ESTUDIO TOPOGRÁFICO

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR.

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA

TOPOGRAFÍA

San Pablo de Borbur, Boyacá

TOPOGRAFÍA

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA

Versión 1.0

Contratista:

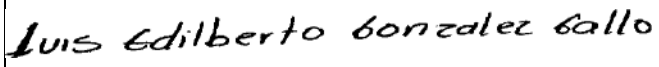
CONSTRUCTORA PAIS S.A.S

NIT. 901063647-3

SAN PABLO DE BORBUR –BOYACÁ

SEPTIEMBRE

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 Pablo de Borbur.....8
Figura 3. Localización vía de estudio- San Pablo de Borbur.....8
Figura 4. TOPCON GTS 246NW SERIAL V20160.....10
Figura 5. Especificaciones GTS 246NW 12

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Coordenadas Topografía.....13

TOPOGRAFÍA

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA

MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR – BOYACÁ

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 principal del municipio de San Pablo de Borbur, en el departamento de Boyacá.

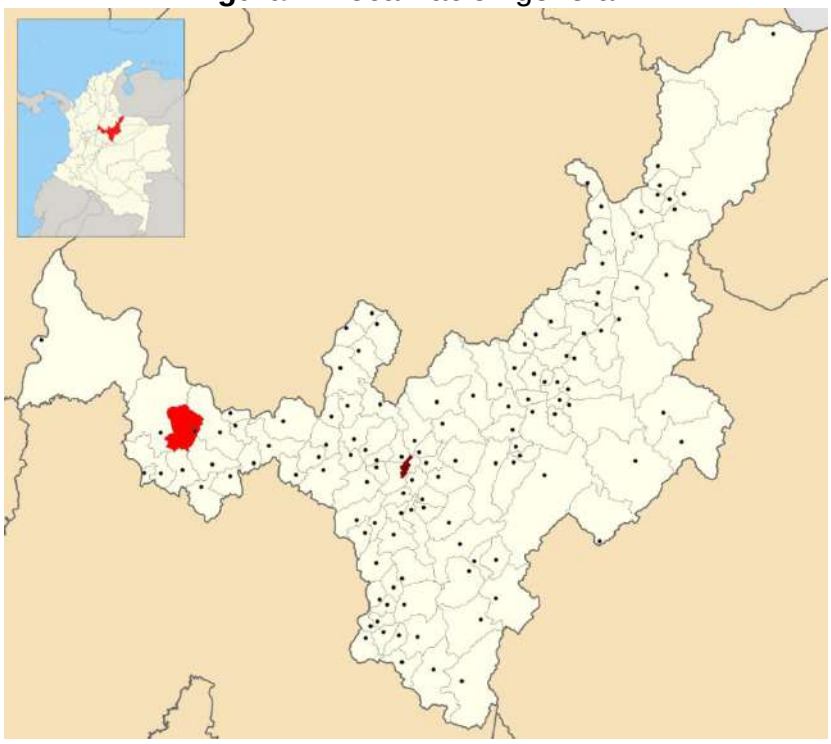
Documento que hace parte del cumplimiento para el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA."

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 Pablo de Borbur se localiza en la Latitud Norte: 5°39´05"N, Longitud Oeste: 74°04´10" O, a 830 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media es de 23.5 °C, con una precipitación media anual de 1200 mm. Se encuentra a 192 km de Bogotá y su superficie total es de 193 km².

Figura 1. Localización general



Fuente: Wikipedia-sitio web del municipio de San Pablo de Borbur

los límites del municipio de San Pablo de Borbur, Boyacá, son los siguientes:

- Norte: Municipios de Otanche y Pauna.
- Sur: Municipio de Muzo.
- Oriente: Municipios de Pauna y Maripi.
- Occidente: Municipio de Otanche.

La población del municipio de San Pablo de Borbur es de aproximadamente 10524 habitantes. La actividad económica principal es la agricultura, ganadería y minería.

Figura 2. División política del municipio de San Pablo de Borbur



Fuente: Oficina de planeación del municipio de San Pablo de Borbur, departamento de Boyacá

Figura 3. Localización vía de estudio- San Pablo de Borbur



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 Pablo de Borbur 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 Pablo de Borbur. 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

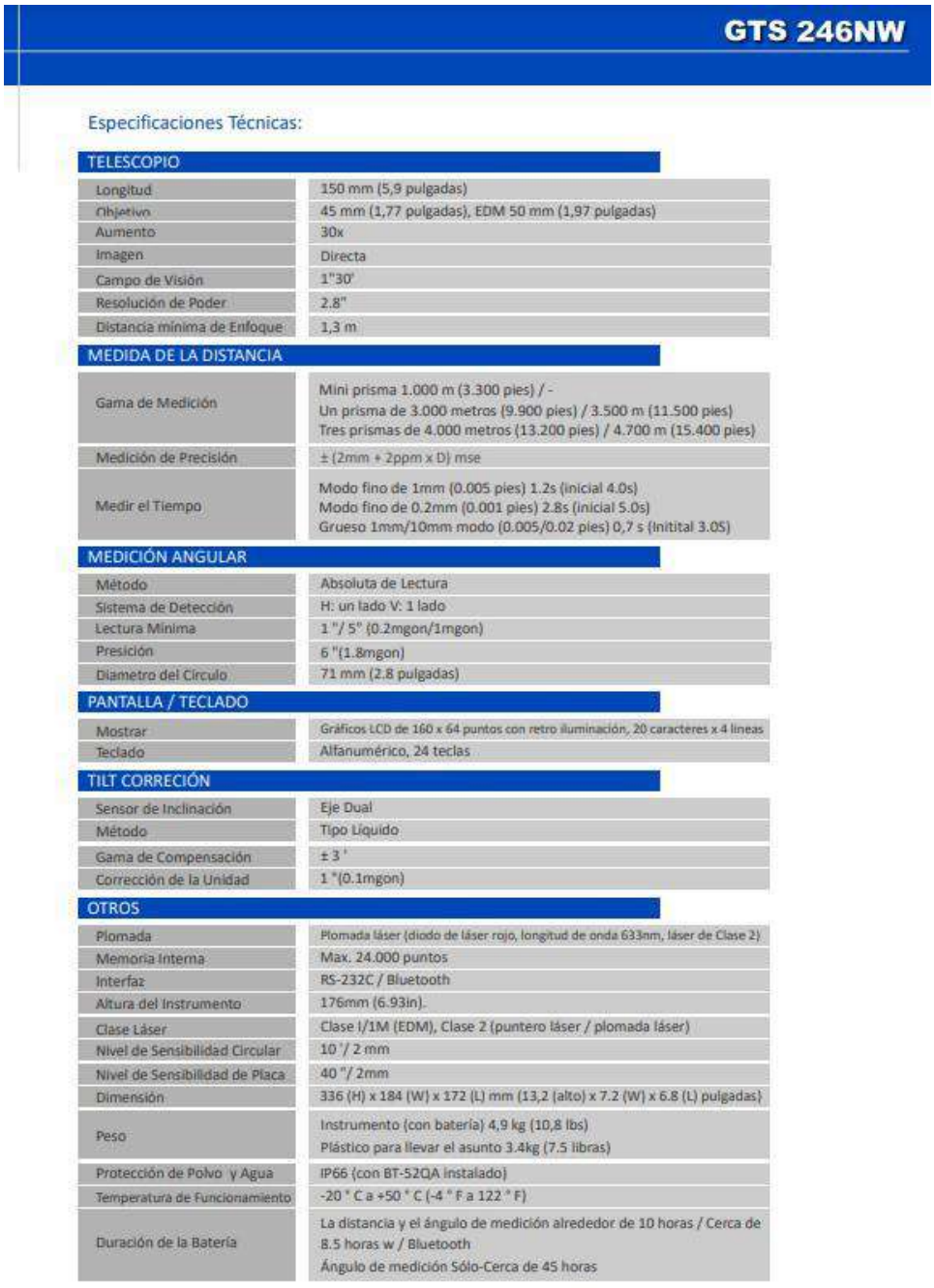
Los equipos utilizados en el levantamiento topográfico son:

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 lineas
Teclado	Alfanumérico, 24 teclas
TILT CORRECIÓN	
Sensor de Inclinación	Eje Dual
Método	Tipo Liquido
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 Pablo de Borbur que se delimitaron en la visitatécnica, 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°37’31.79”	74°9’7.47”

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

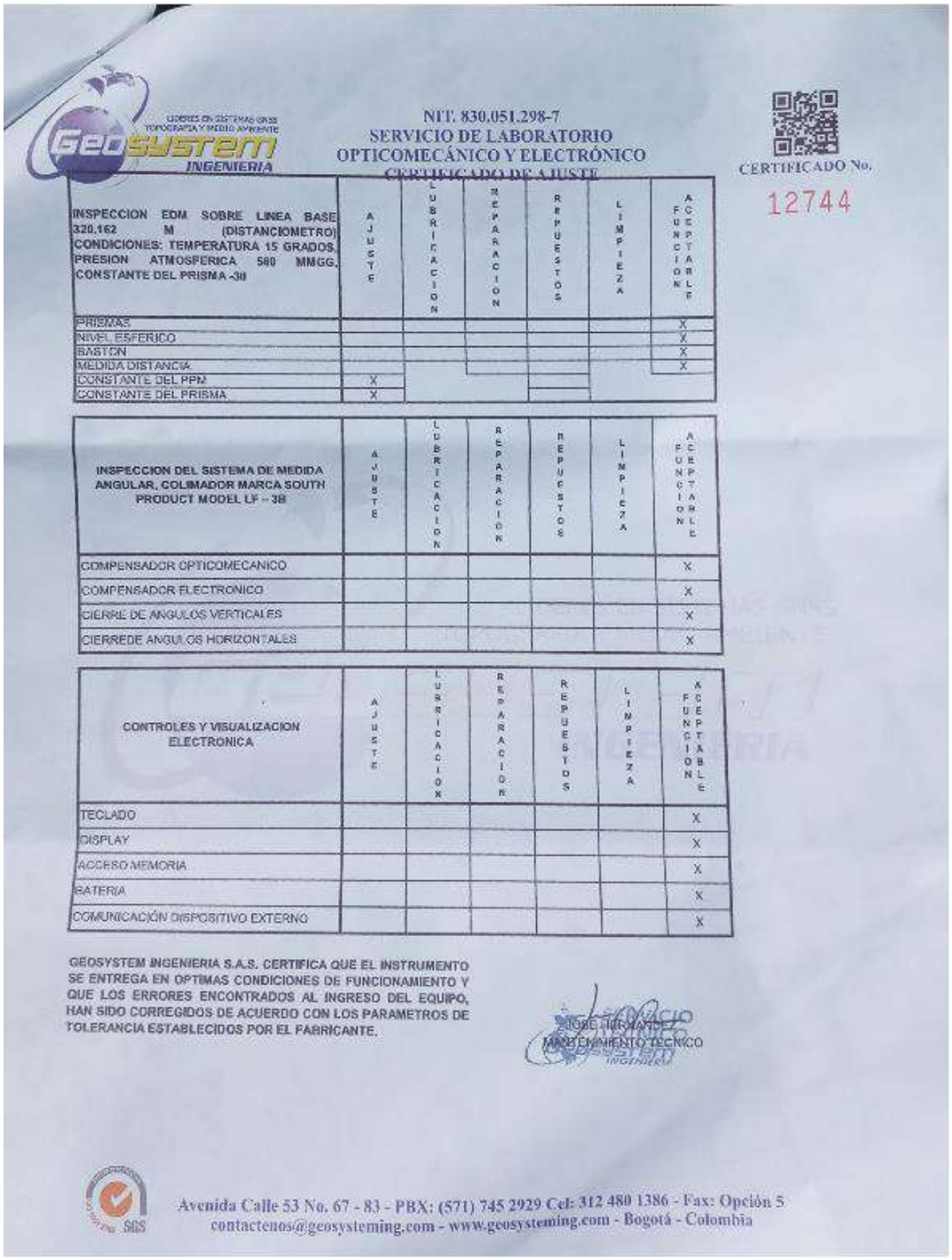






ANEXO 2

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 580 MMGG, CONSTANTE DEL PRISMA -30	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	ACEPTABLE FUNCION
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 – 30	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	ACEPTABLE FUNCION
COMPENSADOR OPTICOMECANICO						X
COMPENSADOR ELECTRONICO						X
CIERRE DE ANGULOS VERTICALES						X
CIERREDE ANGULOS HORIZONTALES						X

CONTROLES Y VISUALIZACION ELECTRONICA	AJUSTE	LUBRICACION	REPARACION	REPUESTOS	LIMPIEZA	ACEPTABLE FUNCION
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.

JOSE IGNACIO
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

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.

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

ANEXO 3

PLANOS TOPOGRÁFICOS EN FORMATO PDF Y DWG

ANEXO 4

CARTERA Y MEMORIA DE LEVANTAMIENTO

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Por medio de la presente me permito dejar en constancia la responsabilidad de los trabajos realizados en el municipio de Borbur, lo entregando un informe y los planos topográficos planta perfil y ubicación debidamente firmados, con sus respectivas carteras topográficas.

Luis Edilberto Gonzalez Gallo

Att. Luis Edilberto González Gallo
CC. 1052313255 de Belén Boyacá
Cl. 3203589930
edilbertogonzalez500@gmail.com

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.

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.052.313.255

GONZALEZ GALLO

APELLIDOS

LUIS EDILBERTO

NOMBRES



FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 23-MAR-1990

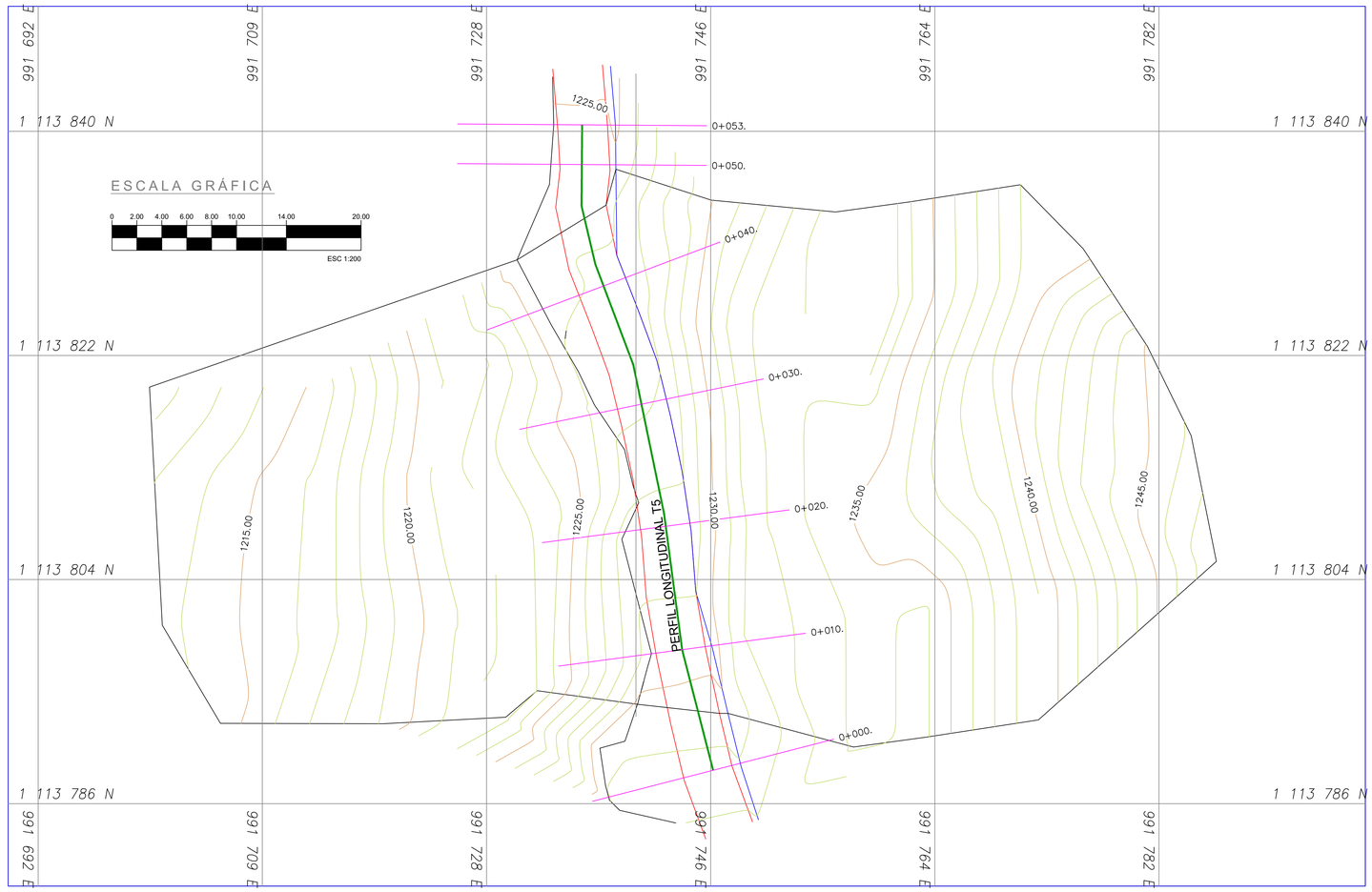
BELEN
(BOYACA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.70 AB+ M
ESTATURA G.S. RH SEXO

26-MAR-2008 BELEN
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES

P-0701300-00179252-M-1052313255-20090917 0016213261A 4 27674841

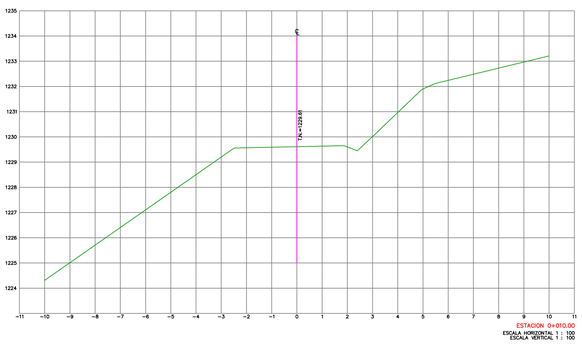


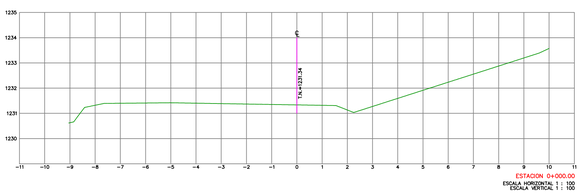


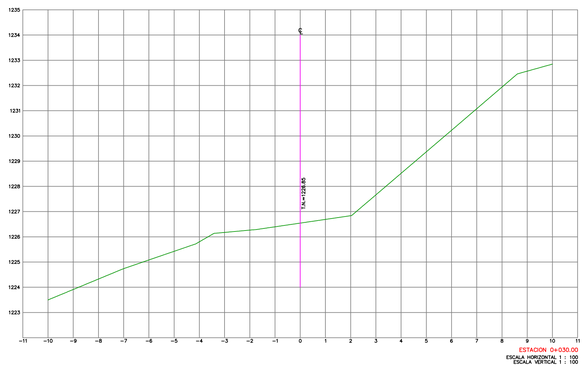
PERFIL TRASVERSAL T5_COSCUES

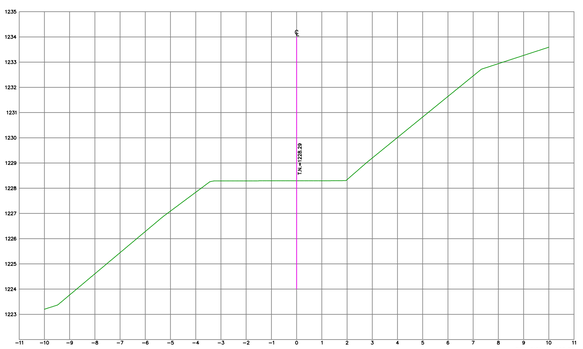
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000

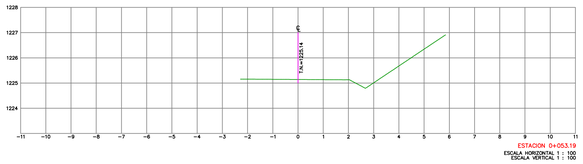
ESCALA VERTICAL 1 : 100

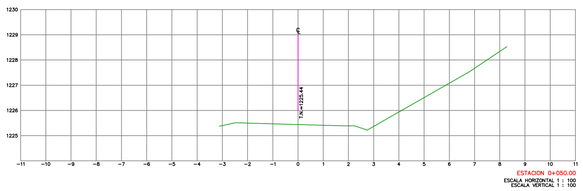


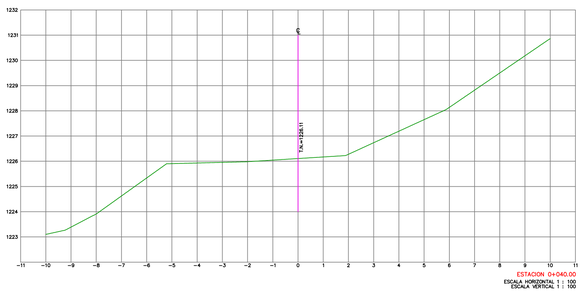












GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

OBRA PUBLICA
N° DE CONTRATO 002-2023

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONTIENE:

PLANTA PERFIL - SECCIONES TRANSVERSALES Y DETALLES TRAMO 5 COSCUEZ

LEVANTO:

Luis Edilberto Gonzalez Gallo

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

REVISÓ:

CONTRATISTA DE OBRA
R/L JUAN CARLOS VELÁSQUEZ
CONSTRUCTORA PAÍS S.A.S

APROBO:

Jhonatan Meneses

INTERVENTORIA
R/L ING. JHONATAN MENESES
CONSORCIO CARINGA

LOCALIZACIÓN:



MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR – SECTOR EL SILENCIO

CONVENCIONES

- *Via*
- *Curva indice*
- *Curva intermedia*
- *Arbol*
- *Red hidrica*
- *Estación P.K.*

DÍGITO :

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

ESCALA :

1 : 200

FECHA :

SEPTIEMBRE DE 2023

ARCHIVO DIGITAL :

LT_TRAMO5_COSCUEZ.DWG

PLANO Nº DG 1 1 DE



DELTAS	COORDENADAS	
	X	Y
D1	991737.436	1113801.919
D2	991739.113	1113791.032
DISTANCIA	11.0154	

ESTUDIO HIDRÁULICO

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR.

CT019_05

CONCEPTO TÉCNICO DISEÑO HIDRÁULICO

"CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA"

MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR
SECTOR EL SILENCIO

ELABORADO POR

ING. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN

M.P. 15237-437151 BYC
M.P. 15238-437150 BYC
INGENIERO SANITARIO
INGENIERO AMBIENTAL

NOVIEMBRE, 2023

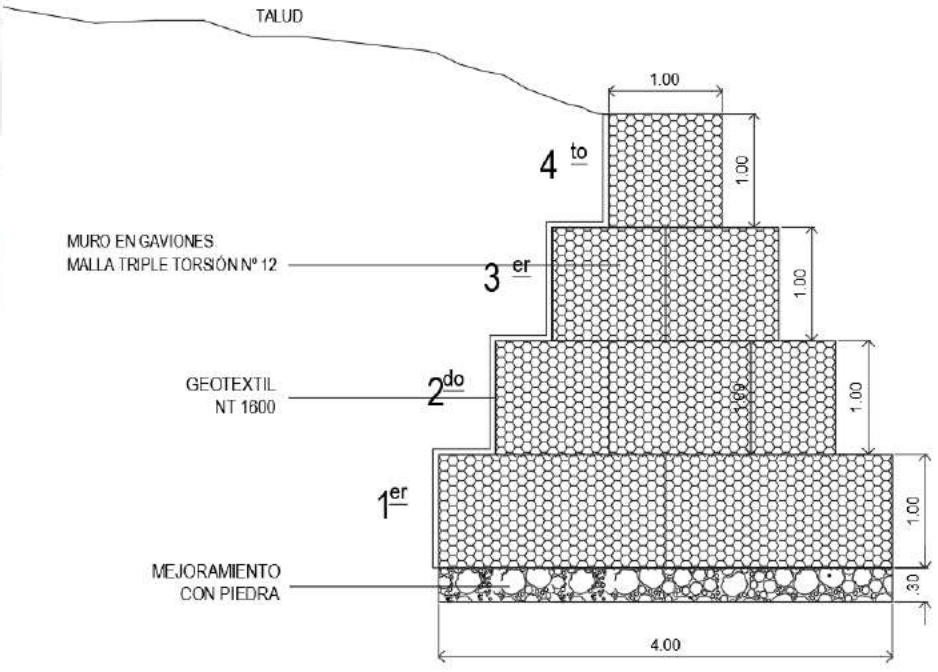
1. GENERALIDADES

Los gaviones son cajones rectangulares constituidos por mallas de características especiales que forman una base, paredes verticales y una tapa. Están compuestos por un lleno de fragmentos de roca, mientras que la canasta está elaborada en acero especial de alto desempeño (PAVCO, 2014).

Los gaviones son muros que presentan una elevada resistencia, puesto que al ser totalmente permeables alivian las tensiones que se acumulan en el trasdós de los muros tradicionales. Así mismo, debido a su gran flexibilidad, soportan movimientos y asientos diferenciales sin pérdida de eficiencia. Además, son muros que se construyen de forma sencilla y económica. Sin embargo, hay que tener presente que las mallas de acero galvanizado se corroen en ambientes ácidos, por lo que la falta de control de calidad en los amarres de la malla puede provocar problemas (Yepes, 2023).

