



**ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.**

**Instituto
DESARROLLO URBANO**

**“ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y
LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL,
EN BOGOTÁ D.C.”**

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1630 DE 2020

INF-GEO--CASC-021-21

**RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA
INFORMACIÓN EXISTENTE –GEOTECNIA**

MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano

CONSORCIO CS



CONSORCIO CS

Caly Mayor
Colombia S.A.S.



Supering
Supervisión e Ingeniería de Proyectos

BOGOTÁ, 2021 – Mayo - 05

PRODUCTO DOCUMENTAL

INF-GEO--CASC-021-21 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE –GEOTECNIA

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 00	15/02/2021		
Versión 01	26/02/2021	Observaciones Interventoría	
Versión 02	10/03/2021	Observaciones Interventoría	84
Versión 03	05/05/2021	Observaciones IDU	84

EMPRESA CONTRATISTA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Ing. Miguel Ángel Sánchez Especialista Geotécnico	Ing. Miguel Ángel Sánchez Especialista Geotécnico	Ing. Mario Ernesto Vacca G. Director de Consultoría

EMPRESA INTERVENTORA

REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
Ing. Oscar Ramírez Parra Especialista en Geotecnia		
Ing. Jhon Edison Medina Jara Profesional en Geología	Ing. Wilmer Alexander Rozo Coordinador de Interventoría	Ing. Oscar Andrés Rico Gómez Director de Interventoría

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	6
2	OBJETIVOS.....	7
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3	DESCRIPCIÓN DEL CONTRATO	8
4	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	9
5	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE	10
5.1	METODOLOGÍA	11
6	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE	15
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 3-1 Trazado del Sistema Factibilidad Año 2012.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3-2. Trazado a Juan Rey-Factibilidad Año 2012.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4-1 Trazados Planteados en Estudios del Año 2009</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4-2 Corredor general objeto de estudio-fase de factibilidad</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5-1 Ubicación Estudios Geotécnicos Consultados.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6-1. Geología general proyecto Cable San Cristóbal. Fuente: Adaptación Mapa geológico de la sabana de Bogotá, 2005.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6-2. Geología general del proyecto Cable San Cristóbal. Fuente: Adaptación Mapa Geológico localidades Rafael Uribe y San Cristóbal.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6-3. Mapa de Zonas Geotécnicas para Respuesta Sísmica-Bogotá. Fuente: DPAE,2010</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6-4. Mapa de geología Urbana. Adaptación IDECA.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6-5 Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa. Adaptación IDECA.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 6-6 Mapa de Geomorfología Urbana. Adaptación IDECA.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6-7 Mapa Respuesta Sísmica. Adaptación IDECA</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6-8 Mapa de Zonificación Geotécnica. Adaptación IDECA</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6-9. Geología regional corredor cable San Cristóbal. Fuente: Estudio Factibilidad 2013</i>	<i>28</i>
<i>Figura 6-10 Ubicación Perforaciones de Exploración Factibilidad Cable 2013</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6-11 Perfil de Rigidez para los Sondeos en P. 20 de Julio, La Victoria y Altamira</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6-12. Geología General Estudio Portal 20 de Julio.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 6-13 Ubicación zona de Estudio Diseños Portal 20 de Julio</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6-14 Sectorización Geotécnica Portal 20 de Julio.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 6-15. Esquemas típicos cimentación tuberías estudio Portal 20 de Julio</i>	<i>43</i>
<i>Figura 6-16 Variación de Niveles Piezométricos Estudio Villa de los Alpes, 2010</i>	<i>53</i>
<i>Figura 6-17 Variación de Niveles Piezométricos Estudio Villa de los Alpes, 2010</i>	<i>54</i>
<i>Figura 6-18 Desplazamiento Acumulado Inclinómetro IN-3 Barrio Villa de los Alpes, 2010</i>	<i>55</i>
<i>Figura 6-19 Desplazamiento Acumulado Inclinómetro TM-1 Barrio Villa de los Alpes, 2010.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 6-20 Localización del ensayo Down Hole realizado en el sitio del proyecto. Fuente IGR, 2015.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 6-21 Variación promedio de Vs y Vp para el Down Hole y valores Relaciones de Poisson. Fuente: IGR,2015.....</i>	<i>58</i>

