación. Esta falla presente en la Figura 3.7 es típica de una falla estructural de pavimento y se la conoce como piel de cocodrilo por su forma característica de escamas. Principalmente se debe a un deterioro de las propiedades físicas de la capa subyacente al pavimento. Este deterioro es producto de la infiltración del agua hacia la estructura del pavimento por acción de capilaridad. Por esta razón, y aprovechando la necesidad de un cruce de agua de lado a lado de la vía, se planteó el cruce del agua por medio de un ducto cajón (referido como Ducto Cajón 1) en esta sección afectada en las coordenadas mostradas, aprovechando así esta estructura diseñada para el paso de vehículos sobre su lomo.

Figura 3.8

Falla estructural en vía de entrada a comuna Loma Alta.



Debido a la falta de datos, se recurrió a la normativa NEVI-12, Volumen 2 Libro A (MTO, 2013). Este detalla una estimación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) según la clasificación funcional de la vía, presentes en la Tabla 3179. Según esta clasificación, y los criterios proporcionados en esta normativa, se escogió la clasificación C2 (equivalente a una carretera convencional básica) con un TPDA de 500 vehículos. Para el cálculo de los ejes de carga acumulados, ESAL, se escogió: (i) un periodo de diseño de 20 años para proyecto de rehabilitación y mejoras, (ii) un camión tipo 2DB según la clasificación del MOP (ver Figura

3.8) para determinar los pesos por eje, y (iii) los factores de direccionalidad y crecimiento de flota (10% anual). Los datos usados para el diseño fueron los mostrados en la Tabla 3.18.

Tabla 3.17

Clasificación funcional de las vías según su TPDA. Fuente: MTOP (2013).

Clasificación funcional	TPDA	TPDA
	(Límite inferior)	(Límite superior)
AP2	80000	120000
AP1	50000	80000
AV2	26000	50000
AV1	8000	26000
C1	1000	8000
C2	500	1000
C3	0	500

Figura 3.9

Dimensiones y pesos de camiones característicos de flota de camiones ecuatoriana.

CUADRO DEMOSTRATIVO DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				largo	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		

Tabla 3.18

Datos para la reparación de tramo de vía sobre Ducto cajón.

Longitud: 6 m	Dato	Referencia
Tipo de Vía	Local (Rural)	Dada por funcionalidad
Periodo de diseño (años)	20	
Ejes acumulados 8,2 ton	6.65E+05	
Confiabilidad %	60	Confiabilidad 60% como valor medio
Desviación estándar So	0.49	Por tabla AASHTO

Módulo subrasante [psi]	2900000	Se asume subrasante y subbase como concreto del Ducto Cajón
Módulo Relleno [psi]	13050	Se asumen valores típicos de 20% CBR según norma MOP
Módulo capa asfáltica [psi]	3497400	Dado por mercado local
Serviciabilidad inicial	4.2	Por apartado 8.2.5 de la AASHTO de valores recomendados de P0 y Pf
Serviciabilidad final	2.5	Por apartado 8.2.5 de la AASHTO de valores recomendados de P0 y Pf
Pérdida total de PSI	1.7	

A través del uso del software de AASHTO 93, se pudo obtener los siguientes coeficientes estructurales necesarios para el cumplimiento de la estructura de pavimento. A continuación, los resultados del uso del software (Figura 3.9 y 3.10) y un esquema de las capas de la estructura de pavimento (Figura 3.11), donde se muestra que la capacidad del hormigón para resistir las cargas acumuladas basta y sobra para poder facilitar el desplazamiento de vehículos. Una vez conformado los canales y asegurando que el agua sea conducida sin humedecer en exceso la nueva estructura, se decidió reutilizar los escombros del pavimento retirado para el relleno. De esta manera, los espesores compactados fueron propuestos principalmente para llegar a la cota de la rasante de la vía existente.

Figura 3.10

Cálculo de número estructural con software AASHTO 93 para carpeta asfáltica.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '60 % Zr=-0.253' and 'So = 0.49'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2.5'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 13050 psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 = 665000' displayed. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 2.21'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Figura 3.11

Cálculo de número estructural con software AASHTO 93 para material de relleno.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '60 % Zr=-0.253' and 'So = 0.49'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2.5'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 2900000 psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 = 665000' displayed. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 0.01'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Figura 3.12

Esquema de capas de estructura de pavimento.

h = 5 cm	Sn efectivo = 0.82	CAPA ASFÁLTICA	SN = 2.39
h = 45 cm	Sn efectivo = 1.57	Relleno	
Sn requerido = 0,01		Hormigón f'c = 280 kg/cm2	Hormigón

La Figura 3.11 muestra el número estructural efectivo de la estructura. Por esta razón se propuso una combinación de capas que con sus características cumplan con esta demanda estructural. Debido a que el Ducto cajón necesita un mínimo de aporte estructural para aguantar la carga de ejes acumulada, se decidió mantener al mínimo de espesor la carpeta asfáltica debido a la importancia de la vía. Además, se realizó un proceso similar para la parte de la sección de vía que no está posada sobre el ducto cajón y que también necesita una rehabilitación. Los resultados y parámetros de entrada se muestran a continuación. Una vista en perfil de esta estructura vial se puede ver en anexos, Planos A.5.

Tabla 3.19

Datos para la reparación de tramo de vía deteriorada.

Longitud: 14 m	Dato	Referencia
Tipo de Vía	Local (Rural)	Dada por funcionalidad
Periodo de diseño (años)	20	
Ejes acumulados 8,2 ton	6.65E+05	
Confiabilidad %	60	Confiabilidad 60% como valor medio
Desviación estándar So	0.49	Por tabla AASHTO

Módulo subrasante [psi]	18000	Se asume subrasante con suelo bien compactado CBR 20%
Módulo Relleno [psi]	28500	Se asumen valores típicos de 80% CBR según norma MOP
Módulo capa asfáltica [psi]	435000	Dado por mercado local
Serviciabilidad inicial	4.2	Por apartado 8.2.5 de la AASHTO de valores recomendados de P0 y Pf
Serviciabilidad final	2.5	Por apartado 8.2.5 de la AASHTO de valores recomendados de P0 y Pf
Pérdida total de PSI	1.7	

Figura 3.12

Cálculo de número estructural con software AASHTO 93 para carpeta asfáltica.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '60 % Zr=-0.253' and a text box for 'So' with the value '0.49'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.5).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '28500 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - [Cd]'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. Below 'Calcular SN', the text 'W18 = 665000' is displayed.
- Número Estructural:** A text box showing 'SN = 1.62'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Figura 3.13

Cálculo de número estructural con software AASHTO 93 para material de relleno.

Figura 3.14

Esquema de capas de estructura de pavimento.

h = 10 cm	Sn efectivo = 1.63	Capa asfáltica	SN = 3.94
h = 45 cm	Sn efectivo = 2.30	Base CBR 80%	
Sn requerido = 1.95		Subrasante compactada	

3.8 Diseño de subdrenes

La vía de acceso a la comunidad de Loma Alta constituye un elemento fundamental para la conectividad, movilidad y desarrollo socioeconómico de la población. Sin embargo, a pesar de tratarse de una vía con pavimento flexible cuya antigüedad es menor a cinco años, se evidencian

deterioros prematuros tales como fisuración tipo piel de cocodrilo, deformaciones superficiales y pérdida progresiva de la capacidad estructural como en la Figura 3.8.

Este comportamiento anómalo se asocia principalmente a la saturación de la subrasante y a la presencia de agua infiltrada en las capas inferiores de la estructura vial. En este contexto, la implementación de un sistema de subdrenaje resulta indispensable para proteger la vía existente, prolongar su vida útil y evitar intervenciones correctivas recurrentes. El subdrenaje permite interceptar y evacuar el agua infiltrada antes de que esta afecte la subrasante, mitigando así los efectos negativos asociados a la saturación del suelo (FHWA, 1995).

El diseño del sistema de subdrenes tiene como objetivo principal controlar el flujo subterráneo y el agua infiltrada en la estructura de la vía de Loma Alta, reduciendo la saturación de la subrasante y mejorando el comportamiento estructural del pavimento flexible. De manera complementaria, el sistema contribuye a disminuir los procesos de erosión interna, Deformaciones permanentes y fallas prematuras del pavimento.

El diseño del sistema de subdrenaje se desarrolló siguiendo una metodología técnica que comprende: identificación de los sectores críticos de la vía donde se requiere la captación de agua, estimación del caudal de diseño, selección del geotextil como medio filtrante, verificación de criterios de retención, permeabilidad y colmatación, determinación del número de geo-redes necesarias y definición del sistema de evacuación de los líquidos captados.

Los subdrenes se disponen de forma que intercepten el flujo subterráneo lo más perpendicular posible a su dirección principal, optimizando la eficiencia hidráulica del sistema y reduciendo el tiempo de permanencia del agua en la estructura del pavimento (Cedergren, 1987). El caudal de diseño del sistema de subdrenaje se estimó considerando los aportes generados por la

infiltración del agua de lluvia y el abatimiento del nivel freático, de acuerdo con los criterios recomendados para subdrenes en vías con pavimento flexible (Koerner, 1994).

$$Q_d = Q_{Infiltración} + Q_{Abatimiento} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Donde:

- Caudal por infiltración $Q_{Infiltración} \left[\frac{m^3}{s} \right]$
- Caudal por abatimiento del nivel freático $Q_{Abatimiento}$ o $Q_{Nf} \left[\frac{m^3}{s} \right]$
- Caudal total de diseño: $Q_d \left[\frac{m^3}{s} \right]$

El caudal correspondiente a la infiltración:

$$Q_{Infiltración} = I_A \times B \times L \times F_i \times F_R \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Donde:

- I_A es la precipitación máxima horaria de frecuencia anual, 379.19 [mm/h]
- B es la mitad del ancho de la vía, 2.5 [m]
- L es la longitud del tramo del subdren [m]
- F_i Factor de infiltración, Tabla 3.5.2.
- F_R Factor de retención de la capa granular, Tabla 3.5.3.

Tabla 3.20

Valores recomendados para F_i . Fuente: PAVCO.

Tipo de carpeta	F_i
-----------------	-------

Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0.3
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.4
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0.5
Carpeta de concreto de cemento Portland	0.67

Se escogió un F_i de 0.4 debido a que la carpeta asfáltica de la vía de entrada de Loma Alta no se encuentra en perfectas condiciones.

Tabla 3.21

Valores recomendados para F_r . Fuente: PAVCO.

Tipo de base	F_r
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o más	1/4
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o más	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	1/2

El caudal correspondiente al nivel freático es el siguiente:

$$Q_{Nf} = K \times i \times A_a \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Donde:

- K es el coeficiente de permeabilidad del suelo 1×10^{-6} [m/s]

Y la variables i , gradiente hidráulico [m] y A_a , área efectiva para el caso de abatimiento del nivel freático [m²], se definen de la siguiente manera:

$$i = \frac{(N_d - N_r)}{B}$$

$$A_a = (N_d - N_r) \times L \text{ [m}^2\text{]}$$

Donde:

- N_d es la cota del subdren [m]
- N_r es la cota del nivel freático, 50 [m]

La longitud de los tramos de subdrenaje fue definida considerando la capacidad hidráulica del sistema y la necesidad de garantizar una evacuación eficiente del agua a lo largo de la vía. La disposición de los subdrenes busca evitar la acumulación de humedad en la subrasante y proteger el paquete estructural del pavimento flexible.

Tabla 3.22

Valores necesarios para el cálculo de los caudales de diseño.

Tramo	Longitud (m)	Cota de inicio de tramo (m)	Cota de fin de tramo (m)	Fi	Fr
1	47	80.33	79.86	0.4	0.33
2	47	76.04	75.57		
3	39.4	73.10	72.71		
4	43.8	67.58	67.14		

5	43.8	63.36	67.92
6	51.76	57.73	57.21
7	47	80.13	79.66
8	47	75.78	75.37
9	36.9	72.83	72.46
10	47.1	67.28	66.81
11	40.1	63.08	62.68
12	52.2	57.42	56.90
13	38.7	56.72	56.52
14	107	51.85	51.32

Tabla 3.23

Valores necesarios para el cálculo de los caudales de diseño.

Tramo	Qinf [m ³ /s]	Qnf [m ³ /s]	Qd [m ³ /s]	Qd [cm ³ /s]	Qd x10 ³ [m ³ /s]
1	1.6 E-03	4.2E-06	1.6E-03	1637.8	1.6
2	1.6 E-03	4.2E-06	1.6E-03	1637.8	1.6
3	1.4 E-03	2.4E-06	1.4E-03	1371.9	1.4
4	1.5 E-03	3.4E-06	1.5E-03	1525.8	1.5
5	1.5 E-03	3.6E-04	1.9E-03	1886.8	1.9

6	1.8 E-03	5.6E-06	1.8E-03	1804.7	1.8
7	1.6 E-03	4.2E-06	1.6E-03	1637.8	1.6
8	1.6 E-03	3.2E-06	1.6E-03	1636.8	1.6
9	1.3 E-03	2.0E-06	1.3E-03	1284.6	1.3
10	1.6 E-03	4.2E-06	1.6E-03	1641.3	1.6
11	1.4 E-03	2.6E-06	1.4E-03	1396.4	1.4
12	1.8 E-03	5.6E-06	1.8E-03	1820.1	1.8
13	1.3 E-03	6.2E-07	1.3E-03	1345.8	1.3
14	3.7 E-03	1.2E-05	3.7E-03	3731.2	3.7

La muestra de suelo fue inicialmente sometida a un proceso de lavado mediante el tamiz No. 200, con el fin de eliminar la fracción fina y evaluar la aptitud del material como medio drenante. Del peso original de 1 000 g se obtuvo un peso lavado de 836.12 g, correspondiente a la fracción gruesa del suelo. Posteriormente, el material fue tamizado entre los tamices 1½" y No. 200, obteniéndose un contenido de finos residual de 1.91 g, equivalente al 0.23 % del peso lavado.

A partir de la curva granulométrica del material lavado se determinó los parámetros característicos del tamaño de partículas, obteniéndose los siguientes valores:

- $D_{10} = 0.46$ mm
- $D_{15} = 0.72$ mm
- $D_{60} = 9.47$ mm
- $D_{85} = 19.92$ mm

El coeficiente de uniformidad calculado fue $C_u = 21.3$, lo que indica una amplia distribución granulométrica y una elevada capacidad de drenaje. Estos resultados confirman que el material es altamente permeable y apto para su uso como medio drenante en sistemas de subdrenaje. Considerando condiciones de flujo crítico, gradientes hidráulicos elevados y la necesidad de un desempeño adecuado a largo plazo, se aplica el criterio de Carroll (1983) y Christopher y Holtz (1985), el cual establece que la permeabilidad del geotextil debe ser significativamente mayor que la del suelo adyacente, reduciendo el riesgo de taponamiento y pérdida de eficiencia hidráulica.

$$TAA < D_{85} \times B$$

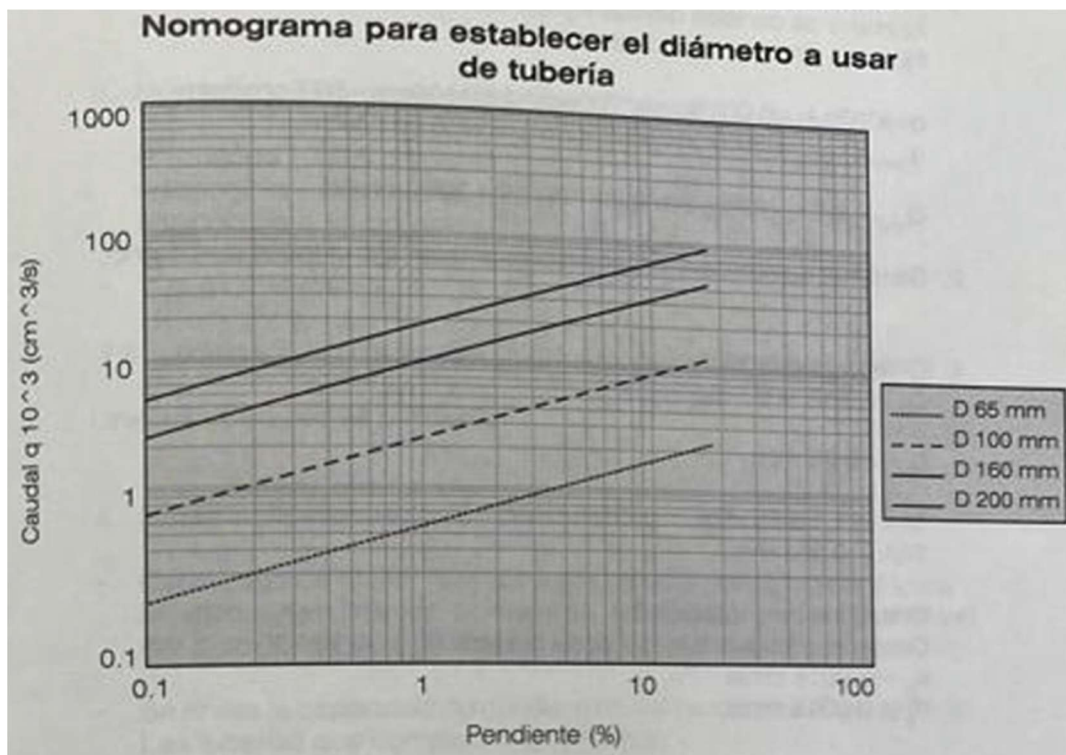
Donde:

- TAA es el tamaño de la apertura del geotextil, 1 [mm]
- B es un coeficiente que varía entre 1 y 3 dependiendo del tipo de suelo a filtrar, de las condiciones de flujo y del tipo de geotextil.

Debido a que los suelos presentes en Loma Alta son predominantemente finos, para prevenir, se selecciona un geotextil no tejido punzonado por agujas, adoptando un coeficiente $B = 3$, conforme a los criterios de filtración para suelos finos y al alto riesgo de colmatación asociado a este tipo de materiales. Y luego de la operación, se puede confirmar que verificación se cumple. El sistema de evacuación está conformado por un tubo colector perforado integrado al subdren, cuya función es captar y conducir el caudal generado hacia puntos seguros de descarga. El diámetro del tubo y la pendiente longitudinal fueron definidos para garantizar una capacidad de conducción suficiente.

Figura 3.15

Nomograma para el cálculo de diámetro de tubería a usar. Fuente: Lawson (1982).

**Tabla 3.14**

Diámetros de tuberías para sistema de subdrenaje.

Tramo	Longitud (m)	Cota de inicio de tramo (m)	Cota de fin de tramo (m)	Pendiente por tramo [%]	Diámetro de tubería [mm]
1	47	80.33	79.86	1	160
2	47	76.04	75.57	1	160
3	39.4	73.10	72.71	1	160
4	43.8	67.58	67.14	1	160
5	43.8	63.36	67.92	1	160

6	51.76	57.73	57.21	1	160
7	47	80.13	79.66	1	160
8	47	75.78	75.37	1	160
9	36.9	72.83	72.46	1	160
10	47.1	67.28	66.81	1	160
11	40.1	63.08	62.68	1	160
12	52.2	57.42	56.90	1	160
13	38.7	56.72	56.52	0.5	160
14	107	51.85	51.32	0.5	160

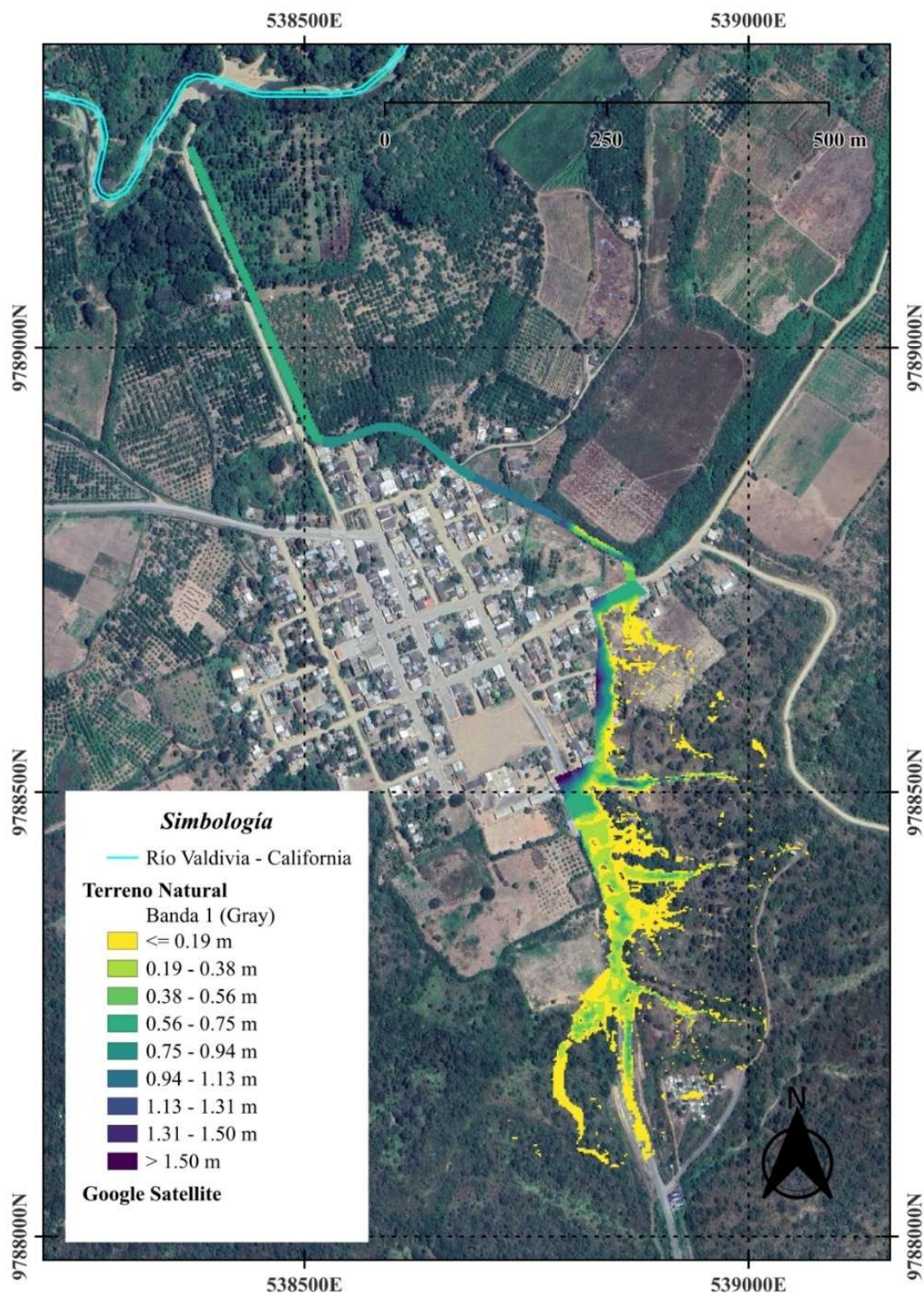
3.9 Modelado de solución

En este apartado, se evaluó la eficiencia que tuvo la solución propuesta obtenida mediante hojas de cálculo y todas las consideraciones descritas en apartados anteriores. Este modelo de Hec-Ras fue una etapa fundamental para poder seguir con el proceso de cronograma y presupuesto. Una vez con la superficie creada en Civil 3D a través de alineaciones y ensamblajes con las dimensiones calculadas, se puede definir el perímetro y el área para el modelo.

Específicamente, el alcance que tuvo el proyecto fue el de proponer una solución para el empozamiento que se produce únicamente en la vía de entrada. Por esta razón, se dejó fuera a la parte de la ciudad, pues este necesitaría un sistema de agua lluvia propio. A continuación, en la Figura 3.16, se muestra la película de agua generada cuando actúa el terreno natural, sin ningún canal.

Figura 3.16

Mancha de agua de Comuna Loma alta con terreno natural. T = 50 años.



Teniendo con qué comparar, se modeló la solución con la superficie que contiene a los canales. La Figura 3.17 muestra el terreno natural y cómo el agua se comporta con este. Por otro lado, la Figura 3.18 muestra una elevación en este tramo de 50 cm, consideración que se hizo a partir de lo visto en el terreno, donde la municipalidad del cantón decidió arreglar esta vía.

A pesar de esto, se constató que esta buena intención no hizo más que perjudicar a aquellos moradores de la zona debido a que genera capas de lluvia más grandes que si no hubiera esta elevación (alrededor de 20 cm más de columna de agua). Sin embargo, las modelaciones muestran cómo la red de canales ayuda a aliviar y conducir el agua hasta el río. Por esta razón, la red propuesta se da como una solución válida al problema.

Figura 3.17

Mancha de agua de Comuna Loma alta con terreno natural sobre Ducto cajón 2.

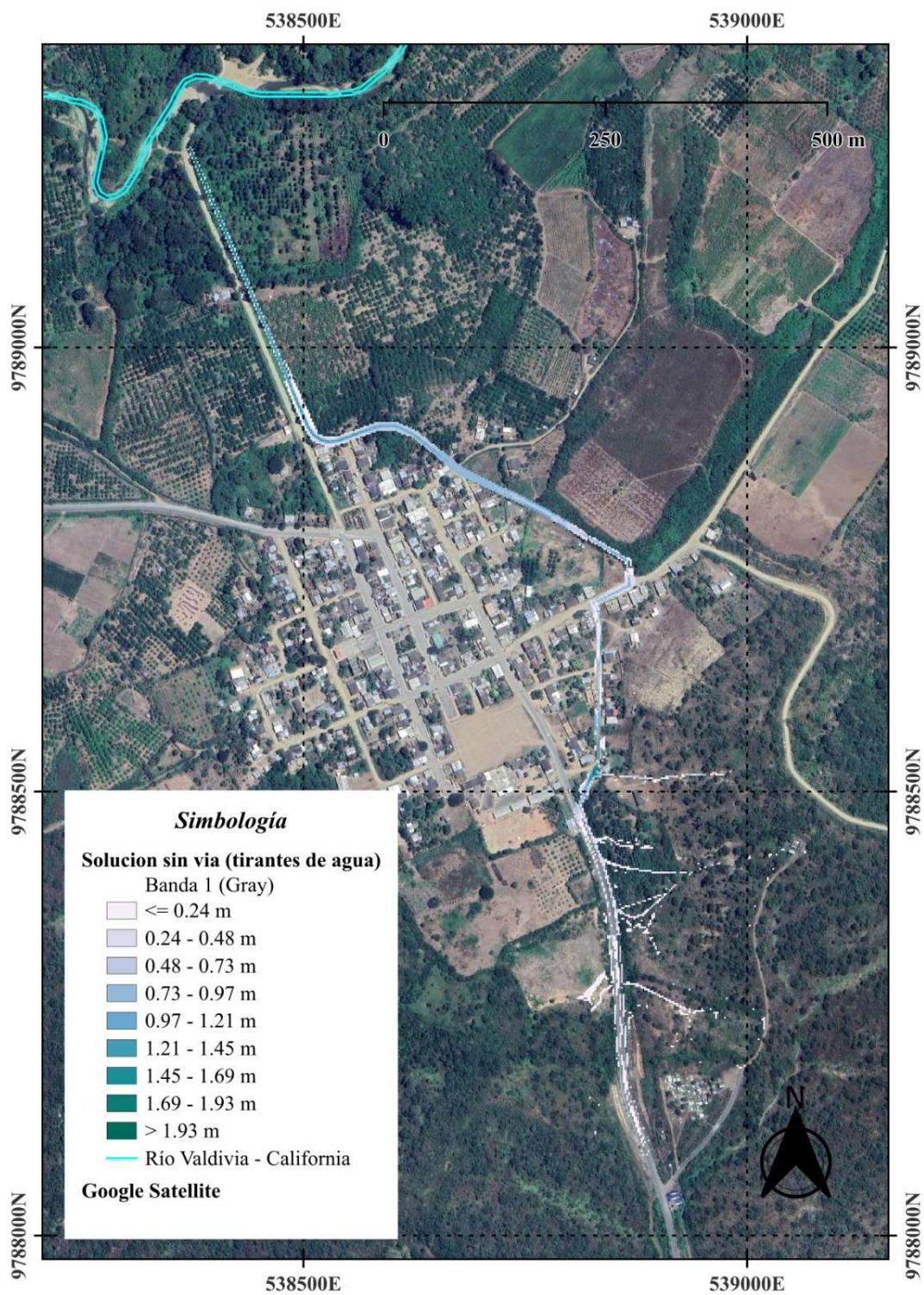
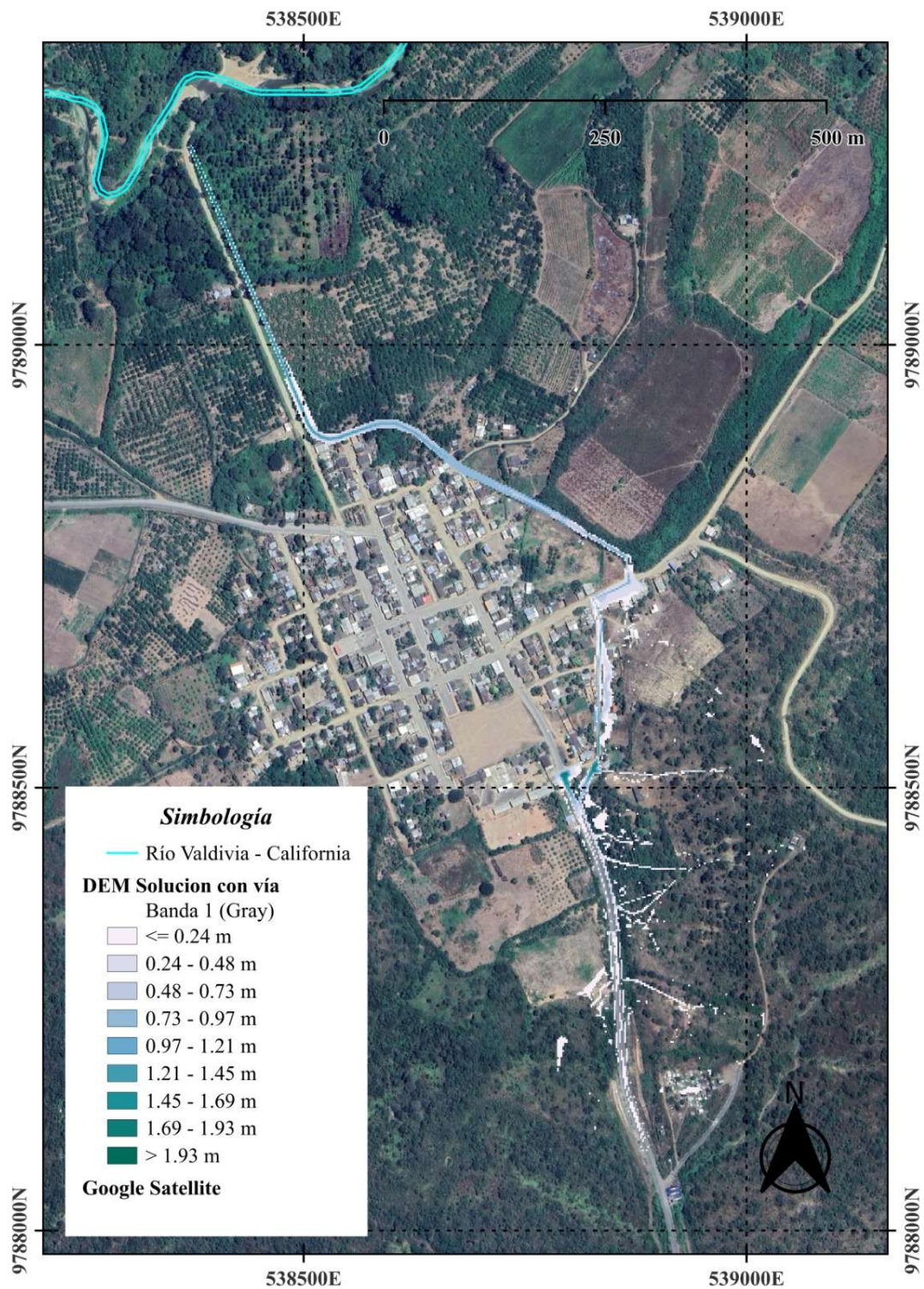


Figura 3.18

Mancha de agua de Comuna Loma alta con 50 cm de capa de lastre sobre Ducto cajón 2.



