BOYACÁ GRANDE
GOBERNACION DE BOYACA
SECRETARIA CONTRATACION
TRAMITADO
ERIKA XIMENA RODRIGUEZ
fecha 23/05/2024

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

TOPOGRAFÍA

San Eduardo, Boyacá

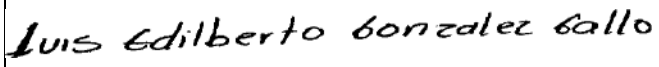
TOPOGRAFÍA

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

Versión 1.0

Contratista:
N&S CONSTRUCTOL S.A.S
NIT. 901.306.834-9

SAN EDUARDO-
BOYACÁSEPTIEMBRE
2023

Elaboró	**Nombre del profesional**	LUIS EDILBERTO GONZALES GALLO
	Firma	
	Profesión	Topógrafo
	Matricula Profesional	T.P. 01-15626 CPNT

Versión	**Fecha**
Versión 1.0	**Septiembre de 2023**

TABLA DE CONTENIDO

pág.

1. INTRODUCCIÓN 6

2. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO 7

3. RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO 9

4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO..... 10

4.1 EQUIPOS UTILIZADOS..... 10

4.2 PROCEDIMIENTO REALIZADO..... 12

5. CONCLUSIONES 13

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Localización general.....7
Figura 2. División política del municipio de San Eduardo.....8
Figura 3. Localización vía de estudio-San Eduardo 8
Figura 4. TOPCON GTS 246NW SERIAL V20160.....10
Figura 5. Especificaciones GTS 246NW 12

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Coordenadas Topografía.....13

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe se realiza para establecer un documento que sirva de soporte para recopilar y organizar todas las actividades realizadas por la comisión de topografía durante el levantamiento de la vía de estudio en el municipio de san Eduardo, en el departamento de Boyacá.

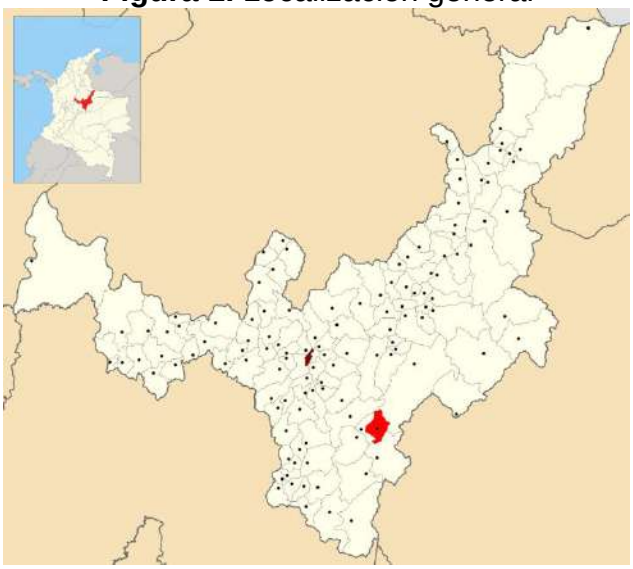
Documento que hace parte del cumplimiento para el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA."

Para ello se presenta un análisis del estado actual del tramo vial según la topografía realizada incluyendo sus obras de drenaje, análisis soportado en información recolectada en campo por medio de GPS y registro fotográfico. A partir de las situaciones detectadas en el presente informe junto con el apoyo de los demás componentes, especialmente el de geotecnia, pavimentos, hidrológico y topográfico, se determinarán las condiciones óptimas para el objeto del proyecto.

2. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El municipio de San Eduardo se localiza en la Latitud Norte 5°13' 33.3"N, Longitud Oeste 73° 6' 9"O, a 1705 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media es de 19 °C, con una precipitación media anual de 2000 mm². Se encuentra a 190 km de Bogotá y su superficie total es de 110 km².

Figura 1. Localización general



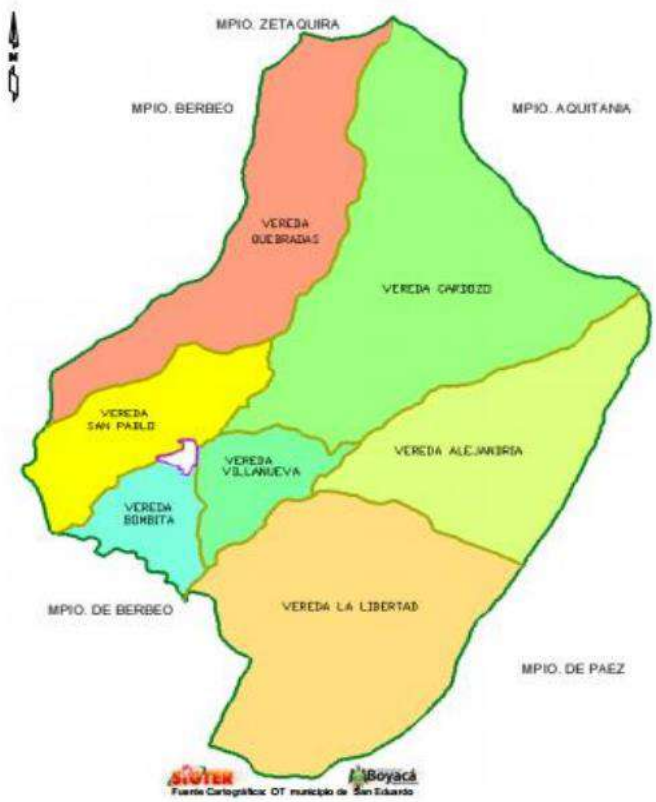
Fuente: Wikipedia-sitio web del municipio de San Eduardo

los límites del municipio de San Eduardo, Boyacá, son:

- Norte: Municipio de Aquitania
- Sur: Municipio de Zetaquira
- Oriente: Municipios de Aquitania y Páez
- Occidente: Municipio de Berbeo

La población del municipio de San Eduardo es de aproximadamente 2200 habitantes. La actividad económica principal es la agricultura, seguida de la ganadería y el turismo.

Figura 2. División política del municipio de San Eduardo



Fuente: Oficina de planeación municipio de San Eduardo, departamento de Boyacá

Figura 3. Localización vía de estudio-San Eduardo



Fuente: Google Maps

3. RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO

El reconocimiento del área de estudio se llevó a cabo en septiembre de 2023. Se realizó un recorrido por las vías principales del municipio de san Eduardo para identificar los puntos de interés que serían objeto de levantamiento.

El reconocimiento se realiza analizando el tramo vial que será objeto de estudio de la presente consultoría, en el cual se identifica el inicio y fin de cada tramo, las diferentes obras civiles construidas como lo son; pozos de alcantarillado, muros de contención, entradas a viviendas, cercas, etc. Y para este caso en específico, en el municipio de San Eduardo. Además de esto, se identifican todos los puntos de importancia que deberán ser registrados con detalle en el levantamiento topográfico.

El personal necesario para realizar las labores de campo es:

- Ingeniero
- Topógrafo
- Cadeneros (dos personas)

4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

4.1 EQUIPOS UTILIZADOS

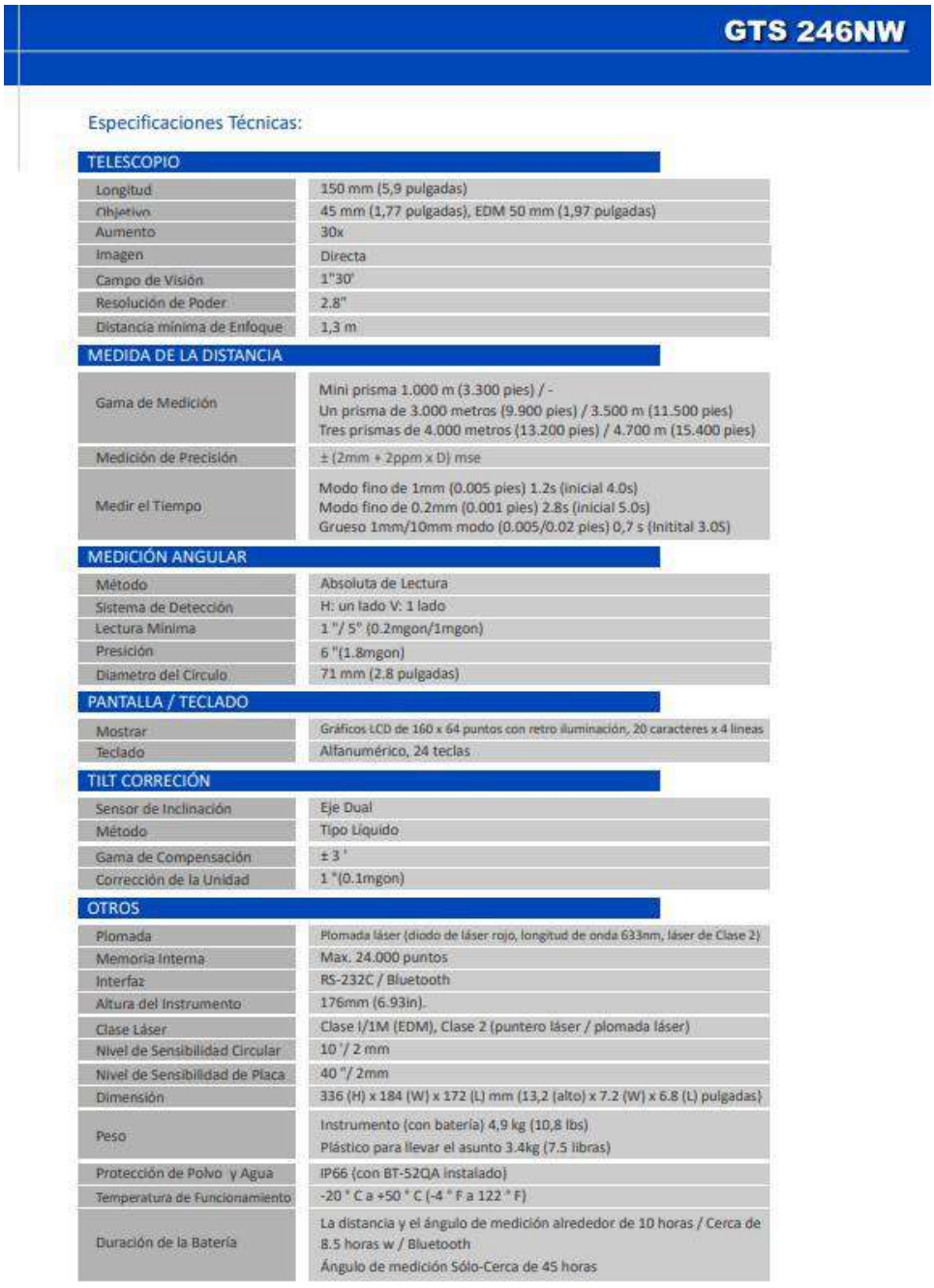
Los equipos utilizados en el levantamiento topográfico son:

Figura 4. TOPCON GTS 246NW SERIAL V20160



Fuente: Google.

Figura 5. Especificaciones GTS 246NW



GTS 246NW

Especificaciones Técnicas:

TELESCOPIO	
Longitud	150 mm (5,9 pulgadas)
Objetivo	45 mm (1,77 pulgadas), EDM 50 mm (1,97 pulgadas)
Aumento	30x
Imagen	Directa
Campo de Visión	1°30'
Resolución de Poder	2.8"
Distancia mínima de Enfoque	1,3 m
MEDIDA DE LA DISTANCIA	
Gama de Medición	Mini prisma 1.000 m (3.300 pies) / - Un prisma de 3.000 metros (9.900 pies) / 3.500 m (11.500 pies) Tres prismas de 4.000 metros (13.200 pies) / 4.700 m (15.400 pies)
Medición de Precisión	± (2mm + 2ppm x D) mse
Medir el Tiempo	Modo fino de 1mm (0.005 pies) 1.2s (inicial 4.0s) Modo fino de 0.2mm (0.001 pies) 2.8s (inicial 5.0s) Grueso 1mm/10mm modo (0.005/0.02 pies) 0,7 s (Initital 3.0S)
MEDICIÓN ANGULAR	
Método	Absoluta de Lectura
Sistema de Detección	H: un lado V: 1 lado
Lectura Mínima	1 "/ 5" (0.2mgon/1mgon)
Presición	6 "(1.8mgon)
Diametro del Círculo	71 mm (2.8 pulgadas)
PANTALLA / TECLADO	
Mostrar	Gráficos LCD de 160 x 64 puntos con retro iluminación, 20 caracteres x 4 líneas
Teclado	Alfanumérico, 24 teclas
TILT CORRECIÓN	
Sensor de Inclinación	Eje Dual
Método	Tipo Líquido
Gama de Compensación	± 3 '
Corrección de la Unidad	1 "(0.1mgon)
OTROS	
Plomada	Plomada láser (diodo de láser rojo, longitud de onda 633nm, láser de Clase 2)
Memoria Interna	Max. 24.000 puntos
Interfaz	RS-232C / Bluetooth
Altura del Instrumento	176mm (6.93in).
Clase Láser	Clase I/1M (EDM), Clase 2 (puntero láser / plomada láser)
Nivel de Sensibilidad Circular	10 ' / 2 mm
Nivel de Sensibilidad de Placa	40 " / 2mm
Dimensión	336 (H) x 184 (W) x 172 (L) mm (13,2 (alto) x 7.2 (W) x 6.8 (L) pulgadas)
Peso	Instrumento (con batería) 4,9 kg (10,8 lbs) Plástico para llevar el asunto 3.4kg (7.5 libras)
Protección de Polvo y Agua	IP66 (con BT-52QA instalado)
Temperatura de Funcionamiento	-20 ° C a +50 ° C (-4 ° F a 122 ° F)
Duración de la Batería	La distancia y el ángulo de medición alrededor de 10 horas / Cerca de 8.5 horas w / Bluetooth Ángulo de medición Sólo-Cerca de 45 horas

Fuente: Brochure GTS 246NW

4.2 PROCEDIMIENTO REALIZADO

- ✓ Se realizó el levantamiento topográfico con la ayuda de la estación total, en las vías principales y rurales del municipio de San Eduardo que se delimitaron en la visita técnica, se tomaron todos los datos necesarios (cercas, construcciones, bordes devía, alcantarillas etc.), con el fin de determinar el modelo digital del terreno, su configuración topográfica, accidentes geográficos. Datos que sirvieron posteriormente para los planos.

- ✓ Se utilizan programas de software para procesar los datos recopilados y generar los planos y los informes topográficos

- ✓ Mediante el programa AutoCAD, se realizó el dibujo tanto de planta como de perfil, estos planos se encuentran en los anexos (planos topográficos).

5. CONCLUSIONES

Se realizó el levantamiento topográfico típico para el tramo en estudio, sin ningún inconveniente y todo dentro de lo normal.

Las coordenadas usadas fueron Magna sirgas origen Bogotá.

Tabla 1. Coordenadas Topografía

Origen	Coordenadas Elipsoidales	
	Latitud (N)	**Longitud (W)**
Bogotá-MAGNA	5°13' 33.26”	73° 06' 9.06”

En los anexos se evidencian las carteras topográficas y el registro que se realizó en cuanto se refiere a los levantamientos topográficos, que son los soportes para cualquier inquietud.

ANEXO 1

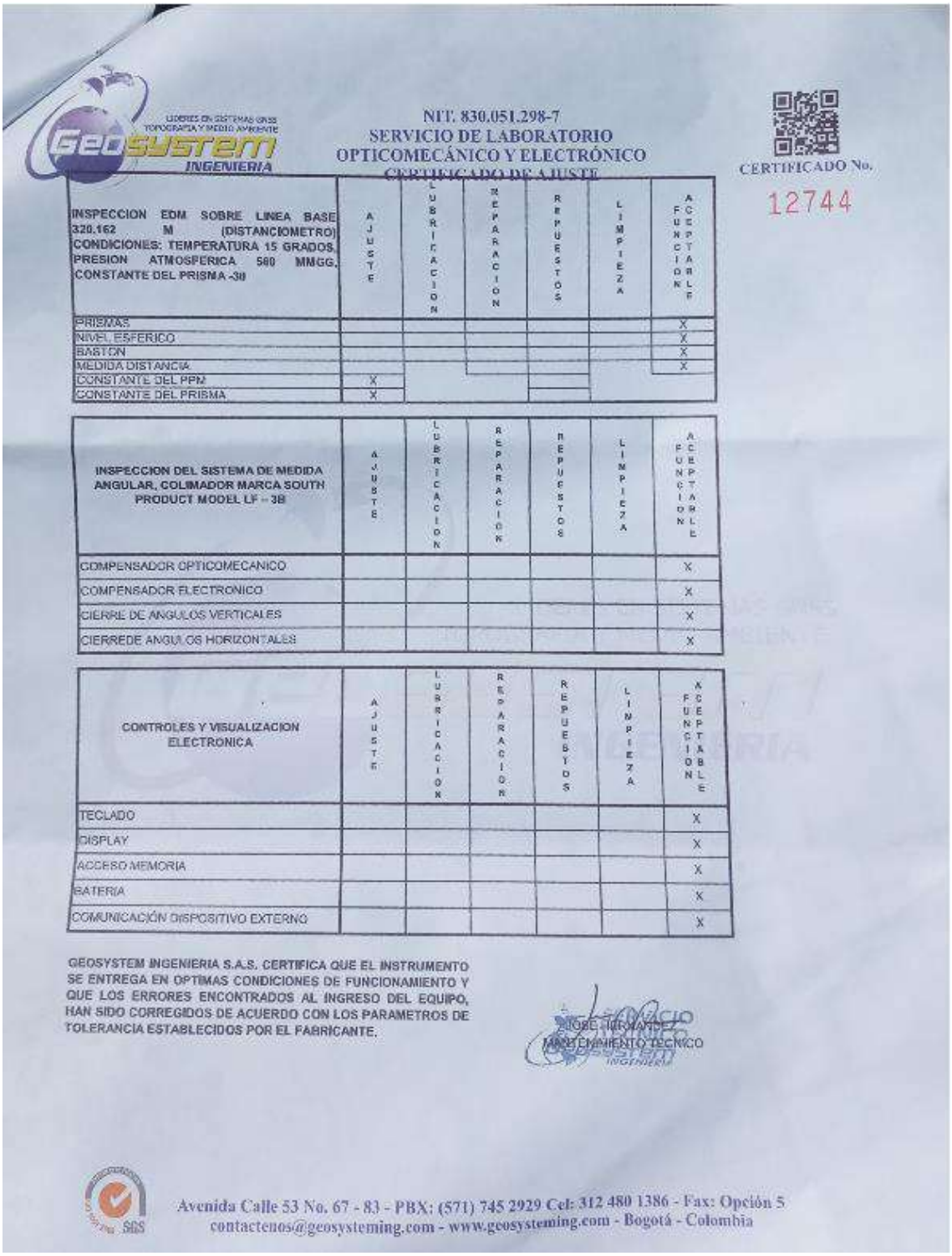
REGISTRO FOTOGRÁFICO





ANEXO 2

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS TOPOGRÁFICOS



LIDERES EN SISTEMAS GNSS TOPOGRAFIA Y MEDIO AMBIENTE

GeoSystem INGENIERIA

NIT. 830.051.298-7

SERVICIO DE LABORATORIO OPTICOMECÁNICO Y ELECTRÓNICO

CERTIFICADO DE AJUSTE

CERTIFICADO No. 12744

INSPECCION EDM SOBRE LINEA BASE 320.162 M (DISTANCIOMETRO) CONDICIONES: TEMPERATURA 15 GRADOS, PRESION ATMOSFERICA 560 MMGG, CONSTANTE DEL PRISMA -30	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	FUNCION ACEPTABLE
PRISMAS						X
NIVEL ESFERICO						X
BASTON						X
MEDIDA DISTANCIA						X
CONSTANTE DEL PPM	X					
CONSTANTE DEL PRISMA	X					

INSPECCION DEL SISTEMA DE MEDIDA ANGULAR, COLIMADOR MARCA SOUTH PRODUCT MODEL LF – 3B	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	FUNCION ACEPTABLE
COMPENSADOR OPTICOMECANICO						X
COMPENSADOR ELECTRONICO						X
CIERRE DE ANGULOS VERTICALES						X
CIERREDE ANGULOS HORIZONTALES						X

CONTROLES Y VISUALIZACION ELECTRONICA	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	FUNCION ACEPTABLE
TECLADO						X
DISPLAY						X
ACCESO MEMORIA						X
BATERIA						X
COMUNICACIÓN DISPOSITIVO EXTERNO						X

GEOSYSTEM INGENIERIA S.A.S. CERTIFICA QUE EL INSTRUMENTO SE ENTREGA EN OPTIMAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y QUE LOS ERRORES ENCONTRADOS AL INGRESO DEL EQUIPO, HAN SIDO CORREGIDOS DE ACUERDO CON LOS PARAMETROS DE TOLERANCIA ESTABLECIDOS POR EL FABRICANTE.

IGNACIO [illegible]
INGENIERO

JOSE HERNANDEZ
MANTENIMIENTO TECNICO

Avenida Calle 53 No. 67 - 83 - PBX: (571) 745 2929 Cel: 312 480 1386 - Fax: Opción 5
contactenos@geosysteming.com - www.geosysteming.com - Bogotá - Colombia

GeoSYSTEM INGENIERIA

CODIGO: MRC-R-CTA-09

NIT. 830.051.298-7
SERVICIO DE LABORATORIO
OPTICOMECÁNICO Y ELECTRÓNICO
CERTIFICADO DE AJUSTE

CERTIFICADO No.
12744

INSTRUMENTO: ESTACION TOTAL MARCA: TOPCON MODELO: GTS-245NV PRECISION ANGULAR: 2" SERIAL No.: V20160	FECHA DE REVISION: 25 de enero de 2023 SUGERIMOS NUEVA REVISION: 24 de julio de 2023 DEPARTAMENTO: Arauca CIUDAD: Arauca EMPRESA: SAR CONSTRUCCIONES Y SUMINISTROS SAS NIT: 900804055-1

INSPECCION OPTICOMECANICA	CORRECCION	AJUSTE	LUBRICACION	NIVELACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	FUNCION ACEPTABLE
TRIPODE							X
BASE NIVELANTE							X
NIVELES TUBULARES Y ESFERICOS							X
VERTICALIDAD							X
OPTICA GENERAL							X
EJE VERTICAL Y HORIZONTAL							X
FRENOS Y MOVIMIENTOS TANGENCIALES							X
PLOMADA ÓPTICA							X

	°	'	"
POSICION 1 (VERTICAL D)	88	17	51
POSICION 1 (HORIZONTAL D)	0	0	0
POSICION 1 (VERTICAL I)	271	42	39
POSICION 1 (HORIZONTAL I)	179	59	58
ERROR OBSERVADO V			7
ERROR OBSERVADO H			2

	°	'	"
POSICION 2 (VERTICAL D)	91	36	24
POSICION 2 (HORIZONTAL D)	0	0	0
POSICION 2 (VERTICAL I)	268	23	34
POSICION 2 (HORIZONTAL I)	180	0	1
ERROR OBSERVADO V			2
ERROR OBSERVADO H			1

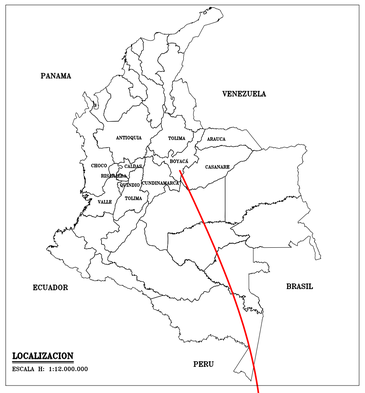
Avenida Calle 53 No. 67 - 83 - PBX: (571) 745 2929 Cel: 312 480 1386 - Fax: Opción 5
contactenos@geosysteming.com - www.geosysteming.com - Bogotá - Colombia

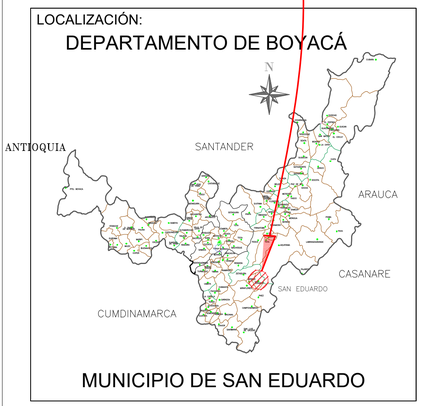
ANEXO 3

PLANOS TOPOGRÁFICOS EN FORMATO PDF Y DWG

ANEXO 4

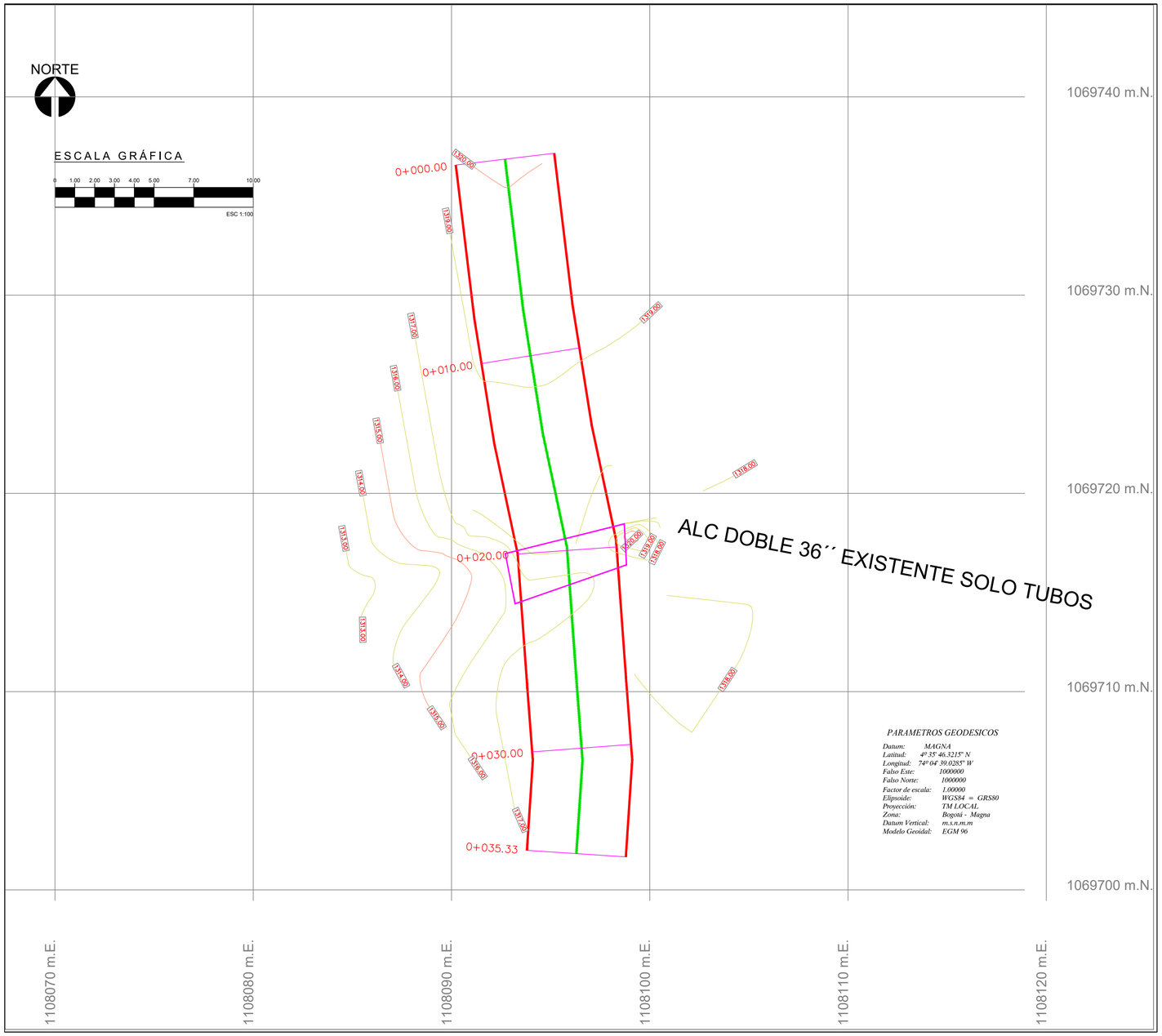
CARTERA Y MEMORIA DEL LEVANTAMIENTO











GOBERNACIÓN DE Boyacá

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO
TRAMO SAN EDUARDO

LEVANTO:

Top. EDILBERTO GONZALEZ GALLO
L.P. 01-15626 CPNT

REVISÓ:

NYS CONSTRUCOL SAS
R/L SONIA MALENA MARIN SOTELO

CONSORCIO INTEREMERGANCIAS NORTE
R/L Ing. NANCY YASMIN QUIROGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

- EJE PROYECTO
- CARRETEABLE
- ESTACION 0 P.K.
- SECCION TERRENO
- PERFIL TERRENO
- CURVA DE NIVEL

CAHC INGENIERIA

1 : 100

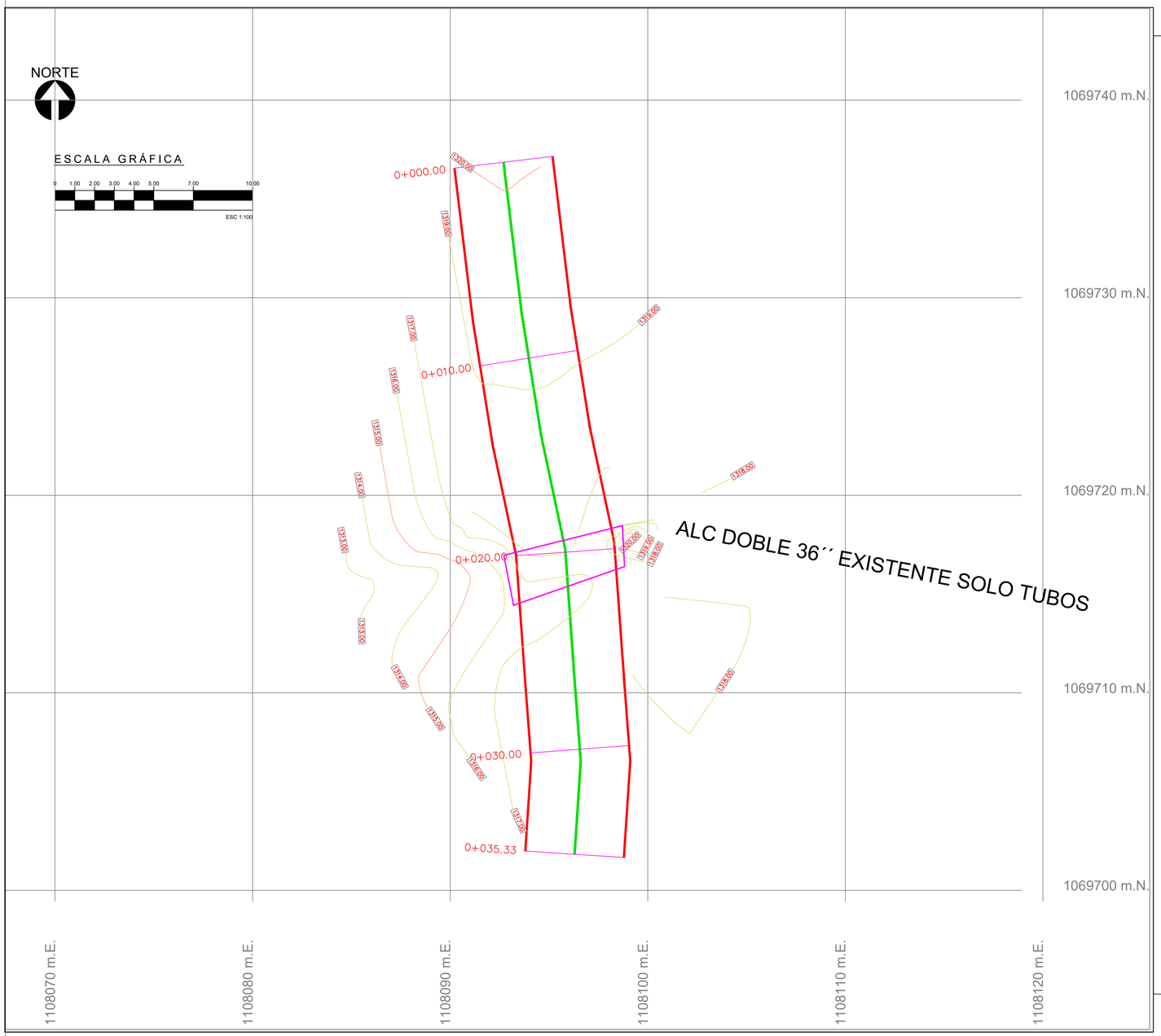
FECHA :

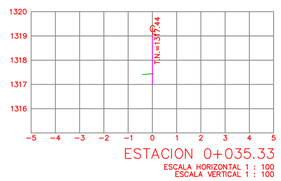
Septiembre de 2023

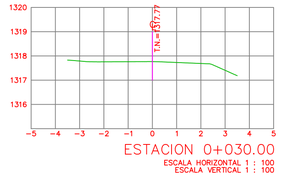
ARCHIVO DIGITAL :

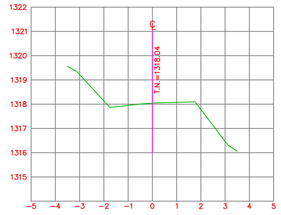
PUNTOS_SAN_EDUARDO.DWG

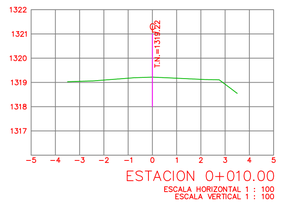
PLANO Nº 1E 2E DE

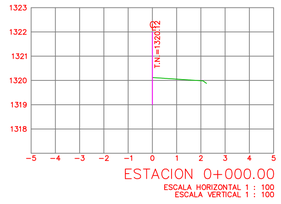


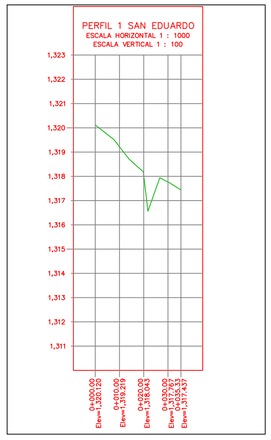












GOBERNACIÓN DE Boyacá

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

PLANTA PERFIL Y SECCIONES TRASVERSALES TRAMO SAN EDUARDO

LEVANTO:

Luis Edilberto Gonzalez Gallo

Top. EDILBERTO GONZALEZ GALLO
L.P. 01-15626 CPNT

REVISÓ:

NYS CONSTRUCOL SAS
R/L SONIA MALENA MARIN SOTELO

CONSORCIO INTEREMERGANCIAS NORTE
R/L Ing. NANCY YASMIN QUIROGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

- EJE PROYECTO
- CARRETEABLE
- ESTACION O P.K.
- SECCION TERRENO
- PERFIL TERRENO
- CURVA DE NIVEL

CAHC INGENIERIA

1 : 100

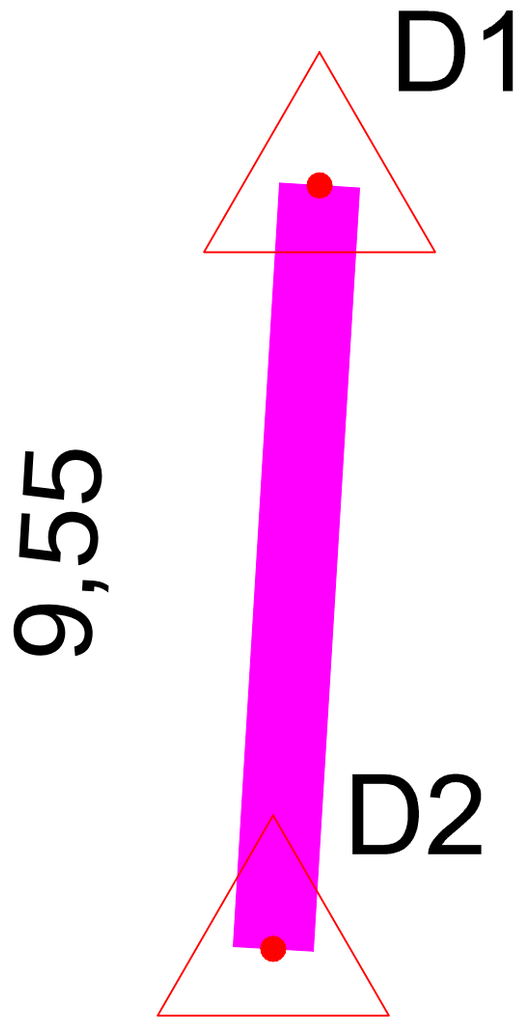
FECHA :

Septiembre de 2023

ARCHIVO DIGITAL :

PUNTOS_SAN_EDUARDO.DWG

PLANO Nº 2E DE 2E



SAN EDUARDO

CUADRO DE DELTAS

LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				D1	1,069,714.167	1,108,095.049
D1	D2	S 03°28'09.54" W	9.552	D2	1,069,704.633	1,108,094.471
D2	D1	N 03°28'09.54" E	9.552	D1	1,069,714.167	1,108,095.049

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Tunja, septiembre 21 de 2023

Señores:
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
Municipio de Chitaraque – Boyacá
Ciudad

Yo, **LUIS EDILBERTO GONZALEZ GALLO**, Topógrafo, con Matrícula Profesional N.º **01-15626 CPNT**, debidamente registrado del consejo profesional nacional de Topografía, presento el Estudio topográfico elaborado a continuación cumpliendo con los requerimientos de la **LEY 70 DE 1978**, para el contrato cuyo objeto es: **"CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BO<ACA "**, Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que causa de ellos puedan deducirse, exonerando a la Gobernación de Boyacá de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Gobernación de Boyacá no constituye una aprobación al Estudio topográfico, sino una verificación del cumplimiento de la **LEY 70 DE 1978,** vigentes

Atentamente,

Luis Edilberto Gonzalez Gallo

LUIS EDILBERTO GONZALEZ GALLO
TOPÓGRAFO
M.P. 01-15626 CPNT



República de Colombia

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFIA

Nombre: LUIS EDILBERTO GONZALEZ GALLO

Cédula: 1.052.313.255

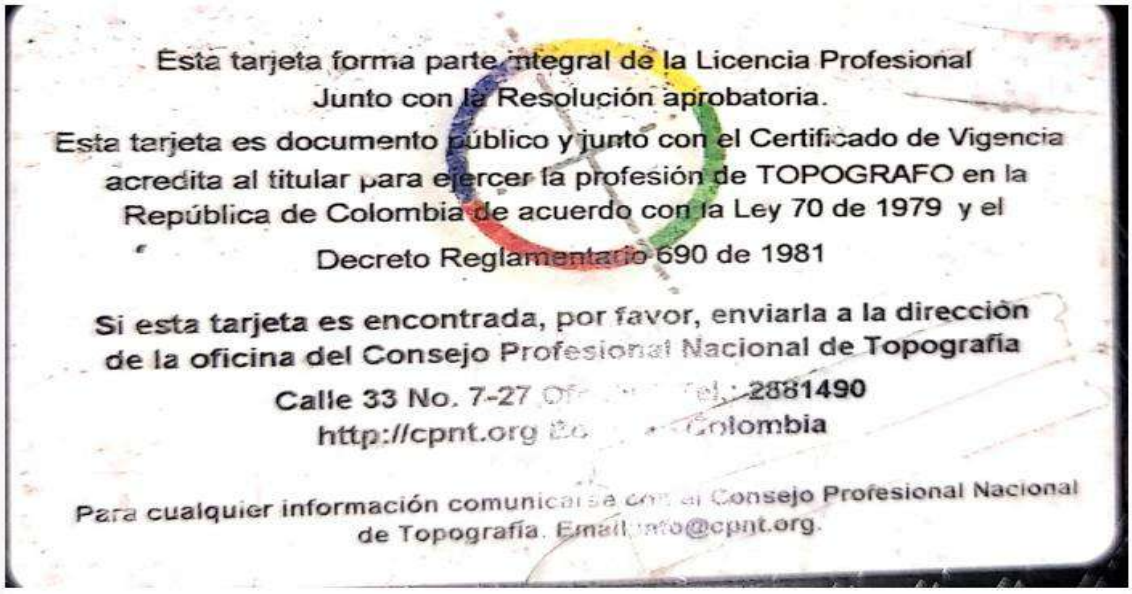
Licencia Profesional No: 01-15626

Resolución: 02-5627 - 28/05/2015

TECNOLOGO EN TOPOGRAFIA

SENA

Vicepresidente



Esta tarjeta forma parte integral de la Licencia Profesional
Junto con la Resolución aprobatoria.