Los espacios intersticiales en el relleno de piedra dentro de las cestas proporcionan un alto grado de permeabilidad en toda la estructura, lo que elimina la necesidad de un sistema de drenaje y evita la acumulación de presión hidrostática que desplazará y agrietará las estructuras de hormigón, es importante mencionar la importancia de la instalación de un geotextil no tejido desde la referencia 1600 en adelante ubicado en el costado en contacto con el talud.

Figura 1. Configuración de gaviones



Fuente: Estudio estructural, 2023.

Teniendo en cuenta la alternativa planteada, no se proyecta ningún sistema de drenaje para el muro de gaviones, sin embargo, se recomienda realizar una limpieza y optimización de las cunetas asociadas a la vía de intervención, ya que los gaviones actúan como un medio filtrante donde el agua proveniente del talud y corrientes subsuperficiales se descargan por gravedad en la parte baja del muro, donde la cuneta será la encargada del drenaje del flujo.

Atentamente,

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

CT019_05

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

CT019_05

MEMORIAS DE CÁLCULO

DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROYECTO "CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA"

MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR
SECTOR EL SILENCIO

ELABORADO POR

ING. JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN

M.P. 15237-437151 BYC
M.P. 15238-437150 BYC
INGENIERO SANITARIO
INGENIERO AMBIENTAL

INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

NOVIEMBRE, 2023

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
1	11/07/2023	Creación del documento
2	23/11/2023	Modificaciones estructurales y técnicas 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 PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA" *MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR SECTOR EL SILENCIO*	
Número de revisión:	2.0	
Elaboró:	**Nombre:**	JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
	Cédula:	1057597804
	Matrícula profesional:	15238-437150 BYC 15237-437151 BYC
	Fecha:	23/11/ 2023
	Serie:	CT019_05

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5
2. JUSTIFICACIÓN 5
3. NORMATIVA 5
4. LOCALIZACIÓN 6
5. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 8
   5.1. Datos de hidrología y meteorología 8
      5.1.1. Clima y temperatura 9
      5.1.2. Humedad 10
      5.1.3. Precipitación 11
      5.1.4. Curva IDF 12
6. DISEÑO DE DRENAJE 16
      6.1.1. Estimación del caudal de diseño 17
      6.1.2. Sistema de evacuación de líquidos 18
      6.1.3. Determinación de la sección transversal del subdrén 19
      6.1.4. Criterio de retención (TAA) 20
      6.1.5. Criterio de permeabilidad 21
      6.1.6. Criterio de colmatación 21
      6.1.7. Criterio de supervivencia 22
      6.1.8. Criterio de permitividad 23
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 26
8. REFERENCIAS 27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto 7
Figura 2. Ubicación estaciones zona de intervención 9
Figura 3. Variación de temperaturas al año en el municipio de San Pablo de Borbur 10
Figura 4. Precipitación mínima, media, y máxima anual histórica, estación Borbur 2 11
Figura 5. Precipitación media anual San Pablo de Borbur 12
Figura 6. Regiones en Colombia para definición de parámetros 13
Figura 7. Curva IDF estación Borbur 2 código 23120250 15
Figura 8. Nomograma para el cálculo del diámetro de tubería a usar 18
Figura 9. Pendiente Vs velocidad, según el tamaño del agregado 19
Figura 10. Especificaciones técnicas de geotextiles no tejidos 22

Figura 11. Sistema de drenaje proyectado 25

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de los municipios por extensión territorial y área de residencia, Municipio de San Pablo de Borbur Boyacá 6
Tabla 2. Valores de los coeficientes calculo IDF para Colombia 13
Tabla 3. Precipitación máxima anual histórica en 24 horas estación Borbur 2 código 23120250 13
Tabla 4. Datos curva IDF estación Borbur 2 14
Tabla 5. Valores de permeabilidad de los principales tipos de suelos 16
Tabla 6. Valores recomendados para Fi 17
Tabla 7. Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenajes 23
Tabla 8. Cálculo de cantidades para el sistema de drenaje subsuperficial proyectado 26

INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

1. INTRODUCCIÓN

Es fundamental realizar un estudio hidrológico de la zona afectada para comprender los patrones de lluvia, la intensidad de las precipitaciones y el caudal de agua esperado. Esto ayudará a determinar las dimensiones y capacidades requeridas para los sistemas de drenaje.

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 el presente documento se realiza el estudio hidrológico y los respectivos cálculos hidráulicos para la dimensión de las estructuras que realizarán el manejo de aguas de infiltración que podrían afectar el muro de contención ubicado en el sector de El Silencio del municipio de San Pablo de Borbur Boyacá.

2. JUSTIFICACIÓN

Debido a 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] se presentaron diversos daños viales donde las lluvias generaron crecientes en niveles de ríos y desprendimiento de taludes por humidificación de laderas, es por este motivo que se generó el daño a la vía objeto de intervención, donde existió un movimiento de ladera generando daños directos sobre el corredor.

Esta temporada de lluvias ha sido inclemente y la infraestructura vial se ha visto altamente afectada por lo cual requiere de atención inmediata, remociones en masa, deslizamientos, los suelos saturados, la socavación que ocasiona cambios en la elevación del cauce afectando la estructura de los puentes siendo de las causas más comunes de fallo por la constante en el cambio del clima. Estas circunstancias conllevan a la toma de acciones mediante obras de mitigación que atiendan las necesidades urgentes y garanticen la protección de dichas estructuras que afectan directamente la provincia de occidente y en general el departamento.

3. NORMATIVA

El presente estudio se emite siguiendo la normativa nacional vigente como lo es la resolución 2483 de 2020 por la cual se adopta la cartilla de Obras menores de Drenaje y Estructuras Viales del Instituto Nacional de Vías INVIAS, el Manual de

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

Drenaje para Carreteras del 2009 y la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009).

4. LOCALIZACIÓN

El municipio de San Pablo de Borbur se encuentra ubicado en la provincia de occidente del departamento de Boyacá, dista a 65 Km de la ciudad de Chiquinquirá (capital de provincia). Tiene un área de extensión de 193,88 Km^2. La cabecera municipal dista de Tunja (capital del departamento) a 169 Km. Está ubicado a una altitud de 830 msnm, geográficamente el casco urbano en el marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS está ubicado en las coordenadas Norte 2182486.359 Este 4881603.697.

Limita al norte con el municipio de Pauna, al Occidente con el municipio de Otanche, al Oriente con los municipios de Pauna y Maripi y al sur con los municipios de Muzo y Otanche.

La división política del casco urbano del municipio de San pablo de Borbur consta de: El chico, Plan de la Escuela, La Paz, Chacaro y casa blanca; El sector rural está conformado por veintisiete veredas las cuales son: Alto de Oso, Calamaco, Calcetero Alto, Calcetero Bajo, Chánares, Chizo Centro, Chizo Cuepar, Coscuez, El Almendro, El Consuelo, El Triunfo, Florián, La Mesa, La Palmarona, La Peña, La Peña, La Sierra, Llano Grande, Paramo, Lagunas, San Isidro, San Martín, San Miguel, San Pedro, San Rafael, Santa Bárbara, Téllez, Vereda Centro, Vereda bejucal.

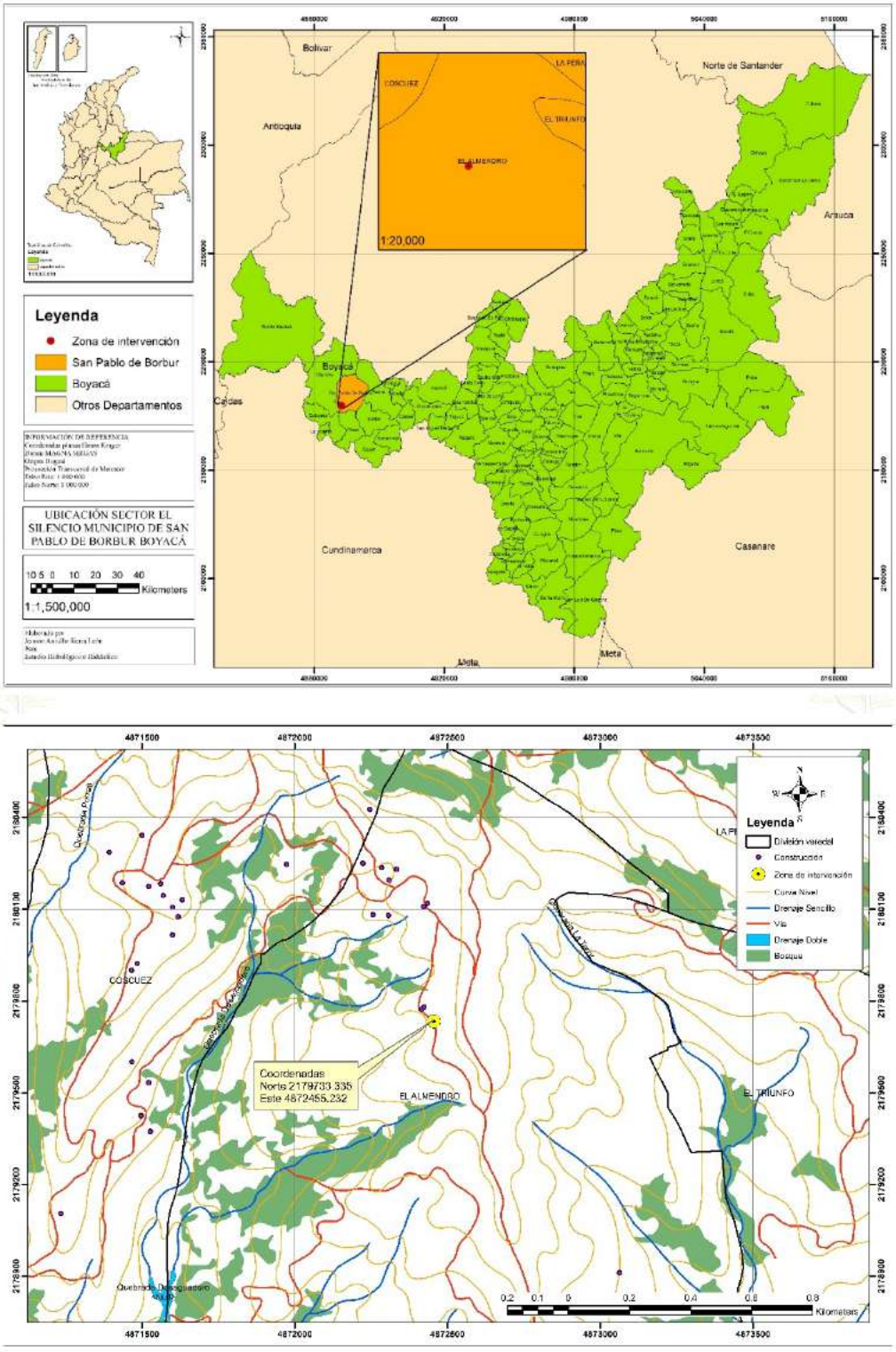
Tabla 1. Distribución de los municipios por extensión territorial y área de residencia, Municipio de San Pablo de Borbur Boyacá

Municipio	Extensión urbana		Extensión rural		Extensión total	
	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje
San Pablo de Borbur	0.1109	0.07%	167.8347	99.93%	167.9456	100%

Fuente: Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

En la siguiente figura que se adjunta como anexo H-1, se presenta la ubicación de la zona de intervención, localizándola en la vereda El Almendro sector El Silencio, coordenadas Norte 2179733.335 Este 4872455.232.

Figura 1. Ubicación del proyecto



Fuente: Autor con base en datos de Google Earth, 2023.

5. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La recopilación y análisis de información busca generar una línea base de datos que permitan acercar el estudio a las características concretas de la población y zona de estudio, para lo cual, se realiza la toma de datos de entes gubernamentales y no gubernamentales, mencionando en cada componente las características principales que se desarrollen en la zona.

5.1. Datos de hidrología y meteorología

Se deben seleccionar las curvas IDF de cada localidad o región en particular y verificar su validez si no existen o no contemplan datos del último quinquenio, se deben obtener a partir de información pluviográfica de la zona, incluyendo los datos más recientes, para derivar las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos. Si esto no permite derivar curvas IDF aceptables para el proyecto, deben ajustarse curvas IDF por métodos sintéticos, derivados con información pluviográfica colombiana. En el análisis se deberán incluir los cambios en las intensidades producidos por los fenómenos de variabilidad y cambio climático sucedidos en Colombia, teniendo en cuenta los lineamientos desarrollados en las comunicaciones nacionales sobre cambio climático, elaborados por el IDEAM.

Se realiza inicialmente una consulta de estaciones existentes en el municipio de San Pablo de Borbur con la suficiente información para sustentar la conformación de curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) necesarias para el estudio hidráulico, además de variables climáticas necesarias para descripción del área de influencia, encontrando las siguientes estaciones en el área de influencia:

Estación BORBUR (23120020)

- Categoría Pluviométrica tecnología convencional
- Ubicación: Longitud -74.08 Latitud 5.67 Altitud 830
- Municipio San Pablo de Borbur Boyacá
- Estado: Suspendida
- Fecha de instalación: agosto 15, 1955
- Fecha de suspensión: diciembre 15, 1956

Estación OTANCHE (23125080)

- Categoría Climática ordinaria tecnología convencional
- Ubicación: Longitud -74.18 Latitud 5.66 Altitud 1.100
- Municipio Otanche Boyacá
- Estado: Suspendida
- Fecha de instalación: enero 15, 1944
- Fecha de suspensión: julio 15, 1949

Estación BORBUR 2 (23120250)

- Categoría Pluviométrica tecnología convencional
- Ubicación: Longitud -74.07 Latitud 5.65 Altitud 681
- Municipio San Pablo de Borbur Boyacá
- Estado: Activa
- Fecha de instalación: noviembre 15, 1963
- ACTIVA

Estación PAUNA (23125090)

- Categoría Meteorológica especial tecnología convencional
- Ubicación: Longitud -73.98 Latitud 5.65 Altitud 1.225
- Municipio Pauna Boyacá
- Estado: Activa
- Fecha de instalación: febrero 15, 1975

Figura 2. Ubicación estaciones zona de intervención



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

Se considera que la información suministrada de la estación de BORBUR 2 cuenta con los datos necesarios más completos y actualizados además de estar cercana a la zona de intervención, por lo tanto, se usan los datos de esta estación para el estudio hidrológico y determinación de curvas IDF.

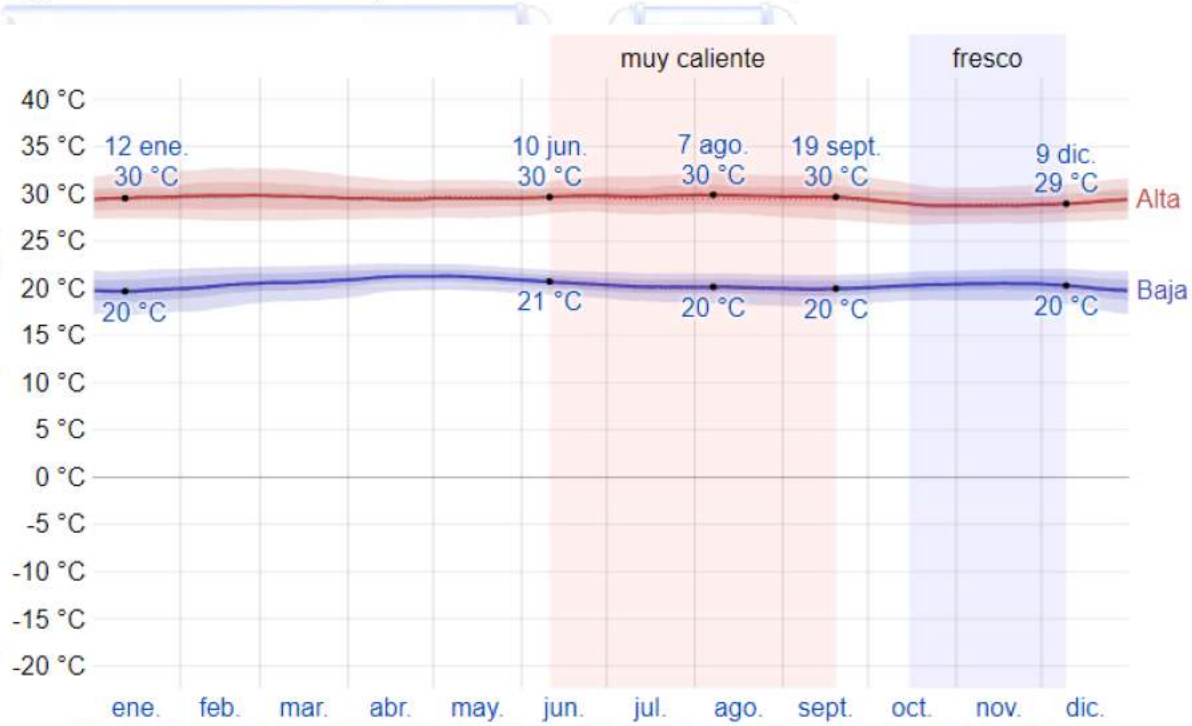
5.1.1. Clima y temperatura

En San Pablo de Borbur, los veranos son muy calientes, los inviernos son cortos y calientes, por lo general está húmedo todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 20°C a 30° y rara vez baja menos de 17°C o sube a más de 33°C.

La temporada calurosa según la International Standard Atmosphere con re análisis del satélite MERRA-2 dura 3,3 meses, del 10 de junio al 19 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 30 °C. El día más caluroso del año es el 7 de agosto, con una temperatura máxima promedio de 30 °C y una temperatura mínima promedio de 20 °C.

La temporada fresca dura 1,8 meses, del 15 de octubre al 9 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El día más frío del año es el 12 de enero, con una temperatura mínima promedio de 20 °C y máxima promedio de 30 °C. En la siguiente figura se presenta la representación de la variación de temperaturas en el año.

Figura 3. Variación de temperaturas al año en el municipio de San Pablo de Borbur



Fuente: Wastherspark, 2023.

La Temperatura Media Anual TMPA según datos abiertos para el casco urbano del municipio de San Pablo de Borbur corresponde a 25°C.

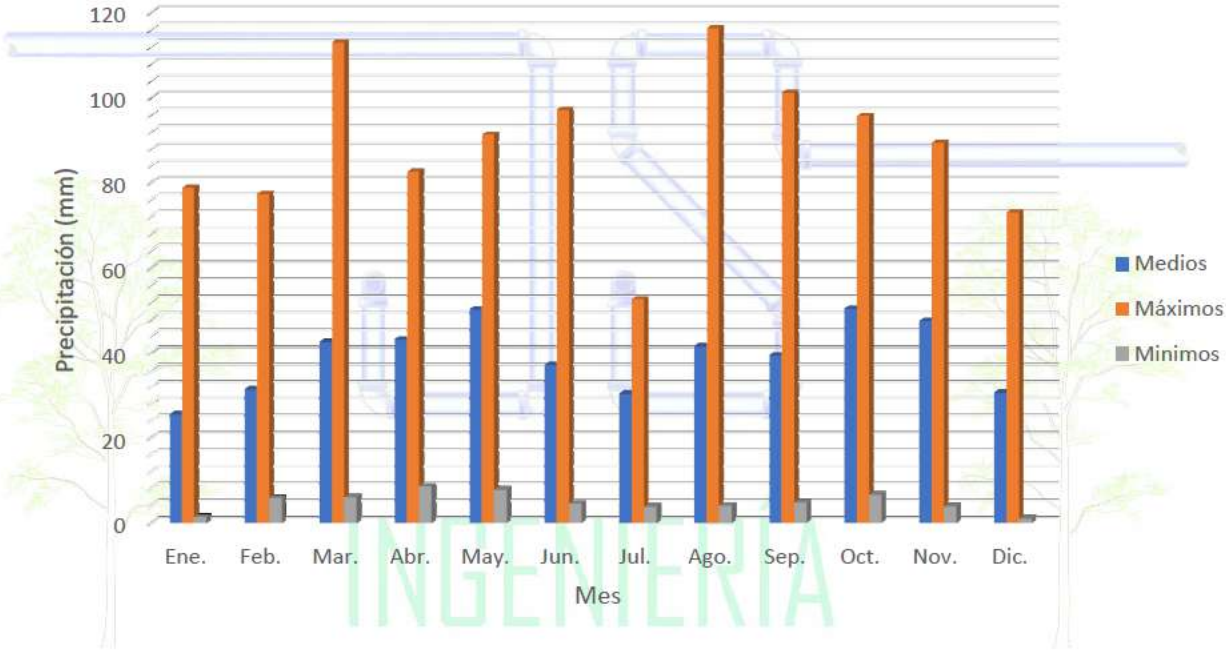
5.1.2. Humedad

Según el esquema de ordenamiento territorial del municipio de San Pablo de Borbur se presenta una humedad media anual del 83%, una máxima de 87% y una mínima de 75%, esta última se presentó según datos históricos del IDEAM en el mes de Julio de 1994.

5.1.3. Precipitación

El análisis de precipitación se realiza con fundamento en los registros de la estación meteorológica, 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 BORBUR 2, 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. Precipitación mínima, media, y máxima anual histórica, estación Borbur 2



Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2022.

Se observa un comportamiento bimodal de precipitaciones, en promedio los meses de marzo, abril, mayo, octubre y noviembre los meses de mayores precipitaciones en el año, siendo mayo y octubre los meses con mayores precipitaciones, por el contrario, en el periodo que abarca los meses de enero a febrero y de junio a septiembre se presentan bajas precipitaciones, siendo enero el mes del año en el que se presentan menores precipitaciones.

La precipitación media anual 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 Pablo de Borbur



Fuente: Datosabiertos.gov.co, 2023.

5.1.4. 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 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
Orinoquia (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 Borbur 2 código 23120250

PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL HISTÓRICA EN 24 HORAS							
Año	Precipitación	Año	Precipitación	Año	Precipitación	Año	Precipitación
1975	65	1987	85,8	1999	79,5	2011	116,2
1976	100	1988	84,9	2000	77	2012	91,2
1977	58	1989	65	2001	56	2013	79,7
1978	94	1990	55	2002	69,8	2014	68,8
1979	71	1991	63	2003	112,8	2015	59,6
1980	60	1992	87,1	2004	65,5	2016	110
1981	45	1993	63	2005	67,5	2017	115
1982	101	1994	78,5	2006	57,5	2018	102
1983	90	1995	61	2007	95,6	2019	85

1984	46,7	1996	62,8	2008	89,3	2020	130
1985	50,7	1997	68	2009	78,7	2021	95
1986	9,7	1998	66,5	2010	63,6	2022	129

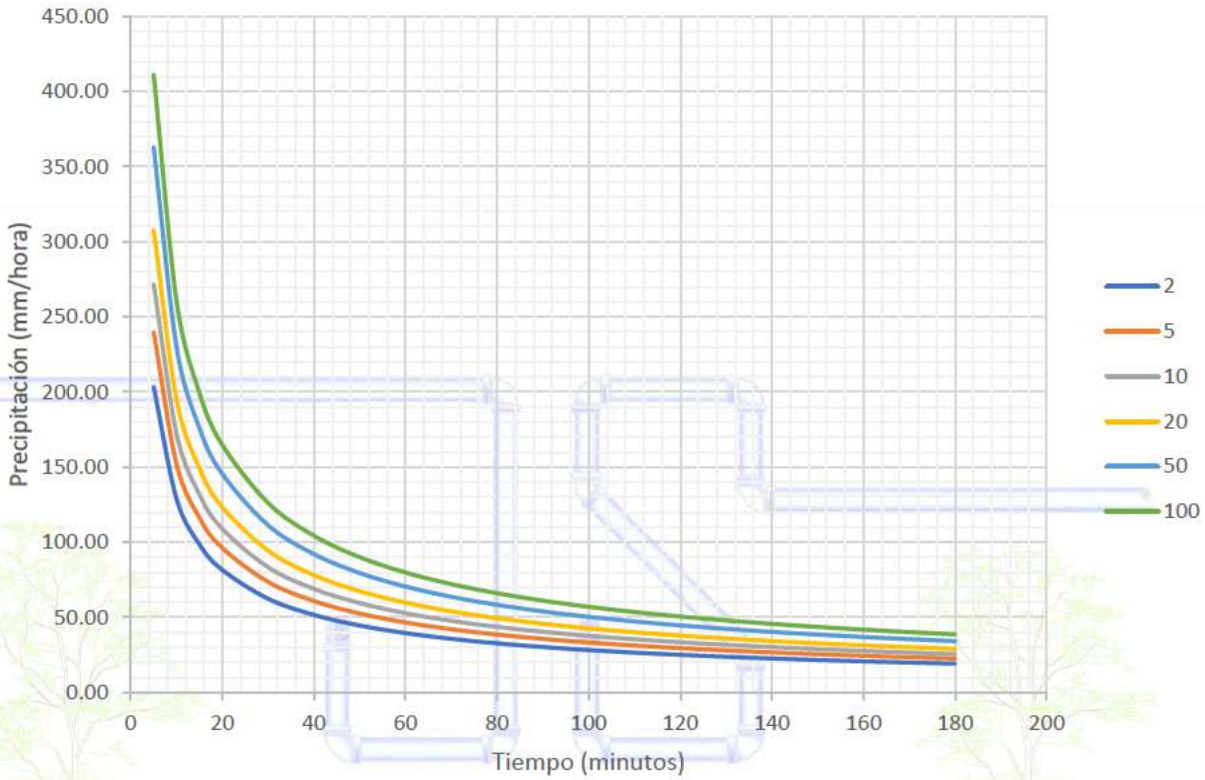
Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2023.