Capítulo 4

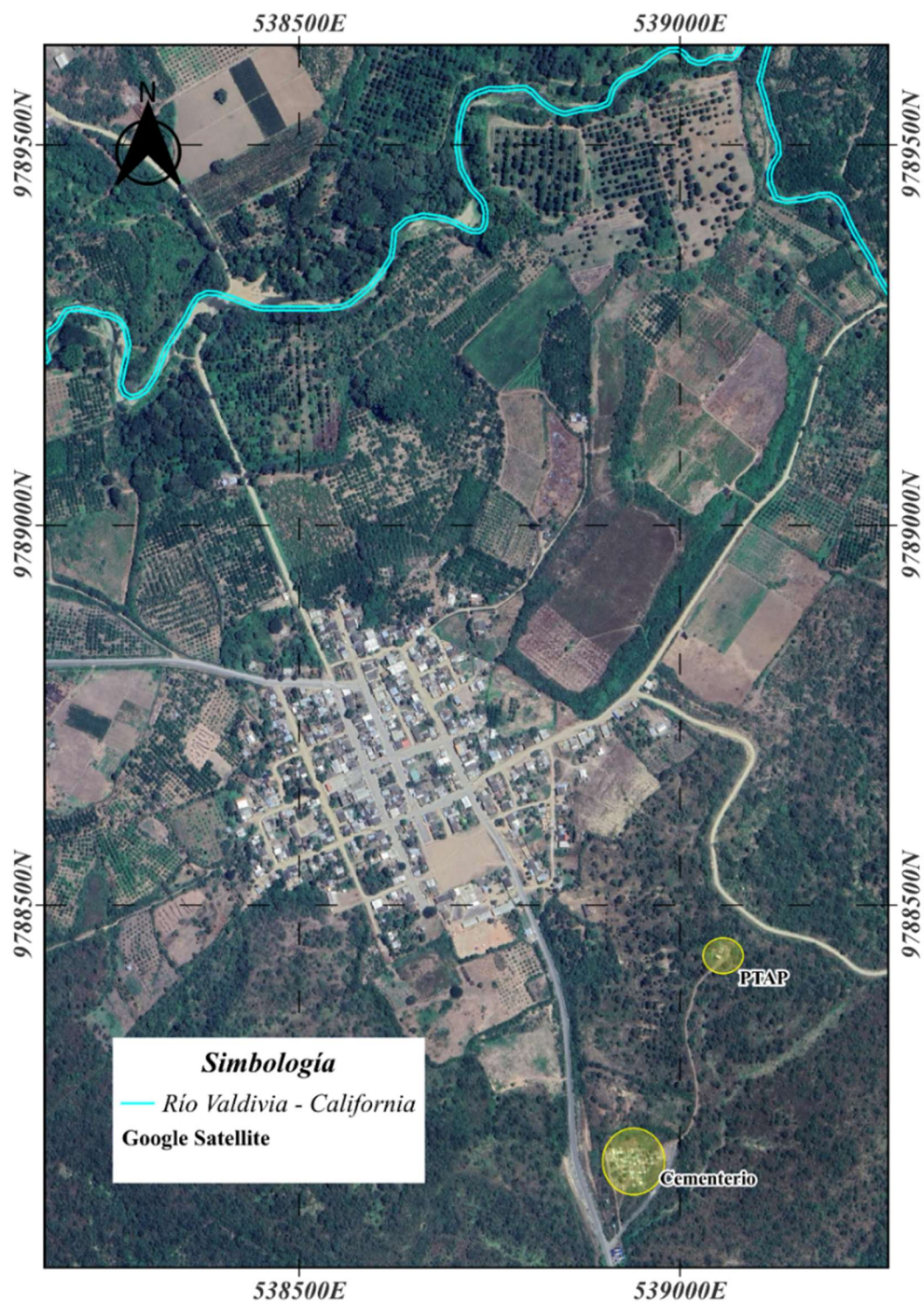
4. Análisis de Impacto Ambiental

4.1 Descripción del proyecto

La ejecución del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es fundamental para el proyecto ya que permite evaluar la compatibilidad de la propuesta de drenaje y protección de taludes con un bosque de alto valor ecológico y que se encuentra bajo gestión comunitaria, como lo es en Loma Alta (Figura 4.1). El EIA constituye una herramienta técnica indispensable que sustenta que la solución planteada puede ejecutarse sin comprometer el equilibrio del ecosistema del sector. Asimismo, posibilita identificar impactos potenciales, definir medidas de prevención y mitigación, y respaldar la viabilidad ambiental del proyecto, considerando las condiciones físicas del entorno y la necesidad de coordinación con la comunidad local. De esta forma, se garantiza que las decisiones técnicas no solo respondan a criterios hidráulicos y geotécnicos, sino que también minimicen riesgos ambientales y refuercen la sostenibilidad del proyecto.

Figura 4.1

Ubicación del área de estudio “Loma Alta”.



Respecto al aporte a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la investigación se alinea directamente con el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), al promover infraestructuras que mejoren el manejo del recurso hídrico y reduzcan riesgos asociados a la calidad del agua. También se vincula con el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), al plantear soluciones que fortalecen la resiliencia de la infraestructura local frente a eventos climáticos más intensos. El ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) se integra al incorporar criterios ambientales que favorecen un desarrollo seguro y ordenado para una comunidad que depende de su infraestructura básica. Finalmente, el ODS 13 (Acción por el clima) se refleja en la consideración de medidas de adaptación frente a patrones cambiantes de precipitación y a la necesidad de planificar obras que respondan a escenarios climáticos variables. En síntesis, el estudio busca asegurar que las intervenciones propuestas sean ambientalmente responsables y contribuyan a un desarrollo sostenible para Loma Alta.

4.2 Línea base ambiental

El área de estudio (Figura 2.1) se ubica en la cordillera Chongón - Colonche, dentro de un entorno rural con topografía montañosa e irregular donde predominan pendientes fuertes y zonas bajas que funcionan como puntos naturales de concentración de escorrentía superficial. La caracterización ambiental presentada a continuación se basa en información secundaria disponible y en observaciones directas realizadas durante una visita de campo al sitio del proyecto.

4.2.1 Territorio

El proyecto se ubica en la comuna Loma Alta en la provincia de Santa Elena, dentro del cantón Santa Elena y de la parroquia Colonche, a menos de un kilómetro del río Valdivia-

California. El área corresponde a un uso de suelo predominantemente rural, con infraestructura vial básica y un sistema de abastecimiento de agua potable. Tiene una vía de entrada pavimentada de asfalto que se encuentra a un nivel más alto respecto a la zona poblada. La comuna cuenta con un cementerio propio y cerca de esta sobre una montaña, la planta de tratamiento de agua potable (Figura 4.1). Durante la visita de campo, se constató que la zona de intervención se desarrolla sobre áreas previamente modificadas por actividades antrópicas, principalmente relacionadas con tránsito vehicular, mantenimiento de la vía y uso agrícola de pequeña escala.

4.2.2 Suelo

El suelo presente está conformado principalmente por suelos franco - arcillosos poco profundos, con presencia de arcillas de plasticidad alta, arenas y gravas. De acuerdo con lo observado en sitio, hay presencia de cobertura vegetal discontinua y sectores con suelo expuesto, especialmente en taludes y bordes de la vía, lo que influye en la dinámica superficial del terreno. Este tipo de suelos es característico de la cordillera Chongón - Colonche y presenta una vulnerabilidad natural frente a procesos de erosión hídrica cuando se encuentra saturado (MAE, 2013).

4.2.3 Clima

El clima es árido a semiárido, con una temporada lluviosa corta pero intensa entre enero y mayo. Estas condiciones son típicas de la región Costa del Ecuador, con una marcada época de lluvia al inicio del año y una seca en mayoría del resto del año. Este patrón climático condiciona la aparición de escorrentía superficial concentrada durante eventos intensos, especialmente en zonas bajas con pendientes pronunciadas alrededor y una baja capacidad de infiltración.

4.2.4 Hidrología y agua

El componente hídrico está influenciado por la cuenca del río Valdivia - California, un curso natural permanente que drena las aguas superficiales provenientes de las laderas y quebradas asociadas a la cordillera Chongón – Colonche (Figura 4.1). La comuna cada año recibe aportes de escurrimientos que descienden por los taludes y quebradas de la zona. No existen cuerpos de agua artificiales o naturales dentro del área inmediata del proyecto, pero sí flujos de agua superficial que aparecen durante tormentas intensas (Figura 2.15) y escurren de forma no controlada por la vía y los taludes adyacentes, incrementando el transporte de sedimentos hacia zonas bajas.

4.2.5 Calidad del aire

La atmósfera presenta buena calidad del aire, gracias a la ausencia de industrias locales y a las actividades rurales predominantes. Las principales fuentes actuales de emisiones atmosféricas corresponden al tránsito vehicular ocasional y a actividades agrícolas de baja intensidad. Durante la visita de campo no se identificaron fuentes relevantes de contaminación atmosférica ni presencia de olores.

4.2.6 Flora

La vegetación predominante corresponde a bosque seco tropical, con presencia de arbustos, pastos naturales y fragmentos de bosque secundario, que cumplen un papel crucial en la regulación del suelo y la prevención de erosión. En el área directa del proyecto, la cobertura vegetal es parcial y se encuentra asociada principalmente a bordes de vía y taludes.

4.2.7 Fauna

La fauna presente en la zona del proyecto es más limitada debido a la actividad humana, pero se mantienen aves de más de 300 especies diferentes registradas, pequeños mamíferos y reptiles propios del ecosistema del bosque seco (Astudillo-Sánchez, 2019). Aunque el proyecto no interviene en una grande extensión de terreno, cualquier modificación del relieve o retiro de vegetación puede alterar temporalmente el hábitat de especies locales y modificar las condiciones naturales de cobertura vegetal.

4.2.8 Medio socioeconómico

Loma Alta es una comunidad rural perteneciente al cantón Santa Elena, con una población aproximada de 4.000 habitantes distribuidos en viviendas dispersas a lo largo de la zona baja del valle (INEC, 2022). Su desarrollo económico se basa principalmente en la agricultura, complementada con actividades de pesca artesanal, comercio local y turismo comunitario (Suarez, 2011). El nivel de urbanización es bajo y la infraestructura vial y de servicios básicos es limitada. No existen industrias ni actividades extractivas de alto impacto en el área; el uso de recursos naturales se relaciona principalmente con agricultura de subsistencia y aprovechamiento moderado de especies vegetales del bosque.

4.2.9 Medio patrimonial

La comuna Loma Alta posee un bosque protector reconocido como Reserva Ecológica Comunal Loma Alta, un área mantenida por la comunidad reconocida por su biodiversidad, (Astudillo-Sánchez, 2019). Cultural y territorialmente, el proyecto se localiza junto a un área protegida administrada por la comunidad, lo que añade importancia a la correcta gestión

ambiental. No se han identificado bienes arqueológicos o patrimoniales dentro de la zona directa de intervención.

Figura 4.2

Señal informativa turística en la vía de entrada a Loma Alta.



4.3 Actividades del proyecto

Desarrollar la alternativa escogida para el desalojo de agua superficial proveniente de escorrentía en Loma Alta conlleva implica ciertos impactos ambientales, a pesar de ser considerado a la opción más eco-compatible. Las actividades que llegarían a causar efectos negativos y positivos suceden en tres etapas: Preconstructiva, Construcción, y Operación y Mantenimiento.

Tabla 4.1*Actividades susceptibles a causar impactos ambientales.*

Etapa	Actividad	Descripción
Preconstructiva	Limpieza y Excavación	Remoción de vegetación y obstáculos para habilitar el área de trabajo y de tierra necesaria para conformación del canal y ducto cajón.
	Movimiento de tierra	Traslado de material excavado y de mejoramiento con volquetas.
	Preparación de tierra	Nivelación y compactación del terreno para construcción.
	Obtención de mano de obra	Gestión y contratación del personal necesario para ejecutar las actividades previstas en el proyecto.
Construcción	Conformación del canal	Formación y ajuste de la sección trapezoidal del canal, definiendo taludes y bermas conforme a los requerimientos técnicos.
	Revestimiento del canal	Aplicación de la capa protectora (hormigón) en el interior del canal para asegurar su resistencia.
	Colocación de ducto cajón	Instalación y posicionamiento de las piezas prefabricadas que conforman el ducto, asegurando su alineación y apoyo adecuado según diseño.
	Reconstrucción de vía	Reposición de la sección de vía intervenida para instalar el ducto cajón según las condiciones existentes.
	Señalización	Mantiene a la comunidad informada de las zonas con presencia de trabajos en curso.
Operación y mantenimiento	Limpieza periódica	Retiro regular de sedimentos, residuos y vegetación acumulada para mantener la capacidad hidráulica del sistema.

Desalojo de agua estancada	Remoción de acumulaciones de agua en puntos bajos para evitar degradación del terreno y riesgos sanitarios.
Conducción hacia el río	Transporte del flujo mediante canalización o ductos hasta el punto previsto de descarga.
Descarga en el río	Liberación del caudal captado hacia el río receptor.

4.4 Identificación de impactos ambientales

La implementación del sistema de drenaje y la estabilización de los taludes en Loma Alta generan distintos efectos sobre el entorno dependiendo del momento del proyecto. En las primeras etapas, cuando se limpia el área, se mueve tierra y se trabaja con maquinaria, es normal que aparezcan impactos negativos. Sin embargo, una vez que las obras están funcionando, los beneficios comienzan a mostrarse: se controla mejor la escorrentía; disminuye la erosión que afecta la vía, la PTAP y el cementerio; y se reduce el arrastre de sedimentos hacia el sector poblado.

Las actividades que causan directa o indirectamente impactos positivos son las siguientes:

Tabla 4.2

Actividades susceptibles a causar impactos ambientales positivos.

Actividad	Impacto
Obtención de mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> Generación de empleo a personas de la comunidad interesadas en trabajar en la obra, fortaleciendo la economía local.

Revestimiento del canal	<ul style="list-style-type: none"> • Permite el flujo de agua protegiendo el material del terreno natural. • Aprovechamiento del relieve del terreno existente que logra minorar impactos negativos.
Reconstrucción de vía	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la comodidad y la movilidad en la zona, favoreciendo la continuidad de las actividades comunitarias y económicas.
Señalización	<ul style="list-style-type: none"> • Previene contaminación de parte de turistas y habitantes a la flora y fauna de la comunidad. • Durante la construcción, mantiene a la comunidad informada de las áreas donde se esté ejecutando trabajo en obra.
Limpieza periódica	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de un buen manejo para la deposición de material sedimentado y demás objetos que obstruyan el buen funcionamiento de la propuesta.
Desalojo de agua estancada	<ul style="list-style-type: none"> • Evita deterioros de la estructura pendiente. • Disminuye significativamente la presencia de focos de inundación. • Previene el colapso del sistema de agua potable y la aparición de problemas de salud producto de agua estancada que atraen mosquitos y enfermedades asociadas.
Conducción hacia el río	<ul style="list-style-type: none"> • Asegura el transporte ordenado del flujo, reduciendo erosión y acumulaciones no deseadas.
Descarga en el río	<ul style="list-style-type: none"> • Garantiza una evacuación eficiente del caudal, minimizando consecuencias negativas en áreas pobladas y mejorando su calidad de vida.

Estos impactos positivos están estrechamente ligados al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles elegidos que se relacionan al proyecto (ODS 3, ODS 6 y ODS 9) mejorando la evacuación de escorrentía superficial de forma segura mediante una propuesta resiliente y con poca invasión del terreno natural ya que se aprovecha de la forma natural del terreno para conformar los canales.

Las actividades que causan directa o indirectamente impactos negativos son las siguientes:

Tabla 4.3

Actividades susceptibles a causar impactos ambientales negativos.

Actividad	Impacto
Limpieza y Excavación	<ul style="list-style-type: none"> • Desalojo de vegetación en las zonas aledañas a la construcción. • Pérdida temporal de la flora. • Afectación del hábitat natural de especies.
Movimiento de tierra	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de ruido, emisiones y material particulado como polvo y humo producidos por la maquinaria necesaria para esta actividad. • Afectación a la calidad del aire, la salud de los residentes cercanos y la vegetación del entorno.
Preparación de tierra	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de la estructura natural del suelo. • Aumento temporal de la vulnerabilidad a la erosión.
Conformación del canal	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación del relieve natural del suelo. • Ocupación de espacio de la vía de entrada.

Revestimiento del canal	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de residuos y escurrimientos de mezcla de hormigón que afecta temporalmente el suelo. • Contaminación del aire debido a la maquinaria que transporta la mezcla.
Colocación de ducto cajón	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere maquinaria pesada que puede generar vibraciones, ruido y emisiones, afectando temporalmente el entorno y la dinámica local.
Limpieza periódica	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de no tener un lugar designado para la disposición adecuado, los residuos retirados pueden contaminar el entorno.
Conducción hacia el río	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de las condiciones naturales del cauce como erosión.
Descarga en el río	<p>Contaminación debido a la generación de sedimentos producto de erosión en taludes y residuos provocados por personas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deterioro del funcionamiento del canal. • Contaminación de las condiciones naturales del río al que se redirige el agua.

Estos impactos requieren medidas preventivas para disminuir la afectación de los impactos negativos temporales como la emisión de gases contaminantes, ruido, bloqueo de vías y generación de residuos. Así mismo, se necesitan medidas de mitigación contra impactos que pueden tener consecuencias permanentes como: pérdida de capa vegetal, alteración del hábitat de la fauna, erosión, y contaminación del agua natural del río.

Para poder analizar las acciones con mayor impacto ambiental se utilizó el método conocido como *Matriz de Leopold*. Este es uno de los métodos más usados en identificación y

valoración de impactos ambientales. Según Garmendia et al. (2005), funciona mediante una matriz que relaciona las acciones o actividades del proyecto con factores ambientales. Los impactos significativos se califican asignando un valor de acuerdo con un rango establecido de Magnitud e Importancia. Las sumas de los totales de ambas variables permiten identificar las actividades y los elementos ambientales con mayor impacto.

Tabla 4.4

Definición de Magnitud e Impacto con rango establecido.

Valoración	Descripción	Rango	Signo
<i>Magnitud</i>	Se refiere a la magnitud del cambio debido al impacto sea positivo o negativo	1 al 10	+ o -
<i>Importancia</i>	Que tan importante es el impacto debido a distintos factores	1 al 10	Sin signo

A continuación, se muestra como fue aplicada esta matriz para la evaluación del impacto que tienen cada una de las actividades que se realizan en el proyecto en base a la solución propuesta.

Tabla 4.5

Matriz de Leopold aplicada al proyecto.

Fase	Actividades	Elementos Ambientales																		Total de Magnitud	Promedio de Importancia		
		Suelo		Calidad de Aire		Flora		Fauna		Ruido		Erosión		Inundación		Calidad de agua		Zona Residencial				Reserva Ecológica	
		M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			M	I
Preconstrucción	Limpieza y Excavación	-4	4	-5	6	-7	8	-5	6	-4	5	-3	4	1	1	-3	5	-2	4	-6	7	40	5
	Movimiento de tierra	-5	5	-7	8	-4	6	-4	6	-6	7	-4	5	1	1	-3	5	-3	5	-4	6	41	5
	Preparación de tierra	-6	7	-2	3	-3	4	-3	4	-3	4	-5	6	1	1	-2	3	-1	3	-3	4	29	4
	Obtención de mano de obra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	7	1	1	14	2
Construcción	Conformación del canal	-6	7	-4	5	-3	5	-3	5	-5	6	-4	5	10	10	-3	4	-2	4	-3	5	43	6
	Revestimiento del canal	-4	5	-5	6	-2	3	-2	3	-4	5	7	8	4	3	-3	5	4	5	-2	3	37	5
	Colocación de ducto	-6	7	-5	6	-3	4	-2	4	-6	7	2	5	10	10	1	5	-3	5	-3	5	41	6
	Reconstrucción de vía	-3	4	-4	5	-1	2	-1	2	-4	5	5	6	8	2	-2	3	7	8	-1	2	36	4
	Señalización	1	1	1	1	4	5	4	5	1	1	3	4	3	4	4	5	6	7	8	8	35	4
Operación y mantenimiento	Limpieza periódica	-2	3	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2	6	7	9	10	7	9	8	5	9	9	45	5
	Desalojo de agua estancada	6	7	3	4	3	4	2	3	1	1	8	9	10	10	7	8	9	10	5	6	54	6
	Conducción hacia el río	-2	3	1	1	-1	2	-2	3	1	1	-5	6	8	9	-3	5	7	8	-1	2	31	4
	Descarga en el río	1	1	1	1	-1	2	-2	3	1	1	-4	5	9	10	-6	9	8	9	-2	3	35	4
Impactos positivos		9	55	7	49	8	48	3	47	5	46	30	71	75	72	19	67	54	80	23	61		
Impactos negativos		-38		-33		-26		-21		-33		-23		0		-24		-11		-25			

En la Tabla 4.5, para sacar el total de Magnitud, se aplicó valor absoluto a sus valores negativos para poder tener una suma que represente el impacto causado por la actividad, sin considerar si es positivo o negativo. Con esto, se pudo concluir que:

- Las actividades con mayor impacto fuesen estos positivos o negativos, son: (i) Limpieza y Excavación; (ii) Movimiento de Tierra; (iii) Conformación del canal; (iv) Revestimiento del canal; (v) Colocación del ducto cajón; (vi) Reconstrucción de la vía; (vii) Señalización; (viii) Limpieza periódica; (ix) Desalojo de agua estancada y, (x) Descarga en el río.
- Los elementos ambientales de mayor importancia en orden son: (i) Inundación; (ii) Zona Residencial; (iii) Erosión; (iv) Calidad de agua y, (v) Reserva Ecológica.

4.5 Valoración de impactos ambientales

La valoración de impactos ambientales es un proceso esencial dentro de los estudios ambientales, ya que permite interpretar y jerarquizar los cambios que un proyecto puede generar sobre los distintos componentes del entorno. A través de metodologías cualitativas y cuantitativas, este análisis identifica la magnitud, relevancia y características de cada impacto, facilitando la comparación entre alternativas y la definición de prioridades de manejo. Su propósito central es ofrecer una comprensión ordenada y objetiva de los efectos potenciales, de modo que las decisiones de planificación incorporen medidas de prevención, mitigación y control que aseguren un desarrollo responsable y alineado con la realidad ambiental del área de intervención.

La gravedad de cada impacto puede venir determinada por sus características de magnitud como intensidad del impacto o extensión territorial de afectación. Según López (2013), se puede definir un *Índice Total de Impacto* (IT) de la siguiente manera:

$$IT = [(M \times T + O) + (E \times D)] \times R \times S$$

[Ecuación 4.1]

Tabla 4.6

Características de magnitud de impacto ambiental con su respectivo rango numérico y descripción. Fuente: López (2013).

Características	Descripción		
<i>Extensión E</i>	(1) puntual	(3) media	(5) amplia
<i>Distribución D</i>	(0.5) puntual	(1) continua	
<i>Oportunidad O</i>	(1) oportunas	(2) inoportunas	
<i>Temporalidad T</i>	(0.5) infrecuente	(1) frecuente	(2) permanente
<i>Reversibilidad R</i>	(1) reversible	(2) irreversible	
<i>Signo S</i>	(+) impacto positivo	(-) impacto negativo	
<i>Magnitud M</i>	(1) baja	(2) media	(3) alta

Esto resulta en un valor numérico que puede ser interpretado de la forma siguiente, para comprender más su significado y estimar una valoración complementaria.

Tabla 4.7

Valoración de Índice Total de Impacto.

Índice Total de Impacto	Valoración
< 5	<i>Compatible</i>
5 a 15	<i>Moderado</i>
15 a 30	<i>Severo</i>
30 a 50	<i>Crítico</i>

Los valores designados para cada característica respecto a los impactos ambientales más probables, de acuerdo con las actividades identificadas se resumen en la Tabla 4.6.

Tabla 4.8

Valoración de impactos ambientales predominantes por característica.

<i>Actividad</i>	<i>Impacto ambiental</i>	E	D	O	T	R	S	M
<i>Limpieza y Excavación</i>	<i>Pérdida de capa vegetal</i>	3	0.5	2	2	2	-	2
<i>Movimiento de tierra</i>	<i>Generación de polvo, humo y ruido</i>	3	0.5	2	0.5	1	-	1
<i>Conformación del canal</i>	<i>Aprovechamiento de relieve natural para desalojo de agua</i>	3	0.5	1	2	2	+	2
<i>Conformación del canal</i>	<i>Modificación del relieve natural del suelo</i>	3	0.5	2	2	2	-	2

<i>Revestimiento del canal</i>	<i>Generación de residuos y contaminación del aire</i>	1	0.5	2	0.5	1	-	1
<i>Revestimiento del canal</i>	<i>Prevención de erosión</i>	3	0.5	1	2	2	+	3
<i>Colocación de ducto cajón</i>	<i>Evacuación y redirección de inundaciones</i>	5	0.5	1	2	2	-	3
<i>Reconstrucción de vía</i>	<i>Mejora comodidad y movilidad de la zona</i>	1	0.5	1	2	1	+	2
<i>Señalización</i>	<i>Previene accidentes y fomenta el cuidado del entorno</i>	1	0.5	1	2	1	+	1
<i>Limpieza periódica</i>	<i>Mantenimiento y protección de la infraestructura</i>	3	0.5	1	1	1	+	3
<i>Desalojo de agua estancada</i>	<i>Reducción de inundaciones</i>	5	1	1	2	2	+	3
<i>Descarga en el río</i>	<i>Descarga eficiente del caudal acumulado</i>	1	1	1	2	2	+	3

Antes de obtener la valoración cualitativa definitiva de los impactos ambientales, se aplicó la Ecuación 4.1, incorporando los valores definidos para extensión, distribución, oportunidad, temporalidad, reversibilidad, signo y magnitud de cada impacto. Con estos parámetros se estimó el Índice Total de Impacto (IT), lo que permitió interpretar su peso relativo dentro del proyecto. Este proceso hizo posible distinguir entre efectos favorables y desfavorables, así como ordenar su significancia según la etapa en la que se generan. Los resultados obtenidos para cada actividad, agrupados por fase del proyecto, se presentan en la Tabla 4.7 donde se sintetiza la valoración final de los impactos identificados.