Esta tarjeta es documento público y junto con el Certificado de Vigencia acredita al titular para ejercer la profesión de TOPOGRAFO en la República de Colombia de acuerdo con la Ley 70 de 1979 y el Decreto Reglamentario 690 de 1981

Si esta tarjeta es encontrada, por favor, enviarla a la dirección de la oficina del Consejo Profesional Nacional de Topografía

Calle 33 No. 7-27 Of [illegible] Tel.: 2881490
http://cpnt.org Bo [illegible] Colombia

Para cualquier información comunicarse con el Consejo Profesional Nacional de Topografía. Email: info@cpnt.org.

ESTUDIO DE SUELOS Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

SEPTIEMBRE 2023

INFORME ESTUDIO GEOTÉCNICO CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

LOCALIZACIÓN: **QUEBRADA CHORRO BLANCO**
VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009
MUNICIPIO DE SAN EDUARDO
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

PROPIETARIO: **ALCALDIA MUNICIPAL**

DIRIGIDO A: **GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 GENERALIDADES 6
1.1 DEL PROYECTO 6
Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth. 6
1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL 7
1.2.1 Localización zona de estudio 8
1.3 GEOLOGIA GENERAL 8
1.4 GEOLOGIA REGIONAL 11
1.4.1 Formación Areniscas de las Juntas (Kiaj) 11
1.4.2 Cuaternario Aluvial (Qa) 11
2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 13
2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO 18
2.2 ENSAYOS REALIZADOS 18
2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 19
2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION 23
2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua 23
3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO 23
3.1 PERFIL DEL SUBSUELO 23
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS 23
4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL 23
4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL 24
4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN 25
4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 26
4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES 27
4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS 27
5 RECOMENDACIONES 29
5.1 Tipo de cimentación 29
5.2 Nivel de cimentación 29
5.3 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO 33
6 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION 35
6.1 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE) 35
6.2 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS 37
6.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION 37
6.4 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS 38
6.5 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO 38
6.5.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD 39

6.5.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO 40
7 CALCULO ESTADO LÍMITE DEL TERRENO 42
7.1 Estados Limite Alternativa 1 42
8 MEJORAMIENTO PARA ZONAS DE CIRCULACIÓN 44
9 SISTEMA GEOTECNICO CONSTRUCTIVO 46
9.1 ANTES DE LA CONSTRUCCION 46
9.2 DURANTE LA CONSTRUCCION 46
Control de flujo de agua 46
9.3 DESPUES DE LA CONSTRUCCION 48
9.4 PARÁMETROS DE DISEÑO MUROS DE CONTENCION 48
10 PROTECCIÓN DE EDIFICACIONES VECINAS 49
11 RECOMENDACIONES GENERALES 50
12 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO 53
13 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth. 6
Figura 2 Localización general del municipio de San Eduardo dentro de la geografía nacional. 7
Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas. 10
Figura 4. Vista general de la zona de estudio. 12
Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. 12
Figura 6. Localización general de las exploraciones dentro de la zona de estudio. 14
Figura 7. Actividades de exploración mediante la utilización del barreno helicoidal, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT. 17
Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía 21
Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT. 22
Figura 10 Variación de la humedad con la profundidad para los sondeos. 24
Figura 11. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración 25
Figura 12 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 2 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio 26
Figura 13. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004) 28
Figura 14. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004). 28
Figura 15. Esquema de cimentación. 29
Figura 16. Sección Longitudinal. 30
Figura 17. Detalle de diente. 31
Figura 18 Modelo utilizado para determinar el cálculo de la capacidad portante del suelo para material granular sobre arcilla. 37
Figura 19. Detalle mejoramiento para zonas de circulación. 45

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados.....18
Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio.....19
Tabla 3. Descripción estratos. 19
Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).....22
Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10 26
Tabla 6. Parámetros geotécnicos 33
Tabla 7. Cálculo de capacidad portante 39
Tabla 8. Asentamientos inmediatos.....40
Tabla 9. Asentamientos totales 41
Tabla 10. Parámetros de diseño de muros de contención.....48

1 GENERALIDADES

1.1 DEL PROYECTO

La gobernación departamental de Boyacá de San Eduardo está adelantando el proyecto para la construcción de una estructura hidráulica para el paso de agua sobre la quebrada Chorro Blanco en el kilómetro 4.2 de la vía San Eduardo – Cruce Ruta 6009 del municipio de San Eduardo, departamento de Boyacá, ver figura 1.



Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth.

Revisada la información proporcionada por el cliente, la estructura a construir consiste en un elemento tipo Box Culvert.

El lote se caracteriza por ser ondulado. Para conocer propiedades mecánicas e índices, parámetros de resistencia y de asentamientos del subsuelo bajo el área de la obra, el cliente ordenó el estudio de suelos y recomendaciones necesarias para el diseño de la cimentación de la obra a construir.

1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL[1]

En la figura 2 se puede apreciar la localización general del municipio de San Eduardo dentro de la geografía nacional.

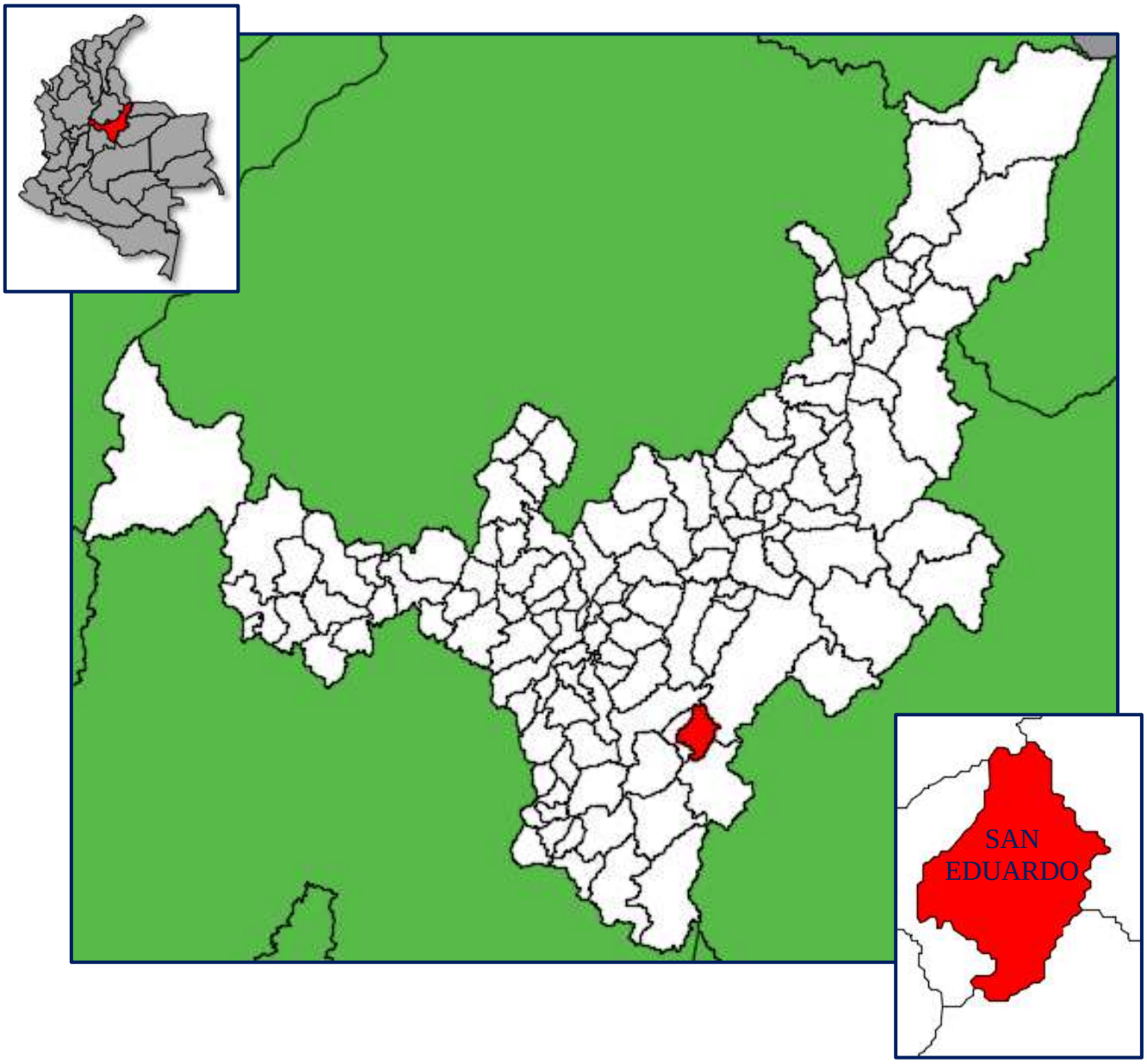


Figura 2 Localización general del municipio de San Eduardo dentro de la geografía nacional.

[1] Diccionario Geográfico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1996

SAN EDUARDO – Municipio Colombiano ubicado en la provincia de Lengupá, en el departamento de Boyacá. Dista 108 km a la ciudad de Tunja, capital del departamento, y 190 km de Bogotá. El área urbana cuenta con una longitud de norte a sur de 842 m y de oriente a occidente es de 820 m. De temperatura templada y con una riqueza acuífera exuberante. Limita al norte con el municipio de Aquitania, al sur con el municipio de Campohermoso, al oriente con el municipio de Aquitania y al occidente con el municipio de Berbeo. Tiene una extensión total 106 km², población aproximada de 1.867 hab, cabecera de 715 hab y el resto de 1.152 hab, teniendo una densidad de población de 18,15 habitantes por km², una altitud de la cabecera municipal de 1705 msnm, una temperatura media de 18°C y una distancia de referencia de 122 km de la ciudad de Tunja y 133 km de la ciudad de Bogotá.[2]

1.2.1 Localización zona de estudio

El proyecto se localiza en el Municipio de San Eduardo sobre las coordenadas referidas al datum Magna–Sirgas:

Coordenadas Magna Sirgas	Norte	Oeste
Elipsoidal	5°13'33.4''	73°06'09.5''
Gauss–Krueger	1069722,376	1108078,990

Estas coordenadas corresponden a la carta geológica de Guateque que en nomenclatura propia del IGAC corresponde a la plancha número 210–II–C–10.

1.3 GEOLOGIA GENERAL[3]

Para describir la estratigrafía del Departamento de Boyacá Ingeominas (2000) ha dividido el área departamental en cuatro cuencas sedimentarias que de occidente a oriente se designan así:

- Cuenca Valle Medio del Magdalena:
  - Bloque Valle del Río Magdalena: Puerto Boyacá
  - Bloque Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental: Otanche
- Cuenca Cordillera Oriental
  - Bloque Chiquinquirá – Arcabuco

[2] FUENTE: Pagina web municipio de San Eduardo. http://www.saneduardoboyaca.gov.co/informacion_general.
[3] Mapa Geológico del Departamento de Boyacá, Memoria Explicativa. INGEOMINAS, 2000

- Bloque Tunja – Duitama
- Bloque Tota – Paz de Río
- Bloque Macizo de Floresta

- Cuenca Sierra Nevada del Cocuy
  - Bloque Cocuy – Cubará – Margua
- Cuenca Piedemonte Llanero
  - Bloque San Luís de Gaceno

La zona de estudio se encuentra en la Cuenca de la Cordillera Oriental, que corresponde a una serie de bloques diferencialmente levantados constituidos por rocas sedimentarias Mesozoicas. En esta Cuenca se distinguen cuatro bloques estratigráfica y tectónicamente diferentes, los cuales se mencionaban anteriormente: Bloque Chiquinquirá – Arcabuco, Bloque Tunja – Duitama, Bloque Tota – Paz de Río y Bloque Macizo de Floresta.

El sitio de estudio se encuentra localizado en el Bloque Tota – Paz de Río el cual se encuentra limitado por la Falla de Soapaga al occidente y las fallas de Santa María, Lengupá y Guaicáramo al oriente. Representa lo que se ha denominado como el cordón magistral de la cordillera oriental y es la zona más ampliamente tectonizada del departamento. La cobertura sedimentaria la constituyen rocas del Cretácico, del Paleogeno y del Neogeno y se encuentran fuertemente plegadas y fracturadas, por fallas normales e inversas de bajo ángulo y poco salto, las cuales no siguen un patrón o direccionamiento específico, sino que se encuentran conformando un entramado en varias direcciones.

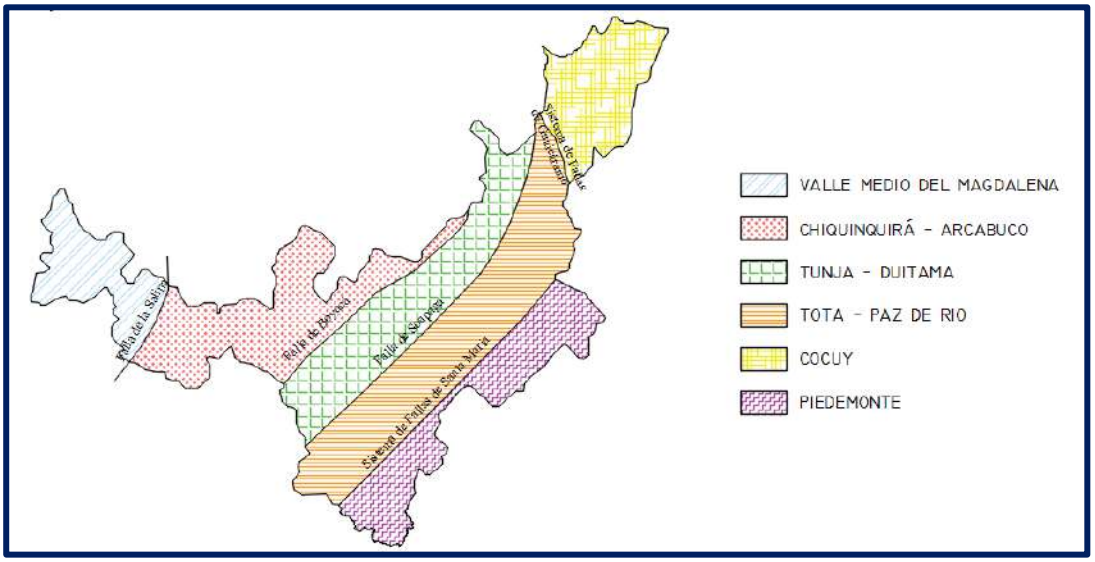


Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas.

La zona de estudio se encuentra en la Región de la cordillera oriental la cual se describe como, región montañosa de la Cordillera Oriental ocupa la mayor parte (65%) del área del departamento en dirección general sur occidente nororiente, caracterizada por una variedad de climas que abarca desde los templados suaves hasta los fríos intensos y el típico clima de páramo. En función de los diferentes relieves y las características climáticas que tiene la región, pueden distinguirse tres zonas importantes: el Macizo de Santander, la zona de la Serranía de Los Cobardes o y Ariguíes, que forma una barrera con elevaciones de hasta 3.000 m para separar el Valle del Magdalena al occidente del Valle del Suárez al oriente y zona de relieves glaciares y periglaciares que representen las partes más altas de los páramos con los más pintorescos y exóticos paisajes santandereanos.

A continuación, se realiza la descripción de las formaciones geológicas de la zona en estudio.

1.4 GEOLOGIA REGIONAL [4]

Para esta zona de encuentran diferenciados los siguientes tipos de formas:

1.4.1 Formación Areniscas de las Juntas (Kiaj)

Edad: Hauteriviano, Bürgl (1960). Autor: Rodríguez y Ulloa (1979). Localidad tipo: entre las cuchillas de El Volador y El Dátil, carretera Guateque – Santa María, Rodríguez y Ulloa (1979).Descripción litológica: la unidad se divide en tres miembros, denominados de manera informal de más antiguo a más reciente: Arenisca de El Volador, Lutitas Intermedias y Arenisca de Almeida. La formación está constituida por cuarzoarenitas grises claras, de grano fino, estratificadas en capas gruesas a muy gruesas, con delgadas intercalaciones de lodolitas negras micáceas. Espesor: 480 m en la Quebrada Las Brazas, pero en otros sectores puede alcanzar 910 m. Límites estratigráficos: los contactos superior e inferior son transicionales con las formaciones Fómeque y Lutitas de Macanal, respectivamente. Ambiente de depositación: deltaico (Rodríguez y Ulloa, 1979). Correlaciones: El Miembro Arenisca de Almeida parece corresponder a la Arenisca de Cáqueza (Hubach, 1957 b), mientras que la de El Volador, posiblemente se adelgaza por pinchamiento cerca al alto de la Laguna de Chingaza (Rodríguez y Ulloa, 1979).

1.4.2 Cuaternario Aluvial (Qa)

En la región estudiada se encuentran depósitos aluviales. Los depósitos aluviales se presentan principalmente en las márgenes de los ríos y quebradas, constituidos por acumulaciones de materiales heterogéneos y carentes de estratificación.

En el contexto regional la zona de estudio se ubica sobre la formación Areniscas de las Juntas, ver Figura 5. Desde una perspectiva local se presentan En la base areniscas con algunas intercalaciones de lutitas; en la parte media lutitas y limolitas y en la parte superior areniscas con intercalación de lutitas y limolitas. La geomorfología de la zona se caracteriza por presentar una pendiente del 8%.

FUENTE: GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 170, VÉLEZ, 190 CHIQUINQUIRÁ, COLOMBIA Carlos E. Ulloa M. Erasmo Rodríguez M. INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS, Bogotá, julio de 1979. Recuperado de https://www.sgc.gov.co



Figura 4. Vista general de la zona de estudio.

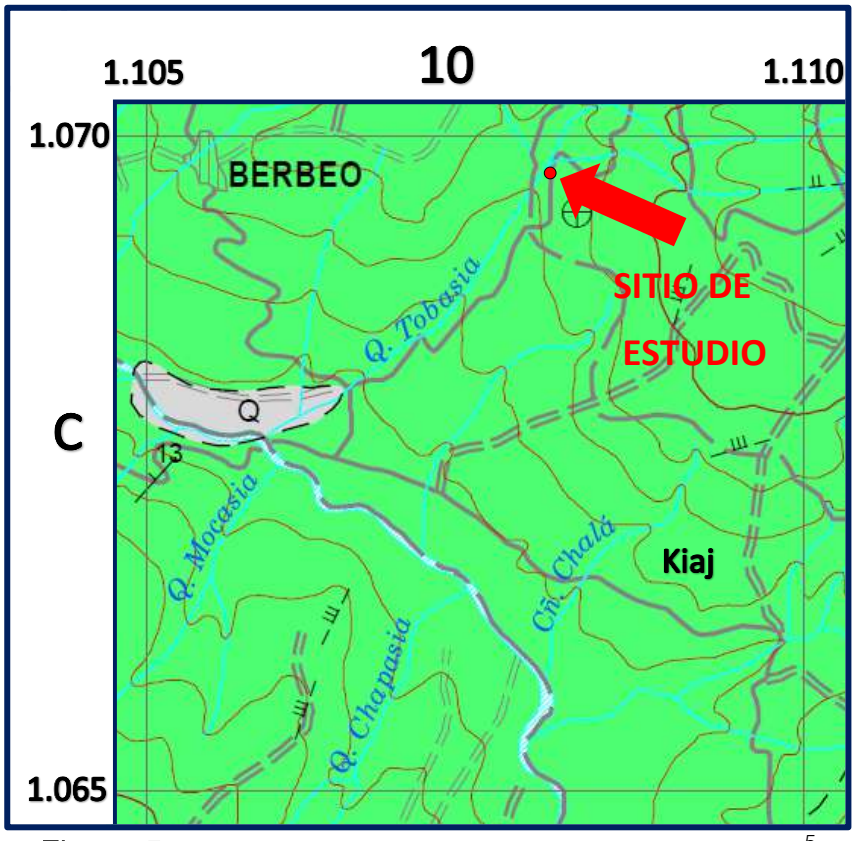


Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. [5]

[5] FUENTE: Servicio Geológico de Colombia. Estado de la Cartografía Geológica de Colombia 2015 Plancha 210. Escala 1:100.000. Recuperado de https://www.sgc.gov.co

2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las condiciones geotécnicas del subsuelo en el sitio del proyecto, se realizaron dos (02) sondeos manuales de reconocimiento y muestreo a 2.50 metros de profundidad aproximadamente, a los cuales se le tomaron muestras alteradas con cuchara partida (Ensayo SPT) y muestras inalteradas en tubo shelby, con el fin de determinar propiedades físicas y mecánicas del subsuelo, las condiciones de agua subterránea y las características geotécnicas para cada nivel de suelo explorado. De la misma manera se realizaron ensayos de resistencia en campo correspondientes a ensayos de penetración estándar SPT en donde por medio de correlaciones derivadas de la geotecnia se determinó la resistencia del material.

De acuerdo a la geología del sector la zona de estudio reposa sobre la formación Areniscas de las Juntas, se presentan en la base areniscas con algunas intercalaciones de lutitas; en la parte media lutitas y limolitas y en la parte superior areniscas con intercalación de lutitas y limolitas.

Para llevar a cabo la realización de los ensayos de penetración estándar se utilizó un peso estándar del martillo de 63,5 ± 1,00 Kg y en cada golpe el martillo tiene una altura de caída de 762mm. Es de recordar que el número de golpes requeridos para los dos últimos intervalos se suman para dar el número de penetración estándar a la profundidad indicada de acuerdo con la norma ASTM D–1586 (INV E–111). En los formatos anexos al presente informe se presentan los parámetros de resistencia encontrados mediante la realización de los ensayos, en donde por medio de correlaciones derivadas de la geotecnia y con diversos autores se evaluaron dichos parámetros. Debido al peso de martillo que se utilizó para la realización de los ensayos de campo se realizaron las correspondientes correcciones.

En las siguientes fotografías se puede apreciar las actividades de exploración manual con la realización de los ensayos de campo correspondientes a pruebas de penetración estándar SPT con la utilización de la cuchara y la recuperación de muestras inalteradas con tubo shleby.

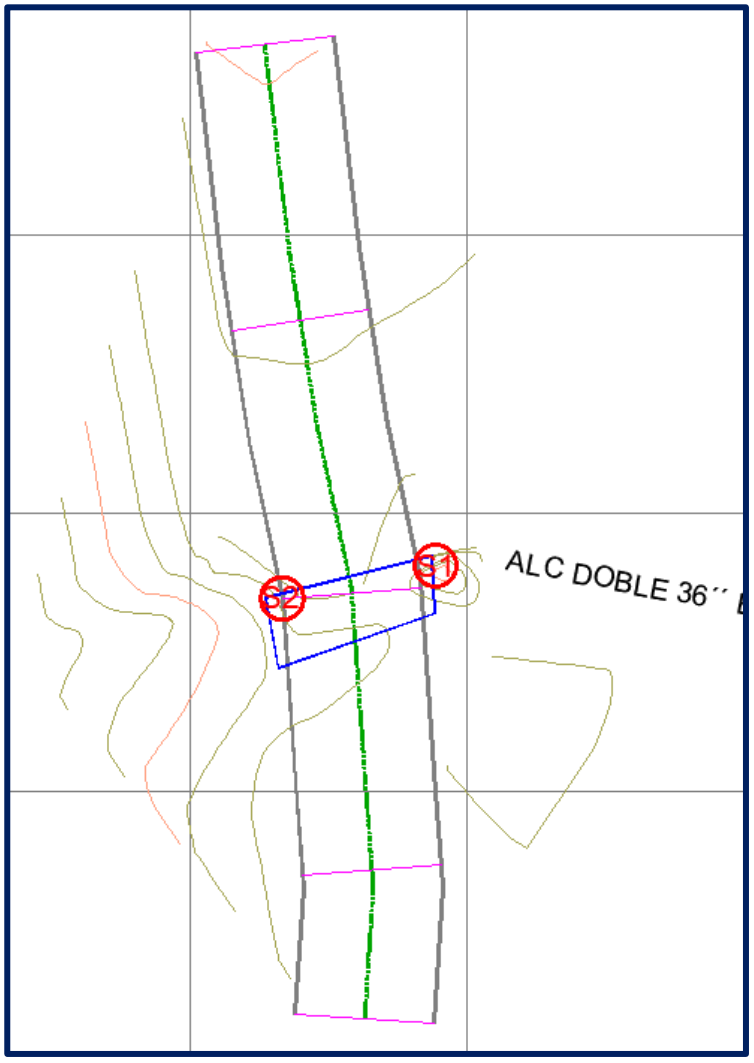


Figura 6. Localización general de las exploraciones dentro de la zona de estudio.

















Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com













Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com



Figura 7. Actividades de exploración mediante la utilización del barreno helicoidal, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT.

2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene como propósito el reconocimiento de las condiciones geotécnicas, estratigráficas e hidrogeológicas presentes en la zona con las cuales servirán de base para la determinación de las características de del terreno existente. El alcance del estudio prevé el cálculo de capacidad portante y análisis de asentamientos para la obra proyectada, análisis de estabilidad de taludes, la zona de estudio presenta pendientes del 8°. No se prevé ensayos de colapso y tipo REMI.

2.2 ENSAYOS REALIZADOS

La determinación de las características de cada uno de los estratos, incluye los siguientes ensayos:

- Contenido de agua (Humedad) NTC – 1495
- Análisis Granulométrico por lavado Tamiz No. 200 NTC –77
- Determinación del Límite Líquido NTC – 4630 Método A
- Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad NTC –4630 Mét. A
- Compresión Inconfinada en muestras de suelos NTC – 1527.
- Ensayos de penetración estándar SPT ASTM D1586

La totalidad de las muestras obtenidas fueron identificadas en campo y laboratorio y sobre un número representativo de ellas se efectuaron los diferentes ensayos.

En la Tabla 1 se presenta el número y tipo de ensayos efectuados para cada sondeo realizado, y en los Anexos se registran los resultados de los ensayos de laboratorio.

Ensayo	S1	S2
Profundidad del sondeo (m)	2.50	2.50
Humedad natural	5	5
Límites de Atterberg	2	2
Lavado sobre el tamiz Nº200	2	2
Ensayos de penetración estándar	4	4

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados

A continuación se presenta la tabla resumen con los resultados de los ensayos realizados en campo y laboratorio.

Barreno N° Prof. (m)	*Propiedades físicas y clasificación*										
	Profundidad promedio del Estrato	Humedad natural (%)	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio	Pasa 200 (<0.075mm)	% Arenas	% Gravas	Clasificación USC
S-1 (0,00-1,00)	0,50	37,35	56,69	31,86	24,8	0,22	21	98,71	1,3		M H
S-1 (1,00-2,50)	1,75	19,03	NLL	NLP	NIP	NIL	13	15,67	4,3	80,0	G M
S-2 (0,00-0,80)	0,40	39,56	56,70	33,70	23,0	0,25	22	98,91	1,1	0,0	M H
S-2 (0,80-2,50)	1,65	18,68	NLL	NLP	NIP	NIL	12	18,02	8,4	73,6	G M

Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio

Barreno N° Prof. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL
S-1 (0,00-1,00)	Material compuesto por limo plástico de color gris.
S-1 (1,00-2,50)	Material compuesto por grava limosa de color gris.
S-2 (0,00-0,80)	Material compuesto por limo plástico de color gris
S-2 (0,80-2,50)	Material compuesto por grava limosa de color gris.

Tabla 3. Descripción estratos.

2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR

En el ensayo de penetración estandar se entierra un tubo partido, aplicando golpes con un martillo de 63 Kg. que cae de una altura de 750 mm. El número de golpes requerido para enterrar el tubo 300 mm se denomina N de penetración estándar.

Con el número de golpes se puede estimar el valor del ángulo de fricción interna ϕ´ para arenas (Peck, 1974). También se puede obtener la densidad relativa y con esa densidad relativa obtener el valor de ϕ´ (Schmertmann, 1975).

El ensayo de penetración estándar se desarrolló inicialmente para determinar la resistencia de suelos no cohesivos y la mayoría de las correlaciones que existen en la literatura son útiles solamente para gravas y arenas.

Correcciones ensayo SPT

Para casi todas estas variantes hay factores de corrección a la energía teórica de referencia Er y el valor de N de campo debe corregirse de la siguiente forma (Bowles,1988):

$N_{corregido} = N \times Cn \times e1 \times e2 \times e3 \times e4 = N_{50}$

En la cual:

$N_{corregido}$ = valor de N corregido

N = valor de N de campo

Cn = factor de corrección por confinamiento efectivo 2/ (1+ σ)

e1 = factor por energía del martillo (0.45 ≤ h1 ≤ 1)

e2 = factor por longitud de la varilla (0.75 ≤ h2 ≤ 1)

e3 = factor por revestimiento interno de toma muestras (0.8 ≤ h3 ≤ 1)

e4 = factor por diámetro de la perforación (> 1 para D> 5", = 1.15 para D=8")

Corrección por Energía (h1)

Se considera que el valor de N es inversamente proporcional a la energía efectiva aplicada al martillo y entonces, para obtener un valor de Ne1 a una energía dada "e1", sabiendo su valor Ne2 a otra energía "e2" se aplica sencillamente la relación:

$Ne_{corregido} = N_{50} \times (e2/e1)$

Sondeo 1 Prof. 0,50			
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo	
Profundidad de inicio (m):	0,50	Peso unitario (T/m³):	1,80
Profundidad del Nivel Freático (m):		Nº de golpes	
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	21
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	21
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	21
Determinación de N corregido		Determinación de C y f	
sV (T/m²)	0,90	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,8
CN	1,00	Hatanaka f (º):	34,9
e1	0,85	Uchida f (º):	40,9
e2	0,72	Promedio f (º):	35,9
Longitud de Tubería (m)	3,00	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	213,6
Mr (kg)	20,79	Cu Stroud (KN/m²):	184,8
m	0,33	Cu Promedio (kg/cm²):	2,0
e3	0,73	Cu Promedio (KN/m²):	199,2
e4	1,00		
N de campo	42		
N 50	19		
N corregido	16		

Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía

Los valores varían entre 38 a 71 golpes/pie entre profundidades de 0.50 a 2.50 metros explorados.

En la tabla 4, se presenta un resumen de los parámetros obtenido con el ensayo de SPT, correspondiente al N de campo, N corregido por energía, resistencia al corte no drenada y la resistencia a la compresión inconfinada tomada como 2*Cu.

En la Figura 9, se presentan las variaciones de la resistencia al corte con la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede ver como se tienen condiciones de resistencia muy firme a dura en la totalidad de los sectores explorados y se presenta rechazo en el ensayo de SPT a una profundidad de 2.5 metros.

SONDEO	PROFUNDIDAD INICIAL	PROFUNDIDAD FINAL	N(SPT) CAMPO	Penetración normal corregida N(SPT)	ϕ	Cu(Kg/cm2)	qu(Kg/cm2)	Consistencia	Compacidad
1	0,50	1,00	42	16	32	1,85	3,70	Muy firme	Densa
	1,00	1,50	51	19	33	2,24	4,49	Dura	Muy densa
	1,50	2,00	58	24	34	2,55	5,10	Dura	Muy densa
	2,00	2,50	71	30	35	3,12	6,25	Dura	Muy densa
2	0,50	1,00	38	14	31	1,67	3,34	Muy firme	Densa
	1,00	1,50	46	17	32	2,02	4,05	Dura	Densa
	1,50	2,00	52	21	33	2,29	4,58	Dura	Muy densa
	2,00	2,50	68	28	35	2,99	5,98	Dura	Muy densa

Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).