Tabla 4. Datos curva IDF estación Borbur 2

	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
TIEMPO (MIN)	**2**	**5**	**10**	**20**	**50**	**100**
5	203,36	239,83	271,70	307,80	363,00	411,23
10	128,70	151,78	171,95	194,80	229,73	260,26
15	98,49	116,15	131,58	149,06	175,79	199,15
20	81,45	96,06	108,83	123,29	145,39	164,71
30	62,33	73,51	83,27	94,34	111,26	126,04
40	51,55	60,79	68,87	78,03	92,02	104,24
50	44,49	52,47	59,44	67,34	79,42	89,97
60	39,45	46,52	52,70	59,71	70,41	79,77
70	35,63	42,02	47,60	53,93	63,60	72,05
80	32,63	38,48	43,59	49,38	58,24	65,97
90	30,19	35,60	40,33	45,69	53,88	61,04
100	28,16	33,21	37,62	42,62	50,26	56,94
110	26,44	31,18	35,33	40,02	47,20	53,47
120	24,97	29,44	33,35	37,79	44,56	50,48
130	23,68	27,93	31,64	35,84	42,27	47,89
140	22,55	26,59	30,13	34,13	40,25	45,60
150	21,55	25,41	28,79	32,61	38,46	43,57
160	20,65	24,35	27,59	31,25	36,86	41,75
170	19,84	23,40	26,50	30,03	35,41	40,12
180	19,10	22,53	25,52	28,91	34,10	38,63

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

Figura 7. Curva IDF estación Borbur 2 código 23120250



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

INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

6. DISEÑO DE DRENAJE

Una de las principales causas de falla de los muros de contención es la carencia de un apropiado sistema de drenaje. La función de éste es minimizar los excesos de presión hidrostática en el plano de falla y en la pared del muro, debido a la filtración de agua subterránea y a la infiltración del agua lluvia. La clase de sistema depende del tipo de material de relleno, de la cantidad de lluvia y de las condiciones del agua subterránea.

Con el fin de impedir que se genere una presión de poros exagerada sobre la pared de un muro de contención en concreto, se deben construir huecos de drenaje o lloraderos donde se ajustan tubos rígidos de no menos de 75 milímetros de diámetro. El espaciamiento entre lloraderos no debe ser mayor de 150 centímetros en sentido horizontal ni de 100 centímetros en sentido vertical. La hilera más baja se debe ubicar unos 30 centímetros por encima del pie del muro. Se debe colocar un geotextil contra la pared, directamente detrás de cada lloradero, para impedir que se colmate con fragmentos granulares del material del relleno.

De acuerdo con las condiciones del subsuelo descritas en el estudio de suelos con exploraciones a donde se proyecta la fundación del muro de contención, se encuentra en mayor medida un tipo de suelo compuesto por grava limosa, de acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos (GM) y una beta de grava arcillosa (GC) en menor proporción.

Sabiendo que el tipo de suelo presente en mayor proporción en la zona de intervención, de acuerdo con estudio de suelos corresponde a grava limosa (GM) según la clasificación SUCS, el coeficiente de permeabilidad será entonces de 10^{-6} m/s según (Sowers & F., 1972).

Tabla 5. Valores de permeabilidad de los principales tipos de suelos

Suelo	Descripción	Clasificación USCS	Permeabilidad (m/s)
Gravas	Bien gradadas	GW	10^{-3} a 10^{-1}
	Bien seleccionadas	GP	10^{-2} a 10
	Limosas	GM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	GC	10^{-8} a 10^{-6}
Arenas	Bien gradadas	SW	10^{-5} a 10^{-3}
	Bien seleccionadas	SP	10^{-4} a 10^{-2}
	Limosas	SM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	SC	10^{-8} a 10^{-6}
Limos	Baja plasticidad	ML	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	MH	10^{-9} a 10^{-7}
Arcillas	Baja plasticidad	CL	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	CH	10^{-10} a 10^{-8}

Fuente: Sowers, 1978.

Se realiza el cálculo manual de las condiciones de drenaje y posteriormente se usa el software Geosoft ® de PAVCO para la verificación del sistema de evacuación subsuperficial óptimo para el muro de contención de la zona de estudio.

6.1.1. Estimación del caudal de diseño

Debido que no se encontró presencia de nivel freático que pueda afectar la estructura según el estudio de suelos, únicamente se tiene en cuenta el caudal por infiltración de la superficie adyacente a la estructura.

$$Q_{inf} = l_R * B * L * F_i$$

Donde

Qinf= Caudal de infiltración
IR= Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto.
B= Longitud de afectación de las zonas verdes frente a las estructuras a drenar.
L= Longitud del tramo de drenaje hasta la descarga.
Fi= Factor de infiltración.

Tabla 6. Valores recomendados para Fi

Tipo de Carpeta	F_i
Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0.3
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.4
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0.5
Carpetas de concreto de cemento Portland	0.67
Campos deportivos o terreno natural	0.7 – 0.8

Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

De acuerdo con recomendaciones del INVIAS los filtros se diseñan con un periodo de retorno de dos (2) años, promediando un tiempo de concentración de quince minutos (15) minutos en base a la velocidad de infiltración esperada, por lo tanto, la precipitación máxima horaria de frecuencia anual corresponde a 98.49mm/h, el área aferente al muro corresponde a una longitud de 30.0 metros por un talud aproximado de 20.0 metros, el tipo de terreno corresponde a un terreno natural, por lo que el factor de infiltración corresponde a 0.7, de esta manera:

- 98.49mm/h – 0.0000273583m/s

$$Q_{inf} = 0.0000272278 * 20 * 30 * 0.7$$

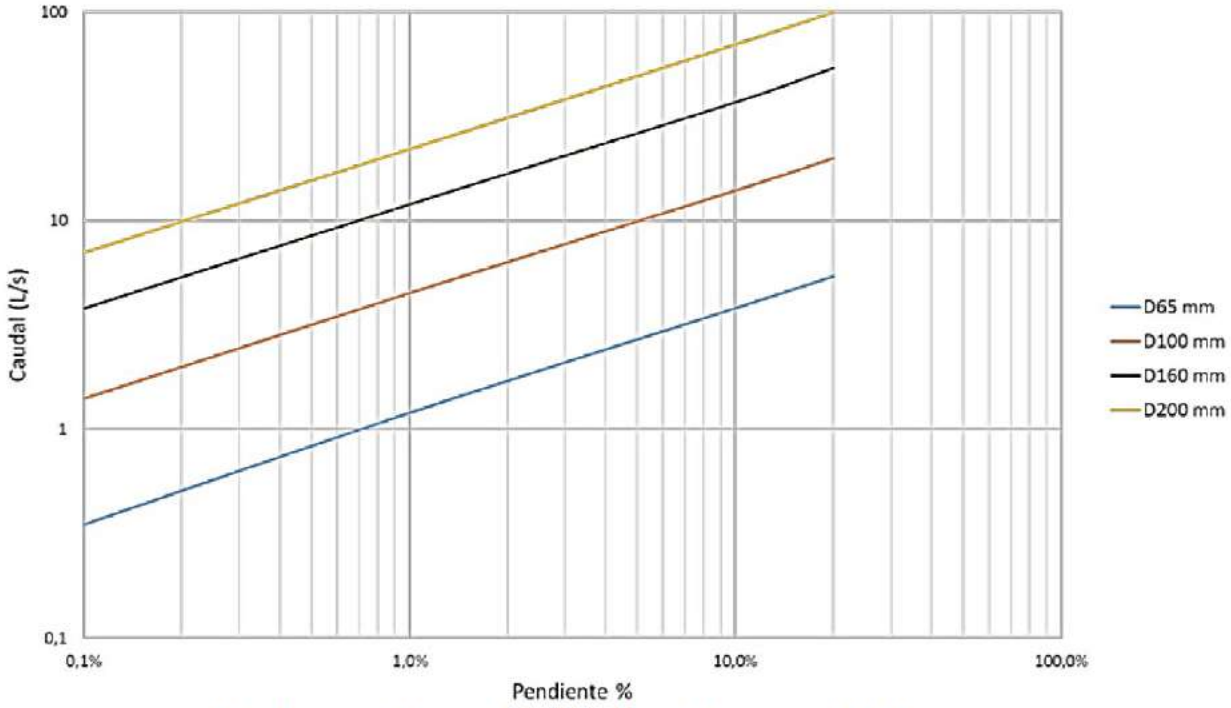
$$Q_{inf} = 0.0114904 \ {}^{m^3}/_{s}$$

$$Q_{inf} = 11.49\ {}^{L}/_{s}$$

6.1.2. Sistema de evacuación de líquidos

Para estimar el caudal máximo que puede transportar el tubo se usa un monograma con base en la ecuación de Prandtl Colebrook, en donde conociendo la pendiente y el caudal de diseño se puede establecer el diámetro de la tubería a usar.

Figura 8. Nomograma para el cálculo del diámetro de tubería a usar

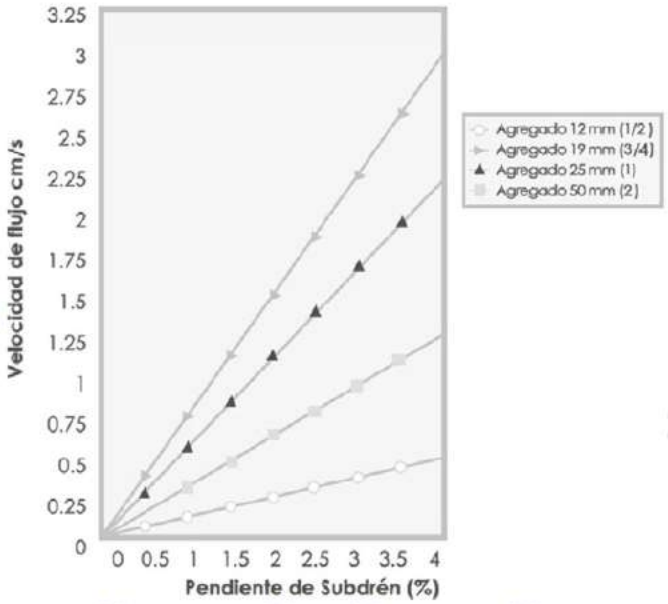


Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

Para el caso de diseño, teniendo en cuenta que se proyecta una pendiente longitudinal de 13.75%, realizando la relación se evidencia un tránsito optimo con tubería de 4" de diámetro.

6.1.3. Determinación de la sección transversal del subdrén

Figura 9. Pendiente Vs velocidad, según el tamaño del agregado



Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

De acuerdo con el grafico anterior, se determina la velocidad para una pendiente promedio de 13.75% establecida para el subdrén y utilizando como material drenante grava con tamaño uniforme de 25mm (1"). En estas condiciones la velocidad aproximada corresponde a 2.25 cm/s.

En aplicaciones para sistemas de subdrenaje en espaldones de muros o en carreteras el valor de gradiente es 1.0, esto debido a que el geo compuesto está ubicado de forma vertical por lo que los fluidos tendrán una mayor facilidad para ser transmitidos en el geo compuesto. Teneindo en cuenta que se proyecta una lámina de TecDren ubicado de manera vertical drenando hacia la parte baja donde se proyecta la ubicación del filtro francés el valor de gradiente equivale a 1.
Con la velocidad determinada y utilizando la ecuación de Darcy, se calcula el área de la sección transversal requerida para el subdrén usando un gradiente hidráulico de 1,0.

$$A = \frac{QT}{V * i}$$

$$A = \frac{0.01149}{0.025 * 1} = 0.4596m^2$$

Considerando un ancho de 0,50m la altura optima corresponde a 0,92m considerando la etapa constructiva y funcional, así como la conservación de un margen de seguridad, se proyecta una altura final de 1,0m.

6.1.4. Criterio de retención (TAA)

Este criterio asegura que las aberturas sean lo suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia donde se dirige el flujo.

De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en los criterios de retención de Christopher y Holtz (1989), Carroll (1983), un Geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} * B$$

Donde

TAA= Tamaño de abertura aparente, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros). Se obtiene tamizando unas esferas de vidrio de diámetros conocidos, cuando el 5% de un tamaño determinado de esferas pasa a través del Geotextil, se define el TAA. Ensayo ASTM D4751.

D85= Tamaño de partículas (en milímetros) que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizado. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

B= Coeficiente que varía entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a filtrar, de las condiciones de flujo y del tipo del Geotextil.

Para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos del 50% pasa tamiz #200), B es función del coeficiente de uniformidad Cu, donde Cu = D60/D10, de la siguiente manera:

$C_u \leq 2$ ó $C_u \geq 8$ → $B = 1$

$2 < C_u \leq 4$ → $B = 0.5 \times C_u$

$4 < C_u < 8$ → $B = 8/ C_u$

Para suelos arenosos mal gradados: B entre 1.5 y 2

Para suelos finos (más del 50% pasa tamiz #200) B es función del tipo de Geotextil.

Para Tejidos: B = 1 → $TAA \leq D_{85}$

Para No Tejidos: B = 1.8 → $TAA \leq 1.8 * D_{85}$

Según Christopher y Holtz, para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, el valor del Tamaño de Abertura Aparente debe ser de:

$$TAA < 0.30 \text{ m}$$

De esta manera, de acuerdo con el estudio de suelos.

$$TAA < D_{85} * B$$

$$B = 1.8; Para\ geotextiles\ No\ Tejidos$$

$$D_{85} = 0.085$$

$$TAA < 0.153mm$$

6.1.5. Criterio de permeabilidad

Este criterio considera que el coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual, el Geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo, considerando su habilidad para esto. Para revisar la permeabilidad del Geotextil se debe tener en cuenta lo siguiente:

Para condiciones de flujo estable o flujo laminar y suelos no dispersivos, con porcentajes de finos no mayores al 50%, y de acuerdo con el criterio de Schober y Teindl (1979); Water (1980); Carroll (1983); Christopher y Holtz (1985) y otros:

$$k_g > k_s$$

Donde

kg= Permeabilidad del geotextil
ks= Permeabilidad del suelo

Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo los riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985):

$$k_g > 10 * k_s$$

$$k_s = 10 * 10^{-6} m/s$$

$$k_s > 10 * 10^{-5} m/s$$

6.1.6. Criterio de colmatación

Este criterio considera que existe la posibilidad de taparse algunos de sus vacíos debido a incrustación de partículas de suelo, con una incidencia en la reducción de la permeabilidad, por lo tanto, el Geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacios vacíos o una alta porosidad.

Los Geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los Geotextiles No Tejidos punzonados por agujas, en los cuales la probabilidad a que se taponen gran parte de sus orificios es muy baja debido al espesor que poseen y a los altos valores

de porosidad que presentan. Los Geotextiles No Tejidos unidos por temperaturas o calandrados, son mucho más delgados y rígidos, razón por la cual se parecen en su comportamiento a los Geotextiles Tejidos, Leuttich (1993).

Los Geotextiles Tejidos tienen baja porosidad y el riesgo de colmatación muy alto, con la consecuencia de una pérdida súbita en la permeabilidad; razón por la cual no se recomienda usarlos como filtros en sistemas de drenaje. De acuerdo con el criterio de Chistopher y Holtz, 1985; R. Koemer, 1990, los Geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad > 50%. Razón por la cual no se deben usar Geotextiles Tejidos en sistemas de subdrenaje (Wavin, 2014).

6.1.7. Criterio de supervivencia

Cuando se presentan condiciones severas de instalación con esfuerzos de contacto altos, se evaluarán todas las características mecánicas que tienen los posibles Geotextiles a usar frente las especificaciones según el artículo de la norma AASHTO M288-05.

Figura 10. Especificaciones técnicas de geotextiles no tejidos

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	NT1600	NT1800	NT2000	NT2500	NT3000	NT4000	NT5000	NT6000	NT7000	REPAV 400	REPAV 450
Método Grab Resistencia a la Tensión Elongación	ASTM D4632	N (lb) %	400 (90) >50	470 (106) >50	500 (113) >50	700 (158) >50	720 (162) >50	980 (221) >50	1165 (262) >50	1310 (295) >50	1530 (345) >50	470 (106) >50	550 (124) >50
Método CBR Resistencia al Punzonamiento	ASTM D6241	kN (lb)	1.1 (247)	1.3 (292)	1.5 (337)	1.9 (427)	2.1 (472)	2.8 (629)	3.3 (742)	4.0 (899)	4.6 (1034)	N.A.	N.A.
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D4533	N (lb)	164 (37)	190 (43)	210 (47)	260 (58)	295 (66)	350 (79)	400 (90)	470 (106)	570 (128)	180 (40)	230 (52)
PROPIEDADES HIDRÁULICAS	**NORMA**	**UNIDAD**	**NT1600**	**NT1800**	**NT2000**	**NT2500**	**NT3000**	**NT4000**	**NT5000**	**NT6000**	**NT7000**	**REPAV 400**	**REPAV 450**
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm (Tamiz)	0.212 (70)	0.180 (80)	0.180 (80)	0.150 (100)	0.150 (100)	0.106 (140)	0.125 (120)	0.106 (140)	0.090 (170)	N.A.	N.A.
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	27×10^{-2}	29×10^{-2}	25×10^{-2}	28×10^{-2}	27×10^{-2}	20×10^{-2}	22×10^{-2}	17×10^{-2}	12×10^{-2}	N.A.	N.A.
Permitividad	ASTM D4491	s^{-1}	2.1	2.1	1.7	1.7	1.5	1.0	1.0	0.6	0.4	N.A.	N.A.
Tasa de Flujo	ASTM D4491	l/min/m²	5900	6120	4750	4800	4400	2930	2700	1920	1200	N.A.	N.A.
Retención de Asfalto	ASTM D6140	l/m²	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.5	1.0
PROPIEDADES FÍSICAS	**NORMA**	**UNIDAD**	**NT1600**	**NT1800**	**NT2000**	**NT2500**	**NT3000**	**NT4000**	**NT5000**	**NT6000**	**NT7000**	**REPAV 400**	**REPAV 450**
Espesor	ASTM D5199	mm	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.8	2.9	1.3	1.5
Resistencia UV @ 500 hr	ASTM D4355	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70
Punto de Fusión	ASTM D276	°C	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	150	150
Rollo Ancho	Medido	m	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.5 • 3.8 • 4.0	3.8	3.8
Rollo Largo	Medido	m	160	150	130	120	120	130	120	100	80	180	150
Rollo Área	Calculado	m2	560 • 608 • 640	525 • 570 • 600	455 • 494 • 520	420 • 456 • 480	420 • 456 • 480	455 • 494 • 520	420 • 456 • 480	350 • 380 • 400	280 • 304 • 320	684	570
FUNCIÓN DEL GEOTEXTIL			**NT1600**	**NT1800**	**NT2000**	**NT2500**	**NT3000**	**NT4000**	**NT5000**	**NT6000**	**NT7000**	**REPAV 400**	**REPAV 450**
Filtración			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Drenaje			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Protección			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Separación						✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Estabilización								✓	✓	✓	✓		
Repavimentación												✓	✓

Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

Con base en los criterios anteriores y comparando las especificaciones de los Geotextiles de la figura anterior, los Geotextiles que cumplen estos criterios son: NT2500, NT3000, NT4000, NT5000, NT6000 y NT7000. Se selecciona el Geotextil NT2500 por ser técnica y económicamente más conveniente.

6.1.8. Criterio de permitividad

Se desarrolla el cálculo de la permitividad requerida por el geotextil como medio filtrante.

$$\varphi_{req} = \frac{Q}{\Delta h * H * L}$$

$$\varphi_{req} = \frac{0.01149\ {}^{m^3}/_{s}}{0.5 * 1.0 * 30}$$

$$\varphi_{req} = 7.66\ X10^{-4}\ s^{-1}$$

Una vez calculada la permitividad requerida por el sistema, se contrasta con la permitividad admisible del Geotextil NT2500, el cual cuenta con una ψult = 1.7 s-1, donde:

ψadm = Permitividad admisible.
ψult = Permitividad última, entregada por el fabricante.
FRSCB = Factor de reducción por colmatación y taponamiento.
FRCR = Factor de reducción por creep o fluencia.
FRIN = Factor de reducción por intrusión.
FRCC = Factor de reducción por colmatación química.
FRBC = Factor de reducción por colmatación biológica.

Tabla 7. Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenajes

Área	Colmatación FRSCB	Reducción de vacíos por creep FRCR	Intrusión en los vacíos FRIN	Colmatación química FRCC	Colmatación biológica FRBC
Filtros en el espaldón muros de contención	2.0 a 4.0	1.0 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistemas de subdrenaje	2.0 a 10	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0**
Filtros de control de erosión	2.0 a 10	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	2.0 a 4.0
Filtros en rellenos sanitarios	2.0 a 10	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 5.0**
Drenaje por gravedad	2.0 a 4.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	1.2 a 1.5
Drenaje a presión	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3	1.1 a 1.3

**Si bloques de concreto o rip rap cubren la superficie de los Geotextiles, use los valores superiores o incluya un factor de reducción adicional.*
***Los valores pueden ser particularmente más altos por alta alcalinidad del agua subterránea.*
****Los valores pueden ser más altos por un extremadamente alto contenido de microorganismos y/o crecimiento de organismos y raíces de plantas o vegetación.*

Fuente: Diseño de infraestructura con geosintéticos.

$$\varphi_{adm} = \frac{\varphi_{ult}}{FR_{SCB} * FR_{CR} * FR_{IN} * FR_{CC} * FR_{BC}}$$

$$\varphi_{adm} = \frac{1.7\ s^{-1}}{2.0 * 1.1 * 1.1 * 1.2 * 2.0}$$

$$\varphi_{adm} = 0.29\ s^{-1}$$

Conforme lo anterior, se calcula el factor de seguridad global.

$$FS_g = \frac{\varphi_{adm}}{\varphi_{req}}$$

$$FS_g = \frac{0.29\ s^{-1}}{7.66\ X10^{-4}\ s^{-1}} = 378.59$$

$$FS_g > 1.0\ cumple$$

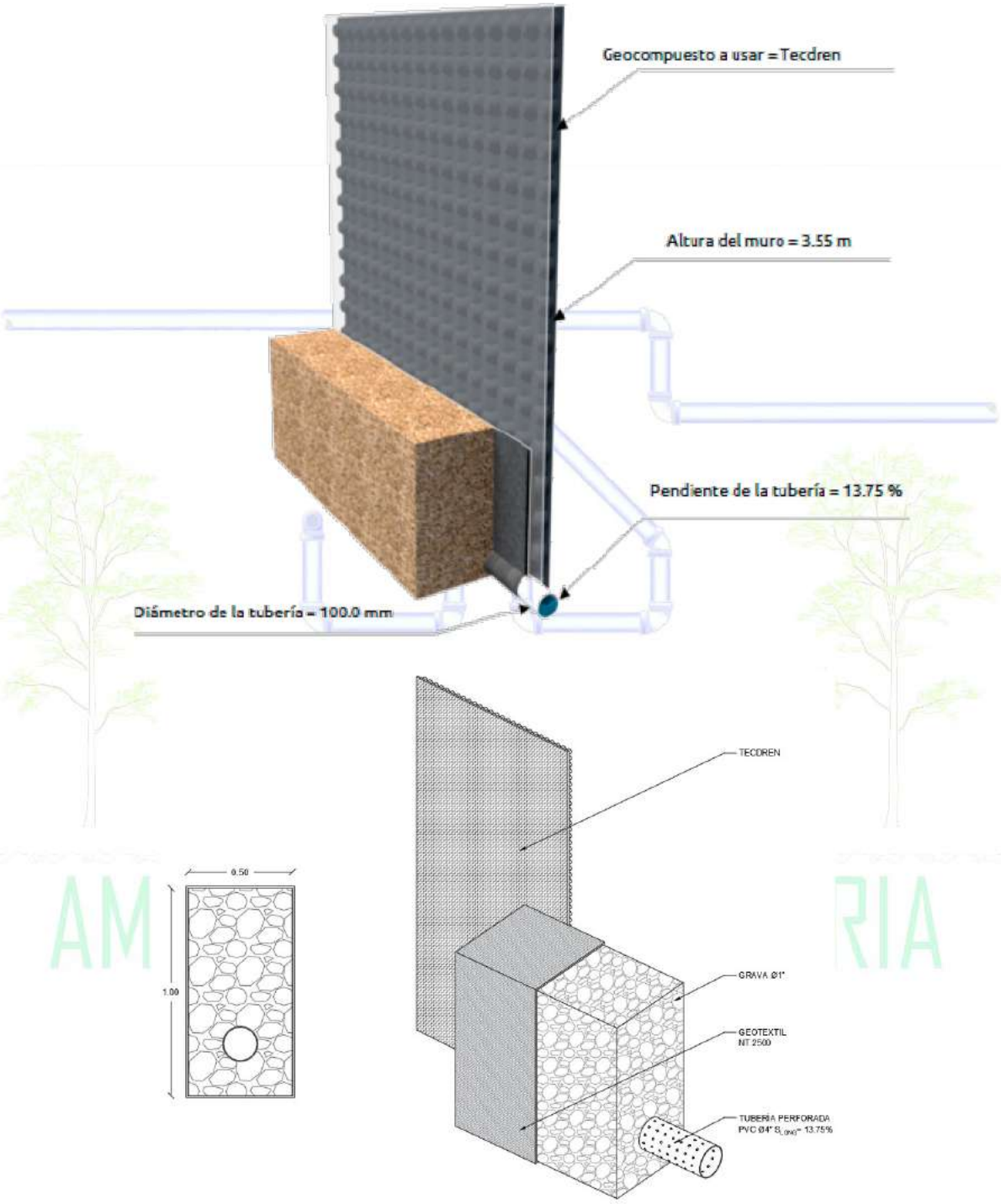
Por lo que el geotextil NT 2500 es apto como medio filtrante en el sistema.