Tabla 4.9*Índices Totales de Impacto resultantes de valoración.*

Actividad	Impacto ambiental	IT	Valoración estimada
<i>Limpieza y Excavación</i>	<i>Pérdida de capa vegetal</i>	-15	Moderado
<i>Movimiento de tierra</i>	<i>Generación de polvo, humo y ruido</i>	-4	Compatible
<i>Conformación del canal</i>	<i>Aprovechamiento de relieve natural para desalojo de agua</i>	13	Beneficio Moderado
<i>Conformación del canal</i>	<i>Modificación del relieve natural del suelo</i>	-15	Moderado
<i>Revestimiento del canal</i>	<i>Generación de residuos y contaminación del aire</i>	-3	Compatible
<i>Revestimiento del canal</i>	<i>Prevención de erosión</i>	17	Beneficioso
<i>Colocación de ducto cajón</i>	<i>Evacuación y redirección de inundaciones</i>	19	Beneficioso
<i>Reconstrucción de vía</i>	<i>Mejora comodidad y movilidad de la zona</i>	5.5	Beneficio Moderado
<i>Señalización</i>	<i>Previene accidentes y fomenta el cuidado del entorno</i>	3.5	Leve Beneficio
<i>Limpieza periódica</i>	<i>Mantenimiento y protección de la infraestructura</i>	5.5	Beneficio Moderado
<i>Desalojo de agua estancada</i>	<i>Reducción de inundaciones</i>	24	Beneficioso
<i>Descarga en el río</i>	<i>Descarga eficiente del caudal acumulado</i>	16	Beneficioso
<i>Promedio de los Impactos Positivos</i>		-9.3	Moderado
<i>Promedio de los Impactos Negativos</i>		12.9	Beneficio Moderado

La valoración realizada muestra que los impactos negativos de mayor relevancia se concentran principalmente en las actividades de limpieza, excavación y movimiento de tierras, debido a efectos como la pérdida de vegetación, la generación de polvo y ruido y la alteración directa del suelo. Estos impactos, calificados en su mayoría como moderados, evidencian la vulnerabilidad del área intervenida y la necesidad de aplicar medidas de mitigación que limiten su persistencia durante la obra. Aunque varios de estos efectos son reversibles, la perturbación física del terreno, el deterioro temporal del paisaje y las emisiones asociadas al uso de maquinaria requieren una gestión adecuada para evitar afectaciones prolongadas. Asimismo, la modificación del relieve y la producción puntual de residuos durante la construcción aportan impactos adicionales que demandan vigilancia y control para asegurar que la etapa constructiva no comprometa la estabilidad de los taludes ni el desempeño futuro del sistema de drenaje.

En contraste con los efectos negativos generados durante la fase constructiva, los resultados muestran que la etapa de operación y mantenimiento aporta la mayor parte de los impactos ambientales positivos del proyecto. El desalojo de agua estancada, la limpieza periódica del canal y la correcta conducción del caudal hacia el río representan mejoras relevantes en la reducción del riesgo de inundaciones, la protección de la infraestructura y el bienestar del sector. Estos impactos positivos, clasificados como beneficiosos o de beneficio moderado, destacan por su permanencia y su influencia directa en la calidad de vida de la comunidad. Además, las intervenciones asociadas al revestimiento del canal, la instalación del ducto cajón y la señalización fortalecen la estabilidad hidráulica y operacional del sistema, incrementando la capacidad de la zona para enfrentar eventos de lluvia intensa y promoviendo un manejo más seguro y eficiente de la escorrentía superficial en Loma Alta.

De acuerdo con la normativa ambiental vigente emitida por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), los requisitos ambientales de un proyecto dependen de su clasificación dentro del Catastro Nacional de Actividades, establecido en el Acuerdo Ministerial 061. Considerando las características del sistema de drenaje propuesto para Loma Alta, este se enmarca como una obra civil de pequeña escala, orientada a mejorar infraestructura existente y que no genera impactos permanentes ni irreversibles sobre los recursos naturales.

Bajo este contexto, el proyecto no requiere Licencia Ambiental ni la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental pero si aprobación poblacional, siempre que se mantenga el alcance y las condiciones previstas en su planificación. No obstante, conforme a lo dispuesto en el Artículo 42 del Acuerdo Ministerial 061, es obligatorio aplicar una Guía de Buenas Prácticas Ambientales, la cual permite gestionar adecuadamente las actividades constructivas, controlar posibles afectaciones ambientales y reducir molestias a la comunidad durante la ejecución de las obras.

4.6 Propuestas de medidas de prevención y mitigación

Las medidas de prevención y mitigación planteadas para el proyecto de drenaje y protección de taludes en la comuna Loma Alta se proponen a partir de la identificación de los posibles efectos que podrían generarse durante las distintas actividades de obra. Su objetivo es reducir alteraciones innecesarias al entorno natural y social, manteniendo una ejecución ordenada y compatible con las condiciones ambientales observadas en el área de estudio durante la visita de campo.

Estas medidas se basan en los lineamientos de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales (GBPA) para obras de bajo impacto y consideran las observaciones realizadas durante las visitas

de campo al sitio del proyecto. Así mismo, se enfocan principalmente en el control de impactos temporales asociados a la construcción, considerando que el proyecto se desarrolla en un entorno rural, cercano a un área de conservación comunitaria y sobre infraestructura ya existente.

4.6.1 Medida para limpieza y excavación

Durante la limpieza inicial y excavación del área se priorizará una intervención controlada, evitando ampliar innecesariamente el área de trabajo.

Reserva Ecológica, Flora y Fauna

- Delimitación previa de las zonas donde se ejecutarán las actividades, con el fin de conservar la vegetación que no sea indispensable remover.
- En caso de encontrarse fauna silvestre, se permitirá su desplazamiento natural hacia zonas cercanas con mayor cobertura vegetal.

Calidad de aire

- Aplicación de humectación ocasional del suelo expuesto durante períodos secos, especialmente en áreas de excavación y tránsito de maquinaria, con el objetivo de reducir la generación de polvo.

4.6.2 Medida para movimiento de tierra

Las actividades de movimiento de tierra se ejecutarán de forma progresiva, evitando dejar superficies extensas de suelo expuesto por tiempos prolongados.

Ruido

- Las labores realizadas en horarios diurnos establecidos y uso de maquinaria en buen estado mecánico, con el fin de disminuir molestias a la población cercana.

Calidad de aire

- Riego periódico de vías internas y superficies descubiertas durante la ejecución de las actividades.

Reserva Ecológica, Flora y Fauna

- Restricción del ingreso de maquinaria y personal únicamente al área definida de intervención, evitando afectar zonas naturales al área de estudio.

4.6.3 Medida para conformación de canal

Suelo

- Ejecución del perfilado del terreno de manera progresiva y controlada, respetando las dimensiones y pendientes establecidas en el diseño del proyecto, a fin de evitar excavaciones innecesarias y alteraciones adicionales del suelo.

Flora y Fauna

- Desarrollo continuo de las actividades para reducir el tiempo de exposición del terreno intervenido.
- En caso de encontrarse fauna, se permitirá su desplazamiento natural hacia zonas cercanas con mayor cobertura vegetal.

4.6.4 Medida para revestimiento de canal

Se procurará que las actividades se desarrollen de manera ordenada y en tiempos reducidos con el fin de disminuir molestias en la zona.

Suelo

- Durante el revestimiento del canal, el área de trabajo se mantendrá ordenada y libre de escombros, evitando la acumulación de materiales sobre el suelo circundante.

- Los excedentes de construcción serán retirados oportunamente diariamente y dispuestos en sitios adecuados, evitando su dispersión y contaminación.

Calidad de aire

- Control de las emisiones generadas por el transporte y manejo del hormigón, verificando que los vehículos se encuentren en adecuado estado de funcionamiento.
- Vaciado del hormigón de manera continua, evitando acumulaciones prolongadas de material que puedan generar olores molestos en el área de trabajo.

4.6.5 Medida para descarga en río

Las actividades asociadas a la descarga del sistema de drenaje se ejecutarán con especial cuidado para proteger la calidad del agua del río Valdivia - California.

Calidad del agua

- Se prohibirá el vertido de sedimentos, residuos de obra o restos de hormigón directamente al cauce.
- Colocación de señalización preventiva visible para mantener a la comunidad informada acerca de buenas prácticas ambientales.

Erosión

- Implementación de elementos de protección como geotextiles y cobertura vegetal leve en el punto de descarga, permitiendo disipar la energía del flujo y minimizar la socavación local.

Reserva Ecológica

- Se colocará señalización permanente en el área de descarga para prevenir usos inadecuados del sistema y proteger el entorno natural cercano a la Reserva Ecológica.

4.7 Resultados de medidas

El análisis de impacto ambiental permitió evaluar de manera ordenada las interacciones entre las actividades del proyecto y las condiciones ambientales del área de estudio en la comuna Loma Alta. A partir de la información levantada en la línea base y de las observaciones realizadas durante la visita de campo, se identificaron los componentes ambientales que podrían verse influenciados por la ejecución del sistema de drenaje y protección de taludes. Este proceso sirvió como base para orientar la toma de decisiones ambientales dentro del proyecto.

Los resultados del análisis evidencian que los impactos identificados están asociados principalmente a las actividades constructivas y presentan un carácter temporal y controlable. La definición de medidas como la delimitación de áreas de trabajo, el manejo adecuado de materiales y el control del polvo y ruido permite reducir la alteración del entorno inmediato y mantener un desarrollo ordenado de la obra, acorde con las condiciones rurales del sector.

Respecto al recurso hídrico, el análisis permitió establecer acciones específicas para proteger la calidad del agua del río Valdivia - California y minimizar procesos de erosión en el punto de descarga. La aplicación de elementos de protección y la prohibición de vertidos directos al cauce contribuyen a preservar el equilibrio del sistema hídrico y a prevenir afectaciones tanto durante la ejecución del proyecto como en su funcionamiento posterior. De igual manera, la cercanía del proyecto a la Reserva Ecológica Comunal Loma Alta fue un factor clave dentro del análisis ambiental. Esto permitió reforzar medidas preventivas orientadas al control del uso del sistema, la señalización y la restricción de actividades fuera del área autorizada, con el fin de evitar intervenciones no planificadas y proteger el entorno natural a largo plazo.

En síntesis, el análisis de impacto ambiental cumplió un rol fundamental como herramienta de planificación y gestión, permitiendo integrar criterios ambientales en el diseño y ejecución del proyecto. Su aplicación asegura que el sistema de drenaje propuesto sea ambientalmente compatible, siempre que se mantenga el cumplimiento de las medidas definidas y se promueva una gestión responsable durante todas las fases del proyecto.

Capítulo 5

5. Presupuesto

5.1 Definición de rubros del proyecto

La propuesta de solución a la problemática planteada requiere de distintas actividades dentro de las ramas de Ingeniería Civil que están interconectadas para hacer funcionar a todo el sistema de manera integral e interdependiente. Por esta razón, se dividió cada una de estas actividades en forma de rubros y sub-rubros, de tal forma que facilita el conteo y se mantiene el orden y la transparencia dentro de los entregables del proyecto. La visualización de la definición de los rubros y sub-rubros se puede encontrar en Tabla 5.1. Fue necesario además definir estas actividades para poder conversar sobre el tiempo de ejecución del proyecto y actividades, insumo importante para la generación de los Análisis de Precios Unitarios (APU) en el siguiente apartado.

Tabla 5.1

Rubros de proyecto.

Código	Descripción del rubro	Unidad	Precio unitario
OP	<u>Obras preliminares</u>	-	-
OP1	Replanteo topográfico y control geométrico	m	0.64
CP	<u>Canales Propuestos</u>	-	-
CP1	Excavación y desalojo	m ³	3.43
CP2	Conformación y compactación de fondo	m ²	1.72

CP3	Relleno compactado con material de mejoramiento (+ transporte)	m ³	21.4
CP4	Sobrecama de arena e = 10 cm (Incluye transporte)	m ³	29.32
CP5	Encofrado para canal (laterales)	m ²	9.84
CP6	Hormigón simple f _c = 210 kg/cm ²	m ³	145.37
CP7	Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm	m ²	4.53
CP8	Curado del hormigón	m ²	0.87
CA			
<u>Canales Aportantes</u>			
CA1	Excavación y desalojo	m ³	3.43
CA2	Conformación y compactación de fondo	m ²	1.72
CA3	Relleno compactado con material de mejoramiento (+ transporte)	m ³	21.4
CA4	Sobrecama de arena e = 10 cm (Incluye transporte)	m ³	29.32
CA5	Encofrado para canal (laterales)	m ²	9.84
CA6	Hormigón simple f _c = 210 kg/cm ²	m ³	145.37
CA7	Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm	m ²	4.53
CA8	Curado del hormigón	m ²	0.87
PPE			
<u>Pozos de pérdida de energía</u>			
PPE1	Excavación y desalojo	m ³	1.72
PPE2	Conformación y compactación de fondo	m ²	1.72
PPE3	Encofrado	m ²	9.84
PPE4	Hormigón para replantillo f _c = 140 kg/cm ²	m ³	137.94
PPE5	Hormigón para estructura f _c = 280 kg/cm ²	m ³	162.71

PPE6	Hormigón para losa $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$	m^3	179.36
PPE7	Relleno superficial de cimentación $e = 50 \text{ cm}$	m^3	25.31
PPE8	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	2.17
PPE9	Curado del hormigón	m^2	0.87
S	<u>Subdrenes (Canales propuestos)</u>		
S1	Tubería perforada $\Phi = 200 \text{ mm}$	m	11.15
S2	Colocación material de sitio (adecuado por granulometría)	m^3	8.58
S3	Geotextil no tejido punzonado	m^2	2.63
DC	<u>Ductos cajón</u>		
DC1	Excavación y desalojo	m^3	1.72
DC2	Conformación y compactación de fondo	m^2	1.72
DC3	Ducto cajón prefabricado	U	
-	-	-	-
W	<u>Cabezal y Muros de ala (Entrada y salida por ducto)</u>		
W1	Encofrado	m^2	9.84
W2	Hormigón para muros, losa, delantal y cabezal $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	m^3	162.71
W3	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	2.17
W4	Curado del hormigón	m^2	0.87
-	-	-	-
PV	<u>Reconformación estructura de pavimento</u>		
PV1	Retiro de pavimento deteriorado	m^3	9.86

PV2	Colocación y compactación de material de sitio	m ³	4.39
PV3	Colocación material de base CBR 80%	m ³	26.36
PV4	Compactación por capas	m ²	3.17
PV5	Geotextil no tejido punzonado	m ²	2.63
PV6	Colocación de mezcla asfáltica	m ³	25.44
-	-	-	-
T	<u>Control de erosión de taludes</u>	-	-
T1	Reconformación de taludes	m ³	1.72
T2	Excavación y desalojo para mejoramiento de terreno	m ³	3.43
T3	Colocación material de mejoramiento $c' = 25$ kPa	m ³	20.68
T4	Encofrado	m ²	9.84
T5	Hormigón para muros y losa $f'c = 280$ kg/cm ²	m ³	162.71
T6	Mechinales $\Phi = 150$ mm	m	6.93
T7	Acero de refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm ²	kg	1.78
T8	Geotextil no tejido punzonado	m ²	2.63
PC	<u>Protección de canal comunitario</u>		
PC1	Excavación y desalojo para colocación de protección	m ³	1.72
PC2	Regularización de fondo y laterales	m ³	1.72
PC3	Colchón de gavión 45x60 mm	m ²	11.72
PC4	Colocación de piedra escollera $D_{50} = 10$ cm e = 30 cm	m ³	7.98
OC	<u>Obras complementarias y de cierre</u>		

OC1	Limpieza final de obra	m ²	1.03
-	-	-	-
M	<u>Mantenimiento</u>		
M1	Limpieza ocasional de canales	m ²	1.35
M2	Limpieza ocasional de ductos cajón	m ²	1.35
M3	Mantenimiento geotextil en taludes	m ²	1.03
-	-	-	-
A	<u>Ambiental</u>		
A1	Señalización preventiva	u	0.78
A2	Cinta de advertencia	m	0.1
A3	Supresión de polvo (humectación)	m ³	0.01

5.2 Análisis de precios unitarios

Una vez con los rubros especificados y definidos, se procedió con la búsqueda de proyectos recientes y similares al presente en contenido y ubicación geográfica. Como herramienta se utilizó la página del Servicio de Contrataciones Públicas (SERCOP), la cual fue guía para establecer precios referenciales en los APU. En esta sección se revisará el desarrollo de un rubro. Para cada rubro se usó el mismo formato donde se detalla información de código, descripción y unidad de medida. Cada rubro contempló requerimiento de Equipos y herramientas, Mano de obra, Materiales y Transporte. El mismo proceso se realizó para la totalidad de los rubros y se pueden encontrar sus respectivos APU y especificaciones técnicas en Anexos, apartado de rubros.

CÓDIGO: OP1

RUBRO: Replanteo topográfico y control geométrico

UNIDAD: m

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad	Tarifa/hora	Costo	Rendimiento	Costo
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Estación topográfica	40.00	2.00	80.00	0.15	12.00
Herramienta menor (5% MO)					3.81
				Subtotal	15.81

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad	Tarifa/hora	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Topógrafo	40.00	4.55	182.00	0.15	27.30
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Cadenero	40.00	4.1	164.00	0.15	24.60
				Subtotal	76.20

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
		A	Unit.	C = A*B
			B	
			Subtotal	0

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	horaria	C = A*B
			B	
			Subtotal	0

COSTO DIRECTO	92.01
INDIRECTOS	
(22%)	20.24
UTILIDAD (10%)	9.20

PRECIO	
UNITARIO	121.45
TOTAL	

5.3 Cantidades de obra

Para el cálculo de las cantidades de obra, se realizó de manera manual con la herramienta Excel. El conteo de las cantidades se lo realizó teniendo en cuenta los planos producidos durante la ejecución de este proyecto integrado (adjuntos en Anexos), así como demás insumos empleados en otros Software y consideraciones hechas a lo largo de este documento.

CP1. Excavación y desalojo

Esta cantidad fue determinada con la herramienta Civil 3D, con el uso de líneas de muestreo para obtener el valor de la sección de corte según el terreno natural. El proceso fue hecho de igual manera para los canales aportantes y luego de multiplicar por la distancia de muestreo se obtuvo el volumen de excavación total por tramo.

Tabla 5.2

Metrado rubro CP1.

Canal principal	Tramo	Área de corte [m ²]	Distancia [m]	Volumen [m ³]
1	0+020	1.89	20	37.8
	0+040	3.21	20	64.2
	0+060	10.27	20	205.4

	0+080	10.79	20	215.8
	0+100	7.74	20	154.8
	0+120	8.12	20	162.4
	0+140	2.88	20	57.6
2	0+160	12.46	20	249.2
	0+180	7.78	20	155.6
	0+200	9.93	20	198.6
	0+220	5.33	20	106.6
	0+240	16.72	20	334.4
	0+260	13.83	20	276.6
	0+280	12.5	20	250
3	0+020	2.24	20	44.8
	0+040	3.2	20	64
	0+060	9.03	20	180.6
	0+080	7.94	20	158.8
	0+100	7.01	20	140.2
	0+120	5.75	20	115
4	0+140	17.89	20	357.8
	0+160	12.53	20	250.6
	0+180	6.27	20	125.4
	0+200	11.62	20	232.4
	0+220	6.47	20	129.4
	0+240	17.45	20	349

	0+260	15.78	20	315.6
	0+280	10.77	20	215.4
5	0+300	12.38	20	247.6
	0+320	9.58	20	191.6
	0+340	29.53	20	590.6
6	0+360	26.03	20	520.6
	0+380	22.62	20	452.4
	0+400	22.18	20	443.6
	0+420	20.7	20	414
	0+440	16.61	20	332.2
	0+460	20.13	20	402.6
	0+480	20.69	20	413.8
			Total	9157

CP2. Conformación y compactación de fondo

En este rubro, se tuvo en cuenta el ancho de cada canal y al multiplicarlo por la longitud, se obtiene el área que se debe trabajar para compactar por medio del rodillo vibratorio.

Tabla 5.3

Metrado rubro CP2.

Canal principal	Parámetro	Valor
1	Longitud del canal [m]	142.41

	Ancho del canal [m]	1
	Área total [m ²]	142.41
2	Longitud del canal [m]	148.35
	Ancho del canal [m]	1.5
	Área total [m ²]	222.525
3	Longitud del canal [m]	139.93
	Ancho del canal [m]	1
	Área total [m ²]	139.93
4	Longitud del canal [m]	148.32
	Ancho del canal [m]	1.5
	Área total [m ²]	222.48
5	Longitud del canal [m]	67.62
	Ancho del canal [m]	2
	Área total [m ²]	135.24
6	Longitud del canal [m]	134.51
	Ancho del canal [m]	2
	Área total [m ²]	269.02
	Total [m ²]	1131.61

CP3. Relleno compactado con material de mejoramiento (Incluye transporte)

Luego de realizado los ensayos de laboratorio para clasificación de suelo, se determinó que el tipo de suelo que se tiene en el sitio es una arcilla de características pobres y que es

expansiva. Por esta razón, hubo la necesidad de realizar una excavación de 60 cm por debajo de cada canal con el fin de evitar el levantamiento de estos canales. Las áreas de corte de estos elementos fueron obtenidas con la herramienta Civil 3D luego de haber modelado la excavación y desalojo previamente descrito. Este rubro contempla transporte dado por proveedor.

Tabla 5.4

Metrado rubro CP3.

Canal principal	Área [m²]	Distancia [m]	Volumen [m³]
1	1.57	142.41	223.49
2	1.71	148.35	253.35
3	1.25	139.93	174.38
4	1.87	148.32	277.26
5	2.65	67.62	179.46
6	3.14	134.51	422.18
Total			1530.12

CP4. Colocación de sobrecama de arena e = 10 cm (Incluye transporte)

Este rubro fue calculado matemáticamente a partir de la sección de diseño de cada canal y un espesor establecido por normativa nacional. De esta manera se obtuvo el área que fue multiplicado por la distancia para poder calcular el volumen a poner en obra. De igual manera, el rubro contempla transportación.

Tabla 5.5*Metrado rubro CP4.*

Canal principal	Área [m²]	Distancia [m]	Volumen [m³]
1	0.10	142.41	14.24
2	0.15	148.35	22.25
3	0.10	139.93	13.99
4	0.15	148.32	22.25
5	0.20	67.62	13.52
6	0.20	134.51	26.90
Total			113.16

CP5. Encofrado para canales (laterales)

Para el proceso constructivo de canales, fue necesario la medición del encofrado. Específicamente de encofrado en los taludes del canal para darle forma. Se calculó la longitud de paredes considerada como medida necesaria para el cálculo de metros cuadrado de encofrado.

Tabla 5.6*Metrado rubro CP5.*

Canal principal	Longitud paredes [m]	Distancia [m]	Área [m²]
1	0.81	142.41	115.04
2	0.67	148.35	99.86

3	0.54	139.93	75.35
4	0.81	148.32	119.81
5	1.21	67.62	81.93
6	1.62	134.51	217.31
		Total	709.30

CP6. Hormigón simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

En la cuantificación del hormigón, todos los canales del proyecto fueron considerados con un espesor de revestimiento de 10 cm. De esta forma y con la geometría del canal se pudo obtener la sección de hormigón necesaria para realizar los cálculos de volumen en obra.

Tabla 5.7

Metrado rubro CP6.

Canal principal	Área de sección [m ²]	Distancia [m]	Volumen [m ³]
1	0.26	142.41	37.25
2	0.28	148.35	42.22
3	0.21	139.93	29.06
4	0.31	148.32	46.21
5	0.44	67.62	29.91
6	0.52	134.51	70.36
		Total	255.02

CP7. Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm

A partir de las áreas de sección establecidas en el rubro anterior, determinamos la cuantía mínima necesaria según la normativa ACI18-19 (ACI, 2019) establecida como 0.0018 veces la sección gruesa de hormigón. Este refuerzo es necesario para resistir las demandas por retracción y temperatura. De esta manera y con catálogo de proveedor se eligió las dimensiones de la malla. Para el cálculo de cantidades, tomamos en cuenta la sección lineal de diseño de cada canal y la longitud de estos para el cálculo del área de malla a colocar.

Tabla 5.8

Metrado rubro CP7.

Canal principal	Sección lineal [m]	Distancia [m]	Área [m ²]
1	2.62	142.41	372.48
2	2.85	148.35	422.25
3	2.08	139.93	290.64
4	3.12	148.32	462.10
5	4.42	67.62	299.11
6	5.23	134.51	703.64
Total			2550.21

CP8. Curado del hormigón

Por último, con los datos anteriores se determinó el área de canal que se debe curar para asegurar el cumplimiento de las resistencias según lo define el rubro.

Tabla 5.9*Metrado rubro CP8..*

Canal principal	Sección lineal [m]	Distancia [m]	Área [m2]
1	2.62	142.41	372.48
2	2.85	148.35	422.25
3	2.08	139.93	290.64
4	3.12	148.32	462.10
5	4.42	67.62	299.11
6	5.23	134.51	703.64
Total			2550.21

5.4 Costo del proyecto

Luego del desarrollo de todos los APU's teniendo en cuenta precios unitarios vigentes y proyectos de similares características, se pudo obtener una valoración económica integral que permite definir la inversión necesaria para la ejecución de todos los rubros del proyecto especificado. De esta manera, se obtuvo un valor total entre Mano de obra, Materiales, Transporte y Equipo y herramientas de 390,853.39 USD. Luego de tener en cuenta costos indirectos del 22% basado en proyectos parecidos y una utilidad del 10%, se obtuvo un valor de 515,926.47 USD. El valor final del proyecto agregándole el valor a pagar de IVA de 12%, se obtuvo un gran total de 577,837.65 USD.

5.5 Cronograma de obra

El cronograma detallado de la ejecución en obra se encuentra en Anexos.

Capítulo 6

6. Conclusiones

6.1 Conclusiones

El presente trabajo permitió ofrecer una solución a la comunidad de manera integral, combinando distintas ramas de la Ingeniería Civil para lograr este cometido. A partir de la caracterización topográfica, pluviométrica e infraestructural de la cuenca aportante, se identificó zonas críticas donde la escorrentía superficial y la saturación del suelo generan procesos recurrentes de erosión, socavación y afectación directa a la vía y a los taludes adyacentes. Gracias a la expedición realizada en sitio, y el diálogo con el señor Agustín Flores, líder de la junta del agua de Loma Alta, se pudo identificar vectores de inundación y elementos críticos a los que dar cuidado.

La delimitación de la microcuenca y el modelado hidráulico en HEC-RAS permitieron representar de forma confiable el comportamiento del flujo durante eventos extremos, evidenciando que las intervenciones empíricas previas incrementaron la lámina de agua y el riesgo de inundación. En contraste, la red de canales y estructuras de conducción propuesta mostró una mejora significativa en la capacidad de evacuación del caudal hacia el río (Figura 3.17), reduciendo la extensión y profundidad de las manchas de inundación a comparación del terreno natural.

El análisis de estabilidad de taludes confirmó que los suelos franco-arcillosos de la zona presentan alta susceptibilidad a pérdida de resistencia bajo condiciones de saturación y lavado, lo que justifica la necesidad de implementar medidas de control de escorrentía, drenaje superficial y protección estructural. Por esta razón, se incluyó un diseño de muro de contención que evita la

erosión y también contribuye a la comunidad de manera positiva, al ayudar a darle paz a aquellas personas que ya no están con nosotros.

Desde el punto de vista ambiental, el estudio evidenció que las soluciones propuestas son compatibles con el entorno ecológico, al priorizar intervenciones localizadas, de baja huella física y con medidas de mitigación claramente definidas. Finalmente, la evaluación conjunta de aspectos técnicos, ambientales, económicos y de mantenimiento permitió seleccionar un paquete de soluciones viable, sostenible y ajustado a la realidad de la comunidad.

6.2 Recomendaciones

Es indispensable actualizar el levantamiento topográfico de detalle en los sectores de intervención antes de la construcción, para asegurar que las cotas de diseño se ajusten a las condiciones reales del terreno. Se requiere la recopilación de información sobre las infraestructuras civiles existentes, tales como la sección transversal de la vía, cunetas, incluyendo la identificación del eje. El levantamiento de detalle es muy importante también para poder ajustar el precio final del presupuesto, debido a que existió ciertas fallas con la topografía levantada por los chicos de comunitarias. Esto generó problemas al identificar la ubicación exacta del eje de la vía.

Se recomienda incorporar como solución a la problemática sistemas de drenaje superficial complementarios en coronas de talud y bordes de vía, tales como cunetas revestidas y bajantes controladas debido a las pendientes altas que presenta el terreno. Es prioritario la inserción de estos elementos en la red para proteger la estructura de pavimento y prevenir la infiltración en taludes.

En el ámbito geotécnico y vial, se aconseja emprender ensayos adicionales de laboratorio y campo para afinar los parámetros de resistencia del suelo en zonas críticas. Se propone realizar un estudio geotécnico más detallado, que incluya al menos una calicata completa o mediciones piezométricas en cada talud, con el fin de analizar en profundidad los cuatro taludes inestables identificados y justificar adecuadamente la incorporación de fuerzas sísmicas en el diseño. De igual manera, se recomienda estudiar la estructura de pavimento a través de un ensayo Proctor, con el fin de afinar el diseño.

Desde el punto de vista ambiental, se recomienda ejecutar la obra bajo un plan de manejo ambiental específico que contemple control de erosión, manejo de material excavado y restauración de áreas intervenidas, así como también el desalojo de material de construcción y residuos en zonas autorizadas por el GAD Municipal de la zona. Además, se espera que la comunidad participe activamente en el mantenimiento periódico de los elementos de la red para garantizar la sostenibilidad de la infraestructura y promover el sentido de unión. Esto incluye una revisión e intervención regular de cada 3 meses y un mantenimiento preventivo cada año antes de la época lluviosa, en el mes de enero.