<i>Figura 6-22. Vuelo C-2128, Año 1984, Escala 1:18.300, Foto 151.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 6-23 Red de Drenaje en la Ciudadela Santa Rosa.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 6-24. Ubicación sondeos EAAB. Fuente: Adaptación SISGEO y Google Earth.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 6-25. Información Obtenida en el SISGEO.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 6-26 Estado vías y viviendas zona de Altamira.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 6-27. Proceso de remoción en masa en la zona cercana a Moralba.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 6-28 Posible ubicación pylona entre La Victoria y Altamira.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 6-29 Posible ubicación pylona cercana al barrio Atenas.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 6-30. Posible ubicación pylona cercana al barrio Atenas.....</i>	<i>78</i>

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 5-1. Información Secundaria Seleccionada.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 6-1 Parámetros de Diseño sísmico para las zonas de respuesta sísmica.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 6-2. Coeficientes de Respuesta Sísmica Local Trazado Cable San Cristóbal.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 6-3. Descripción Zonificación Geotécnica según FOPAE.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 6-4 Ubicación y profundidad de exploración estudio factibilidad Cable San Cristóbal 2013.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 6-5 Resultados de Laboratorio Propiedades Índice P. 20 de Julio.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 6-6 Resultados Laboratorio Propiedades Índice Estación La Victoria.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6-7 Resultados Laboratorio Propiedades Índice Estación Altamira-Moralba.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6-8 Parámetros Geotécnicos Estación Portal 20 de Julio.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6-9 Parámetros Geotécnicos Estación La Victoria.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6-10 Parámetros Geotécnicos Alineamiento.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6-11. Valores de capacidad portante tuberías calle 32 sur estudio Portal 20 de Julio.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 6-12. Valores de capacidad portante tuberías perimetrales estudio Portal 20 de Julio.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 6-13. Capacidades pilotes edificio acceso a Portal Urbano.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 6-14. Capacidades pilotes edificio plaza de ferias.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 6-15 Parámetros Materiales Estudio Barrio Atenas, 2006.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 6-16 Parámetros Geomecánicos para Estabilidad Condición Seca y Saturada Barrio Barcelona.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 6-17 Parámetros Geomecánicos para Estabilidad Condición Seca y Saturada Barrio Barcelona II.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 6-18. Características relleno de arcilla con gravas.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 6-19. Características arcilla gris.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 6-20 Parámetros Depósitos de Deslizamientos.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 6-21. Parámetros Relleno Antrópico Urbanístico Seleccionado.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 6-22 Parámetros Suelos Residuales.....</i>	<i>70</i>

ANEXOS

ANEXO A. MAPA GEOLÓGICO LOCALIDADES DE RAFAEL URIBE Y SAN CRISTOBAL81
ANEXO B. REGISTROS DE PERFORACIÓN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD CABLE SAN CRISTÓBAL 2013 82
ANEXO C. REGISTROS DE PERFORACIÓN ESTUDIO PORTAL 20 DE JULIO 2009 83
ANEXO D. REGISTROS DE PERFORACIÓN ESTUDIO SANTA ROSA 84



1 INTRODUCCION

Este documento contiene la recopilación, revisión, verificación y análisis de información secundaria para el proyecto “ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.”, cumpliendo así con el entregable correspondiente según anexo técnico No1 donde reza “el Consultor deberá revisar la información existente y adelantar una valoración de esta, para poder ejecutar en debida forma los estudios y diseños detallados, logrando la aprobación de los mismos por parte de la Interventoría, y por cada uno de los entes competentes”.

Como referencia básica para el desarrollo del presente informe se toma lo expuesto en los documentos suministrados (**Estudios previos IDU-CMA-SGDU-015-2020 y Anexo técnico No 1**), donde se mencionan los diferentes procesos previos realizados, que contienen los antecedentes para el actual estudio.

Adicionalmente, se consultaron estudios geotécnicos y de riesgo realizados en la zona, y se consultó información de entidades públicas como el IDIGER, IDECA, Servicio Geológico Colombiano y FOPAE para complementar la información existente

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer, a partir de información existente, el entorno geológico, geomorfológico, sísmico, hidrológico y geotécnico en el cual estará enmarcado el Cable Aéreo de San Cristóbal para tener una idea general del tipo de cimentaciones y obras geotécnicas a emplear.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la mayor cantidad de información existente de las respectivas entidades públicas y privadas para la zona de interés en los temas de riesgos, geología, geomorfología, hidrología y geotecnia.
- Realizar un análisis de la información recopilada para establecer el tipo de materiales usuales en la zona de estudio, así como sus principales características.
- Brindar recomendaciones generales para abordar las fases posteriores del proyecto en lo referente a geotecnia.