En conclusión, se proyecta la instalación de una lámina de TecDren contra el vástago del muro que drenará hacia un filtro francés con sección de 0.5m de ancho por 1.0m de alto, el cual estará protegido con geotextil NT 2500, el filtro tendrá un conducto de drenaje en PVC perforado de diámetro 4", la totalidad de sistema de drenaje contará con la longitud del muro proyectado y la pendiente longitudinal del mismo.

Se usa el software Geosoft ® de PAVCO para la verificación del sistema de drenaje subsuperficial óptimo para el muro de contención de la zona de estudio, el reporte del modelo se adjunta en el anexo H-2.

En la siguiente figura se presenta la ubicación de los elementos del sistema de drenaje recomendados para el drenaje del muro de contención.

Figura 11. Sistema de drenaje proyectado



Fuente: Autor, 2023.

A continuación, se presenta el resumen de cantidades requerido para el desarrollo del sistema de drenaje subsuperficial proyectado.

Tabla 8. Cálculo de cantidades para el sistema de drenaje subsuperficial proyectado

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
LÁMINA TECDREN	100.5	M2
TUBERÍA PVC PERFORADA 4"	30	M
GEOTEXTIL NT 2500	96	M2
GRAVA ø1"	15	M3

Fuente: Autor, 2023.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se proyecta la ubicación de una lámina de TecDren en la totalidad de extensión del muro de contención partiendo de 20 cm abajo del techo del vástago, como sistema recolector se proyecta un filtro francés con sección de 0.50m de ancho por 1.0m de alto ubicado en la base del talón, este tendrá un tubo en PVC perforado de cuatro (4) pulgadas que se encargará de la recolección y evacuación del agua captada, el tamaño de las partículas del agregado serán de una (1) pulgada y estará protegido por geotextil No Tejido 2500. La pendiente del sistema de drenaje subsuperficial corresponde a la pendiente longitudinal del muro (13.75%), de la misma manera, la longitud del drenaje equivale a la totalidad del muro de contención.
- No se establece la necesidad de una estructura complementaria para la estabilidad del corredor vial más allá de una adecuada evacuación de las aguas lluvias por medio de las cuentas.
- Se recomienda la limpieza y adecuado mantenimiento de las cunetas de la vía adyacente al muro de contención, la adecuada evacuación de las aguas lluvias disminuye la carga hidrostática aplicada al muro y posibles daños a las condiciones de la rasante vial.
- De acuerdo con la climatología local y el comportamiento bimodal de precipitaciones, se recomienda el desarrollo de las intervenciones en los periodos abarcados entre junio a agosto y de diciembre a febrero, ya que en estos periodos las precipitaciones disminuyen generando un mayor rendimiento del trabajo en obra.
- Es importante recalcar la necesidad de cada elemento proyectado del sistema de drenaje haciendo especial énfasis en la lámina de TecDren, ya que esta funciona como medio filtrante y de soporte para el material de relleno evitando la colmatación y posterior taponamiento de lloraderos, así mismo garantizando el movimiento del flujo de estratos superiores hacia el sistema de drenaje contemplado.
- En la instalación del geotextil se recomienda un traslapo mínimo de 20cm de acuerdo con requerimientos de fabricantes y normativa nacional.

8. REFERENCIAS

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

Sowers, G. B., & F., S. G. (1972). *Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones.* México D.F.: Limusa Wiley.

Wavin. (2014). *Diseño de Infraestructura con Geosintéticos.* Bogotá D.C.: Amanco.

Weather Spark. (24 de Julio de 2023). Obtenido de El clima y tiempo: https://es.weatherspark.com/

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

CT019_05

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 PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA"** para el sector **EL SILENCIO** en el municipio de San Pablo de Borbur Boyacá.

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 PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA"** para el sector **EL SILENCIO** en el municipio de San Pablo de Borbur Boyacá, 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

CT019_05



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

CT019_5

190267/0319

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.

DIRECTOR GENERAL

CT019_5

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

CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA" para el sector EL SILENCIO en el municipio de San Pablo de Borbur Boyacá


REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
NUMERO 1.057.597.804
SIERRA LEON
APELLIDOS
JEISSON ARNULFO
NOMBRES
FIRMA
CT019_5
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ" para el sector EL SILENCIO en el Municipio de San Pablo de Borbur Boyacá


CT019_5
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 SÁNCHEZ TORRES
INDICE DERECHO
P-0727700-00458447-M-1057597804-20130820 0034476499A 1 40276756
REGISTRADURIA NACIONAL DEL ESTADO CIVIL

REPORTE DE SUBDRENAJE EN EDIFICACIONES CON TECDRÉN

DATOS DEL PROYECTO

Nombre del proyecto	Drenaje Muro de contención
Nombre de la empresa	Ing. Jeisson Sierra
Localización	Sector El Silencio municipio de San Pablo de Borbur Boyacá

Observaciones

PARÁMETROS DE ENTRADA

Precipitación máxima horaria de frecuencia anual	I_R	98.49 mm/h
Ancho del tramo de drenaje	B	20.0 m
Longitud del tramo de drenaje	L	30.0 m
Factor de infiltración	F_i	0.7
Suelo de sitio		Otros
Tipo de suelo de subrasante		Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (menos del 50%, pasa tamiz #200)
Permeabilidad del suelo	K	0.0 m/s
Cota inferior del subdrén	N_d	0.0 m
Cota superior del nivel freático	N_f	0.0 m
Altura del muro		3.55 m

Diámetro de la tubería	100.0 mm
Pendiente de la tubería	13.75 %
Geocompuesto a usar	Tecdren
Material drenante	Gravilla
Ángulo de fricción	28.0 grad
Peso específico	2.0 Ton/m3
Permeabilidad del suelo en contacto con el subdrén K	1.0E-6 cm/s
Criterio de retención	Usar criterio recomendado
TAA <	0.3 mm
Factor de reducción por colmatación Geotextil	2.0
Factor de reducción por creep o fluencia Geotextil	2.0
Factor de reducción por intrusión Geotextil	1.2
Factor de reducción por colmatación química Geotextil	1.2
Factor de reducción por colmatación biológica Geotextil	1.2
Factor de reducción por creep o fluencia Geodrén	1.2
Factor de reducción por intrusión Geodrén	1.3
Factor de reducción por colmatación química Geodrén	1.1
Factor de reducción por colmatación biológica Geodrén	1.0

PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS

Caudal de diseño	11.49 L/s
Presión sobre el Geodrén	25.14 kPa

Criterio de retención

TAA <	0.3 mm
Observación	CUMPLE

Criterio de permeabilidad K(g) > K(s)

Observación	CUMPLE

Capacidad hidráulica tubería de drenaje

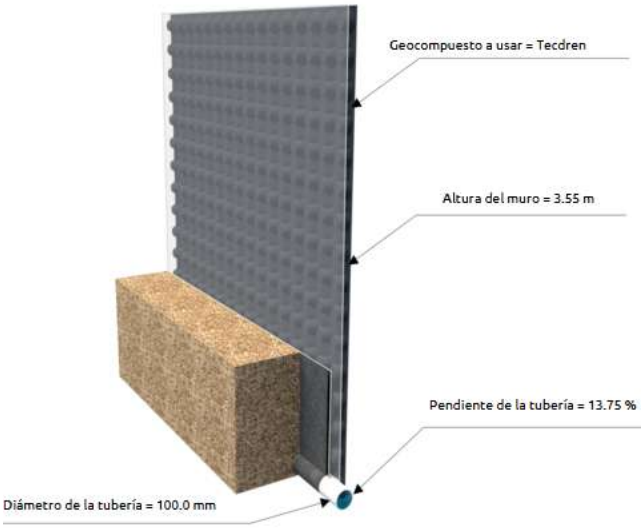
Diámetro de la tubería	100.0 mm
Caudal que es capaz de transportar la tubería	16.22 L/s
Observación	CUMPLE

Evaluación según la permitividad del sistema

Permitividad admisible [1/s]	0.39062500
Permitividad requerida [1/s]	0.00003039
Factor de seguridad global > 3.0	CUMPLE

Conducción del agua en el plano del geocompuesto

Tasa de flujo admisible	0.00105483
Tasa de flujo requerida	0.00038302
Factor de seguridad global	2.75
Observación	CUMPLE



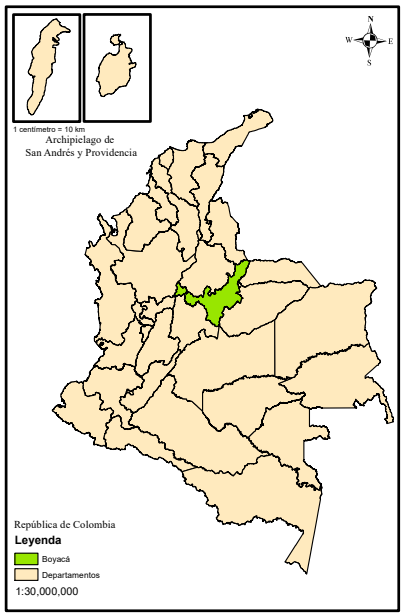
Para consultas y soporte técnico: ingenieriageosinteticos@wavin.com

ADVERTENCIA

Esta herramienta de cálculo es un complemento al Manual de Diseño. El usuario debe conocer las ecuaciones, su aplicabilidad y limitaciones. Esta herramienta de cálculo no debe ser usada en reemplazo de un ingeniero diseñador.

La información contenida aquí no puede ser garantizada ya que las condiciones del usuario están mas allá de nuestro control. El usuario de esta herramienta asume todos los riesgos asociados con su uso.

A pesar de que todos los esfuerzos han sido hechos para verificar su funcionamiento y resultados, GEOSINTÉTICOS PAVCO WAVIN no se hace responsable por cualquier error en los cálculos obtenidos con esta herramienta. Datos asumidos o valores entrados erróneos pueden dar soluciones incorrectas.



Leyenda

- Zona de intervención
- San Pablo de Borbur
- Boyacá
- Otros Departamentos

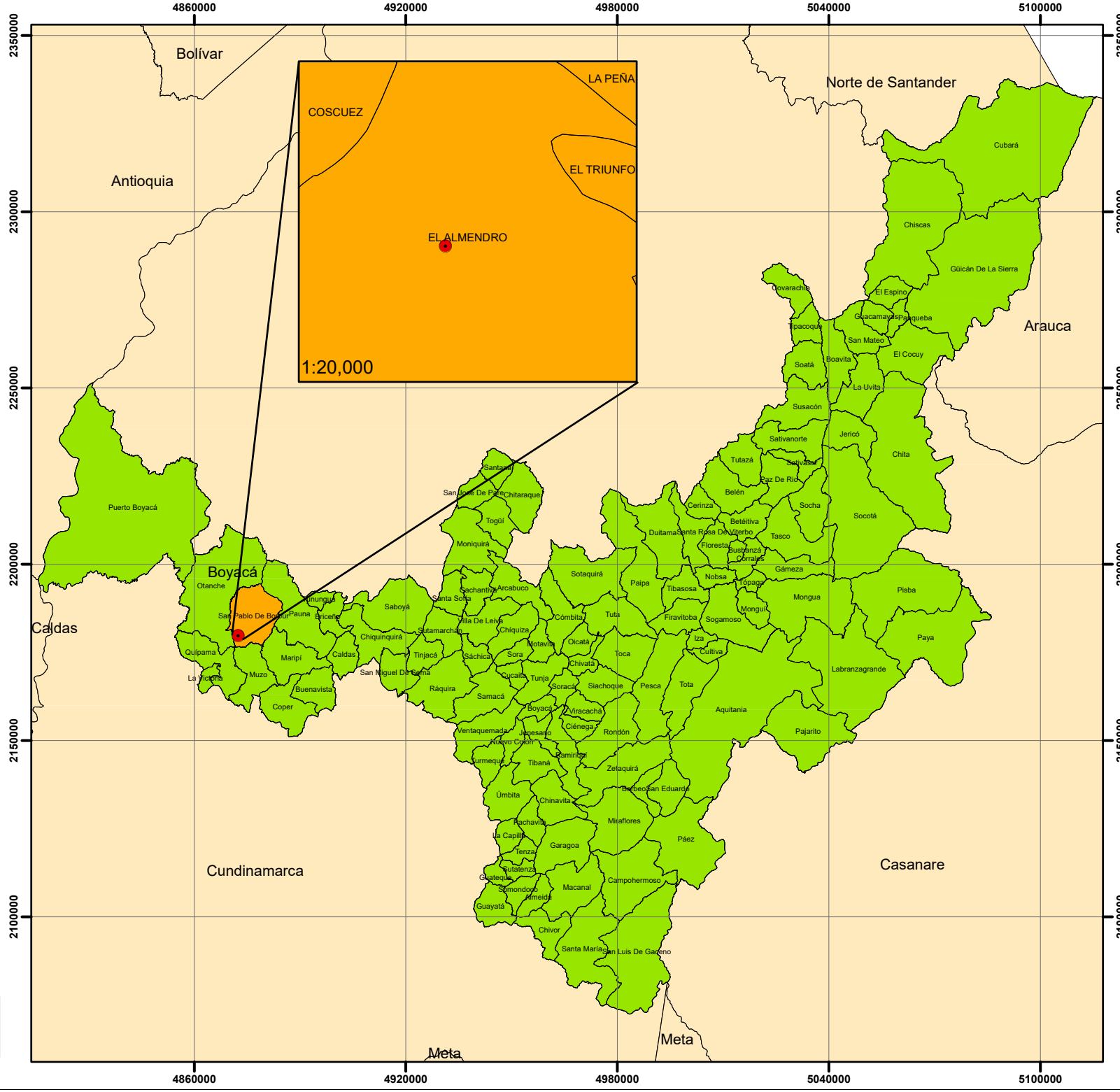
INFORMACIÓN DE REFERENCIA
Coordenadas planas Gauss Kruger
Datum MAGNA SIRGAS
Origen Bogotá
Proyección Transversal de Mercator
Falso Este: 1 000 000
Falso Norte: 1 000 000

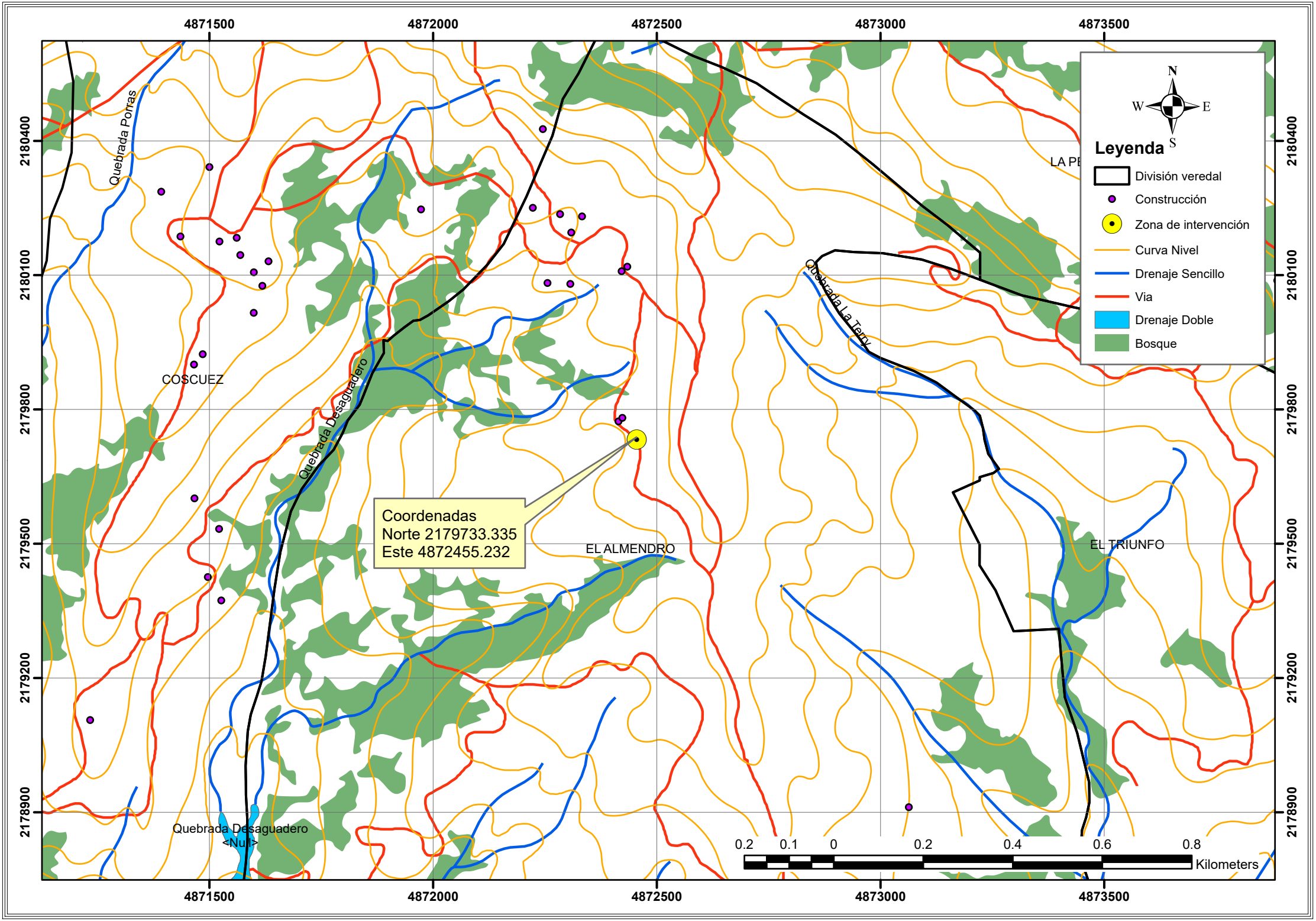
UBICACIÓN SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR BOYACÁ

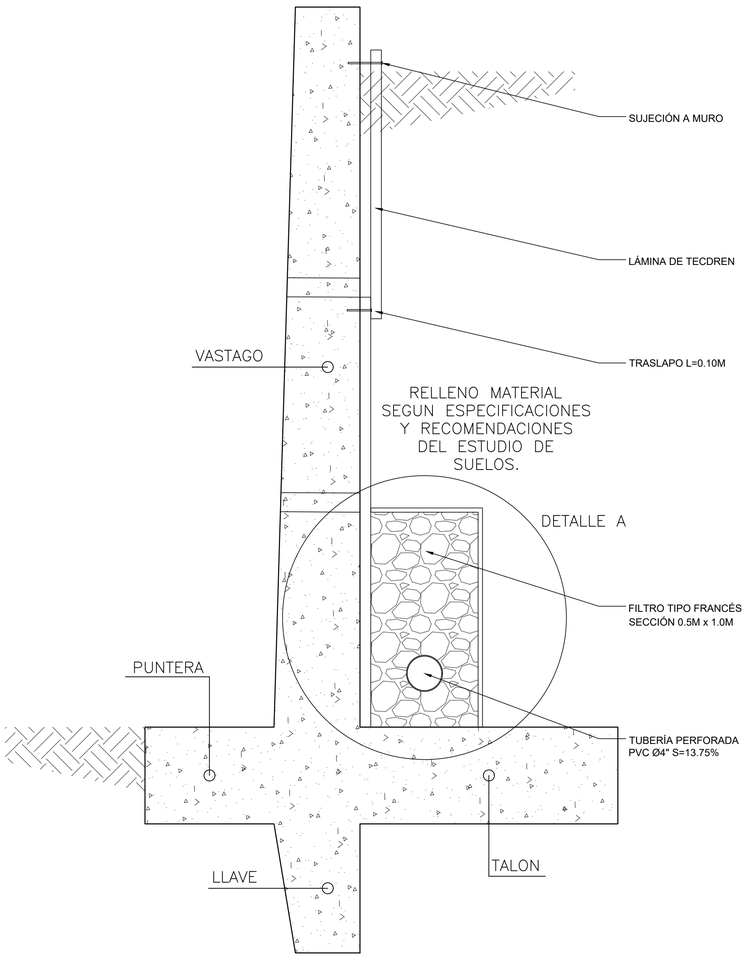
10 5 0 10 20 30 40 Kilometers

1:1,500,000

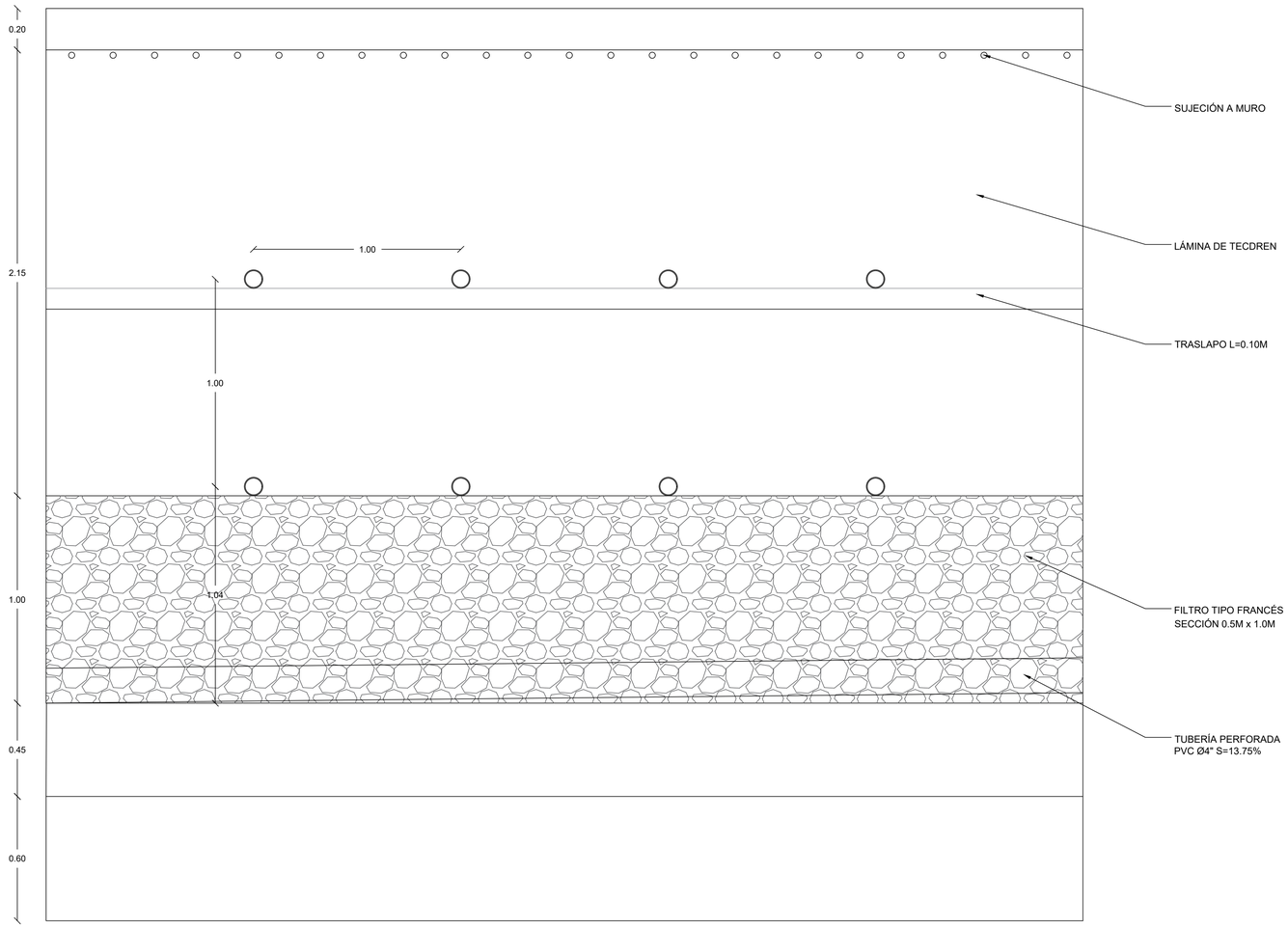
Elaborado por
Jeisson Arnulfo Sierra León
Para
Estudio Hidrológico e Hidráulico



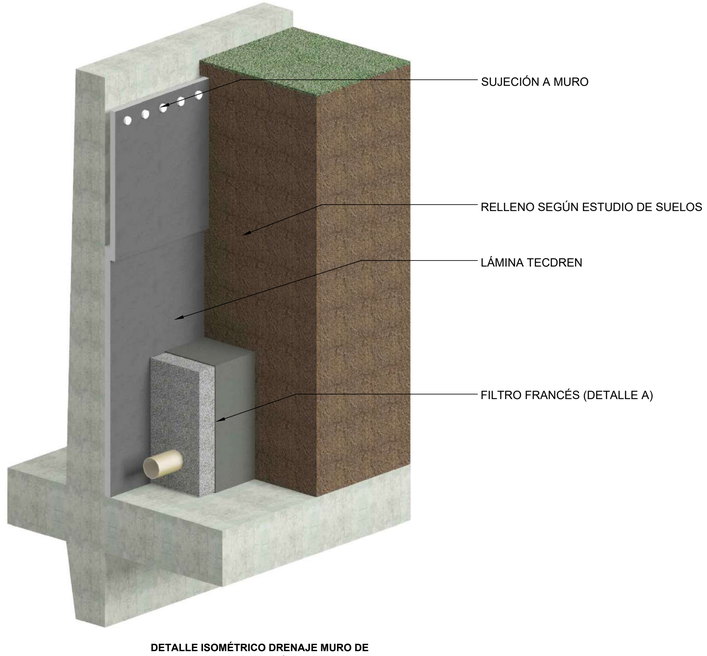

4871500
4872000
4872500
4873000
4873500
2180400
2180100
2179800
2179500
2179200
2178900
Quebrada Porras
COSCUEZ
Quebrada Desaguadero
Quebrada La Tenty
EL ALMENDRO
EL TRIUNFO
Coordenadas
Norte 2179733.335
Este 4872455.232
Quebrada Desaguadero
<Null>
N
W
E
S
Leyenda
División veredal
Construcción
Zona de intervención
Curva Nivel
Drenaje Sencillo
Via
Drenaje Doble
Bosque
0.2 0.1 0 0.2 0.4 0.6 0.8
Kilometers



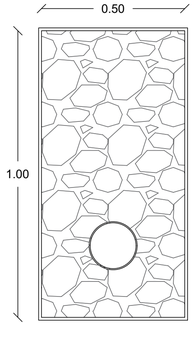
ALZADO LATERAL DRENAJE MURO DE CONTENCIÓN
ESC_____1:20



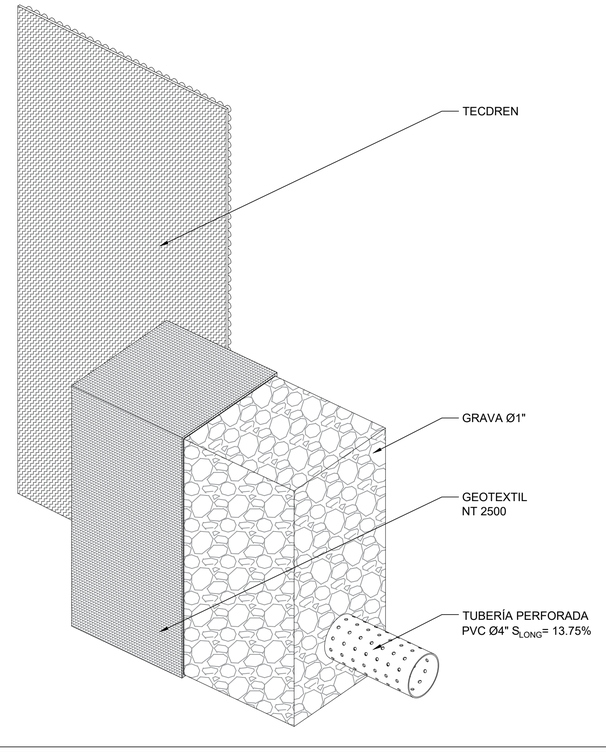
ALZADO FRONTAL DRENAJE MURO DE CONTENCIÓN
ESC_____1:20



DETALLE ISOMÉTRICO DRENAJE MURO DE CONTENCIÓN
ESC_____S.E.