7. Bibliografía

Ahilan, S., Guan, M., Sleigh, A., Wright, N., & Chang, H. (2018). The influence of floodplain restoration on flow and sediment dynamics in an urban river. *Journal of Flood Risk Management, 11*, S986–S1001. <https://doi.org/10.1111/JFR3.12251>

al Sayah, M. J., Versini, P. A., & Schertzer, D. (2022). Exploring nature-based adaptation solutions for urban ecohydrology: Definitions, concepts, institutional framework, and demonstration. *Handbook of HydroInformatics: Volume II: Advanced Machine Learning Techniques*, 117–135. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821961-4.00017-8>

Allen, M. R., & Ingram, W. J. (2002). Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature, 419*, 224–232. <https://doi.org/10.1038/nature01092>

Anderson, M. G., & Holcombe, E. (2013). *Community-Based Landslide Risk Reduction: Managing Disasters in Small Steps* (1ra ed.). World Bank Publications.

Anghel, C. G., & Ianculescu, D. (2025). An In-Depth Statistical Analysis of the Pearson Type III Distribution Behavior in Modeling Extreme and Rare Events. *Water (Switzerland), 17*(10). <https://doi.org/10.3390/w17101539>

Anselm, N., Rojas, O., Brokamp, G., & Schütt, B. (2020). Spatiotemporal variability of precipitation and its statistical relations to enso in the high Andean Rio Bogotá Watershed, Colombia. *Earth Interactions, 24*(3), 1–17. <https://doi.org/10.1175/EI-D-19-0019.1>

Aparicio, F. J. (1989). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Mexico: Editorial Limusa.

Arnell, N. W., & Lloyd-Hughes, B. (2014). The global-scale impacts of climate change on water resources and flooding under new climate and socio-economic scenarios. *Climatic Change*, 122(1–2), 127–140. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0948-4>

Astudillo-Sánchez, E., Pérez, J., Troccoli, L., & Aponte, H. (2019). Composición, estructura y diversidad vegetal de la Reserva Ecológica Comunal Loma Alta, Santa Elena, Ecuador. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2871>

Banco Mundial. (2017). Medidas de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza. www.worldbank.org

Beale, G., & Read, J. (2014). *Guidelines for Evaluating Water in Pit Slope Stability* (1ra ed.). CSIRO Publishing.

Benalcázar, C., & Ramos, N. (2022). *Escuela Superior Politécnica Del Litoral Previo la obtención del Título de: Ingeniero en Geología*.

Benavidez, R., Jackson, B., Maxwell, D., & Norton, K. (2018). A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6059-2018>

Borbor-Cordova, M. J., Ger, G., Valdiviezo-Ajila, A. A., Arias-Hidalgo, M., Matamoros, D., Nolivos, I., Menoscal-Aldas, G., Valle, F., Pezzoli, A., & Cornejo-Rodriguez, M. D. P. (2020). An operational framework for urban vulnerability to floods in the guayas estuary region: The

duran case study. *Sustainability (Switzerland)*, 12(24), 1–23.

<https://doi.org/10.3390/su122410292>

Carlos Xavier Benalcázar Aristega, & Nicole Verónica Ramos Kanyat. (2022). *Metodología para la exploración de agua subterránea en la parte alta de la cuenca del río Valdivia - California mediante estudios hidrogeológicos y geofísicos en el sector Loma Alta, Santa Elena.*

Chang, S.-C. (2005). *The NASA STI Program Office*. <http://www.sti.nasa.gov>

Chowdhury, R., Flentje, P., & Bhattacharya, G. (2009). *Geotechnical Slope Analysis* (1ra ed.). CRC Press, Taylor & Francis Group.

Christensen, J. H., Christensen, O. B., Lopez, P., van Meijgaard, E., & Botzet, M. (1996). *The HIRHAM4 regional atmospheric climate model, 96-4.*

Conover, W. J., & York, N. (n.d.). *PRACTICAL NONPARAMETRIC STATISTICS.*

Contreras, J., Ballari, D., & Samaniego, E. (2017). *Universidad del Azuay.*

<https://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

Corapi, P., & Nuñez, N. (2022). Vista de Regionalización de las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en las Provincias de Santa Elena y Manabí. *Revista Tecnológica ESPOL*, 4(34), 44–68.

Cunge, J., Holly Jr, F., & Verwey, A. (1980). *Practical Aspects of Computational River Hydraulics*. Boston: Pitman Advanced Pub. Program.

Das, B. M., & Sobhan, K. (2016). Principles of geotechnical engineering (9th ed.). CENGAGE Learning. www.cengagebrain.com.

da Silva, A. M. (2004). Rainfall erosivity map for Brazil. *CATENA*, 57(3), 251–259.
<https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2003.11.006>

Dankers, R., & Feyen, L. (2008). Climate change impact on flood hazard in Europe: An assessment based on high-resolution climate simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D19105). <https://doi.org/10.1029/2007JD009719>

Domingo M., & Portuguez M. (2015). Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del Río Sigüas utilizando Geoinformática. *Anales Científicos*, 76(2), 324–329.
<https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.797>

Duncan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability* (2da ed.). John Wiley & Sons, Inc.

Duncan, J. M., & Wright, S. G. (2005). *Soil Strength and Slope Stability*. John Wiley & Sons.

Empresa Pública del Agua (EPA). (2019). *Proyecto control de inundaciones Bulubulu-Cañar*.

Ewea, H. A., Elfeki, A. M., & Al-Amri, N. S. (2017). Development of intensity–duration–frequency curves for the Kingdom of Saudi Arabia. In *Geomatics, Natural Hazards and Risk* (Vol. 8, Issue 2, pp. 570–584). Taylor and Francis Ltd.
<https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1250113>

Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea Codirector, M. D., Calvo Buendía, E., Moreno, J. M., Eren Bilir, T., Chatterjee, M., Yuka, K. L. E., Estrada, O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., Maccracken, S., Mastrandrea, P. R., & White, L. L. (2014). *Cambio climático 2014 Impactos, adaptación y vulnerabilidad Edición a cargo de Editores científicos para la traducción*. www.ipcc.ch.

Frontuto, V., Dalmazzone, S., Salcuni, F., & Pezzoli, A. (2020). Risk aversion, inequality and economic evaluation of flood damages: A case study in Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su122310068>

Fugro Scott Wilson Joint Venture. (2013). *Review of Methods in Estimating Surface Runoff from Natural Terrain*.

Gálvez, H., & Regalado, J. (2009). *Comportamiento de las Precipitaciones en la Costa Ecuatoriana en el 2008*.

Ganasri, B. P., & Ramesh, H. (2016). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7(6), 953–961. <https://doi.org/10.1016/J.GSF.2015.10.007>

García, A. (n.d.). *Medidas estructurales y medidas no estructurales de defensa frente a inundaciones*.

Giráldez, J. v., Rodríguez, L. R., Madrid, R., Rodríguez, A., Contreras, V., Landa, B., Taguas, E. v., Viedma, A., Vanwalleghem, T., & Gómez, J. A. (2014). ManualVersionFinal. In *Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía*.

Gumbel, E. J. (1958). *Statistics of Extremes, Gumbel*. Columbia University Press.

Gutiérrez, J. v., Rubiño, J. E., Fernández, D. S., Ramírez, C., & Roblero, R. (2022). Modelación hidráulica en Iber para prevención de inundaciones en la cuenca Tesechoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.123>

Haan, C. (2002). *Statistical Methods in Hidrology*.

Hegerl, G. C., Zwiers, F. W., Braconnot, P., Gillett, N. P., Luo, Y., Marengo Orsini Brazil, J. A., Nicholls, N., Penner, J. E., & Stott, P. A. (2007). *Understanding and Attributing Climate Change*.

Hosking, J. R. M., & Wallis, J. R. (2005).

regional_frequency_analysis._an_approach_based_on_l-moments. Cambridge University Press.

Instituto Geográfico Militar (IGM-Ecuador). (2012). *Mapa de Datos Básicos del cantón Santa Elena, escala 1:25.000, año 2012*. Catálogo de Metadatos.

<https://www.geoportaligm.gob.ec/catalogo/srv/spa/catalog.search#/metadata/3cbb6994-b3db-47ec-848f-80d14b43cb35>

Instituto Geográfico Militar (IGM-Ecuador). (2016). *Mapa de Zonificación Paisajística del Ecuador Continental, escala 1:100.000, año 2015*. Catálogo de Metadatos.

<https://www.geoportaligm.gob.ec/catalogo/srv/spa/catalog.search#/metadata/8671498d-1d0d-4d43-b117-572146d783c8>

Jaya-Santillán, J. (2023). Altos niveles de erosión hídrica en una microcuenca tropical calculado mediante el modelo USLE. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 15(1), 26–39.

<https://doi.org/10.29166/revfig.v15i1.4269>

Kendrick, M. (1988a). The Thames barrier. *Landscape and Urban Planning*, 16(1–2), 57–68.

[https://doi.org/10.1016/0169-2046\(88\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0169-2046(88)90034-5)

Kendrick, M. (1988b). The Thames barrier. *Landscape and Urban Planning*, 16(1–2), 57–68.

[https://doi.org/10.1016/0169-2046\(88\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0169-2046(88)90034-5)

Kim, K., Han, D., Kim, D., Wang, W., Jung, J., Kim, J., & Kim, H. S. (2019). Combination of structural measures for flood prevention in Anyangcheon river basin, South Korea. *Water (Switzerland)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/w11112268>

Koutsoyiannis, D., Kozonis, D., & Manetas, A. (1998). A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. In *Journal of Hydrology ELSEVIER Journal of Hydrology* (Vol. 206).

Lafleur, J., & Rollin, A. L. (1983). Discussion of “Filter Criteria for Geotextiles: Relevance and Use” by Chris R. Lawson (October, 1982). *Journal of Geotechnical Engineering*, 109(12), 1630–1632. <https://doi.org/10.1061/%28asce%290733-9410%281983%29109%3a12%281630%29>

Lucas-Borja, M. E., Carrà, B. G., Nunes, J. P., Bernard-Jannin, L., Zema, D. A., & Zimbone, S. M. (2020). Impacts of land-use and climate changes on surface runoff in a tropical forest watershed (Brazil). *Hydrological Sciences Journal*.

<https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1787417>

Massey, F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit. In *Source: Journal of the American Statistical Association* (Vol. 46, Issue 253).

Mays, L. W. (2010). *Water Resources Engineering* (2da ed.). John Wiley & Sons, Inc.

Medina, L., Sánchez, H., & Vásquez, J. (2011). *Diagnóstico de los suelos de la Cuenca Hidrográfica del Rio Valdivia*.

Meehl, G. A., Stocker, T. F., Collins, W. D., Friedlingstein, P., Gaye, A. T., Gregory, J. M., Zhao, Z. C., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J. M., Noda, A., Raper, S. C. B., Watterson, I. G., & Weaver, A. J. (2007). *Global climate projections. Climate change 2007: the physical science basis*.

Mero Santana, E. A., & Pico Loor, C. M. (2024). Estudio de caso sobre la evaluación del sistema de drenaje pluvial en la Calle El Oro y Avenida Manta de la Ciudad de Montecristi. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 7027–7048.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10057

Mishra, S. K., & Singh, V. P. (2003). *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology* (Vol. 42). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0147-1>

Mockus, V. (1969). *National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture.

Mohd Razali, N., & Bee Wah, Y. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. In *Journal of Statistical Modeling and Analytics* (Vol. 2).

Naghavi, B., Cruise, J. F., & Arora, K. (1990). *Comparative Evaluation of Three Estimators of Log Pearson Type 3 Distribution*.

O'Connell, P. E., & Todini, E. (1996a). Modelling of rainfall, flow and mass transport in hydrological systems: an overview. *Journal of Hydrology*, 175(1–4), 3–16.
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)80003-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)80003-5)

O'Connell, P. E., & Todini, E. (1996b). Modelling of rainfall, flow and mass transport in hydrological systems: an overview. *Journal of Hydrology*, 175(1–4), 3–16.
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)80003-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)80003-5)

Ortigao, J. A. R., & Sayao, A. S. F. J. (2004). *Handbook of Slope Stabilisation* (1ra ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-07680-4>

Pandey, S., Kumar, P., Zlatic, M., Nautiyal, R., & Panwar, V. P. (2021). Recent advances in assessment of soil erosion vulnerability in a watershed. In *International Soil and Water Conservation Research* (Vol. 9, Issue 3, pp. 305–318). International Research and Training Center on Erosion and Sedimentation and China Water and Power Press.
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.03.001>

Perdikaris, J., Gharabaghi, B., & Rudra, R. (2018). Reference Time of Concentration Estimation for Ungauged Catchments. *Earth Science Research*, 7(2), 58.
<https://doi.org/10.5539/esr.v7n2p58>

Perrone, A., Vassallo, R., Lapenna, V., & di Maio, C. (2008). Pore water pressures and slope stability: A joint geophysical and geotechnical analysis. *Journal of Geophysics and Engineering*, 5(3), 323–337. <https://doi.org/10.1088/1742-2132/5/3/008>

Pinos, J., & Timbe, L. (2020). Mountain Riverine Floods in Ecuador: Issues, Challenges, and Opportunities. *Frontiers in Water*, 2. <https://doi.org/10.3389/frwa.2020.545880>

Prefectura de Santa Elena. (2009, October 29). *Historia*.

Quichimbo-Miguitama, F., Matamoros, D., Jiménez, L., & Quichimbo-Miguitama, P. (2022). Influence of Low-Impact Development in Flood Control: A Case Study of the Febres Cordero Stormwater System of Guayaquil (Ecuador). *Sustainability (Switzerland)*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/su14127109>

Rivard, G. (1996). *Journal of Water Management Modeling* R191-12. ©CHI. www.Chtjournal.Org ISSN, 2292–6062. <https://doi.org/10.14796/JWMM.R191-12>

Sanguinetti, J., Narbondo, S., & Chreties, C. (2022, October). Evaluación del Tiempo de Concentración en Modelación Hidrológica para la cuenca del arroyo Pan de Azúcar. *XI Congreso Nacional de AIDIS. Cambios, Desafíos y Soluciones: El Rol de La Ingeniería Ambiental En El Desarrollo Sostenible*.

SENPLADES. (2012). *Boletín informativo inundación SENPLADES 2012*. www.senplades.gob.ec

Singh, V. P. (1998). *PEARSON TYPE III DISTRIBUTION*.

Stedinger, J. R., Vogel, R. M., & Foufoula-Georgiou, E. (1993). *Frequency Analysis of Extreme Events* (D. R. Maidment, Ed.). McGraw Hill, Inc.

Suárez, J. L. (2011). *Proyecto de inversión para la comercialización de insumos agropecuarios en la comuna Loma Alta del cantón Santa Elena.*

Subba, S., Ma, Y., & Ma, W. (2019). Spatial and Temporal Analysis of Precipitation Extremities of Eastern Nepal in the Last Two Decades (1997–2016). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124. <https://doi.org/10.1029/2019JD030639>

Tabara, G., & Zambrano, Y. (2024). *Diseño de un dique en el río Valdivia - California para el aprovechamiento hídrico de la comuna en el sector Loma Alta, Santa Elena.*

Teegavarapu, R. S. v. (2012). *Floods in a Changing Climate: Extreme Precipitation* (1ra ed.). Cambridge University Press.

Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3rd ed.). Wiley-Interscience.

Thomason, C. (2019). *Hydraulic Design Manual.*

Tomalá, S. (2013). *El Agroturismo como una alternativa de desarrollo sostenible para la comuna Loma Alta, de la parroquia Colonche, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, año 2013-2018.*

Toziopoulou, I. (2024). Integrating nature-based solutions for flood risk management in Greece: Insights from the aftermath of storm Daniel.

United States Department of Agriculture, & Natural Resources Conservation Service. (2010). Time of Concentration. In *Hydrology National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture.

Vélez, J. J., & Botero, A. (2011). Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales. *DYNA*, 78(165), 58–71. from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532011000100006&lng=en&tlng=es.

Wang, L., Cui, S., Li, Y., Huang, H., Manandhar, B., Nitivattananon, V., Fang, X., & Huang, W. (2022). A review of the flood management: from flood control to flood resilience. In *Heliyon* (Vol. 8, Issue 11). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11763>

Wilks, D. S. (2006). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences Second Edition* (Second).

Woodward, D. E. (2010). Hydrology National Engineering Handbook. In *Hydrology National Engineering Book*.

Zhang, S. (2024). Green Rainwater Infrastructure implementation in high density urban areas.

8. Planos y anexos

Tabla A.1

Valores críticos del estadístico de Kolmogorov-Smirnov. Fuente: Massey, F. J. (1951)

N	0.200	0.150	0.100	0.050	0.010
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.210	0.220	0.240	0.270	0.320
30	0.190	0.200	0.220	0.240	0.290
35	0.180	0.190	0.210	0.230	0.270

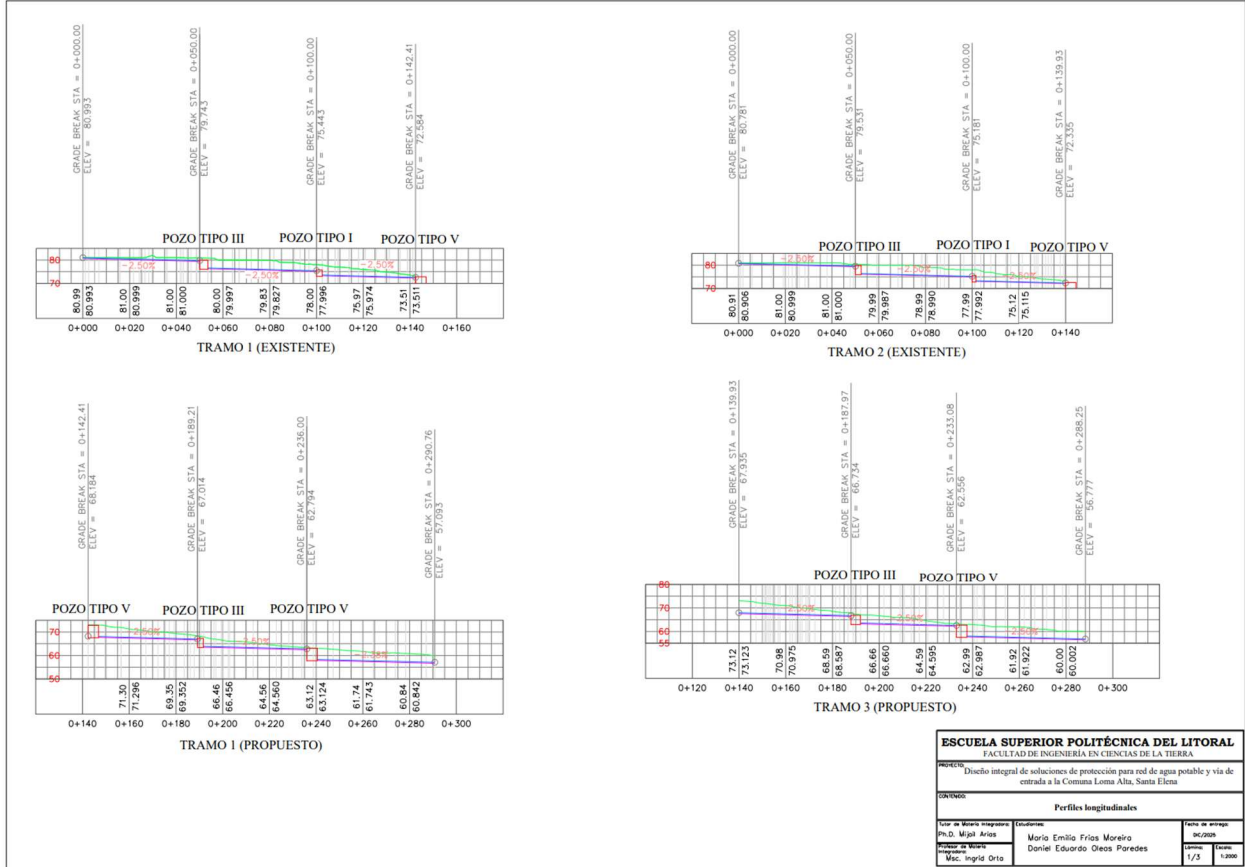
Figura A.1

Valor de CN dependiendo del uso de suelo y de su grupo hidrológico.

Descripción de uso de suelo	Grupo hidrológico de suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: Sin tratamiento	72	81	88	91
Con tratamiento	62	71	78	81
Pastizal, Campo de pastoreo: Condición pobre	68	79	86	89
Condición buena	39	61	74	80
Prado: Condición buena	30	58	71	78
Maderero o Bosque: Troncos finos, cobertura pobre, sin hojarasca	45	66	77	83
Buena cobertura	25	55	70	77
Espacios abiertos				
Condición buena: cobertura de césped mayor a 75% del área	39	61	74	80
Condición regular: entre 50% y 75% de cobertura de césped del área	49	69	79	84
Área comercial (85% impermeable)	89	92	94	95
Parques industriales (72% impermeable)	81	88	91	93
Residencial:				
Tamaño promedio del lote [m ²]:				
% de impermeabilidad:				
506	65			
1012	38			
1350	30			
2023	25			
4046	20			
Parqueaderos pavimentados, azoteas, avenida, etc	98	98	98	98
Calles y caminos:				
Pavimentados con cuneatas y alcantarillas	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Planos A.1

Perfiles longitudinales: Tramos 1 (existente y propuesto), Tramo 2 y Tramo 3



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

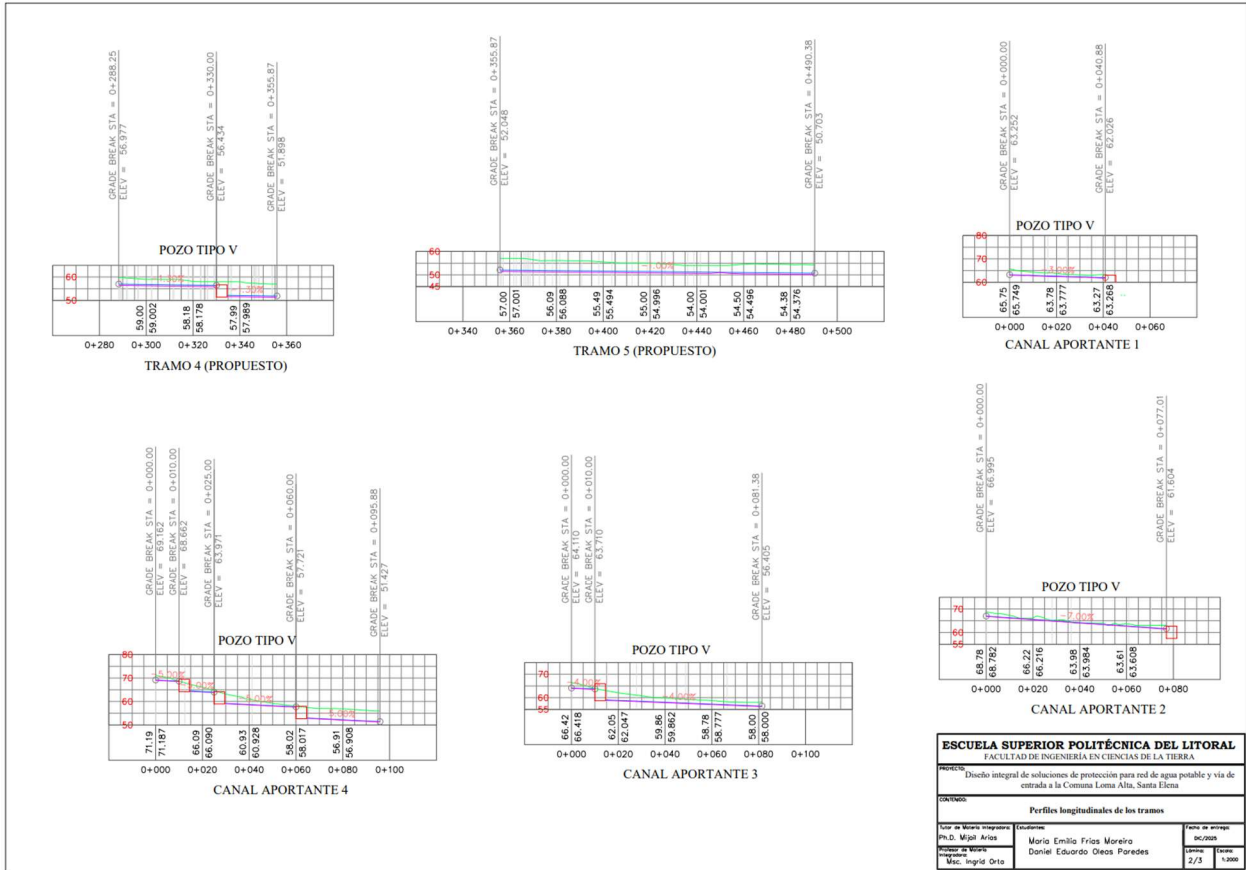
Proyecto: Diseño integral de soluciones de protección para red de agua potable y vía de entrada a la Comuna Loma Alta, Santa Elena

Objetivo: Perfiles longitudinales

Prof. de Mestría Ingeniería	Coordinador	Fecha de entrega
Dr. Diego Arias	Mario Emilio Frías Moreira	30/09/2020
Profesor de Materia	Daniel Eduardo Ocaes Paredes	Edición
Msc. Ingrid Orta		1/3
		Escala
		1:2000

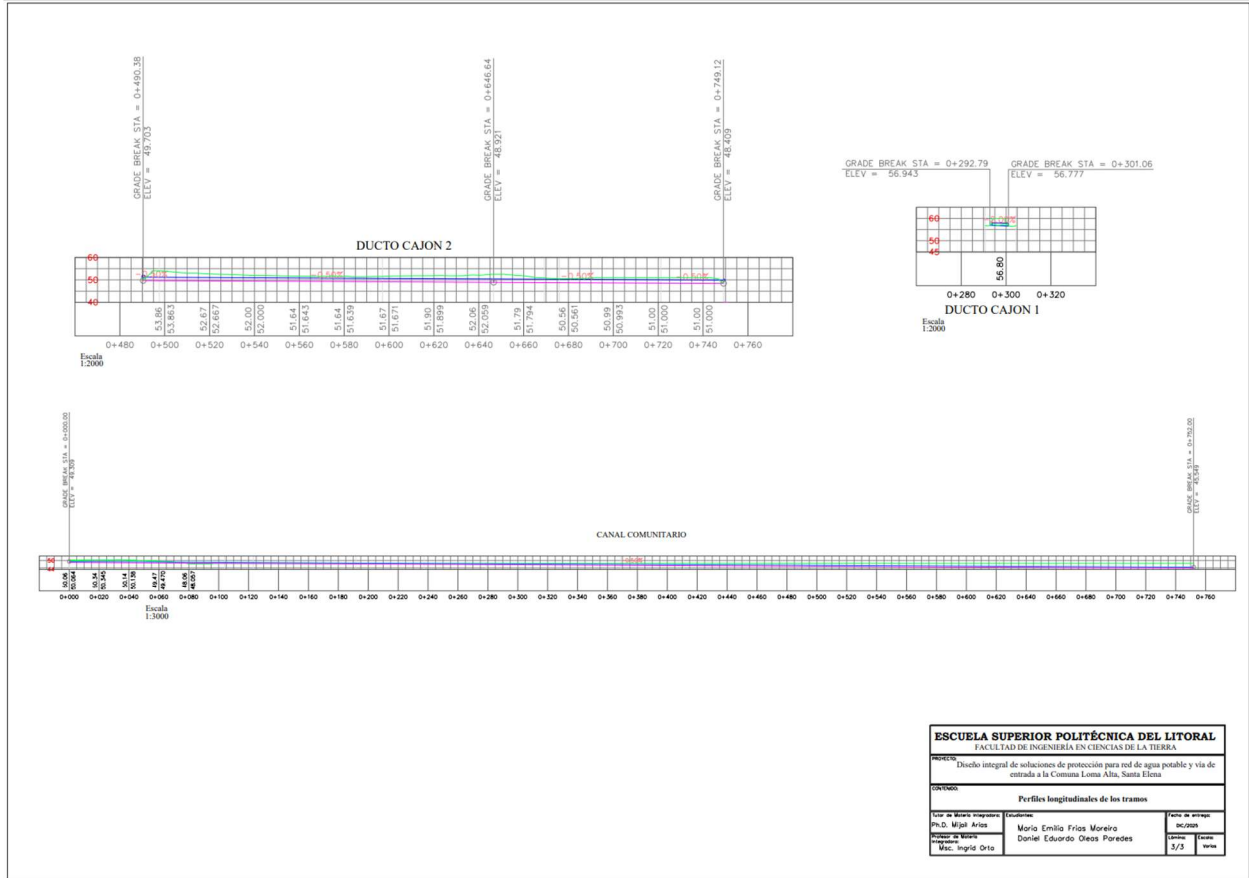
Planos A.2

Perfiles longitudinales: Tramo 4, Tramo 5 y Tramos aportantes



Planos A.3

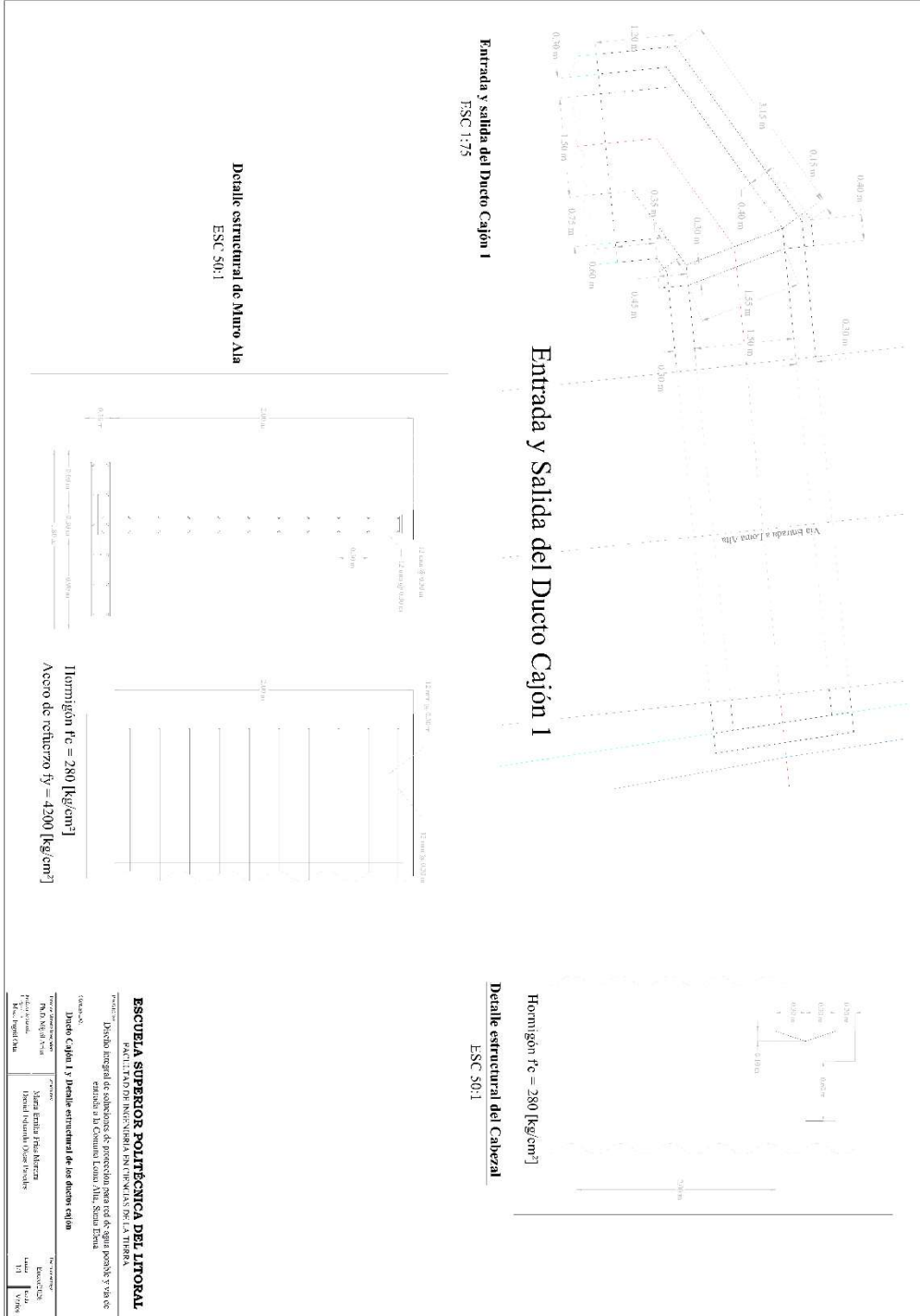
Perfiles longitudinales: Canal comunitario y Ductos cajón 1 y 2