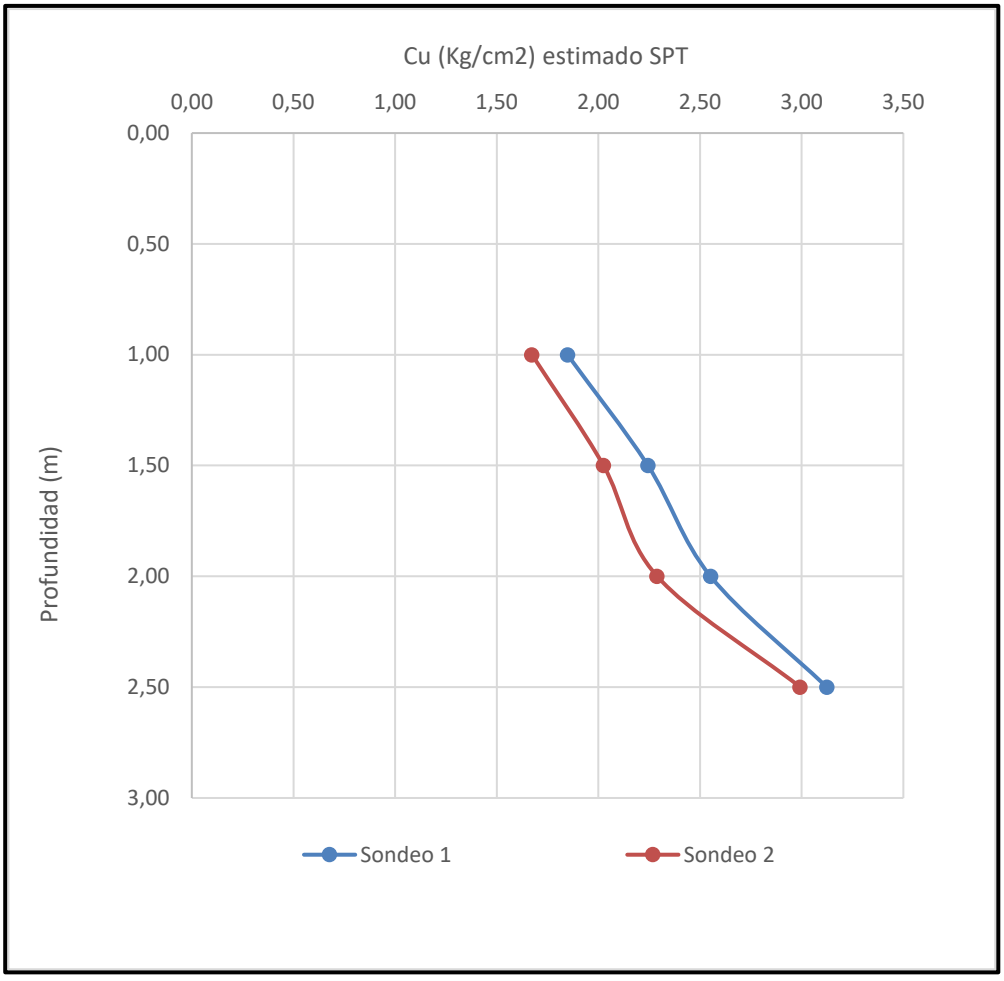


Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT.

2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION

2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua

Se evidencia cuerpo de agua cercana al proyecto de la construcción del Box Culvert. Durante las perforaciones no se presentó nivel freático. La zona de estudio se evidencia cobertura vegetal de poco espesor principalmente por pasto, pero la cual no se cataloga como reserva forestal.

3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

3.1 PERFIL DEL SUBSUELO

En los dos (02) sitios de investigación se encontraron suelos de las siguientes características.

GCI Subsuelo: Constituido por estratos organizados de la siguiente forma:

- MH: Limo plástico de color gris, estado solido, expansividad alta, Limite plástico de 31 a 33%, Limite liquido de 56 a 57%, Indice de Plasticidad de 23 a 24% y un limite de liquides de 0,22 a 0,25. Consistencia muy firme. Presenta porcentajes de arenas variable de 1 a 2%.
- GM: Grava limosa de color gris, estado solido, expansividad baja, Limite plástico NLP%, Limite liquido NLL%, Indice de Plasticidad NIP% y un limite de liquides NIL. Consistencia dura. Presenta porcentajes de arenas variable de 4 a 8%.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL

En la figura 10 se puede observar la variación de la humedad natural en función de la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede apreciar valores altos de humedad en el primer metro explorado y condiciones moderadas de humedad hasta los 2.50 metros explorados, teniendo valores entre 15% y 43%. Se esperan pocos cambios volumétricos por infiltración de aguas, adicionalmente no se evidencio la presencia de nivel freático.

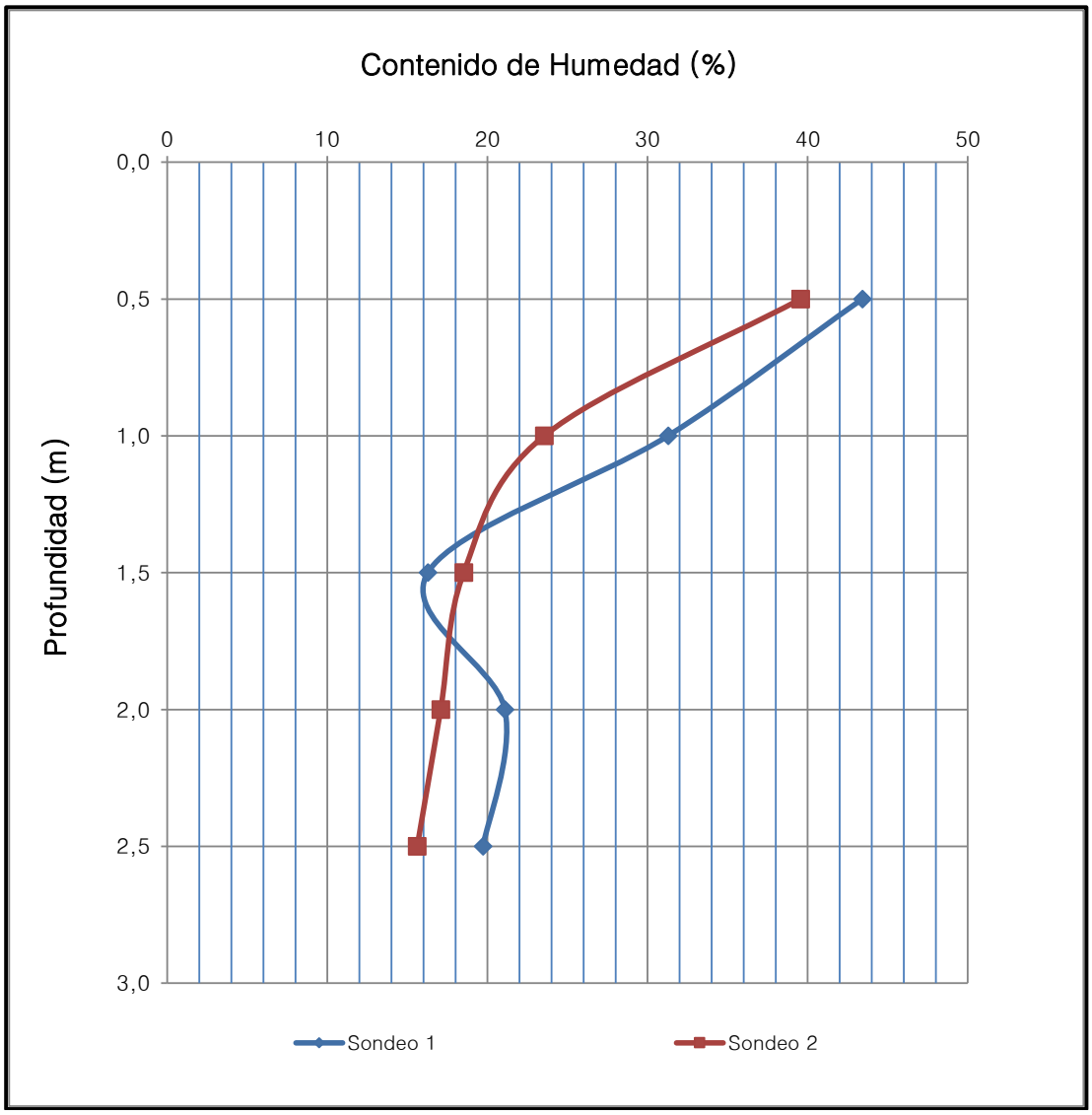


Figura 10 Variación de la humedad con la profundidad para los sondeos.

4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL

Con base en los ensayos de clasificación realizados a las muestras seleccionadas los suelos corresponden principalmente a material de limo plástico en los primeros 1.00 metros de plasticidad alta y a partir de este punto se encontró grava limosa sin plasticidad, con límite líquido de NLL a 56%, dando condiciones de baja a alta expansión. En la figura 11 se observa la variación del límite líquido en función de la profundidad para las muestras evaluadas de cada uno de los sondeos realizados. De la misma manera se puede encontrar que los valores de humedad se presentan por encima a los

valores de límite plástico presentando un comportamiento de tipo plástico por lo que se encuentran condiciones poco favorables de estabilidad ante la aplicación de cargas verticales en el primer metro explorado.

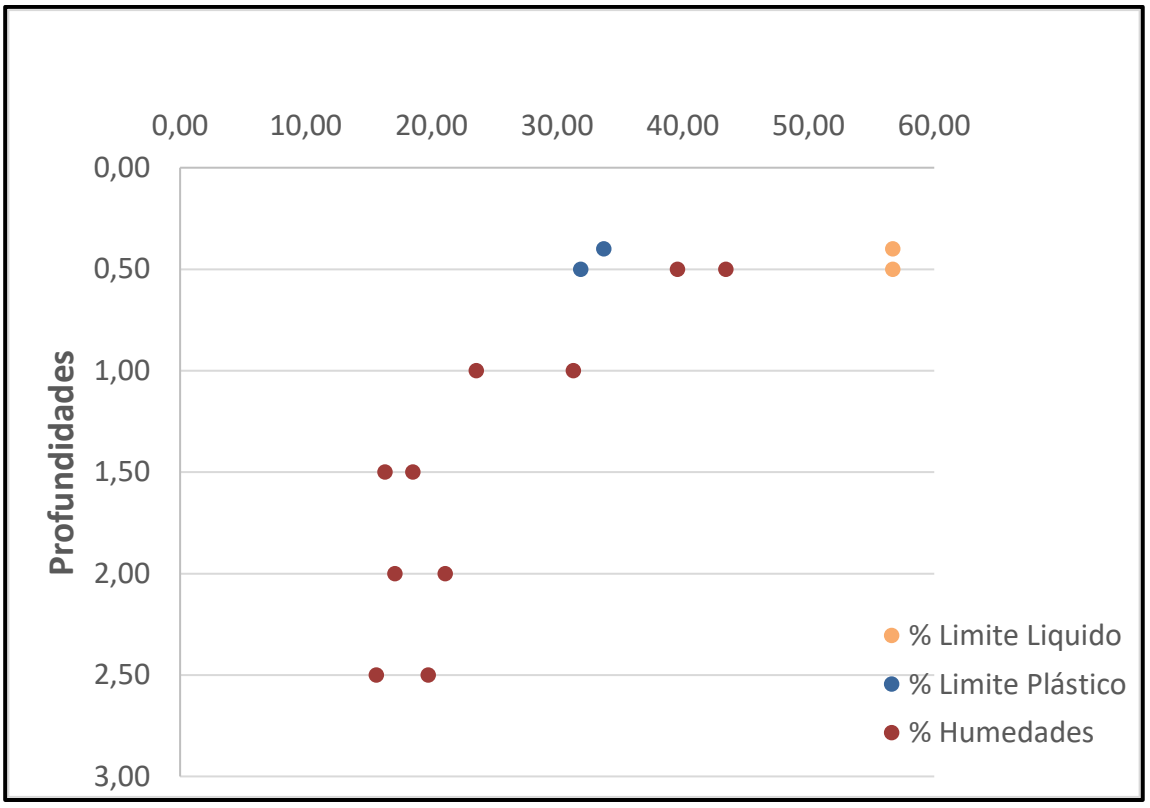


Figura 11. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración

4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Para determinar los parámetros de resistencia se tuvieron en cuenta los valores obtenidos tanto en las pruebas de laboratorio correspondientes a compresión inconfinada como los obtenidos en las pruebas de penetración estándar mediante el SPT determinadas en campo. En la figura 12 se presentan las variaciones de la resistencia al corte con la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede ver como la resistencia aumenta con la profundidad teniendo condiciones de consistencia muy firme a dura hasta los 2.50 metros explorados encontrando condiciones adecuadas para la cimentación de la estructura proyectada.

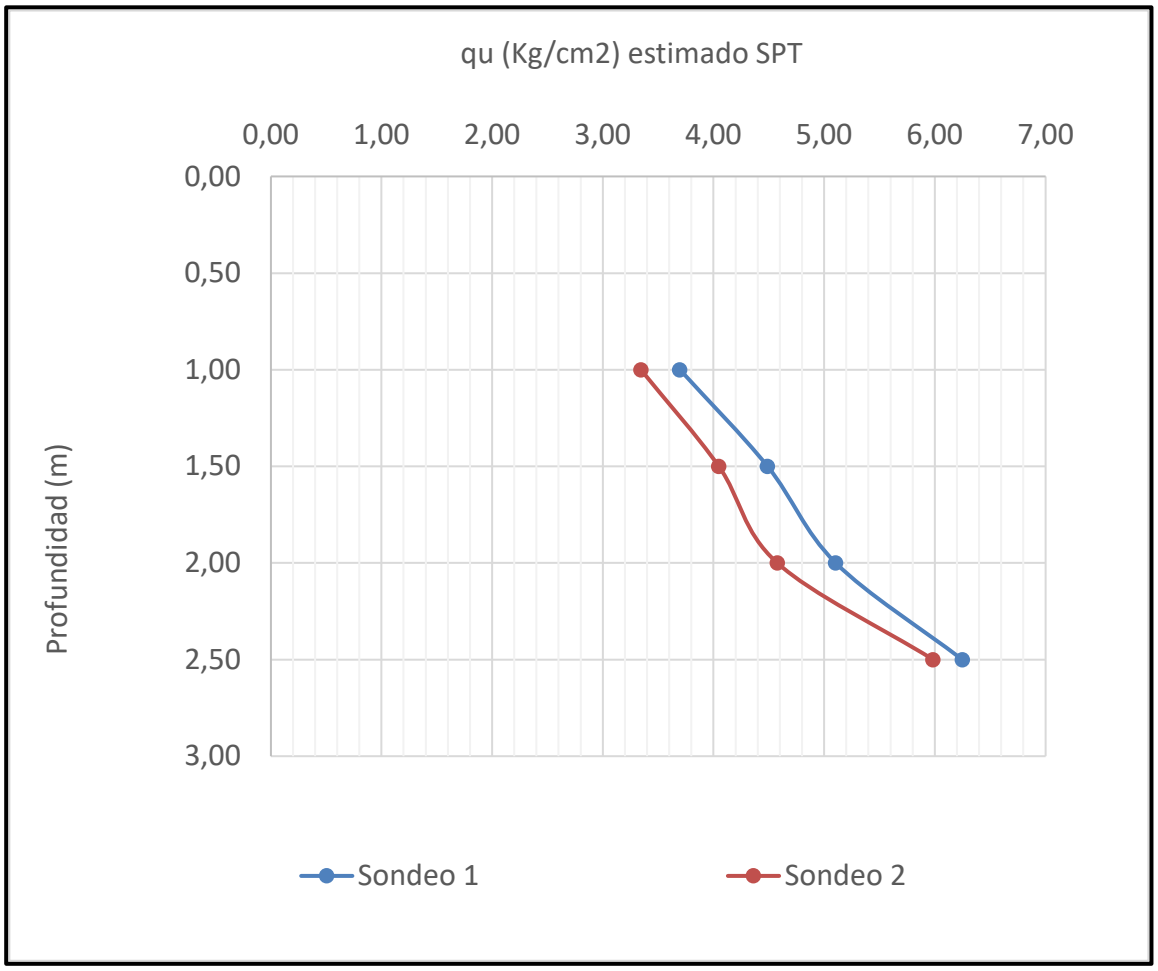


Figura 12 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 2 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio

4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

De acuerdo a la NSR-10, se considera la tabla 5, para clasificar de forma cualitativa el grado de expansión de los suelos.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 –20	39 – 50	8 – 18	12 –34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10

De acuerdo a los valores obtenidos de límite líquido (LL) e índice de plasticidad (IP), se tiene valores que oscilan de NLL% a 56% y de NLP% a 24%, respectivamente, catalogando al suelo con un potencial de expansión baja a alto; por lo cual se requieren obras de mitigación para este tipo de suelo.

4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES

Se identifica la colapsabilidad de estos depósitos, cuando el volumen de vacíos iguala la cantidad de agua en el punto del límite líquido. Para mayor cantidad de agua o menor volumen de vacíos el depósito es inestable. La evaluación se puede hacer mediante la siguiente formulación:

$$\gamma d\ crit = \frac{1}{\left(\frac{1}{\mathrm{Gs}}\right) + \mathrm{LL}}$$

$$\frac{\gamma \mathrm{d}}{\gamma crit} > 1\ Estable \qquad \frac{\gamma \mathrm{d}}{\gamma crit} \leq 1\ Inestable$$

El suelo no presenta susceptibilidad a suelos colapsables. A demás es de anotar que los suelos del sector no presentan estructura cementada. Por otra parte, el índice de liquidez presenta valores negativos lo cual indica que la humedad es menor al límite plástico y por ende el suelo presenta un estado sólido, por lo que no hay problema que se presenten suelos colapsables.

4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS

De acuerdo a la NSR –10 en su título H son suelos susceptibles a la licuación aquellos limos, limos arcillosos y arcillas limosas de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido. Para evaluar si los suelos finos presentes en la zona de estudio presentan ablandamiento cíclico o no, se realizó el análisis sugerido por Bray, Sancio & Durgunoglu (2004), donde se concluye que los suelos no presentan susceptibilidad a la licuación, ver Figura 14.

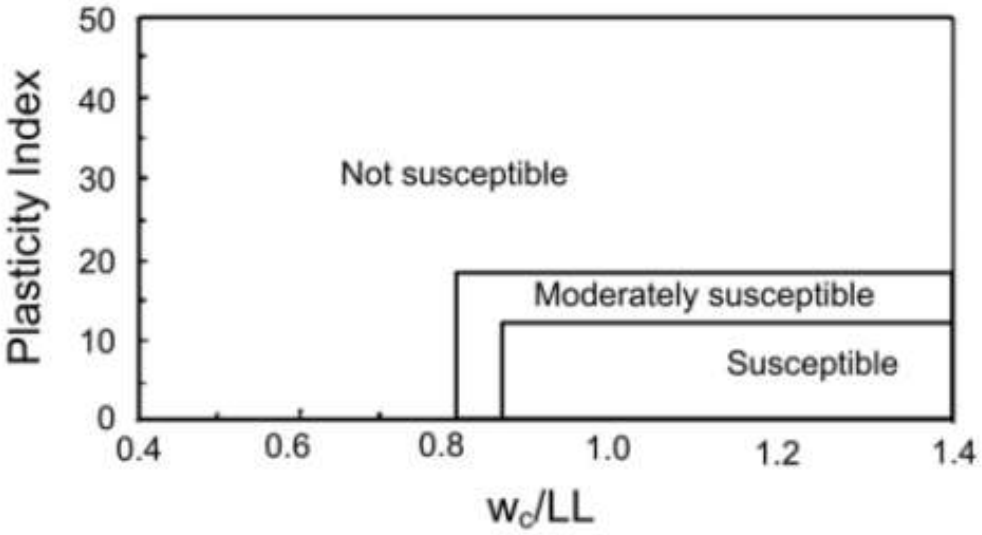


Figura 13. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004)

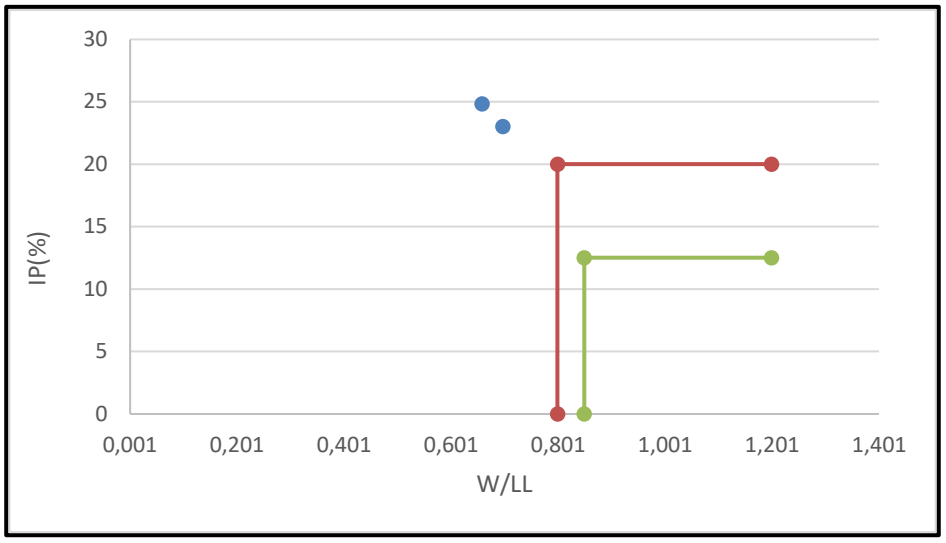


Figura 14. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).

5 RECOMENDACIONES

5.1 Tipo de cimentación

De acuerdo al tipo de suelos, la resistencia presente en la zona de estudio, y el tipo de edificación del proyecto, se recomienda el uso de cimientos superficiales constituido por placa de piso tomada como un cimiento corrido.

5.2 Nivel de cimentación

Los cimientos de la placa de cimentación se soportarán sobre 0.30 metros de material de mejoramiento con pedraplén y al inicio y al final de la placa un dentellón de 1.00 metros con la finalidad de evitar la entrada de flujos subsuperficiales por debajo de la estructura del box.

En la siguiente figura se muestra el esquema de cimentación propuesto:

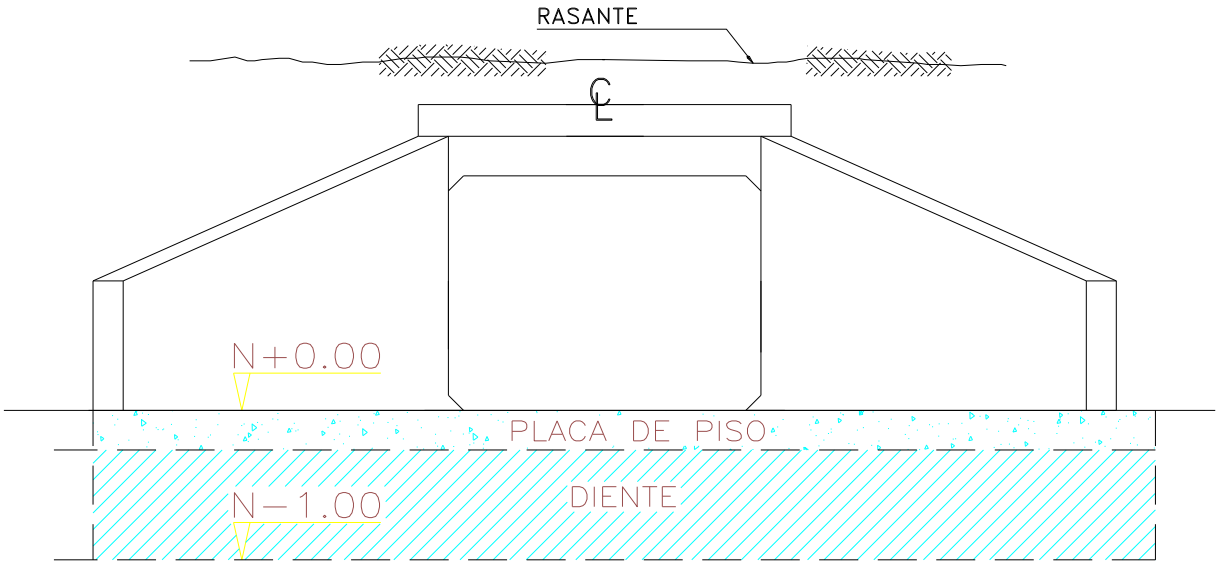


Figura 15. Esquema de cimentación.

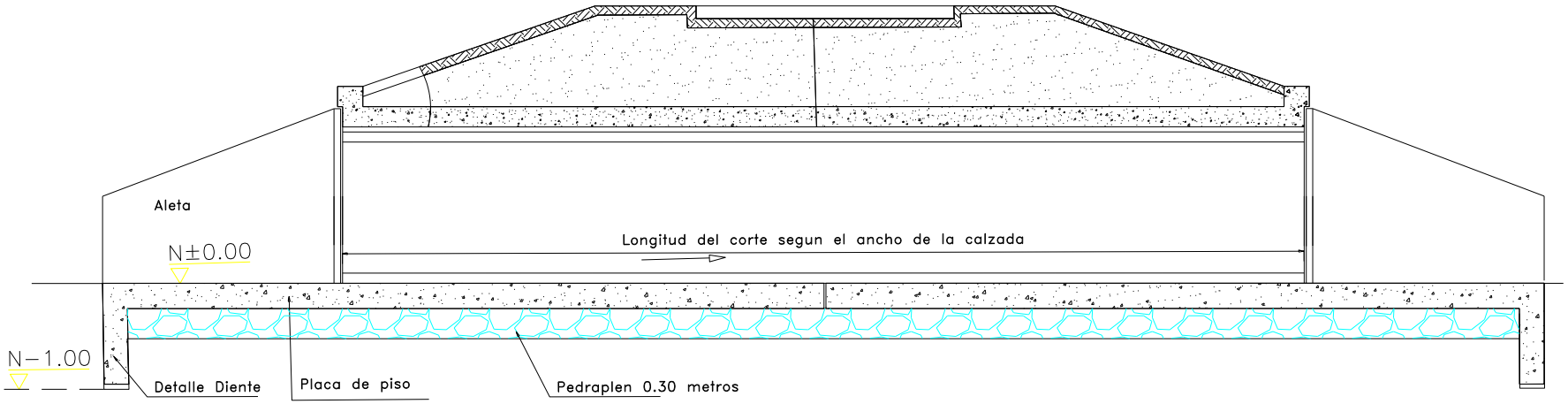


Figura 16. Sección Longitudinal.

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

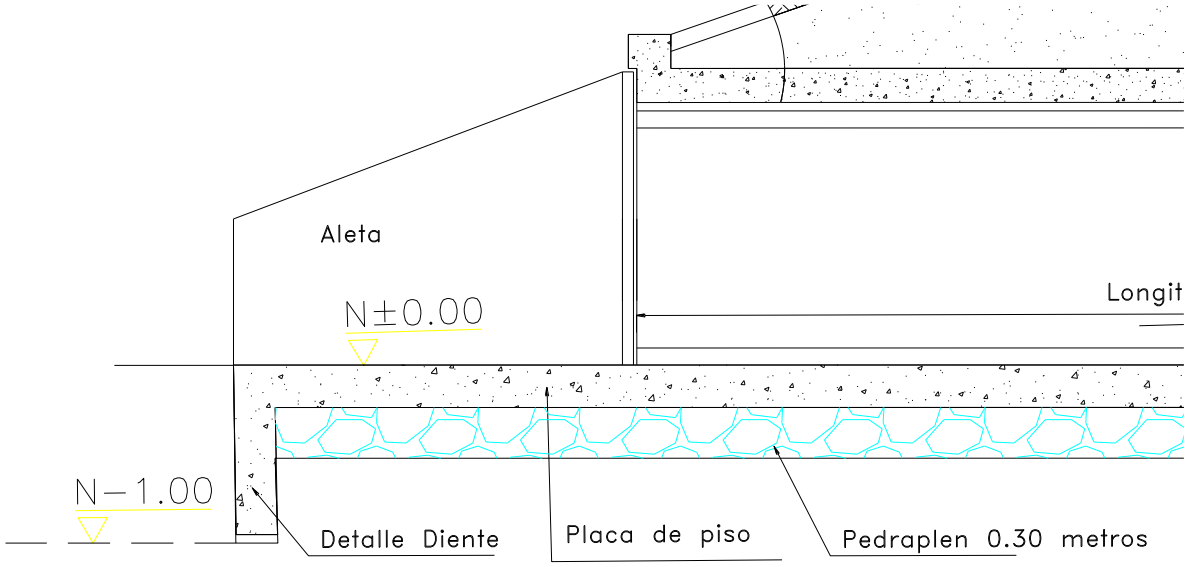


Figura 17. Detalle de diente.

Las condiciones en las que se encuentra el subsuelo, limo plástico y grava limosa de consistencia muy firme a dura, con LL=NLL a 56% y presencia de arenas del 1% al 8% y sin presencia de nivel freático; además de los rangos de lluvias bajos se emplearan parámetros no drenados del suelo, determinados de las pruebas de campo de SPT, a través de la metodología de Álvaro González.

La metodología arrojo valores de cohesión variables entre 16.7 a 31.2 T/m^2 y ángulo de fricción 31° a 35°, se adoptará un valor de 31°, de acuerdo con la experiencia en este tipo de suelos.

- MÓDULO DE ELASTICIDAD: Se evaluó el módulo de elasticidad con la relación 250 Cu teniendo módulo de elasticidad de 4180 Ton/m2.

- PARAMETROS PARA ESTIMACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION

Debido a que la geología del sector y a los ensayos realizados se caracteriza por presentar suelos sobreconsolidados, con material en estado sólido y consistencia muy firme a dura a lo largo de los 2.5 metros explorados. El valor de RSC será igual a 1,5.

Para el cálculo de los asentamientos por consolidación se usa el índice de recompresíon Cr, calculado con la siguiente expresión:

$$Cr = \frac{Cc}{5}$$

$$Cc = 0{,}009(LL - 10)$$

Las correlaciones de Cc=0,009(LL−10) y de Cr fueron tomada del libro Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, autor Braja M. Das, séptima edición, capítulo 1.13 Consolidación.

Los valores de gravedad específica y relación de vacíos para un arcilla se tomó de la literatura (referencia Braja Cuarta edición pág. 11 tablas 1.4 y 1.5), donde se adoptaron los valores de Gs=2.61 y e=0.48.

No se presenta nivel freático en la zona de estudio, el régimen de lluvias oscila en el orden de 1316 mm/año, aunque se presenta una quebrada cercana al

sitio donde se proyecta la construcción del Box la condición del talud presenta condición de drenaje, por tal razón se emplearán parámetros en condiciones drenadas.

Los valores presentados en la Tabla 6 se presentan los parámetros geotécnicos para la zona geotecnia tomando un valor promedio de las propiedades físicas y mecánicas por cada capa. Para el cálculo de los pesos unitarios se empelaron las siguientes expresiones.

$$\gamma h = \frac{Peso\ Muestra}{Volumen}$$

$$\gamma d = \frac{\gamma h}{1 + w}$$

Capa	Parámetros de Resistencia	Parámetros de Asentamientos
Capa 1 MH (0,00/1,00) Arena 1% a 8% LL=56% ω= 37–39% Gs=2,610	Parámetros Drenados C= 0 Ton/m^2 ϕ = 31° γt=1,94 ton/m^3 γd =1,54 ton/m^3	Es=4180 Ton/m^2 RSC=1.5 μ=0,35 Cc=0,42 Cr=0,08 $e_{0=}$ 0,48

Tabla 6. Parámetros geotécnicos

5.3 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO

SEGÚN EL CODIGO COLOMBIANO DE PUENTES CCP14

Una vez obtenido los diferentes datos, con los cuales se determinó el perfil del suelo donde será apoyada la cimentación y de acuerdo a la norma CCP–2014 sección 3, y su localización (San Eduardo – Boyacá) se determinan las siguientes características sísmicas.

Perfil del suelo Tipo		D
Aceleración pico Horizontal del terreno	PGA	0,250
Coef de Aceleración Espectral Horizontal para un período de vibración de 0.2 segundos	Ss (g)	0,600
Coef de Aceleración Espectral Horizontal para un período de vibración de 1.0 segundos	S1 (g)	0,500
Factor de Sitio, Fpga, en el período de vibración cero del Espectro de Aceleraciones	Fpga	1,300
Factor de Sitio, Fa, en el intervalo de períodos de vibración cortos del Espectro de Aceleraciones	Fa	1,300
Factor de Sitio, Fv, en el intervalo de períodos de vibración largos del Espectro de Aceleraciones	Fv	1,500
Coeficiente de aceleración pico del suelo modificado	As	0,325
Coeficiente de aceleración Espectral Horizontal modificado	Sds	0,780
Coeficiente de aceleración espectral de respuesta horizontal modificado	Sd1	0,750
Período de vibración	Ts	0,962
Período de vibración de referencia	To	0,210
Zona de desempeño sísmico	**ZDS**	**4,00**

CLASIFICACIÓN OPERACIONAL:
PUENTE CRITICO
PUENTE ESENCIAL
✓ OTROS PUENTES

6 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION

Después de conocer las propiedades mecánicas de los materiales, y con una evaluación preliminar de las cargas que llegan a cimentación, se procede a determinar los factores de seguridad indirectos, asentamientos totales y diferenciales para las estructuras contempladas en el proyecto.

6.1 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE)

El suelo analizado presenta un espesor de relleno de tipo aluvial compuesta por limo de capacidad portante mínima la cual no presenta características adecuadas como suelo de fundación ya que estos estratos tienden a tener relaciones de vacíos grandes con altas permeabilidades los que generaría asentamientos inesperados para los cuales no se hizo una evaluación por lo cual es conveniente su remoción este material existente.

Teniendo en cuenta que es conveniente que los esfuerzos se distribuyan en los estratos de mejores características, sin embargo, se encontró espesores de 6.0 metros del mismo material a partir del nivel superficial se propone realizar la remoción del estrato inicial y remplazarlo por una base en material seleccionado, sobre el cual se construirá la cimentación de la estructura proyectada en forma rectangular capaz de soportar las cargas de acuerdo a la norma sismoresistente.

Las dimensiones de estos cimientos se escogerán de acuerdo a las cargas no mayoradas resultado del análisis estructural por lo cual se presentan el cálculo de variación de presiones admisibles de acuerdo a la profundidad de cimentación NC y espesor del material de material seleccionado.

De esta forma tendríamos que evaluar la capacidad portante teniendo esta condición del material seleccionado como un relleno en material granular sobre una arcilla por lo cual las fórmulas serían las de suelos estratificados ya que las fórmulas que normalmente se utilizan suponen suelos homogéneos.

Así entonces utilizamos las ecuaciones particulares para suelos estratificados propuestas por Meyerhof la cual corresponde a uso de materiales granulares sobrepuestos en materiales arcillosos para lo cual se utilizaron las siguientes ecuaciones.

$$q_u = \left(1+0.2\frac{B}{L}\right)5.14c_2 + \gamma_1 H^2\left(1+\frac{B}{L}\right)\left(1+\frac{2Df}{H}\right)\frac{K_s \tan\phi_1}{B}$$

$$+\gamma_1 D_f \leq \gamma_1 D_f N_{q(1)} F_{qs(1)} + \frac{1}{2}\gamma_1 B N_{\gamma(1)} F_{\gamma s(1)}$$

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{c_2 N_{c(2)}}{\frac{1}{2}\gamma_1 B N_{\gamma(1)}} = \frac{5.14c_2}{0.5\gamma_1 B N_{\gamma(1)}}$$

En donde:
q_u= Capacidad de carga ultima admisible.
B: Es el ancho del cimiento.
L: Es la longitud del cimiento.
Df: Profundidad de cimentación.
H: Es el espesor de la placa flotante (relleno en material granular seleccionado).
Ks: Coeficiente de corte por punzonamiento.
C_2: Cohesión del estrato inferior.
N_q: Factor de capacidad de carga para el estrato superior.
F_{qs}: Factores de forma con respecto a la capa superior del suelo.
Φ_1: Angulo de fricción del material de la placa flotante.