DETALLE A
ESC_____S.E.



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA

SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR

CONTIENE:
- ALZADO LATERAL DRENAJE MURO DE CONTENCIÓN.
- ALZADO FRONTAL DRENAJE MURO DE CONTENCIÓN.
- DETALLE ISOMÉTRICO DRENAJE MURO DE CONTENCIÓN.
- DETALLE A.

DISEÑO:

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

APROBÓ:

REVISÓ:

JUAN CARLOS VELAZQUEZ
CONTRATISTA DE OBRA

APROBO:

JHONATAN MENESES
INTERVENTOR

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

DÍGITO :

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

ESCALA :

INDICADA

FECHA :

NOVIEMBRE DE 2023

ARCHIVO DIGITAL :

CT019_05

PLANO Nº 1 DE 1

ESTUDIO DE SUELOS Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR.

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

SEPTIEMBRE 2023

INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA PARA LA ESTABILIZACIÓN DE BANCA DE LA VÍA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

LOCALIZACIÓN: **SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

PROPIETARIO: **ALCALDÍA MUNICIPAL**

DIRIGIDO A: **GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 GENERALIDADES 6
1.1 DEL PROYECTO 6
1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL 7
1.2.1 Localización zona de estudio 8
1.3 GEOLOGÍA GENERAL 9
1.3.1 GEOLOGÍA 9
1.4 GEOLOGIA REGIONAL 11
1.4.1 Formación Paja (K1p) 11
2 . EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 14
2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO 17
2.2 ENSAYOS REALIZADOS 17
2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 19
2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION 22
2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua 22
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 27
4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES 27
4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS 28
5 RECOMENDACIONES 30
5.1 Tipo de cimentación 30
5.2 Nivel de cimentación 30
5.3 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO 32
6 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION 36
6.1 CAPACIDAD PORTANTE MURO 36
6.2 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE) 36
6.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS 37
6.4 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION 37
6.5 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS 38
6.6 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO 38
6.6.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD 39

6.6.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO 40
6.7 PARÁMETROS DE DISEÑO MUROS DE CONTENCIÓN 41
7 RECOMENDACIONES GENERALES 42
8 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO 45
9 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO 47

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización general de las zonas de estudio. Modificado Google Earth. .. 6
Figura 2 Localización general del proyecto 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. 13
Figura 6. Implantación de sondeos en campo.....15
Figura 7. Actividades de exploración, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT 17
Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía 20
Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT 22
Figura 10 Variación de la humedad con la profundidad 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 3 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). 29
Figura 15. Esquema de cimentación muro Tipo I. 30
Figura 16. Espectro elástico de aceleraciones. (A.2.6.1 de la NSR-10). 34
Figura 17. Espectro elástico de velocidades. (A.2.6.2 de la NSR-10).....34
Figura 18.Espectro elástico de desplazamientos. (A.2.6.2 de la NSR-10). 35

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados.....18
Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio.....18
Tabla 3. Descripción estratos. 19
Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).....21
Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10 27
Tabla 6. Parámetros geotécnicos zona de diseño.....32
Tabla 7. Coeficientes de diseño sísmico. 33
Tabla 8. Valores de aceleración, velocidad y desplazamiento espectral. 33
Tabla 9. Cálculo de capacidad portante 39
Tabla 10. Asentamientos inmediatos. 40
Tabla 11. Asentamientos totales.....41
Tabla 12. Parámetros de diseño de muros de contención.....41

1 GENERALIDADES

1.1 DEL PROYECTO

La gobernación departamental de Boyacá está adelantando el proyecto para la atención de la emergencia para la estabilización de la banca de la vía departamental, en el sector El Silencio que comunica el municipio de San Pablo de Borbur con Muzo ubicado en el municipio de San Pablo de Borbur departamento de Boyacá, ver figura 1.



Figura 1. Localización general de las zonas de estudio. Modificado Google Earth.

Revisada la información proporcionada por el cliente se tiene que el proyecto presenta construcción de un sistema de contención en banca de la vía.
Los sitios donde se va a desarrollar el proyecto se encuentran al momento de ejecutar las perforaciones como un talud con proceso de deslizamiento.

Para conocer propiedades mecánicas e índices, parámetros de resistencia y de asentamientos del subsuelo bajo el área de la obra, El propietario 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 Pablo de Borbur dentro de la geografía nacional, y el proyecto en general.

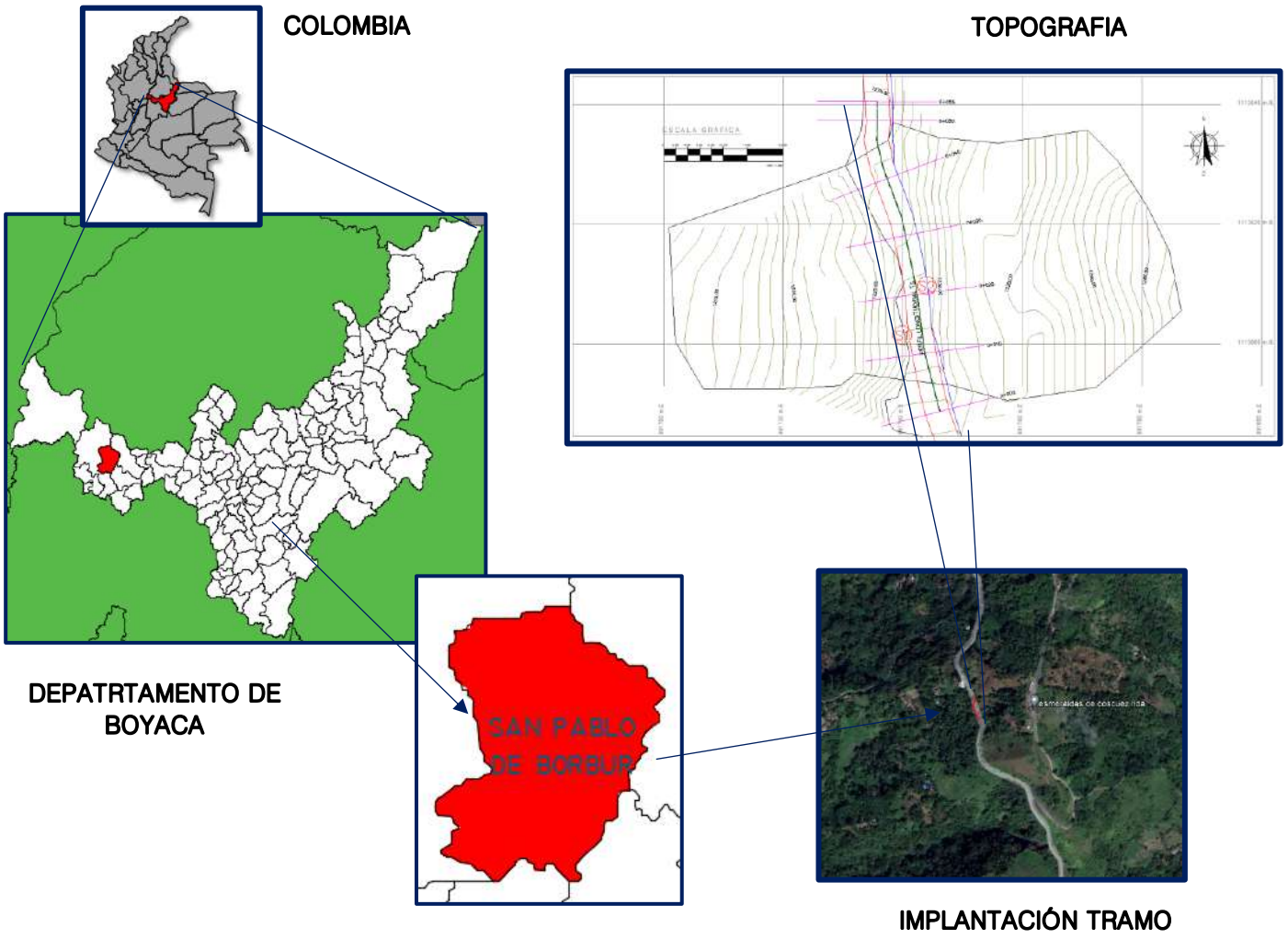


Figura 2 Localización general del proyecto dentro de la geografía nacional.

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

SAN PABLO DE BORBUR – Municipio Colombiano que cuenta con una extensión de 194 km2, se encuentra ubicado en la Provincia de Occidente del Departamento de Boyacá, bañada por el sistema hídrico de la cordillera oriental colombiana que vierte sus aguas al río Magdalena. Este municipio está en un terreno accidentado y pendientes superiores al 50%. Dista 65 km de la ciudad de Chiquinquirá, capital de la provincia. Limita al norte con Otanche y Pauna, al sur con Muzo, al oriente con Maripi y Pauna y al occidente con Otanche. Cuenta con una temperatura media que Oscila entre 21 y 35º C. También es conocido como «el municipio esmeralda de Colombia», por sus numerosos yacimientos en su jurisdicción. Al nororiente del municipio se encuentra el Cerro de Fura, en la vereda San Isidro con una altitud de 800 m.s.n.m, Al frente se encuentra el Cerro de Tena, separado por el río Minero en el municipio de Pauna. Otros puntos geográficos importantes son: Los cerros de Coscuez, Peñas Blancas, Calcetero, La Chapa, San Gil, Cañanguana y San Pedro entre otros. Los principales ríos son: Minero, Guaso, Tununguá, y las quebradas Tambrías, Honda, Las Cacas y Buriburi. Los tres sectores más importantes son la agricultura, la ganadería y la minería. Cultivando café, maíz, plátano, caña de azúcar, fríjol, arroz y cacao. La explotación piscícola se encuentra en expansión gracias a granjas piloto. Cuenta con la mina de Coscuez, la más importante a nivel mundial y principal fuente de empleo en el municipio. Es fuente del 60% de la producción mundial. Otras minas son Peñas Blancas, Chizo Cuépar, La Chapa y calcetero Alto, aunque existe otras reservas comprobadas en San Isidro, Calamaco Bajo, Santa Bárbara y San Martín. [2]

1.2.1 Localización zona de estudio

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

Coordenadas Magna Sirgas	Norte	Oeste
Elipsoidal	5°37'31,7''	74°09'07,6''
Gauss-Krueger	1113820,612	991734,939

[2] FUENTE: Pagina web municipio de San Pablo de Borbur. http://www.sanpablodeborburboyaca.gov.co/informacion_general.

Estas coordenadas corresponden a la carta geológica de La Palma que en nomenclatura propia del IGAC corresponde a la plancha número 189–II– B–11

1.3 GEOLOGÍA GENERAL

1.3.1 GEOLOGÍA [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
  - 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 Chiquinquirá – Arcabuco el cual está localizado inmediatamente al oriente del bloque de Otanche y está limitado por la Falla de cabalgamiento de La Salina al occidente y la Falla inversa de Boyacá al oriente.

[3] Mapa Geológico del Departamento de Boyacá, Memoria Explicativa. INGEOMINAS, 2000

Entre los pliegues presentes en este bloque cabe mencionar de occidente a oriente: el Sinclinal de La Palma – Otanche, el Sinclinal de Santa Bárbara, el Anticlinal de La Victoria, el Anticlinal de Coscuez, el Anticlinal de Santa Helena, el Sinclinal de Coscuez, el Sinclinal de Quípama, el Anticlinal del Alto La Chapa, el Sinclinal y Anticlinal de Muzo, el Sinclinal del Almendro y el Anticlinal de Pauna; el Sinclinal de Coper, el Anticlinal del Río Piedras, el Sinclinal y Anticlinal de Caldas, el Sinclinal de Chiquinquirá – San José de Pare, el Anticlinal de Oiba, el Anticlinal de Tinjacá y el Anticlinal de Arcabuco, el cual cabecea o se hunde al nororiente del Municipio de Sáchica, para presentarse como una bifurcación en relevo al suroccidente de esta población, formando el Sinclinal y Anticlinal de Ráquira, el Sinclinal de La Isla y el Anticlinal del Rabanal.

En general son estructuras simétricas, de gran extensión longitudinal, cuyos ejes se orientan en dirección N30°E a N40°E, algunos de los cuales presentan inversión, generalmente en uno de sus flancos, tales como el Anticlinal de Tinjacá que presenta una inversión en su flanco occidental.

En la siguiente figura se presenta la definición de cada uno de los bloques en los cuales se encuentra dividido el departamento de Boyacá de acuerdo con la información suministrada por el Ingeominas.

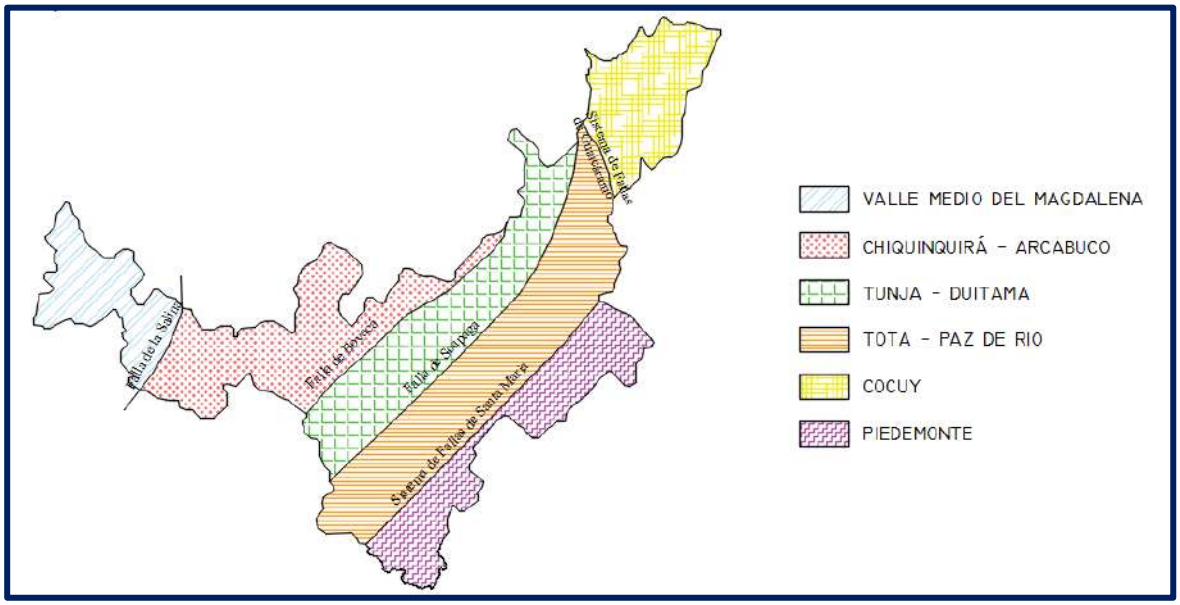


Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas.

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 Paja (K1p)

El nombre fue dado por wheeler, O. C., (informe inédito), según Morales, L.,(1955), para designar una sucesión de shales negros, ligeramente calcáreos y micáceos, con concreciones de calizas hasta de 30 cm de diámetro, que afloran en la quebrada La Paja, afluente del río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente. La Formación Paja, aflora en la zona estudiada (planchas 170 y 190) en un área de 850 Km^2, concordantemente a la Formación Bitoque en el lado oriental de la plancha 170 y de igual manera sobre la Formación Rosa–blanca en la región occidental (Anticlinal de Portones). La unidad se caracteriza por una morfología suavemente ondulada, debido a su carácter predominantemente arcilloso. Sus numerosos repliegues, impidieron el levantamiento detallado de su litología, y por tal razón, su descripción se hace en forma general, basados en secciones discontinuas. Está constituida en su base por lutitas y limolitas grises oscuras a negras„ ferruginosas, con delgadas

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

intercalaciones de areniscas arcillosas; su parte media la componen una sucesión de frutitas, arcillolitas, grises, con intercalaciones de areniscas, con concreciones limolíticas, piritosas, hasta de 10 cm de diámetro, y niveles de yeso (selenita), y la parte superior está formada por lutitas grises claras a oscuras micáceas, interestratificadas con areniscas arcillosas, de grano fino, en estratos hasta de 5 m de es- pesor. Un estudio detallado de esta unidad ha sido realizado por Etayo, Fernando (1968, pp. 18-30) en el área de Villa de Leiva-Sáchica, quien le asigna una edad de Hauteriviano - Aptiano Superior; por sus características paleontológicas y litológicas, este mismo autor supone para esta unidad un ambiente marino de aguas poco profundas y de circulación restringida. Su correlación puede hacerse con la parte inferior a media del Tibú-Mercedes Tibasosa Arenisca de Las Juntas y parte inferior del Fómeque.

En el contexto regional la zona de estudio se ubica sobre la formación Paja, ver Figura 5. Desde una perspectiva local se presentan suelos en la parte inferior y media, lutitas negras, micáceas, con nódulos arenosos, ligeramente alcáreos, limolitas arenosas, niveles de areniscas arcillosas y ocasionales estratos de caliza en capas gruesas. La parte superior está compuesta por una alternación de areniscas arcillosas, cuarzosas y lulitas negras, con oncreciones. La geomorfología de las zonas se caracteriza por presentar una pendiente del 8% al 16%.



Figura 4. Vista general de la zona de estudio.

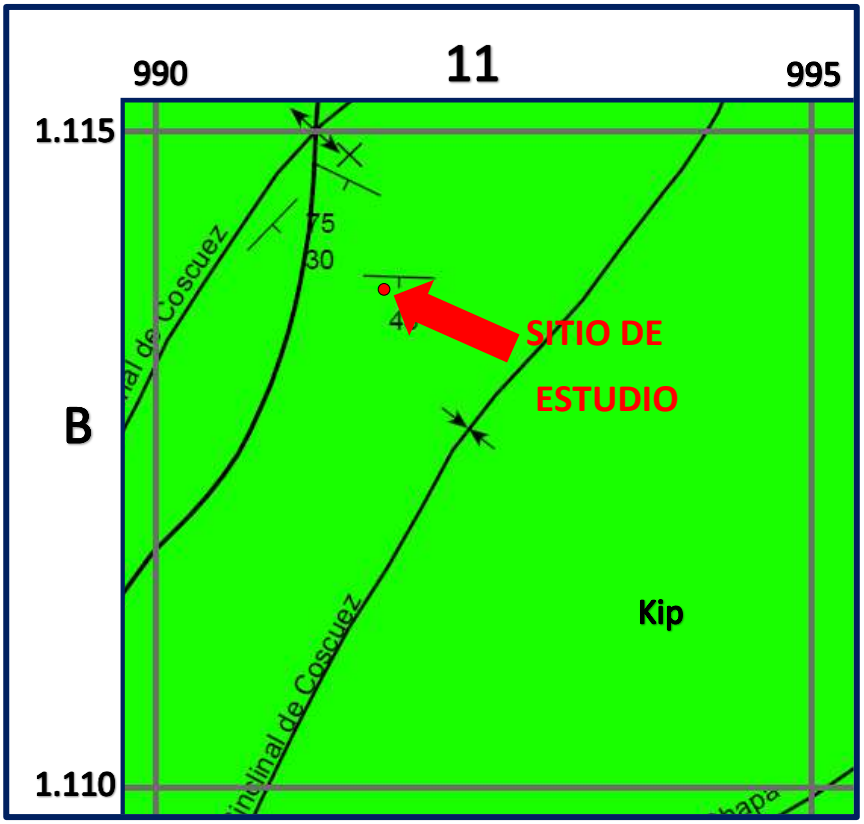


Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. [5]

[5] FUENTE: Servicio Geológico de Colombia. Estado de la Cartografía Geológica de Colombia 2015 Plancha 189. 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 de reconocimiento y muestreo a 4.00 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 del estudio reposa sobre la formación Paja (K1p), donde se presentan Secuencia de lodolitas color gris oscuro rica en fósiles, arcillolitas abigarradas con nódulos y láminas de yeso evaporítico y limolitas silíceas en capas delgadas.

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.

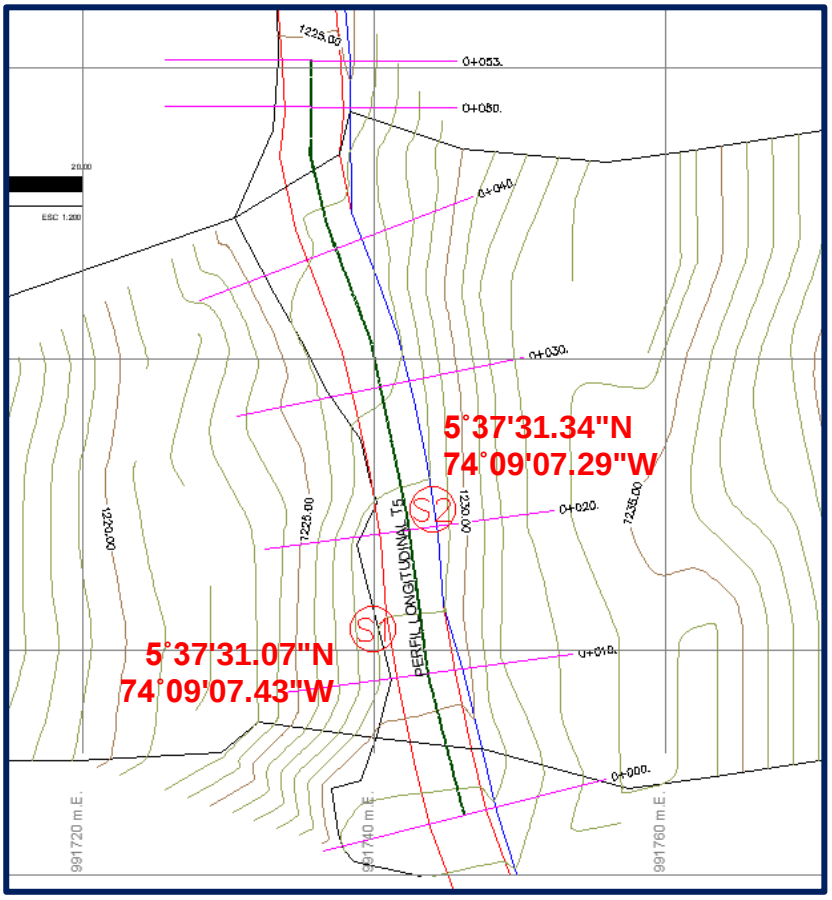


Figura 6. Implantación de sondeos en campo















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



Figura 7. Actividades de exploración, 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 capacidad portante y análisis de asentamientos para la obra proyectada. El alcance del estudio prevé análisis de estabilidad de taludes, las zonas de estudio presenta pendientes menores del 6°. 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 siguiente tabla 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	4.00
Humedad natural	5	8
Límites de Atterberg	1	2
Lavado sobre el tamiz Nº200	1	2
Ensayos de penetración estándar	3	6

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 (0,00-2,50)	1,25	8,55	33,05	25,10	8,0	-2,08	8	32,02	3,7	64,3	G M
S-2 (0,00-1,70)	0,85	16,07	35,17	23,72	11,5	-0,67	11	22,83	14,7	62,5	G C
S-2 (1,70-4,00)	2,85	14,94	37,07	25,50	11,6	-0,91	11	25,91	7,9	66,2	G M

Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio

Barreno Nº Prof. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL
S-1 (0,00-2,50)	Material compuesto por grava limosa de color gris con café.
S-2 (0,00-1,70)	Material compuesto por grava arcillosa de color gris con café
S-2 (1,70-4,00)	Material compuesto por grava limosa de color gris con café.