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA		
Proyecto: Diseño integral de soluciones de protección para red de agua potable y vía de entrada a la Comuna Loma Alta, Santa Elena		
Tipo: Perfiles longitudinales de los tramos		
Autor de diseño: Ph.D. Miguel Arias Ingeniero de Geotecnia: MSc. Ingrid Ortiz	Asesor: María Emilia Frijos Morello Daniel Eduardo Oros Paredes	Fecha de entrega: 08/03/2023 Estado: 3/3 Versión: 0001

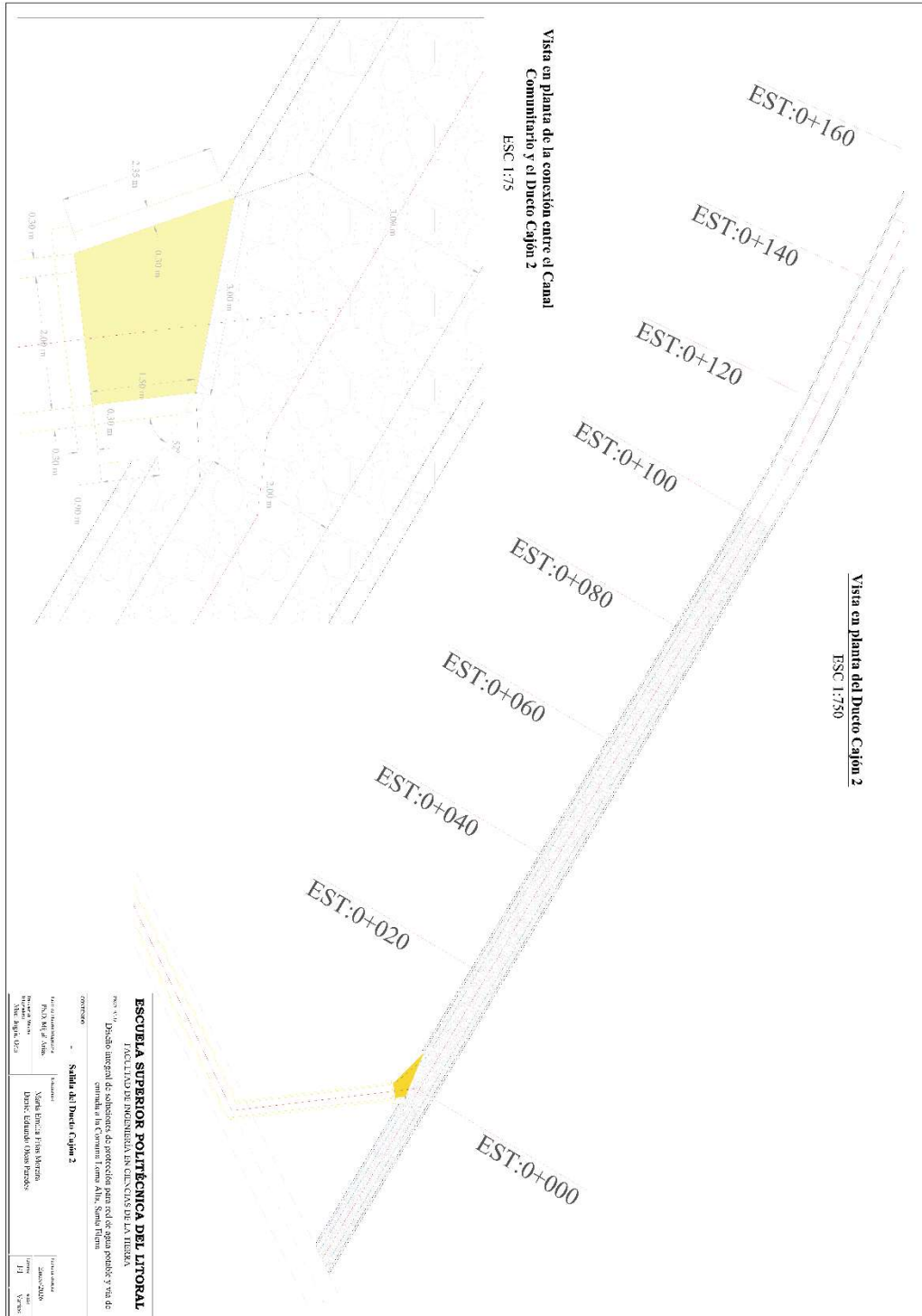
Planos A.4.1

Detalle geométrico y estructural de muros de ala para Ductos cajón 1 y 2.



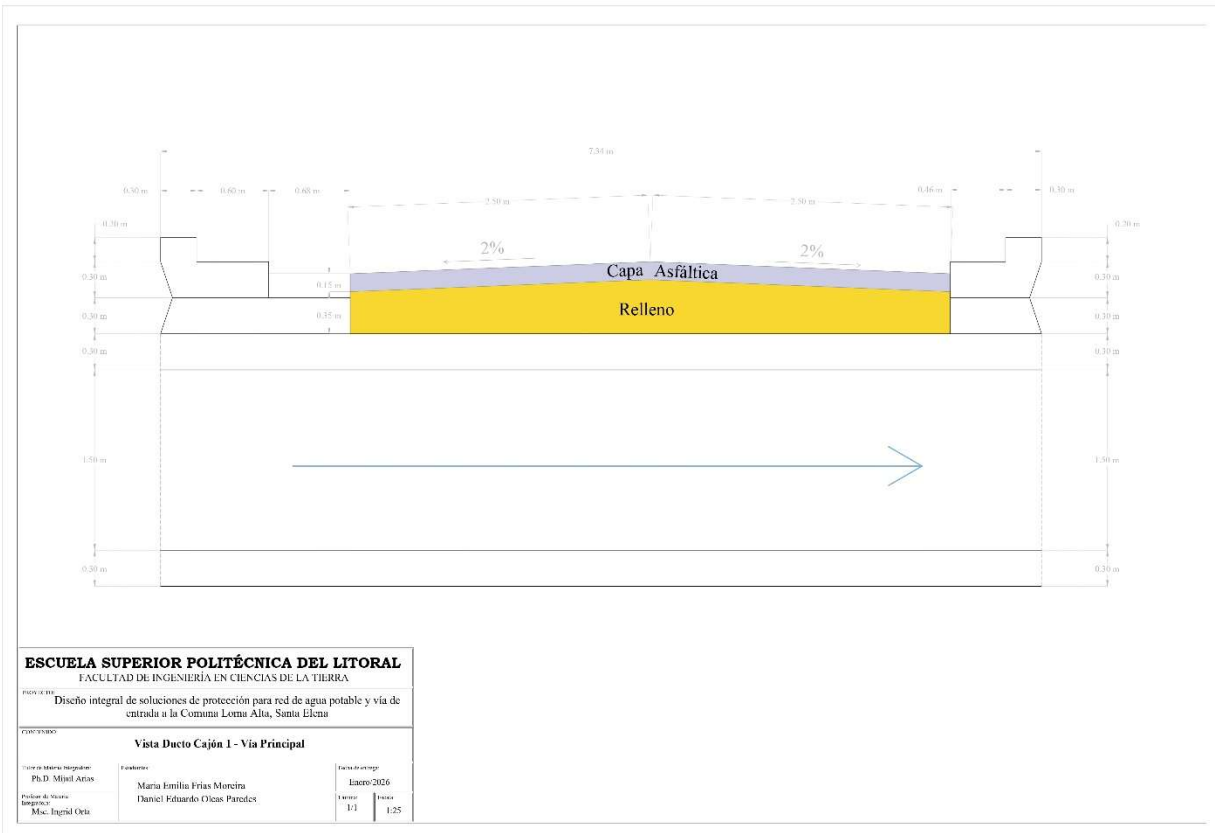
Planos A.4.2

Detalle geométrico y estructural de muros de ala para Ductos cajón 1 y 2.



Planos A.5.2

Vista en perfil de ducto cajón y estructura de vía.



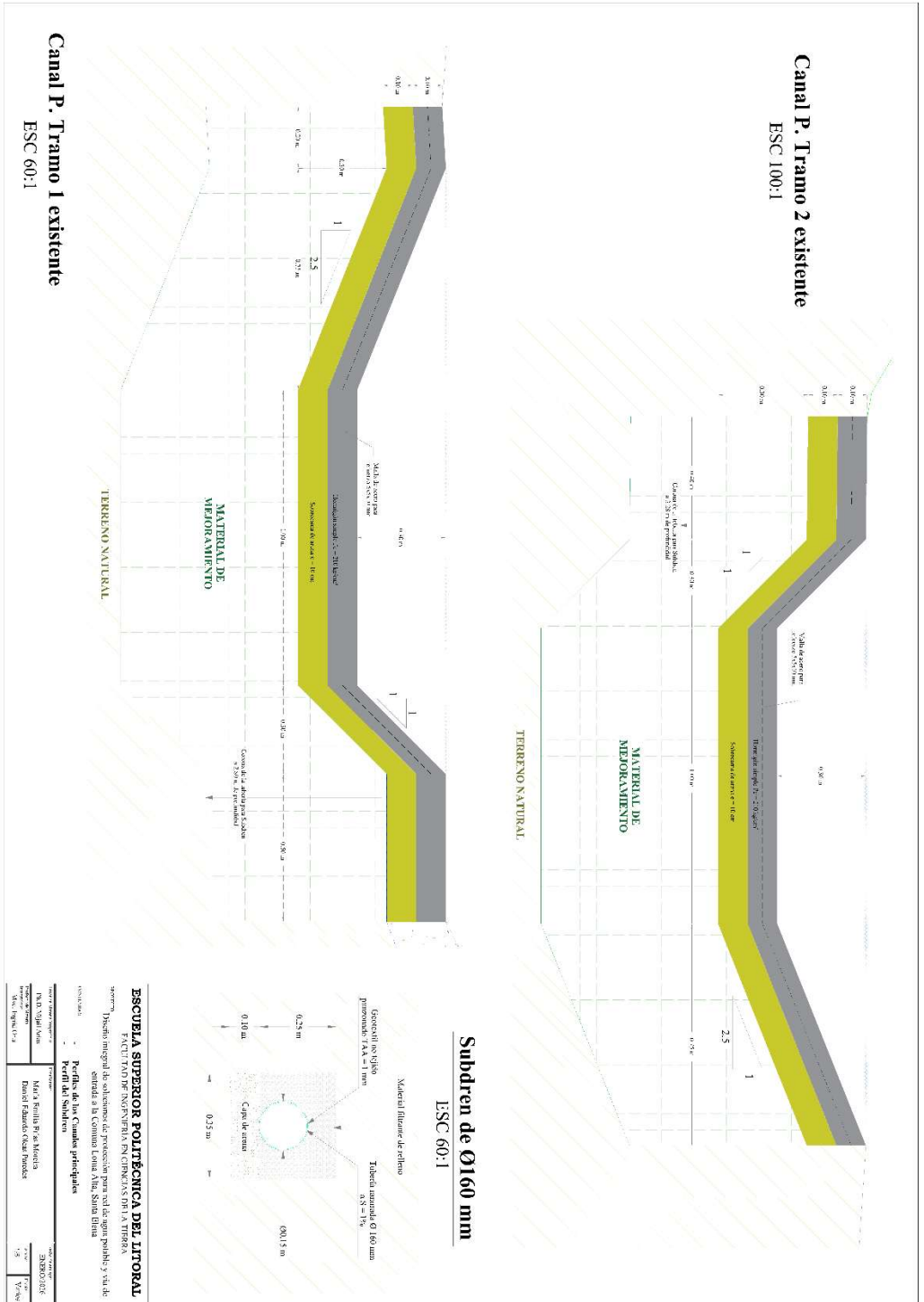
Planos A.6

Vista General en planta de la propuesta integral.



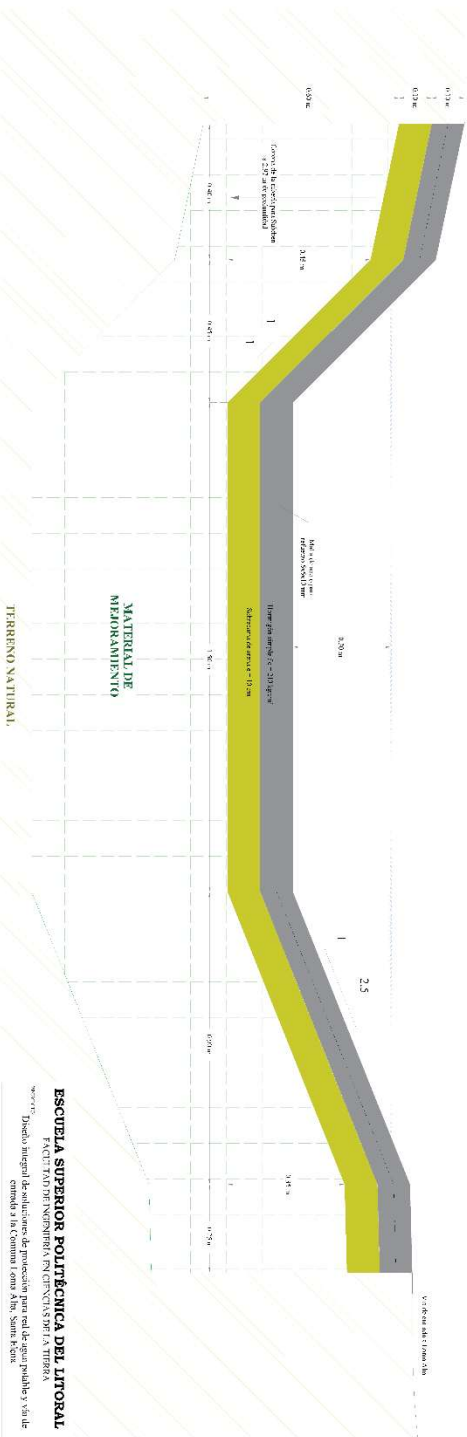
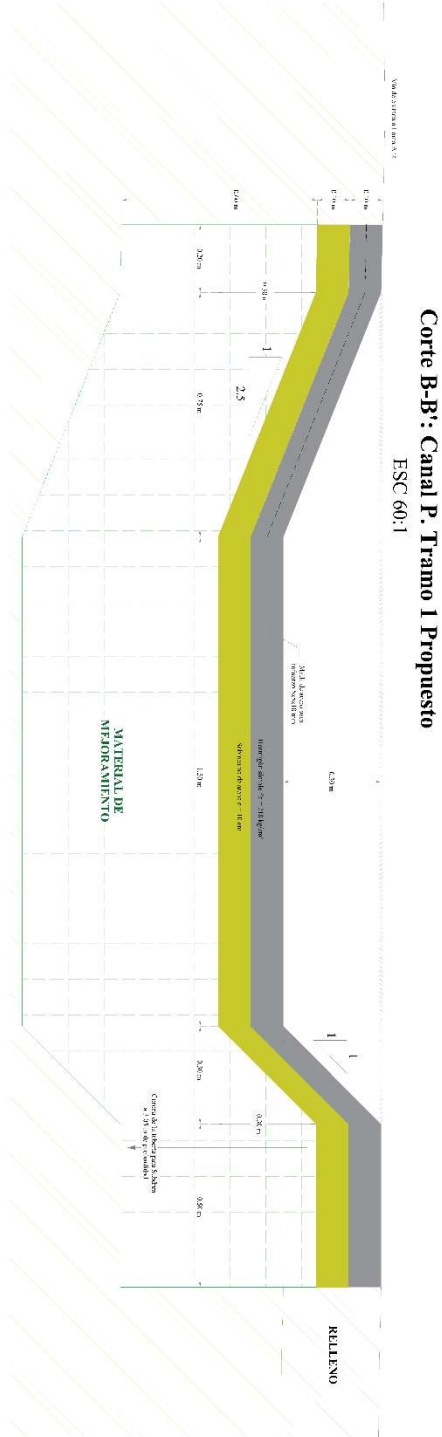
Planos A.7.1

Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.



Planos A.7.2

Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.



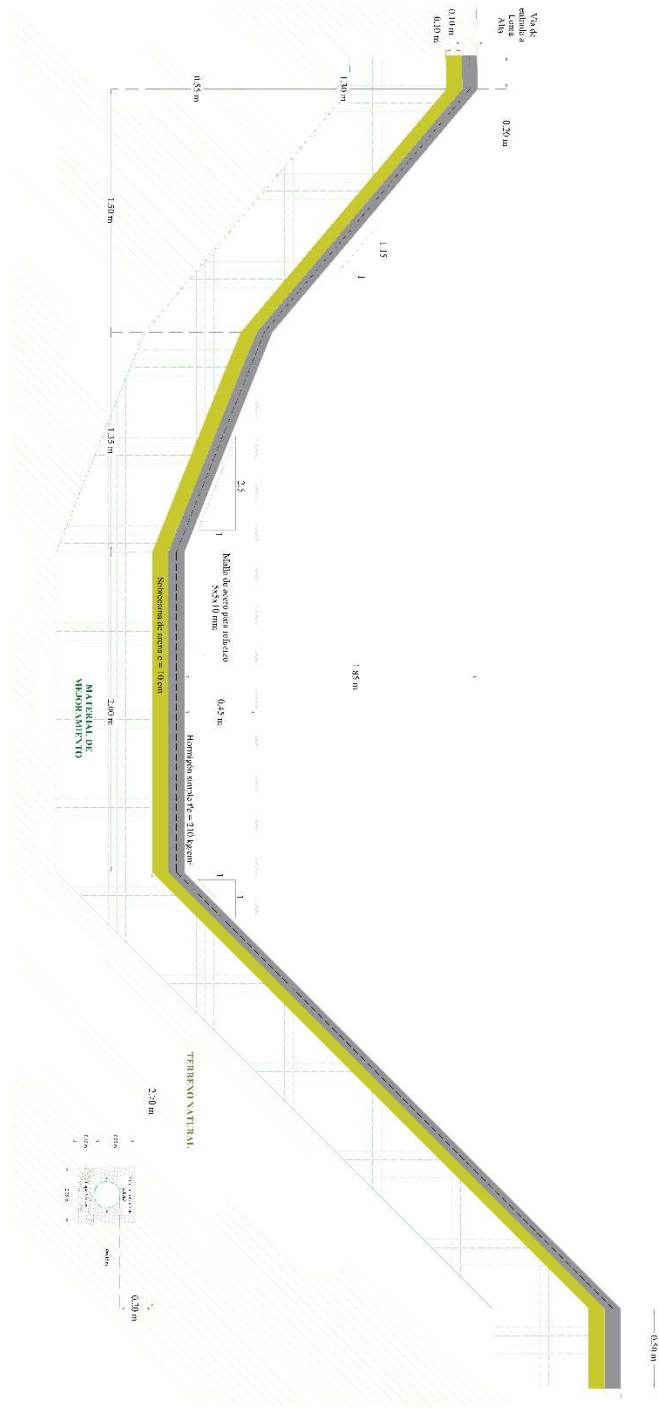
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
 DISEÑO INTEGRAL DE SOLUCIONES DE PROTECCIÓN PARA EL AGUA POTABLE Y VULNERABILIDAD DEL TERRITORIO EN ZONAS DE RIESGO
 Proyecto de Ingeniería de Grado
 Perfiles de los Canales Principales

Elaborado por: **Mónica Patricia Alarcón**
 Revisado por: **Daniel Fernando Díaz Prado**
 Fecha: **23/06/14**

Planos A.7.3

Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.

Corte F-F': Canal P. Tramo 4 Propuesto
 ESC 30:1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
PROYECTO: DISEÑO INTEGRAL DE SOLUCIONES DE DRENAJE PARA EL EDIFICIO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
CARGA: Perfilado de los Canales Principales	
AUTOR: Daniel Eduardo Olay Brindley	
FECHA: 2014	

Planos A.7.4

Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.

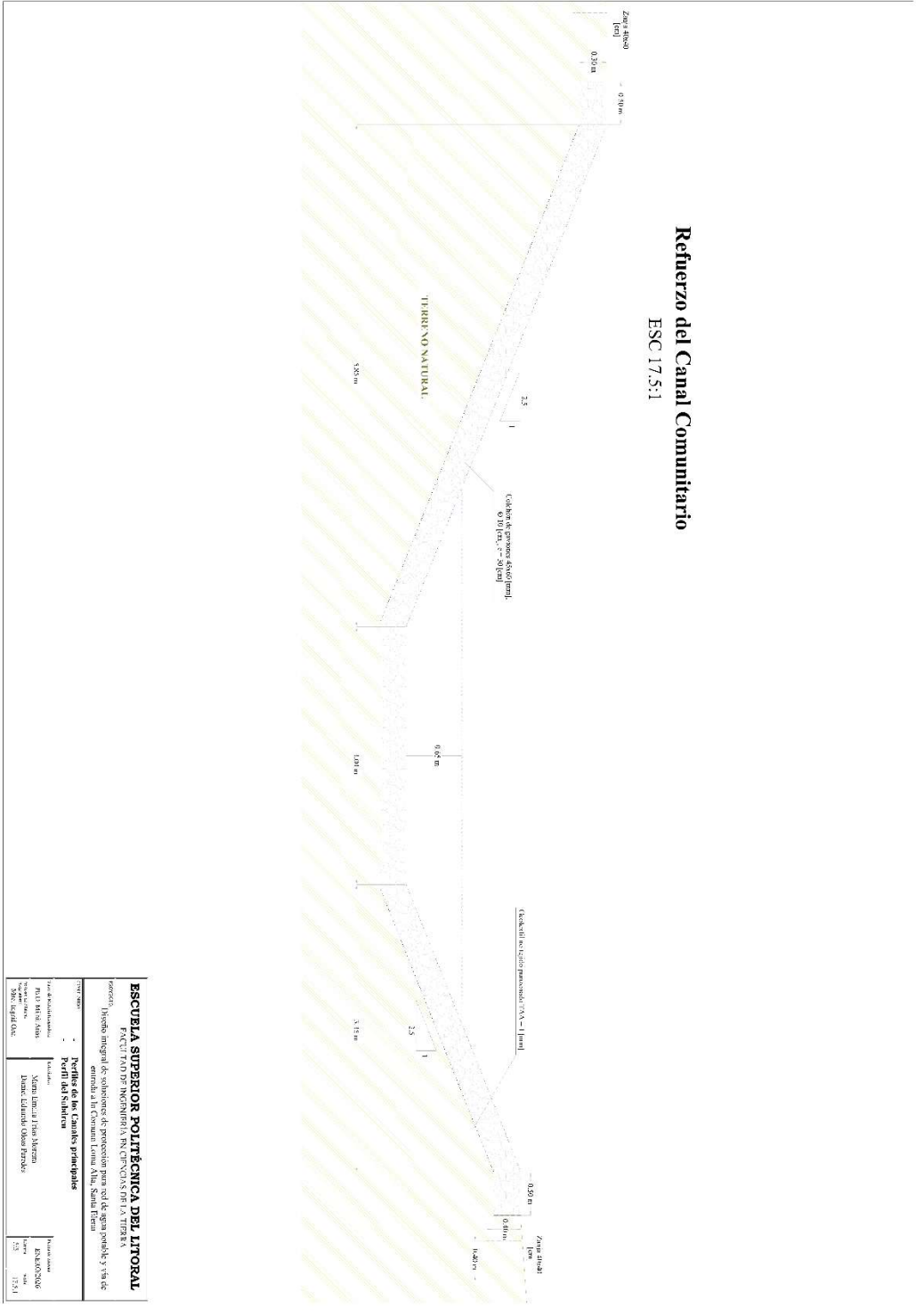
Corte G-G': Canal P, Tramo 5 Propuesto
 ESC 25:1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
Departamento de Ingeniería de Soluciones de Protección para red de agua potable y vía de	
entada a la Comuna Loma Alta, Santa Fe de Antioquia	
Perfil de los Canales Principales	
Proyecto	Perfil de los Canales Principales
Elaborado por	Mónica Emilia Plata Sotomayor
Revisado por	Diego Eduardo Ochoa Pineda
Fecha de Emisión	15/05/2023
Edición	01

Planos A.7.5

Perfiles de los Canales Principales del sistema de drenaje.



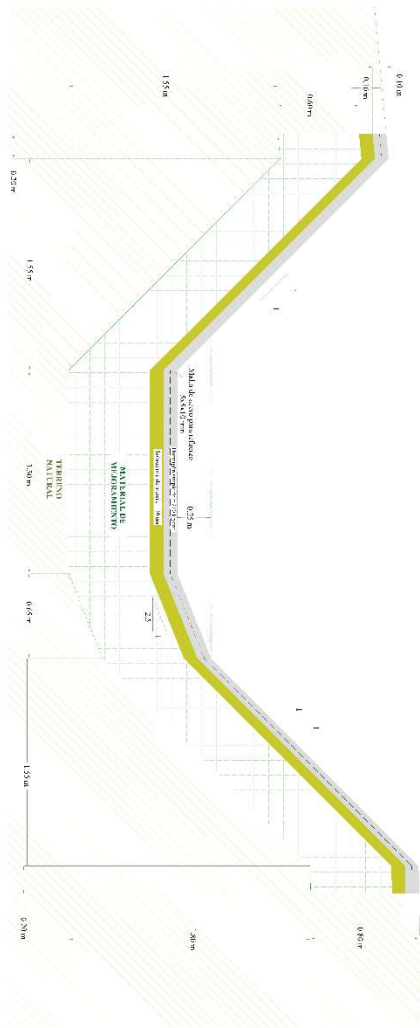
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
 Proyecto: Sistema integral de saneamiento de protección para red de agua potable y VRS de
 entidad de In. Comunal Loma Alta, Santa Elena

Perfil del Substrato Tipo de Sustrato: RPT 101-A04 No. de Perfil: 101-A04 No. de Perfil: 101-A04 No. de Perfil: 101-A04	Perfil del Canal y Principales Tipo de Canal: Sustrato: Loma Alta Doble: Loma Alta Doble: Loma Alta	Fecha de Emisión: 15/08/2023 No. de Perfil: 101-A04 No. de Perfil: 101-A04
---	--	---

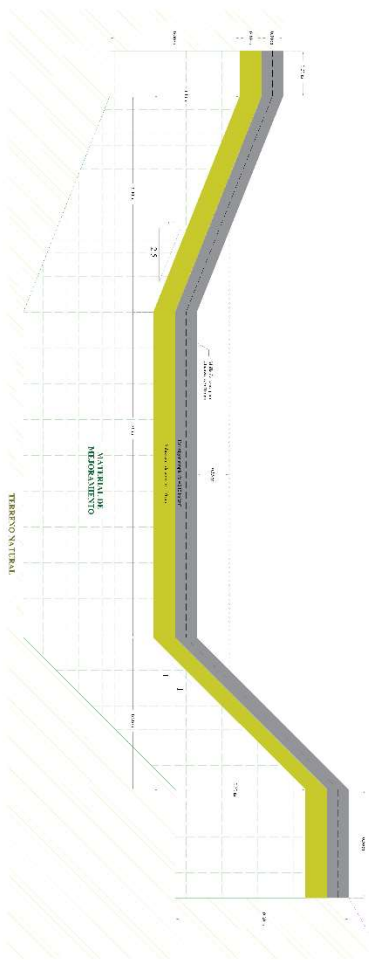
Planos A.8.1

Perfiles de los Canales Aportantes del sistema de drenaje.