En la figura 18 se pueden apreciar los parámetros utilizados para el cálculo de la capacidad portante del suelo utilizando la placa en material granular debidamente compactado tipo afirmado granular sobre el material del sitio. Es de aclarar que el estrato 1 en la figura representa el material de relleno compactado propuesto y el estrato 2 corresponde al estrato de arcillas encontrado en el sitio de estudio bajo el relleno. Los valores tomados de cálculo son los respectivos al estrato en el cual se cimienta.

Φ =30º
γ1= 1.90 T/m^2
γ2= 1.54 T/m^2
H= 0.30m

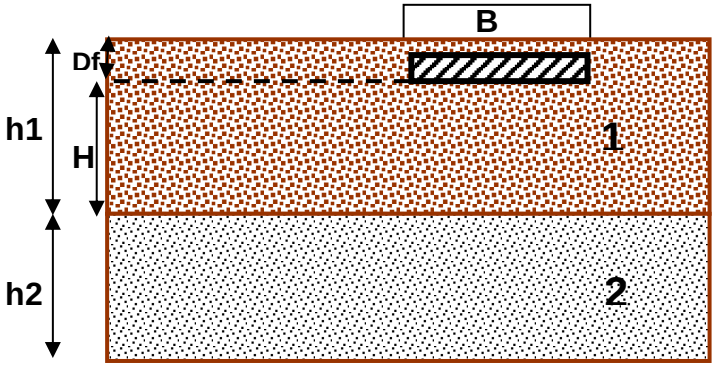


Figura 18 Modelo utilizado para determinar el cálculo de la capacidad portante del suelo para material granular sobre arcilla.

6.2 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

Los asentamientos por elasticidad dependerán principalmente de la magnitud del cimiento, los asentamientos se calculan con las cargas por zapatas Para cimentaciones flexible se evalúa con la expresión que se presenta a continuación. A pesar que las zapatas corresponden a cimientos rígidos (93% del asentamiento dado para una cimentación flexible), para los cálculos se tomó el valor obtenido de una cimentación flexible en el centro de la zapata. La metodología empleada corresponde a la de Bowles (1987).

Cimentación Flexible

$$S_e = 2qB\frac{1-\mu^2}{E_s}I_s I_f$$

Cimentación Rigida

$$Se = 0{,}93, Se(flexible, centro)$$

6.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION

Los asentamientos por consolidación, se evalúan con la siguiente expresión:

$$S = \sum \frac{c_r Hc}{1+e_0}\log\left(\frac{\bar{\sigma}+\Delta\sigma}{\bar{\sigma}}\right)$$

Donde Cr es el índice de compresión, H el espesor del estrato considerado, e_o es la relación de vacíos inicial, σ' (t/m^2) el esfuerzo efectivo inicial y $\Delta\sigma$ es el incremento de esfuerzos por la aplicación de la sobrecarga.

6.4 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS

Uno de los métodos de cálculo más utilizado para modelizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos–muelles o bielas biarticuladas– cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de balasto (Ks), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento, el cual se presenta en las tablas de asentamientos totales.

6.5 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO

De acuerdo a la magnitud de la obra, la cual corresponde a una obra hidráulica tipo Box Culvert, donde permite el paso vehicular todo el día, y una posible falla de la estructura o de sus cimientos abarcara graves consecuencias a esta y por ende a la integridad física y de movilidad de las personas que la circulan. A pesar que se cuenta con la caracterización física y mecánica de los suelos de la zona de estudio y teniendo en cuenta lo enmarcado por la NSR–10, se adoptan los siguientes factores de seguridad para su verificación con las cargas dadas por el diseñador estructural.

Factores de seguridad Indirectos

- Carga muerta más viva normal – Factor de seguridad (FS) = 3.0.
- Carga muerta + viva máxima– Factor de seguridad (FS) = 2.5
- Carga muerta más viva máxima y carga muerta más viva más sismo de diseño: Factor de seguridad (FS) = 1.5

A continuación, se presenta el cálculo de los Factores de seguridad mínimos, lo cual se presentó para las combinaciones de carga: donde se presenta el cálculo de capacidad portante para diferentes dimensiones de zapatas.

6.5.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD

CAPACIDAD PORTANTE PARASUELOS ESTRATIFICADOS									
DF	B	L	Mejoramiento (m)	qu	qt	$q_{ultima\ adm}$ T/m2 (FS=3,0)	$q_{ultima\ adm}$ T/m2 (FS=2,5)	$q_{ultima\ adm}$ T/m2 (FS=1,5)	Carga (Ton)
0,25	1,0	4,0	0,30	56,44	30,69	10,23	22,58	37,63	40,9
0,25	1,0	5,0	0,30	55,85	30,87	10,29	22,34	37,23	51,5
0,25	1,0	6,0	0,30	55,45	30,99	10,33	22,18	36,97	62,0
0,25	1,5	4,0	0,30	57,20	39,76	13,25	22,88	38,13	79,5
0,25	1,5	5,0	0,30	56,35	40,37	13,46	22,54	37,57	100,9
0,25	1,5	6,0	0,30	55,78	40,77	13,59	22,31	37,19	122,3
0,25	2,0	4,0	0,30	58,22	47,70	15,90	23,29	38,81	127,2
0,25	2,0	5,0	0,30	57,11	48,96	16,32	22,85	38,08	163,2
0,25	2,0	6,0	0,30	56,38	49,80	16,60	22,55	37,58	199,2
0,25	2,5	4,0	0,30	59,30	54,53	18,18	23,72	39,53	181,8
0,25	2,5	5,0	0,30	57,94	56,66	18,89	23,17	38,62	236,1
0,25	2,5	6,0	0,30	57,03	58,09	19,01	22,81	38,02	285,1
0,25	3,0	4,0	0,30	60,39	60,23	20,08	24,16	40,26	240,9
0,25	3,0	5,0	0,30	58,78	63,47	19,59	23,51	39,19	293,9
0,25	3,0	6,0	0,30	57,71	65,62	19,24	23,08	38,47	346,3
0,25	3,5	4,0	0,30	61,55	64,81	20,52	24,62	41,04	287,3
0,25	3,5	5,0	0,30	59,69	69,37	19,90	23,88	39,80	348,2
0,25	3,5	6,0	0,30	58,45	72,41	19,48	23,38	38,97	409,2

Tabla 7. Cálculo de capacidad portante

6.5.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO

Es (KPa)	4.180					
m	0,45					
NC (m)	B (m)	L (m)	B/L	ar	Q_{adm} (KPa)	Se (cm)
0,3	1,0	4,0	0,25	0,63	100,36	0,02
0,3	1,0	5,0	0,20	0,61	100,96	0,02
0,3	1,0	6,0	0,17	0,60	101,35	0,02
0,3	1,5	4,0	0,38	0,67	130,00	0,05
0,3	1,5	5,0	0,30	0,64	131,99	0,05
0,3	1,5	6,0	0,25	0,63	133,32	0,05
0,3	2,0	4,0	0,50	0,71	153,20	0,08
0,3	2,0	5,0	0,40	0,68	150,27	0,08
0,3	2,0	6,0	0,33	0,65	148,32	0,07
0,3	2,5	4,0	0,63	0,75	155,69	0,11
0,3	2,5	5,0	0,50	0,71	152,11	0,10
0,3	2,5	6,0	0,42	0,68	149,73	0,10
0,3	3,0	4,0	0,75	0,79	158,53	0,14
0,3	3,0	5,0	0,60	0,74	154,30	0,13
0,3	3,0	6,0	0,50	0,71	151,49	0,12
0,3	3,0	4,0	0,75	0,79	158,53	0,14
0,3	3,0	5,0	0,60	0,74	154,30	0,13
0,3	3,0	6,0	0,50	0,71	151,49	0,12
0,3	3,5	4,0	0,88	0,83	161,56	0,18
0,3	3,5	5,0	0,70	0,78	156,67	0,16
0,3	3,5	6,0	0,58	0,74	153,41	0,15

Tabla 8. Asentamientos inmediatos.

B (m)	L (m)	Mejoramiento (m)	Z(m)=2B-R	σ neto (ton/m^2)	σ efectivo mitad (Ton/m2)	σ efectivo mitad + $\Delta\sigma$	Consolidación ΔHc (cm)	Inmediatos ΔH (cm)	Asentamientos Totales (cm)	Modulo de la Balasto (ton/m^3)
1,00	4,00	0,30	1,70	10,23	3,18	7,24	1,15	0,02	1,17	870,73
1,00	5,00	0,30	1,70	10,29	3,18	7,42	1,19	0,02	1,21	850,76
1,00	6,00	0,30	1,70	10,33	3,18	7,56	1,21	0,02	1,23	837,16
1,50	4,00	0,30	2,70	13,25	3,59	8,70	1,96	0,05	2,01	658,16
1,50	5,00	0,30	2,70	13,46	3,59	9,03	2,05	0,05	2,10	642,20
1,50	6,00	0,30	2,70	13,59	3,59	9,28	2,11	0,05	2,15	631,12
2,00	4,00	0,30	3,70	15,62	4,01	9,81	2,72	0,08	2,81	556,69
2,00	5,00	0,30	3,70	15,32	4,01	10,01	2,79	0,08	2,86	535,00
2,00	6,00	0,30	3,70	15,12	4,01	10,17	2,83	0,07	2,91	520,01
2,50	4,00	0,30	4,70	15,87	4,42	10,10	3,19	0,11	3,30	480,68
2,50	5,00	0,30	4,70	15,51	4,42	10,31	3,27	0,10	3,37	459,80
2,50	6,00	0,30	4,70	15,26	4,42	10,47	3,33	0,10	3,43	445,25
3,00	4,00	0,30	5,70	16,16	4,84	10,41	3,59	0,14	3,74	432,57
3,00	5,00	0,30	5,70	15,73	4,84	10,62	3,68	0,13	3,82	412,27
3,00	6,00	0,30	5,70	15,44	4,84	10,79	3,76	0,12	3,88	397,99
3,50	4,00	0,30	6,70	16,47	5,25	10,74	3,94	0,14	4,09	403,05
3,50	5,00	0,30	6,70	15,97	5,25	10,95	4,04	0,13	4,18	382,52
3,50	6,00	0,30	6,70	15,64	5,25	11,11	4,13	0,12	4,25	368,02

Tabla 9. Asentamientos totales

Los asentamientos presentados en las Tabla 8 y 9 cumplen con lo establecido en la NSR-10, donde se enmarcan que los asentamientos totales deben ser menores a 15 cm.

7 CALCULO ESTADO LÍMITE DEL TERRENO

A continuación, se presenta el cálculo de los estados límites del suelo según CCP-14:

7.1 Estados Limite Alternativa 1

Se presenta la alternativa 1 de cimentación a 2.85 metros de profundidad teniendo la condición del sostenimiento de entrada y salida de un tubo de 1.95 metros de diámetro y un relleno sobre el nivel del tubo de 0.90 metros con material de afirmado compactado como mínimo al 95% con respecto al Proctor modificado.

MURO CIMENTACION SUPERFICIAL CCP-14

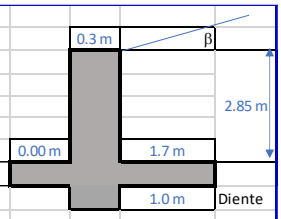
Descripcion		MURO		RELLENO	
Ancho cimentacion	B (m)	2.00 m		β	0.0 °
Longitud del modulo	L (m)	3.00 m		Sobrecarga (KN/m2)	13
ancho del muro	w (m)	0.30 m		c (KN/m2)	11.8
pata izquierda	LS (m)	0.00 m		ϕcs	30
talón	RS (m)	1.70 m		δ (friccion muo-suelo)	20
altura vastago	H (m)	2.85 m		γt (KN/m3)	18
profundidad cimentacion	Df (m)	3.15 m		γω (KN/m3)	10
espesor cimentacion	t (m)	0.30 m		**CIMENTACION**	
long. Llave corte	k (m)	1.00 m		c (KN/m2)	16.7
	α (grados)	0.00 m		ϕ	31
Peso concreto	γc (KN/m3)	23.0 KN/m3		δb	20.667
altura muro	Ho (m)	3.3 m		γs (KN/m3)	17

Tabla 10,5,5,2,2-1 CCP-14

CAPACIDAD DE CARGA		DESLIZAMIENTO	
φb		**φτ**	
Método teorico en arcillas	0.5	Prefabricado sobre arena	0.9
Método teorico en arenas CPT	0.5	**Fundida en sitio en arena**	**0.8**
Método teorico en arena SPT	**0.45**	Fundido en sitio en arcilla	0.85
Método semi-empiricos	0.45	Suelo-Suelo	0.9
Cimentacion en roca	0.45	**φτ**	
Prueba de Carga con placa	0.55	**Resistecnia pasiva desliz**	**0.45**

Valores adoptados				
Método teorico en arena SPT		**φb**	0.45	jb
Fundida en sitio en arena		**φτ**	0.8	jt
Resistecnia pasiva desliz		**φep**	0.58	j ep

Formulacion
EH= 0,5*γt*Ho^2 * Ka
FC(cc)= factores de carga para capacidad de carga
FC(d&e)= factores de carga deslizamiento y excentricidad



CONDICION ACTIVA					PV= w*H		Peso Vastago
Ka Columb	0.30	Valor afectado por el empuje con angulo β			PZ=B*t		Peso de la zarpa
Empuje Horizontal (KN)+sobrecarga	35.93	Valor afectado por el empuje con angulo β			DC= PV+PZ		Peso muro
					Ev=Rs*H*γt+0,5*Rs*Seno(β)*Rs*L*γs		
Peso Vastago (kN/m) PV	19.665				Ehv=Empuje horizontal * Seno (δ)		
Peso Zarpa (kN/m) PZ	13.8						
		FC(cc)	Brazo (m)	FC(d&e)	Fuerza (	Momento	
Peso Total muro DC (KN/m)	14.9	1.25	1.5	0.9	13.403	22.3	
EV (KN/m)	87.2	1.35	1.15	1	87.21	100.3	
EHv (KN) + sobrecarga	12.3	1.5	2.0 m	1.5	18.433	24.6	
Empuje agua (KN) WAv	48.5	1	1.15	1	48.45	55.7	
S		203.23	Sumatoria S (+)		167.5	202.9	
Empuje agua (KN) Wah	40.6125	1	0.95	1	40.613	38.6	
EHh (KN)	33.763	1.5	1.10	1.5	50.644	55.7	
			Sumatoria S (-)		91.257	94.3	
					Smo=	108.6	

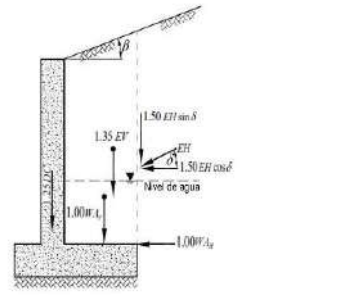


Figura C11.5.6-1 — Aplicación típica de los factores de carga para determinar la capacidad de carga.

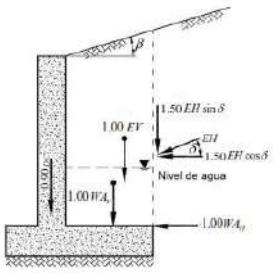


Figura C11.5.6-2 — Aplicación típica de los factores de carga para determinar la resistencia al deslizamiento y la excentricidad

CHEQUEO DE ESTABILIDAD	ESTATICO				CONDICION PASIVA		
R (resistencia)	0.5 m	B/4			K p	1.56	(tomado de hoja calculo)
Q (carga)	0.4 m	ABS(B/2 - Smo/S(+))			R (dentellon)	39.0504	
Excentricidad	Cumple	Q< R - oK					
R (resistencia)	133.4 KN	R=S(+)*Tan(φc)+0,6*C*(B-2Q)*jt					
Q (carga)	91.3 KN	S(-)					
Deslizamiento	Cumple	Q< R - oK					
R (resistencia)	1584.3 KN/m2	Calcula en hoja Capacidad Portante					
Q (carga)	69.6 KN/m2	Q = (S/(B*L)* (1+ (6*Q exc/B)					
Portante	Cumple	Q< R - oK					
R (resistencia)	202.9 KN.m						
Q (carga)	94.3 KN.m						
Volcamiento	Cumple	Q< R - oK					
CAPACIDAD PORTANTE							
Estado limite de servicio ELS ((KN/m2)		352.07					
Estado limite de resistencia ELR (KN/m2)		158.43					
Estado limite de evento extremo ELEE (KN/m2)		352.07					

8 MEJORAMIENTO PARA ZONAS DE CIRCULACIÓN

Para determinar el valor de CBR se toma en cuenta la relación $N_{(spt)}$ y el índice C.B.R.

La ecuación obtenida, considerando la relación entre el índice C.B.R. y el valor de N es:

$$Ind.C.B.R. = 0.0739N_{spt} + 2.386$$

La ecuación es obtenida de correlación entre propiedades geotécnicas de materiales y edad triásicas en las cordilleras Béticas del Ingeniero Hernández del Pozo.
Teniendo un N_{spt} en promedio de la parte superficial es de 38 por lo tanto se tiene un valor de

$$Ind.C.B.R. = 0.0739\ (38) + 2.386$$

$$Ind.C.B.R. = \mathbf{5.19}$$

Por lo tanto, se propone un mejoramiento de la subrasante para las estructuras de paso peatonal con la metodología de IVANOV

CBRsub (%)	CBR MATERIAL MEJORAMIENTO	Einf	Esup	n	n^3,5	h1 (cm)	Eequiv	CBR
5,19	15,0	422	900	1,35	2,89	**25,00**	647,71	**9,47**

Con un mejoramiento de 25 centímetros se obtiene un mejoramiento de subrasante de C.B.R>7.0%

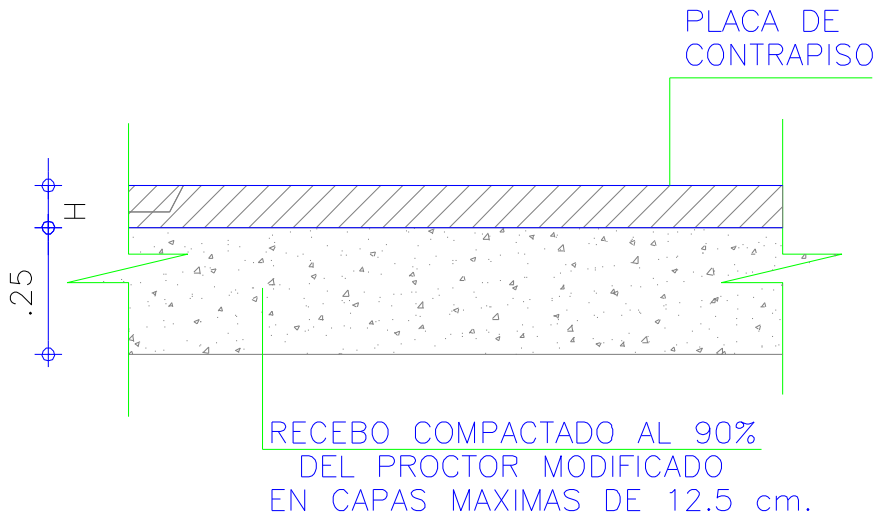


Figura 19. Detalle mejoramiento para zonas de circulación.

EL AFIRMADO: Los materiales de afirmado granular deben ser pétreos o granulares y de características uniformes, libres de terrones de arcilla, materia orgánica u otros elementos objetables.

Los materiales deben cumplir con Las granulometrías especificadas en las normas del INVIAS art 311–13.

El material que pasa por el tamiz No. 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor de 9%. El material de afirmado se colocará y extenderá en capas de 10 a 15 cm. de espesor, medido después de la compactación.

Se densificará a un mínimo del 95% de la densidad máxima, determinada en el ensayo proctor modificado. El material no deberá presentar una pérdida en el ensayo de solidez, en sulfato de sodio, mayor del 1 2%. El desgaste en la máquina de Los Ángeles del material deberá ser como máximo del 50%.

La resistencia medida con el ensayo CBR debe ser mayor de 15%.

9 SISTEMA GEOTECNICO CONSTRUCTIVO

9.1 ANTES DE LA CONSTRUCCION

Se encuentran materiales finos inicialmente principalmente limo plástico y material grueso de bloques de roca de color gris, estado solido, expansividad baja, plasticidad media, LP= NLP a 33%, LL= NLL a 56%, IP= NIP a 24%, consistencia muy firme dura a mayor profundidad. Presenta porcentajes de arenas variable de 1 a 8%. Se encontro el mismo material hasta los 2.50 metros explorados.

Antes de empezar todo trabajo de excavación, se deberá eliminar todo árbol, piedra suelta u obstáculo que pueda originar posibles riesgos durante el desarrollo del trabajo.

En caso de presentarse algún hundimiento, descenso o asiento, o grietas antes de comenzar los trabajos de excavación, se tomarán las elevaciones del sitio y fotografías, evidencia que será fechada por el Ingeniero de la obra, o topógrafo y el Fotógrafo.

9.2 DURANTE LA CONSTRUCCION

Debido a la condición geotecnia evaluada, la cual corresponde al empleo de parámetros drenados, a causa de la no saturación del suelo de fundación y la cual se espera no se dé a lo largo del tiempo debido a las bajas lluvias en el sector, se hace necesario que el subsuelo guarde las características in situ que se presentaron al momento de la perforación. Por la razón se hace necesario tapar con plástico las excavaciones realizadas para las zapatas con el fin de evitar que se deposite agua en estas, evitando así el uso de sistemas de bombeo y reblandecimiento del suelo de fundación.

Control de flujo de agua

- El proyecto deberá contar con un sistema de disposición y evacuación de aguas eficiente, que evite al máximo la infiltración del agua lluvia al terreno natural y la erosión del mismo.

- Se deberá fijar adecuadamente los niveles de desagüe, accesos, acequias y otros.

- Se deberá cubrir perimetralmente las construcciones con andenes de mínimo 1.0 metros de ancho, las juntas deberán estar bien selladas e impermeabilizadas, para evitar la infiltración de aguas lluvias al lote en estudio. Los andenes y demás deben tener una pendiente tal que las aguas de escorrentía se encausen a zonas que no afecten el terreno.
- Separar la vegetación de la construcción al menos unos 2 metros. Evitar el empleo de especies que sean ávidas de agua, como eucaliptos y similares.

De las excavaciones

Cuando las excavaciones presentan riesgos de caídas de las personas, sus bordes deberán ser suficientemente resguardados por medio de vallas. Durante la noche el área de riesgo potencial deberá quedar señalada por medios luminosos.

Al abrir una zanja o un hoyo cualquiera, la operación deberá realizarse siempre en forma metódica, de arriba hacia abajo; los lados deberán estar debidamente inclinados de acuerdo a la calidad de la tierra excavada. Los trabajadores encargados del transporte de los escombros deberán disponer de pasajes seguros.
Los escombros no deberán amontonarse en las proximidades de las zanjas, sino que estarán depositados lo suficientemente lejos de ellas, para no correr riesgos de que vuelvan a caer en el interior, a una distancia no menor de 60 centímetros.

Los trabajadores que laboren con pica y pala dentro de las zanjas, deberán estar separados por una distancia no menor de 2 metros.

Las excavaciones deberán inspeccionarse con frecuencia, especialmente después de las lluvias, pues se pueden producir deslizamientos del terreno o derrumbes, en cuyo caso deberá proveerse protección adicional inmediata.

Todas las excavaciones y los equipos de excavar deberán estar bien protegidos por vallas, de tal manera que el público y especialmente los niños, no se puedan lesionar si las vallas no ofrecen suficiente protección, es necesario utilizar los servicios de un celador. No se permitirá a los visitantes entrar a los

sitios de trabajo, a no ser que vengan acompañados por un guía o superintendente, y provistos de los elementos de protección.

9.3 DESPUES DE LA CONSTRUCCION

Se espera que en el escenario después de la construcción, las estructuras no superen los asentamientos máximos aquí propuestos ni las presiones de expansión y capacidad portante determinadas, debido a cambios en las estructuras de drenaje o a la inducción de presiones adicionales que puedan modificar el comportamiento de los materiales, con lo cual se garantiza que la estructura será funcional y segura de acuerdo a los lineamientos de la norma sismo resistente vigente.

Ante cualquier eventualidad o evidencia de ocurrencia de algún fenómeno geotécnico será necesaria la realización de instrumentación y monitoreo de la posible variación de propiedades esfuerzo–deformación de los suelos de apoyo.

9.4 PARÁMETROS DE DISEÑO MUROS DE CONTENCION

Para el cálculo de las presiones de tierra, se recomiendan los siguientes parámetros de diseño:

Parámetro	Muro en relleno (Material de préstamo)	Muro en corte (Suelo natural)
Ángulo de fricción interna	30°	31°
Coeficiente de presión de tierras (Ko)	0.50	0.48
Coeficiente de presión de tierras (Ka)	0.33	0.32
Coeficiente de fricción suelo – muro	0.35	0.36

Tabla 10. Parámetros de diseño de muros de contención

10 PROTECCIÓN DE EDIFICACIONES VECINAS

Se presentan edificaciones vecinas según la implantación del proyecto por lo tanto hay incidencia por la construcción de la edificación nueva a construir. Por lo tanto, es necesario realizar las excavaciones con equipo manual o mecánico de tal forma que no se afecte la estructura de las construcciones ya construidas, adicionalmente se debe realizar un adecuado manejo de aguas de tal forma que se evacue hacia el sistema pluvial y no llegue a infiltrarse en la excavación. En la parte posterior y lateral donde se excave es necesario construir una pantalla de concreto para mitigar el empuje del terreno expuesto.

11 RECOMENDACIONES GENERALES

- Las características de los suelos encontrados en el sitio de estudio permiten establecer una serie de comentarios finales y recomendaciones que se deben tener en cuenta en los procesos de diseño y construcción de las fundaciones que se pretendan realizar.

- De acuerdo a la geología del sector la zona de estudio reposa sobre la formación Areniscas de las Juntas, se presentan en la base areniscas con algunas intercalaciones de lutitas; en la parte media lutitas y limolitas y en la parte superior areniscas con intercalación de lutitas y limolitas.

- El sistema de cimentación recomendado para la construcción de las obras del Box Culvert corresponde con una excavación de 0.30 metros y posteriormente la instalación de una capa de 0.30 metros de material de pedraplén bajo toda la tubería de 1.95 metros de diámetro y en la zona del placa de piso de las aletas de acceso y salida una excavación de 0.60 metros y un relleno con pedraplén y posteriormente la construcción de la placa de piso . (ver figura 15, 16 y 17).

- Es necesario la construcción de un diente de 1.00 metros de profundidad a la entrada y salida de la placa del Box Culvert para evitar la socavación del terreno de fundación bajo le placa de piso del box culvert.

- Se evalúa la capacidad portante para varias dimensiones de placa de piso rectangulares variando de 1.0 a 3.5 metros, ver Tabla 7, donde los valores varían de 10 a 20.5 Ton/m^2. Se estiman los asentamientos totales con la carga admisible obtenida del FS=3.

- Se realizo el calculo de los estados limites tanto de servicio, resistencia y evento extremo cumpliendo con el CCP-14

- No se incluyen ensayos REMI, el análisis del tipo de perfil del suelo se realiza en base al N (SPT) y a la resistencia al corte no drenada.

- Debido a que no se proyectan excavaciones mayores a 3.0 metros de profundidad no se presenta Plan de Contingencia para el presente proyecto, según lo enmarcado en la NSR-10.

- Las zonas de circulación internas y externas de la edificación deben contar con 0.25 metros de material seleccionado tipo afirmado compactado como mínimo al 95% con respecto al proctor modificado.

- El tipo de excavación deberá ejecutarse con un talud cuyas proporciones estén en 0.25H:1V debido a la cohesión del suelo y los materiales granulares del sitio y así evitar daños y derrumbes del material, sin embargo se debe entibar y apuntalar todo tipo de excavación que se haga con el fin de evitar daños colaterales.

- En caso de ocurrencia de lluvias durante la excavación se debe tapar con plástico las mismas con el fin de evitar que se deposite agua en las excavaciones, evitando así el uso de sistemas de bombeo y reblandecimiento del suelo de fundación.

- El material de relleno utilizado en el proyecto debe ser compactado en capas máximo de 0.125 metros o menor según el equipo de compactación que se utilice.

- No se deberá utilizar el uso de sistemas de excavación que pudieran dañar excesivamente el terreno adyacente. Durante la ejecución de los trabajos se tomaran, en todos los casos, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno excavado.

- Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.



ING. JIMMY VERGARA SILVA
M.P 15202 – 130100 BYC
ING. CIVIL. ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

12 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 01

CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO – CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00–1,00) Estrato compuesto por limo plástico de color gris. Material de consistencia dura con potencial de expanción alta y contenido de humedad alto	0,0						MH A-7-5
	0,2						
	0,4						
	0,6	43,41	56,69	31,86	24,83	98,71	
	0,8						
	1,0	31,28					
(1,00–2,50) Estrato compuesto por grava limosa de color gris. Material de consistencia dura con potencial de expanción alta y contenido de humedad moderado	1,2						GM A-1-b
	1,4						
	1,6	16,28					
	1,8						
	2,0	21,09	NLL	NLP	NIP	15,67	
	2,2						
	2,4						
	2,6	19,72					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 02

CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO – CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00–0,80) Estrato compuesto por limo plástico de color gris. Material de consistencia dura con potencial de expanción alta y contenido de humedad alto	0,0						MH A-7-5
	0,2						
	0,4						
	0,6	39,56	56,70	33,70	23,00	98,91	
	0,8						
(0,80–2,50) Estrato compuesto por grava limosa de color gris. Material de consistencia dura con potencial de expanción alta y contenido de humedad moderado	1,0	23,54					GM A-1-b
	1,2						
	1,4						
	1,6	18,51					
	1,8		NLL	NLP	NIP	18,02	
	2,0	17,07					
	2,2						
	2,4						
	2,6	15,61					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

13 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7260640
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

Página 1 de 11	ENSAYO
NORMA NTC – 1495	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**11/10/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

SONDEO **1**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	M	4,83	81,11	58,02	43,41
0,50-1,00	10	5,30	85,26	66,21	31,28
1,00-1,50	2	5,16	90,33	78,41	16,28
1,50-2,00	3	4,88	67,19	56,34	21,09
2,00-2,50	15	5,00	50,55	43,05	19,72

SONDEO **2**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	A	4,97	80,40	59,02	39,56
0,50-1,00	26	5,55	59,74	49,41	23,54
1,00-1,50	35	5,30	62,33	53,42	18,51
1,50-2,00	30	4,81	68,99	59,63	17,07
2,00-2,50	22	5,16	90,25	78,76	15,61

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 2 de 11	ENSAYO
NORMA NTC – 77	MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**11/10/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

SONDEO **1**

	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,00-1,00	9	47,12	247,12	49,71	98,71
1,00-2,50	30	50,26	300,26	261,09	15,67

SONDEO **2**

	ANTES DE LAVADO			DESPUÉS DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,00-0,80	N10	45,12	217,27	46,99	98,91
0,80-2,50	21	53,26	325,16	276,16	18,02

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

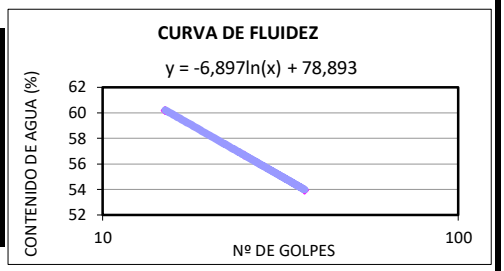
Página 3 de 11	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	SONDEO	**1**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,00-1,00**
FECHA:	**11/10/2023**	MUESTRA	**2**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por limo plástico de color gris.

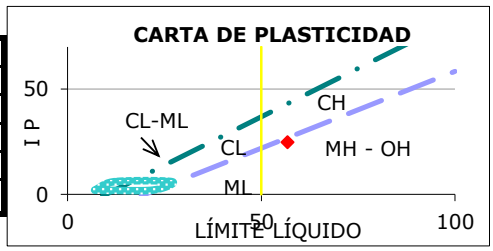
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	37	25	15
RECIPIENTE Nº	73	23	20
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	32,83	32,00	31,90
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	26,25	24,73	24,38
PESO RECIPIENTE (g)	14,06	11,91	11,89
CONTENIDO DE AGUA (%)	53,98	56,71	60,21



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	2	16
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,36	13,42
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,55	11,83
PESO RECIPIENTE (g)	7,06	6,66
CONTENIDO DE AGUA (%)	32,97	30,75



LÍMITE LÍQUIDO:	***56,69***	% PASA 200	***98,71***
LÍMITE PLÁSTICO:	***31,86***	% ARENAS	***1,30***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***24,83***	% GRAVAS	***0,00***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***0,22***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
MH Limo Plástico	***A-7-5 (30)*** Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO **30**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

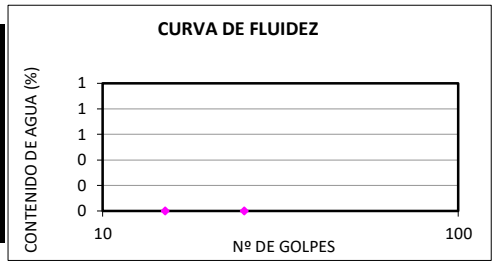
Página 4 de 11	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	SONDEO	**1**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**1,00-2,50**
FECHA:	**11/10/2023**	MUESTRA	**5**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava limosa de color gris.

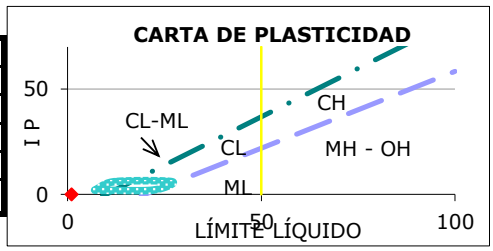
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	0	25	15
RECIPIENTE Nº	0	23	20
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	0,00	32,00	31,90
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	0,00	24,73	24,38
PESO RECIPIENTE (g)	0,00	11,91	11,89
CONTENIDO DE AGUA (%)	NLL	NLL	NLL



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	0	0
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	0,00	0,00
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	0,00	0,00
PESO RECIPIENTE (g)	0,00	0,00
CONTENIDO DE AGUA (%)	NLP	NLP



LÍMITE LÍQUIDO:	***NLL***	% PASA 200	***15,67***
LÍMITE PLÁSTICO:	***NLP***	% ARENAS	***4,33***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***NIP***	% GRAVAS	***80,00***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***NIL***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
GM Grava Limosa	***A-1-b (0)***
	Fragmento de Roca
	Grava y Arena
	ÍNDICE DE GRUPO **0**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

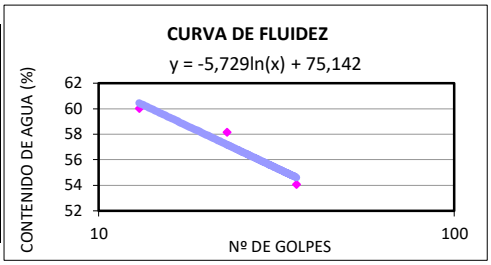
Página 5 de 11	ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS
NORMA NTC – 4630	

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	SONDEO	**2**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,00-0,80**
FECHA:	**11/10/2023**	MUESTRA	**1**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por limo plástico de color gris

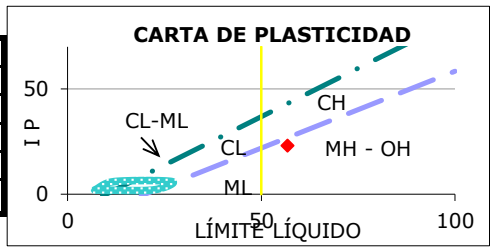
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	36	23	13
RECIPIENTE Nº	13	16	9
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	32,77	30,46	30,26
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	25,52	23,65	23,34
PESO RECIPIENTE (g)	12,11	11,94	11,81
CONTENIDO DE AGUA (%)	54,06	58,16	60,02



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	111	63
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13,42	11,97
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	11,63	10,60
PESO RECIPIENTE (g)	6,35	6,51
CONTENIDO DE AGUA (%)	33,90	33,50



LÍMITE LÍQUIDO:	***56,70***	% PASA 200	***98,91***
LÍMITE PLÁSTICO:	***33,70***	% ARENAS	***1,09***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***23,00***	% GRAVAS	***0,00***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***0,25***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
MH Limo Plástico	***A-7-5 (29)*** Principalmente Suelos Arcillosos
	ÍNDICE DE GRUPO ***29***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

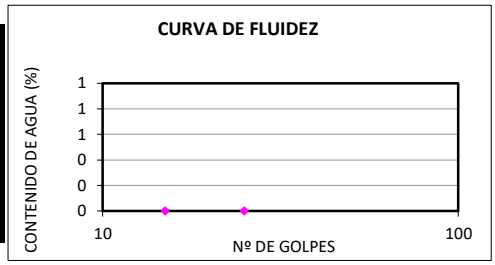
Página 6 de 11	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	SONDEO	**2**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,80-2,50**
FECHA:	**11/10/2023**	MUESTRA	**5**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava limosa de color gris.

