



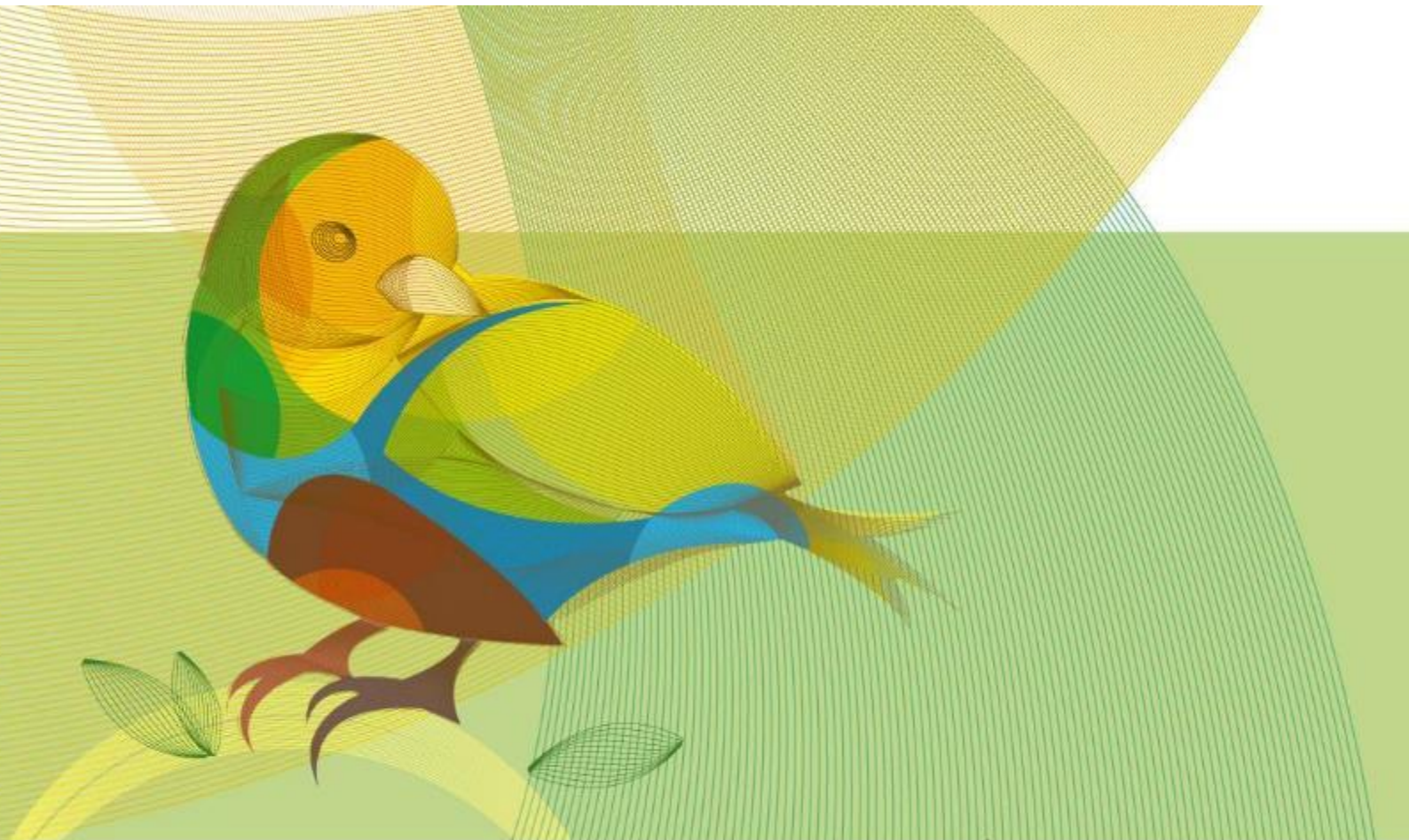
**RISARALDA**  
Sentimiento de Todos



El futuro  
es de todos

DNP  
Departamento  
Nacional de Planeación

**SGR**  
Sistema General de Regalías



Biodiversidad:  
Lo mejor de Risaralda

**CCBR**  
Centro de Ciencia en la  
Biodiversidad de Risaralda

**GOBERNACIÓN DE RISARALDA**


“Desarrollar los estudios y diseños para la puesta en marcha del centro de  
ciencia en biodiversidad en el departamento de Risaralda”




## **INFORME TÉCNICO DE GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA**

*IT016 / Rev.03*

31 de marzo de 2020

**IDOM**


 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

NOMBRE DEL PROYECTO		INFORME TECNICO N°	CONTRATO N°	CONSULTOR	INTERVENTOR
Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda		100610		IDOM	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Supervisor encargado: Ing. Hernán E. Martínez
REVISIÓN N°	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	FECHA	N° MATRICULA
01	Ignacio López Villa	Ignacio López Villa		27 Dic-19	17202122419 CLD
02	Ignacio López Villa	Ignacio López Villa		16 Feb-20	17202122419 CLD
03	Ignacio López Villa	Ignacio López Villa		31 Mar-20	17202122419 CLD

## Tabla de contenido

Tabla de ilustraciones .....	3
1 Introducción .....	5
2 Objetivo y alcance.....	5
3 Localización del proyecto.....	6
4 Metodología de trabajo .....	7
4.1 Fase 1 - Consulta de información secundaria disponible.....	8
4.2 Fase 2 - Reconocimiento del lote y trabajo de campo .....	9
4.3 Fase 3 - análisis de información .....	9
5 Trabajo de campo y laboratorio.....	9
5.1 Excavación de apiques .....	10
5.2 Ejecucion de sondeos .....	10
5.3 Ensayos de campo y de laboratorio .....	13
5.3.1 Ensayo de Penetración Estándar “SPT” .....	13
5.3.2 Contenido de humedad.....	15
5.3.3 Ensayos de granulometría .....	16
5.3.4 Ensayo de Compresión simple.....	17
5.3.5 Ensayos de límites de consistencia.....	18
6 Características del suelo.....	20
6.1 Geología y geomorfología regional.....	20
6.1.1 Stock Gábrico de Pereira (Kgp): .....	20
6.1.2 Grupo Diabásico (Kvo):.....	20
6.1.3 Depósitos aluviales (Qal): .....	21
6.1.4 Flujos de lodos y cenizas recientes (Qto):.....	21
6.1.5 Depósitos de pendiente (Qtl):.....	21
6.1.6 Depósitos Antrópicos: .....	21
6.2 Contexto geomorfológico regional .....	22
6.2.1 Ambiente denudacional (D).....	22


6.2.2 Lomeríos poco disectados (Dlpd).....	22
6.2.3 Loma denudada (Dld) .....	23
6.2.4 Sierra denudada (Dsd).....	23
6.2.5 Ambiente Volcánico (V).....	23
6.2.6 Flujo Lahárico aterrazado (Vfla) .....	23
6.3 Geología local – unidades superficiales .....	24
6.3.1 Llenos Antrópicos QLL.....	24
6.3.2 Depósitos aluviales matriz soportados .....	25
6.3.3 Depósitos de flujos de lodos y cenizas volcánicas: .....	26
6.4 Geomorfología Local.....	28
6.5 Unidades Geomorfológicas .....	30
6.5.1 Superficies suaves en depósitos aluviales (SSDA): .....	30
6.5.2 Superficies suaves a moderadas en llenos antrópicos (SSMLLA):...32	
6.5.3 Superficies altas a muy altas en llenos antrópicos (SALLA): .....	33
6.6 Procesos morfodinámicos .....	34
6.7 Flujo de agua superficial .....	37
6.8 Determinación de parámetros de los suelos.....	39
6.8.1 Corrección del valor de spt .....	39
6.8.2 Ángulo de fricción y cohesión.....	40
6.8.3 Módulo de elasticidad .....	40
6.8.4 Módulo de reacción horizontal .....	41
6.8.5 Velocidad de onda de corte .....	41
6.9 Parámetros de suelo definidos .....	41
7 Análisis y diseño de la cimentación – Literal H.4.4 NSR-10 .....	41
7.1 Traslado de cargas con pilas “caissons”.....	42
7.1.1 Capacidad Portante .....	42
7.1.2 Asentamientos .....	43
7.1.3 Material y profundidad de apoyo .....	44
7.1.4 Módulo de reacción horizontal .....	44

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

7.2	Zapatas aisladas .....	44
7.2.1	Capacidad Portante .....	44
7.2.2	Asentamientos .....	44
7.2.3	Material y profundidad de apoyo .....	45
7.3	Losa .....	45
8	Perfil de suelos para diseños sismo-resistentes .....	45
8.1	Requisitos generales para diseño sismo resistente .....	46
9	Implantación del proyecto en el lote .....	47
9.1	Excavaciones .....	47
9.1.1	Excavación de Fundaciones .....	47
9.1.2	Excavaciones para fosos y cuarto técnico .....	48
9.1.3	Excavaciones para bordes de losa .....	48
9.1.4	Chequeo de anclajes .....	49
9.1	Parámetro para diseño estructural de contención .....	51
9.1.1	Diseño de anclaje activo .....	51
9.2	Parametros para diseño de muros tipo voladizo .....	52
9.3	Drenajes en muros y vías .....	53
9.4	Construcción de losa de entrepiso .....	54
9.5	Construcción de andenes y senderos .....	55
9.5.1	Superficie de concreto .....	55
10	Limitaciones .....	55
11	Conclusiones .....	55
12	Bibliografía .....	57
13	Anexos .....	58


## Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Imagen de localización Anexo 1 y 2 respectivamente. Tomada de Google Earth.....	7
Ilustración 2. Equipo de perforación por sistema a percusión. SPT.....	11
Ilustración 3 Localización de sondeos y apiques. Anexo 6.....	12
Ilustración 4 Variación del SPT con la profundidad .....	15
Ilustración 5 Variación del contenido de humedad. Anexo 17. ....	16
Ilustración 6 Grafica de ensayo granulométrico. Anexo 16.....	17
Ilustración 7 Curva de ensayos de compresión inconfiada. Anexo 10.....	18
Ilustración 8 Resultados de los ensayos de límites para las muestras de apiques y sondeos. ....	19
Ilustración 9. Geología regional de la zona de estudio, modificada de Memoria Explicativa de la plancha 224, INGEOMINAS 1984. ....	22
Ilustración 10. Contexto Geomorfológico regional.....	24
Ilustración 11 Imagen de Llenos antrópicos de los costados NW Nótese escombros y basuras.....	25
Ilustración 12. Depósitos aluviales. ....	26
Ilustración 13 Muestra de sondeo 11 Muestra 8. Nótese arenas y fragmento de cuarzo.....	26
Ilustración 14. Depósito de flujos de lodos y cenizas. ....	27
Ilustración 15. Mapa de unidades superficiales y sección típica para la zona de estudio. Anexo 8. ....	28
Ilustración 16 Imagen de levantamiento topográfico .....	29
Ilustración 17 Mapa de Pendientes para la zona de estudio. Anexo 5.....	30
Ilustración 18. Unidad de superficies suaves en depósitos aluviales.....	31
Ilustración 19. Unidad de superficies moderadas a suaves en llenos antrópicos y superficies suaves en depósitos aluviales.....	31
Ilustración 20. Edificación construida (antigua plaza de mercado) sobre la unidad de superficies suaves sobre depósitos aluviales.....	32
Ilustración 21. Imagen superior se observa las superficies suaves a moderadas en llenos antrópicos de la parte sur del predio. En la imagen inferior se observan	

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
---	---	--------------------------------------

las superficies suaves a moderadas en lleno antrópico en la parte norte del predio.....	32
Ilustración 22. Superficies altas a muy altas en llenos antrópicos. ....	33
Ilustración 23. Mapa de unidades geomorfológicas para la zona de estudio. Anexo 7. ....	34
Ilustración 24 Imagen de lecho del cauce. Nótese profundidad.....	35
Ilustración 25 Extracto de mapa de riesgo de Dosquebradas Esc 1:10000. Tomada de la Carder. ....	35
Ilustración 26. Imagen satelital para el año 2005 .....	36
Ilustración 27. Imagen satelital para el año 2014 .....	36
Ilustración 28. Imagen satelital para el año 2015 .....	37
Ilustración 29. Imagen satelital para el año 2018 .....	37
Ilustración 31. Mapa de líneas de flujo superficial local. Anexo 3. ....	38
Ilustración 32. Mapa de escorrentía superficial, contexto general. Anexo 4. ....	39
Ilustración 32 Grafica de la variación de la capacidad portante Vs Prof. ....	43
Ilustración 33 Asentamiento esperado en función de diámetro y carga de la pila .....	43
Ilustración 34 Mapa de Microzonificación Sísmica de Dosquebradas, 2002. Tomada de la Carder. ....	46
Ilustración 35 Chequeo de estabilidad – Corte vertical proyectado. ....	50
Ilustración 36 Modelo con obras propuestas .....	50
Ilustración 37 Instalación de geodren planar. Manual Pavco.....	53
Ilustración 38 Esquema de instalación de geodren en vía. Manual Pavco. ....	54



 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

## 1 INTRODUCCIÓN

Como parte del contrato cuyo objeto es “La consultoría especializada para desarrollar los estudios y diseños para la puesta en marcha del centro de ciencia en biodiversidad en el departamento de Risaralda”, se hace necesaria la intervención de varias áreas de la ingeniería con el fin de materializar todos los diseños arquitectónicos que comprenderán el centro de Ciencia que se proyecta construir. Para tal fin se hizo necesaria la realización de los estudios geológicos y geotécnicos exigidos por autoridades locales los cuales hacen parte fundamental de los documentos requeridos para el desarrollo de los trámites de licencias de construcción.

Para el desarrollo del presente estudio se hizo una consulta de las normas vigentes y las que aplican según el tipo de estructuras, dentro de las cuales se tiene la determinación de la cantidad de sondeos y apiques a excavar, el tipo de ensayos de laboratorio, ensayos geofísicos, los análisis y recomendaciones.

El trabajo se proyectó a través de dos etapas, la primera de ellas comprendió los diseños y recomendaciones para la construcción de las obras de urbanismo y adecuaciones básicas del lote. Posteriormente se llevó a cabo la segunda etapa la cual tuvo como alcance los estudios de suelos de detalle para la construcción de las obras producto de los diseños arquitectónicos desarrollados.


Para la primera etapa se empleó una metodología de trabajo compuesta por tres fases las cuales tienen como finalidad abordar el proyecto de una manera cronológicamente compatible con el avance arquitectónico general del proyecto, permitiendo así el empalme de este primer sub producto con el informe final de suelos. Las fases desarrolladas comprendieron la consulta de información secundaria, el trabajo y exploración de campo y el análisis de toda la información disponible con miras en realizar los diseños y recomendaciones de tipo geotécnico.

Las disposiciones y alcances del presente informe están definidas en los términos de referencia del proyecto así como las determinadas por las normas de construcción vigentes. Se trata de una edificación de no más de tres niveles de altura el cual incluye un sótano parcial en el área del proyecto. La estructura está concebida con estructura aporticada con vigas y columnas con luces variables entre 7.5 y 15m configuración que define un rango de cargas entre 28 y 226 toneladas. Con base en los lineamientos de la norma, se trata de una unidad de construcción, no obstante por contar con dimensiones superiores a 160m se proyectaron 11 sondeos de exploración con profundidades variables entre 6 y 12m con lo cual se cumple lo propuesto por la norma.

## 2 OBJETIVO Y ALCANCE

Determinación de aspectos geológicos y geotécnicos del lote como insumos para generar recomendaciones de cimentación y cortes de terreno necesarios para la



 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------


construcción de la estructura proyectada para el centro de ciencia así como las obras complementarias como el urbanismo.