Canal Aportante 1
ESC 25:1



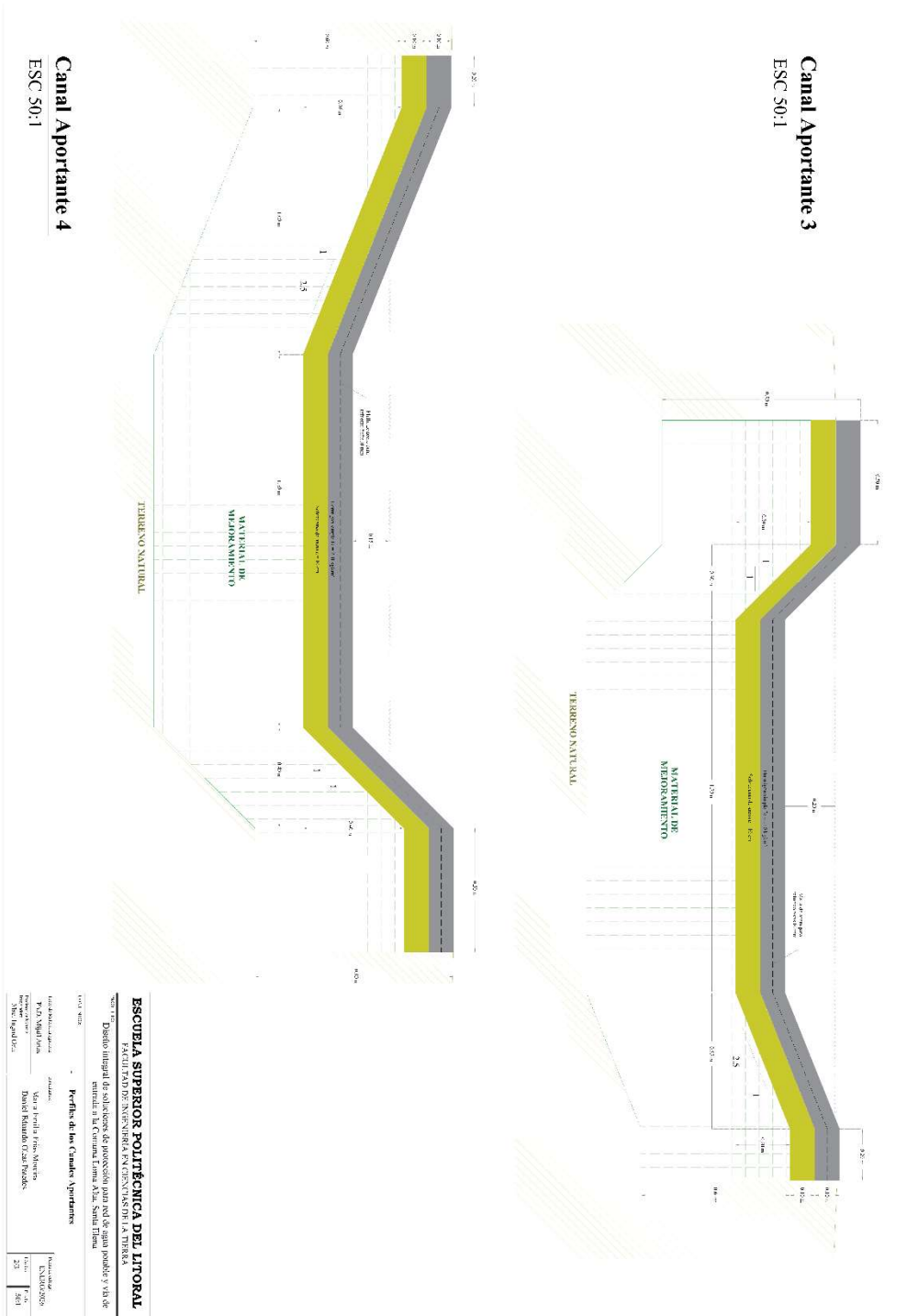
Canal Aportante 2
ESC 40:1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA TIERRA	
Diseño integral de soluciones de protección para red de agua potable y red de efluentes a la Comuna Loma Alta, Santa Elena	
Perfiles de los Canales Aportantes	
Autores:	Equipo
Coautores:	Matías Pizarro, María José Pizarro, Daniel Pizarro, Oscar Pizarro
Fecha de entrega:	15/08/2023
Fecha de revisión:	15/08/2023
Fecha de aprobación:	15/08/2023
Fecha de impresión:	15/08/2023

Planos A.8.2

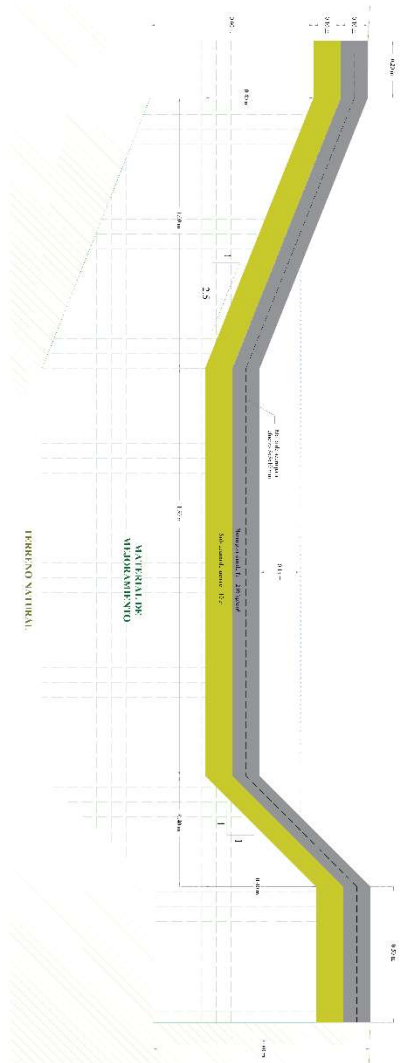
Perfiles de los Canales Aportantes del sistema de drenaje.



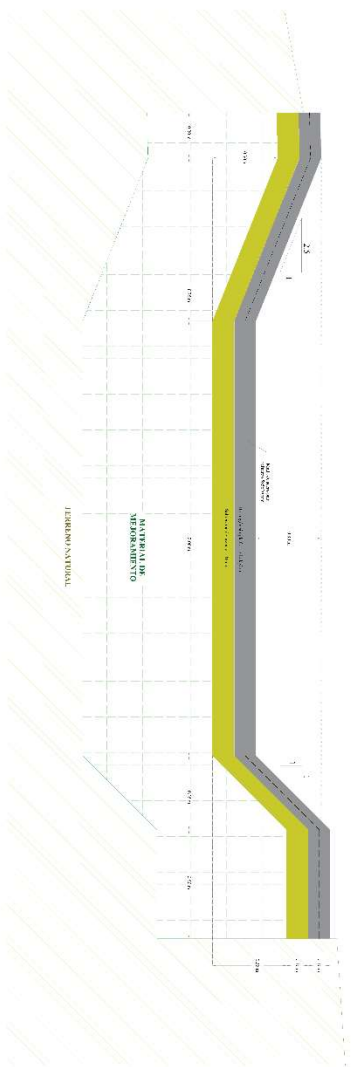
Planos A.8.3

Perfiles de los Canales Aportantes del sistema de drenaje.

Canal Aportante 5
ESC 50:1



Canal Aportante 6
ESC 40:1



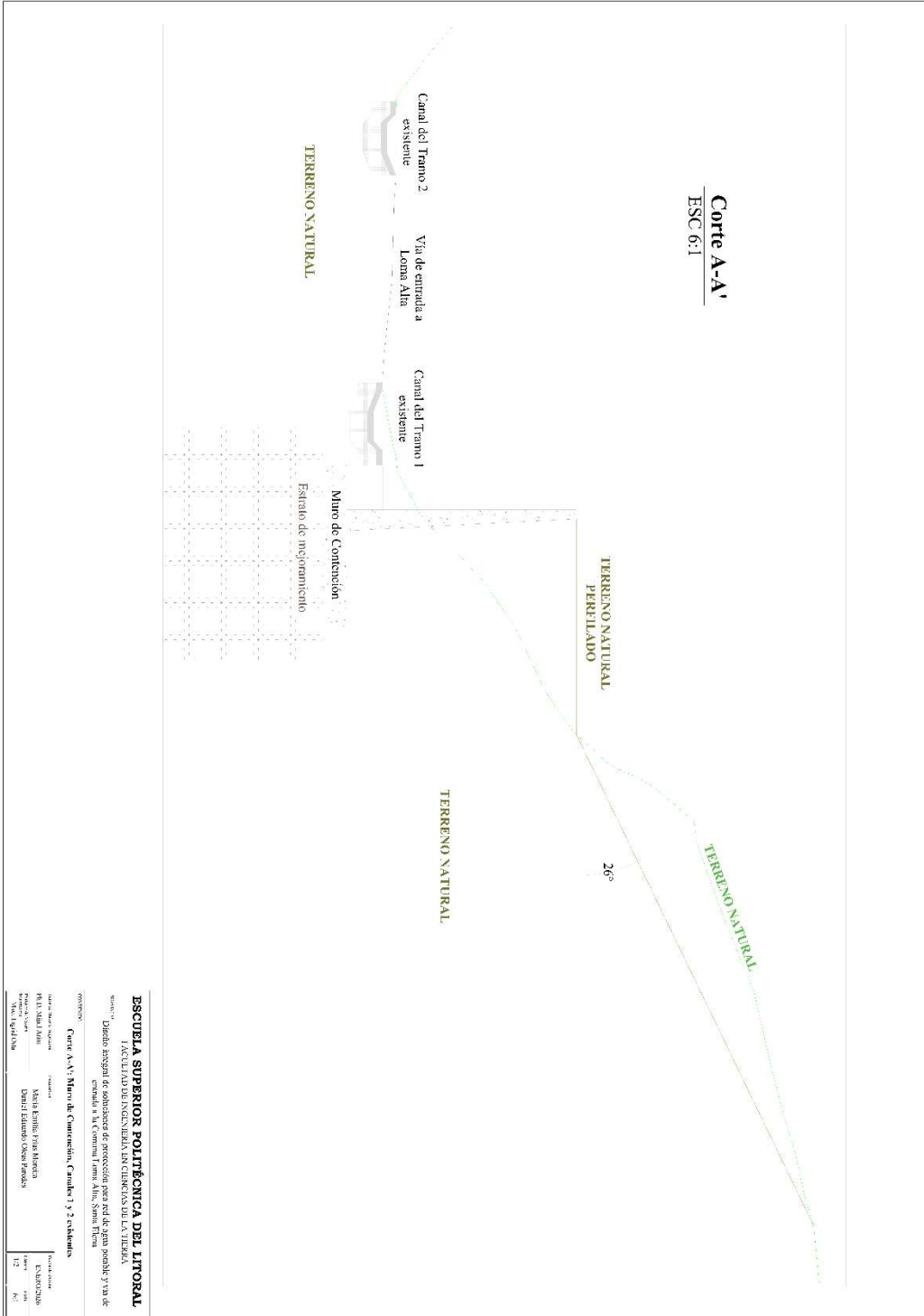
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
 Diseño integral de soluciones de protección para sed de agua potable y viable
 ciudad a la Comuna 1 zona A-10, Santa Fe de

Proyecto: Perfiles de los Canales Aportantes

Elaborado por:	Diego Rodríguez	Revisado por:	Diego Rodríguez
Fecha de elaboración:	17/05/2023	Fecha de revisión:	17/05/2023

Planos A.9.1

Diseño del Muro de contención de 150 [m] y su detalle estructural.



Planos A.9.2

Diseño del Muro de contención de 150 [m] y su detalle estructural.



Estructura de Muro de Contención
ESC 15:1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

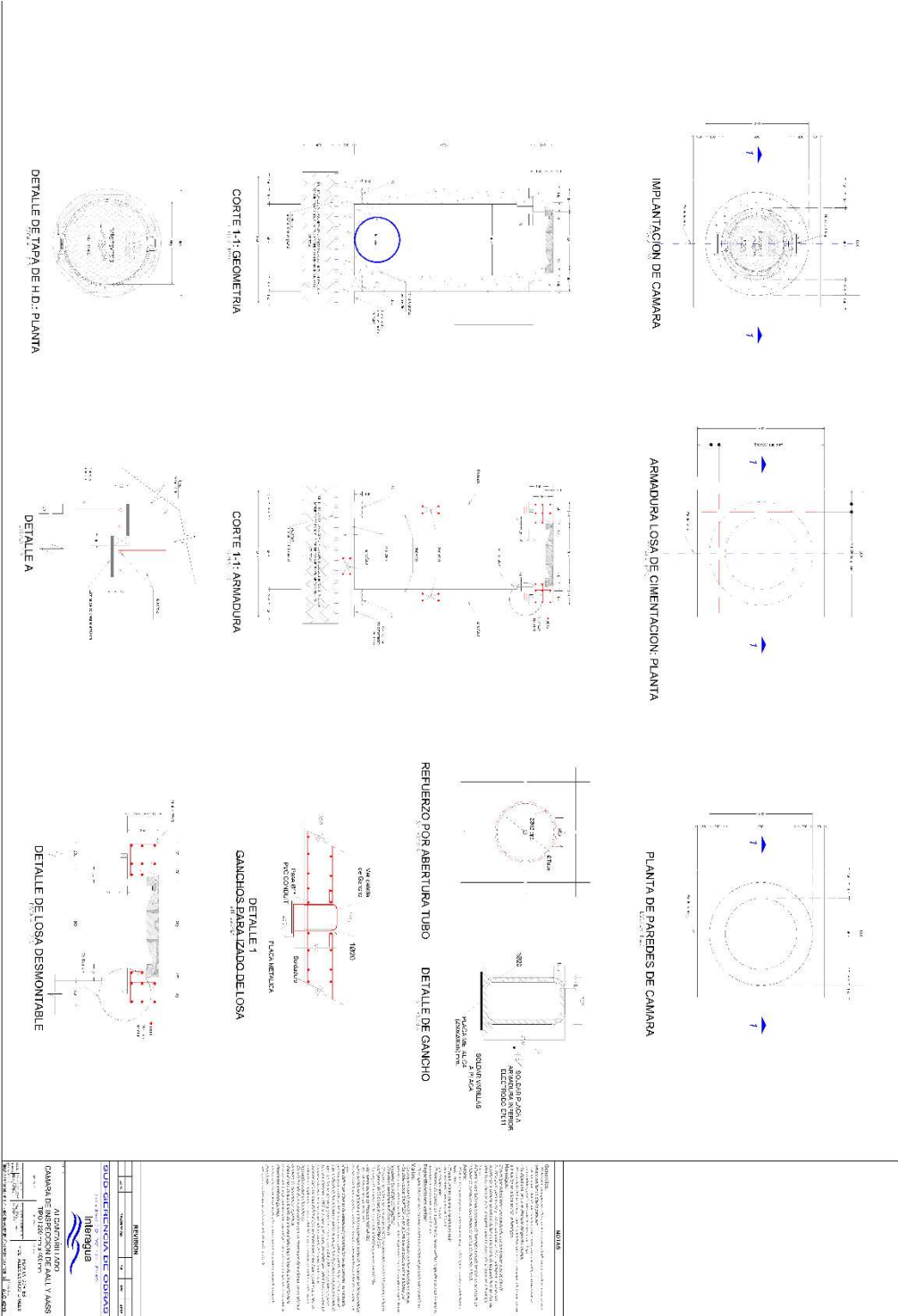
Tercer Año - Diseño Integral de soluciones de protección para suelos granulares y taludes
construccion y mantenimiento de obras de infraestructura

PROFESOR: **Enrique Acosta**
Asesor: **Diego**
Elaborado por: **Marcos**
Revisado por: **Daniel**

Fecha de entrega: **15/05/2023**
Escala: **15:1**

Planos A.10

Pozo de pérdida de energía TIPO I. Elaborado por Interagua.



REVISION	

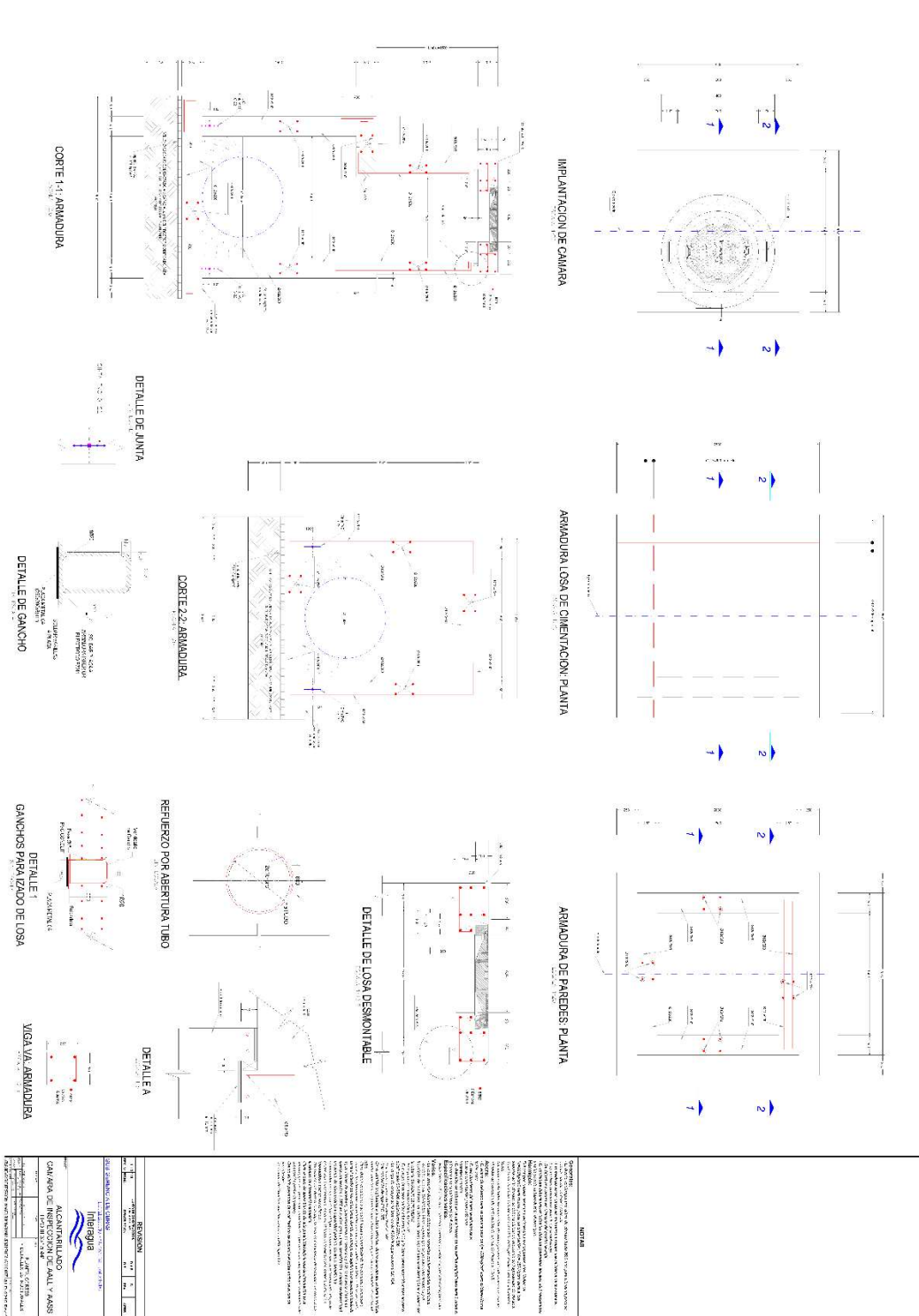
Interagua
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA
 CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍA ELÉCTRICA
 MÓDULO DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
 CÁMARA DE BOMBEO DE AGUA
 PROYECTO DE BOMBEO DE AGUA
 INTERAGUA

NOTAS:

1. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
2. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
3. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
4. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
5. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
6. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
7. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
8. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
9. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.
10. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales.

Planos A.11

Pozo de pérdida de energía TIPO III. Elaborado por Interagua.



REVISION	
NO.	FECHA

<p>PROYECTO: POZO DE PERDIDA DE ENERGIA TIPO III</p> <p>CLIENTE: INTERAGUA</p> <p>PROYECTISTA: ALICERRELLA S.A.S.</p> <p>PROYECTO: POZO DE PERDIDA DE ENERGIA TIPO III</p> <p>CLIENTE: INTERAGUA</p> <p>PROYECTISTA: ALICERRELLA S.A.S.</p>	<p>NOTA:</p> <p>1. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>2. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>3. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>4. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>5. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>6. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>7. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>8. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>9. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>10. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>11. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>12. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>13. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>14. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>15. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>16. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>17. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>18. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>19. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p> <p>20. VERIFICAR LA EXISTENCIA DE SERVICIOS SUBTERRANEOS EN EL LUGAR DE LA OBRA.</p>
---	--

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRAS PRELIMINARES

CÓDIGO:	OP1	Precio referencia:
RUBRO:	Replanteo topográfico y control geométrico	
UNIDAD:	m	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Estación topográfica	40.00	2.00	80.00	0.15	12.00
Herramienta menor (5% MO)					3.81
Subtotal					15.81

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo hora C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Topógrafo	40.00	4.55	182.00	0.15	27.30
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Cadenero	40.00	4.1	164.00	0.15	24.60
Subtotal					76.20

MATERIALES					
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C = A*B	
Subtotal					0

TRANSPORTE					
Subtotal					0

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
			Subtotal	0
			COSTO DIRECTO	92.01
			INDIRECTOS (22%)	20.24
			UTILIDAD (10%)	9.20
			PRECIO UNITARIO TOTAL	121.45

CANALES PRINCIPALES

CÓDIGO:	CP1	Precio referencia:
RUBRO:	Excavación y desalojo	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Retroexcavadora	120.00	22.50	2700.00	0.15	405.00
Herramienta menor (5% MO)					7.74
Subtotal					412.74

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de maquinaria	120.00	4.55	546.00	0.15	81.90
Peón / Ayudante	120.00	4.05	486.00	0.15	72.90
Subtotal					154.80

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C = A*B
Depósito en escombrera	m ³	9157	0.63	5768.91
Subtotal				5768.91

TRANSPORTE

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
Volqueta 8 m3 (acarreo)	h	60.00	22.50	1350.00
			Subtotal	1350.00
			COSTO DIRECTO	7686.45
			INDIRECTOS (22%)	1691.02
			UTILIDAD (10%)	768.65
			PRECIO UNITARIO	10146.11
			TOTAL	

CÓDIGO:	CP2	Precio referencia:
RUBRO:	Conformación y compactación de fondo	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo D = C*R
Rodillo vibratorio	80.00	31.50	2520.00	0.15	378.00
Tanquero	80.00	18.00	1440.00	0.15	216.00
Motoniveladora	80.00	45.00	3600.00	0.15	540.00
Herramienta menor (5% MO)					11.33
Subtotal					1145.33

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Operador de motoniveladora	80.00	4.55	364.00	0.15	54.60
Chofer tanquero	80.00	5.95	476.00	0.15	71.40
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					226.56

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	L	4526.42	0.01	45.26
Subtotal				45.26

TRANSPORTE

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	1417.15
			INDIRECTO S (22%)	311.77
			UTILIDAD (10%)	141.72
			PRECIO UNITARIO TOTAL	1870.64

CÓDIGO:	CP3	Precio referencia:
RUBRO:	Relleno compactado con material de mejoramiento	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Plancha vibratoria	80.00	4.5	360.00	0.15	54.00
Herramienta menor (5% MO)					5.03
Subtotal					59.03

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Técnico de obras civiles	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Subtotal					100.56

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Material granular / arena (puesto en obra)	m ³	1530.12	21.4	32744.64
Subtotal				32744.64

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	32904.23
	INDIRECTOS (22%)	7238.93
	UTILIDAD (10%)	3290.42
	PRECIO UNITARIO TOTAL	43433.58

CÓDIGO:	CP4	Precio referencia:
RUBRO:	Sobrecama de arena e=10 cm	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Rodillo vibratorio	80.00	31.50	2520.00	0.15	378.00
Herramienta menor (5% MO)					5.03
Subtotal					383.03

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					100.56

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Arena puesta en obra	m ³	113.16	18	2036.889
Subtotal				2036.89

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
----------	--------	---------------	-------------	----------------

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	2520.48
	INDIRECTOS (22%)	554.50
	UTILIDAD (10%)	252.05
	PRECIO UNITARIO TOTAL	3327.03

CÓDIGO:	CP5	Precio referencia:
RUBRO:	Encofrado para canal	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor (5% MO)					4.89
				Subtotal	4.89

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil / Carpintero / Fierrero	80.00	4.1	328.00	0.15	49.20
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
				Subtotal	97.80

MATERIALES					
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B	
Madera/tabla/aceite desmoldante (insumos)	m ²	709.30	4.21	2986.15	
				Subtotal	2986.15

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

CÓDIGO:	CP6	Precio referencia:
RUBRO:	Hormigón simple f'c=210 (Incluye transporte)	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Concreteira	80.00	3.15	252.00	0.15	37.80
Herramienta menor (5% MO)					5.03
Subtotal					42.83

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Técnico de obras civiles	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					100.56

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Cemento	m ³	1912.65	7.50	14344.91
Arena	m ³	153.01	20.00	3060.25
Grava	m ³	255.02	19.50	4972.90
Agua	L	45903.70	0.01	459.04
Subtotal				22837.09

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	22980.48
			INDIRECTO S (22%)	5055.71
			UTILIDAD (10%)	2298.05
			PRECIO UNITARIO TOTAL	30334.23

CÓDIGO:	CP7	Precio referencia:
RUBRO:	Malla acero 5x5x10	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor (5% MO)					4.89
Subtotal					4.89

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil / Carpintero / Fierrero	80.00	4.1	328.00	0.15	49.20
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					97.80

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Malla electrosoldada	m ²	2550.21	5.20	13261.07
Subtotal				13261.07

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	13363.76
			INDIRECTOS (22%)	2940.03
			UTILIDAD (10%)	1336.38
			PRECIO UNITARIO TOTAL	17640.16

CÓDIGO:	CP8	Precio referencia:
RUBRO:	Curado del hormigón	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor (5% MO)					1.22
Subtotal					1.22

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					24.30

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	L	10200.82	0.01	102.01
Subtotal				102.01

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
Subtotal				0.00

COSTO DIRECTO	127.52
INDIRECTOS (22%)	28.06
UTILIDAD (10%)	12.75
PRECIO UNITARIO TOTAL	168.33

CANALES APORTANTES

CÓDIGO:	CA1	Precio referencia:
RUBRO:	Excavación y desalojo	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Retroexcavadora	80.00	22.50	1800.00	0.15	270.00
Herramienta menor (5% MO)					5.16
Subtotal					275.16

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de maquinaria	80.00	4.55	364.00	0.15	54.60
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					103.20

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C = A*B
Depósito en escombrera	m ³	2918.00	0.63	1838.34
Subtotal				1838.34

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
Volqueta 8 m3 (acarreo)	h	40.00	22.50	900.00
			Subtotal	900.00
			COSTO DIRECTO	3116.70
			INDIRECTOS (22%)	685.67
			UTILIDAD (10%)	311.67
			PRECIO UNITARIO TOTAL	4114.04

CÓDIGO:	CA2	Precio referencia:
RUBRO:	Conformación y compactación de fondo	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Rodillo vibratorio	80.00	31.50	2520.00	0.15	378.00
Tanquero	80.00	18.00	1440.00	0.15	216.00
Motoniveladora	80.00	45.00	3600.00	0.15	540.00
Herramienta menor (5% MO)					11.33
				Subtotal	1145.33

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Operador de motoniveladora	80.00	4.55	364.00	0.15	54.60
Chofer tanquero	80.00	5.95	476.00	0.15	71.40
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
				Subtotal	226.56

MATERIALES					
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B	
Agua	L	3196.32	0.01	31.96	
			Subtotal	31.96	

TRANSPORTE					
-------------------	--	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B	
			Subtotal	0.00	

	COSTO DIRECTO	1403.85	
	INDIRECTOS (22%)	308.85	
	UTILIDAD (10%)	140.39	
	PRECIO UNITARIO TOTAL	1853.08	

CÓDIGO:	CA3	Precio referencia:
RUBRO:	Relleno compactado con material de mejoramiento	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Plancha vibratoria	40.00	4.5	180.00	0.15	27.00
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					29.51

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Subtotal					50.28

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Material granular / arena (puesto en obra)	m ³	805.50	20	16110.03
Subtotal				16110.03

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

CÓDIGO:	CA4	Precio referencia:
RUBRO:	Sobrecama de arena e=10 cm	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Rodillo vibratorio	40.00	31.50	1260.00	0.15	189.00
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					191.51