3 DESCRIPCIÓN DEL CONTRATO

Como se describe en el anexo técnico No 1; “El sistema de transporte por cable aéreo está ubicado en la Localidad de San Cristóbal hacia el sur de Bogotá. El recorrido inicia en el Portal 20 de Julio donde hace transferencia con el sistema Transmilenio, y continúa hacia las laderas de los Cerros del Sur, hacia los sectores La Victoria y Altamira / Moralba. La localidad está caracterizada por su diversidad constructiva, su versatilidad de usos, consolidación urbana y una variedad muy interesante de tipologías de arquitectura residencial e institucional. Cabe destacar que esta localidad tiene un gran potencial de desarrollo y de centralidad por el acopio de infraestructura a escala urbana, como la Iglesia del Divino Niño, el Hospital de La Victoria, y algunos colegios.

El cable aéreo cruza barrios de diversa índole desde lo social y urbano, donde se pueden observar sectores de estrato cuatro, en el barrio 20 de Julio, estratos tres y dos, en los barrios aledaños a la Victoria y estrato uno en el área de influencia de Altamira. La topografía es variable, se encuentra desde áreas completamente planas (cercañas del Portal 20 de Julio) hasta pendientes de 12 y 20 % (bordes de la ladera sector Moralba).

La factibilidad realizada en el año 2012 contempló una línea de cable que se integraría con el sistema masivo BRT TransMilenio en su Portal 20 de julio para posteriormente continuar hacia el barrio La Victoria (estación intermedia) y finalmente llegar al barrio Altamira donde está ubicada la estación de retorno.

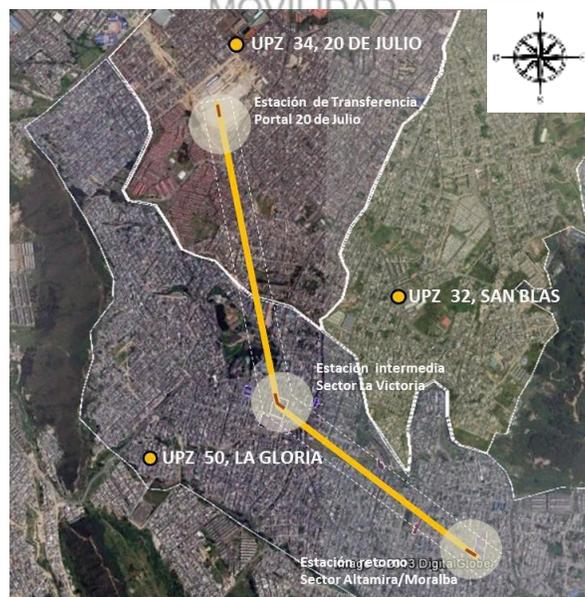


Figura 3-1 Trazado del Sistema Factibilidad Año 2012

En dicha factibilidad, se estructuró un proyecto de cable aéreo que contempla la implantación de un sistema de Góndola monocable desenganchable. El sistema propuesto cuenta con tres estaciones: transferencia, intermedia- motriz y retorno, tiene una longitud total de 2802.56m y un desnivel total de 258.05 m.

Como resultado de la factibilidad, se cuenta actualmente con un estudio topográfico realizado dentro del **Contrato Interadministrativo No. 20121531 del 7 de noviembre 2012**, (Radicado Metro 2012-0186), suscrito entre la Secretaria Distrital de Movilidad y la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada. En el mencionado estudio se analizó además un trazado desde el 20 de Julio hasta Juan Rey; sin embargo, no existe un estudio topográfico realizado para dicho trazado.