Tabla 3. Descripción estratos.

2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR

En el ensayo de penetración estándar 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 $2/(1+\sigma$
e1 = factor por energía del martillo ($0.45 \leq h1 \leq 1$)
e2 = factor por longitud de la varilla ($0.75 \leq h2 \leq 1$)
e3 = factor por revestimiento interno de tomamuestras ($0.8 \leq h3 \leq 1$)
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. 1,00			
Condiciones del Ensayo		Propiedades del suelo	
Profundidad de inicio (m):	1,00	Peso unitario (T/m³):	1,80
Profundidad del Nivel Freático (m):		Nº de golpes	
Peso del Martillo (kg):	63,50	N1	11
Peso del Cabezote (kg)	10,35	N2	11
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48	N3	11
Determinación de N corregido		Determinación de C y f	
sV (T/m²)	1,80	Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,6
CN	1,00	Hatanaka f (º):	30,0
e1	0,85	Uchida f (º):	36,0
e2	0,72	Promedio f (º):	31,9
Longitud de Tubería (m)	3,00	Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	134,6
Mr (kg)	20,79	Cu Stroud (KN/m²):	96,8
m	0,33	Cu Promedio (kg/cm²):	1,2
e3	0,73	Cu Promedio (KN/m²):	115,7
e4	1,00		
N de campo	22		
N 50	10		
N corregido	8		

Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía

Los valores varían entre 2 a 58 golpes/pie entre profundidades de 1,00 a 4,00 metros explorados, a partir de este punto el ensayo SPT, como se muestra en la tabla 4.

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 blanda a mediana inicialmente y aumenta su resistencia a mayor profundidad.

SONDEO	PROFUNDIDAD INICIAL	PROFUNDIDAD FINAL	N(SPT) CAMPO	Penetración normal corregida N(SPT)	ϕ	Cu(Kg/cm2)	qu(Kg/cm2)	Consistencia	Compacidad
1	1,00	1,50	22	8	30	0,97	1,94	Firme	Compacta
	1,50	2,00	44	19	32	1,94	3,87	Muy firme	Densa
	2,00	2,50	58	24	34	2,55	5,10	Dura	Muy densa
2	1,00	1,50	2	1	21	0,09	0,18	Muy blanda	Muy Suelta
	1,50	2,00	7	3	24	0,31	0,62	Mediana	Suelta
	2,00	2,50	15	6	28	0,66	1,32	Firme	Compacta
	2,50	3,00	22	9	30	0,97	1,94	Firme	Compacta
	3,00	3,50	38	17	32	1,67	3,34	Muy firme	Densa
	3,50	4,00	53	24	34	2,33	4,66	Dura	Muy densa

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

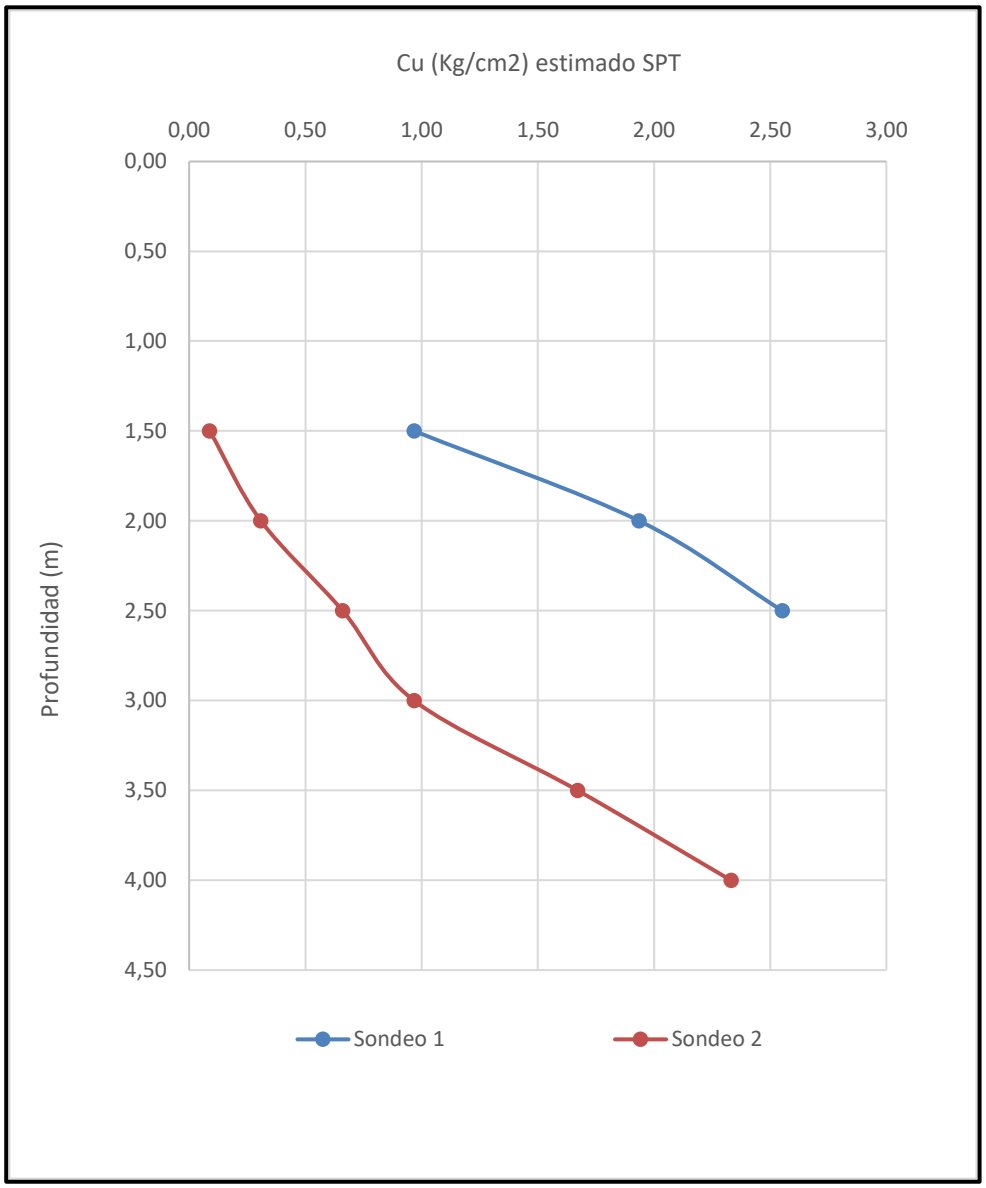


Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT

2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION

2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua

No se evidencia cuerpo de agua cercana al proyecto de la construcción del sistema de contención. Durante las perforaciones no se presentó nivel freático.

En la zona de estudio se evidencia cobertura vegetal de poca altura sin embargo no se cataloga como reserva vegetal.

3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

3.1 PERFIL DEL SUBSUELO

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

- GM/GC: Grava limosa y arcillosa de color gris con cafe, estado solido, expansividad baja, Limite plástico de 23 a 25%, Limite liquido de 33 a 35%, Indice de Plasticidad de 8 a 11% y un limite de liquides de −2,08 hasta −0,67, consistencia muy blanda a firme. Presenta porcentajes de arenas variable de 3 a 14%.
- GM: Grava limosa de color gris con cafe, estado solido, expansividad baja, Limite plástico de 25 a 26%, Limite liquido de 37 a 38%, Indice de Plasticidad de 11 a 12% y un limite de liquides de −0,91, consistencia media a muy firme. Presenta porcentajes de arenas variable de 7 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 bajos a moderados de humedad que se mantienen con la profundidad, con valores entre 7% y 21%, teniendo los mayores valores a una profundidad de 2.50 metros en el sector del sondeo 2. Se esperan cambios volumétricos por infiltración de aguas, adicionalmente no se evidencio la presencia de nivel freático.

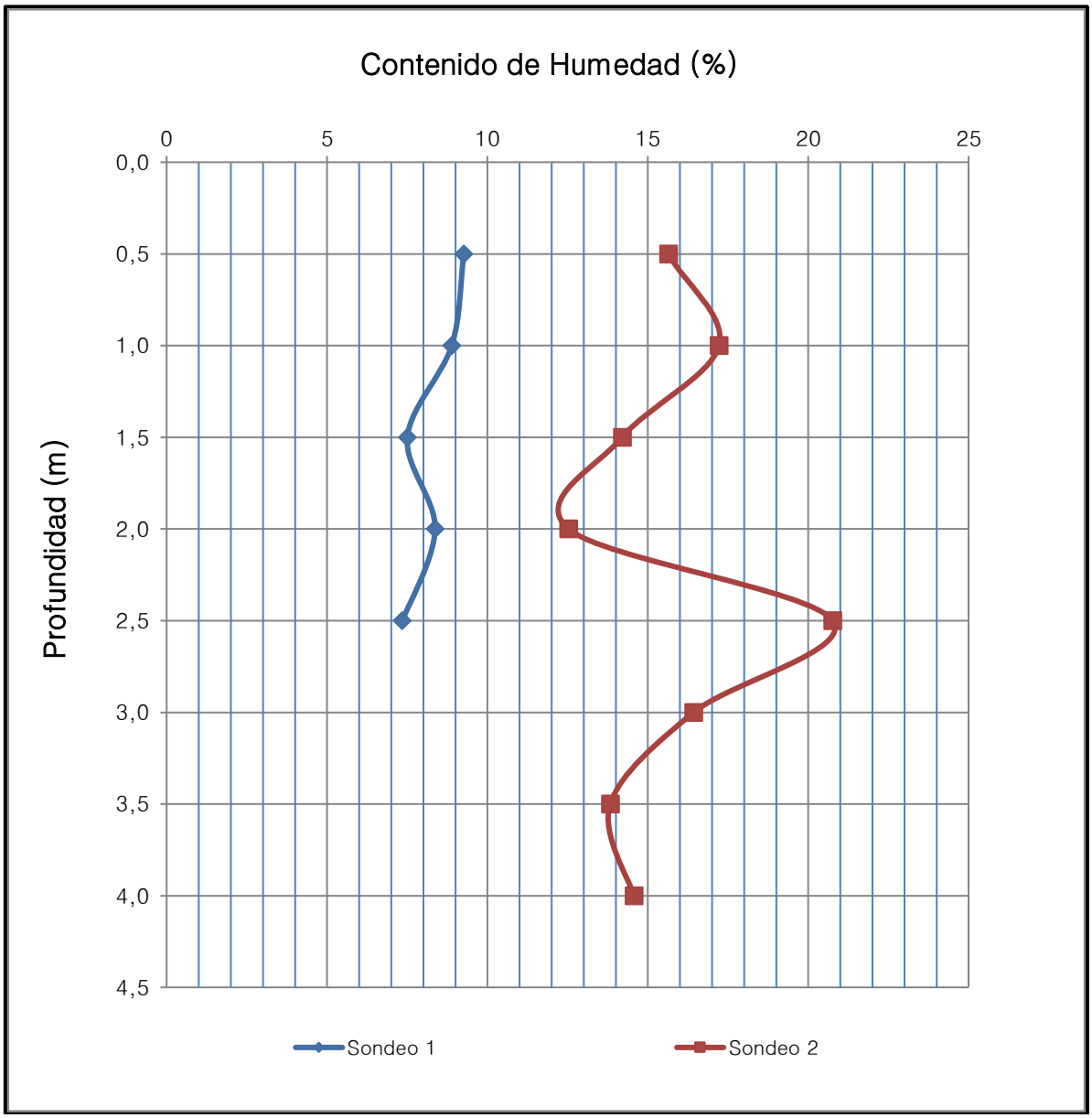


Figura 10 Variación de la humedad con la profundidad

4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL

Con base en los ensayos de clasificación realizados a las muestras seleccionadas los suelos corresponden principalmente a material de grava limosa de plasticidad baja, con límite líquido promedio entre 33% y 37%, dando condiciones de baja 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 debajo de los valores de límite plástico presentando un comportamiento de tipo solido por lo que se encuentran condiciones poco favorables de estabilidad ante la aplicación de cargas verticales.

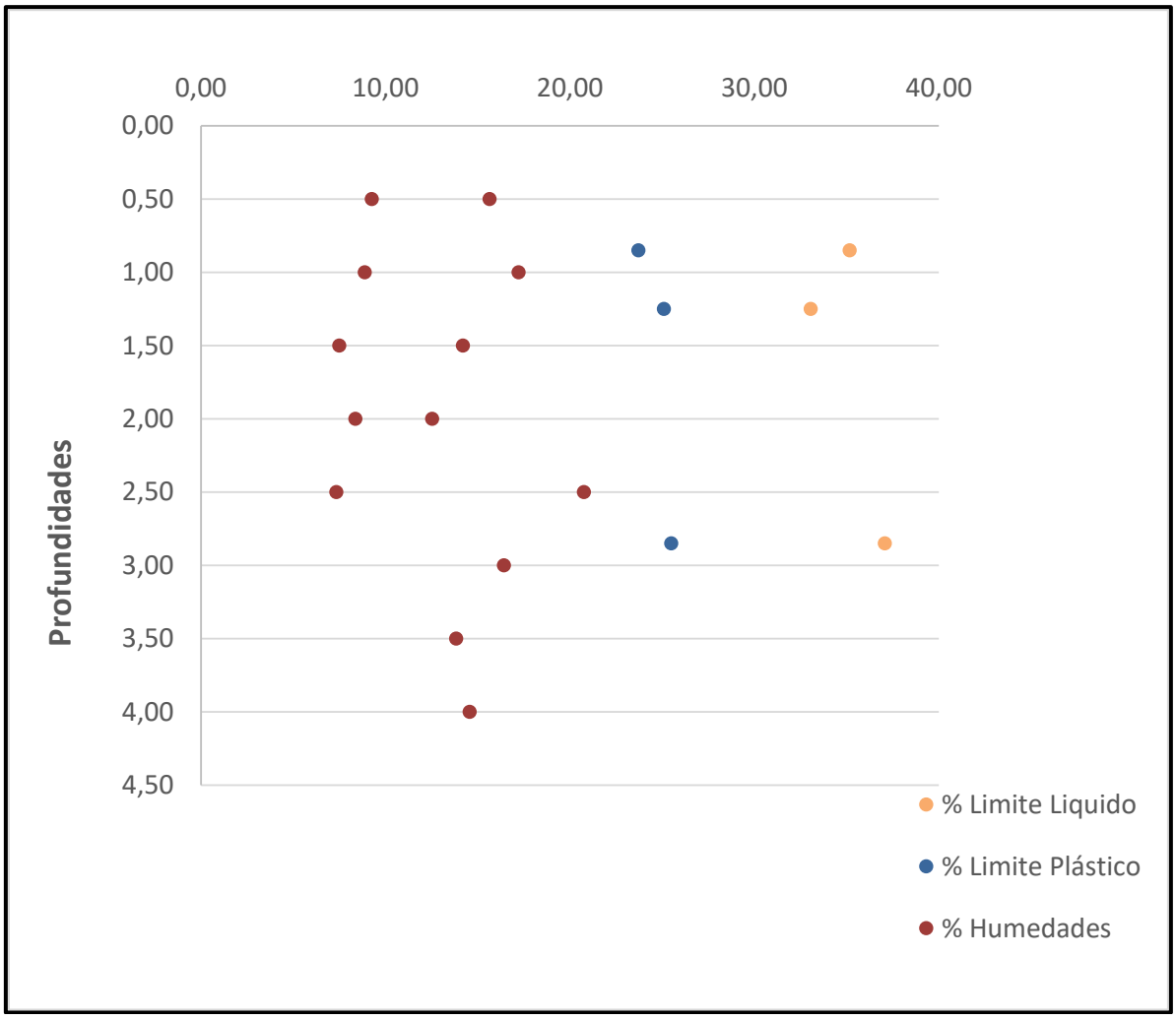


Figura 11. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración

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 los obtenidos en las pruebas de penetración estándar mediante el SPT determinadas en campo. En las figuras 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 muy blanda a mediana entre 1.00 y 2.00 metros explorados y a partir de este punto se encuentran condiciones firmes a dura hasta los 4.0 metros explorados dando condiciones adecuadas para la cimentación de la estructura proyectada.

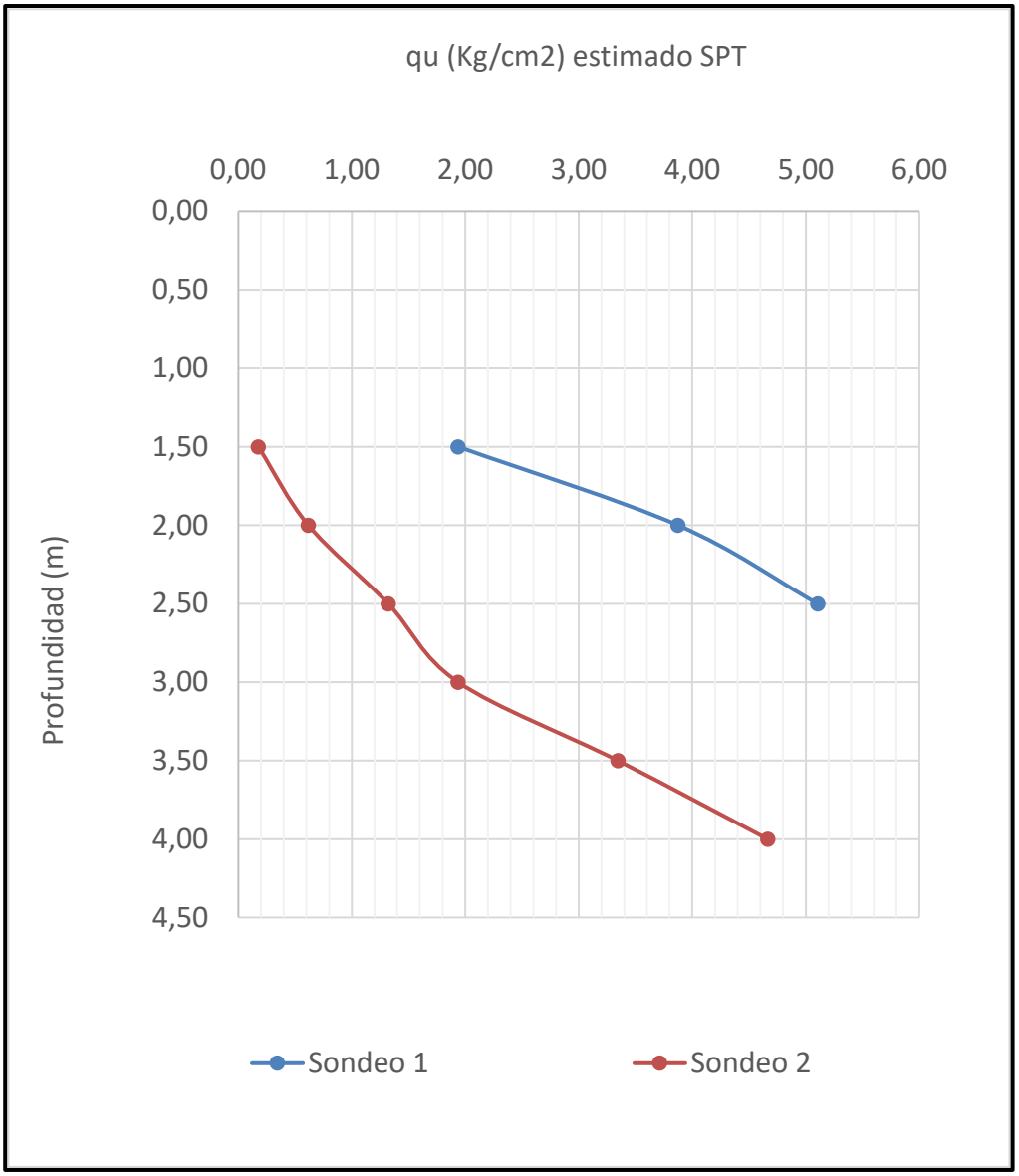


Figura 12 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 3 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio

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 33% a 37% y de 8% a 11%, respectivamente, catalogando al suelo con un potencial de expansión bajo por lo cual no 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:

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

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

Los valores de gravedad específica se demuestran a continuación, donde se toma un valor de Gs=2.64.

$$\gamma d\ crit = \frac{1}{\left(\frac{1}{2.64}\right) + 37.0} = 1.33$$

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

$$\frac{1.64}{1.33} = 1.23 \qquad Estable$$

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.

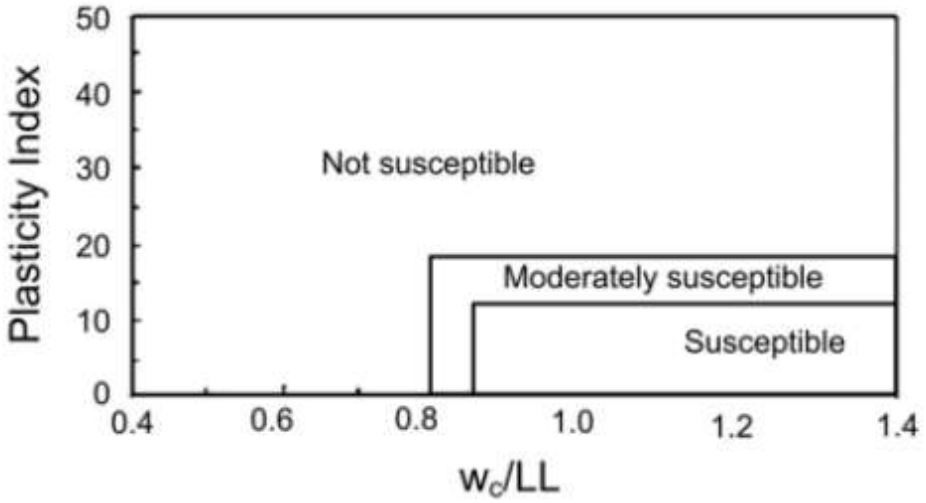


Figura 13. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004)

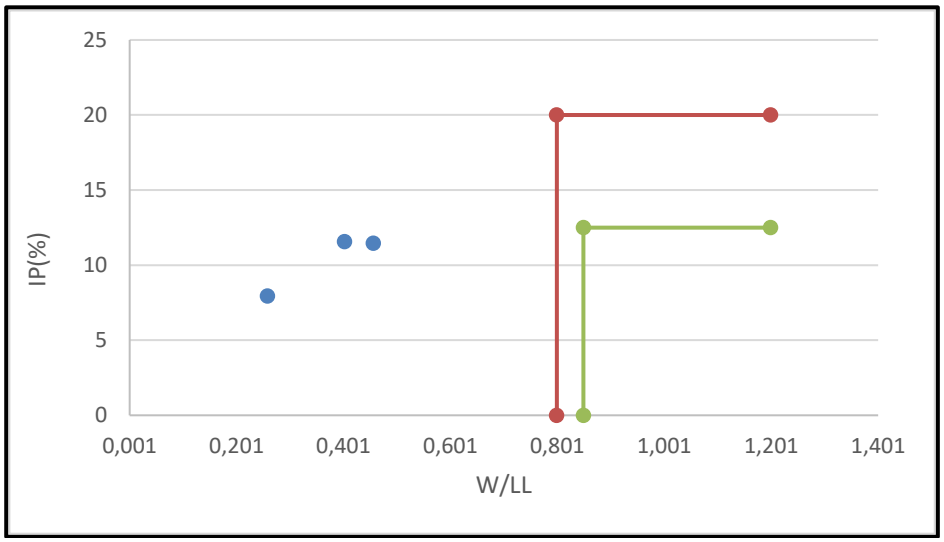


Figura 14. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).

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 estructura del proyecto, se recomienda el uso de muro en gaviones.

Por las condiciones del terreno se propone construir un muro en gaviones con una altura de 3.00 metros y longitud aproximada de 22.0 metros.

5.2 Nivel de cimentación

El muro de contención en gaviones se apoyará a −3.00 metros, contados a partir del nivel del terreno. A este nivel los cimientos se deben apoyar sobre 0.30 metros de material de afirmado compactado como mínimo al 95% con respecto al Proctor modificado.