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					50.28

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Arena puesta en obra	m ³	79.91	18	1438.344
Subtotal				1438.34

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	1680.14
	INDIRECTOS (22%)	369.63
	UTILIDAD (10%)	168.01
	PRECIO UNITARIO TOTAL	2217.78

CÓDIGO:	CA5	Precio referencia:
RUBRO:	Encofrado para canal	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.45
Subtotal					2.45

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil / Carpintero / Fierrero	40.00	4.1	164.00	0.15	24.60
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					48.90

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Madera/tabla/aceite y desmoldante (insumos)	m ²	271.71	4.21	1143.90408
Subtotal				1143.90

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	1195.25
			INDIRECTO S (22%)	262.95
			UTILIDAD (10%)	119.52
			PRECIO UNITARIO TOTAL	1577.73

CÓDIGO:	CA6	Precio referencia:
RUBRO:	Hormigón simple $f_c=210$ (Incluye transporte)	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Concreteira	40.00	3.15	126.00	0.15	18.90
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					21.41

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					50.28

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Cemento	Saco	1006.88	7.50	7551.58
Arena	m ³	80.55	20.00	1611.00
Grava	m ³	134.25	19.50	2617.88
Agua	L	24165.04	0.01	241.65
Subtotal				12022.11

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	12093.80
	INDIRECTOS (22%)	2660.64
	UTILIDAD (10%)	1209.38
	PRECIO UNITARIO TOTAL	15963.82

CÓDIGO:	CA7	Precio referencia:
RUBRO:	Malla acero 5x5x10	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantida d A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.45
				Subtotal	2.45

MANO DE OBRA

Cargo	Cantida d A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil / Carpintero / Fierrero	40.00	4.1	164.00	0.15	24.60
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
				Subtotal	48.90

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Malla electrosoldada	m ²	1342.50	5.20	6981.01
			Subtotal	6981.01

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	7032.36
			INDIRECTO S (22%)	1547.12
			UTILIDAD (10%)	703.24
			PRECIO UNITARIO TOTAL	9282.71

CÓDIGO:	CA8	Precio referencia:
RUBRO:	Curado del hormigón	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantida d A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Herramienta menor (5% MO)					1.22
Subtotal					1.22

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantida d A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					24.30

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	L	5370.01	0.01	53.70
Subtotal				53.70

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
----------	--------	---------------	-------------	----------------

Subtotal	0.00
COSTO DIRECTO	79.22
INDIRECTOS (22%)	17.43
UTILIDAD (10%)	7.92
PRECIO UNITARIO TOTAL	104.56

POZOS DE PÉRDIDA DE ENERGÍA

CÓDIGO:	PPE1	Precio referencia:
RUBRO:	Excavación y desalojo	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Retroexcavadora	40.00	22.50	900.00	0.15	135.00
Herramienta menor (5% MO)					2.58
Subtotal					137.58

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Operador de maquinaria	40.00	4.55	182.00	0.15	27.30
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					51.60

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Depósito en escombrera	m ³	1462.88	0.63	921.62
Subtotal				921.62

TRANSPORTE

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
Volqueta 8 m3 (acarreo)	h	20.00	22.50	450.00
			Subtotal	450.00
			COSTO DIRECTO	1560.80
			INDIRECTOS (22%)	343.38
			UTILIDAD (10%)	156.08
			PRECIO UNITARIO TOTAL	2060.25

CÓDIGO:	PPE2	Precio referencia:
RUBRO:	Conformación y compactación de fondo	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Rodillo vibratorio	40.00	31.50	1260.00	0.15	189.00
Tanquero	40.00	18.00	720.00	0.15	108.00
Motoniveladora	40.00	45.00	1800.00	0.15	270.00
Herramienta menor (5% MO)					5.66
Subtotal					572.66

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Operador de motoniveladora	40.00	4.55	182.00	0.15	27.30
Chofer tanquero	40.00	5.95	238.00	0.15	35.70
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					113.28

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	L	1092.48	0.01	10.92
Subtotal				10.92

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

CÓDIGO:	PPE3	Precio referencia:
RUBRO:	Encofrado	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimient o R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					4.89
Subtotal					4.89

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo D = C*R
Albañil / Carpintero / Fierrero	80.00	4.1	328.00	0.15	49.20
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					97.80

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Madera/tabla/aceite e desmoldante (insumos)	m ²	1647.24	4.21	6934.88
Subtotal				6934.88

TRANSPORTE

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	7037.57
			INDIRECTO S (22%)	1548.27
			UTILIDAD (10%)	703.76
			PRECIO UNITARIO TOTAL	9289.59

CÓDIGO:	PPE4	Precio referencia:
RUBRO:	Hormigón replantillo $f_c=140$	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Concreteira	80.00	3.15	252.00	0.15	37.80
Herramienta menor (5% MO)					5.03
Subtotal					42.83

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					100.56

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Cemento	Saco	846.67	7.50	6350.04
Arena	m ³	81.94	20.00	1638.72
Grava	m ³	136.56	19.50	2662.92
Agua	L	24580.80	0.01	245.81
Subtotal				10897.49

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	11040.88
	INDIRECTOS (22%)	2428.99
	UTILIDAD (10%)	1104.09
	PRECIO UNITARIO TOTAL	14573.96

CÓDIGO:	PPE5	Precio referencia:
RUBRO:	Hormigón estructura f'c=280	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Concreteira	80.00	3.15	252.00	0.15	37.80
Herramienta menor (5% MO)					2.63
Subtotal					40.43

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Peón / Ayudante	1.00	4.05	4.05	0.15	0.61
Subtotal					52.57

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Cemento	Saco	927.61	7.50	6957.04
Arena	m ³	65.48	20.00	1309.56
Grava	m ³	109.13	19.50	2128.04
Agua	L	19643.40	0.01	196.43
Subtotal				10591.07

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

Subtotal	0.00
COSTO DIRECTO	10684.06
INDIRECTOS (22%)	2350.49
UTILIDAD (10%)	1068.41
PRECIO UNITARIO TOTAL	14102.96

CÓDIGO:	PPE6	Precio referencia:
RUBRO:	Hormigón losa f'c=350	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Concreteira	80.00	3.15	252.00	0.15	37.80
Herramienta menor (5% MO)					5.03
Subtotal					42.83

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					100.56

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Cemento	Saco	680.24	7.50	5101.80
Arena	m ³	40.81	20.00	816.29
Grava	m ³	68.02	19.50	1326.47
Agua	L	12244.32	0.01	122.44
Subtotal				7367.00

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	7510.39
	INDIRECTOS (22%)	1652.29
	UTILIDAD (10%)	751.04
	PRECIO UNITARIO TOTAL	9913.71

CÓDIGO:	PPE7	Precio referencia:
RUBRO:	Relleno superficial de cimentación e = 50 cm	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Plancha vibratoria	40.00	4.5	180.00	0.15	27.00
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					29.51

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Subtotal					50.28

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Material granular / arena (puesto en obra)	m ³	136.56	19	2594.64

Subtotal				2594.64
TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
Volqueta 8 m3 (acarreo)	h	1.00	22.50	22.50
Subtotal				22.50
COSTO DIRECTO				2696.93
INDIRECTOS (22%)				593.33
UTILIDAD (10%)				269.69
PRECIO UNITARIO TOTAL				3559.95

CÓDIGO:	PPE8	Precio referencia:
RUBRO:	Acero fy = 4200	
UNIDAD:	kg	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					5.11
Subtotal					5.11

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Albañil / Carpintero / Fierrero	80.00	4.28	342.40	0.15	51.36
Peón / Ayudante	80.00	4.23	338.40	0.15	50.76
Subtotal					102.12

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Acero de refuerzo (barra)	kg	33843.10	1.45	49072.50
Subtotal				49072.50

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
----------	--------	---------------	-------------	----------------

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	49179.73
	INDIRECTOS (22%)	10819.54
	UTILIDAD (10%)	4917.97
	PRECIO UNITARIO TOTAL	64917.24

CÓDIGO:	PPE9	Precio referencia:
RUBRO:	Curado del hormigón	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Herramienta menor (5% MO)					4.86
Subtotal					4.86

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón / Ayudante	160.00	4.05	648.00	0.15	97.20
Subtotal					97.20

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	L	6588.96	0.01	65.89
Subtotal				65.89

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
Subtotal				0.00

COSTO DIRECTO	167.95
INDIRECTOS (22%)	36.95
UTILIDAD (10%)	16.79
PRECIO UNITARIO TOTAL	221.69

SUBDRENES

CÓDIGO:	S1	Precio referencia:
RUBRO:	Tubería perforada 200 mm	
UNIDAD:	m	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					3.74
Subtotal					3.74

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Plomero	40.00	4.10	164.00	0.15	24.60
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					74.88

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Tubería perforada PVC/PEAD Ø200	m	688.76	7.95	5475.64
Subtotal				5475.64

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	5554.27
			INDIRECTOS (22%)	1221.94
			UTILIDAD (10%)	555.43
			PRECIO UNITARIO TOTAL	7331.63

CÓDIGO:	S2	Precio referencia:
RUBRO:	Material granular subdren (de sitio)	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					2.51

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					50.28

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Subtotal				0.00

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
----------	--------	---------------	-------------	----------------

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	52.79
	INDIRECTOS (22%)	11.61
	UTILIDAD (10%)	5.28
	PRECIO UNITARIO TOTAL	69.69

CÓDIGO:	S3	Precio referencia:
RUBRO:	Geotextil no tejido	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					2.51

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					50.28

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Geotextil no tejido	m ²	432.76	1.82	787.62
Subtotal				787.62

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
----------	--------	---------------	-------------	----------------

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	840.42
	INDIRECTOS (22%)	184.89
	UTILIDAD (10%)	84.04
	PRECIO UNITARIO TOTAL	1109.35

DUCTOS CAJÓN

CÓDIGO:	DC1	Precio referencia:
RUBRO:	Excavación y desalojo	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Retroexcavadora	40.00	22.50	900.00	0.15	135.00
Herramienta menor (5% MO)					2.58
Subtotal					137.58

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de maquinaria	40.00	4.55	182.00	0.15	27.30
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					51.60

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C = A*B
Depósito en escombrera	m ³	1017.58	0.63	641.08
Subtotal				641.08

TRANSPORTE

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
Volqueta 8 m3 (acarreo)	h	20.00	22.50	450.00
			Subtotal	450.00
			COSTO DIRECTO	1280.26
			INDIRECTOS (22%)	281.66
			UTILIDAD (10%)	128.03
			PRECIO UNITARIO TOTAL	1689.94

CÓDIGO:	DC2	Precio referencia:
RUBRO:	Conformación y compactación de fondo	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Rodillo vibratorio	40.00	31.50	1260.00	0.15	189.00
Tanquero	40.00	18.00	720.00	0.15	108.00
Motoniveladora	40.00	45.00	1800.00	0.15	270.00
Herramienta menor (5% MO)					5.66
Subtotal					572.66

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Operador de motoniveladora	40.00	4.55	182.00	0.15	27.30
Chofer tanquero	40.00	5.95	238.00	0.15	35.70
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					113.28

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	L	2117.92	0.01	21.18
Subtotal				21.18

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

CÓDIGO:	DC3	Precio referencia:
RUBRO:	Ducto cajón prefabricado	
UNIDAD:	u	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					5.39
				Subtotal	5.39

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Ingeniero Civil	40.00	5.55	222.00	0.15	33.30
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
				Subtotal	107.88

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantida d A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Ducto Cajón 1.5 x 1.5	U	4	186.93	747.72
Ducto Cajón 2 x 2	U	130	264.89	34435.7
			Subtotal	35183.42

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantida d A	Tarifa B	Costo C=A*B

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	35296.69
	INDIRECTOS (22%)	7765.27
	UTILIDAD (10%)	3529.67
	PRECIO UNITARIO TOTAL	46591.64

MURO DE ALA Y MURO CABEZAL

CÓDIGO:	W1	Precio referencia:
RUBRO:		Encofrado
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.45
Subtotal					2.45

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil / Carpintero / Fierrero	40.00	4.1	164.00	0.15	24.60
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					48.90

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Madera/tabla/aceite desmoldante (insumos)	m ²	46.00	4.21	193.66
Subtotal				193.66

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	245.01
			INDIRECTOS (22%)	53.90
			UTILIDAD (10%)	24.50
			PRECIO UNITARIO TOTAL	323.41

CÓDIGO:	W2	Precio referencia:
RUBRO:	Hormigón f _c =280	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimient o R	Costo D=C*R
Concreteira	40.00	3.15	126.00	0.15	18.90
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					21.41

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					50.28

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Cemento	Saco	113.85	7.50	853.87
Arena	m ³	8.04	20.00	160.73
Grava	m ³	13.39	19.50	261.18
Agua	L	2410.92	0.01	24.11
Subtotal				1299.89

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			COSTO DIRECTO	95.80
			INDIRECTOS (22%)	21.08
			UTILIDAD (10%)	9.58
			PRECIO UNITARIO TOTAL	126.46

CÓDIGO: W3	Precio referencia:
RUBRO:	Acero fy = 4200
UNIDAD: kg	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.55
Subtotal					2.55

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Albañil / Carpintero / Ferrero	40.00	4.28	171.20	0.15	25.68
Peón / Ayudante	40.00	4.23	169.20	0.15	25.38
Subtotal					51.06

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Acero de refuerzo (barra)	kg	#####	1.45	6474.84
Subtotal				6474.84

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	6528.46
			INDIRECTOS (22%)	1436.26
			UTILIDAD (10%)	652.85
			PRECIO	
			UNITARIO	8617.56
			TOTAL	

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	27.36
	INDIRECTOS (22%)	6.02
	UTILIDAD (10%)	2.74
	PRECIO	
	UNITARIO	36.11
	TOTAL	

PAVIMENTO

CÓDIGO:	PV1	Precio referencia:
RUBRO:	Retiro de pavimento deteriorado	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Retroexcavadora	40.00	22.50	900.00	0.15	135.00
Herramienta menor (5% MO)					2.57
Subtotal					137.57

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Operador de maquinaria	40.00	4.35	174.00	0.15	26.10
Peón / Ayudante	40.00	4.23	169.20	0.15	25.38
Subtotal					51.48

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Subtotal				0.00

TRANSPORTE

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
-----------------	---------------	-----------------------	---------------------	------------------------

Volqueta 8 m3 (desalojo)	h	20.00	22.5	450.00
Subtotal				450.00
COSTO DIRECTO				639.05
INDIRECTOS (22%)				140.59
UTILIDAD (10%)				63.91
PRECIO UNITARIO				843.55
TOTAL				

CÓDIGO:	PV2	Precio referencia:
RUBRO:	Colocación y compactación de material de sitio	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantida d A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimient o R	Costo D=C* R
Retroexcavadora	40.00	22.50	900.00	0.15	135.00
Plancha vibratoria	40.00	4.5	180.00	0.15	27.00
Herramientas menores (5% MO)					2.57
Subtotal					164.57

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantida d A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo D=C* R
Operador de maquinaria	40.00	4.35	174.00	0.15	26.10
Peón / Ayudante	40.00	4.23	169.20	0.15	25.38
Subtotal					51.48

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantida d A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Subtotal				0.00

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantida d A	Tarifa B	Costo C=A*B
Volqueta 8 m3 (desalojo)	h	20.00	22.5	450.00

	Subtotal	450.00
	COSTO DIRECTO	666.05
	INDIRECTOS (22%)	146.53
	UTILIDAD (10%)	66.61
	PRECIO UNITARIO TOTAL	879.19

CÓDIGO:	PV3	Precio referencia:
RUBRO:	Colocación material de base. CBR 80%	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Plancha vibratoria	40.00	4.5	180.00	0.15	27.00
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					29.51

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Subtotal					50.28

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Base granular CBR 80%	m ³	17.50	26.36	461.30
Subtotal				461.30

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
Volqueta 8 m3 (acarreo)	h	20.00	22.50	450.00
Subtotal				450.00
COSTO DIRECTO				991.09
INDIRECTOS (22%)				218.04
UTILIDAD (10%)				99.11
PRECIO UNITARIO				1308.24
TOTAL				

CÓDIGO:	PV4	Precio referencia:
RUBRO:	Compactación por capas	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantida d A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo real D = C*R
Rodillo vibratorio	120.00	31.50	3780.00	0.15	567.00
Tanquero	120.00	18.00	2160.00	0.15	324.00
Motoniveladora	120.00	45.00	5400.00	0.15	810.00
Herramienta menor (5% MO)					16.99
Subtotal					1717.99

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantida d A	Tarifa/hor a B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	120.00	4.33	519.60	0.15	77.94
Operador de motoniveladora	120.00	4.55	546.00	0.15	81.90
Chofer tanquero	120.00	5.95	714.00	0.15	107.10
Peón / Ayudante	120.00	4.05	486.00	0.15	72.90
Subtotal					339.84

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	L	210	0.01	2.10
Subtotal				2.10

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	2059.93
			INDIRECTOS (22%)	453.19
			UTILIDAD (10%)	205.99
			PRECIO	
			UNITARIO	2719.11
			TOTAL	

CÓDIGO:	PV5	Precio referencia:
RUBRO:	Geotextil no tejido punzonado	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					2.51

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					50.28

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Geotextil no tejido	m ²	140.00	1.82	254.80
Subtotal				254.80

TRANSPORTE

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
-----------------	---------------	-----------------------	---------------------	------------------------

CÓDIGO:	PV6	Precio referencia:
RUBRO:	Colocación de mezcla asfáltica	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantida d A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimient o R	Costo D=C*R
Finisher	40.00	50	2000.00	0.15	300.00
Rodillo vibratorio liso	40.00	40	1600.00	0.15	240.00
Planta asfalto	40.00	350	14000.00	0.15	2100.00
Herramienta menor (5% MO)					0.00
				Subtotal	2640.00

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantida d A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo D=C*R
Operador de Finisher	40.00	4.33	173.2	0.15	25.98
Operador de Rodillo	40.00	4.33	173.2	0.15	25.98
Operador de Planta de asfatlo	40.00	4.33	173.2	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162	0.15	24.30
				Subtotal	102.24

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantida d A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Mezcla asfáltica (suministro)	m ³	140	6.89	964.6
				Subtotal
				964.60

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantida d A	Tarifa B	Costo C=A*B

TALUDES

CÓDIGO:	T1	Precio referencia:
RUBRO:	Reconformación de taludes	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.43
				Subtotal	2.43

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
				Subtotal	48.60

MATERIALES					
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B	
				Subtotal	0.00

TRANSPORTE					

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	51.03
			INDIRECTOS (22%)	11.23
			UTILIDAD (10%)	5.10
			PRECIO	
			UNITARIO	67.36
			TOTAL	

CÓDIGO:	T2	Precio referencia:
RUBRO:	Excavación y desalojo para mejoramiento de terreno	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Motoniveladora	40.00	45.00	1800.00	0.15	270.00
Herramienta menor (5% MO)					2.57
Subtotal					272.57

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Operador de maquinaria	40.00	4.35	174.00	0.15	26.10
Peón / Ayudante	40.00	4.23	169.20	0.15	25.38
Subtotal					51.48

MATERIALES					
------------	--	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Subtotal				0.00

TRANSPORTE					
------------	--	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	324.05
			INDIRECTOS (22%)	71.29
			UTILIDAD (10%)	32.41
			PRECIO UNITARIO	427.75
			TOTAL	

CÓDIGO:	T3	Precio referencia:
RUBRO:	Colocación de material de mejoramiento c' = 25 kPa	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Motoniveladora	40.00	45.00	1800.00	0.15	270.00
Herramienta menor (5% MO)					2.57
Subtotal					272.57

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Operador de maquinaria	40.00	4.35	174.00	0.15	26.10
Peón / Ayudante	40.00	4.23	169.20	0.15	25.38
Subtotal					51.48

MATERIALES					
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B	
Subtotal					0.00

TRANSPORTE					
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B	

	Subtotal	0.00
	COSTO DIRECTO	324.05
	INDIRECTOS (22%)	71.29
	UTILIDAD (10%)	32.41
	PRECIO	
	UNITARIO	427.75
	TOTAL	

CÓDIGO:	T4	Precio referencia:
RUBRO:	Encofrado	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					4.89
Subtotal					4.89

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hor B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Albañil / Carpintero / Fierrero	80.00	4.1	328.00	0.15	49.20
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					97.80

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Madera/tabla/aceite e desmoldante (insumos)	m ²	3937.50	4.21	16576.88
Subtotal				16576.88

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	16679.57
			INDIRECTOS (22%)	3669.50
			UTILIDAD (10%)	1667.96
			PRECIO UNITARIO	22017.03
			TOTAL	

CÓDIGO: T5	Precio referencia:
RUBRO:	Hormigón f'c=280
UNIDAD: m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Camión mixer	80.00	19.5	1560.00	0.15	234.00
Herramienta menor (5% MO)					8.60
Subtotal					242.60

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Chofer camión mixer	80.00	5.95	476.00	0.15	71.40
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					171.96

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Cemento	Saco	9562.50	7.50	71718.75
Arena	m ³	675.00	20.00	13500.00
Grava	m ³	1125.00	19.50	21937.50
Agua	L	202500.00	0.01	2025.00
Subtotal				109181.25

CÓDIGO: T6	Precio referencia:
RUBRO:	Mechinales 150 mm
UNIDAD: m	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
-------------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					3.74
Subtotal					3.74

MANO DE OBRA					
---------------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Plomero	40.00	4.10	164.00	0.15	24.60
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					74.88

MATERIALES				
-------------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Mechinal PVC/PEAD Ø150	m	1800.00	4.63	8334.00
Subtotal				8334.00

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	8412.62
			INDIRECTOS (22%)	1850.78
			UTILIDAD (10%)	841.26
			PRECIO	
			UNITARIO	11104.66
			TOTAL	

CÓDIGO: T7	Precio referencia:
RUBRO:	Acero fy = 4200
UNIDAD: kg	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					5.11
Subtotal					5.11

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Albañil / Carpintero / Ferrero	80.00	4.28	342.40	0.15	51.36
Peón / Ayudante	80.00	4.23	338.40	0.15	50.76
Subtotal					102.12

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Acero de refuerzo (barra)	kg	50633.76	1.78	90128.10
Subtotal				90128.10

TRANSPORTE				
-------------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	90235.32
			INDIRECTOS (22%)	19851.77
			UTILIDAD (10%)	9023.53
			PRECIO UNITARIO TOTAL	119110.63
			PRECIO UNITARIO TOTAL	147985.93

CÓDIGO: T8	Precio referencia:
RUBRO:	Geotextil no tejido punzonado
UNIDAD: m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					2.51

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					50.28

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Geotextil no tejido	m ²	855.00	1.82	1556.10
Subtotal				1556.10

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B

PROTECCIÓN CANAL COMUNITARIO

CÓDIGO:	PC1	Precio referencia:
RUBRO:	Regularización fondo y laterales	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Rodillo vibratorio	80.00	31.50	2520.00	0.15	378.00
Tanquero	80.00	18.00	1440.00	0.15	216.00
Motoniveladora	80.00	45.00	3600.00	0.15	540.00
Herramienta menor (5% MO)					11.33
Subtotal					1145.33

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Operador de motoniveladora	80.00	4.55	364.00	0.15	54.60
Chofer tanquero	80.00	5.95	476.00	0.15	71.40
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					226.56

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B

Agua	L	14288.5371 2	0.01	142.89
Subtotal				142.89
TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
Subtotal				0.00
			COSTO DIRECTO	1514.77
			INDIRECTOS (22%)	333.25
			UTILIDAD (10%)	151.48
			PRECIO UNITARIO TOTAL	1999.50

CÓDIGO:	PC2	Precio referencia:
RUBRO:	Regularización fondo y laterales	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantida d A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo real D = C*R
Rodillo vibratorio	80.00	31.50	2520.00	0.15	378.00
Tanquero	80.00	18.00	1440.00	0.15	216.00
Motoniveladora	80.00	45.00	3600.00	0.15	540.00
Herramienta menor (5% MO)					11.33
Subtotal					1145.33

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantida d A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimient o R	Costo D = C*R
Operador de rodillo	80.00	4.33	346.40	0.15	51.96
Operador de motoniveladora	80.00	4.55	364.00	0.15	54.60
Chofer tanquero	80.00	5.95	476.00	0.15	71.40
Peón / Ayudante	80.00	4.05	324.00	0.15	48.60
Subtotal					226.56

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	L	14288.5371 2	0.01	142.89

Subtotal	142.89
-----------------	---------------

TRANSPORTE				
-------------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
----------	--------	---------------	---------------------	------------------

Subtotal				0.00
-----------------	--	--	--	-------------

	COSTO DIRECTO	1514.77
	INDIRECTOS (22%)	333.25
	UTILIDAD (10%)	151.48
	PRECIO UNITARIO TOTAL	1999.50

CÓDIGO: PC3	Precio referencia:
RUBRO:	Colchón de gavión 45x60 mm
UNIDAD: m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
-------------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					2.51
Subtotal					2.51

MANO DE OBRA					
---------------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					50.28

MATERIALES				
-------------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Geotextil no tejido	m ²	3572.13	1.82	6501.28
Subtotal				6501.28

TRANSPORTE				
-------------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	6554.08
			INDIRECTOS (22%)	1441.90
			UTILIDAD (10%)	655.41
			PRECIO UNITARIO	8651.38
			TOTAL	

CÓDIGO: PC4	Precio referencia:
RUBRO:	Colocación piedra escollera D50 = 10 cm e = 30 cm
UNIDAD: m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Gallineta	40.00	22.00	880.00	0.15	132.00
Herramienta menor (5% MO)					3.82
Subtotal					135.82

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador de maquinaria	40.00	4.35	174.00	0.15	26.10
Técnico de obras civiles	40.00	4.33	173.20	0.15	25.98
Peón / Ayudante	40.00	4.05	162.00	0.15	24.30
Subtotal					76.38

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Piedra escollera Ø = 10 cm	m ³	236.27	21.00	4961.76

				Subtotal	4961.76
TRANSPORTE					
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B	
				Subtotal	0.00
				COSTO DIRECTO	5173.96
				INDIRECTOS (22%)	1138.27
				UTILIDAD (10%)	517.40
				PRECIO	
				UNITARIO	6829.62
				TOTAL	

OBRAS COMPLEMENTARIAS Y DE CIERRE

CÓDIGO:	OC1	Precio referencia:
RUBRO:	Limpieza final obra	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Volqueta	40.00	35.00	1400.00	0.15	210
Motoniveladora	40.00	55.00	2200.00	0.15	330
Tanquero	40.00	25.00	1000.00	0.15	150
Herramienta menor (5% MO)					6.94
Subtotal					696.94

MANO DE OBRA					
Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Chofer de volqueta	40.00	5.95	238.00	0.15	35.70
Operador de motoniveladora	40.00	4.55	182.00	0.15	27.30
Chofer tanquero	40.00	5.95	238.00	0.15	35.70
Peón / Ayudante	40.00	4.05	40.00	0.15	40.00
Subtotal					138.70

MATERIALES				
Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B

			Subtotal	0.00
TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
			Subtotal	0.00
COSTO DIRECTO				835.64
INDIRECTOS (22%)				183.84
UTILIDAD (10%)				83.56
PRECIO UNITARIO				1103.04
TOTAL				

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	97.38
			INDIRECTOS (22%)	21.42
			UTILIDAD (10%)	9.74
			PRECIO UNITARIO	128.54
			TOTAL	

CÓDIGO:	M2	Precio referencia:
RUBRO:	Limpieza ocasional ductos	
UNIDAD:	m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
Minicargador	24.00	22.00	528.00	0.15	79.2
Herramienta menor (5% MO)					1.55
Subtotal					80.75

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
Operador minicargador	24.00	4.55	109.20	0.15	16.38
Peón / Ayudante	24.00	4.05	97.20	0.15	14.58
Subtotal					30.96

MATERIALES				
------------	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Subtotal				0.00

TRANSPORTE				
------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
			Subtotal	0.00
			COSTO DIRECTO	111.71
			INDIRECTOS (22%)	24.58
			UTILIDAD (10%)	11.17
			PRECIO UNITARIO	147.45
			TOTAL	

CÓDIGO: M3	Precio referencia:
RUBRO:	Mantenimiento geotextil
UNIDAD: m ²	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					0.03
Subtotal					0.03

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Peón / Ayudante	16.00	4.23	4.05	0.15	0.6075
Subtotal					0.61

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Subtotal				0.00

TRANSPORTE

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
-----------------	---------------	-----------------------	---------------------	------------------------

EJE AMBIENTAL

CÓDIGO:	A1	Precio referencia:	
RUBRO:	Señalización preventiva		
UNIDAD:	u		

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
---------------	-----------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------------

Herramienta menor (5% MO)					0.83
---------------------------	--	--	--	--	------

Subtotal 0.83**MANO DE OBRA**

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
--------------	-----------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------------------

Técnico	2.00	4.33	8.66	0.05	0.43
---------	------	------	------	------	------

Peón / Ayudante	8.00	4.05	32.40	0.5	16.20
-----------------	------	------	-------	-----	-------

Subtotal 16.63

CÓDIGO:	A2	Precio referencia:
RUBRO:	Cinta de advertencia	
UNIDAD:	m	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
------------------------	--	--	--	--	--

Equipo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo real D = C*R
--------	---------------	------------------	------------------	------------------	--------------------------

Herramienta menor (5% MO)					0.04
---------------------------	--	--	--	--	------

Subtotal					0.04
-----------------	--	--	--	--	-------------

MANO DE OBRA					
--------------	--	--	--	--	--

Cargo	Cantidad A	Tarifa/hora B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D = C*R
-------	---------------	------------------	------------------	------------------	---------------------

Técnico	2.00	4.05	8.10	0.02	0.16
---------	------	------	------	------	------

Peón / Ayudante	8.00	4.33	34.64	0.02	0.69
-----------------	------	------	-------	------	------

Subtotal					0.85
-----------------	--	--	--	--	-------------

MATERIALES					
------------	--	--	--	--	--

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Cinta plástica	m	3240	0.1	324
Subtotal				324.00

TRANSPORTE				
Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa horaria B	Costo C = A*B
Subtotal				0.00

COSTO DIRECTO				324.90
INDIRECTOS (22%)				71.48
UTILIDAD (10%)				32.49
PRECIO UNITARIO				428.86
TOTAL				

CÓDIGO:	A3	Precio referencia:
RUBRO:	Supresión de polvo (humectación)	
UNIDAD:	m ³	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Equipo	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					0.04
Tanquero de agua por hora	1	18	18	0.043	0.77
Subtotal					0.82

MANO DE OBRA

Cargo	Cantidad A	Tarifa B	Costo C = A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Peón / Ayudante	16.00	4.23	4.05	0.15	0.61
Chofer tanqueros	1	5.95	5.95	0.043	0.26
Subtotal					0.86

MATERIALES

Material	Unidad	Cantidad A	Precio Unit. B	Costo C=A*B
Agua	metros cúbicos	1500	0.01	15

Subtotal	15.00
-----------------	--------------

TRANSPORTE				
-------------------	--	--	--	--

Concepto	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=A*B
-----------------	---------------	-----------------------	---------------------	------------------------

Subtotal	0.00
-----------------	-------------

COSTO DIRECTO	16.68
INDIRECTOS (22%)	3.67
UTILIDAD (10%)	1.67
PRECIO UNITARIO	22.02
TOTAL	

DESCRIPCIONES DE RUBRO

OP1. Replanteo topográfico y control geométrico

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Replanteo topográfico y control geométrico”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Estación total y/o GNSS, nivel automático, miras, jalones, cintas, estacas, clavos, pintura/cal, herramientas menores y bitácora de control.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará por metro lineal (m) efectivamente ejecutado, medido en planta sobre el eje o alineamiento definido en planos y verificado en obra.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CP1. Excavación y desalojo

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Excavación y desalojo”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Retroexcavadora y/o excavadora según sección, volquetes, herramientas manuales, señalización, y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de excavación, calculados por secciones y dimensiones aprobadas, sin reconocer sobre-excavaciones no autorizadas.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte a botadero, etc.