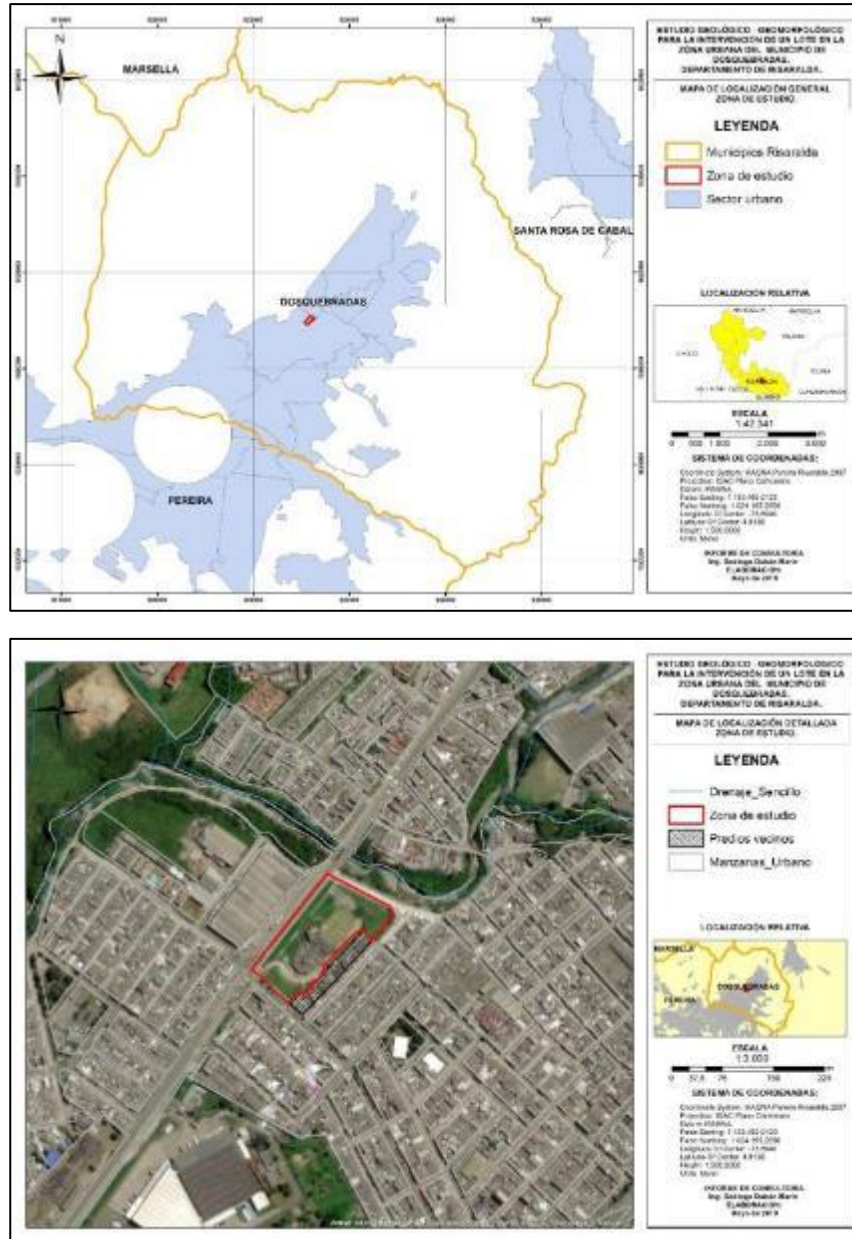
Para tal fin se realizará una campaña de exploración compuesta por sondeos y la excavación de apiques, ensayos de laboratorio sobre muestras recuperadas, elaboración de mapas geológicos geotécnicos y la generación de las recomendaciones de tipo geotécnico. Dentro de los alcances se tiene:

- Investigación geológica y geomorfológica en las zonas de influencia del proyecto. Esto comprende unidades superficiales y unidades geomorfológicas que conjuntamente con la geotecnia se definirá la localización más adecuada de construcción de las obras proyectadas.
- Definición y caracterización de los diferentes geomateriales sobre los cuales se piensa diseñar las obras futuras.
- Determinación de la relación en profundidad de las unidades geológicas identificadas a partir de la exploración de campo realizada.
- Identificación de los procesos morfodinámicos que afectan o han afectado la zona de estudio, con el fin de que las obras requeridas sean diseñadas de acuerdo con la actividad morfodinámica de la zona.
- Con base en el levantamiento topográfico y geoprocesamiento en Sistemas de Información Geográfica (SIG), elaborar un modelo digital de elevación (MDE) e identificar las direcciones preferenciales de flujo de agua de escorrentía dentro del lote en cuestión.
- Elaborar los mapas correspondientes a geología local, geomorfología, procesos morfodinámicos, pendientes y direcciones de flujo.
- Definición de parámetros mecánicos de los suelos existentes.
- Diseño y recomendación de fundación para el traslado de las cargas de la estructura.

### 3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el Departamento de Risaralda, específicamente en el municipio de Dosquebradas. Este se desarrolla en el barrio Guadalupe, en un predio de aproximadamente 1.7 Ha conocido como la antigua plaza y centro comercial de Mercados, el cual presenta la siguiente nomenclatura Carrera 10 (Avenida del Ferrocarril) No. 34-118, (según certificado de predial).


 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------



**Ilustración 1 Imagen de localización Anexo 1 y 2 respectivamente. Tomada de Google Earth.**

#### 4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo una metodología de trabajo con la cual se proyecta cubrir aspectos básicos para determinar propiedades de carácter físico y mecánico de los suelos que conforman el lote, los cuales tengan influencia directa con el tipo de estructuras que se proyecta construir. Los principales aspectos de la metodología pueden resumirse en tres fases tales como la consulta de información

	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

secundaria disponible, reconocimiento del lote y trabajo de campo, y por último análisis de información para elaboración de mapas, diseños, conclusiones y recomendaciones generales de índole geotécnica.

#### 4.1 FASE 1 - CONSULTA DE INFORMACIÓN SECUNDARIA DISPONIBLE


La fase uno comprende la recolección de información secundaria de la zona en entidades Gubernamentales, así como artículos académicos, tesis de grado y trabajos de la empresa privada, que están a disposición del público. Se consideró como información relevante toda aquella relacionada con cartografía de micro cuencas, Formaciones Superficiales, geología, geomorfología y consulta del POT, toda de dominio público y de referencia en el área de influencia del lote. Los documentos más relevantes se listan en la Tabla 1.

**Tabla 1 Estudios consultados**

Estudio	Autor	Año
Plan de desarrollo del Municipio de Dosquebradas	Alcaldía de Dosquebradas	2018
Determinación de los espectros de respuesta sísmica para los suelos de la ciudad de Pereira utilizando análisis unidimensionales.	Cano, S.L, Et al.	2013
Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas Risaralda	Carder	2009
Proyecto Riesgo Sísmico. Cartografía del Municipio de Dosquebradas.	Carder	2001

La información secundaria consultada permitió contextualizar y ajustar las particularidades del lote en relación con los aspectos geológicos y geomorfológicos del municipio.

La construcción de los mapas cartográficos del presente documento partió de la base de las descripciones geológicas y geomorfológicas disponibles en los mapas cartográficos encontrados de estudios previos citados anteriormente, con los ajustes propios de la escala de trabajo. Lo anterior, con la finalidad de hacer de ambos mapas compatibles entre ellos en todo lo relacionado con convenciones.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

Adicionalmente algunos de los permitieron obtener información respecto de los análisis del componente sísmico del municipio para las posteriores recomendaciones en relación con los parámetros geotécnicos para los diseños sísmicos de las estructuras, las cuales se describen en el capítulo 7.1 del presente documento.

En resumen, la información consultada en su totalidad fue empleada en los capítulos de geología y geomorfología del proyecto como base de referencia para las producciones propias del presente estudio.

## 4.2 FASE 2 - RECONOCIMIENTO DEL LOTE Y TRABAJO DE CAMPO

Para la recopilación de la información primaria y validación de la información anterior se llevó a cabo el reconocimiento del lote y la ejecución de actividades de campo para la determinación de aspectos geológico y geotécnicos básicos de los suelos que conforman el lote, tales como reconocimiento superficial del lote, mapeo de procesos morfodinámicos y geoformas visibles, excavación, descripción y muestreo de apiques y ejecución de sondeos exploratorios para la posterior descripción de las muestras y selección de las mismas para ensayos de laboratorio.


## 4.3 FASE 3 - ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Esta última fase comprendió el procesamiento de toda la información disponible resultado de los recorridos de campo, exploración y ensayos de laboratorio. Con dicha información se elaboraron las recomendaciones para la construcción de las obras que se proyecta construir como son la estructura del centro de ciencia y las de urbanismo.

## 5 TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

Para la ejecución de este estudio de suelos se realizaron las siguientes actividades en campo, todas ellas dentro de los parámetros de la NSR-10 y dentro de las cuales se incluyen los análisis de laboratorio sobre las muestras de suelo recuperadas en el lote.

- Recorridos de campo por toda la zona de influencia del proyecto con el fin de identificar sus principales características geológicas y geotécnicas, además de las estructuras cercanas que resulten relevantes para el desarrollo del proyecto.
- Con base en los lineamientos mínimos de la norma NSR 10, se definió la exploración a través de la ejecución de 11 sondeos exploratorios con profundidades variables entre 6 y 12m de profundidad desde el nivel de terreno actual.
- La ejecución de seis apiques excavados manualmente alcanzando profundidades variables entre 1.5 y 2.3m bajo la superficie actual del terreno.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

- Descripción por parte de un geólogo de las principales características de los suelos existentes en el lote tales como origen, composición, color y consistencia.
- Toma de muestras inalteradas y alteradas de suelo necesarias para realizar ensayos de caracterización mecánica y física.
- Medición de los niveles freáticos encontrados durante la ejecución de los apiques.

## 5.1 EXCAVACIÓN DE APIQUES


Como parte del reconocimiento geológico superficial del lote durante los días 14 al 16 de mayo de 2019 se llevaron a cabo la ejecución de excavaciones manuales hasta 2.3m con los cuales se pudo determinar variables como el origen de los suelos superficiales y algunas propiedades básicas que permitirán ajustar la exploración de campo definitiva. En total se realizaron 6 apiques los cuales fueron distribuidos en el área de influencia del proyecto como se presenta en la siguiente ilustración 3.

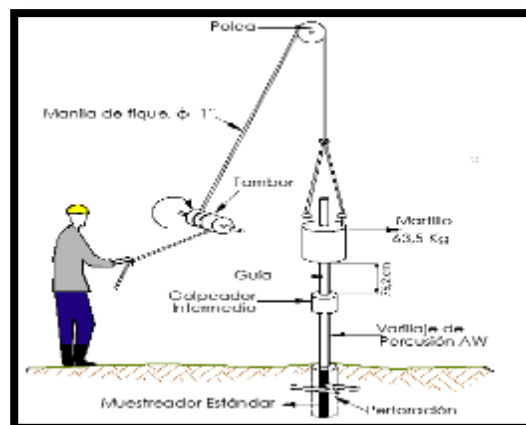
En el anexo 19 se presenta una columna estratigráfica con información particular de cada apique.

## 5.2 EJECUCION DE SONDEOS

Una vez se definió la campaña exploratoria, se iniciaron actividades a partir del 10 de octubre de 2019 hasta el día 17 del mismo mes. Dicha exploración del subsuelo se llevó a cabo con perforaciones de pequeños diámetros que, aunque no permiten la visión "in situ" del terreno, facilitan la recuperación de testigos o muestras del substrato perforado, así como realización de determinados ensayos en su interior. Anexo 18.

Partiendo del conocimiento geológico superficial previo, se programó la exploración de campo mediante un sistema de perforaciones que incluye la ejecución del ensayo de Penetración Estándar apto para el muestreo de materiales de origen aluvial. Las perforaciones a percusión, son sondeos mecánicos realizados en suelos, donde se utiliza un cilindro hueco (muestreador estándar) que dejándolo caer desde una altura suficiente permite la entrada de suelo. El cilindro lleva un dispositivo que retiene el material, evitando la caída del suelo durante su extracción. El equipo típico de perforaciones por sistema a percusión se presenta en la Ilustración 2.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

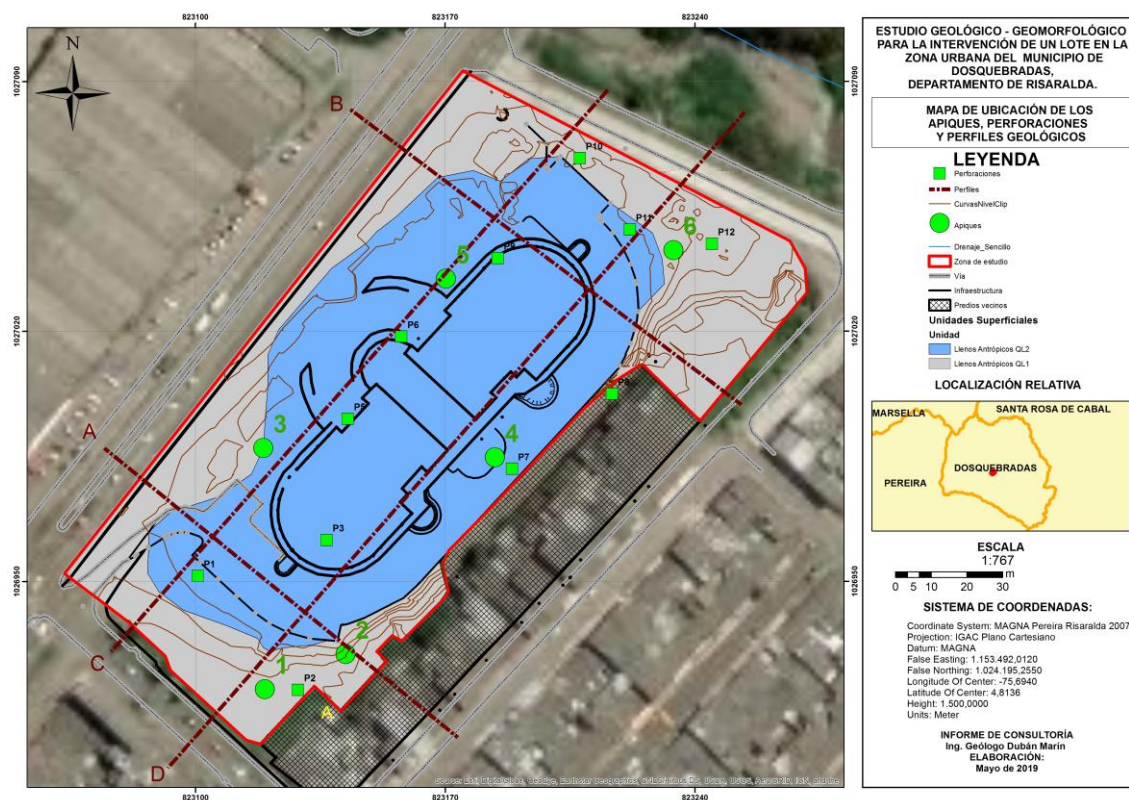


### Ilustración 2. Equipo de perforación por sistema a percusión. SPT.

Si bien se consideró en conjunto con la interventoría del proyecto la no necesidad de realizar más sondeos en campo, se concluye que como parte del desarrollo constructivo de las fundaciones a cargo del contratista de la obra, se debería adelantar el muestreo detallado de por lo menos 6 pilas con la finalidad de validar el perfil estratigráfico definido como típico en este estudio hasta una profundidad igual a  $L + 3D$ , donde  $L$  es la longitud de diseño prevista en planos. En caso de llegarse a encontrar variaciones a nivel de geología a las aquí supuestas, se deberán hacer los ajustes necesarios en conjunto con los asesores del proyecto. Es de resaltar que en vista de la gran extensión del proyecto, es usual realizar este tipo de verificaciones durante la construcción en acompañamiento del ingeniero de suelos del proyecto. Ver anexo 18.

A continuación, se presenta la ubicación de los apiques y sondeos (Sistema de coordenadas Magna Pereira Risaralda 2007), su respectiva elevación sobre el nivel del mar y la profundidad alcanzada.






**Ilustración 3 Localización de sondeos y apiques. Anexo 6.**

**Tabla 2. Apiques y sondeos realizados en la campaña de campo.**

Apique	Altura sobre el nivel del mar (msnm)	Coordenada X	Coordenada Y	Profundidad alcanzada (m)
1	1429,498	1155552,77656	1026883,19611	1.70
2	1429,498	1155575,36377	1026893,02427	1.90
3	1426,463	1155552,32665	1026950,7436	1.70
4	1425,761	1155617,224	1026948,11913	2.10
5	1426,402	1155603,48271	1026998,13638	2.30
6	1427,451	1155667,2133	1027006,13139	1.50
P1		1155534	1026915	9.7
P2		1155562	1026883	12
P3		1155570	1026925	8
P5		1155576	1026959	8.2
P6		1155591	1026982	9.2
P7		1155622	1026945	8

	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

P8		1155650	1026966	7
P9		1155618	1027004	8
P10		1155641	1027032	6
P11		1155655	1027012	7.5
P12		1155678	1027008	8.25

### 5.3 ENSAYOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO

Para la caracterización de los suelos se llevaron a cabo ensayos de Penetración Estándar cada metro para valorar propiedades de resistencia al corte y ensayos de laboratorio tales como contenido de humedad, compresiones simples, clasificaciones completas para la caracterización física. Es de resaltar que en vista de la naturaleza de los suelos que conforman el lote “predominantemente arenosos” las muestras tipo inalteradas no fueron idóneas para ejecutar ensayos de resistencia, por lo tanto los ensayos de SPT fueron fundamentales para la caracterización de dichos suelos. La siguiente tabla presenta un resumen de los ensayos ejecutados de los cuales se hace descripción en los capítulos siguientes.