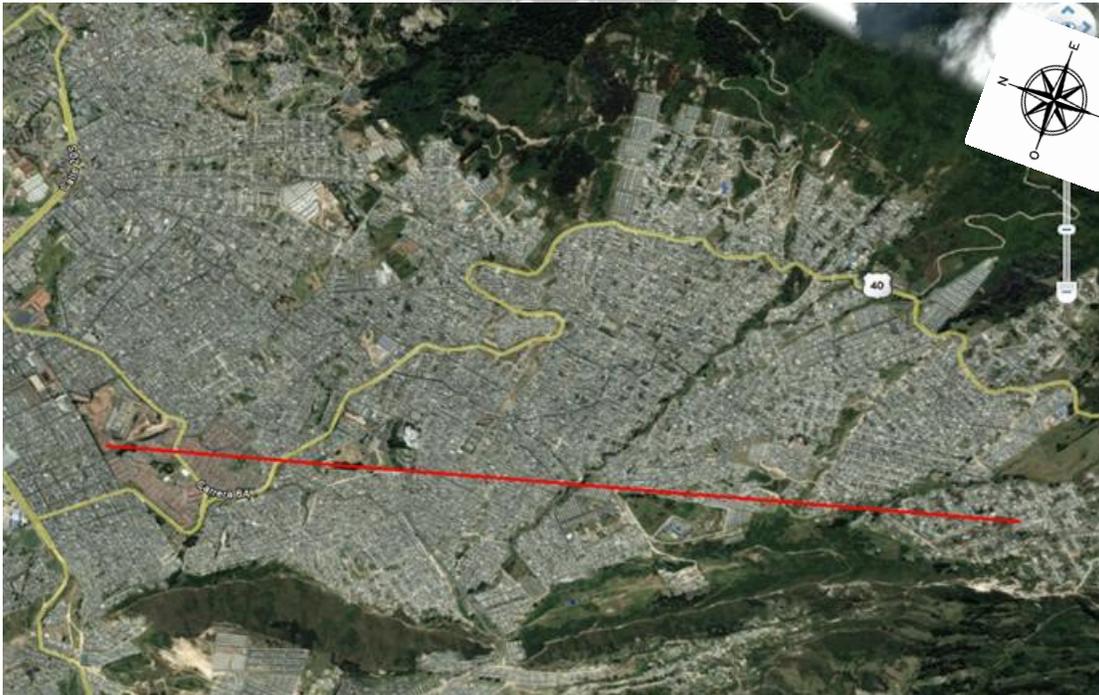


Figura 3-2. Trazado a Juan Rey-Factibilidad Año 2012

Según el anexo técnico No 1 el proyecto deberá ser desarrollado en cuatro fases así:

- Fase 1: Recopilación y análisis de información (1 mes)
- Fase 2: Factibilidad (actualización, ajustes y complementación de factibilidad) (3 meses)
- Fase 3: Estudios y Diseños de detalle (7 meses)
- Fase 4: Aprobaciones y armonización con ESP (1 mes)

4 LOCALIZACION DEL PROYECTO

Según el anexo técnico No 1; dentro de los trabajos realizados para la ciudad de Bogotá en el año 2009 para el corredor objeto del presente estudio, se plantearon dos trazados de ubicación viables, los cuales se diferencian básicamente en la ubicación de la estación retorno (Moralba y Altamira). La factibilidad realizada en el año 2012 se elaboró para la alternativa 2 con estación de retorno localizada en el sector denominado Altamira.

	Alternativa 1 Portal 20 de Julio – La Victoria - Moralba	Alternativa 2 Portal 20 de Julio – La Victoria - Altamira
Longitud	3,556	2,830
Desnivel	318	264
Trazado esquemático		

Figura 4-1 Trazados Planteados en Estudios del Año 2009

Por lo anterior y de acuerdo con lo establecido en el anexo técnico No 1 el corredor objeto de estudio para fase de factibilidad y dentro del cual se encontraría circunscrito, el corredor para fase de estudios y diseños es como se ilustra a continuación:

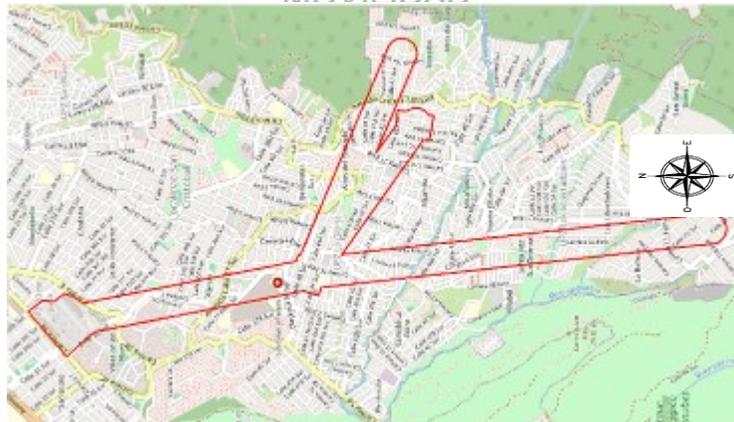


Figura 4-2 Corredor general objeto de estudio-fase de factibilidad

5 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

5.1 METODOLOGÍA

Para seleccionar la información relevante en materia de geotecnia para el proyecto, se consultaron diferentes fuentes de información, se revisó cuidadosamente su contenido y se seleccionaron los documentos, estudios, conceptos e informes que permitieran conocer la zona en donde se ejecutará el proyecto del Cable de San Cristóbal.