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

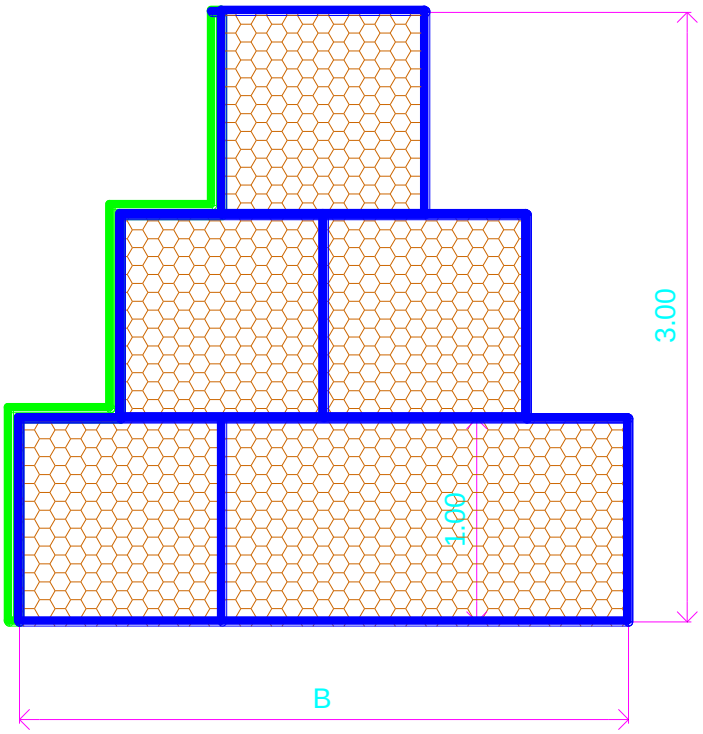


Figura 15. Esquema de cimentación muro Tipo I.

Las condiciones en las que se encuentra el subsuelo, grava limosa y arcillosa de consistencia blanda a dura, con LL= 33% a 37% y presencia de arenas del 3% al 14% y sin presencia de nivel freático; además de los rangos de lluvias bajos se emplearan parámetros drenados del suelo, determinados de las pruebas de campo de SPT, a través de la metodología de Álvaro González (ver anexos memorias de cálculo).

La metodología arrojo valores de cohesión variables entre 0.9 a 25.5 T/m2 y ángulo de fricción 21° a 34°, se adoptará un valor conservativo de 6.6 T/m2, de acuerdo con la experiencia en este tipo de suelos a 2.00 metros de profundidad.

- **MÓDULO DE ELASTICIDAD:** Se evaluó el módulo de elasticidad con la relación de 250Cu en donde se obtiene un módulo de elasticidad de 1650 Ton/m^2.

- **PARAMETROS PARA ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN**

Debido a que la geología del sector y a los ensayos realizados se caracteriza por presentar suelos sobreconsolidados, con material en estado sólido a plástico y consistencia blandas a dura a lo largo de los 3.00 metros explorados. El valor de RSC será igual a 1,5.

Para el cálculo de los asentamientos por consolidación se usa el índice de recompresión 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 una 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=2.6 y e=0.22.

No se presenta nivel freático en la zona de estudio, el régimen de lluvias oscila en el orden de 2465 mm/año, por tal razón se emplearán parámetros en condiciones drenadas.

Se toma un sector para definir el tipo de cimentación seleccionando según las condiciones encontradas teniendo condiciones similares en los sectores explorados, por lo tanto, se presentan parámetros para la zona definida.

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 GC/GM (0.00/2.50) Arena 3% a 14% LL=33–37% ω= 8–16% Gs=2,64	Parámetros Drenados C= 0.66 Kg/cm^2 ϕ = 0° γt=1,90 ton/m^3 γd =1,68 ton/m^3	Es=1650 Ton/m^2 RSC=1.5 μ=0,45 Cc=0,24 Cr=0,05 $e_{0=}$ 0,22

Tabla 6. Parámetros geotécnicos zona de diseño

5.3 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Según el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR–10, el tipo de perfil de suelo se define con base en las características de suelo hasta los 30 metros de profundidad. Sin embargo, aunque no se

realizaron perforaciones hasta los 30 metros, la resistencia al corte no drenado es de 0.66 kg/cm^2, por lo que el tipo de perfil de suelo corresponde al Tipo D, el cual describe a suelos rígidos, esto de acuerdo a la NSR-10.

Para el diseño se pueden considerar los siguientes coeficientes sísmicos:

COEFICIENTE	NSR 10
Zona de amenaza sísmica	INTERMEDIA
Tipo de perfil sismo resistente	D
Coeficiente de Importancia, [I]	1.10
Aceleración Pico efectiva para Diseño, [Aa]	0.15
Velocidad Pico efectiva para Diseño, [Av]	0.15
Coeficiente Pico efectiva para umbral de daño,[Ad]	0.08
Coeficiente de amplificación periodos cortos (Fa)	1.50
Coeficiente de amplificación periodos largos (Fv)	2.20
Categoría del Proyecto	Normal

Tabla 7. Coeficientes de diseño sísmico.

	T (s)	Sa (g)	Sv (m/s)	Sd (m)
	0.00	0.62	0.00	0.00
T0	0.15	0.62	0.14	0.00
Tc	0.70	0.62	0.68	0.08
	2.00	0.22	0.68	0.22
	3.00	0.15	0.68	0.33
	4.00	0.11	0.68	0.44
	5.00	0.09	0.68	0.54
	6.00	0.07	0.68	0.65
TL	6.00	0.07	0.68	0.65
	9.00	0.03	0.45	0.65
	10.00	0.03	0.41	0.65

Tabla 8. Valores de aceleración, velocidad y desplazamiento espectral.

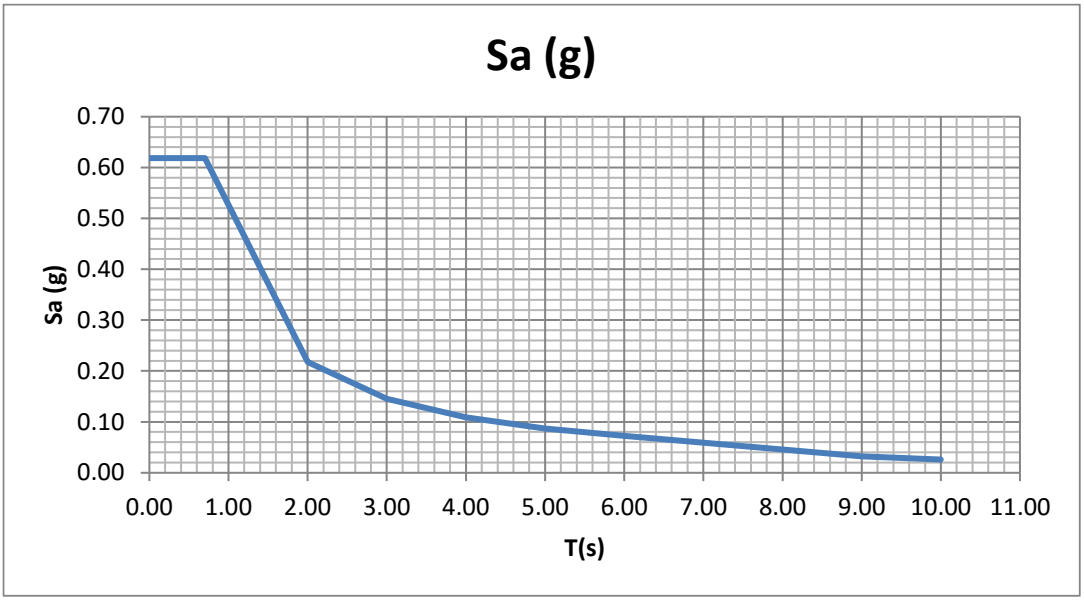


Figura 16. Espectro elástico de aceleraciones. (A.2.6.1 de la NSR-10).

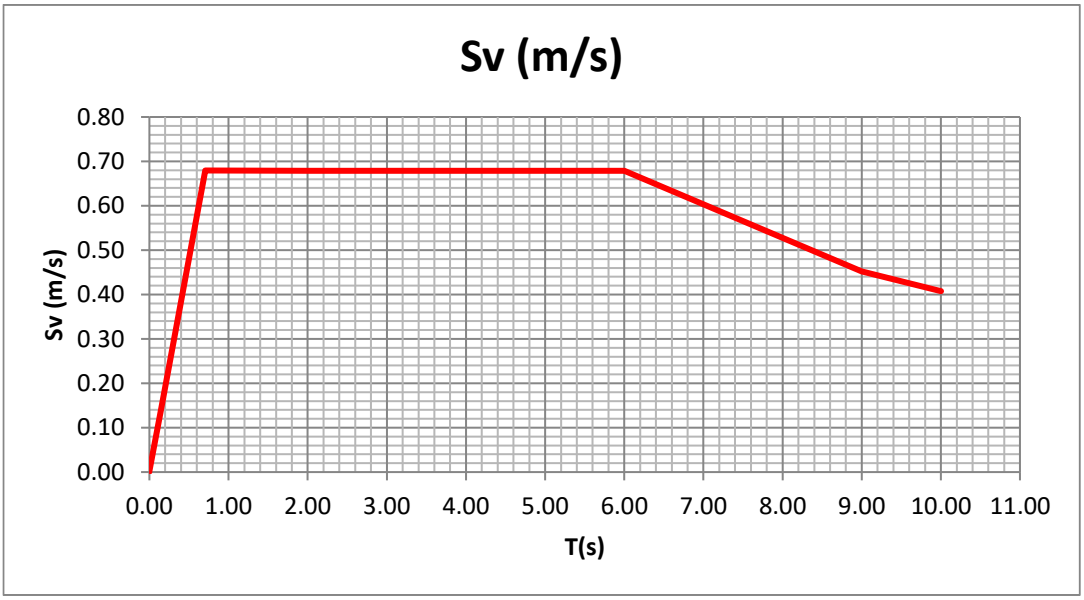


Figura 17. Espectro elástico de velocidades. (A.2.6.2 de la NSR-10).

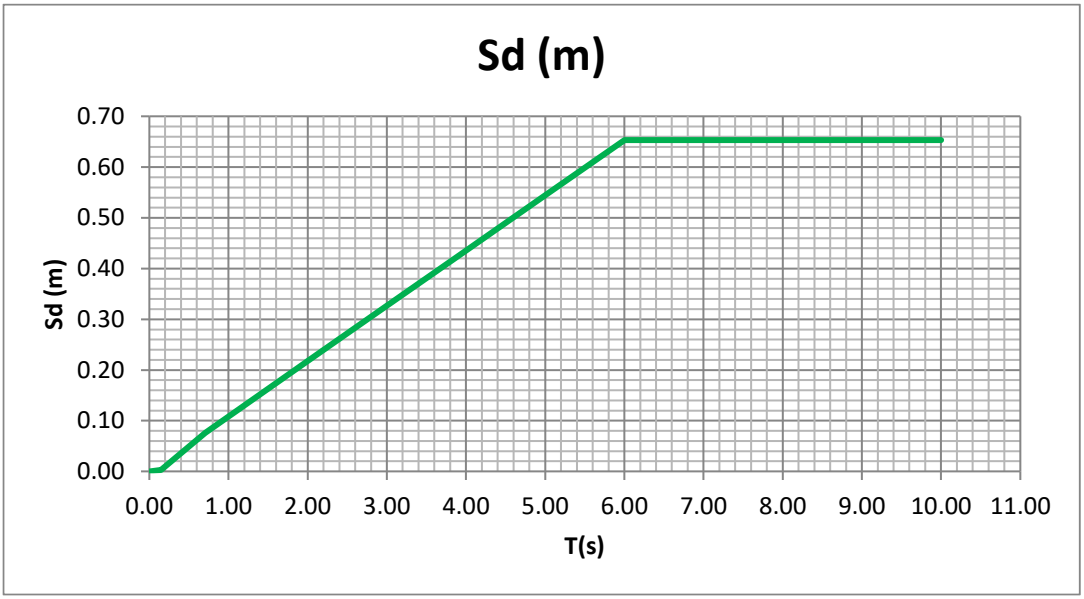


Figura 18.Espectro elástico de desplazamientos. (A.2.6.2 de la NSR-10).

6 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION

El suelo analizado presenta una capa GC/GM de espesor superior de 3,0 metros el cual presenta buenas características como suelo de fundación ya que estos estratos tienden capacidad portante alta lo que generaría bajos asentamientos por lo cual es conveniente la construcción de contención tipo muro en concreto armado soportando pantalla la ampliación de la vía.
Por las condiciones de las condiciones topográficas del tramo de vía inestable se propone la construcción de un muro de 3.00 metros de altura con una longitud aproximada de 22 metros lineales.

Teniendo en cuenta que es conveniente que los esfuerzos se distribuyan en los estratos de mejores características el cual corresponde a la capa inferior, grava arcillosa y limosa, ubicada a una profundidad aproximada de 2.00 metros a partir del nivel del terreno en la parte baja del talud y a una distancia de 6.50 metros con respecto al borde del talud en roca actual. Por las condiciones del terreno en una longitud aproximada de 22 metros lineales es necesario construir un muro de contención en concreto reforzado.

6.1 CAPACIDAD PORTANTE MURO

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.

6.2 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE)

La presión máxima que pueda transmitir la cimentación estará próxima a la capacidad portante del suelo natural localizado por debajo de los niveles de cimentación recomendados, la cuantía depende del tipo y ancho de cimentación. La presión de contacto está condicionada a la capacidad de

carga del suelo a nivel de contacto, pues la resistencia al corte aumenta con la profundidad. En este caso, la capacidad de soporte se expresa como:

$$\sigma_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma N_\gamma N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$\sigma_{seguridad} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

6.3 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

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

6.4 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.

6.5 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 la tablas de asentamientos totales.

6.6 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO

De acuerdo a la magnitud de la obra, la cual corresponde a una obra de contención para paso vehicular, y una posible falla de la estructura o de sus cimientos abarcara graves consecuencias a esta y por ende a la integridad física 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.

6.6.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD

			Capacidad de Carga						
Df (m)	B (m)	L (m)	σ ultimo (Ton/m2)	σ adm (Ton/m2) FS=3	σ seguridad (KPa) (FS =3,0)	σ seguridad (Ton/m^2) (FS=2,5)	σ seguridad (Kpa) (FS=2,5)	σ seguridad (Ton/m^2) (FS=1,5)	σ seguridad (KPa) (FS =1,5)
2.50	1.50	3.00	57	18.94	189	22.73	227	37.89	379
	1.50	4.00	56	18.56	186	22.27	223	37.11	371
	1.50	5.00	55	18.32	183	21.99	220	36.64	366
	1.50	6.00	55	18.17	182	21.80	218	36.33	363
	2.00	3.00	56	18.77	188	22.53	225	37.55	375
	2.00	4.00	55	18.28	183	21.93	219	36.55	366
	2.00	5.00	54	17.98	180	21.57	216	35.96	360
	2.00	6.00	53	17.78	178	21.33	213	35.56	356
	2.50	3.00	56	18.69	187	22.43	224	37.38	374
	2.50	4.00	54	18.09	181	21.71	217	36.18	362
	2.50	5.00	53	17.73	177	21.27	213	35.45	355
	2.50	6.00	52	17.49	175	20.98	210	34.97	350
	3.00	3.00	56	18.68	187	22.42	224	37.37	374
	3.00	4.00	54	17.98	180	21.58	216	35.96	360
	3.00	5.00	53	17.56	176	21.07	211	35.12	351
	3.00	6.00	52	17.28	173	20.73	207	34.55	346
	3.50	3.00	56	18.74	187	22.49	225	37.48	375
	3.50	4.00	54	17.94	179	21.52	215	35.87	359
	3.50	5.00	52	17.46	175	20.95	209	34.91	349
	3.50	6.00	51	17.14	171	20.56	206	34.27	343

Tabla 9. Cálculo de capacidad portante

6.6.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO

Es (KPa)	1,650					
m	0.35					
NC (m)	B (m)	L (m)	B/L	ar	Q_{adm} (KPa)	Se (cm)
2.5	1.5	3.0	0.50	0.71	185.84	0.21
2.5	1.5	4.0	0.38	0.67	182.03	0.19
2.5	1.5	5.0	0.30	0.64	179.74	0.18
2.5	1.5	6.0	0.25	0.63	178.22	0.18
2.5	2.0	3.0	0.67	0.76	184.18	0.30
2.5	2.0	4.0	0.50	0.71	179.29	0.27
2.5	2.0	5.0	0.40	0.68	176.36	0.25
2.5	2.0	6.0	0.33	0.65	174.41	0.24
2.5	2.5	3.0	0.83	0.82	183.36	0.40
2.5	2.5	4.0	0.63	0.75	177.45	0.35
2.5	2.5	5.0	0.50	0.71	173.91	0.33
2.5	2.5	6.0	0.42	0.68	171.54	0.31
2.5	3.0	3.0	1.00	0.88	183.28	0.51
2.5	3.0	4.0	0.75	0.79	176.38	0.45
2.5	3.0	5.0	0.60	0.74	172.25	0.41
2.5	3.0	6.0	0.50	0.71	169.49	0.38
2.5	3.5	3.0	1.17	0.93	183.82	0.64
2.5	3.5	4.0	0.88	0.83	175.96	0.55
2.5	3.5	5.0	0.70	0.78	171.25	0.49
2.5	3.5	6.0	0.58	0.74	168.11	0.46

Tabla 10. Asentamientos inmediatos.

B (m)	L (m)	Z(m)=2 B	σ neto (ton/m^2)	σ efectivo mitad (Ton/m2)	σ efectivo mitad + Δ σ	Consolidaciòn ΔHc (cm)	Inmediatos ΔH (cm)	Asentamientos Totales (cm)	Modulo de la Balasto (ton/m^3)
1.50	3.00	3.00	18.94	4.04	11.93	2.78	0.21	3.0	634.02
1.50	4.00	3.00	18.56	4.04	12.22	2.84	0.19	3.0	611.85
1.50	5.00	3.00	18.32	4.04	12.42	2.88	0.18	3.1	597.46
1.50	6.00	3.00	18.17	4.04	12.58	2.91	0.18	3.1	587.37
2.00	3.00	4.00	18.77	4.41	11.74	3.35	0.30	3.6	515.04
2.00	4.00	4.00	18.28	4.41	12.03	3.43	0.27	3.7	494.24
2.00	5.00	4.00	17.98	4.41	12.24	3.49	0.25	3.7	480.41
2.00	6.00	4.00	17.78	4.41	12.41	3.54	0.24	3.8	470.55
2.50	3.00	5.00	18.69	4.79	11.69	3.81	0.40	4.2	443.49
2.50	4.00	5.00	18.09	4.79	11.96	3.91	0.35	4.3	424.07
2.50	5.00	5.00	17.73	4.79	12.17	3.99	0.33	4.3	410.81
2.50	6.00	5.00	17.49	4.79	12.34	4.05	0.31	4.4	401.21
3.00	3.00	6.00	18.68	5.16	11.73	4.21	0.51	4.7	395.51
3.00	4.00	6.00	17.98	5.16	11.98	4.32	0.45	4.8	377.46
3.00	5.00	6.00	17.56	5.16	12.19	4.41	0.41	4.8	364.83
3.00	6.00	6.00	17.28	5.16	12.36	4.48	0.38	4.9	355.52
3.50	3.00	7.00	18.74	5.54	11.85	4.55	0.64	5.2	360.85
3.50	4.00	7.00	17.94	5.54	12.08	4.66	0.55	5.2	344.19
3.50	5.00	7.00	17.46	5.54	12.27	4.76	0.49	5.3	332.19
3.50	6.00	7.00	17.14	5.54	12.44	4.84	0.46	5.3	323.20

Tabla 11. Asentamientos totales

6.7 PARÁMETROS DE DISEÑO MUROS DE CONTENCIÓN

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°	28°
Coeficiente de presión de tierras (Ko)	0.50	0.53
Coeficiente de presión de tierras (Ka)	0.33	0.36
Coeficiente de fricción suelo – muro	0.35	0.32

Tabla 12. Parámetros de diseño de muros de contención

7 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.

- Las características de los suelos definen una única zona geotécnica, el sitio está sobre la Formación Paja (K1p), donde se presentan secuencia de lodolitas color gris oscuro rica en fósiles, arcillolitas abigarradas con nódulos y láminas de yeso evaporítico y limolitas silíceas en capas delgadas.

- El sistema de cimentación recomendado para la construcción de las obras de estabilización de la vía corresponde con un muro en gaviones con una longitud aproximada de 22 metros lineales con una altura de 3.00 metros.

- Se realizó la verificación de los factores de seguridad indirectos con las 3 combinaciones de carga establecido en la NSR-10. En las tablas del capítulo correspondiente se describen las dimensiones a adoptar para el proyecto.

- Se evalúa la capacidad portante para varias dimensiones de cimentación variando de 1.5 a 3.5 metros, ver tabla 9, donde los valores varían de 16.3 a 18.1 Ton/m^2. Se estiman los asentamientos totales con la carga admisible obtenida del FS=3.

- 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.

- El tipo de excavación deberá ejecutarse con un talud cuyas proporciones estén en 0.5H: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.

- Los asentamientos presentados en las tablas 10 y 11 cumplen con lo establecido en la NSR-10, donde se enmarcan que los asentamientos totales deben ser menores a 15 cm.

- 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.

- Los suelos no presentan susceptibilidad a la licuación como se definió en la metodología de ablandamiento cíclico de suelos finos en el capítulo 5.6.

- 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 o la aplicación de una capa de 0.30 metros con material de afirmado compactado como mínimo al 95% con respecto al Proctor modificado, 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 0.15 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 tomarán, en todos los casos, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno excavado.

- Se debe entibar las zonas excavadas con parales cada 0.50 metros en los sectores donde se evidencie valores de humedad alta en el terreno expuesto.

- 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 – 130100BYC
ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

8 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 01

ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00–2,50) Estrato compuesto por grava limosa de color gris con café. Material de consistencia firme con potencial de expanción baja y contenido de humedad baja	0,0						GM A-2-4
	0,2						
	0,4						
	0,6	9,26					
	0,8						
	1,0	8,88					
	1,2		33,05	25,10	7,95	32,02	
	1,4						
	1,6	7,50					
	1,8						
	2,0	8,36					
	2,2						
	2,4						
	2,6	7,34					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 02

ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00–1,70) Estrato compuesto por grava arcillosa de color gris con café. Material de consistencia muy blanda a media con potencial de expanción baja y contenido de humedad moderada	0,0						GC A-2-6
	0,2						
	0,4						
	0,6	15,64					
	0,8						
	1,0	17,22					
	1,2		35,17	23,72	11,46	22,83	
	1,4						
	1,6	14,20					
	1,8						
(1,70–4,00) Estrato compuesto por grava limosa de color gris con café. Material de consistencia media a muy firme con potencial de expanción baja y contenido de humedad moderado	2,0	12,53					GM A-2-6
	2,2						
	2,4						
	2,6	20,76					
	2,8						
	3,0	16,43	37,07	25,50	11,57	25,91	
	3,2						
	3,4						
	3,6	13,83					
	3,8						
	4,0	14,57					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

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

9 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:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**30/09/2023**
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	52	6,28	115,55	106,29	9,26
0,50-1,00	24	6,15	128,87	118,86	8,88
1,00-1,50	47	5,91	84,67	79,18	7,50
1,50-2,00	90	6,09	125,68	116,45	8,36
2,00-2,50	27	6,00	88,16	82,54	7,34

SONDEO **2**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	40	4,68	82,61	72,07	15,64
0,50-1,00	3	4,91	76,91	66,33	17,22
1,00-1,50	43	4,55	83,66	73,82	14,20
1,50-2,00	M	4,34	105,38	94,13	12,53
2,00-2,50	55	4,84	91,85	76,89	20,76
2,50-3,00	U	4,78	101,16	87,56	16,43
3,00-3,50	96	4,43	78,68	69,66	13,83
3,50-4,00	197	4,82	102,25	89,86	14,57



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:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**30/09/2023**
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
0,00-2,50	12A	47,94	316,25	230,35	32,02

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
0,00-1,70	Z44	63,17	307,06	251,37	22,83
1,70-4,00	Z-2	60,21	286,91	228,17	25,91

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

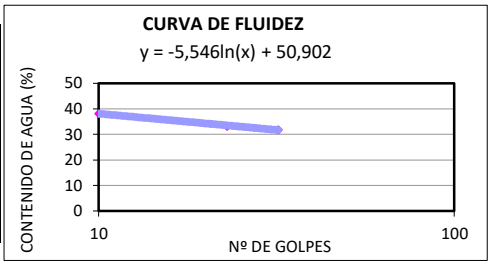
Página 3 de 11	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	SONDEO	**1**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,00-2,50**
FECHA:	**30/09/2023**	MUESTRA	**2**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava limosa de color gris con café.