**Tabla 3 Resumen de ensayos de laboratorio**

Ensayo	Norma	Cant	Fecha recepción	Fecha de entrega	Elaboró
Contenido de humedad	INVE 122	39	22/10/2019	24/10/2019	Henry Goez
Granulometría	INVE 123	21	23/10/2019	06/11/2019	Henry Goez
Límite líquido	INVE 125	18	07/11/2019	19/11/2019	Jesus Hernandez
Límite plástico	INVE 126	18	07/11/2019	19/11/2019	Jesus Hernandez
Compresión confinada	INVE 152	5			Mauricio Santacruz
SPT	INVE 111	85	NA		Sergio Lezcano

#### 5.3.1 Ensayo de Penetración Estándar “SPT”

Atendiendo a las características de los materiales presentes en el lote, donde son predominantemente arenosos, se planteó ejecutar el ensayo sobre todas las perforaciones con un intervalo de cada metro de avance. Además de que este ensayo permite la caracterización mecánica de los suelos, permite definir con muy buen detalle la estratigrafía típica del lote con la recuperación de muestras alteradas.

Para una correcta interpretación de los resultados del valor de Penetración Estándar de campo y una posterior utilización del mismo en las correcciones para estimar algunos de los parámetros del suelo, a continuación se hace necesario realizar una estandarización del número de golpes obtenido en campo en función de la energía y otros factores que afectan el valor de N. A continuación se presenta la metodología empleada para la corrección del valor. Los resultados del análisis se presentan en el anexo 15.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

$$N_{60} = N_{cam} \times C_E \times C_R \times C_S \times C_B \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

CE: Factor de corrección por energía.

CR: factor de corrección por longitud de barras.

CS: corrección por el uso de una cuchara normal sin tubo muestreador en su interior

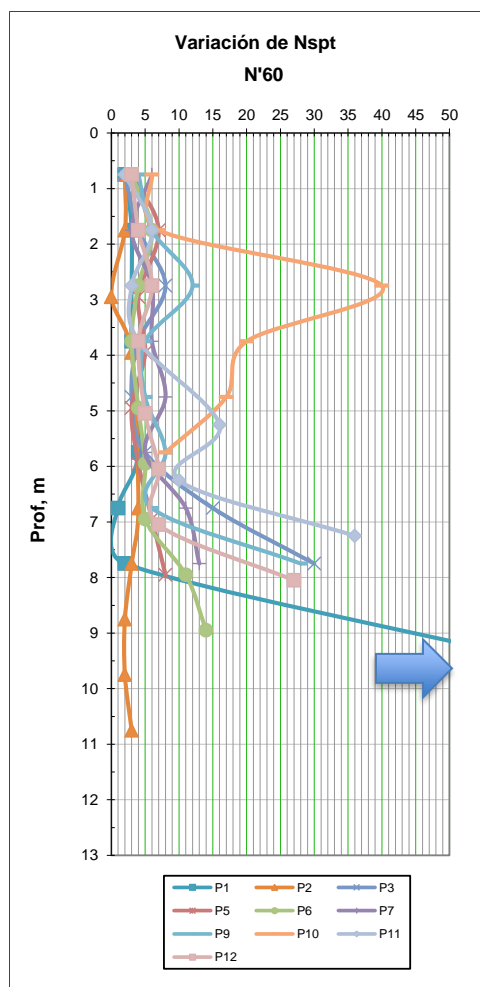
CB: corrección de acuerdo con el diámetro de la perforación

Ncam: SPT medido en campo

CN: Corrección por confinamiento. Youd et al. (2001)

Con los valores de campo corregidos se procedió a elaborar una gráfica que agrupa los resultados de cada perforación, con la finalidad de evaluar tendencias en los resultados por cada estrato.

Los resultados indican que en general los suelos superficiales son de muy baja resistencia con una clara tendencia a estar por debajo de los 5 golpes/pé. Dicho comportamiento que se observa hasta la profundidad media de 6 a 7m., se asocia tanto para los llenos superficiales como para los depósitos de inundación existentes. A partir de los 7m aproximadamente se observa un cambio en la estratigrafía lo que conlleva a un cambio en la resistencia a la Penetración Estándar. Para este horizonte definido como depósito aluvial, se observa un incremento gradual en la resistencia definiéndose un valor medio estadístico de 18 golpes/pé. Ver ilustración 4.



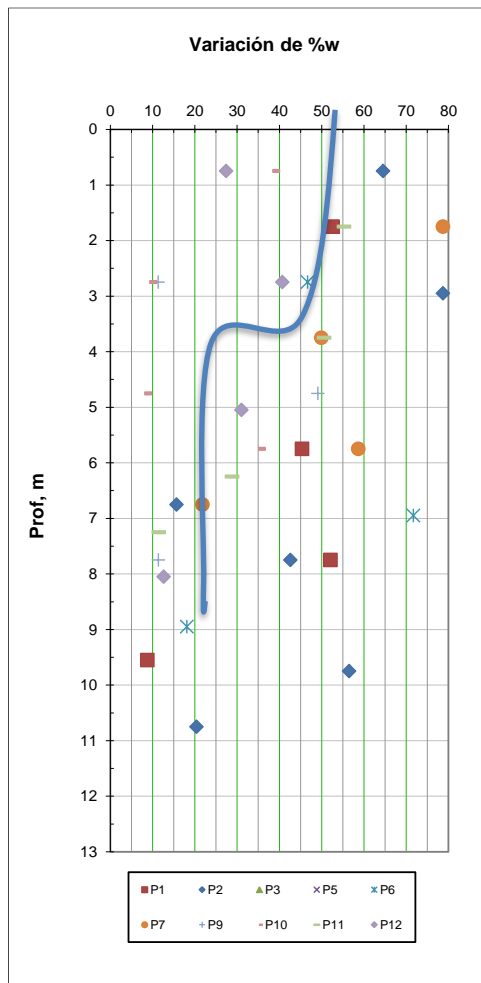
**Ilustración 4 Variación del SPT con la profundidad**

### 5.3.2 Contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad se adelantó sobre 40 muestras de suelo definiendo como criterio la ejecución de un ensayo cada dos muestras en promedio sobre los sondeos adelantados. Con esto se pudo valorar la variación del contenido de humedad para cada sondeo para cada profundidad y adicionalmente elaborar una gráfica para evaluar tendencias de esta variable en todo el lote. Anexo 17.

Se observa entonces que los porcentajes de humedad se mantienen similares a los obtenidos en la primera etapa del proyecto, con rangos entre 30 y 80% para los suelos superficiales definidos como llenos, flujos y depósitos de inundación hasta una cota de menos 6m desde el nivel de terreno actual. A partir de este nivel se observa una reducción importante en el contenido de humedad de los suelos el cual es generado por el cambio en las características físicas de los materiales “deposito aluvial” los cuales se caracterizan por mayor contenido de arenas medias a gruesas. Para estos materiales se observa un contenido de humedad variable entre 10 y 20% los cuales se consideran

bajos. En la siguiente ilustración se presentan las variaciones del contenido de humedad con la profundidad para todas las muestras recuperadas. Se puede observar la tendencia anteriormente descrita.



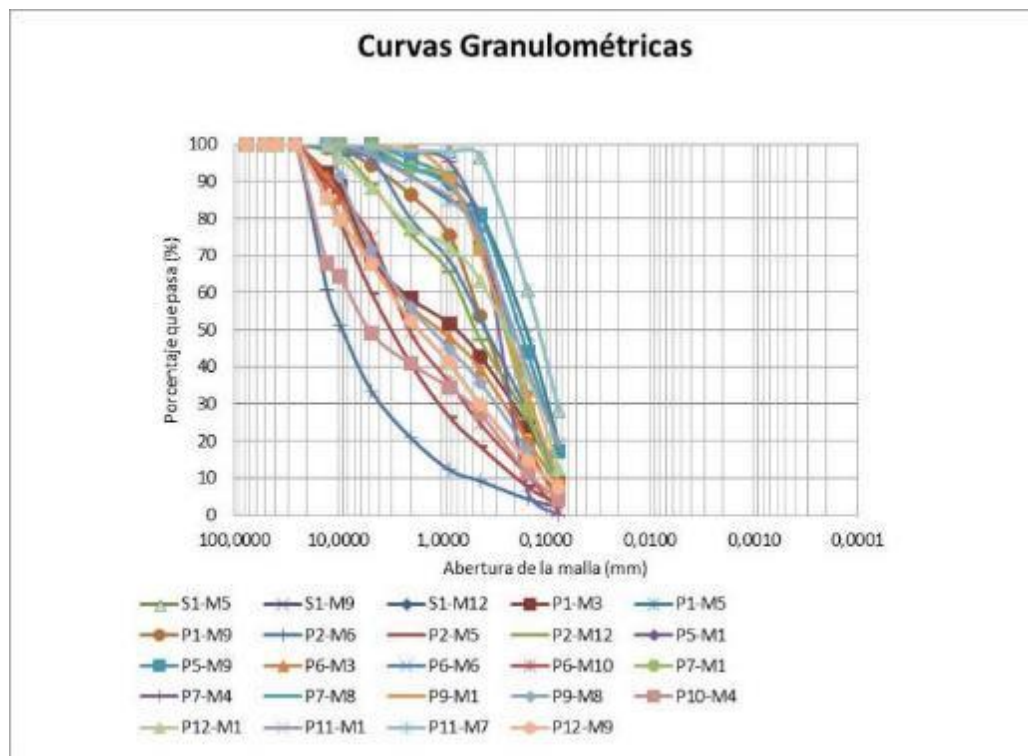
**Ilustración 5 Variación del contenido de humedad. Anexo 17.**

### 5.3.3 Ensayos de granulometría

Como parte de la caracterización física de los estratos de suelo identificados en el lote, se realizaron ensayos de gradación para determinar el tamaño de las partículas de cada estrato. Anexo 16.

Se observa que la fracción predominante en los estratos de suelos son las arenas finas con porcentajes de pasante del tamiz 200 del orden del 5 al 28%.

Así mismo como se aprecia en la gráfica, las curvas de gradación inferiores corresponden a los suelos de origen aluvial cuyo contenido de arenas va disminuyendo conforme se da la transición depósito aluvial a depósito de inundación.



**Ilustración 6 Grafica de ensayo granulométrico. Anexo 16.**

En general se observan suelos de gradación uniforme con mayor presencia de arenas pero con contenido de material limo arcilloso que le confiere un comportamiento algo plástico a nivel de deformabilidad.

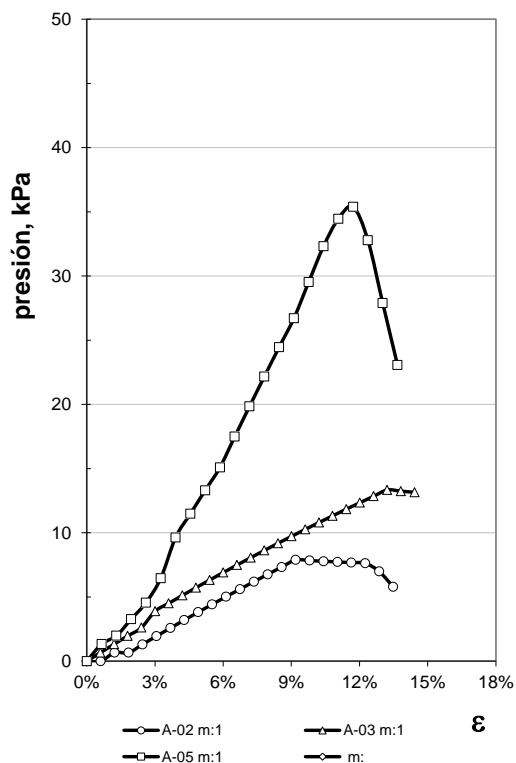
#### 5.3.4 Ensayo de Compresión simple

Para efectos de la determinación de un parámetro de resistencia mecánica del suelo, se tomaron muestras inalteradas tipo shelby para la realización de ensayos de compresión simple.

Los resultados de este ensayo muestran valores de compresión inconfiada variables entre 8 y 35 kPa, por lo tanto se estiman valores de cohesión no drenada del orden de 4 a 17 kPa. Dichos resultados son coherentes con los resultados del ensayo de SPT de campo el cual arrojó valores corregidos de 3 a 4 golpes/pie para los llenos y depósitos de inundación respectivamente.

Teniendo en cuenta la clasificación propuesta por Terzaghi y Peck (1948) donde se relaciona el valor de  $C_u$  con el número de golpes del ensayo de Penetración Estándar se consideran están asociados a materiales con pobres características mecánicas de acuerdo con la tabla 4.





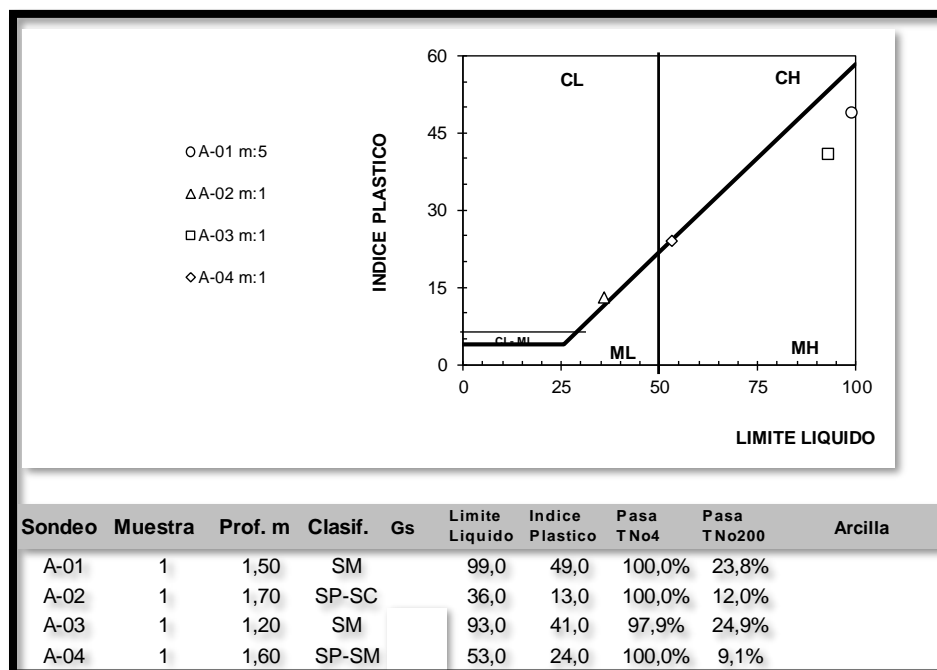
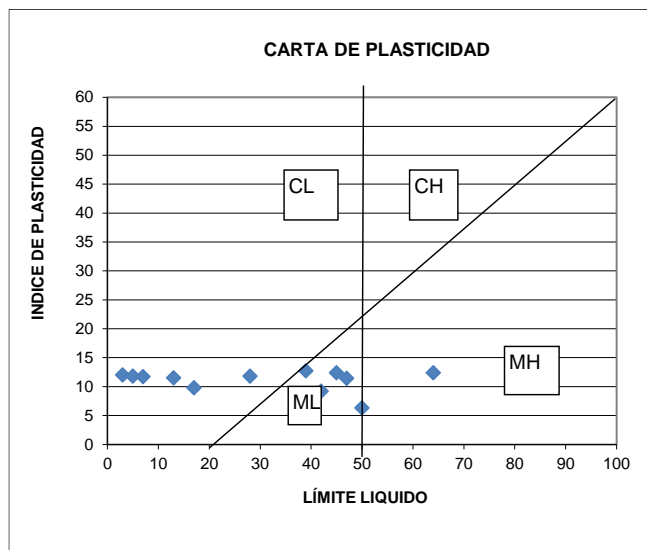
**Ilustración 7 Curva de ensayos de compresión inconfiada. Anexo 10.**

**Tabla 4 Correlación de Nspt con la compresión simple.**

Nspt	Cu - kPa
< 2	<12.5
2 – 4	12.5 – 25
4 – 8	25 – 50
8 – 15	50 – 100
15 - 30	100 – 200


### 5.3.5 Ensayos de límites de consistencia

Para evaluar la plasticidad de los suelos que conforman el lote, se llevaron a cabo ensayos de límites de consistencia tales como límites plásticos y límites líquidos sobre algunas de las muestras de suelo buscando clasificar los horizontes de materiales. Anexo 13.