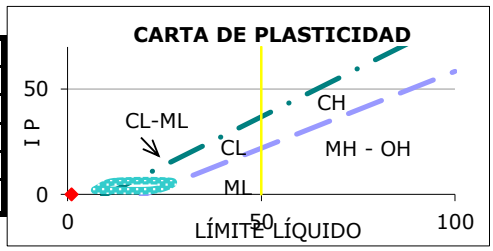
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	0	25	15
RECIPIENTE Nº	0	23	20
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	0,00	32,00	31,90
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	0,00	24,73	24,38
PESO RECIPIENTE (g)	0,00	11,91	11,89
CONTENIDO DE AGUA (%)	NLL	NLL	NLL



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	0	0
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	0,00	0,00
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	0,00	0,00
PESO RECIPIENTE (g)	0,00	0,00
CONTENIDO DE AGUA (%)	NLP	NLP



LÍMITE LÍQUIDO:	***NLL***	% PASA 200	***18,02***
LÍMITE PLÁSTICO:	***NLP***	% ARENAS	***8,42***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***NIP***	% GRAVAS	***73,56***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***NIL***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
GM Grava Limosa	***A-1-b (0)***
	Fragmento de Roca
	Grava y Arena
	ÍNDICE DE GRUPO **0**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 7 de 11	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**11/10/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 1 Prof. 0,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	0,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	21
N2	21
N3	21

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	0,90
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	42
N 50	19
N corregido	16

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,8
Hatanaka f (º):	34,9
Uchida f (º):	40,9
Promedio f (º):	35,9
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	213,6
Cu Stroud (KN/m²):	184,8
Cu Promedio (kg/cm²):	2,0
Cu Promedio (KN/m²):	199,2

Sondeo 1 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	24
N2	25
N3	26

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	51
N 50	23
N corregido	19

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,7
Hatanaka f (º):	36,7
Uchida f (º):	42,7
Promedio f (º):	37,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	245,2
Cu Stroud (KN/m²):	224,4
Cu Promedio (kg/cm²):	2,35
Cu Promedio (KN/m²):	234,8

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 8 de 11	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**11/10/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 1 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	27
N2	28
N3	30

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	58
N 50	28
N corregido	24

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	33,9
Hatanaka f (º):	38,7
Uchida f (º):	44,7
Promedio f (º):	39,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	282,5
Cu Stroud (KN/m²):	255,2
Cu Promedio (kg/cm²):	2,7
Cu Promedio (KN/m²):	268,8

Sondeo 1 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	27
N2	29
N3	42

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	71
N 50	35
N corregido	30

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	35,5
Hatanaka f (º):	41,3
Uchida f (º):	47,3
Promedio f (º):	41,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	331,7
Cu Stroud (KN/m²):	312,4
Cu Promedio (kg/cm²):	3,22
Cu Promedio (KN/m²):	322,0

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 9 de 11	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**11/10/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 0,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	0,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	15
N2	18
N3	20

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	0,90
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	38
N 50	17
N corregido	14

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,3
Hatanaka f (º):	33,9
Uchida f (º):	39,9
Promedio f (º):	35,0
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	197,2
Cu Stroud (KN/m²):	167,2
Cu Promedio (kg/cm²):	1,8
Cu Promedio (KN/m²):	182,2

Sondeo 2 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	21
N2	22
N3	24

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	46
N 50	20
N corregido	17

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,0
Hatanaka f (º):	35,4
Uchida f (º):	41,4
Promedio f (º):	36,2
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	221,7
Cu Stroud (KN/m²):	202,4
Cu Promedio (kg/cm²):	2,12
Cu Promedio (KN/m²):	212,0

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 10 de 11	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**11/10/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	22
N2	25
N3	27

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	52
N 50	25
N corregido	21

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	33,2
Hatanaka f (º):	37,5
Uchida f (º):	43,5
Promedio f (º):	38,1
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	260,3
Cu Stroud (KN/m²):	228,8
Cu Promedio (kg/cm²):	2,4
Cu Promedio (KN/m²):	244,6

Sondeo 2 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	28
N2	28
N3	40

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	68
N 50	33
N corregido	28

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	35,0
Hatanaka f (º):	40,6
Uchida f (º):	46,6
Promedio f (º):	40,7
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	317,9
Cu Stroud (KN/m²):	299,2
Cu Promedio (kg/cm²):	3,09
Cu Promedio (KN/m²):	308,6

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 11 de 11	ENSAYO DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO Y FINO
NORMA INV E – 222 –13 INV E – 223 –13	

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA EL PASO DE AGUA EN EL KM 4.2, VÍA SAN EDUARDO - CRUCE RUTA 6009 DEL MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**		
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	FECHA ENSAYO:	**11/10/2023**
PROCEDENCIA:	**SAN EDUARDO - BOYACÁ**		

DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADO GREUESO S1

No. PLATÓN	5
PESO DEL PLATÓN (g)	198,6
PESO DEL PLATÓN +MUESTRA SSS (g)	2536,2
PESO DEL LASTRE + CANASTILLA (g)	1532,6
PESO LASTRE + CANASTILLA+ MUESTRA (g)	2948,5
PESO DEL PLATÓN + MUESTRA SECA (g)	2478,1

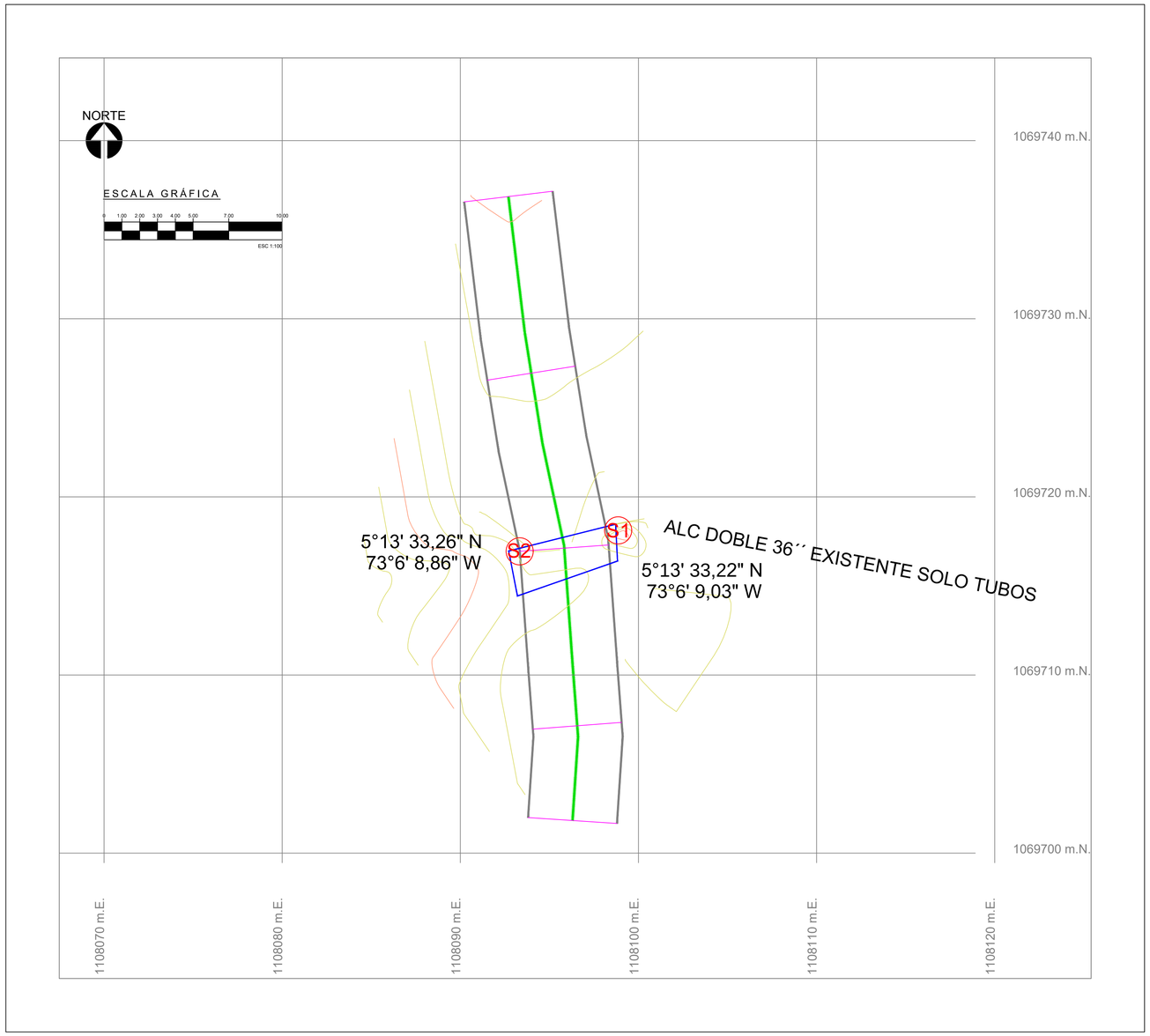
Peso Específico aparente (g/cm^3)	***2,473***
Peso Específico SSS (g/cm^3)	***2,54***
Peso Específico Nominal (g/cm^3)	***2,64***
% de Absorción	***2,55***

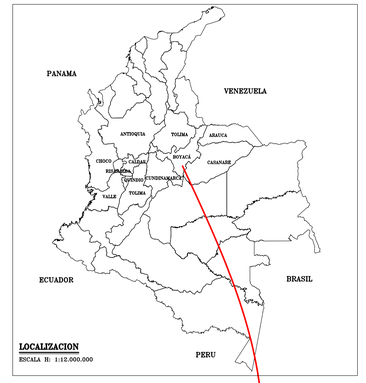
DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADO GREUESO S2

No. PLATÓN	5
PESO DEL PLATÓN (g)	198,6
PESO DEL PLATÓN +MUESTRA SSS (g)	1963,5
PESO DEL LASTRE + CANASTILLA (g)	1532,6
PESO LASTRE + CANASTILLA+ MUESTRA (g)	2589,7
PESO DEL PLATÓN + MUESTRA SECA (g)	1912,1

Peso Específico aparente (g/cm^3)	***2,421***
Peso Específico SSS (g/cm^3)	***2,49***
Peso Específico Nominal (g/cm^3)	***2,61***
% de Absorción	***3,00***

ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC











GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONTIENE:

SONDEOS GEORREFERENCIADOS TRAMO-MUNICIPIO DE SAN EDUARDO

ELABORÓ:

JIMMY VERGARA SILVA
M.P. 15202130100 BYC

REVISÓ:

NYS CONSTRUCOL SAS
R/L SONIA MALENA MARIN SOTELO

APROBO:

CONSORCIO INTEREMERGENCIAS NORTE
R/L Ing. NANCY YASMIN QUIROGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

CARRETEABLE
ESTACION P.K.
CURVA DE NIVEL
SONDEO (S)

DIGITÓ:

CAHC INGENIERIA

ESCALA :

INDICADA

FECHA :

Septiembre de 2023

ARCHIVO DIGITAL :

GEOREFENCIACION_SAN EDUARDO.DWG

PLANO Nº DG 1 DE 1

NIT: 901.306.834-9

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Tunja, septiembre 21 de 2023

Señores:
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
Departamento de Boyacá

Yo, **JIMMY VERGARA SILVA**, Ingeniero Civil, Especialista en Geotecnia Vial y de pavimentos con Matrícula Profesional N.º **15202–130100 BYC**, debidamente registrado del consejo profesional nacional de Ingeniería, presento el estudio Geotécnico elaborado a continuación cumpliendo con los requerimientos de la **NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE 2010**, para el contrato cuyo objeto es: **"CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA "**, Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que causa de ellos puedan deducirse, exonerando a la Gobernación de Boyacá de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Gobernación de Boyacá no constituye una aprobación al estudio geotécnico, sino una verificación del cumplimiento de las **NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE 2010,** vigentes

Atentamente,

JIMMY VERGARA SILVA
ING ESPECIALISTA EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS
M.P. 15202130100 BYC

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

15202130100BYC

INGENIERO CIVIL

DE FECHA **20/04/2006**

JIMMY

VERGARA SILVA

C.C. 74321878

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2022-1667192

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JIMMY VERGARA SILVA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 74321878, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 15202-130100 desde el 20 de Abril de 2006, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 161.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los cinco (05) días del mes de Noviembre del año dos mil veintidos (2022).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

República de Colombia

LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Autorizada por el Ministerio de Educación Nacional
Teniendo en cuenta que

Jimmy Vergara Silva

C.C. N°. 74.321.878 de Socha

Aprobó los estudios programados y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias, le confiere el Título de

Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos

En constancia se firma y sella en Tunja
a los 19 días del mes de octubre de 2018

El Rector General

El Rector Seccional

El Decano de Facultad

El Secretario Seccional

Registro interno No. 835.330.19-10-2018

Folio 20 Libro 18

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A

ACTA DE GRADO 330.122

En la ciudad de Tunja, República de Colombia el día 19 de Octubre de 2018, la Universidad Santo Tomás en nombre de la República de Colombia y con autorización del Ministerio de Educación Nacional según Decreto Ejecutivo No. 1772 del 11 de julio de 1966, bajo la Presidencia del Padre JORGE FERDINANDO RODRIGUEZ RUIZ O.P., Rector Seccional y actuando como Secretario el Abogado HERMAN JOSE ARANDA CAMACHO, celebró sesión solemne y pública con el objeto de otorgar el título a los estudiantes aspirantes al grado.

Comprobado el cumplimiento de todos los requisitos legales y los establecidos en el Reglamento General de la Universidad, confirió el Título de:

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS
Código SNIES: 20809

A: JIMMY VERGARA SILVA
C.C. 74.321.878 de Socha

El graduando emitió el Juramento de rigor por el que se comprometió a ejercer la profesión con responsabilidad y honradez, de conformidad con la Constitución, las leyes de la República de Colombia, poner todo empeño en el desarrollo del País y de sus instituciones, brindar generoso apoyo a los programas de justicia social y dignificación de la persona humana y llevar siempre en alto el nombre y los principios de la Universidad Santo Tomás. Seguidamente el presidente de la ceremonia de graduación procedió a la entrega del Diploma que lo acredita para el ejercicio de su profesión de conformidad con la legislación vigente.

Para constancia se expide y firma la presente Acta, válida para todos los efectos legales correspondientes.

Fdo. Jorge Ferdinando Rodríguez Ruiz O.P. (Hay un sello)
Fdo. Herman Jose Aranda Camacho (Hay un sello)

Es fiel copia tomada del original, expedida en la ciudad de Tunja, el día 19 de octubre del año 2018.

El Secretario General Seccional,

HERMAN JOSE ARANDA CAMACHO

Vigilada Min-educación.

DISEÑO HIDRÁULICO

CT023_04

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL PROYECTO

"CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA"

MUNICIPIO SAN EDUARDO

ELABORADO POR
ING. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
M.P. 15237-437151 BYC
M.P. 15238-437150 BYC
INGENIERO SANITARIO
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADO POR
IVAN FERLEY CAÑON PÁEZ
ING ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL
M.P. 15236-098708

SEPTIEMBRE, 2023

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
1	12/09/2023	Creación del documento

Título del documento:	**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL PROYECTO** "CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA" *MUNICIPIO DE SAN EDUARDO*	
Número de revisión:	1	
Elaboró:	**Nombre:**	JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
	Cédula:	1057597804
	Matrícula profesional:	15238-437150 BYC 15237-437151 BYC
	Fecha:	12/09/ 2023
	Serie:	CT023_04

INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5
2. JUSTIFICACIÓN 5
3. NORMATIVIDAD 6
4. OBJETIVOS 6
   4.1. Objetivos generales 6
   4.2. Objetivos específicos 6
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
6. ESTUDIO HIDROLÓGICO 8
   6.1. Recopilación y análisis de información 8
   6.2. Clima 9
   6.3. Temperatura y altitud 10
   6.4. Humedad relativa 10
   6.5. Relieve 10
   6.6. Precipitación 10
   6.7. Curva IDF 12
   6.8. Evaluación hidrológica 15
      6.8.1. Características morfométricas cuenca aportante 15
      6.8.2. Análisis de precipitación máxima 23
7. ESTUDIO HIDRÁULICO 25
   7.1. Determinación de precipitación efectiva 25
      7.1.1. Coeficiente de escorrentía 26
      7.1.2. Intensidad de precipitación 27
      7.1.3. Caudal de diseño 28
   7.2. Modelación de estructura 29
      7.2.1. Sección circular 30
      7.2.2. Sección cuadrada 32
   7.3. Disipador de energía 33
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 38
9. ANEXOS 39
10. REFERENCIAS 39

INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de intervención, municipio de San Eduardo 7
Figura 2. Ubicación estación CAMP BUENAVISTA Código 35080030 9
Figura 3. Gráfico de elevaciones municipio de San Eduardo Boyacá 10
Figura 4. Diagrama de precipitaciones mínima, media, y máxima anual histórica 11
Figura 5. Precipitación Media Anual San Eduardo Boyacá 12
Figura 6. Regiones en Colombia para definición de parámetros 13
Figura 7. Curva IDF estación CAMP BUENAVISTA código 35080030 15
Figura 8. Tipo de relieve predominante en zona de intervención 27
Figura 9. Perfil hidráulico sección circular 30
Figura 10. Relación de la altura de ingreso y salida de la estructura en base al caudal 31
Figura 11. Perfil hidráulico sección cuadrada 32
Figura 12. Relación de la altura de ingreso y salida de la estructura en base al caudal 32
Figura 13. Esquema para ubicación estructura de disipación de energía 38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución del municipio de San Eduardo por extensión territorial y área de residencia 7
Tabla 2. Valores de los coeficientes calculo IDF para Colombia 13
Tabla 3. Precipitación máxima anual histórica en 24 horas estación CAMP BUENAVISTA código 35080030 13
Tabla 4. Datos curva IDF estación CAMP BUENAVISTA código 35080030 14
Tabla 5. Características de la cuenca de acuerdo con el valor de k_C 18
Tabla 6. Clasificación de cauces – patrón de alineamiento 19
Tabla 7. Cálculo de tiempo de concentración por diferentes métodos 22
Tabla 8. Análisis de precipitación máxima en diferentes periodos de retorno estación CAMP BUENAVISTA distribución GEV-Min 24
Tabla 9. Valores del coeficiente de escorrentía 26
Tabla 10. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial 28
Tabla 11. Condiciones de flujo sección circular D=1.50m en tubería PVC RIB STEEL 31
Tabla 12. Condiciones de flujo sección cuadrada 1.5m x 1.5m con único conducto 33

1. INTRODUCCIÓN

Las altas precipitaciones ocurridas en los últimos meses del año 2022 y los primeros meses del año 2023 generados por el fenómeno de la niña[1] ocasionaron diversos daños en la malla vial del departamento de Boyacá, las altas precipitaciones generaron crecientes en niveles de ríos y desprendimiento de taludes por humidificación de laderas, que afectaron la estabilidad de obras viales, puentes, alcantarillas y demás obras que facilitan el acceso a diferentes poblaciones del departamento, es por esto que la gobernación generó el contrato de obra cuyo objeto describe el título del presente documento, en el cual, se realiza la determinación de las condiciones hidrológicas e hidráulicas para la obra que se desarrollará en el municipio de San Eduardo.

El diseño hidráulico para obras de mitigación sobre la red vial afectada por la temporada de lluvias es una parte crucial del proceso de construcción. Este tipo de obras se enfocan en minimizar los impactos negativos de las lluvias en las carreteras, como inundaciones, erosión del suelo y daños a la infraestructura vial.

En este documento, se realizará la determinación de las variables hidrológicas e hidráulicas que repercuten en las condiciones de flujo de la quebrada Tobasia, donde se requiere la construcción de una estructura tipo alcantarilla – box culvert sobre la vía que comunica el municipio de San Eduardo con los municipios de Berbeo y Miraflores por medio de la ruta 60 (Transversal Puerto Boyacá – Monterrey) del departamento de Boyacá.

2. JUSTIFICACIÓN

La proyección hidráulica de una estructura de drenaje es esencial para asegurar la integridad y la funcionalidad de la infraestructura vial, así como para garantizar la seguridad de los usuarios de la carretera y la conservación del medio ambiente. Las inundaciones y el estancamiento del agua en una vía pueden provocar daños significativos en la superficie de la carretera, lo que conduce a la degradación prematura y a un aumento en los costos de mantenimiento. La construcción de una alcantarilla adecuada permitirá un drenaje eficiente de las aguas pluviales y minimizará el riesgo de daños en la carretera, así mismo, el diseño y la construcción adecuado de la alcantarilla aseguran que las aguas de la quebrada Tobasia sean manejadas de manera responsable y se evite la erosión del suelo circundante. Esto contribuye a la preservación de los recursos naturales y a la prevención de la contaminación del agua, lo que es fundamental para el cumplimiento de las regulaciones ambientales.

[1] https://n9.cl/3d7xt

3. NORMATIVIDAD

El documento se basa en la resolución 024 de 2011 por la cual se adopta el Manual de Drenaje para Carreteras como norma técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional, elaborado por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009).

4. OBJETIVOS

El presente documento engloba el estudio hidrológico e hidráulico para el proyecto cuyo objeto es la construcción de obras de mitigación sobre la red vial departamental afectada por temporada de lluvias en municipios de la provincia de Centro, Norte, Gutiérrez, Lengupá, Ricaurte, Neira departamento de Boyacá, los objetivos serán:

4.1. Objetivos generales

- Realizar el estudio hidrológico asociado a la zona de estudio.
- Realizar el estudio hidráulico a la estructura que se requerirá para el manejo de aguas superficiales en el municipio de San Eduardo.

4.2. Objetivos específicos

- Recopilar y organizar información meteorológica para determinación de condiciones climáticas de la zona de intervención.
- Desarrollar curva IDF para determinación de intensidad pluviométrica de la zona de estudio.
- Realizar la determinación de cuencas aportantes a estructuras de drenaje superficial y taludes asociados a drenajes longitudinales subsuperficiales.
- Realizar la determinación de caudales en base a las condiciones propias del terreno, topografía, tipo de suelos, áreas aportantes y condiciones climáticas propias.
- Realizar el análisis y diseño de la estructura para el manejo de aguas superficiales.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de San Eduardo se encuentra situado en la cordillera oriental. A 1700 m sobre el nivel del mar; su extensión es de 106 Km^2. Localizado en la provincia de Lengupa, su casco urbano según el marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS se ubica en las coordenadas Norte 2135199,471 Este 4991400,579. Por el norte limita con los municipios de la Zetaquira y Aquinania Por el sur limita con el

municipio de Páez Por el oriente limita con los municipios de Aquitania y Páez Por el Occidente limita con los municipios de Berbeo.

La distribución por extensión territorial y área de residencia del municipio de San Eduardo está constituida por una extensión total del 106,3054 km^2 (100%), una extensión urbana 0,2959 km^2 (0,28%) y una extensión rural de 106,0095 km^2 (99,27%).

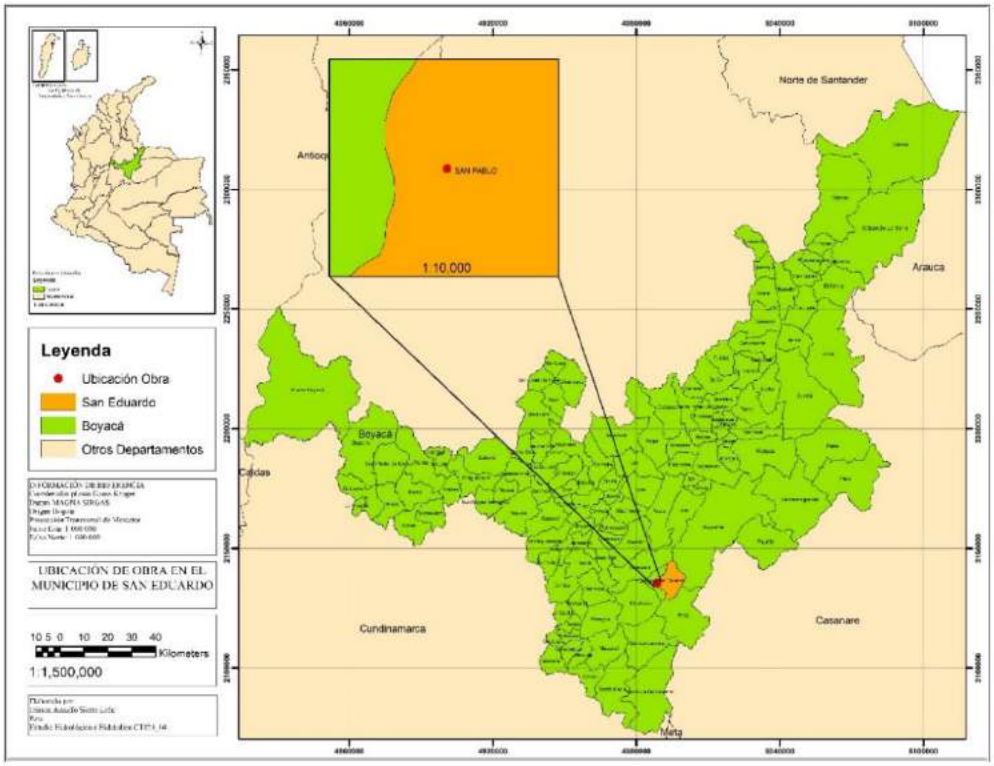
Tabla 1. Distribución del municipio de San Eduardo por extensión territorial y área de residencia

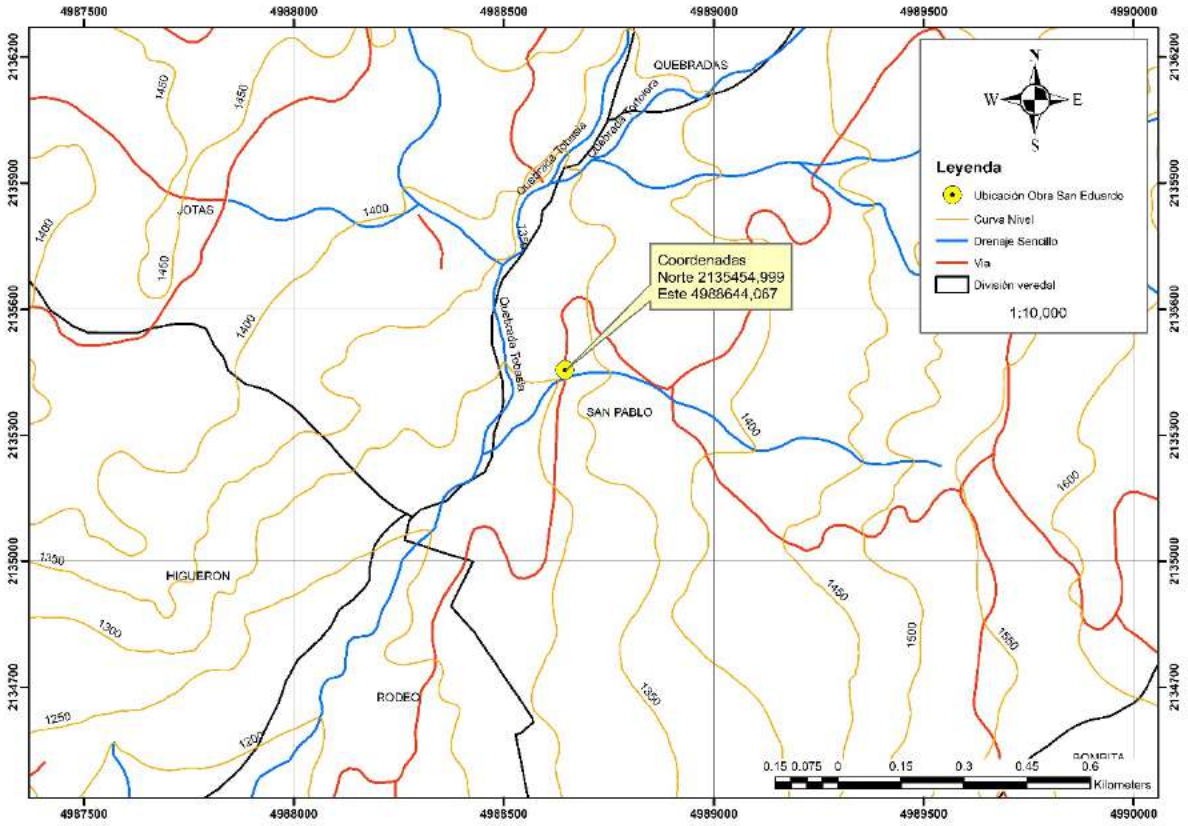
Municipio	Extensión urbana		Extensión rural		Extensión total	
	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje
San Eduardo	0.2959	0.28%	106.0095	99.72%	106.3054	100%

Fuente: Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

El desarrollo del proyecto de "CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA" en el municipio de San Eduardo, se desarrolla sobre la vía que comunica el municipio de San Eduardo con los municipios de Berbeo y Miraflores por medio de la ruta 60 (Transversal Puerto Boyacá – Monterrey) del departamento de Boyacá, la estructura servirá de paso a una aportante de la quebrada Tobasia.

Figura 1. Zona de intervención, municipio de San Eduardo





Fuente: Autor con base en datos del IGAC, 2023.

Las coordenadas geográficas con referencia MAGNA-SIRGAS del punto de intervención directa corresponden a Norte 2135454,999 Este 4988644,067.

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

6.1. Recopilación y análisis de información

La información recopilada para el desarrollo del presente estudio es tomada del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y otros entes no gubernamentales de análisis climatológico satelital.

Se realiza inicialmente una consulta de estaciones existentes en el municipio de San Eduardo con la suficiente información para sustentar la conformación de curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) fundamental para el desarrollo de los cálculos en redes para manejo de aguas lluvias, encontrando el siguiente resultado:

Estación CAMP BUENAVISTA (35080030)

- Categoría Pluviométrica tecnología convencional
- Ubicación: Norte 2130382,400 Este 4990029,869 Altitud 1.370m
- Municipio Berbeo Boyacá
- Estado: Activa
- Fecha de instalación: febrero 14, 1962
- **ACTIVA CON DATOS PLUVIOMÉTRICOS**

Estación CHAPASIA (35087060)

- Categoría Limnimetrica tecnología convencional
- Ubicación: Norte 2128172,501 Este 4990029,556 Altitud 121
- Municipio Miraflores Boyacá
- Estado: Activa
- Fecha de instalación: septiembre 15, 1981

Teniendo en cuenta que el municipio de San Eduardo no cuenta con estaciones meteorológicas y en base al análisis realizado la estación más cercana y que caracteriza adecuadamente la realidad climática de la zona de intervención es la estación CAMP BUENAVISTA.

Figura 2. Ubicación estación CAMP BUENAVISTA Código 35080030



Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

Los datos brutos de la estación CAMP BUENAVISTA se adjuntan en el anexo H-1.

6.2. Clima

Sobresalen los tres pisos térmicos: Clima medio, clima frío y clima de páramo.

6.3. Temperatura y altitud

El municipio se encuentra desde 1.200 m.s.n.m. hasta 3.400 m.s.n.m. y por lo tanto presenta variación de la temperatura.

- Clima medio: 18°C a 24°c 2.000 a 4.000 m.s.n.m.
- Clima frío: Evaporación 12°C a 24°C 2.000 a 3.000 m.s.n.m.
- Clima de páramo 6 a 12 °C 3.000 a 3.400 m.s.n.m.

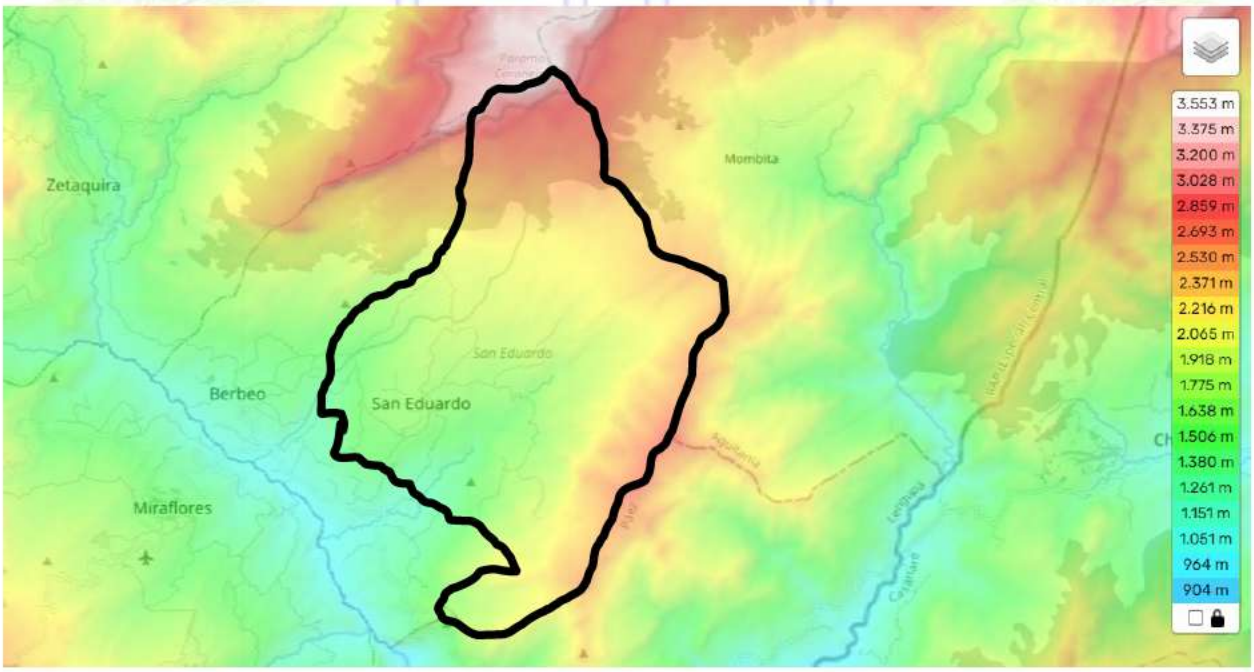
6.4. Humedad relativa

El valor medio de humedad relativa para esta zona es del 87%.

6.5. Relieve

El municipio tiene conformación de suelos de cadenas montañosas alargadas con relieve quebrado y escarpado, se formaron debido a movimientos orogénicos y de la constitución de los materiales geológicos.