La fuente principal de información y la más directa es el estudio de factibilidad realizado en el 2013 para el Cable de San Cristóbal por la firma INTEINSA y suministrada por el cliente.

De la base de datos de proyectos del consultor, se seleccionaron aquellos realizados en las proximidades del sector de interés y que pueden dar una idea de los materiales presentes en la zona. De estos proyectos se cuenta con registros de perforación, registros fotográficos, memorias de cálculos, planos, esquemas y recomendaciones generales.

De entidades de carácter público como el FOPAE, IDECA, la Alcaldía Mayor de Bogotá y el INGEOMINAS (Ahora el Servicio Geológico Colombiano) se consultaron mapas y documentos técnicos generales que describen las propiedades geotécnicas de los materiales de la ciudad de Bogotá y de donde se puede extraer información relevante para la zona del proyecto.

Finalmente, se complementó la información consultada con la visita técnica realizada el 18 de febrero de 2021 junto con funcionarios del IDU e ingenieros de la interventoría.

De la información investigada se seleccionaron los siguientes documentos por su relevancia para ser tenidos en cuenta en el estudio del Cable de San Cristóbal. Se lista en primer lugar la información general y después los estudios particulares de los cuales se dispone de información:

Tabla 5-1. Información Secundaria Seleccionada

ID	Nombre del documento	Autor	Año
1	Mapa geológico de la Sabana de Bogotá	INGEOMINAS	2005
2	Mapa geológico localidades de Rafael Uribe y San Cristóbal	INGEOCIM	1998
3	Zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones	FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA	2010

ID	Nombre del documento	Autor	Año
4	Mapas de Geología, Amenaza por Movimientos en Masa, Geomorfología, Respuesta Sísmica y Zonificación Geotécnica en el Área de Estudio	IDECA	2010-2018
5	Estudio de factibilidad de los corredores de transporte por cable en las localidades de Ciudad Bolívar y San Cristóbal de Bogotá. Estudio Geológico y Geotécnico Localidad de San Cristóbal V1	INTEINSA	2013
6	Informe Estudio de Suelos para Cimentaciones Patio-Portal y Calle 31 Sur	CONSTRUCTORA SAN DIEGO MILENIO	2009
7	Estudio de riesgos por remoción en masa y de compresibilidad del terreno, evaluación de alternativas de mitigación del riesgo y diseños detallados de las medidas recomendadas para su implementación en el corto plazo en un sector del barrio Atenas de la localidad San Cristóbal de la ciudad de Bogotá D.C.	EDGAR EDUARDO RODRIGUEZ GRANADOS-INGENIERÍA Y GEORIESGOS (IDIGER)	2006
8	Elaboración de diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgos inminente por remoción en masa en la localidad de San Cristóbal en la ciudad de Bogotá D.C. Sitio Barcelona I y Barcelona II	UNIÓN TEMPORAL GEOTECNIA SAN CRISTOBAL	2007
9	Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa para el barrio Moralba de la localidad San Cristóbal, en Bogotá D.C.	GEOCIN LIMITADA	2010
10	Monitoreo geotécnico y estructural en el sector de la urbanización Villa de los Alpes de la localidad de San Cristóbal, en Bogotá D.C.	INGENIERÍA Y GEORIESGOS	2010
11	Ensayo Down Hole para el Consorcio Porvenir en el Parque Entre Nubes Barrio Juan Rey-Bogotá	INGENIERÍA Y GEORIESGOS	2015
12	Estudio de suelos de la zona baja de la urbanización Bosque de los Alpes correspondiente a las manzanas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 (Etapa I).	INGECIENCIAS (TOMADO DEL IDIGER)	1996
13	Estudio de Suelos Conjunto Mirador del Virrey	FERNANDO MEJÍA Y CIA (TOMADO DEL IDIGER)	1996
14	Estudio Geotécnico Escuela Moralba Fase II	INGEOMINAS (TOMADO DEL IDIGER)	1993

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

ID	Nombre del documento	Autor	Año
15	Informe sobre los aspectos de Riesgo Geotécnico del predio del Proyecto Portón Real	INGECIENCIAS (TOMADO DEL IDIGER)	1997
16	Diseño Detallado de Obras de Mitigación de Riesgo por Movimientos en Masa en la Urbanización Ciudadela Santa Rosa Localidad de San Cristóbal en Bogotá D.C.	Consortio Santa Rosa. Contrato N° 471 de 2017 IDIGER	2019
17	Estudios Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ	
18	Visita técnica zona del proyecto	CONSULTORÍA-INTERVENTORÍA- IDU	2021