### Ilustración 8 Resultados de los ensayos de límites para las muestras de apiques y sondeos.

En general se puede concluir que en lote predominan los suelos con fracción arenosa, pero con un contenido de material de tamaño limo que le confiere un comportamiento plástico a nivel de deformabilidad. Se observa que existe una clara homogeneidad de los suelos a clasificar como arenas arcillosas a arenas limosas.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

## 6 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Teniendo como base el marco geológico y geomorfológico regional y los hallazgos de la exploración de campo, se hace un marco local de la geología y geomorfología del lote definiendo la unidad superficial sobre la cual se encuentra el área de estudio determinándose el perfil estratigráfico para los posteriores análisis.

### 6.1 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

En la cuenca de Dosquebradas, donde se localiza la ciudad del mismo nombre, afloran varios depósitos poco consolidados a no consolidados como rocas volcanosedimentarias y los depósitos de origen aluvial y de vertiente, además de los llenos de origen antrópico, que cubren gran parte de rocas que corresponden al basamento, como lo son rocas ígneas tipo Diabasas y gabros.

La zona en estudio se encuentra en la parte centro norte del municipio de Dosquebradas, en la cual para describir el contexto geológico regional se tomó un radio de influencia de 2000 m teniendo como centro el sitio en el cual se construirá el proyecto planteado. Este radio abarca principalmente, intrusivos de edad Cretácica conformada por el Grupo Diabásico y el Stock Gábrico de Pereira, correspondientes al basamento; y rocas del cuaternario que corresponden a Depósitos fluviovolcánicos, depósitos aluviales y depósitos de vertiente. Específicamente el lote se encuentra sobre los depósitos aluviales que se describirán posteriormente.


A continuación, se describen cada una de las unidades mencionadas anteriormente, teniendo como base la memoria geológica de la Plancha 224, Pereira, 1984, publicado por el Servicio Geológico Colombiano y la Zonificación de Amenazas geológicas para los municipios del eje cafetero afectados por el sismo del 25 de enero de 1999, cabecera municipal del municipio de Dosquebradas.

#### 6.1.1 Stock Gábrico de Pereira (Kgp):

Aflora en el sur oriente de Santa Rosa de Cabal, separado por la cubierta de flujos de lodos y cenizas volcánicas. Tiene una extensión aproximada de 30 Km<sup>2</sup>; los afloramientos presentan meteorización avanzada. Es una roca homogénea, masiva, de grano grueso, leucocrática de color verdoso con minerales ferromagnesianos, plagioclasa y cuarzo; este último abunda sólo localmente; intruye rocas metamórficas y está cubierto por sedimentos terciarios de la Formación Amagá y por flujos de lodos con abundante cantidad de material volcánico cuaternarios.

#### 6.1.2 Grupo Diabásico (Kvo):

Son rocas de aspecto homogéneo en color y textura, su composición predominante es diabásica, aunque también se encuentran rocas piroclásticas e hipoabisales de textura porfídica y basaltos. La diabasa son rocas afaníticas a faneríticas de grano fino; color verde grisáceo oscuro; masivas con amígdalas alargadas rellenas de calcita y sílice.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

Los basaltos son afaníticos de grano muy fino, color verde oscuro ligeramente voláceos y son comunes las amígdalas rellenas de calcita. Mineralógicamente sus principales constituyentes son plagioclasa cálcica, piroxenos, y anfíboles; estos basaltos morfológicamente se observan en coladas lávicas y lomos alargados. La geomorfología predominante de las diabasas son unidades que resaltan en el paisaje debido al marcado contraste que existe entre esta unidad y los depósitos cuaternarios que la cubren. La meteorización produce una arcilla rojiza y es común la meteorización en “bolas” de hasta 60cm de diámetro.

### 6.1.3 Depósitos aluviales (Qal):

Estos depósitos afloran hacia la parte media de las micro cuencas de las quebradas Frailes en el extremo sur, hasta la vertiente norte de la quebrada Dosquebradas en el extremo norte y allí se localiza la parte central de la ciudad de Dosquebradas, conforman una zona relativamente plana y están constituidos por sedimentos fino granulares tamaños limo-arcilla. Gran parte de estos sedimentos corresponden a depósitos piroclásticos re trabajados y suelos residuales y saprolitos transportados por corrientes de las quebradas mencionadas y depositados en la zona central de lo que hoy es el casco urbano.

### 6.1.4 Flujos de lodos y cenizas recientes (Qto):

Estos depósitos afloran en las partes media y alta de las micro cuencas de las quebradas La Víbora, Cañaveral, Molinos, Manizales, Frailes y hacia las márgenes del Río Otún. Estos depósitos corresponden al denominado "Glacis del Quindío" o "Abanico–Pereira Armenia. Están constituidos por bloques, guijarros, guijos y gránulos de rocas volcánicas de composición intermedia y en una baja proporción de rocas metamórficas e intrusivas, dentro de una matriz areno-arcillosa, pero esencialmente volcánica; los clastos son angulares a subangulares y en una baja proporción subredondeados a redondeados (fluvial) y su selección bastante pobre. Por lo general su espesor sobrepasa los 80 m.

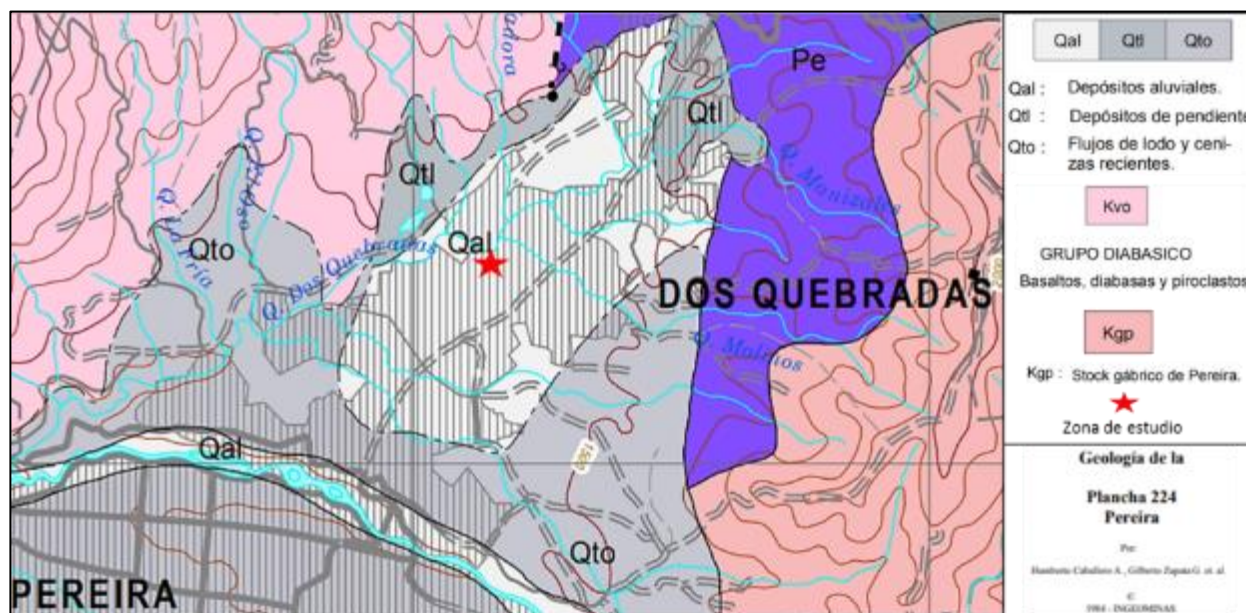
### 6.1.5 Depósitos de pendiente (Qtl):

Dentro de los depósitos de tipo coluvial se presentan los Depósitos de Pendiente (Qtl) los cuales son producto de la erosión de la actual cordillera, tienen poca extensión, en la Cordillera Occidental; el mayor aporte es de bloques de rocas volcánicas básicas sin ningún tipo de selección o compactación.

### 6.1.6 Depósitos Antrópicos:

Aunque no son cartografiables en la Plancha 224, se describen en Zonificación de Amenazas geológicas para los municipios del eje cafetero afectados por el sismo del 25 de enero de 1999, cabecera municipal del municipio de Dosquebradas. Estos depósitos corresponden a antiguos botaderos principalmente de basuras y de material producto

de excavación para construcciones, los cuales fueron depositados principalmente contra los cauces de las quebradas.



**Ilustración 9. Geología regional de la zona de estudio, modificada de Memoria Explicativa de la plancha 224, INGEOMINAS 1984.**

## 6.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL


Según la “Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la Amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 224 – Pereira, año 2014” el municipio de Dosquebradas se encuentra dentro de geoformas de ambiente volcánico y denudacional predominantemente.

### 6.2.1 Ambiente denudacional (D)

Incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos.

### 6.2.2 Lomeríos poco disectados (Dlpd)

Esta unidad se caracteriza por presentar prominencias topográficas de morfología alomada y colinada, con pendientes moderadas que van desde los 5° hasta los 15°, e índice de relieve bajo, su génesis está relacionada con procesos de meteorización y erosión diferencial los cuales deterioran las rocas y contribuyen a la modelación de la

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

unidad geomorfológica, eventualmente se presentan movimientos en masa como deslizamientos rotacionales, presenta un patrón de drenaje subdendrítico.

### 6.2.3 Loma denudada (Dld)

Esta geoforma se presenta en una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, su morfología es de tipo alomada y elongada, con laderas cortas a muy cortas, pendientes que oscilan entre los 10° y 30°, el origen de esta geoforma está relacionado con procesos intensos de erosión diferencial y meteorización, lo que contribuye al desarrollo de movimientos en masa y procesos erosivos intensos, que modelan esta unidad geomorfológica.

### 6.2.4 Sierra denudada (Dsd)

Esta geoforma se encuentra distribuida hacia la parte central y Nororiental de la plancha, con un índice de relieve alto con alturas mayores a 500 m, con pendientes que corresponde al rango de muy inclinada que oscila entre 15° y 45°, su génesis se asocia a procesos denudativos intensos donde son recurrentes los fenómenos de remoción en masa principalmente deslizamientos de tipo rotacional y traslacional y algunas reptaciones, que van deteriorando las rocas y luego modelan la geoforma.

### 6.2.5 Ambiente Volcánico (V)

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la actividad volcánica producto de la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente a erupciones explosivas y/o efusivas, acumulación de productos y remoción de estos, así como a la intrusión submagmática en los niveles superiores de la corteza

### 6.2.6 Flujo Lahárico aterrazado (Vfla)

Se localiza hacia la parte este y centro de la plancha 224 Pereira, extendiéndose en los municipios de Alcalá, Ulloa, Filandia, Pereira, esta unidad se encuentra sobre un depósito de Flujos de Lodo y Cenizas Recientes, la génesis de la geoforma se asocia a la acumulación de productos volcánicos como lavas, cenizas, bloques y detritos, los cuales han sido transportados, mezclados y re trabajados por ríos como el Otún y Santa Rita y en otros casos provienen del derretimiento del hielo o nieve durante la erupción volcánica.





**Ilustración 10. Contexto Geomorfológico regional.**

### 6.3 GEOLOGÍA LOCAL – UNIDADES SUPERFICIALES


Para la caracterización de los materiales en la zona de estudio se realizó una campaña de exploración correspondiente a la ejecución de 6 apiques con una profundidad máxima de 2,3 metros, con recuperación de muestras alteradas e inalteradas y 11 sondeos exploratorios con profundidades variables entre 6 y 12m. Adicionalmente con base en la exploración, recorridos de campo e información secundaria, se caracterizaron las unidades geológicas locales definidas como: Depósitos antrópicos, depósitos aluviales y depósitos de flujos de lodos y cenizas volcánicas. En el anexo 20 se presentan cuatro secciones transversales del proyecto resultado de la interpretación e inspección de las muestras de suelo recuperadas.

#### 6.3.1 Llenos Antrópicos QLL

Estos materiales ubicados en los costados NE y SW, están conformados sin ningún control técnico toda vez que se observan mezclas de materiales como basuras y escombros con material fino granular deduciendo que fue una zona de botaderos de basura cerca a la quebrada La Víbora.

Es de resaltar que por la extensión final del proyecto y niveles de implantación del mismo estos materiales serán removidos del lote como parte de las excavaciones proyectadas, razón por la cual no se detalla sobre el manejo y disposición de los mismos.

Adicionalmente no se descarta que al interior del lote se encuentren llenos asociados principalmente a la adecuación para fines constructivos de la zona de estudio, a través de la reacomodación y excavación de unidades superficiales como depósitos aluviales que se encuentran en la zona de materiales de préstamo.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------



**Ilustración 11 Imagen de Llenos antrópicos de los costados NW Nótese escombros y basuras.**

### 6.3.2 Depósitos aluviales matriz soportados

Esta unidad, ocupa toda la extensión del lote la cual está cubierta por localmente por los llenos antrópicos. En general estos depósitos se presentan como un primer horizonte de material corresponde a un depósito aluvial matriz soportado relacionado a los sedimentos cuaternarios de los afluentes cercanos, como la quebrada La Víbora que recorre en la parte norte del lote y descarga en la quebrada Dosquebradas al occidente del predio. La matriz presenta una coloración café naranja a café pardo con tonos rojizos, con textura predominantemente limosa a limo arcillosa con contenidos locales de arena fina, condición de humedad alta, plasticidad media a alta y consistencia blanda a muy blanda, presenta alto contenido de ceniza volcánica re trabajada. La proporción de fragmentos corresponden a rocas volcánicas hipoabisales meteorizadas con diámetros hasta de 50cm y rocas volcánicas piroclásticas (pumitas, tobas) altamente meteorizadas con tamaños hasta de 20cm con formas subredondeadas a redondeadas; estos fragmentos se disgregan fácilmente.



**Ilustración 12. Depósitos aluviales.**

Posterior a este horizonte se identificó en las perforaciones adelantadas subyaciendo el estrato anterior, un horizonte de suelo en el cual predominan las arenas finas a medias con algún porcentaje de gravas de tamaño decimétrico. Estos materiales se presentan con una coloración gris verdosa, de baja humedad y compacidad media.




**Ilustración 13 Muestra de sondeo 11 Muestra 8. Nótese arenas y fragmento de cuarzo.**

### 6.3.3 Depósitos de flujos de lodos y cenizas volcánicas:

Están constituidos por materiales producto de lahares y flujos de lodos re trabajados con cenizas volcánicas. Se pueden correlacionar a la unidad de “glacis del Quindío” descrita anteriormente como depósitos de flujos y cenizas recientes.