Figura 3. Gráfico de elevaciones municipio de San Eduardo Boyacá

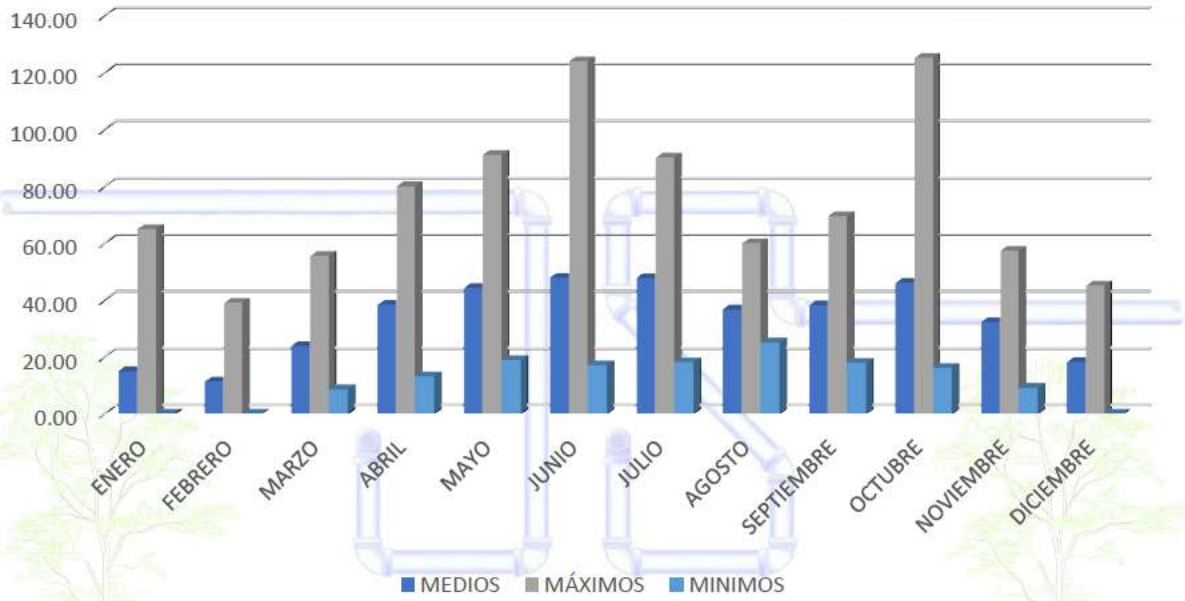


6.6. Precipitación

El análisis de precipitación se realiza con fundamento en los registros de la estación CAMP BUENAVISTA, con el propósito de involucrar los posibles factores orográficos

en el comportamiento de las precipitaciones. A partir de los registros de precipitación media mensual multianual para la estación CAMP BUENAVISTA, se presenta en la siguiente figura la distribución temporal de las precipitaciones mínimas, medias y máximas al día históricas a través del ciclo anual.

Figura 4. Diagrama de precipitaciones mínima, media, y máxima anual histórica

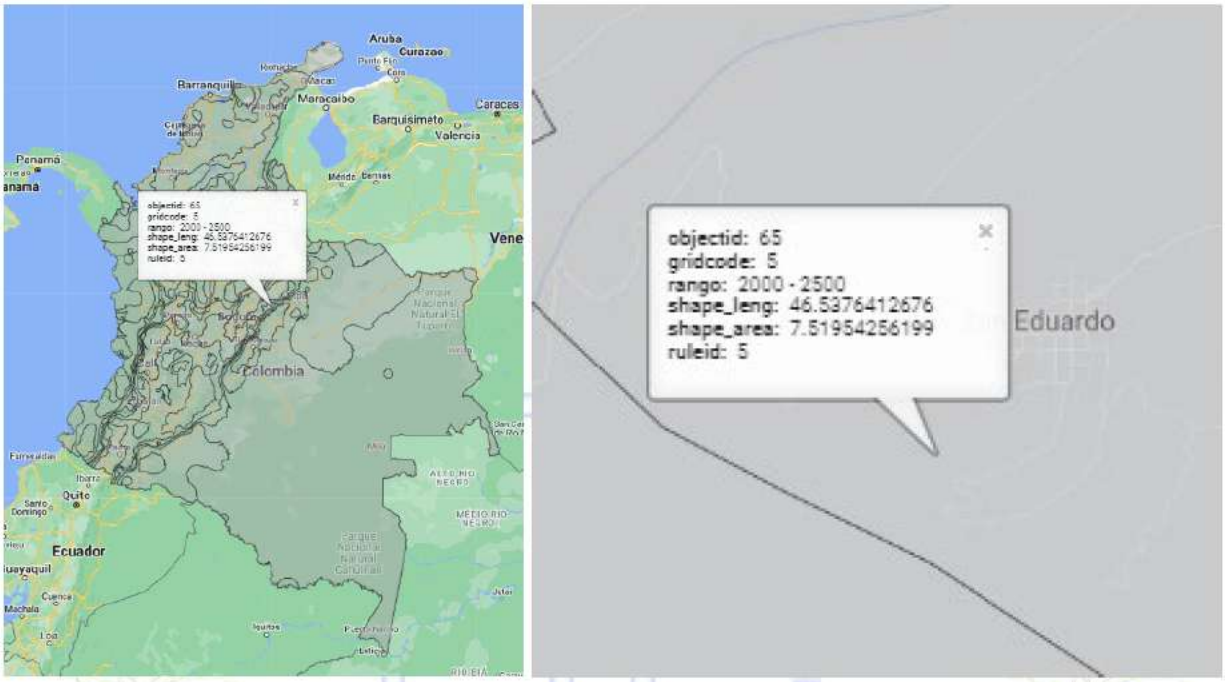


Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

El municipio de San Eduardo presenta un régimen monomodal con un período de lluvias de abril a noviembre, registrándose las mayores precipitaciones en mayo, junio, Julio y octubre. El periodo seco o de menores precipitaciones inicia desde diciembre y se extiende hasta marzo.

La Precipitación Media Anual (PMA) según la base de datos del IDEAM, con datos desde 1981 – 2010, es de un rango entre 2000 – 2500 mm.

Figura 5. Precipitación Media Anual San Eduardo Boyacá



Fuente: Datosabiertos.gov.co, 2023.

6.7. Curva IDF

Las curvas son el soporte en el desarrollo de proyectos de diseño hidráulico. El análisis de los datos depende de la frecuencia y el periodo de retorno de las lluvias en la estación. Para obtener las curvas I-D-F se requiere de los registros continuos de precipitación medidos en pluviógrafos, la caracterización de las precipitaciones se realiza en la intensidad de las precipitaciones, que equivalen a la cantidad de lluvia caída en función del tiempo, expresada en mm/hora.

Las curvas de Intensidad- Duración- Frecuencia I-D-F se elaboraron a partir de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas (día pluviométrico) empleando el método simplificado enunciado en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009).

La expresión está dada por:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

- i= Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h)
- T= Periodo de retorno, en años

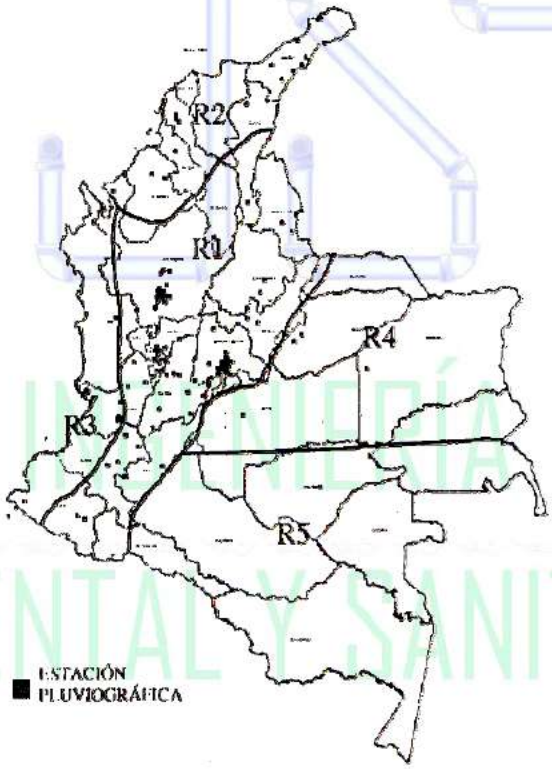
- M= Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
- t= Duración de la lluvia, en minutos (min)
- a,b,c,d= Parámetros de ajuste de la regresión

Tabla 2. Valores de los coeficientes calculo IDF para Colombia

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Manual para Drenaje de Carreteras INVIAS, 2009.

Figura 6. Regiones en Colombia para definición de parámetros



Fuente: Manual para Drenaje de Carreteras INVIAS, 2009.

Tabla 3. Precipitación máxima anual histórica en 24 horas estación CAMP BUENAVISTA código 35080030

Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)
2000	50	2008	63	2016	68

2001	80	2009	80.5	2017	41.5
2002	60	2010	80	2018	52
2003	50	2011	57.2	2019	125.2
2004	58	2012	106	2020	85.6
2005	90	2013	63	2021	78.6
2006	72.1	2014	69.5	2022	55
2007	103.5	2015	124		

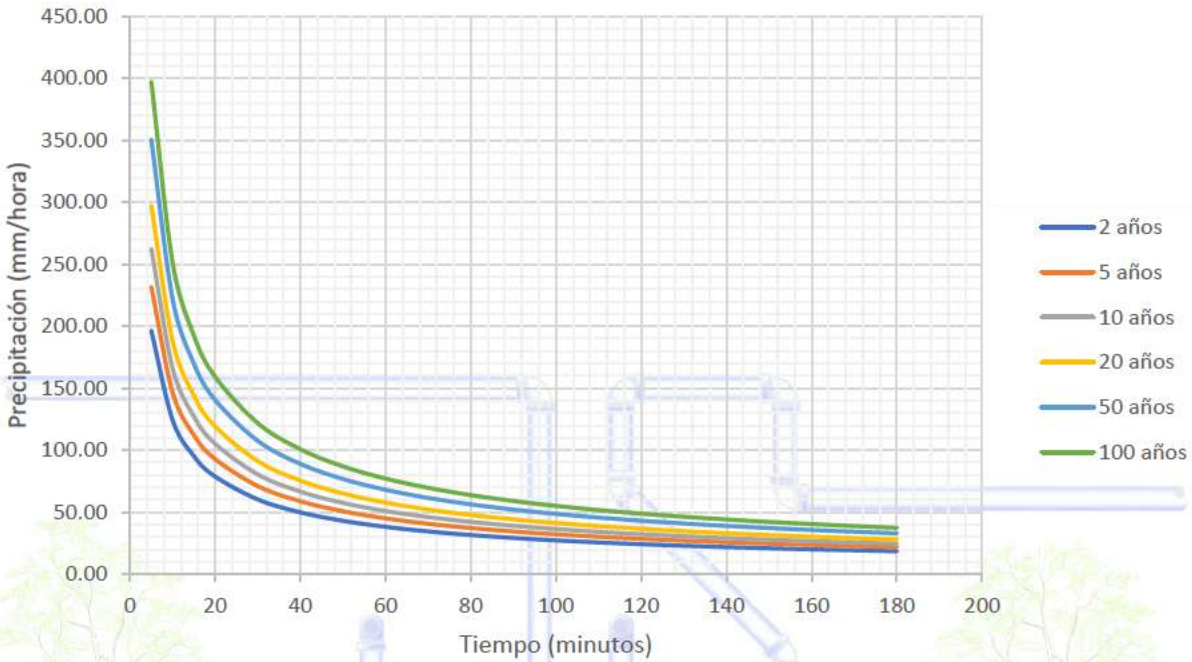
Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

Tabla 4. Datos curva IDF estación CAMP BUENAVISTA código 35080030

Tiempo	**Periodo de retorno (años)**					
	2	**5**	**10**	**20**	**50**	**100**
5	196.47	231.70	262.49	297.37	350.69	397.29
10	124.34	146.64	166.12	188.20	221.94	251.44
15	95.15	112.21	127.12	144.01	169.83	192.40
20	78.69	92.80	105.14	119.11	140.46	159.13
30	60.22	71.01	80.45	91.14	107.48	121.77
40	49.80	58.73	66.54	75.38	88.90	100.71
50	42.98	50.69	57.43	65.06	76.72	86.92
60	38.11	44.94	50.92	57.68	68.02	77.06
70	34.42	40.60	45.99	52.10	61.44	69.61
80	31.52	37.17	42.11	47.71	56.26	63.74
90	29.16	34.39	38.96	44.14	52.05	58.97
100	27.20	32.08	36.34	41.17	48.56	55.01
110	25.54	30.12	34.13	38.66	45.60	51.65
120	24.12	28.44	32.22	36.51	43.05	48.77
130	22.88	26.98	30.57	34.63	40.84	46.26
140	21.79	25.69	29.11	32.97	38.89	44.05
150	20.82	24.55	27.81	31.51	37.16	42.09
160	19.95	23.52	26.65	30.19	35.61	40.34
170	19.17	22.60	25.61	29.01	34.21	38.76
180	18.46	21.77	24.66	27.93	32.94	37.32

Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

Figura 7. Curva IDF estación CAMP BUENAVISTA código 35080030



Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

El desarrollo de cálculos para determinación de la curva IDF se adjunta en el anexo H-2.

6.8. Evaluación hidrológica

La evaluación hidrológica de una cuenca drenante tiene como objetivo principal determinar los caudales o descargas de agua que pueden generarse en dicha cuenca debido a eventos de precipitación. Esto se realiza con el fin de comprender y predecir el comportamiento hidrológico de la cuenca y sus efectos en el diseño de infraestructuras, como puentes, box culvert y alcantarillas.

En el contexto de las alcantarillas o box culvert, uno de los aspectos más importantes es considerar el caudal máximo que puede ocurrir en un período de tiempo determinado. Por lo general, se utiliza el concepto de "periodo de retorno" para referirse al tiempo promedio esperado entre eventos de magnitud igual o superior.

6.8.1. Características morfométricas cuenca aportante

Para desarrollar la evaluación morfométrica de la cuenca aportante hasta el sitio de influencia de la obra, se realizó la localización geográfica usando la cartografía disponible por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la delimitación de la

cuenca se realizó en base al área aportante identificada mediante el estudio de las curvas de nivel generadas para el estudio de la zona, desarrollando un plano en escala 1:5.000, con una vista general del terreno en escala 1:20.000 adjunto en el anexo H-3.

Área

El área de una cuenca hidrográfica es la superficie terrestre que contribuye al drenaje de agua hacia un punto de salida común, como un río, arroyo o lago. Esta área se delimita mediante los límites topográficos y geográficos de la cuenca.

La determinación del área de una cuenca puede variar en complejidad dependiendo de la escala y la disponibilidad de datos. A continuación, se enuncian dos métodos comunes para calcular el área de una cuenca hidrográfica:

1. Método topográfico: Este método utiliza información topográfica, como mapas en relieve o modelos digitales de elevación (MDE), para delimitar los límites de la cuenca. Se traza una línea alrededor de los puntos más altos (llamada divisoria de aguas) que separa las aguas que fluyen hacia la cuenca de interés de las que fluyen hacia cuencas vecinas. Luego, se calcula el área encerrada dentro de esta línea utilizando técnicas de análisis espacial.
2. Método digital: En este método, se utilizan datos geoespaciales y herramientas de análisis geográfico en un sistema de información geográfica (SIG). Se pueden emplear modelos de flujo de agua y algoritmos de enrutamiento para determinar los límites de la cuenca y calcular su área. Esto se basa en la identificación de las celdas o píxeles dentro del MDE que contribuyen al flujo de agua hacia el punto de salida común.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta que los modelos topográficos fueron determinados mediante el uso de Sistemas de Información Geográficos digitales, se determinó el área en base a una conjunción de los dos métodos cuyo resultado se adjunta en el anexo H-3, determinando un área de:

$$ÁREA = 0{,}20509844\ Km^2$$

Longitud del cauce principal

La longitud del cauce principal de una cuenca hidrográfica se refiere a la distancia total que recorre el río principal dentro de dicha cuenca. Esta medida es importante para comprender la longitud del flujo de agua y puede tener implicaciones en el comportamiento hidrológico de la cuenca.

Es importante destacar que, en algunas cuencas, el cauce principal puede tener múltiples ramificaciones o cambios de dirección, lo que puede dificultar la medición precisa de la longitud. Además, la longitud del cauce principal puede cambiar con el tiempo debido a la erosión, sedimentación o modificaciones antropogénicas.

Para el caso en estudio se realizó la determinación del cauce principal de acuerdo al método manual con la topografía y caracterización de cuenca realizada, resultando en una longitud del cauce de **0,9782 Km[2].**

Longitud axial

La longitud axial de una cuenca corresponde a la longitud en línea recta que conecta los puntos extremos de la cuenca en forma aproximadamente paralela al curso principal (Morisawa, 1985).

La longitud axial de la cuenca estudiada corresponde a **0,9227 Km[3].**

Factor de forma

El factor de forma de una cuenca hidrográfica es una medida que describe la relación entre el perímetro de la cuenca y el área encerrada por dicho perímetro. El factor de forma es una medida de la forma general de la cuenca y puede proporcionar información sobre su respuesta hidrológica y su comportamiento.

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

Este factor es uno de los más utilizados para medir la forma de la cuenca, fue desarrollado por Horton y es expresado mediante la siguiente ecuación (Consorcio Río Garagoa, 2017):

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

- A= Área de la cuenca (Km2)
- L= Longitud axial de la corriente (Km)

$$K_f = \frac{0{,}20509844}{0{,}9227^2} = 0{,}2409$$

[2] Vaguada o thalweg
[3] Longitud valle

Los valores interpretativos del factor de forma de Horton se muestran en la siguiente tabla:

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
< 0,22	Muy alargada
0,22 – 0,30	Alargada
0,30 – 0,37	Ligeramente alargada
0,37 – 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 – 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 – 0,80	Ensanchada
0,80 – 1,20	Muy ensanchada
> 1,20	Rodeando el desague

Fuente: Robert Ermer Horton.

Teniendo en cuenta la caracterización de Horton, la cuenca posee un factor de forma alargado.

Coeficiente de compacidad (Kc)

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua (Gaspari, 2002).

$$k_c = \frac{P}{Pc} = \frac{P}{2\pi R}$$

Donde, P es el perímetro de la cuenca (longitud de la línea parteaguas), Pc es el perímetro de la circunferencia y R es el radio de la circunferencia. Se han establecido tres categorías para la clasificación de acuerdo con este parámetro:

Tabla 5. Características de la cuenca de acuerdo con el valor de k_C

VALORES DE k_C	FORMA
1,00 – 1,25	Redonda a oval redonda
1,25 – 1,50	De oval redonda a oval oblonga
1,50 – 1,75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: (Gaspari, 2002).

De esta manera se calcula el coeficiente de compacidad de la cuenca de estudio:

Perímetro: 2,257Km

$$k_c = \frac{2{,}257\ Km}{2 * \sqrt{\pi * 0{,}20509844\ Km^2}} = \frac{2{,}257}{1{,}605} = 1{,}406$$

El coeficiente de compacidad indica una forma de oval redonda a oval oblonga, indicando una regular tendencia a la acumulación de volúmenes de agua.

Sinuosidad y patrón de alineamiento

La sinuosidad de un río o corriente superficial hídrica es el índice que representa cuanto el trazado del río se aparta de una línea recta. Se mide por la relación entre la distancia que separa dos puntos a lo largo de la parte más profunda del cauce, o thalweg y la distancia en línea recta entre ellos (longitud valle). Un cauce en línea recta tiene una sinuosidad de 1.0, o cercana a este, mientras que los ríos o cauces se describen como meándricos cuando la sinuosidad es mayor a 1.5.

La sinuosidad "P" puede definirse mediante el uso de la siguiente expresión:

$$P = \frac{Longitud\ thalweg}{Longitud\ valle}$$

$$P = \frac{0{,}9782}{0{,}9227} = 1{,}06$$

La sinuosidad de la fuente estudiada es de 1,06 describiéndose como canal rectilíneo.

Con respecto a la sinuosidad se tiene la clasificación planteada por (Schumm, 1952) mediante la cual, es clasificado el alineamiento de acuerdo con esta, presentando la siguiente clasificación.

Tabla 6. Clasificación de cauces – patrón de alineamiento

Tipo de Canal	Sinuosidad	Caracterización
Canal rectilíneo	1-1.2	Se caracterizan por desarrollarse en áreas de fuertes pendientes. Muy baja sinuosidad.
Canal transicional	1.2-1.5	Baja sinuosidad.
Canal regular	1.5-1.7	Cambios direccionales importantes. Sinuosidad media.
Canal irregular	1.7-2.1	Cambios direccionales importantes con bahías.
Canal tortuoso	>2.1	Tendiente atrenzamiento del canal.

Fuente: (Schumm, 1952).

De acuerdo con la clasificación establecida por (Schumm, 1952), el tipo de canal se clasifica como rectilineo, caracterizado por desarrollarse en áreas de fuertes pendientes teniendo una muy baja sinuosidad.

Tiempo de concentración

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, se considera apropiado incluir al menos cinco estimaciones diferentes (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el tiempo de concentración Tc de las cuencas hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo. A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas:

Scs-Ranser

$$T_C = 0{,}97K^{0{,}385}$$

Siendo

$$K = \frac{{L_C}^3}{H}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- H: es la diferencia entre la cota mayor y la cota menor de la cuenca (pies)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)

California Culvert Practice (1942)

$$T_C = \left(0{,}87\frac{{L_C}^3}{H}\right)^{0{,}385}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- H: es la diferencia entre la cota mayor y la cota menor de la cuenca (metros)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)

Kirpich (1942)

$$T_C = 0{,}066\left(\frac{L}{\sqrt{S_O}}\right)^{0{,}77}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- L: es la longitud del cauce principal hasta la divisoria (kilómetros)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)

Témez (1978)

$$T_C = 0{,}3\left(\frac{L_C}{{S_O}^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- L: es la longitud del cauce principal (km)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (en porcentaje)

Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1{,}5L_C}{25{,}3\sqrt{L_C S_O}}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)
- A: es el área de la cuenca (km^2)

V.T Chow

$$T_c = 0{,}8773\left(\frac{{L_C}^{1{,}5}}{\sqrt{CM_C - Cm_C}}\right)^{0{,}64}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)
- CMc: es la cota mayor del cauce principal (m.s.n.m)
- Cmc: es la cota menor del cauce principal (m.s.n.m)

Clark

$$T_C = 0{,}335\left(\frac{A}{{S_O}^{0{,}5}}\right)^{0{,}593}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (en porcentaje)
- A: es el área de la cuenca (km^2)

Ventura-Heron (1949)

$$T_C = 0{,}3\left(\frac{L_C}{S_O{}^{0{,}25}}\right)^{0{,}75}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- Lc: es la longitud del cauce principal (kilómetros)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (en porcentaje)

Passini

$$T_C = 0{,}108\frac{(AL_c)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{S_0}}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)
- A: es el área de la cuenca (km^2)

Tabla 7. Cálculo de tiempo de concentración por diferentes métodos

Método	Tiempo de concentración
	Tc (Horas)
Scs-Ranser	0.076
California Culvert Practice (1942)	0.118
Kirpich (1942)	0.117
Témez (1978)	0.165
Giandotti	0.283
V.T Chow	0.155
Clark	0.053
Ventura-Heron (1949)	0.166
Passini	0.136

Fuente: Autor, 2023.

De acuerdo con los valores determinados se opta por un valor relativamente bajo de tiempo de concentración ya que tanto el factor de forma como el índice de compacidad indicaron una concentración intermedia-alta en el punto final de estudio, por lo que se usa el método de Kirpich, arrojando un valor de 0.117 Horas, para efectos constructivos y teniendo en cuenta que el objeto del proyecto menciona el atenuante de proyección es estructuras de mitigación se establece un tiempo de concentración promedio de 15 minutos.

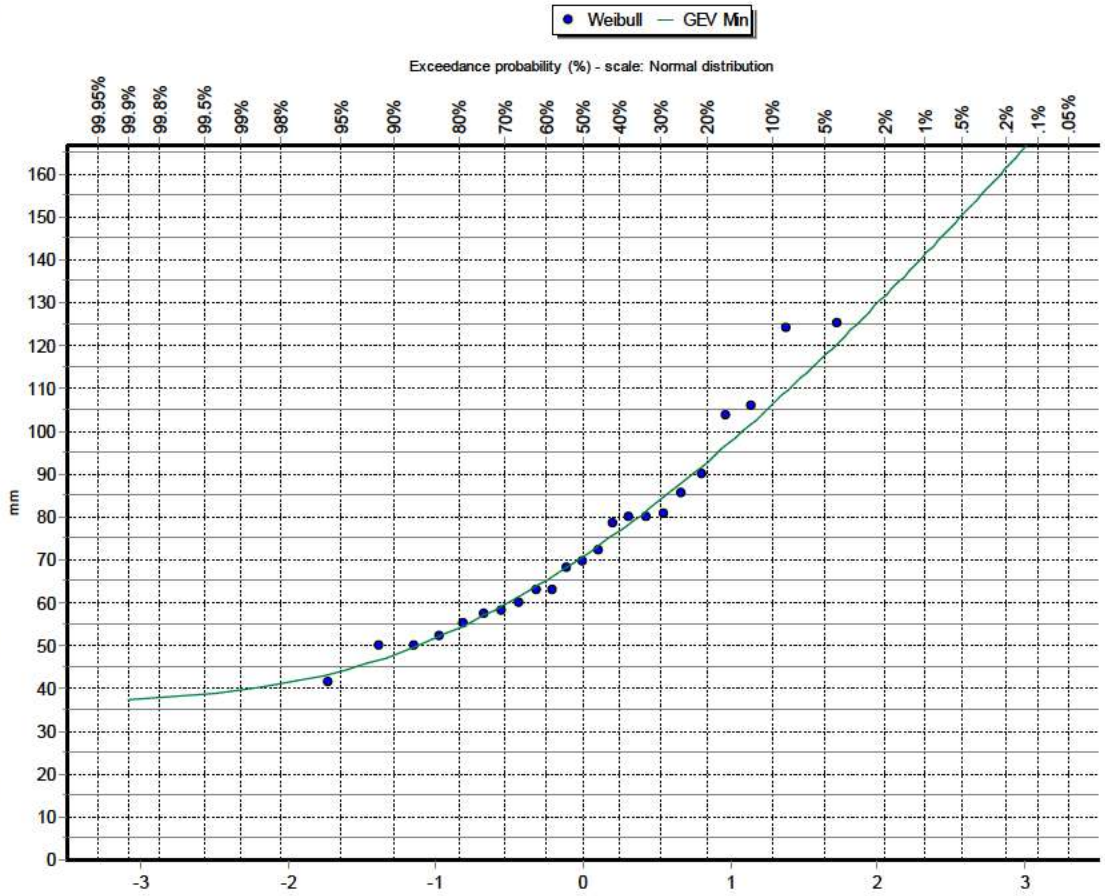
6.8.2. Análisis de precipitación máxima

Un análisis de precipitación máxima es un estudio que se realiza para determinar los valores más altos de precipitación registrados en un área geográfica durante un período de tiempo específico. Este tipo de análisis es importante para comprender y evaluar los eventos de lluvia extrema, que pueden tener impactos significativos en áreas como la hidrología, la gestión del agua, la planificación urbana y la infraestructura.

El análisis de precipitación máxima implica recopilar datos históricos de precipitación y examinar los valores más altos registrados en diferentes escalas temporales, como anuales, estacionales o mensuales. Esto permite identificar y cuantificar los eventos de lluvia más intensos que han ocurrido en la ubicación estudiada.

Mediante el uso del software Hydrognomon® se realiza el análisis de precipitaciones máximas en base a datos del IDEAM.

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



La distribución que más se ajustó corresponde a GEV-Min identificando los siguientes datos de precipitación máxima.

Tabla 8. Análisis de precipitación máxima en diferentes periodos de retorno estación CAMP BUENAVISTA distribución GEV-Min

Estación		Distribución empleada	Precipitación máxima						
Nombre	Código		Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=20	Tr=25	Tr=50	Tr=100
CAMP BUENAVISTA	35080030	GEV-Min	70.7479	92.759	106.004	117.694	121.215	131.566	141.192

Fuente: Autor, 2023.

7. ESTUDIO HIDRÁULICO

El estudio hidráulico se limita a determinar las condiciones de flujo en la estructura de paso posterior a la determinación del caudal, con los datos aportados en el estudio hidrológico de la cuenca.

7.1. Determinación de precipitación efectiva

Teniendo en cuenta que el área de la cuenca aportante posee un área de 20.509844Ha es posible la determinación del caudal de diseño por medio del método racional.

El método racional parte de la definición del coeficiente de escorrentía C, valor adimensional, el cual se puede definir como la relación entre el volumen de escorrentía superficial, V_E, y el volumen de precipitación total, V_P, ambos expresados en m^3 (Ministerio de Transporte, 2009), así:

$$C = \frac{V_{Escorrentía\ superficial}}{V_{Precipitación\ total}} = \frac{V_E}{V_P} = \frac{\frac{V_E}{t}}{\frac{V_P}{t}}$$

$$\frac{V_E}{t} = Q_E$$

$$\frac{V_P}{t} = i\ A$$

Donde:

Q_E: Caudal de escorrentía superficial, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).
i: Intensidad de precipitación, en metros por segundo (m/s).
t: Tiempo de duración de la lluvia, en segundos (s).
A: Área de drenaje de la hoya hidrográfica, en metros cuadrados (m^2).

Entonces:

$$C = \frac{Q_E}{i\ A}$$

El numerador representa el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo de duración de la lluvia y el denominador representa el volumen de lluvia por unidad de tiempo de esta duración (Ministerio de Transporte, 2009).

$$Q_E = C\ i\ A$$

Al utilizar la fórmula racional, se supone que el caudal Q_E toma un valor de caudal máximo (pico) Q_P, cuando, debido a una cierta intensidad de lluvia sobre el área de

drenaje, es producido por esa precipitación que se mantiene por un tiempo igual al periodo de concentración del caudal en el punto en consideración. Teóricamente, éste es el tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo requerido para que la escorrentía superficial fluya desde la parte más remota de la hoya hasta el punto de interés. Entonces, Q_P corresponde a una lluvia de intensidad i sobre un área de drenaje A, lluvia ésta que dure, como mínimo, un tiempo tal que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial, siendo Q_P el caudal máximo de escorrentía superficial (Ministerio de Transporte, 2009), el cual está dado por:

$$Q_P = C\ i\ A$$

Ahora bien, si A está dado en km^2, i en mm/h y Q_P en m^3/s, la anterior ecuación queda igual a:

$$Q_P = 0.278\ C\ i\ A$$

De esta manera, la determinación de caudales está limitada a la obtención de valores de coeficiente de escorrentía, intensidad de precipitación y área de drenaje.

7.1.1. Coeficiente de escorrentía

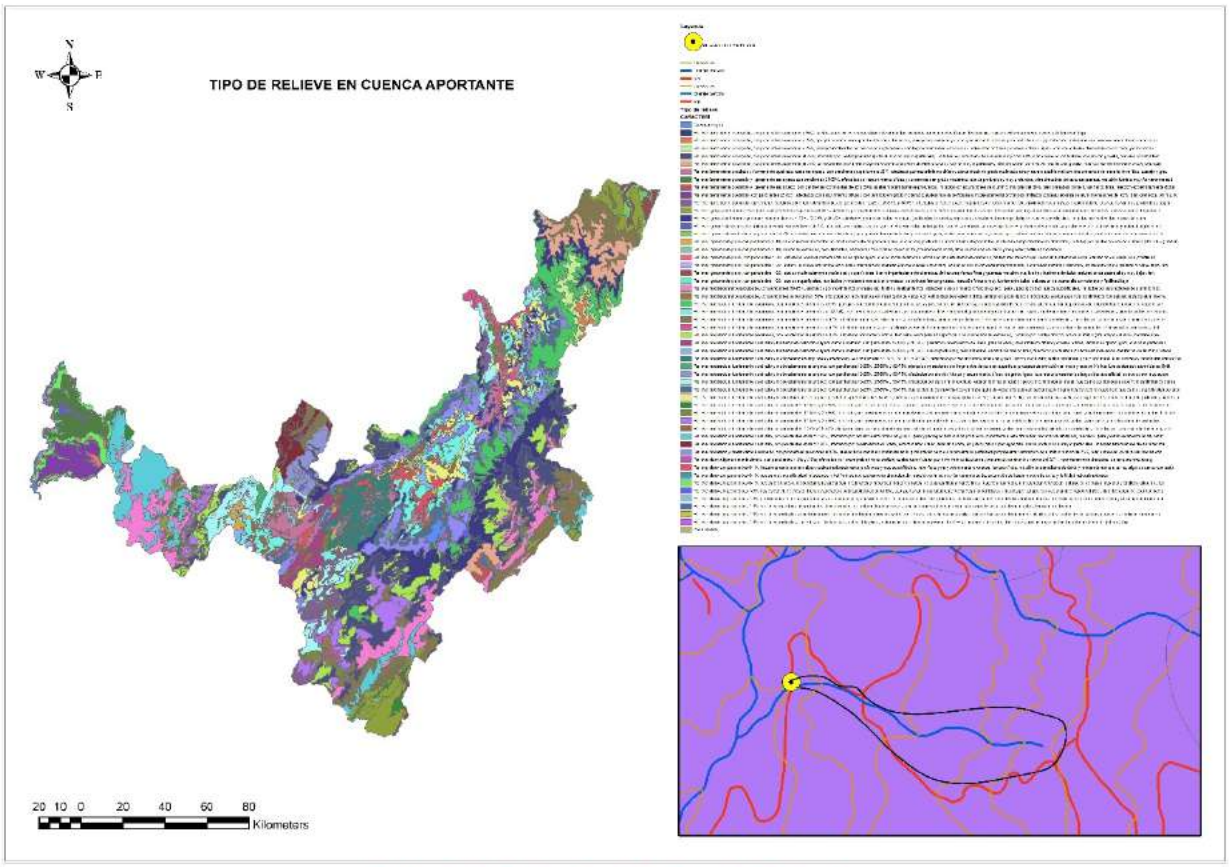
En la siguiente tabla se muestran los valores típicos del coeficiente de escorrentía sugeridos por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, donde se relaciona la vegetación y topografía con la textura y uso del suelo en áreas rurales. De acuerdo con las características de cada cuenca aportante a las estructuras proyectadas se define un valor.

Tabla 9. Valores del coeficiente de escorrentía

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

Fuente: Manual de drenaje para Carreteras, INVIAS. 2009.

Figura 8. Tipo de relieve predominante en zona de intervención



Fuente: Autor con base en datos del IGAC, 2023.

El tipo de relieve predominante corresponde de moderado a fuertemente quebrado, con pendientes 12-25% y 25-50%, afectados por movimientos en masa, solifluxión generalizada, deslizamientos, reptación, erosión hídrica, ligera y pedregosidad; suelos superficiales a moderadamente profundos, el tipo de superficie corresponde a un 40% de pastos y un 60% de bosques.

En conclusión, el valor de coeficiente de escorrentía corresponde a 0.40.

7.1.2. Intensidad de precipitación

Periodo de retorno

De acuerdo con el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009), las alcantarillas con diámetros mayores a 0.90m deberán manejar un periodo de retorno de veinte (20) años, como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 10. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)[1]
Cunetas	5
Zanjas de Coronación[2]	10
Estructuras de Caída[2]	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o Igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Notas: [1] El periodo de retorno de diseño de las obras podrá variarse, a juicio del ingeniero Consultor, para casos especiales, debidamente justificados.

[2] En caso de que los taludes de corte de la vía sean inestables se podrá incrementar este periodo de retorno, a juicio del ingeniero Consultor.

Fuente: Tabla 2.8. del manual de drenaje para carreteras del INVIAS, 2009.

Duración de la lluvia

Para la obtención de la intensidad de diseño es necesario conocer la duración de la lluvia asociada, para ello, el método racional supone que la duración de la lluvia será igual al tiempo de concentración en la cuenca, este tiempo corresponde a la duración que tarda una gota de agua en recorrer el trayecto desde el punto más alejado de ella hasta el punto de consideración (punto de definición de la cuenca).

El tiempo de concentración ya definido en subtítulos anteriorescorresponde a un valor de 15 minutos.

La intensidad corresponderá entonces al valor cruzado entre un periodo de retorno de 20 años con una duración de 15 minutos del análisis de las curvas IDF, resultando un valor de **144.01mm/hora.**

7.1.3. Caudal de diseño

El caudal de diseño de la estructura se determinará con el uso del método racional, usando los datos ya generados en el desarrollo del estudio.