CP2. Conformación y compactación de fondo

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Conformación y compactación de fondo”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de área compactada, verificada por fiscalización, conforme a los espesores de capa definidos en el diseño.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CP3. Relleno compactado con material de mejoramiento (Incluye transporte)

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Relleno compactado con material de mejoramiento (Incluye transporte)”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CP4. Sobrecama de arena e = 10 cm (Incluye transporte)

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Sobrecama de arena e = 10 cm (Incluye transporte)”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro como volquetas y gallinetas, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) según volúmenes ejecutados y aprobados en obra.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CP5. Encofrado para canal (laterales)

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Encofrado para canal (laterales)”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Madera o panel fenólico, puntales, tornillería, desmoldante, herramientas de carpintería, andamios/apuntalamientos y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará niveles para el vertido de los elementos, se procura el uso de madera en buen estado para la ejecución de este rubro.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m^2) de superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida en proyección real, incluyendo arriostramiento, apuntalamiento, desencofrado y limpieza.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CP6. Hormigón simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Hormigón simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Concreto premezclado o dosificado en obra, vibrador, carretillas, herramientas de acabado.

Procedimiento de trabajo

Se verificará procedimientos constructivos adecuados para la puesta del hormigón. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cúbicos (m^3) de hormigón colocado y aceptado, según volúmenes geométricos del elemento construido, sin considerar desperdicios ni reboses.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CP7. Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm”, incluyendo actividades previas, suministro, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Acero corrugado según fy, equipo de corte y doblado, alambre recocido, separadores, herramientas manuales y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de superficie efectivamente ejecutada, conforme a dimensiones de planos y verificación en obra.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CP8. Curado del hormigón

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Curado del hormigón”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Agua para curado mangueras y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²) de superficie de hormigón efectivamente curada, según el área expuesta y tratada con el método especificado.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte interno y externo cuando aplique, acopio, desperdicios, señalización y seguridad, control de calidad y todo lo necesario para entregar el trabajo terminado y aceptado.

CA1. Excavación y desalojo

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Excavación y desalojo”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Retroexcavadora y/o excavadora según sección, volquetes, herramientas manuales, señalización, y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de excavación, calculados por secciones y dimensiones aprobadas, sin reconocer sobre-excavaciones no autorizadas.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte a botadero, etc.

CA2. Conformación y compactación de fondo

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Conformación y compactación de fondo”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos,

controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de área compactada, verificada por fiscalización, conforme a los espesores de capa definidos en el diseño.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CA3. Relleno compactado con material de mejoramiento (Incluye transporte)

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Relleno compactado con material de mejoramiento (Incluye transporte)”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m^3) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CA4. Sobrecama de arena $e = 10$ cm (Incluye transporte)

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Sobrecama de arena $e = 10$ cm (Incluye transporte)”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro como volquetas y gallinetas, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) según volúmenes ejecutados y aprobados en obra.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CA5. Encofrado para canal (laterales)

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Encofrado para canal (laterales)”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Madera o panel fenólico, puntales, tornillería, desmoldante, herramientas de carpintería, andamios/apuntalamientos y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará niveles para el vertido de los elementos, se procura el uso de madera en buen estado para la ejecución de este rubro.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²) de superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida en proyección real, incluyendo arriostramiento, apuntalamiento, desencofrado y limpieza.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CA6. Hormigón simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Hormigón simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Concreto premezclado o dosificado en obra, vibrador, carretillas, herramientas de acabado.

Procedimiento de trabajo

Se verificará procedimientos constructivos adecuados para la puesta del hormigón. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cúbicos (m³) de hormigón colocado y aceptado, según volúmenes geométricos del elemento construido, sin considerar desperdicios ni reboses.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CA7. Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Malla de acero para refuerzo 5x5x10 mm”, incluyendo actividades previas, suministro, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Acero corrugado según fy, equipo de corte y doblado, alambre recocido, separadores, herramientas manuales y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de superficie efectivamente ejecutada, conforme a dimensiones de planos y verificación en obra.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

CA8. Curado del hormigón

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Curado del hormigón”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Agua para curado mangueras y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²) de superficie de hormigón efectivamente curada, según el área expuesta y tratada con el método especificado.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte interno y externo cuando aplique, acopio, desperdicios, señalización y seguridad, control de calidad y todo lo necesario para entregar el trabajo terminado y aceptado.

PPE1. Excavación y desalojo

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Excavación y desalojo”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Retroexcavadora y/o excavadora según sección, volquetes, herramientas manuales, señalización, y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de excavación, calculados por secciones y dimensiones aprobadas, sin reconocer sobre excavaciones no autorizadas.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte a botadero, etc.

PPE2. Conformación y compactación de fondo

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Conformación y compactación de fondo”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de área compactada, verificada por fiscalización, conforme a los espesores de capa definidos en el diseño.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PPE3. Encofrado

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Encofrado para canal (laterales)”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Madera o panel fenólico, puntales, tornillería, desmoldante, herramientas de carpintería, andamios/apuntalamientos y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará niveles para el vertido de los elementos, se procura el uso de madera en buen estado para la ejecución de este rubro.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²) de superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida en proyección real, incluyendo arriostramiento, apuntalamiento, desencofrado y limpieza.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PPE4. Hormigón para replantillo $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Hormigón para replantillo $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Concreto premezclado o dosificado en obra, vibrador, carretillas, herramientas de acabado.

Procedimiento de trabajo

Se verificará procedimientos constructivos adecuados para la puesta del hormigón. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cúbicos (m^3) de hormigón colocado y aceptado, según volúmenes geométricos del elemento construido, sin considerar desperdicios ni reboses.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PPE5. Hormigón para estructura $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Hormigón para estructura $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Concreto premezclado o dosificado en obra, vibrador, carretillas, herramientas de acabado.

Procedimiento de trabajo

Se verificará procedimientos constructivos adecuados para la puesta del hormigón. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cúbicos (m^3) de hormigón colocado y aceptado, según volúmenes geométricos del elemento construido, sin considerar desperdicios ni reboses.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PPE6. Hormigón para losa $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Hormigón para losa $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Concreto premezclado o dosificado en obra, vibrador, carretillas, herramientas de acabado.

Procedimiento de trabajo

Se verificará procedimientos constructivos adecuados para la puesta del hormigón. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cúbicos (m³) de hormigón colocado y aceptado, según volúmenes geométricos del elemento construido, sin considerar desperdicios ni reboses.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PPE7. Relleno superficial de cimentación e = 50 cm

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Relleno superficial de cimentación e = 50 cm”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, volquetas y placas vibratorias, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m^3) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PPE8. Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Acero corrugado según f_y , equipo de corte y doblado, alambre recocido, separadores, herramientas manuales y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en kilogramos (kg) de acero de refuerzo colocado, calculados a partir de los planos de armado (longitudes, dobleces, traslapos) y tablas de peso teórico, incluyendo alambre recocido y desperdicios razonables por corte.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PPE9. Curado del hormigón

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Curado del hormigón”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Agua para curado mangueras y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²) de superficie de hormigón efectivamente curada, según el área expuesta y tratada con el método especificado.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

S1. Tubería perforada $\Phi = 200$ mm

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Tubería perforada $\Phi = 200$ mm”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Tubería perforada $\text{Ø}200$ mm, accesorios (coples/tee/codos si aplica), material filtrante (grava), geotextil, equipo de compactación y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se replanteará el eje del subdren y se excavará la zanja a la cota de diseño. Se colocará el geotextil de envoltura (si aplica), cama granular filtrante, y la tubería perforada con pendiente hacia el punto de descarga. Se verificará alineación y pendiente, se completará el relleno con material granular filtrante y se cerrará el geotextil. Finalmente se colocará el material del sitio y se compactará por capas, dejando la salida protegida contra erosión.

Medición

La medición se realizará por metro lineal (m) de tubería o elemento instalado, medido sobre su eje entre puntos de empalme, incluyendo accesorios y fijaciones necesarias.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

S2. Colocación material de sitio (adecuado por granulometría)

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Colocación material de sitio (adecuado por granulometría)”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se ejecutarán las actividades del subdren conforme a planos: excavación, colocación de materiales filtrantes, tendido y compactación por capas, manteniendo pendientes hacia el punto de salida y evitando colmataciones.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

S3. Geotextil no tejido punzonado

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Geotextil no tejido punzonado”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Geotextil/geomalla según especificación, grapas o estacas de anclaje, cuerda/amarres, herramientas de corte, y material granular de protección si aplica.

Procedimiento de trabajo

Se limpiará y regularizará la zanja o superficie de colocación. Se extenderá el geotextil sin arrugas, con traslapes mínimos y anclajes en los bordes. Se protegerá contra daños durante la colocación de material filtrante y se asegurará continuidad hasta el punto de descarga.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de geosintético colocado, considerando traslapes, anclajes y fijaciones requeridas para garantizar continuidad y estabilidad.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

DC1. Excavación y desalojo

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Excavación y desalojo”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Retroexcavadora y/o excavadora según sección, volquetes, herramientas manuales, señalización, equipo de bombeo si se presenta agua, y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se realizará replanteo, excavación y preparación de fondo. Se colocará el ducto conforme a la geometría de diseño, controlando nivelación y alineamiento, y se ejecutarán rellenos y compactación siguiendo especificaciones.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de excavación, calculados por secciones y dimensiones aprobadas, sin reconocer sobre excavaciones no autorizadas. Cuando el rubro incluya desalojo, se considerará el volumen excavado efectivamente retirado.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte interno y externo cuando aplique, acopio, desperdicios, señalización y seguridad, control de calidad y todo lo necesario para entregar el trabajo terminado y aceptado.

DC2. Conformación y compactación de fondo

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Conformación y compactación de fondo”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se realizará replanteo, excavación y preparación de fondo. Se colocará el ducto conforme a la geometría de diseño, controlando nivelación y alineamiento, y se ejecutarán rellenos y compactación siguiendo especificaciones.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de área compactada, verificada por fiscalización, conforme a los espesores de capa definidos en el diseño.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

DC3. Ducto cajón prefabricado

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Ducto cajón prefabricado”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Elementos prefabricados de ducto cajón, grúa o retroexcavadora para izaje, eslingas certificadas, equipo de nivelación, sellador de juntas, y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se ejecutará excavación y preparación de la cama (según rubros DC1 y DC2). Luego se realizará el izaje y colocación del elemento prefabricado, verificando alineamiento, nivel y pendiente. Se sellarán juntas conforme a especificación del fabricante y se inspeccionará continuidad interior. Se procederá con rellenos laterales simétricos y compactación por capas, evitando cargas puntuales sobre el elemento.

Medición

La medición se realizará por unidad (U) instalada y operativa, incluyendo suministro, transporte, colocación, alineamiento, nivelación y pruebas/inspecciones necesarias.

Forma de pago

El pago se efectuará al precio unitario contratado por unidad instalada, e incluirá el suministro del ducto cajón prefabricado, transporte, izaje, colocación sobre la cama aprobada, sellado de juntas, alineamiento, nivelación, así como la coordinación con las obras de cabezal, muros de ala, rellenos y compactación asociados. No se reconocerán pagos adicionales por maniobras habituales de montaje.

W1. Encofrado

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Encofrado”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Madera o panel fenólico, puntales, tornillería, desmoldante, herramientas de carpintería, andamios/apuntalamientos y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará niveles para el vertido de los elementos, se procura el uso de madera en buen estado para la ejecución de este rubro.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m^2) de superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida en proyección real, incluyendo arriostramiento, apuntalamiento, desencofrado y limpieza.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

W2. Hormigón para muros, losa, delantal y cabezal $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Hormigón para muros, losa, delantal y cabezal $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Concreto premezclado o dosificado en obra, vibrador, carretillas, herramientas de acabado.

Procedimiento de trabajo

Se verificará procedimientos constructivos adecuados para la puesta del hormigón. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se

realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cúbicos (m^3) de hormigón colocado y aceptado, según volúmenes geométricos del elemento construido, sin considerar desperdicios ni reboses.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

W3. Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Acero corrugado según f_y , equipo de corte y doblado, alambre recocido, separadores, herramientas manuales y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se replanteará la estructura (cabezal, delantal y muros de ala) y se ejecutará la excavación local necesaria. Se colocará encofrado y acero de refuerzo conforme a planos, verificando recubrimientos y anclajes. Se vaciará el hormigón, se vibrará y acabará, y se realizará el curado. Se asegurará el empalme geométrico con el ducto y se protegerán las zonas expuestas contra erosión.

Medición

La medición se realizará en kilogramos (kg) de acero de refuerzo colocado, calculados a partir de los planos de armado (longitudes, dobleces, traslapos) y tablas de peso teórico, incluyendo alambre recocido y desperdicios razonables por corte.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

W4. Curado del hormigón

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Curado del hormigón”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Agua para curado mangueras y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará replanteo y condiciones del sitio. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²) de superficie de hormigón efectivamente curada, según el área expuesta y tratada con el método especificado.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PV1. Retiro de pavimento deteriorado

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Retiro de pavimento deteriorado”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se delimitará el área afectada, se cortará el pavimento existente si corresponde y se retirará el material deteriorado. El material se cargará y dispondrá en sitio autorizado. Se dejará la subrasante expuesta lista para el proceso de re conformación.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) según volúmenes ejecutados y aprobados en obra.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PV2. Colocación y compactación de material de sitio

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Colocación y compactación de material de sitio”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se ejecutará la reconformación de la estructura de pavimento siguiendo secuencia: retiro, preparación, colocación de materiales y compactación por capas.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PV3. Colocación material de base CBR 80%

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Colocación material de base CBR 80%”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se acopiará el material de base (CBR 80%) y se colocará por capas al espesor de diseño. Se humedecerá si es necesario y se compactará hasta alcanzar la densidad requerida, verificando niveles y pendientes.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PV4. Compactación por capas

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Compactación por capas”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se ejecutará la reconformación de la estructura de pavimento siguiendo secuencia: retiro, preparación, colocación de materiales y compactación por capas.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de área compactada, verificada por fiscalización, conforme a los espesores de capa definidos en el diseño.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PV5. Geotextil no tejido punzonado

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Geotextil no tejido punzonado”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Geotextil/geomalla según especificación, grapas o estacas de anclaje, cuerda/amarres, herramientas de corte, y material granular de protección si aplica.

Procedimiento de trabajo

Se preparará la superficie base, se extenderá el geotextil con traslapes y anclajes adecuados, y se procederá con la colocación de materiales de base o relleno, evitando desplazamientos y daños al geosintético.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de geosintético colocado, considerando traslapes, anclajes y fijaciones requeridas para garantizar continuidad y estabilidad.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PV6. Colocación de mezcla asfáltica

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Colocación de mezcla asfáltica”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Mezcla asfáltica en caliente, terminadora o extendido manual controlado, rodillo liso/neumático, equipo de corte de juntas y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se limpiará la superficie y se aplicará riego de liga o imprimación cuando corresponda. Se extenderá la mezcla asfáltica a espesor de diseño y se compactará con rodillo, controlando temperatura, juntas y acabado final, dejando la vía habilitada y segura.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

T1. Reconformación de taludes

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Reconformación de taludes”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se perfilará el talud a la geometría de diseño, retirando material suelto e inestable. Se conformarán bermas y cunetas de coronación si aplica, asegurando evacuación controlada del agua. Los excedentes se cargarán y transportarán a sitio autorizado.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) según volúmenes ejecutados y aprobados en obra.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

T2. Excavación y desalojo para mejoramiento de terreno

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Excavación y desalojo para mejoramiento de terreno”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Retroexcavadora y/o excavadora según sección, volquetes, herramientas manuales, señalización, equipo de bombeo si se presenta agua, y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se ejecutarán los trabajos de estabilización y control de erosión conforme a planos, incluyendo conformación, drenaje y elementos estructurales asociados.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de excavación, calculados por secciones y dimensiones aprobadas, sin reconocer sobre-excavaciones no autorizadas.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

T3. Colocación material de mejoramiento $c' = 25$ kPa

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Colocación material de mejoramiento $c' = 25$ kPa”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se excavará el volumen de tierra que va a soportar a la losa del muro de contención. Luego de la compactación, manteniendo niveles y cumpliendo con planos, el suelo podrá soportar el esfuerzo generado.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m^3) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

T4. Encofrado

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Encofrado”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Madera o panel fenólico, puntales, tornillería, desmoldante, herramientas de carpintería, andamios/apuntalamientos y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se verificará niveles para el vertido de los elementos, se procura el uso de madera en buen estado para la ejecución de este rubro.

Medición

La medición se efectuará en metros cuadrados (m²) de superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida en proyección real, incluyendo arriostramiento, apuntalamiento, desencofrado y limpieza.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

T5. Hormigón para muros y losa $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Hormigón para muros y losa $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Concreto premezclado o dosificado en obra, vibrador, carretillas, herramientas de acabado.

Procedimiento de trabajo

Se verificará procedimientos constructivos adecuados para la puesta del hormigón. La ejecución seguirá los planos y especificaciones, controlando niveles, alineación, espesores y calidad. Se realizarán controles durante la ejecución y correcciones necesarias hasta la aceptación por fiscalización.

Medición

La medición se realizará en metros cúbicos (m^3) de hormigón colocado y aceptado, según volúmenes geométricos del elemento construido, sin considerar desperdicios ni reboses.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

T6. Mechinales $\Phi = 150 \text{ mm}$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Mechinales $\Phi = 150 \text{ mm}$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se perforarán y colocarán mechinales a la ubicación y pendiente indicadas, con material de drenaje y/o tubería de descarga cuando aplique, asegurando salida libre. Se protegerán las bocas contra obstrucción durante el relleno.

Medición

La medición se realizará por metro lineal (m) de tubería o elemento instalado, medido sobre su eje entre puntos de empalme, incluyendo accesorios y fijaciones necesarias.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

T7. Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Acero corrugado según fy, equipo de corte y doblado, alambre recocido, separadores, herramientas manuales y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se ejecutarán los trabajos de estabilización y control de erosión conforme a planos, incluyendo conformación, drenaje y elementos estructurales asociados.

Medición

La medición se realizará en kilogramos (kg) de acero de refuerzo colocado, calculados a partir de los planos de armado (longitudes, dobleces, traslapos) y tablas de peso teórico, incluyendo alambre recocido y desperdicios razonables por corte.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

T8. Geotextil no tejido punzonado

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Geotextil no tejido punzonado”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Geotextil/geomalla según especificación, grapas o estacas de anclaje, cuerda/amarres, herramientas de corte, y material granular de protección si aplica.

Procedimiento de trabajo

Se limpiará y regularizará la superficie del talud. Se colocará el geotextil con traslapes y anclajes, evitando tensiones. Se protegerá con material superficial o sistema indicado, garantizando continuidad y drenaje.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de geosintético colocado, considerando traslapes, anclajes y fijaciones requeridas para garantizar continuidad y estabilidad.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PC1. Excavación y desalojo para colocación de protección

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Excavación y desalojo para colocación de protección”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Retroexcavadora y/o excavadora según sección, volquetes, herramientas manuales, señalización, equipo de bombeo si se presenta agua, y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se preparará el canal y se colocarán las protecciones definidas, garantizando estabilidad hidráulica y continuidad.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) de excavación, calculados por secciones y dimensiones aprobadas, sin reconocer sobre excavaciones no autorizadas. Cuando el rubro incluya desalojo, se considerará el volumen excavado efectivamente retirado.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte interno y externo cuando aplique, acopio, desperdicios, señalización y seguridad, control de calidad y todo lo necesario para entregar el trabajo terminado y aceptado.

PC2. Regularización de fondo y laterales

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Regularización de fondo y laterales”, incluyendo actividades previas, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se preparará el canal y se colocarán las protecciones definidas, garantizando estabilidad hidráulica y continuidad.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m³) según volúmenes ejecutados y aprobados en obra.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte interno y externo cuando aplique, acopio, desperdicios, señalización y seguridad, control de calidad y todo lo necesario para entregar el trabajo terminado y aceptado.

PC3. Colchón de gavión 45x60 mm

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Colchón de gavión 45x60 mm”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Geotextil/geomalla según especificación, grapas o estacas de anclaje, cuerda/amarres, herramientas de corte, y material granular de protección si aplica.

Procedimiento de trabajo

Se regularizará el canal y se limpiará el fondo y taludes. Se instalará el colchón de gavión siguiendo el sentido del flujo, con traslapes, fijaciones y anclajes en coronas. Se verificará la continuidad y se evitarán puntos de levantamiento.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m^2) de geosintético colocado, considerando traslapes, anclajes y fijaciones requeridas para garantizar continuidad y estabilidad.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

PC4. Colocación de piedra escollera $D_{50} = 10 \text{ cm}$ e = 30 cm

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Colocación de piedra escollera $D_{50} = 10 \text{ cm}$ e = 30 cm”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Piedra escollera conforme a tamaño D_{50} , equipo de carga y colocación (retroexcavadora), herramientas menores para acomodado y EPP.

Procedimiento de trabajo

Se colocará la escollera sobre la superficie preparada, distribuyéndola a espesor uniforme. Se acomodará manualmente para asegurar trabazón y estabilidad, especialmente en zonas de mayor velocidad. Se dejarán transiciones suaves hacia el canal existente.

Medición

La medición se efectuará en metros cúbicos (m^3) de material colocado y compactado, determinado por geometría en planos y verificación en obra, considerando el volumen final en sitio.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas.

OC1. Limpieza final de obra

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Limpieza final de obra”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se ejecutará limpieza general, retiro de excedentes, desmantelamiento de instalaciones temporales y reposición de áreas intervenidas. Se dejará la obra en condiciones de entrega, con disposición final adecuada de residuos.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de superficie efectivamente ejecutada, conforme a dimensiones de planos y verificación en obra.

Forma de pago

El pago incluirá mano de obra, herramientas, equipos menores, acopio temporal, carga y disposición final del material retirado, así como señalización y seguridad durante las labores. La aceptación se realizará por áreas efectivamente atendidas.

M1. Limpieza ocasional de canales

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Limpieza ocasional de canales”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se realizará inspección previa y señalización. Se retirarán sedimentos, vegetación y obstrucciones, y se limpiarán entradas/salidas. El material retirado se acopiará y dispondrá en sitio autorizado. Se registrarán actividades y se dejará el sistema operativo.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de superficie efectivamente ejecutada, conforme a dimensiones de planos y verificación en obra.

Forma de pago

El pago incluirá mano de obra, herramientas, equipos menores, acopio temporal, carga y disposición final del material retirado, así como señalización y seguridad durante las labores. La aceptación se realizará por áreas efectivamente atendidas.

M2. Limpieza ocasional de ductos cajón

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Limpieza ocasional de ductos cajón”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se realizará inspección previa y señalización. Se retirarán sedimentos, vegetación y obstrucciones, y se limpiarán entradas/salidas. El material retirado se acopiará y dispondrá en sitio autorizado. Se registrarán actividades y se dejará el sistema operativo.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de superficie efectivamente ejecutada, conforme a dimensiones de planos y verificación en obra.

Forma de pago

El pago incluirá mano de obra, herramientas, equipos menores, acopio temporal, carga y disposición final del material retirado, así como señalización y seguridad durante las labores. La aceptación se realizará por áreas efectivamente atendidas.

M3. Mantenimiento geotextil en taludes

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Mantenimiento geotextil en taludes”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Geotextil/geomalla según especificación, grapas o estacas de anclaje, cuerda/amarres, herramientas de corte, y material granular de protección si aplica.

Procedimiento de trabajo

Se realizará inspección previa y señalización. Se retirarán sedimentos, vegetación y obstrucciones, y se limpiarán entradas/salidas. El material retirado se acopiará y dispondrá en sitio autorizado. Se registrarán actividades y se dejará el sistema operativo.

Medición

La medición se realizará en metros cuadrados (m²) de geosintético colocado, considerando traslapes, anclajes y fijaciones requeridas para garantizar continuidad y estabilidad.

Forma de pago

El precio unitario será la compensación total por la ejecución completa del rubro, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte interno y externo cuando aplique, acopio, desperdicios, señalización y seguridad, control de calidad y todo lo necesario para entregar el trabajo terminado y aceptado.

A1. Señalización preventiva

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Señalización preventiva”, incluyendo actividades previas, suministro (cuando corresponda), mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipos y herramientas acordes al rubro, materiales certificados, señales preventivas normalizadas, elementos de soporte (postes, bases, trípodes) y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se realizará inspección previa del área de intervención y definición de puntos críticos. Se colocarán las señales preventivas de acuerdo con el plan de seguridad y salud, garantizando su visibilidad, estabilidad y correcta orientación. Se mantendrán en buen estado durante la ejecución de los trabajos y se retirarán una vez finalizadas las actividades.

Medición

La medición se realizará en unidades (u) de señales preventivas efectivamente instaladas, conforme a lo indicado en planos y verificación en obra.

Forma de pago

El pago incluirá suministro (cuando aplique), instalación, mano de obra, herramientas, equipos menores, mantenimiento temporal y retiro de las señales, así como las medidas de seguridad durante su colocación. La aceptación se realizará por unidades efectivamente instaladas.

A2. Cinta de advertencia

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Cinta de advertencia”, incluyendo actividades previas, suministro, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Cinta de advertencia de alta visibilidad, soportes o elementos de fijación, herramientas manuales, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se realizará inspección previa del área a delimitar. Se colocará la cinta de advertencia en los perímetros de trabajo, zonas de riesgo o áreas restringidas, asegurando su correcta tensión, continuidad y visibilidad. Se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos y se retirará al finalizar las actividades.

Medición

La medición se realizará en metros lineales (m) de cinta de advertencia efectivamente instalada, conforme a las dimensiones indicadas en planos y verificación en obra.

Forma de pago

El pago incluirá suministro de la cinta, instalación, mano de obra, herramientas, equipos menores, mantenimiento temporal y retiro del material, así como las medidas de seguridad durante las labores. La aceptación se realizará por longitud efectivamente instalada.

A3. Supresión de polvo (humectación)

Descripción

Comprende la ejecución completa del rubro “Supresión de polvo (humectación)”, incluyendo actividades previas, suministro de agua, mano de obra, equipos, controles y acabados necesarios para cumplir con planos, especificaciones y funcionalidad del proyecto.

Equipo mínimo y materiales

Equipo de riego o camión cisterna, mangueras, aspersores, herramientas manuales, materiales certificados y elementos auxiliares para control de calidad y seguridad.

Procedimiento de trabajo

Se realizará inspección previa del área a intervenir. Se aplicará agua de manera uniforme sobre superficies expuestas, vías de acceso, zonas de excavación o áreas de tránsito, con la frecuencia necesaria para minimizar la generación de polvo durante las actividades constructivas. Se evitará la formación de encharcamientos y escorrentías no controladas.

Medición

La medición se realizará en metros cúbicos (m³) de agua efectivamente utilizada para la humectación, conforme a las cantidades estimadas en planos y verificación en obra.

Forma de pago

El pago incluirá suministro de agua, mano de obra, herramientas, equipos, operación del camión cisterna o sistema de riego, así como las medidas de seguridad durante las labores. La aceptación se realizará por volumen efectivamente ejecutado.

CRONOGRAMA