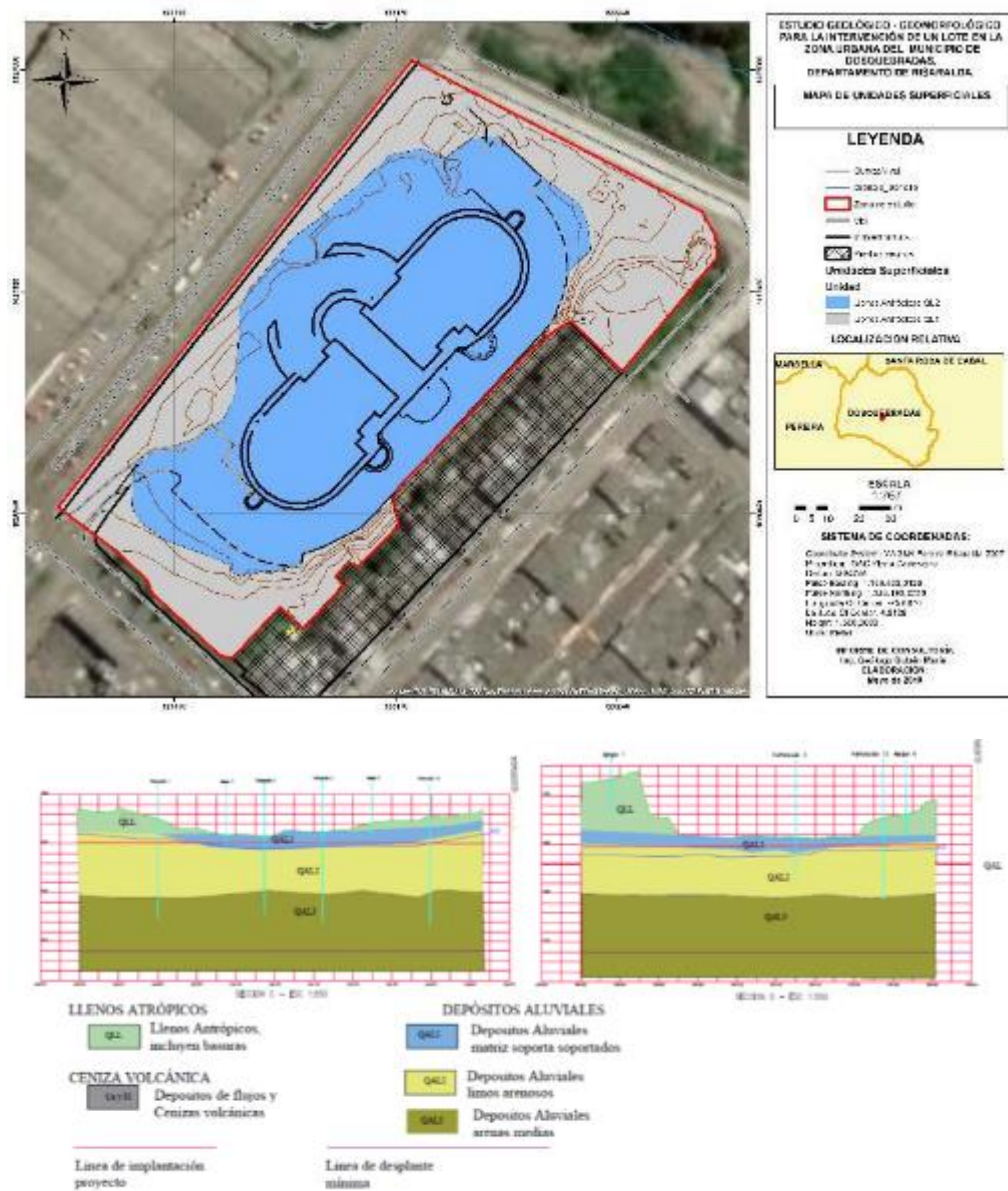


 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

Esta unidad superficial corresponde a un material con relación matriz/fragmentos de 70/30. La matriz es de textura limo arenosa a areno en profundidad con contenidos locales de arcillas, de color gris con tonos negros, con cenizas volcánicas y materia orgánica. Presenta una plasticidad media a baja, consistencia blanda a compacidad suelta en profundidad, condición de humedad media. Los fragmentos corresponden a guijarros, y gránulos de rocas volcánicas de composición intermedia a básica y rocas piroclásticas tipo pumita altamente meteorizadas y disgregables, con tamaños desde 1cm a 5cm y con formas subredondeadas a redondeadas dispuestas al azar.



**Ilustración 14. Depósito de flujos de lodos y cenizas.**



**Ilustración 15. Mapa de unidades superficiales y sección típica para la zona de estudio. Anexo 8.**

## 6.4 GEOMORFOLOGÍA LOCAL


La geomorfología local de la zona de estudio corresponde a una superficie relativamente plana de tipo depositacional, correspondiente a llanuras aluviales y depósitos de flujos laháricos.

Para un análisis más específico, en un área de 1.7 Ha, las unidades geomorfológicas se cartografiaron con base en los recorridos de campo dentro del predio, fotografías







 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

esta unidad se encuentra la mayor parte construida de la infraestructura existente. No se observan procesos morfodinámicos asociados, exceptuando algunas zonas de empozamientos leves que no representan ningún tipo de erosión concentrada. Esta unidad se encuentra modelada en depósitos aluviales, los cuales según recorridos de campo en inmediaciones de la zona de estudio e información secundaria, conforman terrazas de los ríos aledaños, en este caso de la quebrada La Víbora.



**Ilustración 18. Unidad de superficies suaves en depósitos aluviales.**



**Ilustración 19. Unidad de superficies moderadas a suaves en llenos antrópicos y superficies suaves en depósitos aluviales.**




**Ilustración 20. Edificación construida (antigua plaza de mercado) sobre la unidad de superficies suaves sobre depósitos aluviales.**

#### **6.5.2 Superficies suaves a moderadas en llenos antrópicos (SSMLLA):**

Se encuentra aproximadamente en un área de 6346 m<sup>2</sup>; predominan pendientes bajas a moderadas (3 a 15 grados) en toda la periferia del lote. La morfogénesis asociada a esta unidad es de tipo antrópico, debido a que los llenos fueron producto de la acumulación de material removido en el proceso constructivo de las vías limitantes con el lote y de las viviendas aledañas en la parte oriental.



**Ilustración 21. Imagen superior se observa las superficies suaves a moderadas en llenos antrópicos de la parte sur del predio. En la imagen inferior se observan las superficies suaves a moderadas en lleno antrópico en la parte norte del predio.**

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

### 6.5.3 Superficies altas a muy altas en llenos antrópicos (SALLA):


Se encuentra aproximadamente en un área de 1295 m<sup>2</sup>; predominan pendientes altas a muy altas (16 a mayores de 30 grados) en la periferia oriental del lote. Están modeladas en llenos antrópicos y depósitos de flujos de lodos y cenizas, dado que esta unidad superficial se encontró en el apique 2, en un nivel topográfico mayor a las superficies suaves donde afloraban los depósitos aluviales matriz soportados. Ver perfil geológico.

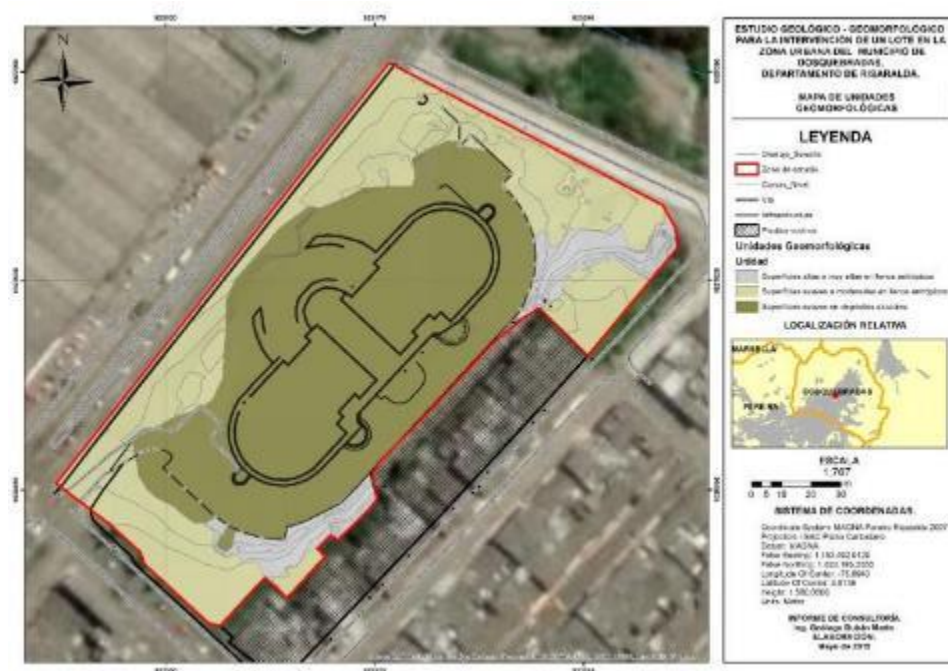


**Ilustración 22. Superficies altas a muy altas en llenos antrópicos.**

Con base en las observaciones de campo y la descripción de los apiques se elaboró el mapa de unidades superficiales de la zona de estudio.



	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------



**Ilustración 23. Mapa de unidades geomorfológicas para la zona de estudio. Anexo 7.**

## 6.6 PROCESOS MORFODINÁMICOS

Para identificar los procesos morfodinámicos se realizaron recorridos de campo dentro de la zona de estudio y en sus inmediaciones y se analizaron fotografías aéreas de Google Earth de los años 2005, 2014, 2015 y 2018.

Con base en los recorridos de campo dentro del predio en estudio, no se detectaron procesos morfodinámicos activos e inactivos, sin embargo hay algunas zonas descubiertas de vegetación que pueden presentar erosión leve a moderada debido a la pluviosidad en épocas invernales y erosión por escorrentía superficial y empozamientos de aguas. Estas zonas se encuentran en la parte occidental del lote, limitando con la carrera 10.

En las fotografías no se detectaron procesos morfodinámicos activos e inactivos para el predio en estudio, sin embargo en sus inmediaciones se detectó un crecimiento urbanístico acelerado, situación que se observa en las imágenes satelitales del periodo entre el año 2005 al año 2014, donde se observa la construcción de la doble calzada de la carrera 10 y la construcción de vivienda en la parte oriental del lote.

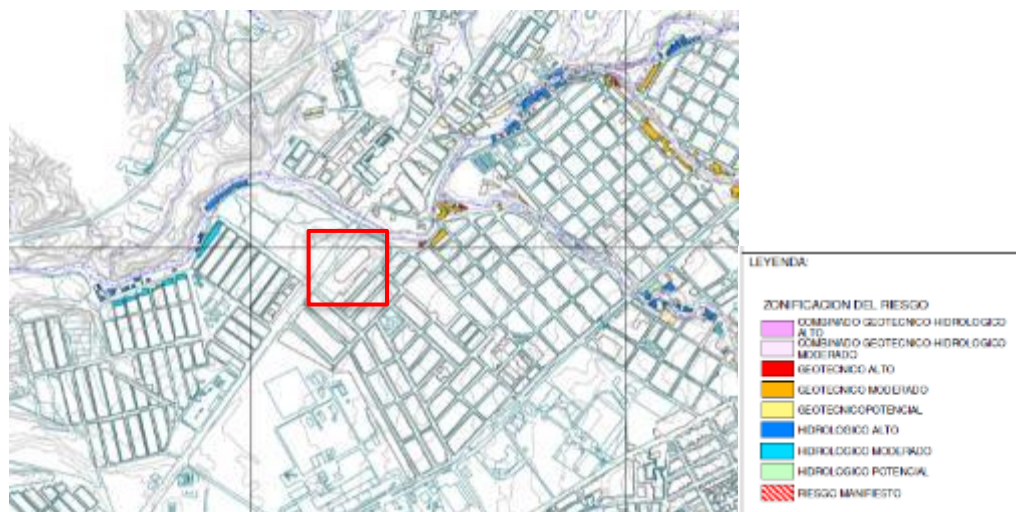
Como un rasgo morfológico de la zona del proyecto está quebrada La Víbora para la cual se realizaron estudios hidrológicos e hidráulicos IT 100610/010 como parte de la consultoría con el cual se valoró este riesgo, quedando excluido del componente

geotécnico. Adicionalmente en campo se evidenciaron en campo por la morfología del cauce el cual presenta un lecho profundo en relación con el nivel del proyecto.




**Ilustración 24 Imagen de lecho del cauce. Nótese profundidad.**

Adicionalmente se consultó el Mapa de Zonas de Riesgo del Área Urbana de Dosquebradas. 2004, en el cual se describen dos tipos de riesgos como son el Geotécnico asociado a movimientos en masa detonados en general por agentes externos como precipitaciones, y el hidrológico como procesos de inundación o avalanchas asociados a cuerpos de agua. Con base en la información consultada y los resultados de los estudios hidrológicos se descarta la existencia de un riesgo por movimiento en masa.



**Ilustración 25 Extracto de mapa de riesgo de Dosquebradas Esc 1:10000. Tomada de la Carder.**



 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------


Debido a que no se detectaron procesos morfodinámicos en el predio, no se elabora mapa. A continuación, se presentan algunas fotografías analizadas y el respectivo crecimiento urbanístico en inmediaciones del predio.



**Ilustración 26. Imagen satelital para el año 2005**



**Ilustración 27. Imagen satelital para el año 2014**

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------




**Ilustración 28. Imagen satelital para el año 2015**



**Ilustración 29. Imagen satelital para el año 2018**

## 6.7 FLUJO DE AGUA SUPERFICIAL

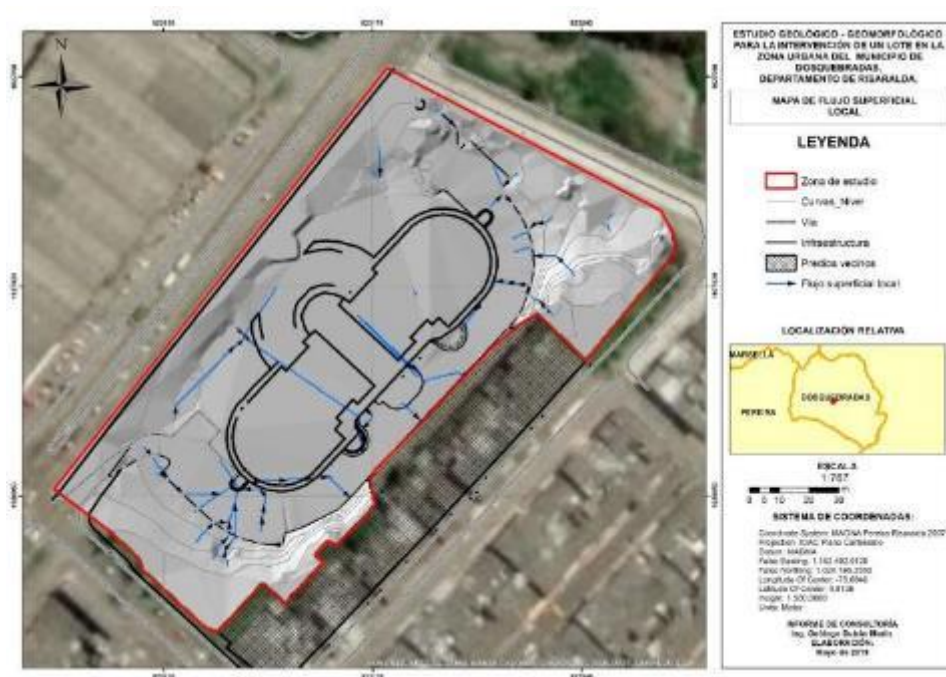
La orientación de la ladera dentro del área de análisis posibilita que las aguas de escorrentía drenen preferencialmente por algunos sitios. Estas son las principales causantes de erosión en las laderas y potencialmente con el aumento del nivel freático, pueden llegar a generar zonas húmedas donde las pendientes sean muy bajas. Para el caso de estudio del presente informe, el flujo de agua superficial se da de manera controlada, debido a que hay una buena intervención antrópica dentro del predio, lo que imposibilita que el agua de escorrentía genere grandes procesos erosivos.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
---	---	--------------------------------------

El mapa de flujo de aguas de escorrentía se realizó para dos contextos, uno general, donde se observan los diferentes afluentes y zonas de aguas encausadas en inmediaciones del predio en estudio y uno local donde se observa las líneas de flujo preferencial dentro de este. Esto se generó con en el software ArcGIS 10.2, donde por medio de la herramienta Hidrology se generó para el modelo de elevación digital, la dirección y la acumulación de flujo.