- Intensidad de diseño= 144,01mm/hora
- Coeficiente de escorrentía= 0,40
- Área de cuenca= 0,20509844 Km^2

$$Q_P = 0{,}278\ C\ i\ A$$

$$Q_P = 0{,}278 * \ 0{,}40 * 144{,}01 * 0{,}20509844$$

$$Q_P = 3{,}28\ {}^{m^3}/_{s}$$

7.2. Modelación de estructura

El flujo en una alcantarilla es usualmente no uniforme, presentando zonas con flujo gradualmente variado y zonas con flujo rápidamente variado, por lo que su análisis teórico es complejo y se ha desarrollado con ayuda de experimentación en laboratorio. De acuerdo al punto donde se encuentre la sección de control en la alcantarilla, el flujo puede ser con control a la entrada o con control a la salida y dependiendo de la sumergencia o no de los extremos del conducto y la condición de flujo (a tubo lleno o parcialmente lleno), se presentan diferentes tipos de flujo, los cuales han sido clasificados por diferentes autores como Bodhaine. El documento o procedimiento para dimensionamiento y modelación hidráulica de alcantarillas con más amplia difusión y aceptación a nivel internacional la incorpora el programa HY8.

Teniendo presente lo anterior, la modelación se desarrollará con el uso del software HY-8 con base a las condiciones topográficas existentes en la zona de intervención.

El diseño de este tipo de estructuras se realizará analizando su funcionamiento bajo control a la entrada y bajo control a la salida, tomando el mayor valor resultante para la carga en la entrada Hw. Este valor de Hw deberá ser igual o inferior a 1.20 veces la altura o diámetro de la alcantarilla, valor máximo hasta el cual el conducto funciona a flujo libre.

Por principio, las alcantarillas deben ser diseñadas con un nivel de agua a la entrada inferior a 1.20 veces la altura de la alcantarilla, pues se debe evitar el contacto de la estructura de pavimento con el agua, así como la afectación de las propiedades aguas arriba, además de proveerse un margen para el paso de material flotante y basuras. Así, en general y salvo las condiciones anotadas para alcantarillas a presión, no es permitido el funcionamiento de las alcantarillas como orificio, evitando totalmente los desbordamientos sobre la vía (Ministerio de Transporte, 2009).

Los datos de entrada corresponden a:

- Caudal de diseño: 3,28m^3/s
- Cota rasante o terreno: 1317,0 msnm
- Cota batea ingreso: 1314,6 msnm
- Cota batea salida: 1314,25 msnm

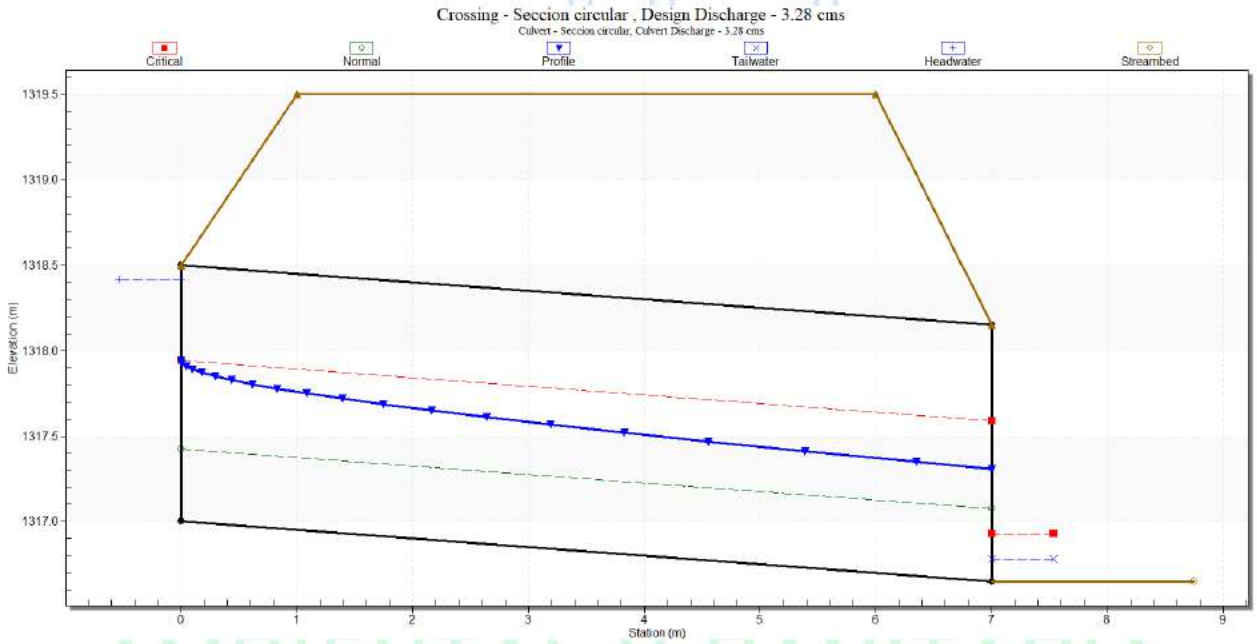
- Pendiente longitudinal de la estructura: 5,0%
- Longitud: 7,0m

Se llevaron a cabo dos modelaciones generando dos opciones de diseño para la estructura de drenaje.

7.2.1. Sección circular

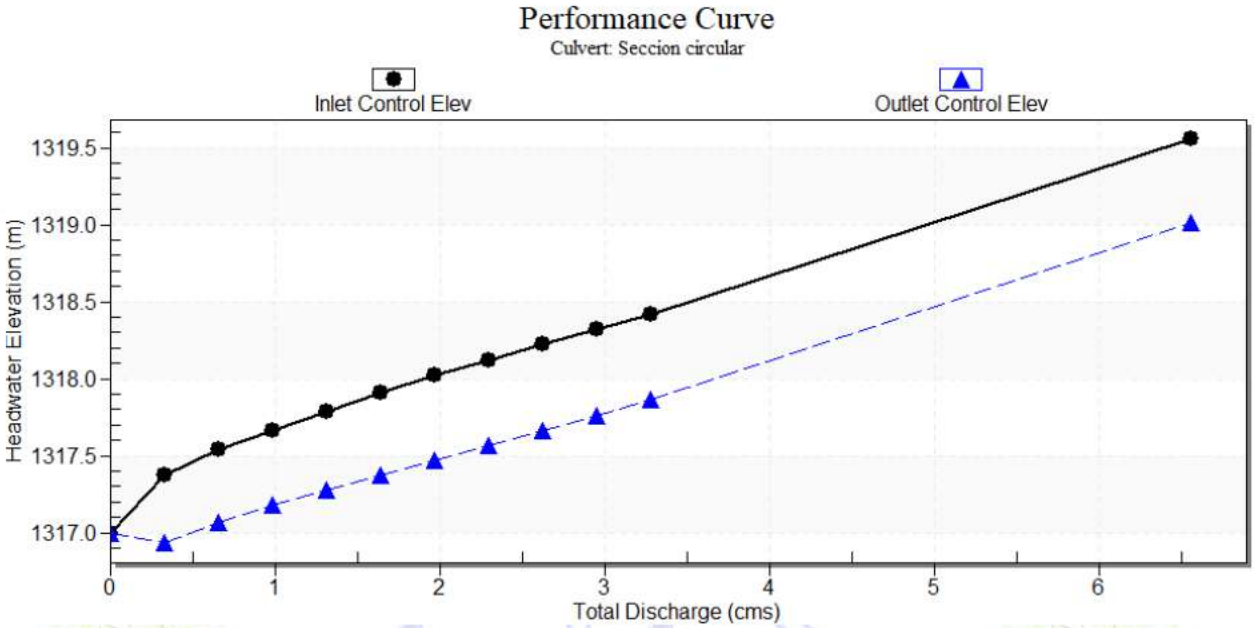
Para el uso de conducto con una sección circular de acuerdo con la modelación y en base a los catálogos de fabricantes de tubería para alcantarillado en PVC RIB STEEL, se proyecta el uso de tubería PVC en diámetro de 1,50m o 60 pulgadas.

Figura 9. Perfil hidráulico sección circular



Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

Figura 10. Relación de la altura de ingreso y salida de la estructura en base al caudal



Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

Con el caudal máximo se espera una altura o carga de ingreso de 1,42m, la velocidad en el conducto corresponde a 3,51m/s, mientras que en la salida corresponde a 4,40m/s.

Las condiciones de flujo se describen en la siguiente tabla.

Tabla 11. Condiciones de flujo sección circular D=1,50m en tubería PVC RIB STEEL

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	1317.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.33	1317.37	**0.37**	0.0*	1-S2n	0.14	0.29	0.17	0.03	3.03	1.42
0.66	0.66	1317.54	**0.54**	0.07	1-S2n	0.19	0.41	0.25	0.05	3.35	1.87
0.98	0.98	1317.67	**0.67**	0.18	1-S2n	0.23	0.50	0.32	0.06	3.58	2.19
1.31	1.31	1317.78	**0.78**	0.28	1-S2n	0.27	0.58	0.38	0.08	3.73	2.45
1.64	1.64	1317.91	**0.91**	0.37	1-S2n	0.30	0.66	0.43	0.09	3.87	2.68
1.97	1.97	1318.02	**1.02**	0.47	1-S2n	0.33	0.72	0.48	0.10	3.99	2.88
2.30	2.30	1318.12	**1.12**	0.57	1-S2n	0.35	0.78	0.53	0.11	4.11	3.06
2.62	2.62	1318.22	**1.22**	0.66	1-S2n	0.38	0.84	0.57	0.11	4.21	3.22
2.95	2.95	1318.32	**1.32**	0.76	1-S2n	0.40	0.89	0.62	0.12	4.31	3.37
3.28	3.28	1318.42	**1.42**	0.87	1-S2n	0.42	0.94	0.66	0.13	4.40	3.51

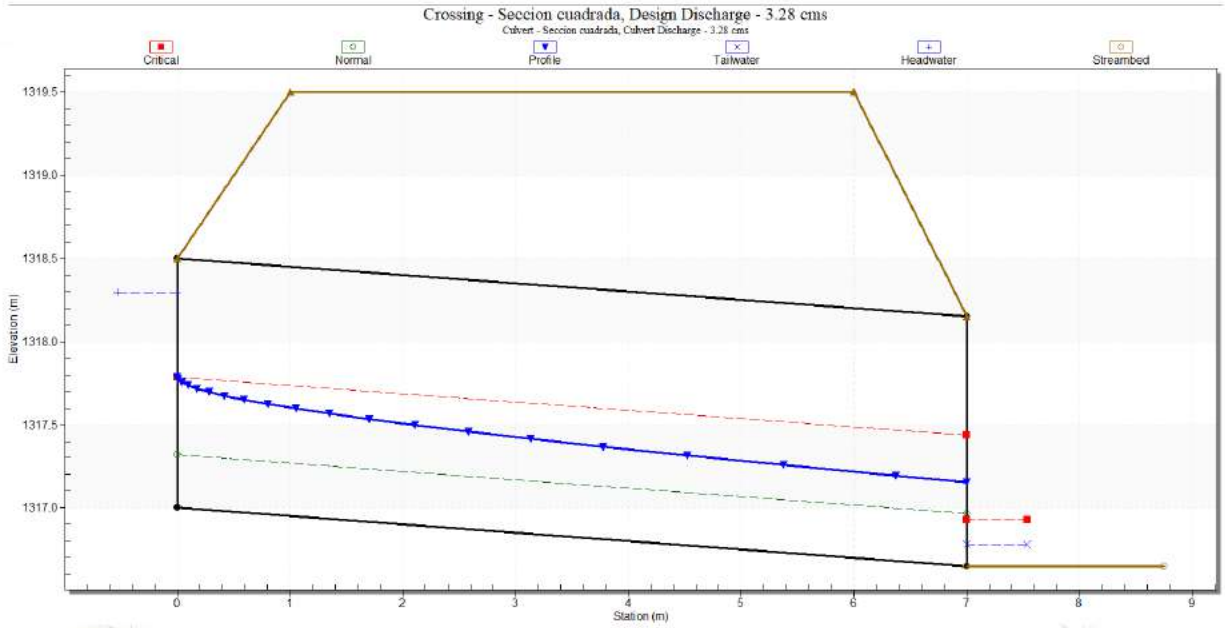
Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

La carga máxima de ingreso corresponde a 1.42m, el límite de carga al ingreso según el INVIAS para la sección de tubería proyectada corresponde a 1.80m, en este sentido se considera adecuada su proyección.

7.2.2. Sección cuadrada

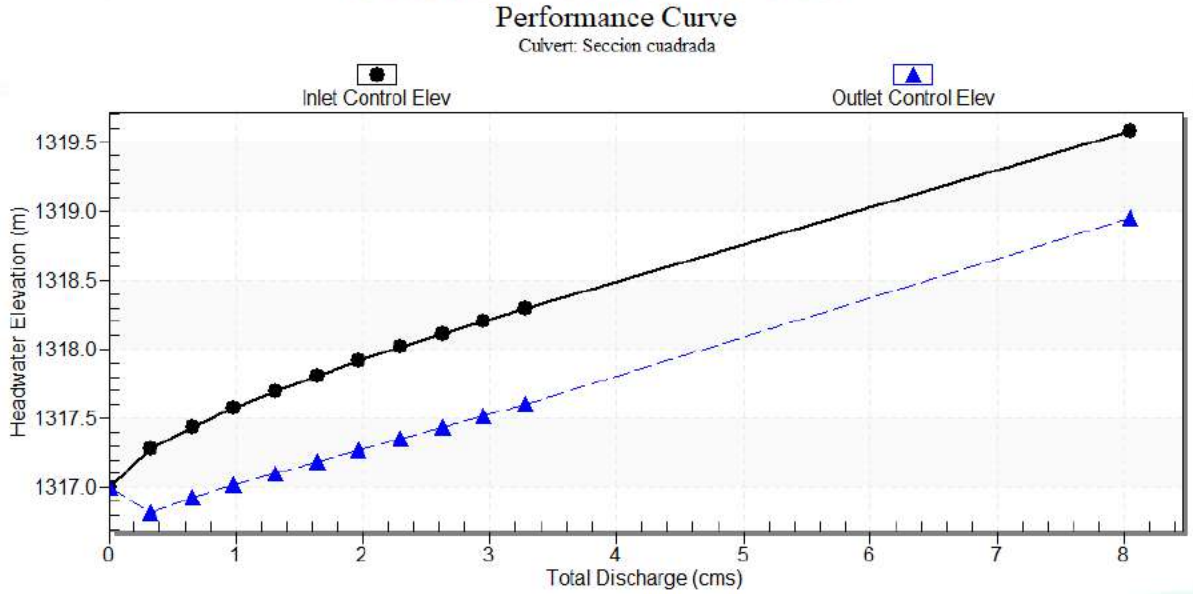
En esta alternativa se plantea una sección de box culvert en concreto de 1,5m por 1,5m.

Figura 11. Perfil hidráulico sección cuadrada



Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

Figura 12. Relación de la altura de ingreso y salida de la estructura en base al caudal



Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

Con el uso de esta sección se espera en el caudal máximo proyectado una altura al ingreso de 1,29m, la velocidad máxima presentada en el trascurso del flujo en la estructura es de 3,51m/s, en la salida se espera una velocidad de 4,34m/s.

Las condiciones de flujo se describen en la siguiente tabla.

Tabla 12. Condiciones de flujo sección cuadrada 1,5m x 1,5m con único conducto

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	1317.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.33	1317.28	**0.28**	0.0*	1-S2n	0.07	0.17	0.08	0.03	2.70	1.42
0.66	0.66	1317.44	**0.44**	0.0*	1-S2n	0.11	0.27	0.14	0.05	3.12	1.87
0.98	0.98	1317.58	**0.58**	0.02	1-S2n	0.14	0.35	0.19	0.06	3.40	2.19
1.31	1.31	1317.70	**0.70**	0.10	1-S2n	0.17	0.43	0.24	0.08	3.61	2.45
1.64	1.64	1317.81	**0.81**	0.19	1-S2n	0.20	0.50	0.29	0.09	3.77	2.68
1.97	1.97	1317.92	**0.92**	0.27	1-S2n	0.23	0.56	0.34	0.10	3.91	2.88
2.30	2.30	1318.02	**1.02**	0.35	1-S2n	0.25	0.62	0.38	0.11	4.03	3.06
2.62	2.62	1318.11	**1.11**	0.44	1-S2n	0.27	0.68	0.42	0.11	4.14	3.22
2.95	2.95	1318.20	**1.20**	0.52	1-S2n	0.30	0.73	0.46	0.12	4.24	3.37
3.28	3.28	1318.29	**1.29**	0.61	1-S2n	0.32	0.79	0.50	0.13	4.34	3.51

Fuente: Autor con base en HY-8, 2023.

En el anexo H-4 se adjuntan las modelaciones y reportes de las secciones proyectadas.

7.3. Disipador de energía

De acuerdo con las velocidades de transcurso y descarga en la estructura de paso y teniendo en cuenta la topografía existente en el lugar, deberá ubicarse una estructura de disipación de energía.

El objetivo de estas estructuras es disipar parte de la energía cinética en un flujo, para evitar el riesgo de socavación del canal aguas abajo.

Para el proyecto en objeto se proyecta la construcción de un disipador con rápidas escalonadas, en este tipo de estructura el agua es transportada desde un nivel superior hasta un nivel inferior.

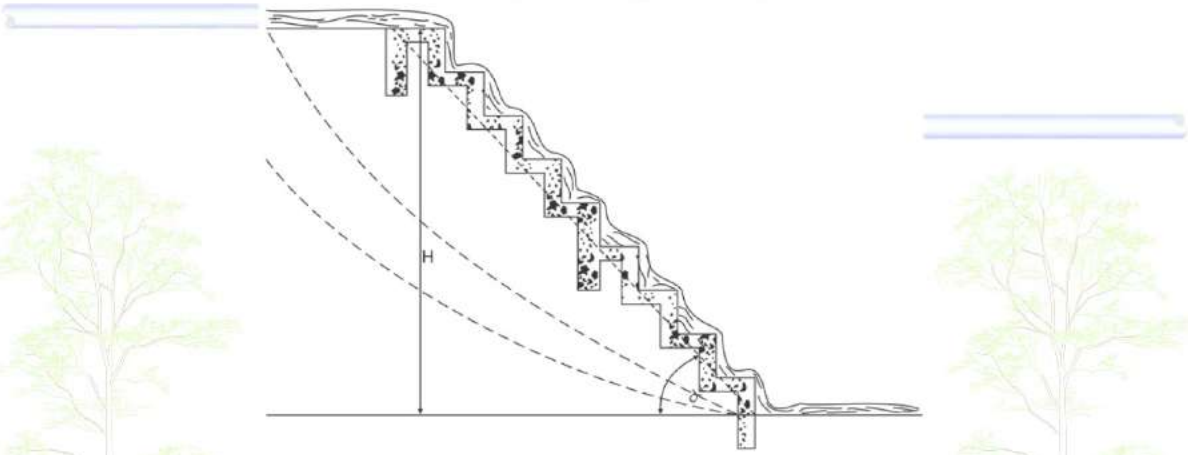
El flujo sobre estas escaleras se puede dar en tres condiciones diferentes:

- Flujo rasante (“skimming Flow”): para esta condición, el agua fluye sobre las esquinas externas de las escaleras como una nata sobre un seudo-fondo, produciéndose una recirculación del agua en la parte interna del escalón. La reducción de energía se da, entonces, por recirculación de agua en el escalón y por impacto en el escalón aguas abajo.
- Flujo escalón a escalón (“nappe flow”): en este caso, el flujo de cada escalón sigue una trayectoria tipo jet (chorro) con un lente de aire bajo la napa, golpeando la huella del escalón aguas abajo y generando un resalto hidráulico.

La pérdida de energía se produce, entonces, por la dispersión del chorro en el aire, por la mezcla del agua en el impacto y por el desarrollo total o parcial del resalto hidráulico.

- Flujo de transición: condición intermedia entre las dos anteriores, en que la napa sobre el lente de aire puede o no formarse y se produce una recirculación parcial del agua en cada escalón.

Las metodologías de diseño para estructuras de caída escalonadas con flujo rasante son variadas y todas de carácter experimental, para el caso del diseño se realiza la aplicación de la metodología dada por Ohtsu, que recoge los resultados de la experimentación realizada hasta la fecha y propone una metodología práctica para diseño.



Determinación de número de Froude en el punto de llegada al cabezal de descarga

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * D}}$$

Donde:

F: Numero de Froude que relaciona las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales (adimensional)
V: Velocidad (m/s)
G: Aceleración de la gravedad (9.806 m/s^2)
D: Profundidad hidráulica que relaciona el área y ancho superficial del flujo (m)

Los datos para el diseño del disipador de energía se presentan a continuación:

Caudal de entrada 3.28 m^3/s
Diferencia de cotas (Δ)= 3.0m
Pendiente del terreno (i o h/l) = 0.47m/m
Ángulo de inclinación del terreno (α) = 31°

Ancho del canal (B) = 2.0m

Caudal unitario

$$q_u = \frac{Q}{B}$$

$$q_u = \frac{3.28}{2.0} = 1.90 \frac{m3}{s} * m$$

Calado critico

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{{q_u}^2}{g}}$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{1.90^2}{9.806}} = 0.716$$

Ley de distribución de velocidades (factores)

Ncoriolis= 3.5 (Ley de distribución de velocidades el rango es 3.5 ≤ N ≤ 4 experimentos realizados por Frizell y Tozzy)
αCoriolis= (Chanson, 2000. Pag. 73)

Relación yc/h para flujo escalón por escalón

Se asume un h/l igual a la pendiente natural del terreno para el cálculo de la relación yc/h

$$\frac{y_c}{h} = \frac{\left(1.43 - \frac{h}{l}\right)^{0.26}}{1.4}; si\ 0.1 \leq \frac{h}{l} \leq 1.43$$

$$\frac{y_c}{h} = \frac{(1.43 - 0.47)^{0.26}}{1.4} = 0.707$$

$$\frac{y_c}{h} = 0.707 - 0.4 * \frac{h}{l}$$

$$\frac{y_c}{h} = 0.707 - 0.4 * 0.47$$

$$\frac{y_c}{h} = 0.519$$

Dimensionamiento del escalón

Se asume un h/l igual a la pendiente natural del terreno para el cálculo del dimensionamiento de escalones.

$$h = \frac{y_c}{\frac{y_c}{h}}$$

$$h = \frac{0.908}{0.519} = 1.7495\ m$$

$$h_{asumido} = 1.8\ m$$

$$l = \frac{h}{\frac{h}{l}}$$

$$l = \frac{1.8m}{0.47m/m} = 3.829m$$

Dimensionamiento del perfil escalonado de diseño

$$\Delta = 3.0m$$

$$i\ (\frac{h}{l}) = 0.47$$

$$\#\ de\ contrahuellas = \frac{\Delta}{h\ asumido}$$

$$\#\ de\ contrahuellas = \frac{3.0m}{1.8m} = 2$$

$$\#\ de\ huellas = \#\ de\ contrahuellas - 1$$

$$\#\ de\ huellas = 1$$

$$H_d = \#\ de\ contrahuellas * h_{asumido}$$

$$H_d = 2 * 1.8m$$

$$H_d = 3.6\ m$$

$$L_d = \#\ de\ huellas * l_{asumido}$$

$$L_d = 1 * 3.8m = 3.8m$$

$$L_r = \sqrt{{H_d}^2 + {L_d}^2}$$

$$L_r = \sqrt{3.6^2 + 3.8^2}$$

$$L_r = 5.234m$$

Energía del inicio del disipador

$$E_1 = \frac{2}{3} * y_c + \Delta$$

$$E_1 = \frac{2}{3} * 0.908 + 3.0$$

$$E_1 = 3.60m$$

Energía disipada

$$\Delta E = \Delta - y_c$$

$$\Delta E = 3.0 - 0.908 = 2.092m$$

Energía al pie del disipador

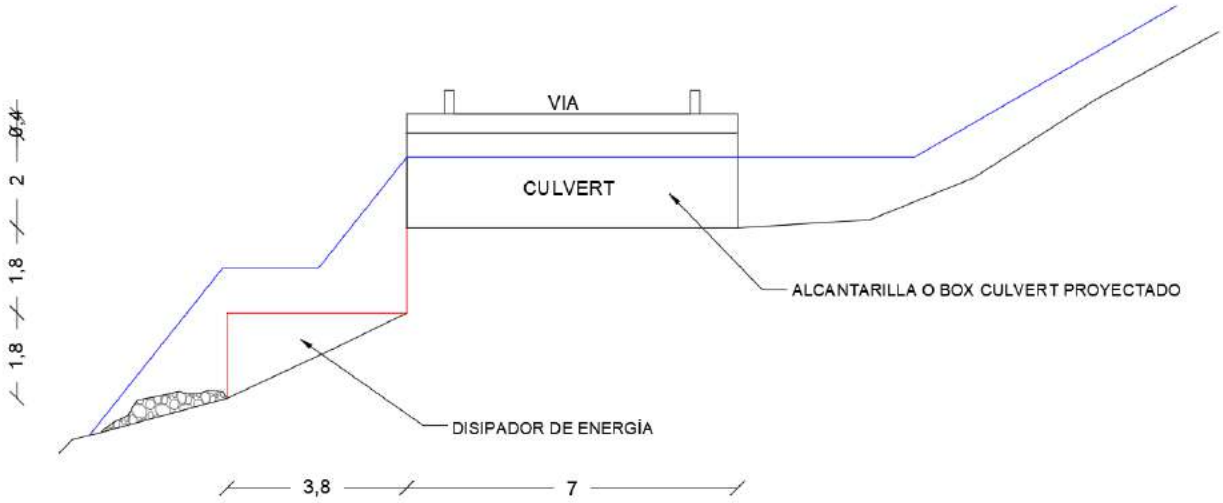
$$E_2 = E_1 - \Delta E$$

$$E_2 = 3.60 - 2.092 = 1.508m$$

$$\%\Delta E = 58.111\%$$

Se logra un 58,111% de disipación de energía con el uso de una estructura disipadora escalonada de una (1) huella con medidas de 2.0m de ancho por 3,8m de largo, dos (2) contrahuellas con 1,8m de altura por 2,0m de ancho, el diseño se presenta a continuación:

Figura 13. Esquema para ubicación estructura de disipación de energía



Fuente: Autor, 2023.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La zona de estudio cuenta con una estación de propiedad del IDEAM en una distancia cercana, la cual posee los datos de precipitación adecuados para la proyección de curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF), en base a esta estación denominada CAMP BUENAVISTA de código 35080030 se desarrolló el análisis de precipitaciones del estudio.

- La cuenca aportante estudiada posee un área de 0.205098km^2 tiene un factor de forma alargada según Horton, además, el tipo de canal se clasifica como rectilíneo desarrollando fuertes pendientes y una baja sinuosidad, por lo que los tiempos de concentración tienden a ser bajos generando crecidas de flujo en lapsos cortos de tiempo y siendo impredecible cuando ocurren lluvias en la parte alta de la cuenca.

- El periodo de retorno para el diseño de la estructura corresponde a 20 años según requerimientos del INVIAS para alcantarillas con diámetros mayores a 0.90m.

- La determinación de caudales, teniendo en cuenta que área aportante no excede las 80 hectáreas se desarrolla mediante el método racional, calculando para un evento de precipitaciones máximas ocurridas cada 20 años un valor de 3.28m^3/s.

- En caso de proyectar box culvert con sección circular deberá corresponder a un conducto con diámetro de 1.50m, en este caso la carga de ingreso corresponde a 1.42m, manteniéndose por debajo de los 1.8m máximos estipulados por el INVIAS de acuerdo al diámetro seleccionado.

- En caso de proyectarse un box culvert con una única sección cuadrada de 1.50m x 1.50m, se espera una carga de ingreso de 1.29m, inferior a los 1.80m máximos estipulados por el INVIAS para el caso de esta sección, en este sentido, para efectos de diseño estructural la sección hidráulica de ingreso en canal cuadrado con caudal máximo corresponde a 1.93m^2.

- Deberá proyectarse una estructura de disipación de energía escalonada con una huella y dos contrahuellas, la contrahuella tendrá una altura de 1.80m y la huella una longitud de 3.8m, en la entrega al canal natural deberá adecuarse una recepción en concreto ciclópeo.

9. ANEXOS

Anexo H-1. Datos brutos estación CAMP BUENAVISTA código 35080030

Anexo H-2. Determinación curva IDF

Anexo H-3. Estudio cuenca aportante

Anexo H-4. Modelaciones y reportes secciones estudiadas

10. REFERENCIAS

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

Consorcio Río Garagoa. (13 de Diciembre de 2017). Actualización POMCA rio Garagoa. Garagoa, Boyacá, Colombia: Corpochivor.

Gaspari, F. (2002). *Plan de ordenamiento territorial en cuencas.* Huelva: Ediciones Cooperativas, Buenos Aires.

Londoño, C. (2001). Cuencas Hidrográficas: bases conceptuales - caracterización - planificación - administración . Ibagué, Colombia.

Ministerio de Transporte. (30 de Marzo de 2009). Manual de Drenaje para Carreteras. Bogotá D.C., Colombia.

Morisawa, M. (1985). *Rivers: forms and process.* Londres: Longman.

PAVCO. (s.f.). Manual Técnico Tubosistemas para Alcantarillado NOVAFORT NOVALOC. Mexichem.

Schumm. (1952). A tentative classification of alluvial river channels. *Geol. Survey Circular*, 477.

ING. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
Ingeniero Sanitario M.P. 15237-437151 BYC
Ingeniero Ambiental M.P. 15238-437150 BYC
CT023_04

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN, identificado con cédula de ciudadanía No. 1'057.597.804, Ingeniero Ambiental con Matricula Profesional No. 15238-437150 e Ingeniero Sanitario con Matricula Profesional No. 15237-437151 del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA).

CERTIFICO:

Que realicé el memorial de cálculo de los estudios hidráulicos para el proyecto "**CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA" en la obra desarrollada en el municipio San Eduardo**.

Declaro que todos los estudios están realizados cumpliendo con las recomendaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y de acuerdo a la necesidad del proyecto en particular, exonero a los demás particulares por los daños y perjuicios que de estos estudios pudieran derivarse.

Aclaro que me responsabilizo por los estudios y cálculos, siempre y cuando en las obras de "**CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA" en la obra desarrollada en el municipio San Eduardo**, se sigan textual y cabalmente los planos y las directrices técnicas realizadas por el suscrito.

Atentamente,

JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
C.C. 1'057.597.804 de Sogamoso, Boyacá
M.P. 15237-437151 BYC
M.P. 15238-437150 BYC CT023_04

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

15237-437151 BYC

Fecha de Expedición 21/10/2019

Matrícula Profesional

Nombre:
JEISSON ARNULFO
SIERRA LEON

Identificación:
C.C. 1057597804

Profesión:
INGENIERO SANITARIO

Institución:
UNIVERSIDAD DE BOYACA



CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA" en la obra desarrollada en el municipio San Eduardo

CT023_4

190257/0319

Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza al titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.

CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA" en la obra desarrollada en el municipio San Eduardo

DIRECTOR GENERAL

CT023_4

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA. Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590


REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.057.597.804

SIERRA LEON

APELLIDOS

JEISSON ARNULFO

NOMBRES

FIRMA

CT023_4


CT023_4

FECHA DE NACIMIENTO 30-MAR-1995

CHIQUINQUIRA
(BOYACA)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.75 ESTATURA | O+ G.S. RH | M SEXO

10-MAY-2013 SOGAMOSO
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES

INDICE DERECHO

P-0727700-00458447-M-1057597804-20130820 0034476499A 1 40276756

REGISTRADURIA NACIONAL DEL ESTADO CIVIL

CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA" en la obra desarrollada en el municipio

CT023_04

HY-8 Culvert Analysis Report
ANEXO H-4

Project Data

Project Title: CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

MUNICIPIO DE SAN EDUARDO

Designer: Ing. Jeisson Arnulfo Sierra León

Project Date: Tuesday, September 12, 2023

Project Units: SI Units (Metric)

Outlet Control Option: Profiles

Exit Loss Option: Standard Method

1. Crossing Data: Seccion cuadrada

Crossing Notes:

1.1. Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.00 cms

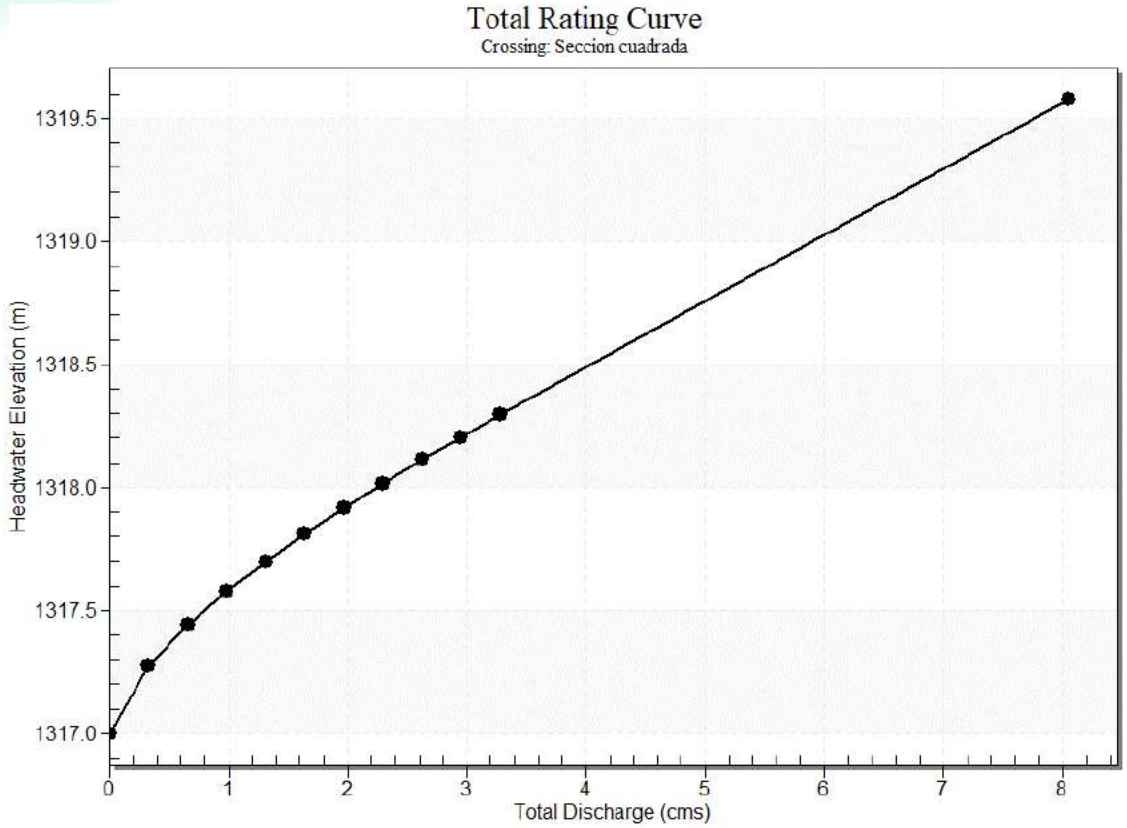
Design Flow: 3.28 cms

Maximum Flow: 3.28 cms

1.1.1. Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Seccion cuadrada

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Seccion cuadrada Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1317.00	0.00	0.00	0.00	1
1317.28	0.33	0.33	0.00	1
1317.44	0.66	0.66	0.00	1
1317.58	0.98	0.98	0.00	1
1317.70	1.31	1.31	0.00	1
1317.81	1.64	1.64	0.00	1
1317.92	1.97	1.97	0.00	1
1318.02	2.30	2.30	0.00	1
1318.11	2.62	2.62	0.00	1
1318.20	2.95	2.95	0.00	1
1318.29	3.28	3.28	0.00	1
1319.50	7.24	7.24	0.00	Overtopping

1.1.2. Rating Curve Plot for Crossing: Seccion cuadrada



2. Culvert Data: Seccion cuadrada

Culvert Notes:

2.1.1. Table 2 - Culvert Summary Table: Seccion cuadrada

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00 cms	0.00 cms	1317.00	0.00	0.000	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33 cms	0.33 cms	1317.28	0.28	0.0*	1-S2n	0.07	0.17	0.08	0.03	2.70	1.42
0.66 cms	0.66 cms	1317.44	0.44	0.0*	1-S2	0.11	0.27	0.14	0.05	3.12	1.87

					n						
0.98 cms	0.98 cms	1317.58	0.58	0.018	1-S2n	0.14	0.35	0.19	0.06	3.40	2.19
1.31 cms	1.31 cms	1317.70	0.70	0.104	1-S2n	0.17	0.43	0.24	0.08	3.61	2.45
1.64 cms	1.64 cms	1317.81	0.81	0.188	1-S2n	0.20	0.50	0.29	0.09	3.77	2.68
1.97 cms	1.97 cms	1317.92	0.92	0.271	1-S2n	0.23	0.56	0.34	0.10	3.91	2.88
2.30 cms	2.30 cms	1318.02	1.02	0.354	1-S2n	0.25	0.62	0.38	0.11	4.03	3.06
2.62 cms	2.62 cms	1318.11	1.11	0.437	1-S2n	0.27	0.68	0.42	0.11	4.14	3.22
2.95 cms	2.95 cms	1318.20	1.20	0.521	1-S2n	0.30	0.73	0.46	0.12	4.24	3.37
3.28 cms	3.28 cms	1318.29	1.29	0.607	1-S2n	0.32	0.79	0.50	0.13	4.34	3.51

* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.