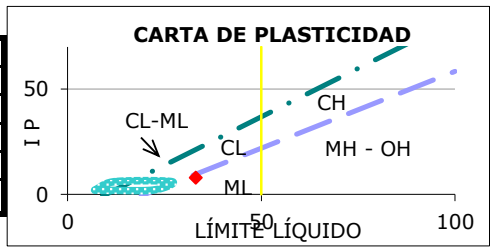
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	32	23	10
RECIPIENTE Nº	23	13	25
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	29,78	35,07	31,78
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	25,49	29,35	26,17
PESO RECIPIENTE (g)	12,01	12,18	11,48
CONTENIDO DE AGUA (%)	31,82	33,31	38,19



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	12	16
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13,40	14,29
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,12	12,77
PESO RECIPIENTE (g)	7,04	6,69
CONTENIDO DE AGUA (%)	25,20	25,00



LÍMITE LÍQUIDO:	***33,05***	% PASA 200	***32,02***
LÍMITE PLÁSTICO:	***25,10***	% ARENAS	***3,71***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***7,95***	% GRAVAS	***64,27***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-2,08***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
GM Grava Limosa	***A-2-4 (0)*** Grava y Arena Limosa y Arcillosa
	ÍNDICE DE GRUPO ***-1***

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

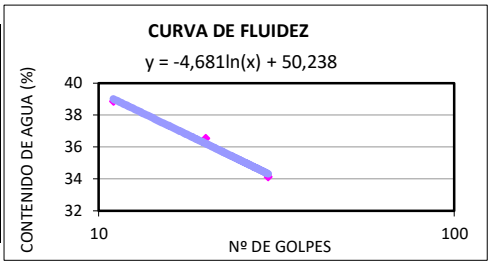
Página 4 de 11	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	SONDEO	**2**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,00-1,70**
FECHA:	**30/09/2023**	MUESTRA	**1**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava arcillosa de color gris con café

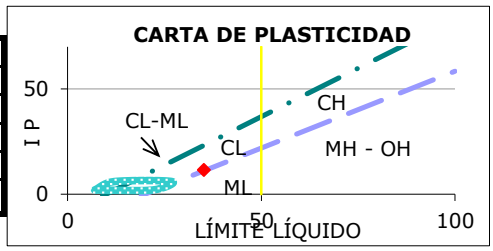
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	20	11
RECIPIENTE Nº	75	26	18
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	35,91	34,16	33,85
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	30,00	28,35	27,98
PESO RECIPIENTE (g)	12,67	12,46	12,88
CONTENIDO DE AGUA (%)	34,12	36,55	38,88



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	10	5
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,16	14,32
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,71	12,85
PESO RECIPIENTE (g)	6,63	6,58
CONTENIDO DE AGUA (%)	23,91	23,52



LÍMITE LÍQUIDO:	***35,17***	% PASA 200	***22,83***
LÍMITE PLÁSTICO:	***23,72***	% ARENAS	***14,72***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***11,46***	% GRAVAS	***62,45***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,67***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
GC Grava Arcillosa	***A-2-6 (-2)*** Grava y Arena Limosa y Arcillosa
	ÍNDICE DE GRUPO ***-2***

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

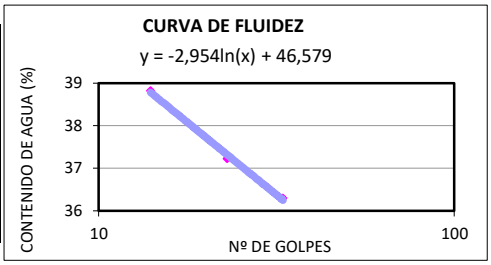
Página 5 de 11	ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS
NORMA NTC – 4630	

PROYECTO:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	SONDEO	**2**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**1,70-4,00**
FECHA:	**30/09/2023**	MUESTRA	**6**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava limosa de color gris con café.

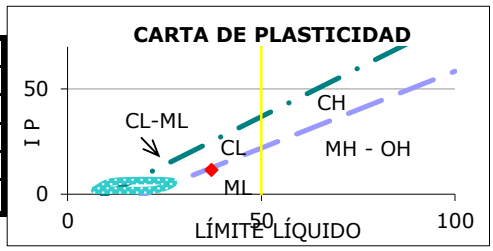
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	33	23	14
RECIPIENTE Nº	14	25	19
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	36,42	34,02	35,91
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	30,12	27,91	29,20
PESO RECIPIENTE (g)	12,77	11,49	11,93
CONTENIDO DE AGUA (%)	36,30	37,23	38,82



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	70	1
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13,76	13,94
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,23	12,30
PESO RECIPIENTE (g)	6,20	5,91
CONTENIDO DE AGUA (%)	25,31	25,69



LÍMITE LÍQUIDO:	***37,07***	% PASA 200	***25,91***
LÍMITE PLÁSTICO:	***25,50***	% ARENAS	***7,92***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***11,57***	% GRAVAS	***66,17***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,91***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
GM Grava Limosa	***A-2-6 (-2)***
	Grava y Arena
	Limosa y Arcillosa
	ÍNDICE DE GRUPO ***-2***

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 ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**30/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

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	11
N2	11
N3	11

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	22
N 50	10
N corregido	8

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,6
Hatanaka f (º):	30,0
Uchida f (º):	36,0
Promedio f (º):	31,9
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	134,6
Cu Stroud (KN/m²):	96,8
Cu Promedio (kg/cm²):	1,2
Cu Promedio (KN/m²):	115,7

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	18
N2	18
N3	26

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	44
N 50	22
N corregido	19

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,5
Hatanaka f (º):	36,3
Uchida f (º):	42,3
Promedio f (º):	37,0
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	237,4
Cu Stroud (KN/m²):	193,6
Cu Promedio (kg/cm²):	2,16
Cu Promedio (KN/m²):	215,5

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:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**30/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

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	26
N2	28
N3	30

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	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

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:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**30/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

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	1
N2	1
N3	1

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	2
N 50	1
N corregido	1

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	27,4
Hatanaka f (º):	21,1
Uchida f (º):	27,1
Promedio f (º):	25,2
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	25,6
Cu Stroud (KN/m²):	8,8
Cu Promedio (kg/cm²):	0,2
Cu Promedio (KN/m²):	17,2

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	2
N2	3
N3	4

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	7
N 50	3
N corregido	3

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	27,9
Hatanaka f (º):	24,1
Uchida f (º):	30,1
Promedio f (º):	27,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	56,6
Cu Stroud (KN/m²):	30,8
Cu Promedio (kg/cm²):	0,44
Cu Promedio (KN/m²):	43,7

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:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**30/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

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	5
N2	6
N3	9

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	15
N 50	7
N corregido	6

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,9
Hatanaka f (º):	27,9
Uchida f (º):	33,9
Promedio f (º):	30,2
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	104,1
Cu Stroud (KN/m²):	66,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,9
Cu Promedio (KN/m²):	85,1

Sondeo 2 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,50
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	10
N2	10
N3	12

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	4,50
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	22
N 50	11
N corregido	9

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,8
Hatanaka f (º):	30,6
Uchida f (º):	36,6
Promedio f (º):	32,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	144,1
Cu Stroud (KN/m²):	96,8
Cu Promedio (kg/cm²):	1,2
Cu Promedio (KN/m²):	120,5

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:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**30/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	3,00
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	16
N2	17
N3	21

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	5,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	38
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):	167,2
Cu Promedio (kg/cm²):	1,9
Cu Promedio (KN/m²):	194,4

Sondeo 2 Prof. 3,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	3,50
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	23
N2	24
N3	29

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	6,30
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	53
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):	233,2
Cu Promedio (kg/cm²):	2,6
Cu Promedio (KN/m²):	257,8

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

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

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:	**ESTABILIZACION DE BANCA DE LA VIA SECTOR EL SILENCIO MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ**	FECHA ENSAYO:	**30/09/2023**
PROCEDENCIA:	**SAN PABLO DE BORBUR - BOYACÁ**		

DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADO GREUESO S1

No. PLATÓN	6
PESO DEL PLATÓN (g)	178,0
PESO DEL PLATÓN +MUESTRA SSS (g)	2356,3
PESO DEL LASTRE + CANASTILLA (g)	1275,3
PESO LASTRE + CANASTILLA+ MUESTRA (g)	2554,1
PESO DEL PLATÓN + MUESTRA SECA (g)	2236,5

Peso Específico aparente (g/cm^3)	***2,289***
Peso Específico SSS (g/cm^3)	***2,42***
Peso Específico Nominal (g/cm^3)	***2,64***
% de Absorción	***5,82***

ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

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

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, JIMMY VERGARA SILVA, identificado con cédula de ciudadanía No. 74.321.878, Ingeniero Civil con Matricula Profesional No. 15202-130100 BYC del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA).

CERTIFICO:

Que realicé el estudio de suelos y recomendación de cimentación para el proyecto:

"CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA". En el municipio de San Pablo de Borbur – Sector Caipal.

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 PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA", se sigan textual y cabalmente los planos y las directrices técnicas realizadas por el suscrito.

Atentamente:



ING. JIMMY VERGARA SILVA M.P
15202-130100 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

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios

CVAD-2022-1337947

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 doce (12) días del mes de Mayo del año dos mil veintidos (2022).



Rubén Dario Ochoa Arbeláez

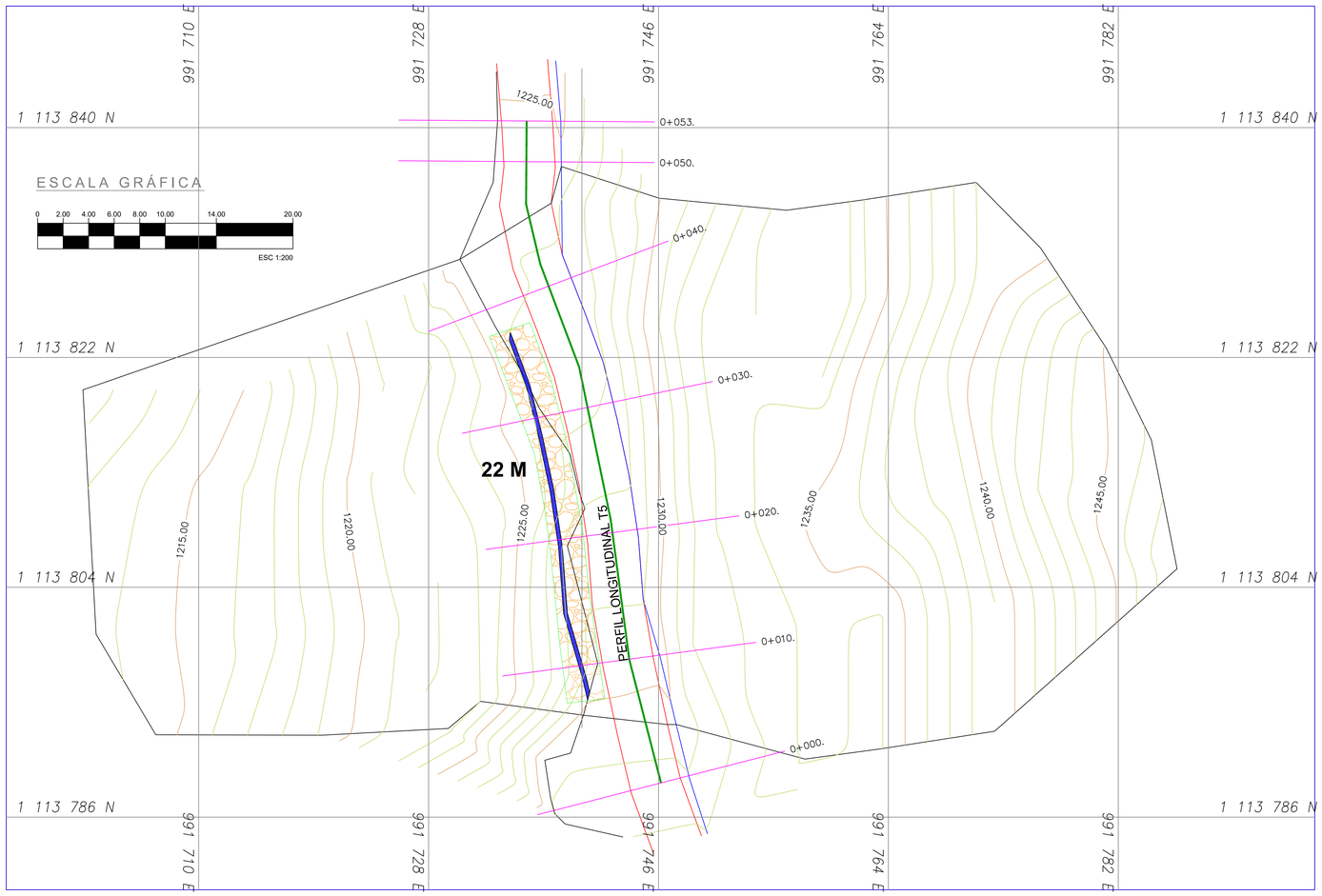
_____

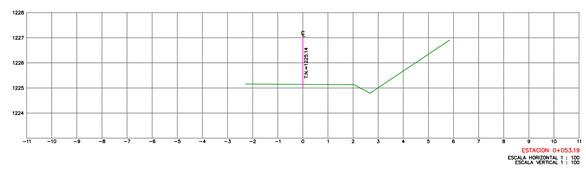
Firmal del titular (*)

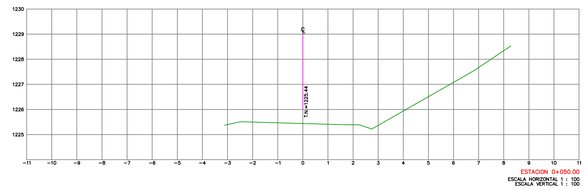
(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado

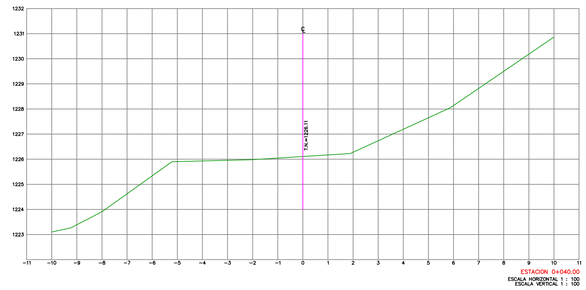
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.

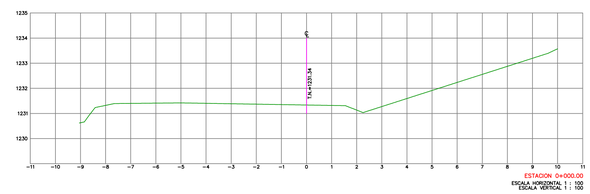
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

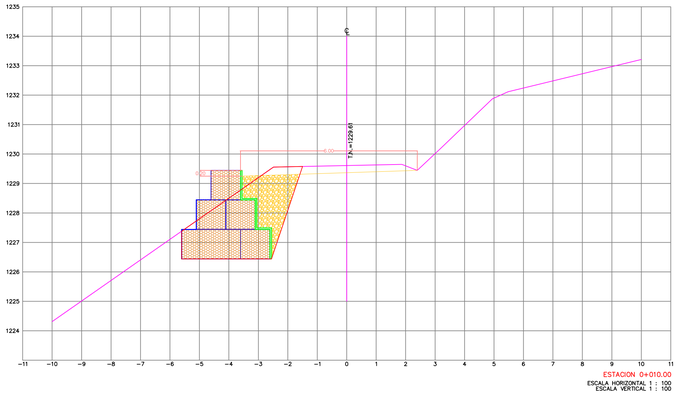


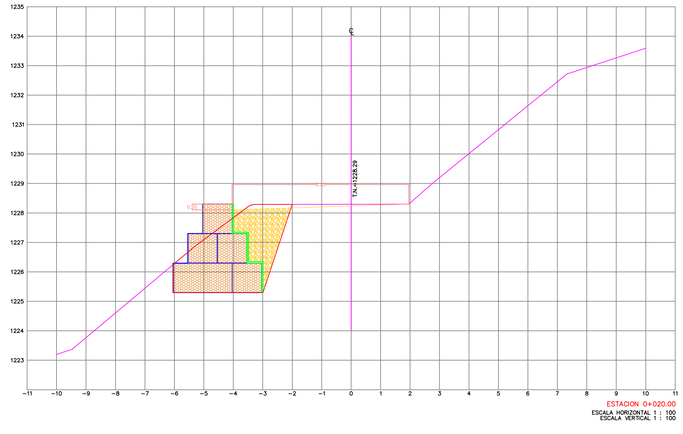


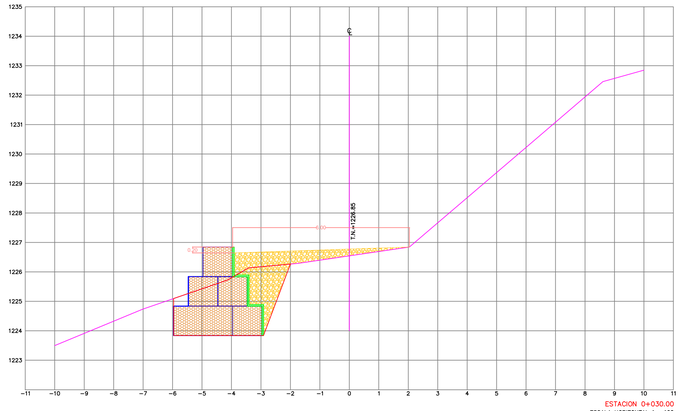












GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONTIENE:

DETALLE DE LA IMPLANTACIÓN GAVIONES - SAN PABLO DE BORBUR

IMPLANTO:

JIMMY VERGARA SILVA
ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

REVISÓ:

CONTRATISTA DE OBRA
R/L JUAN CARLOS VELASQUEZ
CONSTRUCTORA PAIS S.A.S

APROBO:

INTERVENTORIA
R/L ING. JHONATAN MENESES
CONSORCIO CARINGA

LOCALIZACIÓN:



MUNICIPIO DE SAN PABLO DE BORBUR

CONVENCIONES

- *Vía*
- *Curva indice*
- *Curva intermedia*
- *Arbol*
- *Red hidrica*

DÍGITO :

JIMMY VERGARA SILVA
ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

ESCALA :

INDICADA

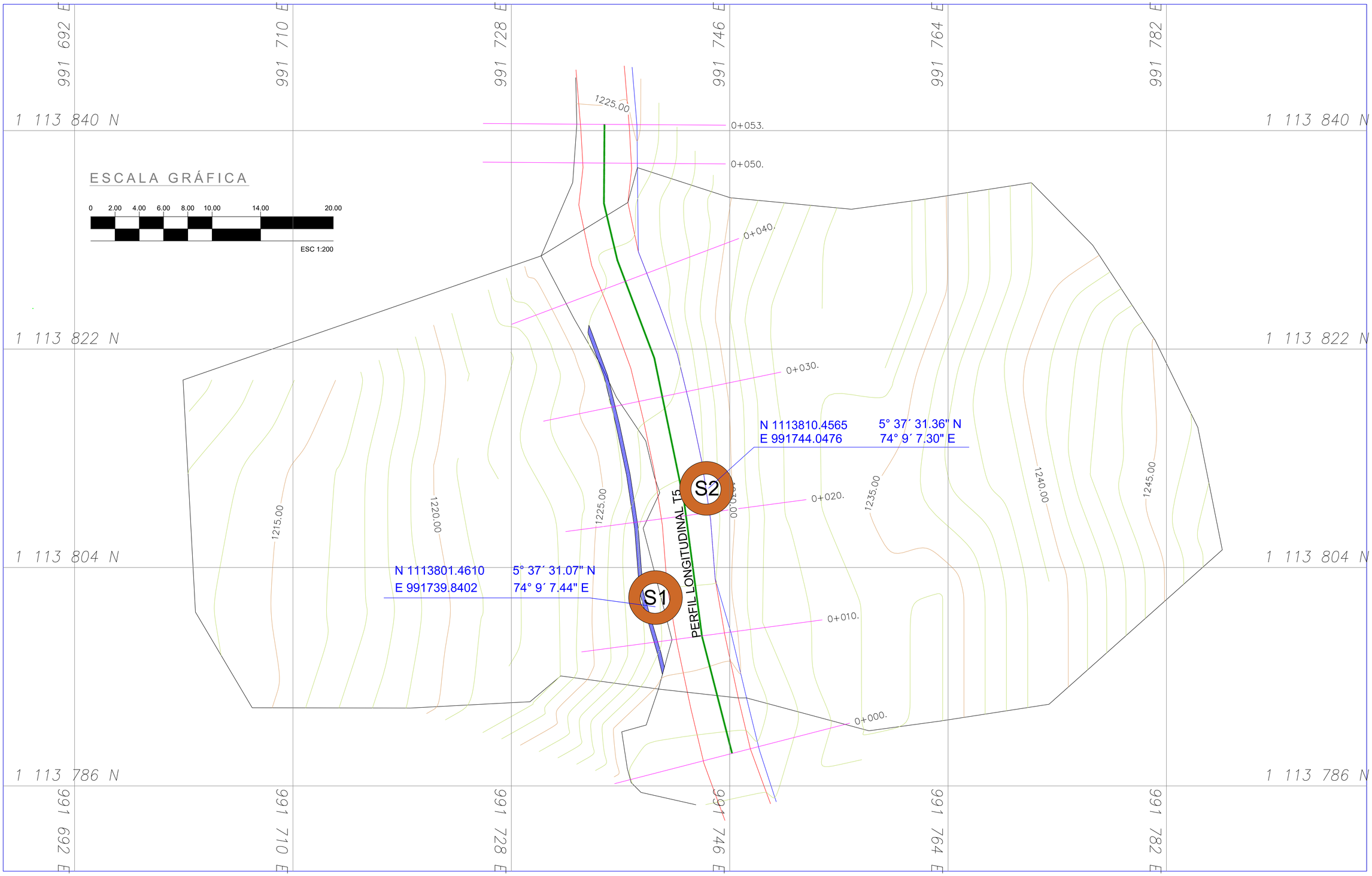
FECHA :

Septiembre de 2023

ARCHIVO DIGITAL :

LT_TRAMO5_COSCUES IMPLANTACION_propuesta gaviones

PLANO Nº DG 1 1 DE



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

OBRA PUBLICA
N° DE CONTRATO 002-2023

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONTIENE:

GEORREFERENCIACIÓN DE SONDEOS EL SILENCIO SAN PABLO DE BORBUR

DIBUJO:

JIMMY VERGARA SILVA
ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

REVISÓ:

CONTRATISTA DE OBRA
R/L JUAN CARLOS VELÁSQUEZ
CONSTRUCTORA PAÍS S.A.S

APROBO:

Jhonatan Meneses

INTERVENTORIA
R/L ING. JHONATAN MENESES
CONSORCIO CARINGA

LOCALIZACIÓN:



CONVENCIONES

- *Via*
- *Curva indice*
- *Curva intermedia*
- *Arbol*
- *Red hidrica*
- *Loc. Sondeos*

DÍGITO :

JIMMY VERGARA SILVA
ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

ESCALA :

1 : 200

FECHA :

OCTUBRE DE 2023

ARCHIVO DIGITAL :

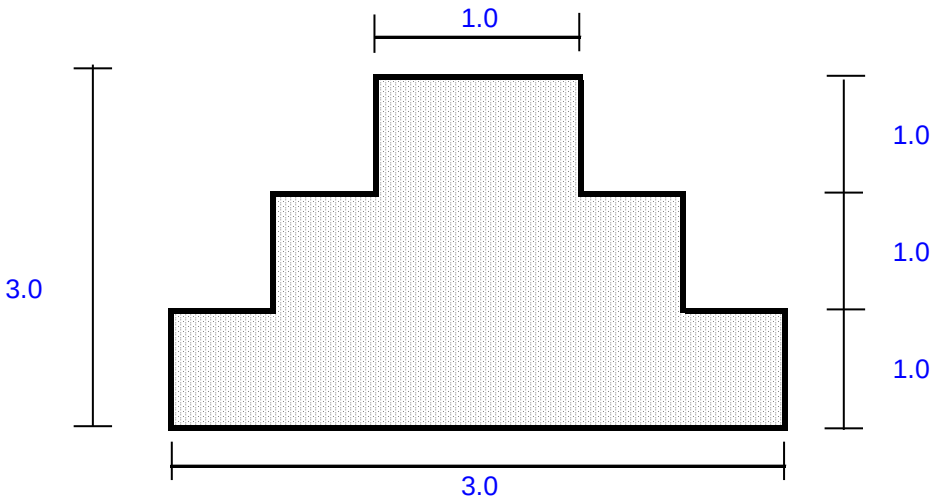
SONDEOS GEOLOCALIZACION EL SILENCIO BORBUR.DWG

PLANO Nº DG 1 DE 1

DISEÑO MURO DE CONTENCIÓN

CODIGO CALIDAD : F-DD-20
VERSIÓN: 01
PROYECTO: ESTABILIDAD VIAS SAN PABLO DE BORBUR
CODIGO PROY. : 0800000-MC-01
UCICACIÓN : VIA BORBUR SECTOR SILENCIO H = 3 metros
FECHA: 29/09/2013

1. Predimensionamiento:



Peso especifico del relleno:	18.0	kN/m^3
Peso especifico piedra rajon:	22.0	kN/m^3
Altura total del gavión:	3.00	m.
Altura del relleno :	2.50	
Ancho de la base del gavión:	3.0	m.
Area transversal del gavión:	6.0	m^2
Capacidad portante del suelo:	0.180	Mpa
Ka :	0.33	
Coeficiente de fricción (f):	0.35	

2. Analisis de Estabilidad:

a. Volcamiento:

Carga peso Propio (kN/ml)	Carga peso Propio (kN/ml)	Brazo (m)	Momento (kN.m)
22x6.0	132	1.5	198
Total	**132**		**198**

Calculo del empuje Total sobre el muro:

$E = 1/2xDxKaxh^2$

E = 18.563 kN

Ma = Exh/2

Ma = 32.484 kN-m

Factor de seguridad al volcamiento:

FSV = 6.0952 **OK**

b. Revisión de la capacidad Portante:

Σ Ma = 165.52 **kN-m**

X_A = 1.2539 m.

e = 0.2461

$$\sigma_{Max} = \frac{\Sigma Fv}{BL} \quad (1+6e/L) = \quad 45.492 \text{ kN} \quad = \quad \mathbf{0.045} \text{ Mpa} \quad \mathbf{OK}$$

$$\sigma_{Min} = \frac{\Sigma Fv}{BL} \quad (1-6e/L) = \quad 44.508 \text{ kN} \quad = \quad \mathbf{0.045} \text{ Mpa} \quad \mathbf{OK}$$

c. Deslizamiento:

Fuerza de fricción (F) = $f \Sigma Fv$ = 46.2 kN

Factor de seguridad al deslizamiento :

FSD = 2.49 **OK**