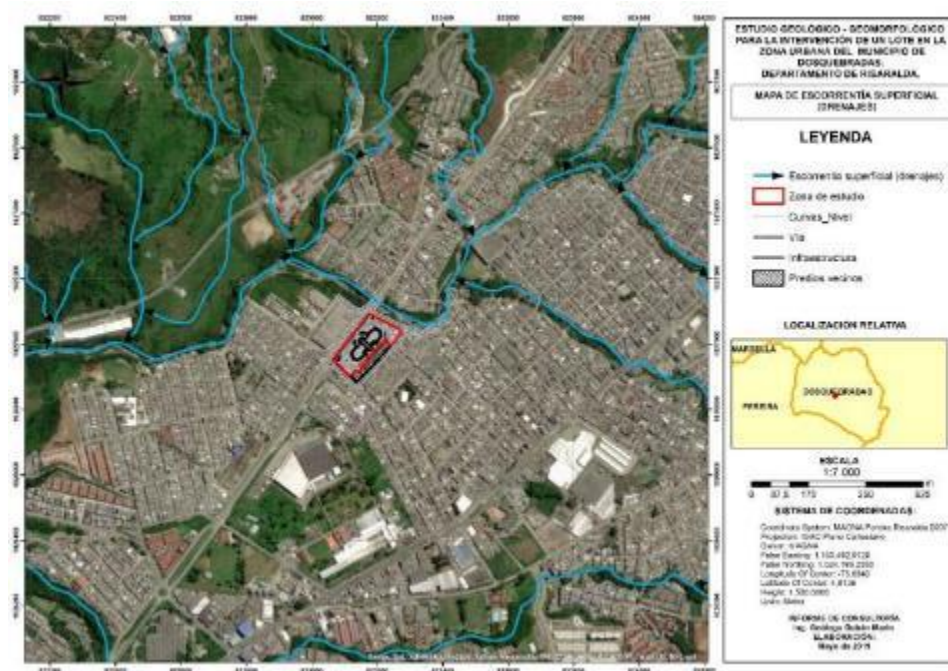
Las direcciones de flujo superficial predominantes se encuentran del occidente hacia el oriente, descargando en la cuneta construida dentro del lote. Partiendo desde un contexto más general, el predio en cuestión se encuentra sobre una unidad remanente del glacis del Quindío en su parte más norte.

Geomorfológicamente, en una escala de varias cuadras el predio se ubica en una superficie con pendientes suaves correspondientes a depósitos aluviales de la quebrada a Víbora y Dosquebradas que se encuentran depositados sobre los depósitos de flujos y cenizas del Glacis del Quindío.



**Ilustración 30. Mapa de líneas de flujo superficial local. Anexo 3.**





**Ilustración 31. Mapa de escorrentía superficial, contexto general. Anexo 4.**

## 6.8 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE LOS SUELOS

Para los análisis de cimentación de la estructura, los modelos de estabilidad de cortes y recomendación para muros de contención se hace necesario realizar el procesamiento de toda la información disponible de campo y de laboratorio para determinar los parámetros geomecánicos de los suelos identificados en el lote. Para tal fin se emplean metodologías reconocidas en el medio así como un procesamiento básico de datos para definir el valor de mayor frecuencia para cada estrato de suelo, resultados que se presentan más adelante. Ver anexo 14.

### 6.8.1 Corrección del valor de spt

Para una correcta interpretación de los resultados del valor de penetración Estándar de campo y una posterior utilización del mismo en las correcciones para estimar algunos de los parámetros del suelo, se hace necesario realizar una estandarización del número de golpes obtenido en campo en función de la energía y otros factores que afectan el valor de  $N_{spt}$ . A continuación, se presenta la metodología empleada para la corrección del valor. Los resultados del análisis se presentan en el anexo 15.

$$N_{60} = N_{cam} \times C_E \times C_R \times C_S \times C_B \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

CE: Factor de corrección por energía.

CR: factor de corrección por longitud de barras.

CS: corrección por el uso de una cuchara normal sin tubo  
 muestreador en su interior  
 CB: corrección de acuerdo con el diámetro de la perforación  
 Ncam: SPT medido en campo  
 CN: Corrección por confinamiento. Youd et al. (2001)

### 6.8.2 Ángulo de fricción y cohesión

Los valores de ángulo de fricción fueron estimados a partir correlaciones sugeridas por Gonzales. (1999) las cuales se citan:

Peck	$\phi'_{eq} = 28.5 + 0.25 (N1)_{45}$ Ecuación 3
Peck, Hanson y Thorburn	$\phi'_{eq} = 26.25 \times (2 - \exp(-(N1)_{45}/62))$ Ecuación 4
Kishida	$\phi'_{eq} = 15 + (16.7 \times (N1)_{60})^{0.50}$ Ecuación 5
Schmertmann	$\phi'_{eq} = \arctan[((N1)_{45}/43.3)^{0.34}]$ Ecuación 6
Japan National Railway (JNR)	$\phi'_{eq} = 27 + 0.1875 \times (N1)_{45}$ Ecuación 7
Japan Road Bureau (JRB)	$\phi'_{eq} = 15 + (9.375 \times (N1)_{45})^{0.50}$ Ecuación 8

En relación con los valores de cohesión, la metodología usada fue la propuesta por Bowles (1984).

$$C' = \sigma' \times \tan(\phi'_{eq}) \text{ Ecuación 9}$$

Donde:

$C'$  : Cohesión efectiva

$\sigma'$  = Esfuerzo vertical efectivo

$\phi'_{eq}$  = Ángulo de fricción efectivo equivalente

### 6.8.3 Módulo de elasticidad

Para estimar el módulo de elasticidad se emplearon las metodologías propuesta por Bowles (1997) y por Meigh y Nixon (1961).

Donde para suelos fino granulares “limos o arcillas en general” Bowles propone:

$$Es = 300 \times (N + 6) - \text{kPa} \text{ Ecuación 10}$$

Meigh y Nixon (1961)

$$Es = 5 \times (N) - \text{kg/cm}^2 \text{ Ecuación 11}$$

#### 6.8.4 Módulo de reacción horizontal

Para la estimación del valor del módulo de reacción horizontal se emplearon metodologías propuestas que relacionan el módulo de elasticidad del suelo. Pyke y Beiake (1985) sugieren la siguiente ecuación:

$$kh = (1.6 \text{ a } 2) \times \frac{E}{D} - \text{kPa} \quad \text{Ecuación 12}$$

Davisson (1970) presentó una propuesta más conservadora:

$$kh = 67 \times (Cu)/D - \text{kPa} \quad \text{Ecuación 13}$$

Bowles (1982) propuso;

$$kh = (0.8 \text{ a } 1.3) \times \frac{E}{D} - \text{kPa} \quad \text{Ecuación 14}$$

#### 6.8.5 Velocidad de onda de corte

Para la valoración de la velocidad de onda de corte de los suelos se emplearon tres correlaciones entre el valor de  $N_{spt}$  y el valor de  $V_s$ . Los valores resultantes fueron promediados para obtener un valor medio para datos de diseño.

$$V_s = 76 \times (N)^{0.33}, \text{ Imai y Yoshimura. (1970) Ecuación 15}$$

$$V_s = 84 \times (N)^{0.31} \text{ Ohba y Toriumi. (1970) Ecuación 16}$$

$$V_s = 100 \times (N)^{0.33} \text{ Japan Road Association. (2002) Ecuación 17}$$

### 6.9 PARÁMETROS DE SUELO DEFINIDOS

Teniendo en cuenta los resultados de la aplicación de las metodologías anteriormente descritas, en la siguiente tabla se presentan los valores asignados para cada estrato de suelo con los cuales se desarrollarán los capítulos siguientes.

**Tabla 6 Parámetros de suelos definidos**

VALORES DE MAYOR FRECUENCIA PARA ESTRATOS DEFINIDOS							
ESTRATO		Nspt	kh - kN/m3	E - MPa	Cu - Kpa	phi - °	Vs - m/s
LLENO	Estadística	3-4	2370-3228	2,1-2,7	5-10	25	110-123
	Definido	3	2370	2,1	5	25	110
INUNDACIÓN	Estadística	4-6	2514-4088	3-4	19-28	26-27	133-156
	Definido	4	2514	3	19	26	133
ALUVIAL	Estadística	7-18	6664-14820	4-9,7	0	29-31	211-247
	Definido	18	14820	9	0	31	211

## 7 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN – LITERAL H.4.4 NSR-10

Para efectos de los diseños de la cimentación se empleó el software Geostru el cual fue alimentado a partir de los datos de resistencia al corte disponibles, obtenidos con base en correlaciones matemáticas con el  $N_{spt}$  y ensayos de laboratorio.



Estos resultados fueron comparados con los ensayos de resistencia realizados sobre esta misma unidad, encontrando que son ligeramente conservadores ya que los definidos para los análisis son menores.

En relación con el tipo de cimentación a emplear es fundamental tener en cuenta la magnitud de las cargas que se proyecta trasladar al terreno y la estratigrafía presente en el lote; variables fundamentales para definir una fundación que se ajuste a criterios de viabilidad constructiva y financiera del proyecto. Para efectos de revisar la mejor alternativa de fundación para la estructura, se procedió a realizar varios análisis de capacidad portante del terreno suponiendo al menos tres tipos de fundaciones como son pilas, losa y zapatas aisladas.

Los análisis de capacidad portante fueron realizados con los criterios de la norma sismo resistente vigente, capítulo H.4 y bajo las consideraciones expuestas en capítulos anteriores, relacionadas con los análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio y análisis geotécnico del lote.

## 7.1 TRASLADO DE CARGAS CON PILAS “CAISSONS”

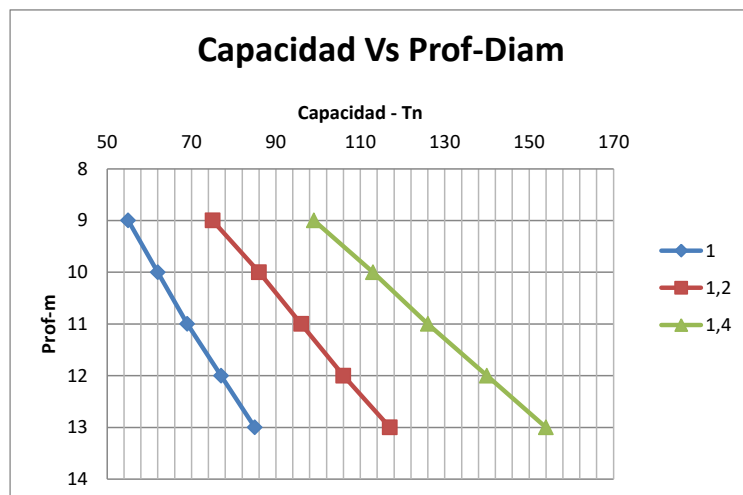
Como primera alternativa de fundación se hará un análisis para el traslado de las cargas a través de pilas de fundación. Esta alternativa permite alcanzar suelos de mayor competencia mecánica, ofreciendo además alternativas constructivas como la excavación mecánica con equipos, condición que reduciría el tiempo de ejecución de la obra o manual con mano de obra “pileros”. Anexo 12.

### 7.1.1 Capacidad Portante

Teniendo en cuenta que se estiman cargas del orden de 23 a 226 Tn para la columna más cargada, se parte del principio de pasar todos los suelos blandos superficiales y penetrar en el depósito aluvial identificado a partir de los 7m en promedio. En tal sentido se hace un análisis para tres diámetros de pila y en intervalos de 1m a partir de un empotramiento mínimo de 2m en el estrato aluvial.

**Tabla 7 Capacidad portante de pilas**

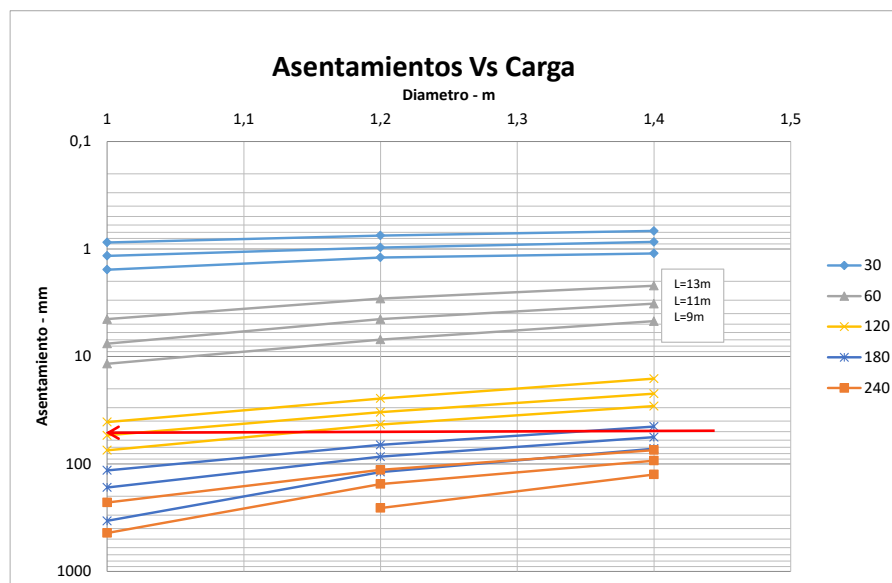
Diámetro-m	Longitud-m				
	9	10	11	12	13
1	55	62	69	77	85
1,2	75	86	96	106	117
1,4	99	113	126	140	154



**Ilustración 32 Grafica de la variación de la capacidad portante Vs Prof.**

### 7.1.2 Asentamientos

Con base en la teoría propuesta por Fleaming, 1992. Se estimaron los asentamientos para varias combinaciones como son diámetro de la pila, carga de la misma y longitud. Con dicha información se recomienda en todos los escenarios de carga condicionar los asentamientos de la estructura a 50mm. En tal escenario es posible manejar cargas máximas de 154 toneladas para un diámetro de 1.4m.



**Ilustración 33 Asentamiento esperado en función de diámetro y carga de la pila**

### 7.1.3 Material y profundidad de apoyo

El material de apoyo de la fundación corresponde al depósito Aluvial que se identifica a partir de los 7m en promedio y se caracteriza por ser una arena media con presencia de gravas de tamaño decimétrico. La profundidad mínima de desplante será de 9m a partir de nivel de cota de terreno, no obstante lo anterior, a juicio del estructural se podrá elegir mayores longitudes en función de una capacidad de carga requerida.

### 7.1.4 Módulo de reacción horizontal

Para el diseño estructural de la pila se podrán emplear los siguientes módulos de reacción los cuales varían con la profundidad.

**Tabla 8 Modulo de reacción**

Prof - m	Kh - kg/cm <sup>3</sup>
1	0
2	0,83
3	1,55
4	4,38
5	5,32
6	6,27
7	7,21
8	13,32
9	15,35
10	17,38
11	19,42
12	21,45
13	23,48

## 7.2 ZAPATAS AISLADAS

Como alternativa adicional se valoró la capacidad de carga superficial de elementos tipo zapatas. Si bien es viable como alternativa se considera que esta puede conllevar limitaciones de tipo constructivo por la profundidad que deberá alcanzar y adicionalmente por las dimensiones que puede llegar a requerir para el traslado de las cargas. Anexo 11.

### 7.2.1 Capacidad Portante

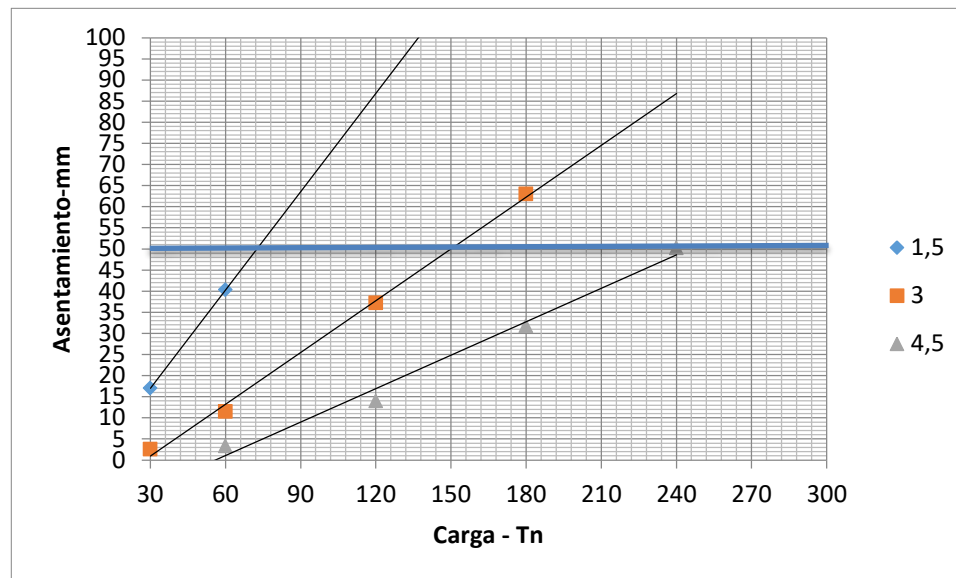
Para efectos de valorar la capacidad portante del suelo superficial se emplea la metodología propuesta por Terzaghi la cual resulta más conservadora en resultados.