2.2. Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

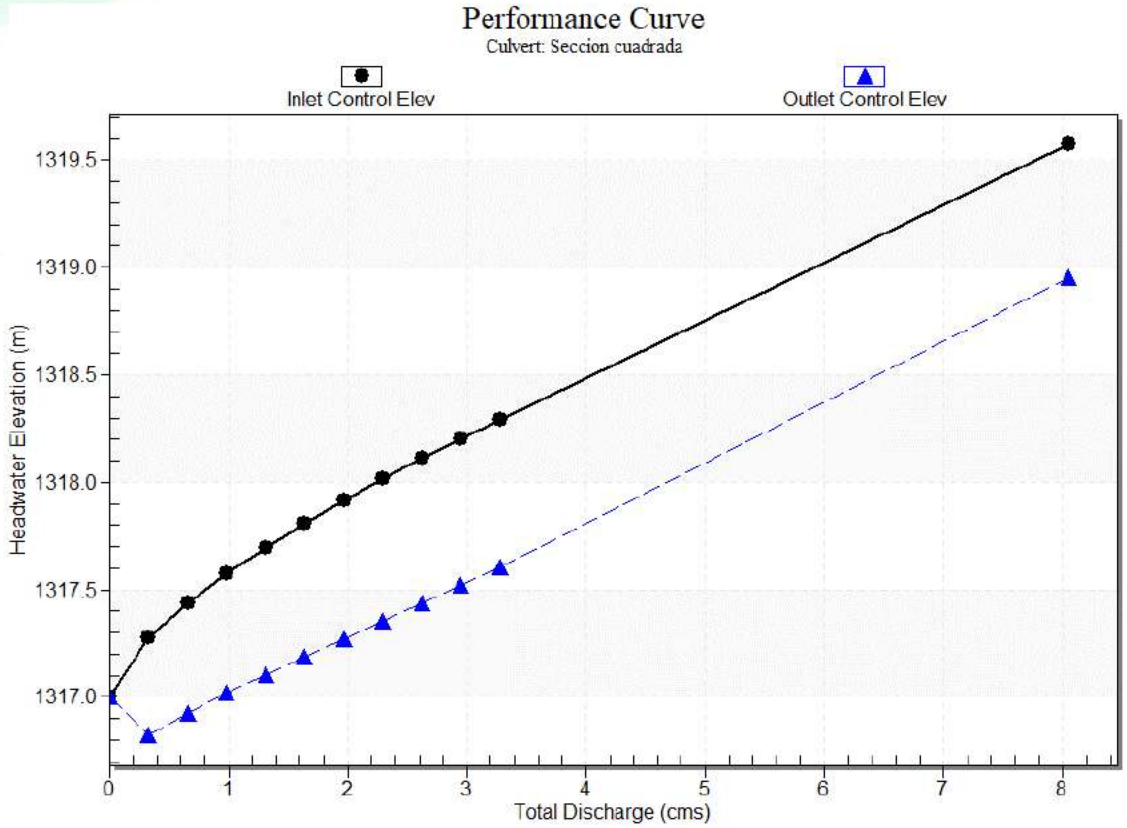
Inlet Elevation (invert): 1317.00 m,

Outlet Elevation (invert): 1316.65 m

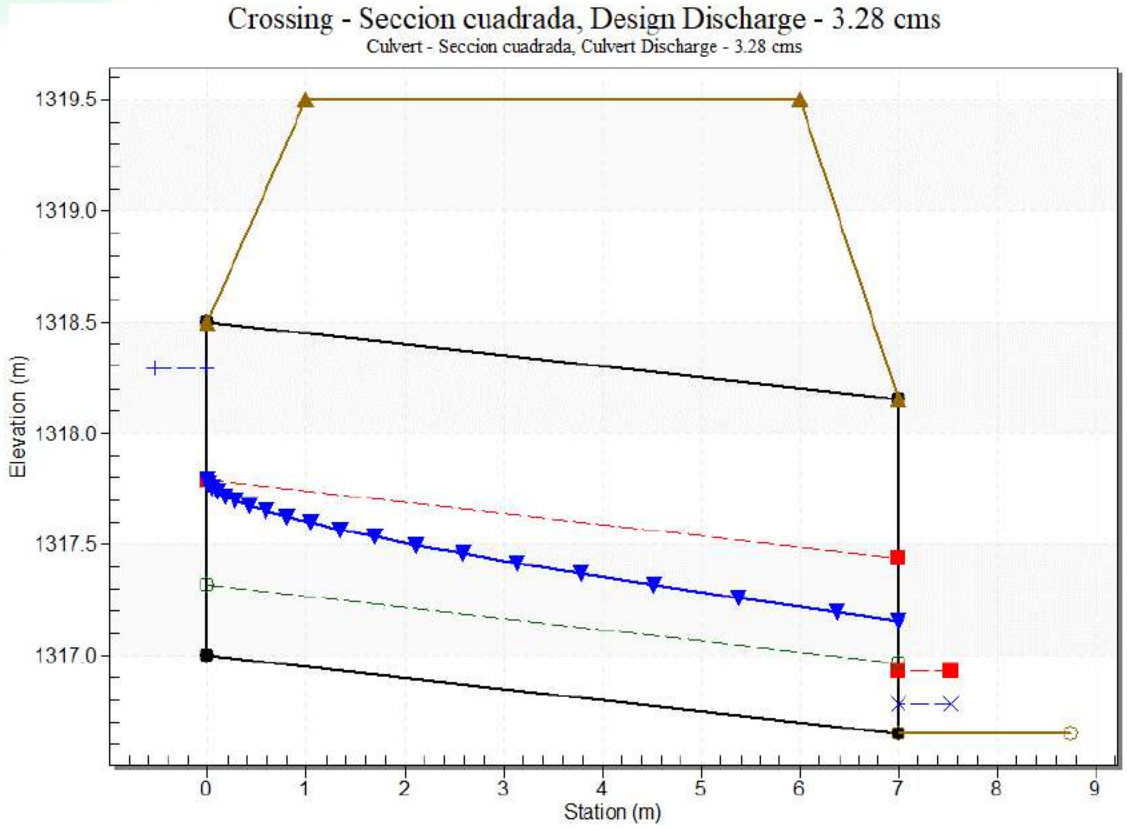
Culvert Length: 7.01 m,

Culvert Slope: 0.0500

2.2.1. Culvert Performance Curve Plot: Seccion cuadrada



2.2.2. Water Surface Profile Plot for Culvert: Seccion cuadrada



2.3. Site Data - Seccion cuadrada

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1317.00 m

Outlet Station: 7.00 m

Outlet Elevation: 1316.65 m

Number of Barrels: 1

2.4. Culvert Data Summary - Seccion cuadrada

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 1500.00 mm

Barrel Rise: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0120

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90º) Headwall (Ke=0.5)

Inlet Depression: None

2.5. Tailwater Data for Crossing: Seccion cuadrada

2.5.1. Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Seccion cuadrada)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.00	1316.65	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	1316.68	0.03	1.42	55.94	2.50
0.66	1316.70	0.05	1.87	84.87	2.67
0.98	1316.71	0.06	2.19	108.23	2.78
1.31	1316.73	0.08	2.45	128.71	2.86
1.64	1316.74	0.09	2.68	147.21	2.92
1.97	1316.75	0.10	2.88	164.27	2.97
2.30	1316.76	0.11	3.06	180.25	3.01
2.62	1316.76	0.11	3.22	195.32	3.05
2.95	1316.77	0.12	3.37	209.67	3.08
3.28	1316.78	0.13	3.51	223.39	3.11

2.6. Tailwater Channel Data - Seccion cuadrada

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 7.00 m

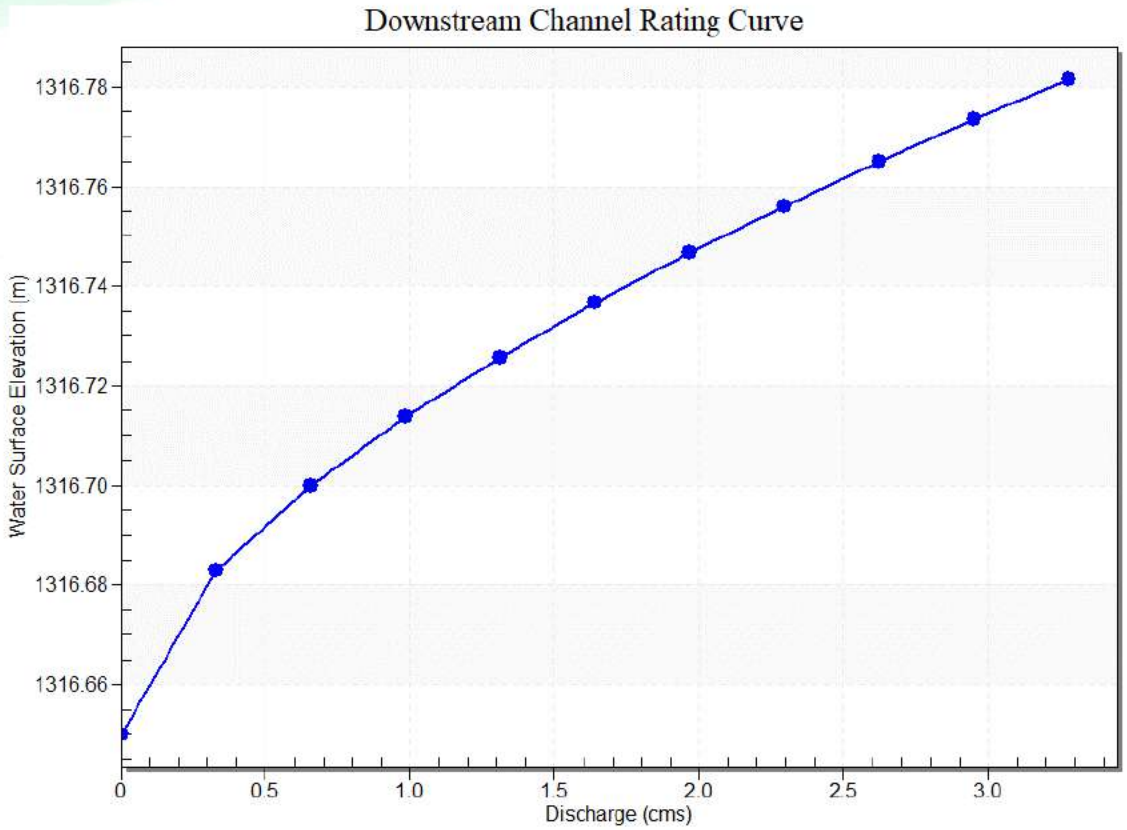
Side Slope (H:V): 0.75 (_:1)

Channel Slope: 0.1733

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 1316.65 m

2.6.1. Tailwater Rating Curve Plot for Crossing: Seccion cuadrada



2.7. Roadway Data for Crossing: Seccion cuadrada

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 1319.50 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 5.00 m

3. AOP Reach Data

3.1. AOP Input contains errors and the computations were not completed

4. AOP Reach Cross Sections

4.1. AOP Input contains errors and the computations were not completed

5. AOP Reach Gradations

5.1. AOP Input contains errors and the computations were not completed

6. Low Flow Hydraulic Computations

6.1. Low Flow Hydraulic Input contains errors and the computations were not completed

7. Low Flow Hydraulic Gradations

7.1. Low Flow Hydraulic Input contains errors and the computations were not completed

8. Low Flow Hydraulic Plots

8.1. Low Flow Hydraulic Input contains errors and the computations were not completed

9. Crossing Data: Seccion circular

Crossing Notes:

9.1. Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.00 cms

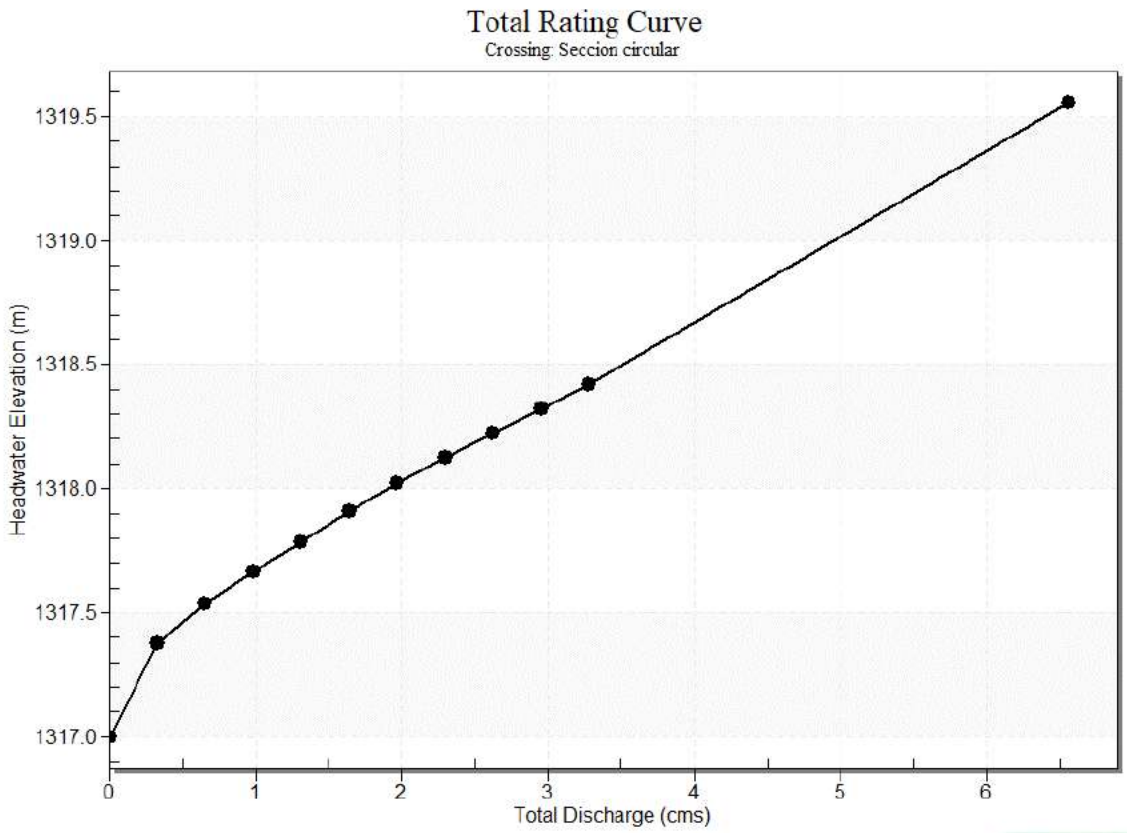
Design Flow: 3.28 cms

Maximum Flow: 3.28 cms

9.1.1. Table 4 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Seccion circular

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Seccion circular Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1317.00	0.00	0.00	0.00	1
1317.37	0.33	0.33	0.00	1
1317.54	0.66	0.66	0.00	1
1317.67	0.98	0.98	0.00	1
1317.78	1.31	1.31	0.00	1
1317.91	1.64	1.64	0.00	1
1318.02	1.97	1.97	0.00	1
1318.12	2.30	2.30	0.00	1
1318.22	2.62	2.62	0.00	1
1318.32	2.95	2.95	0.00	1
1318.42	3.28	3.28	0.00	1
1319.50	6.08	6.08	0.00	Overtopping

9.1.2. Rating Curve Plot for Crossing: Seccion circular



10. Culvert Data: Seccion circular

Culvert Notes:

10.1.1. Table 5 - Culvert Summary Table: Seccion circular

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00 cms	0.00 cms	1317.00	0.00	0.000	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33 cms	0.33 cms	1317.37	0.37	0.0*	1-S2n	0.14	0.29	0.17	0.03	3.03	1.42
0.66 cms	0.66 cms	1317.54	0.54	0.068	1-S2n	0.19	0.41	0.25	0.05	3.35	1.87
0.98 cms	0.98 cms	1317.67	0.67	0.177	1-S2n	0.23	0.50	0.32	0.06	3.58	2.19
1.31 cms	1.31 cms	1317.78	0.78	0.277	1-S2n	0.27	0.58	0.38	0.08	3.73	2.45
1.64 cms	1.64 cms	1317.91	0.91	0.374	1-S2n	0.30	0.66	0.43	0.09	3.87	2.68
1.97 cms	1.97 cms	1318.02	1.02	0.469	1-S2n	0.33	0.72	0.48	0.10	3.99	2.88
2.30 cms	2.30 cms	1318.12	1.12	0.565	1-S2n	0.35	0.78	0.53	0.11	4.11	3.06
2.62 cms	2.62 cms	1318.22	1.22	0.663	1-S2n	0.38	0.84	0.57	0.11	4.21	3.22
2.95 cms	2.95 cms	1318.32	1.32	0.763	1-S2n	0.40	0.89	0.62	0.12	4.31	3.37
3.28 cms	3.28 cms	1318.42	1.42	0.865	1-S2n	0.42	0.94	0.66	0.13	4.40	3.51

* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.

10.2. Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

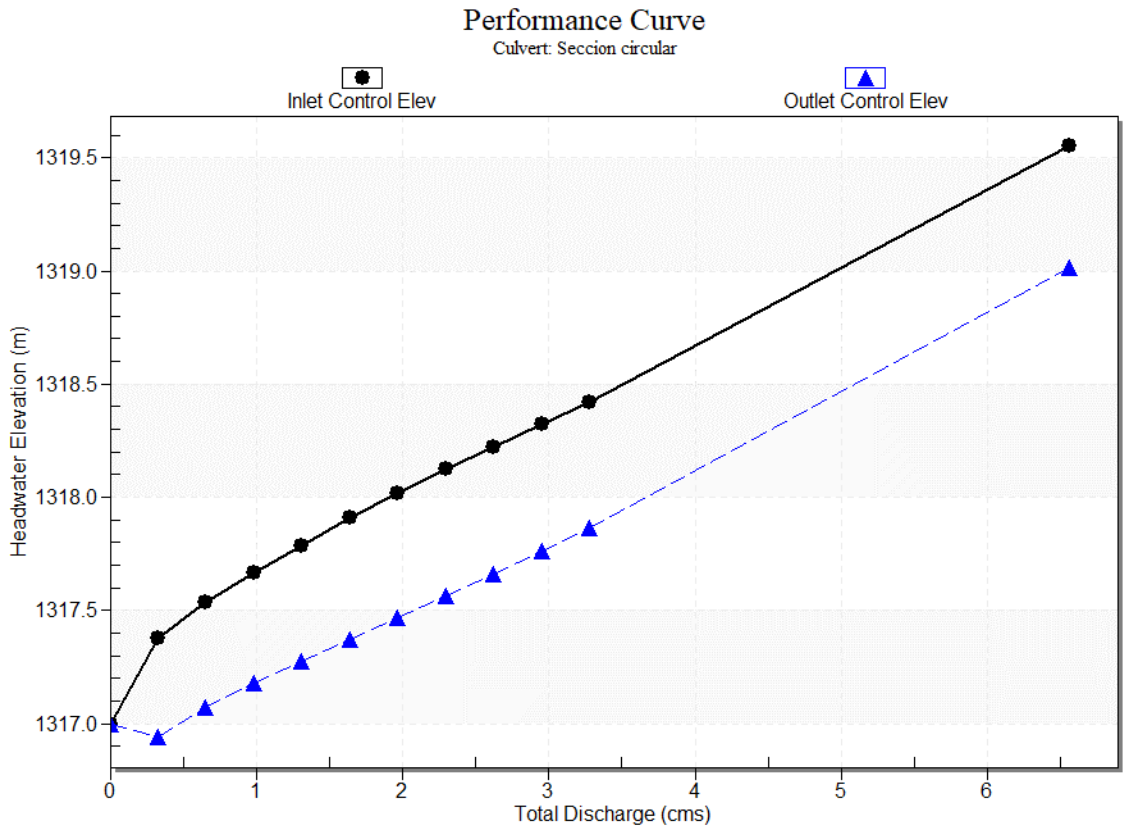
Inlet Elevation (invert): 1317.00 m,

Outlet Elevation (invert): 1316.65 m

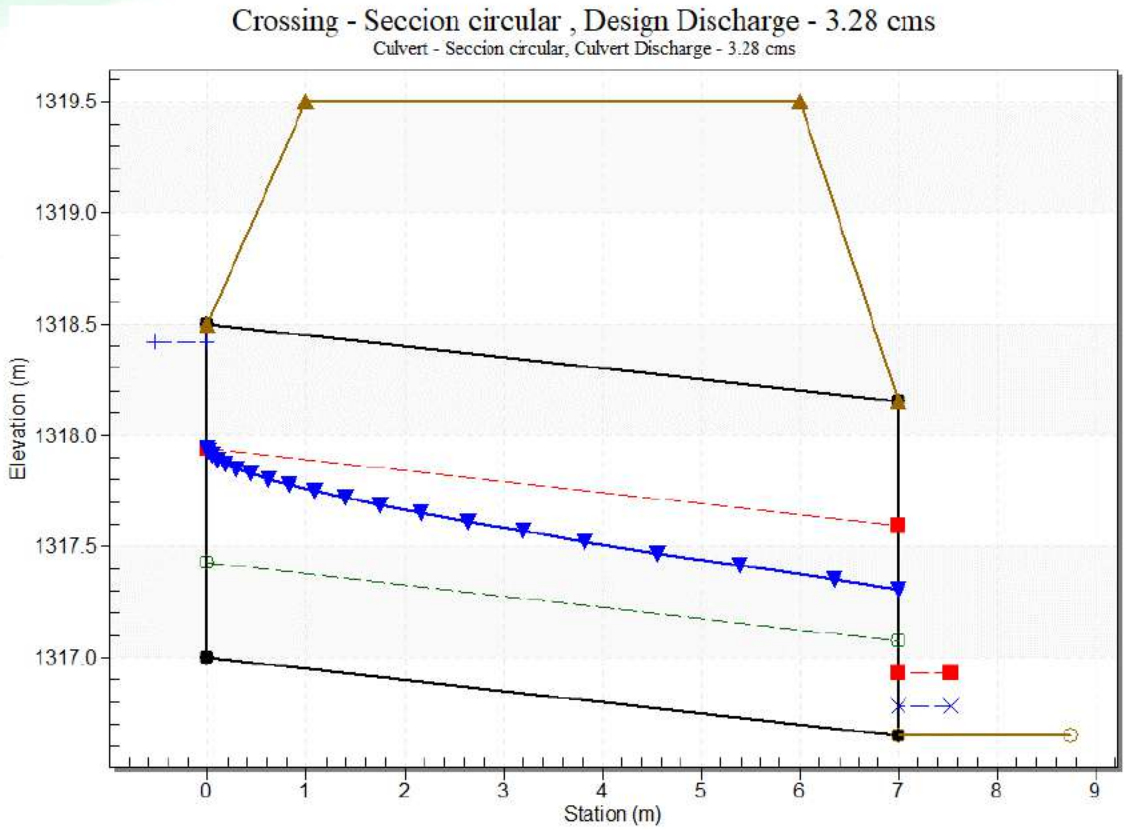
Culvert Length: 7.01 m,

Culvert Slope: 0.0500

10.2.1. Culvert Performance Curve Plot: Seccion circular



10.2.2. Water Surface Profile Plot for Culvert: Seccion circular



10.3. Site Data - Seccion circular

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1317.00 m

Outlet Station: 7.00 m

Outlet Elevation: 1316.65 m

Number of Barrels: 1

10.4. Culvert Data Summary - Seccion circular

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1500.00 mm

Barrel Material: PVC

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0110

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall (Ke=0.5)

Inlet Depression: None

10.5. Tailwater Data for Crossing: Seccion circular

10.5.1. Table 6 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Seccion circular)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.00	1316.65	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	1316.68	0.03	1.42	55.94	2.50
0.66	1316.70	0.05	1.87	84.87	2.67
0.98	1316.71	0.06	2.19	108.23	2.78
1.31	1316.73	0.08	2.45	128.71	2.86
1.64	1316.74	0.09	2.68	147.21	2.92
1.97	1316.75	0.10	2.88	164.27	2.97
2.30	1316.76	0.11	3.06	180.25	3.01
2.62	1316.76	0.11	3.22	195.32	3.05
2.95	1316.77	0.12	3.37	209.67	3.08
3.28	1316.78	0.13	3.51	223.39	3.11

10.6. Tailwater Channel Data - Seccion circular

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 7.00 m

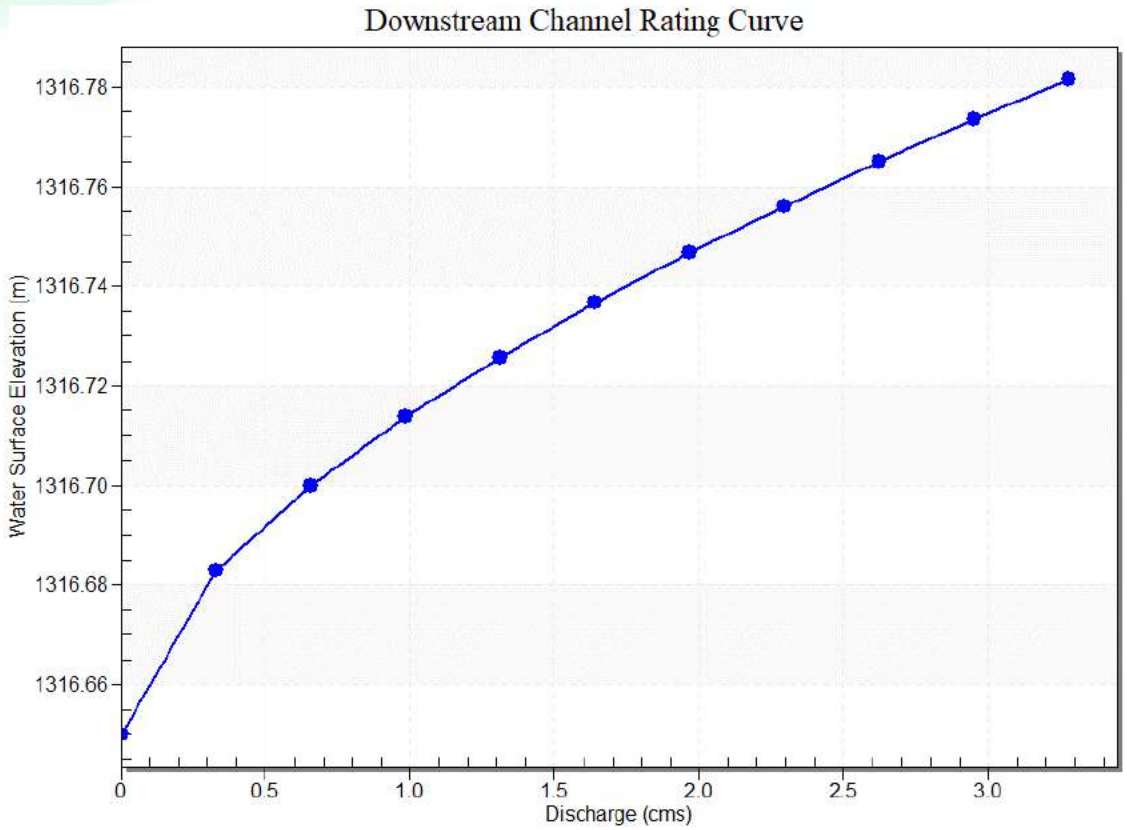
Side Slope (H:V): 0.75 (_:1)

Channel Slope: 0.1733

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 1316.65 m

10.6.1. Tailwater Rating Curve Plot for Crossing: Seccion circular



10.7. Roadway Data for Crossing: Seccion circular

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 1319.50 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 5.00 m

APROBACIÓN ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Tunja, 09 de octubre de 2023

Señores:
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
Municipio de San Eduardo - Boyacá
Ciudad

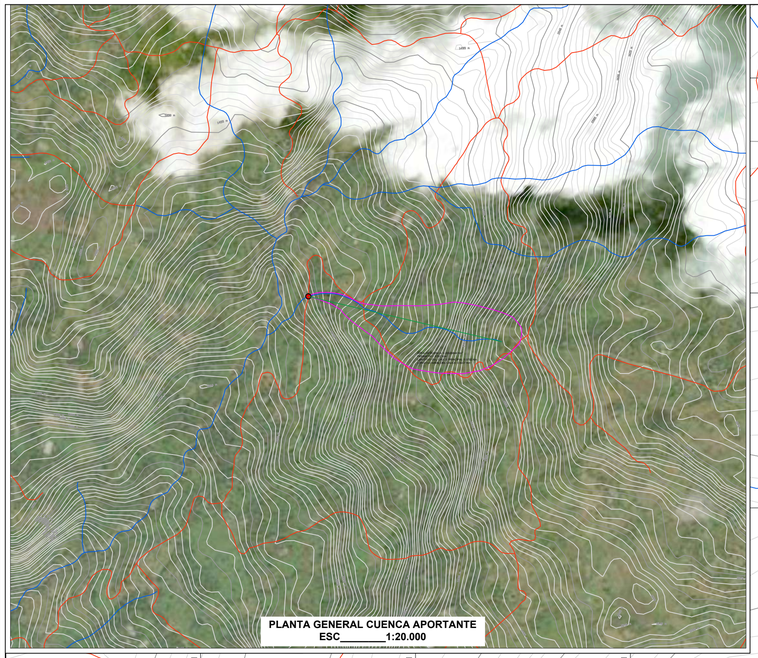
Yo, **IVAN FERLEY CAÑÓN PÁEZ**, Ingeniero Sanitario y Ambiental, Especialista en Gestión Ambiental, con Matricula Profesional No. **15236-098708**, debidamente registrado del consejo profesional nacional de Ingeniería, **APRUEBO** el estudio Hidrológico e Hidráulico elaborado por **JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN** ingeniero Ambiental e ingeniero Sanitario con Matrículas Profesionales No. **15237-437151 BYC** y **15238-437150 BYC**. El presente estudio cumple con las recomendaciones del **Instituto Nacional de Vías (INVIAS)** y de acuerdo con la necesidad del proyecto en particular, para el contrato cuyo objeto es: **"CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ". MUNICIPIO DE SAN EDUARDO - BOYACÁ**

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Gobernación de Boyacá no constituye una aprobación al Estudio Hidrológico e Hidráulico, sino una verificación del cumplimiento de las recomendaciones del **Instituto Nacional de Vías (INVIAS),** vigentes.

Atentamente,



IVÁN FERLEY CAÑÓN PÁEZ
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL
M.P. 15236-098708



ÁREA DE CUENCA: 0.20509844 Km^2
PERIMETRO: 2.257 Km
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL: 0.9782 Km
LONGITUD AXIAL DEL CAUCE: 0.9227 Km

ESCALA GRÁFICA:
1: 5.000
0 50 100 150 200 250 500 (m)

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

MUNICIPIO DE SAN EDUARDO

CONTIENE:

- PLANTA CUENCA APORTANTE.

DISEÑO:

Ing. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
Contacto: +57 3212820720
ing.jearsile@gmail.com

APROBÓ:

IVAN FERLEY CARDOLPAEZ
ING ESPECIALISTA EN GESTION AMBIENTAL
M.P. 1120-236709

REVISÓ:

NYS CONSTRUCOL SAS
R/L. SONIA MALENA MARIN SOTELO

APROBO:

CONSORCIO INTEREMERGENCIAS NORTE
R/L. NANCY YASMIN QUIROGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

- VÍAS
- CURVAS DE NIVEL
- DRENAJE SENCILLO
- ZONA DE INTERVENCIÓN
- DELIMITACIÓN DE CUENCA
- LONGITUD AXIAL

DÍGITO :

Ing. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
Contacto: +57 3212820720
ing.jearsile@gmail.com

ESCALA :

INDICADA

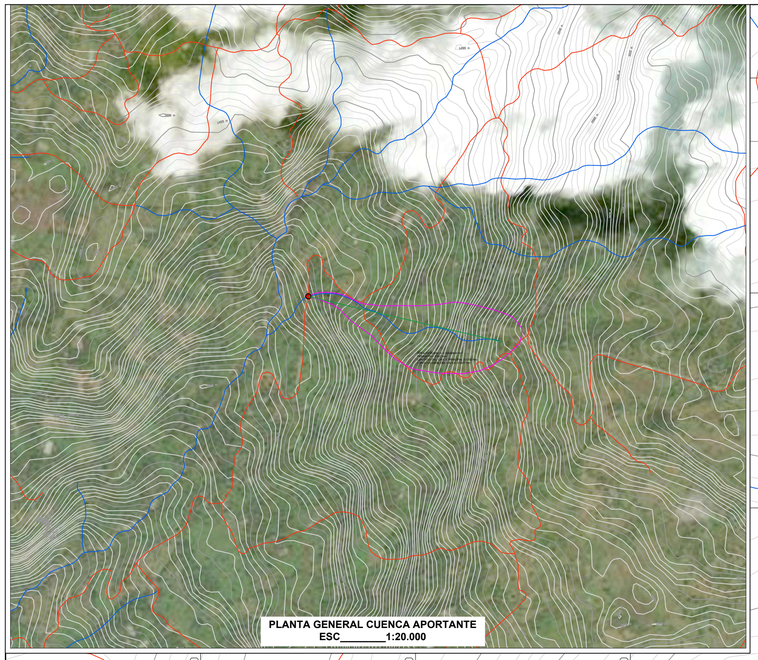
FECHA :

SEPTIEMBRE DE 2023

ARCHIVO DIGITAL :

ANEXO H-3

PLANO Nº 1 DE 1



E-706750 E-707000 E-707250 E-707500 E-707750 E-708000 E-708250 E-708500 E-708750 E-709000

N-592750 N-592500 N-592250 N-592000 N-591750 N-591500 N-591250 N-591000

ÁREA DE CUENCA: 0.20509844 Km^2
PERIMETRO: 2.257 Km
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL: 0.9782 Km
LONGITUD AXIAL DEL CAUCE: 0.9227 Km

ESCALA GRÁFICA:
1: 5.000
0 50 100 150 200 250 500 (m)

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CENTRO, NORTE, GUTIERREZ, LENGUPA, RICAURTE, NEIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

MUNICIPIO DE SAN EDUARDO

CONTIENE:

- PLANTA CUENCA APORTANTE.

DISEÑO:

Ing. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
Contacto: +57 3212820720
ing.jearsile@gmail.com

APROBÓ:

IVAN FERNEY CARDOZ PAEZ
ING ESPECIALISTA EN GESTION AMBIENTAL
M.P. 15236-356709

REVISÓ:

APROBO:

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

- VÍAS
- CURVAS DE NIVEL
- DRENAJE SENCILLO
- ZONA DE INTERVENCIÓN
- DELIMITACIÓN DE CUENCA
- LONGITUD AXIAL

DÍGITO :

Ing. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
Contacto: +57 321820720
ing.jearsile@gmail.com

ESCALA :

INDICADA

FECHA :

SEPTIEMBRE DE 2023

ARCHIVO DIGITAL :

ANEXO H-3

PLANO Nº 1 DE 1