El análisis de la capacidad portante de suelo de inundación reporta una capacidad de **290 kPa** para lo cual se hace necesaria una zapata de dimensiones mínimas del orden de 2.8m a cada lado para el caso de la columna más cargada.

### 7.2.2 Asentamientos

En vista del bajo módulo de elasticidad que presenta el terreno y las evidentes deficiencias a nivel de comportamiento hidromecánico, se obtuvo un valor de 88.3mm

como asentamiento máximo probable. Dicho valor se considera inadecuado para la estructura por lo tanto es fundamental controlar las presiones de contacto para controlar asentamientos no mayores de 50mm.



### 7.2.3 Material y profundidad de apoyo

El material de fundación para este caso corresponde a los suelos de origen aluvial cuyas características predominan suelos limo arenosos, de baja a media plasticidad, coloración gris a café pardo con consistencia blanda.

Como profundidad de apoyo se tiene una profundidad mínima de 3m desde el nivel del terreno actual. A este nivel se sobrepasan los llenos identificados y se alcanza una profundidad de empotramiento de 1m.

### 7.3 LOSA

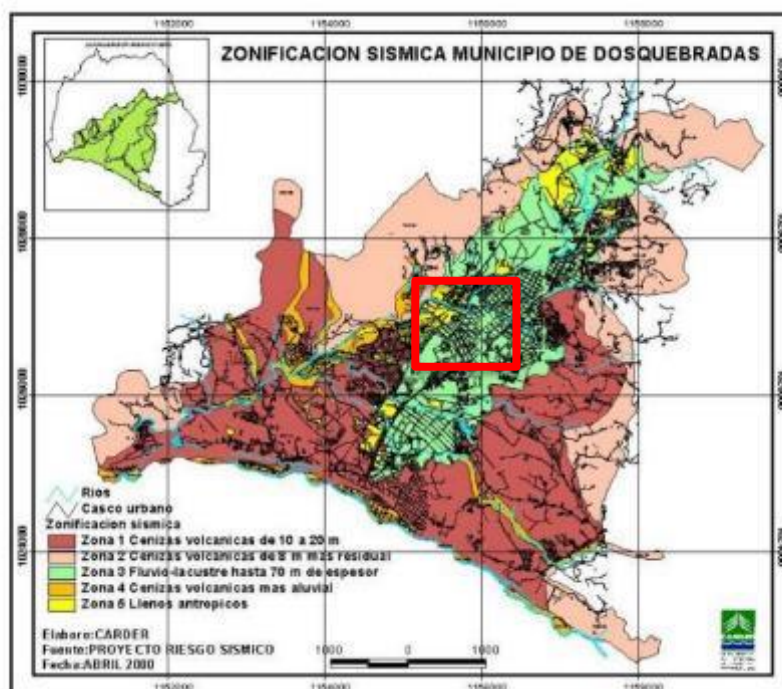
Teniendo en cuenta las dimensiones en planta del proyecto y la magnitud de las cargas a trasladar se considera que esta alternativa es inviable desde el punto de vista económica sobrepasando en aproximadamente 5 veces el total del volumen de concreto comparado con las pilas. Lo anterior en razón a los espesores de la losa y los reemplazos necesarios para ubicar la losa posterior a los llenos existentes.

## 8 PERFIL DE SUELOS PARA DISEÑOS SISMO-RESISTENTES

Para el diseño sismo-resistente de la estructura se deberá considerar un perfil de suelos tipo D, de acuerdo con los criterios definidos en el literal A.2.4, tabla A.2.4-2.

## 8.1 REQUISITOS GENERALES PARA DISEÑO SISMO RESISTENTE

Teniendo en cuenta el estudio de Zonificación Sísmica del Municipio de Dosquebradas, y la información tomada en campo en relación con los tipos de suelos identificados durante la campaña de exploración, en donde se determinó la estratigrafía típica del lote hasta la zona de influencia recomendada por la NSR-10 según la categoría de la estructura, se concluye que el lote de estudio se enmarca en la zona denominada como “Zona 3” la cual se caracteriza por la presencia de suelos de origen fluvio lacustre.



**Ilustración 34 Mapa de Microzonificación Sísmica de Dosquebradas, 2002. Tomada de la Carder.**

Adicionalmente y basados en los lineamientos de la NSR-10 tabla A.2.3-1, la zona de estudio se ubica en una zona de amenaza sísmica alta, valores que son consecuentes con los propuestos en el Mapa de Microzonificación del Municipio de Dosquebradas, presentado en la siguiente tabla.

**Tabla 9 Coeficientes espectrales de diseño para Zona 3.**

Coeficiente	Zona 3
To	0.05
Tc	0.8
TL	4

Aa	0.25
Fa	1.76
Fv	2.93

## 9 IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO EN EL LOTE

Teniendo en cuenta el desarrollo arquitectónico del proyecto se observa que para la implantación de la estructura en el lote, se hace necesario la construcción de llenos con materiales de préstamo y cortes en taludes para alcanzar los niveles definidos.

Los cortes se registran verticales con alturas de hasta 7.7m sobre materiales que se estiman de baja resistencia como son los llenos. Otro aspecto importante es que desde la arquitectura se proyecta que estos cortes serán confinados con la estructura a través de muros de concreto tipo cortina. En tal escenario es fundamental un adecuado proceso constructivo durante la excavación y construcción de los muros.

Así mismo a nivel interno de la estructura se observan excavaciones para la conformación del cuarto técnico y algunos fosos con alturas del orden de 2.5m, las cuales se llevarán a cabo sobre los materiales de llenos existentes.

### 9.1 EXCAVACIONES


Según sea el tipo de excavación a adelantar, estas se podrán realizar de manera manual o por medios mecánicos controlando en todos los casos las deformaciones superficiales si así lo amerita y las pendientes y procedimientos que a continuación se describen.

Los materiales sobrantes de la excavación se pueden disponer en las zonas de depósito autorizadas por la oficina de planeación del municipio.

#### 9.1.1 Excavación de Fundaciones

Para el caso de las fundaciones, las excavaciones de tipo manual de las pilas se deben entibar mediante la construcción de anillos de concreto el cual deberá incluir un acero de refuerzo mínimo en ambos sentidos. El espesor y la longitud de los anillos de concreto se deben definir en el campo, mediante la ejecución de una pila de prueba con el fin de evaluar las condiciones locales del terreno definiendo el nivel de susceptibilidad al agua existente. En caso de que estas se realicen con equipo mecánico se deberá controlar en campo el tipo de material excavado así como el proceso de limpieza de fondo de la pila y el vaciado de la misma, vigilando no quedar con materiales re trabajados en el fondo o con concretos contaminados. Antes de proceder al vaciado de las cimentaciones, el suelo de apoyo de las mismas se debe encontrar libre de lodos



 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

materiales sueltos, y proporcionar una superficie uniforme, para lo cual se recomienda colocar un solado en concreto pobre de espesor mínimo de 5.0 cm.

### 9.1.2 Excavaciones para fosos y cuarto técnico

Las excavaciones para los fosos y cuarto técnico se recomienda que se adelanten de forma mecánica con un desarrollo de talud de 1H:3V con el fin de facilitar el acceso a la instalación de acero de refuerzo y formaletas. Teniendo en cuenta lo anterior y con base en el criterio de la altura crítica de excavación, es posible desarrollar taludes de corte vertical hasta con 3m de altura de manera temporal. En todos los casos primará la condición que ofrezca mayor garantía de estabilidad para las actividades y el personal. Se debe procurar que las excavaciones no permanezcan expuestas a la intemperie durante períodos prolongados de tiempo y que se inunden a causa de acumulación de aguas de escorrentía.


Es importante tener en cuenta que sobre el lote se identificó la presencia de un nivel de aguas freáticas a 1.2m, por lo tanto durante la ejecución de las excavaciones se debe programar el bombeo estrictamente necesario para el control de las aguas freáticas y de infiltración, estas aguas deben ser bombeadas a la red local de alcantarillado de aguas lluvias. De igual forma se deberá prever la disposición del agua de los filtros ubicados en la parte posterior de los muros de contención, por lo tanto es fundamental revisar niveles de entrega de agua hacia la red de drenaje existente en la periferia del proyecto.

Antes de proceder al vaciado de las cimentaciones, el suelo de apoyo de las mismas se debe encontrar libre de lodos materiales sueltos, y proporcionar una superficie uniforme, para lo cual se recomienda colocar un solado en concreto pobre de espesor mínimo de 5.0 cm.

Para tal fin se deberá extender un material de sub base entre la rasante y la losa de fondo el cual entre otras se constituye como una superficie de transición entre los dos materiales. Dicha capa deberá contar con un espesor de no menos de 20cm compactados hasta alcanzar un valor del 90% del valor del Próctor Modificado. El proceso de compactación se deberá llevar a cabo con dos capas de 10cm con equipo mecánico que garantice la compactación requerida. Previo a la realización de un proceso continuo de compactación, se recomienda realizar un tramo de prueba con el fin de estandarizar el proceso con el cual se defina número de pasadas, tipo de equipo y si verifique si existe pérdida de material de sub base en la sub rasante. En caso de presentarse la situación anterior, se deberá instalar un geotextil de separación T 2000 o similar en las zonas blandas.

### 9.1.3 Excavaciones para bordes de losa

Para esta actividad se proyectan cortes verticales de 5 a 7m los cuales con base en las estimaciones del ingeniero estructural no podrán estar soportados por la estructura. Dichos cortes en gran parte se adelantaran sobre suelos de origen antrópico “llenos” por

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

lo tanto es fundamental un adecuado proceso de excavación y control de la misma a través de puntos de control topográfico con lecturas diarias en las tres componentes.

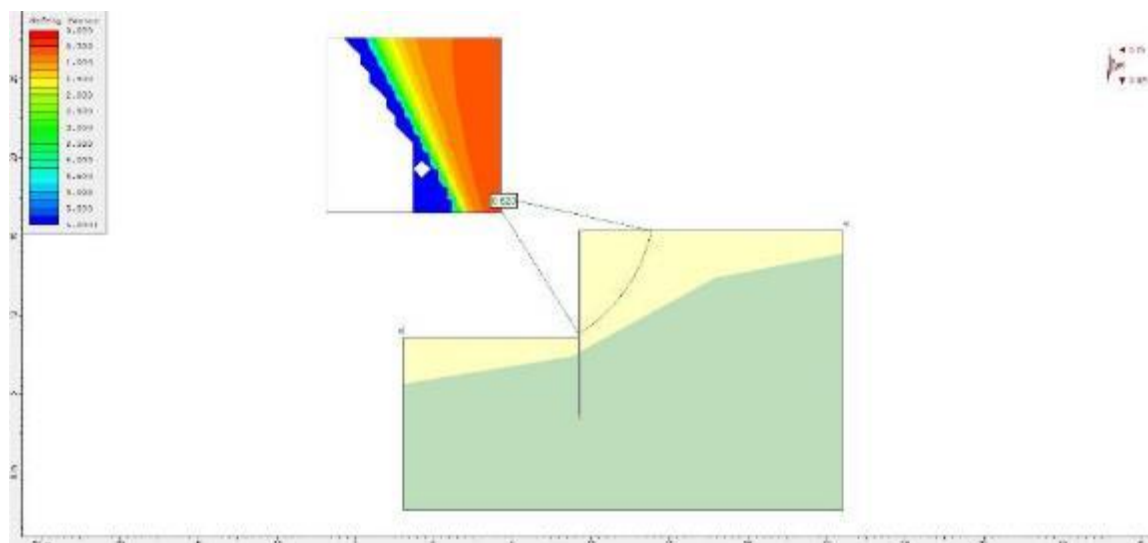
Para la construcción de las contenciones se recomienda una estructura rígida capaz de absorber los empujes del terreno y trabajar de manera independiente a la estructura. Para tal fin se recomienda emplear para todos los casos un sistema de pantalla de pilas discontinuas diseñadas para trabajar de manera solidaria a través de su vinculación con una viga cabezal y adicionalmente con recientes en concreto en el intermedio de cada pila en toda la zona expuesta o de excavación. Estos recientes deberán contar con refuerzo con malla electrosoldada vinculada al fuste de la pila a través de perforaciones fijadas con epóxido.

Con base en los análisis adelantados, las pilas deberán tener un diámetro mínimo efectivo de 1.2m y una longitud mínima de 15m. De acuerdo con el modelo geotécnico se hace necesario en todos que las pilas tengan una separación horizontal de 3 m a centro de pila y para los tramos con altura mayor a 6m, complementar el sistema con dos niveles de anclajes activos diseñados para una carga de tensionamiento igual a 20 toneladas. Dichos anclajes deberán ser construidos conforme avance la excavación hasta alcanzar el nivel deseado de rasante.

#### 9.1.4 Chequeo de anclajes

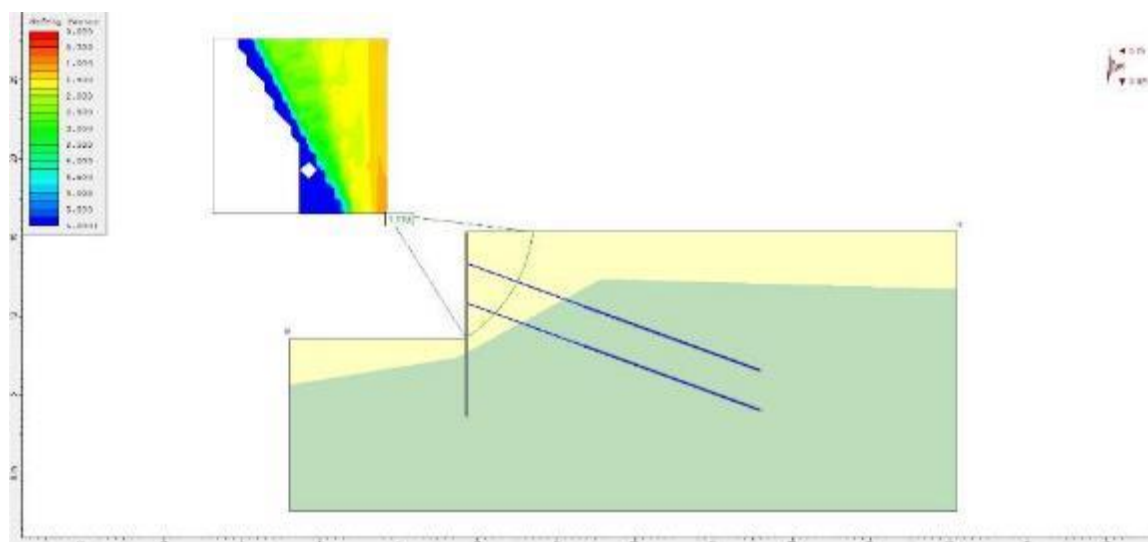
Como se describió anteriormente para la ejecución de los cortes es necesario la construcción de un sistema de anclajes que permita mantener la estabilidad de los mismos para alcanzar los niveles del proyecto así como los puntos de construcción de las fundaciones. En tal sentido se realizó un análisis de estabilidad, en el cual se propone construir dos filas de anclajes activos para controlar las deformaciones laterales del terreno y mejorar el factor de seguridad general.

En la siguiente ilustración se presenta el resultado del modelo de estabilidad de un corte de 7m de altura sin obras de estabilización. Este modelo arroja la evidente inestabilidad de los materiales incluso en condición estática con un factor de seguridad igual a 0.6, por lo tanto se procede a realizar el modelo incluyendo obras de estabilización.



**Ilustración 35 Chequeo de estabilidad – Corte vertical proyectado.**

El modelo con las obras, arroja un factor de seguridad de 1.1 el cual se ajusta a los requerimientos de la NSR 10 para taludes definitivos en condiciones de sismo.



**Ilustración 36 Modelo con obras propuestas**

Para el diseño geotécnico de los anclajes se empleó el método de Bustamante y Doix, que se basa entre otros parámetros en la presión límite “PL” que se obtiene de un ensayo con el presiómetro de Menard, y el cual presenta también correlaciones con el valor de SPT.

## 9.1 PARÁMETRO PARA DISEÑO ESTRUCTURAL DE CONTENCIÓN

Para la contención requerida entre los ejes J-K y 22-24, se proyecta un sistema de contención conformado por un conjunto de pilas discontinuas de diámetro efectivo de 1.2m. Dichas pilas deberán tener un espaciamiento horizontal a centro de pila no mayor a 2.5 veces su diámetro y una longitud mínima desde su nivel superior de excavación igual a 15m longitud que deberá ser ajustada conforme las variaciones superficiales en la cota de arranque

Para mejorar el comportamiento del talud que se proyecta intervenir, se hace necesario complementar la pantalla de pilas con un sistema de anclajes activos exclusivamente sobre el eje J zona que se considera de mayor susceptibilidad para el proyecto, de tal forma que no se generen interferencias con el otro eje de pilas de contención. En vista de las restricciones espaciales que imponen los apoyos de la estructura los anclajes deberán tener una orientación de 45° con respecto de la horizontal. Adicionalmente la pila de la esquina y anterior no podrán tener anclajes activos toda vez que generan interferencia directa con un apoyo de la estructura.

Para el diseño de las pilas se podrá emplear los siguientes módulos de reacción:

**Tabla 10 Módulos para diseño de pilas contención**

Prof - m	Mod - kN/m3
0-7	2300
7-15	3500

### 9.1.1 Diseño de anclaje activo

Con el fin de mejorar la deformabilidad de la excavación se proyecta introducir una fuerza activa a los 2m de la viga cabezal y a las 2,5m siguientes. Para este elemento el modelo indica una resistencia requerida de 20 toneladas, la cual se consigue con un anclaje de una longitud de 20m con una inclinación de 20° con la horizontal.

La aplicación de la metodología de análisis (Bustamante, 1985) sugiere la necesidad de construir el anclaje de 4" de diámetro con una longitud libre de 8m y una longitud de bulbo de 12m, inyectado mediante el sistema IRS hasta alcanzar una presión de 120 PSI. Como refuerzo se empleará un torón de 2 x 5/8" teniendo como criterio de diseño, alcanzar el 66% de su resistencia a la rotura.

**Tabla 11 Diseño de anclaje activo**

<b>Diseño Anclajes</b>		
<b>Método de inyección</b>	IRS	IGU ó IRS
<b>Díámetro de perforación</b>	114	mm
<b>Tipo de material</b>	Limos	
<b>Díámetro de bulbo</b>	171	mm
<b>Selección <math>q_s</math> (kPa) con <math>N_{spt}</math></b>		
$N_{spt}$	4	
<b>Factor de seguridad</b>	2	
<b>Longitud micropilote</b>		
Longitud libre (m)	8	
Longitud de bulbo (m)	12	
Longitud total (m)	20	
<b>Carga estructura</b>	200	kN
<b>Capacidad Anclaje</b>	235	kN
<b>Cantidad anclajes</b>	1	x apoyo
<b>Presión Límite</b>	38	PSI

## 9.2 PARAMETROS PARA DISEÑO DE MUROS TIPO VOLADIZO

Para el diseño estructural de los muros de contención ubicados en la parte inferior del lote, específicamente cuartos técnicos y fosos, se deberá tener en cuenta los siguientes parámetros de empujes de tierra obtenidos con base en las teorías propias para tal fin.

**Tabla 12 Parámetros para diseño de muros**

MATERIAL: LLENO	$\phi=26^\circ$
Ka	0,39
Ko	0,56
Kp	2,56
Densidad del material-kN/m3	16

Dichos parámetros no consideran el efecto de un empuje hidrostático por lo tanto es fundamental que las obras cuenten con sistemas de drenaje para la captación y evacuación de dichas aguas de infiltración y freáticas.



Para el caso de los muros de contención ubicados en el costado sur oriental del proyecto, zona compuesta por llenos antrópicos de bajas propiedades geotécnicas, se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros de empujes.

**Tabla 13 Parámetros para diseño de muros en llenos**

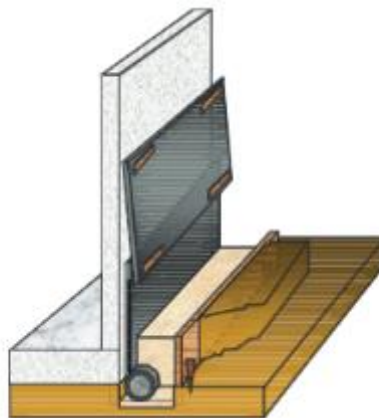
MATERIAL: LLENO ANTROPICO	$\phi=20^\circ$
Ka	0,49
Ko	0,65
Kp	2,039
Densidad del material-kN/m3	15

En todos los casos y atendiendo a las colindancias se recomienda realizar los diseños con coeficiente de empujes Ko con el fin de restringir al máximo los desplazamientos laterales del terreno.


### 9.3 DRENAJES EN MUROS Y VIAS

Al respaldo de los muros se colocará un filtro en material granular en toda la altura del contacto suelo – muro, con el fin de disipar las presiones que se puedan presentar por efecto de las aguas freáticas y de infiltración. Las aguas captadas por el lecho filtrante y los filtros al respaldo de los muros se conducirán a la red de aguas lluvias del proyecto.

Los filtros al respaldo de los muros de contención serán en material granular (pasa 3", retiene en ¾"), envuelto en geotextil No tejido (Referencia Pavco 1600 o equivalente). El ancho del filtro será de 40 cm, y para mejorar la eficiencia del filtro se colocará una tubería perforada y flexible de 4" de diámetro en la base del mismo. Alternativamente se puede utilizar un geodrén planar en vez del filtro, tal como se presentan en la ilustración. En todos los casos se requiere la impermeabilización de los muros sobre los cuales reposa el filtro. En todos los casos las pendientes mínimas de instalación de los filtros serán de no menos del 1%.

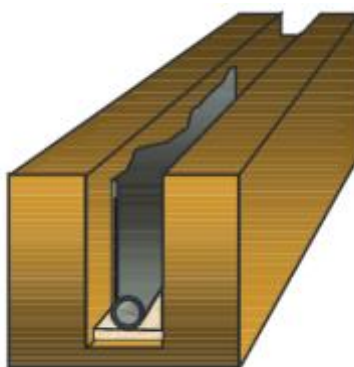


**Ilustración 37 Instalación de geodren planar. Manual Pavco.**

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

Para el caso de las vías internas que se proyectan al interior y alrededores del proyecto como para zonas verdes que se observe acumulación o flujo de aguas de escorrentía, se hace necesario construir un filtro cuya línea de drenaje deberá coincidir con las zonas definidas en el proyecto para tal fin.

Para la construcción de estos elementos se deberá emplear suelo de relleno permeable tipo arena limpia, la cual deberá estar dispuesta en ambas caras del filtro. Se recomienda construir un sistema de filtros adyacentes a los pavimentos con el fin de normalizar los flujos de agua y evitar de esta forma la pérdida de propiedades de los materiales de la estructura de pavimento.




**Ilustración 38 Esquema de instalación de geodren en vía. Manual Pavco.**

#### **9.4 CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE ENTREPISO**

Para la construcción de los pisos se recomienda realizar un reemplazo de al menos 20 cm en material seleccionado tipo subbase granular compactada en capas de 10 cm hasta alcanzar un valor del 90 % del Próctor Modificado. Adicionalmente el material deberá cumplir con las siguientes especificaciones: Límite líquido menor del 30%, Índice de plasticidad menor del 4% y un porcentaje de material que pasa por el tamiz 200 menor de 35%.

En caso de observarse zonas muy blandas o con acumulación o flujos de agua superficiales durante la construcción, éstas, deberán ser atendidas con la instalación de geotextiles de separación T2100 o similar para el mejoramiento de las rasantes. Para el caso de las zonas con flujos de agua se recomienda sea construido un filtro con material granular de 2" a 3/4", envuelto en geotextil no tejido tipo Pavco 1600 o equivalente. El ancho del filtro será de 30 cm con una profundidad máxima de 0,5 m o la que se ajuste a las pendientes del terreno. En la parte inferior se deberá colocar una tubería perforada y flexible de 2" de diámetro.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

## 9.5 CONSTRUCCION DE ANDENES Y SENDEROS

Para la construcción de los andenes se recomienda realizar un reemplazo de material con un entresuelo de 0.2m de espesor, conformado por una base granular compactada con equipo mecánico hasta una densidad del 90% del Próctor. Como material alternativo el entresuelo puede ser de piedra limpia, no meteorizada y con tamaño máximo de 100 mm, para obtener una capa de piedra de 150 mm de espesor. Los vacíos que queden entre las piedras se deben llenar con arenilla. Finalmente, y para completar la capa de 200 mm de entresuelo, debe colocarse una capa de 50 mm adicionales de este mismo material, que va a servir de soporte a la estructura de concreto.

### 9.5.1 Superficie de concreto

En caso de que los senderos y andenes estén proyectados en concreto, sobre el entresuelo se debe colocar una capa de concreto de 80 mm de espesor, con resistencia de 21 MPa (210 Kg/cm<sup>2</sup>) o la que indiquen los diseños estructurales. El acabado se debe hacer utilizando paleta de madera hasta que presente una superficie uniforme con una textura antideslizante realizando un barrido con escoba. El vaciado de las placas debe ser alternado con juntas de dilatación espaciadas máximo cada 2 m, con un espesor de 15 mm, y una profundidad de 50 mm. Es posible también ejecutar un vaciado continuo (en franja) del andén y cortar las juntas de dilatación con una posterioridad no mayor a 18 horas después del vaciado, conservando la misma profundidad descrita anteriormente.

NOTA: El contratista deberá tener en cuenta que durante la construcción de las fundaciones se deberá garantizar la construcción de las obras según dimensiones recomendadas en este estudio y en los planos estructurales del proyecto.

De igual forma es fundamental que se notifique a esta oficina durante la excavación de las fundaciones para evaluar el suelo de soporte encontrado mediante la inspección en campo de muestras de suelo extraídas de las fundaciones.

## 10 LIMITACIONES


Los análisis y recomendaciones de este informe están basados en los lineamientos del proyecto y las características del subsuelo definidas en la investigación realizada.

Variaciones en las cargas del proyecto, excavaciones o condiciones del subsuelo, deberán ser evaluadas en conjunto con la obra ya que estas se salen del alcance del informe.


1.

## 11 CONCLUSIONES

- La zona de estudio corresponde a un lote en el sector Guadalupe, zona urbana del municipio de Dosquebradas.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

- La zona de estudio se encuentra en una superficie ondulada a plana, correspondiente a una secuencia de sedimentos laháricos y aluviales.
- En el lote se observan llenos antrópicos altamente contaminados dispuestos en la periferia del lote como producto de intervenciones constructivas posiblemente de las casas aledañas de la zona oriental y la construcción de las vías limitantes en el sur, norte y occidente del predio; debajo de esta unidad se encuentran depósitos aluviales matriz soportados distribuidos como producto de los ríos aledaños como la quebrada la Víbora y Dosquebradas y suprayaciendo este horizonte se encontraron depósitos de flujos de lodos y cenizas relacionados con la unidad de “Glacis del Quindío”.
- Según el mapa de pendientes, dentro de la zona de estudio predominan pendientes suaves a superficies planas, con algunas excepciones en la zona periférica, donde predominan pendientes moderadas a muy altas en pequeña proporción.
- La geomorfología de la zona de estudio corresponde a una superficie plana a ondulada con poca incisión, correspondiente a un abanico de depósitos laháricos y flujos de lodos y cenizas, con dirección preferencial hacia el occidente. Dentro del predio se clasificaron las unidades geomorfológicas, en Superficies suaves en depósitos aluviales, superficies suaves a moderadas en llenos antrópicos y superficies altas a muy altas en llenos antrópicos.
- De acuerdo a fotografías aéreas analizadas para la zona de estudio, se concluye que no han ocurrido procesos morfodinámicos que afecten la estabilidad global del lote, sin embargo si se reconoció un acelerado proceso urbanístico y cambios de cobertura de uso del suelo en inmediaciones al lote de estudio.
- Las líneas de flujo superficial dentro del predio tienen una dirección preferencial de occidente a oriente, discurriendo desde las partes altas hasta descargar en la cuneta de la zona oriental.
- Con base en el rango de cargas y las condiciones del subsuelo se determina que la mejor alternativa de fundación para las obras de urbanismo es mediante el apoyo superficial sobre reemplazos de material de sub base o afirmado con los criterios definidos anteriormente.
- Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto se define que el lote está en una zona de sismicidad alta.
- En general para los sondeos y algunos de los apiques se identificó la presencia de un nivel de aguas a una profundidad de 1.2m.
- Los materiales presentes en el lote muestran valores de contenido de humedad variables entre 35 y 96%, resultados que son coherentes con la literatura disponible.
- Los ensayos de gradación muestras suelos predominantemente arenosos con algo de plasticidad. En general se observan pasantes del tamiz 200 no mayores a 20% en la mayoría de las muestras ensayadas, con la presencia de algunos picos de 28%.

 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

- En relación con los valores de resistencia a la compresión inconfiada, se obtuvieron resultados de 4 a 12.5 kPa como resistencia al corte no drenada.
- Con base en los análisis de capacidad portante realizados se determina que el traslado de las cargas podrá realizarse a través de pilas o zapatas. Si bien ambas alternativas son viables desde el punto de vista técnico, se recomienda manejar el traslado de las cargas con pilas teniendo en cuenta las recomendaciones del capítulo de cimentaciones. En general se recomienda manejar capacidades no mayores a 154 toneladas la cual se obtiene para la pila de 1.4m de diámetro.
- Como se observa una importante variación en el rango de cargas de la estructura, se recomienda controlar los asentamientos de la estructura a 50mm para restringir los asentamientos diferenciales entre apoyos.

Para el diseño estructural de las placas se podrá emplear un valor de 2610kN/m<sup>3</sup> como módulo de reacción. Plan de desarrollo del Municipio de Dosquebradas, Alcaldía de Dosquebradas, 2018.

- Para la ejecución de los cortes de tierra previstos para alcanzar los niveles de piso en algunos sectores del lote, se recomienda construir un sistema de estabilización del talud de tipo temporal. Dicho sistema consta de cuatro filas de anclajes pasivos y activos según recomendaciones del informe. En resumen, se deberán instalar 3 filas de anclajes pasivos y una de anclajes activos. La disposición de estos elementos será: primera fila de anclajes pasivos a 0.5m de la corono del talud a cortar, segunda fila anclajes activos a una separación vertical de 1.5m con relación al anterior, y una tercera y cuarta fila de anclaje pasivo con separación vertical de 1.5m. Para ambos elementos se tendrá una separación horizontal igual a 1.5m. las dimensiones y tipo de refuerzo están especificados en el capítulo de excavaciones.

## 12 BIBLIOGRAFÍA


ÁLVARO J. GONZÁLEZ G. Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT. X Jornadas geotécnicas de la ingeniería colombiana. Universidad Nacional – Bogotá - Dic, 1999.

Braja. D. M. (1999). “Principios de Ingeniería de Cimentaciones”. Cuarta edición. California State University, Sacramento.

CARDER. Exploración Geotécnica, Investigación de Laboratorio y Zonificación Sísmica de Pereira, Dosquebradas y Santa Rosa de Cabal (Departamento de Risaralda), Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles, CIMOC; Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Los Andes, Marzo de 1999.

Cálculo de anclajes y micropilotes inyectados, Bustamante, 1986.



 <b>RISARALDA</b> Sentimiento de Todos	ENCARGO: P100610 – Centro de Ciencia en Biodiversidad de Risaralda	IT. nº P/100610/016 31/03/2020
--	---	--------------------------------------

Cano, S.L, Et al. Determinación de los espectros de respuesta sísmica para los suelos de la ciudad de Pereira utilizando análisis unidimensionales, 2013.

Camacho duque, Carolina Et al, identificación y evaluación de riesgos en la zona urbana Del municipio de Dosquebradas, 2009.

Carder, Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas Risaralda, 2009.

Clayton, C.R. (1995). The standard penetration test (SPT): methods and use (Construction Industry Research and Information Association).

Dearman, W.R., 1991, Engineering Geological Mapping. Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, U.K

GONZÁLEZ DEVALLEJO, Luis I. Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid, 2002. 744p.

Jiménez Salas, J.A., and De Justo Alpañes, J.L. (1975). Geotecnia y cimientos. Madrid. Editorial Rueda.

Microzonificación sísmica detallada del Valle de Aburrá, Municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado, 2006.

Ministerio de Ambiente, V. y. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C., Colombia, 2010.

Servicio Geológico Colombiano. Memoria geológica de la Plancha 224, Pereira, 1984.

## 13 ANEXOS