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**
 MOVILIDAD

 Instituto de Desarrollo Urbano

Los lugares en donde se realizaron los estudios consultados en este informe se observan en la siguiente figura:

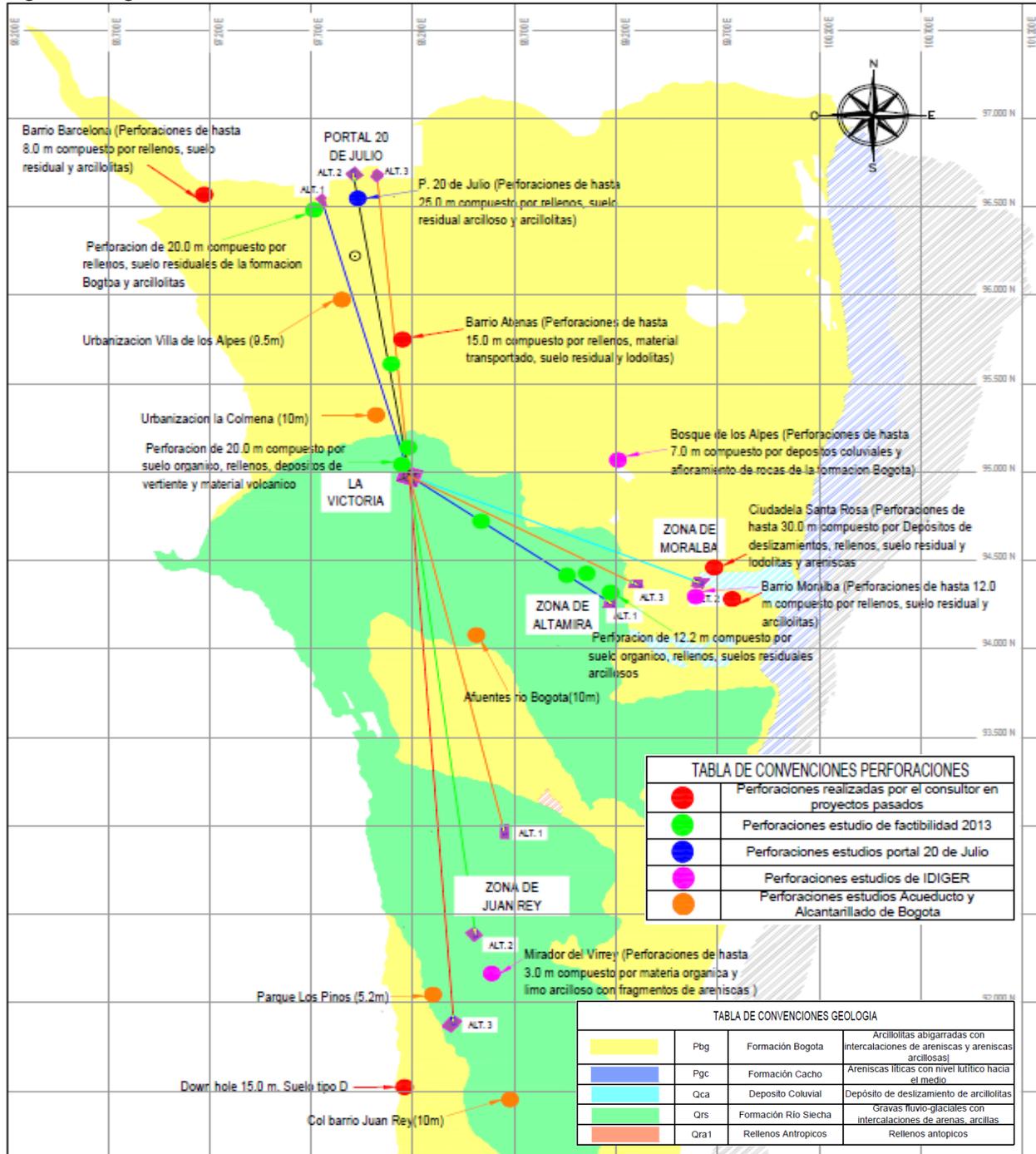


Figura 5-1 Ubicación Estudios Geotécnicos Consultados

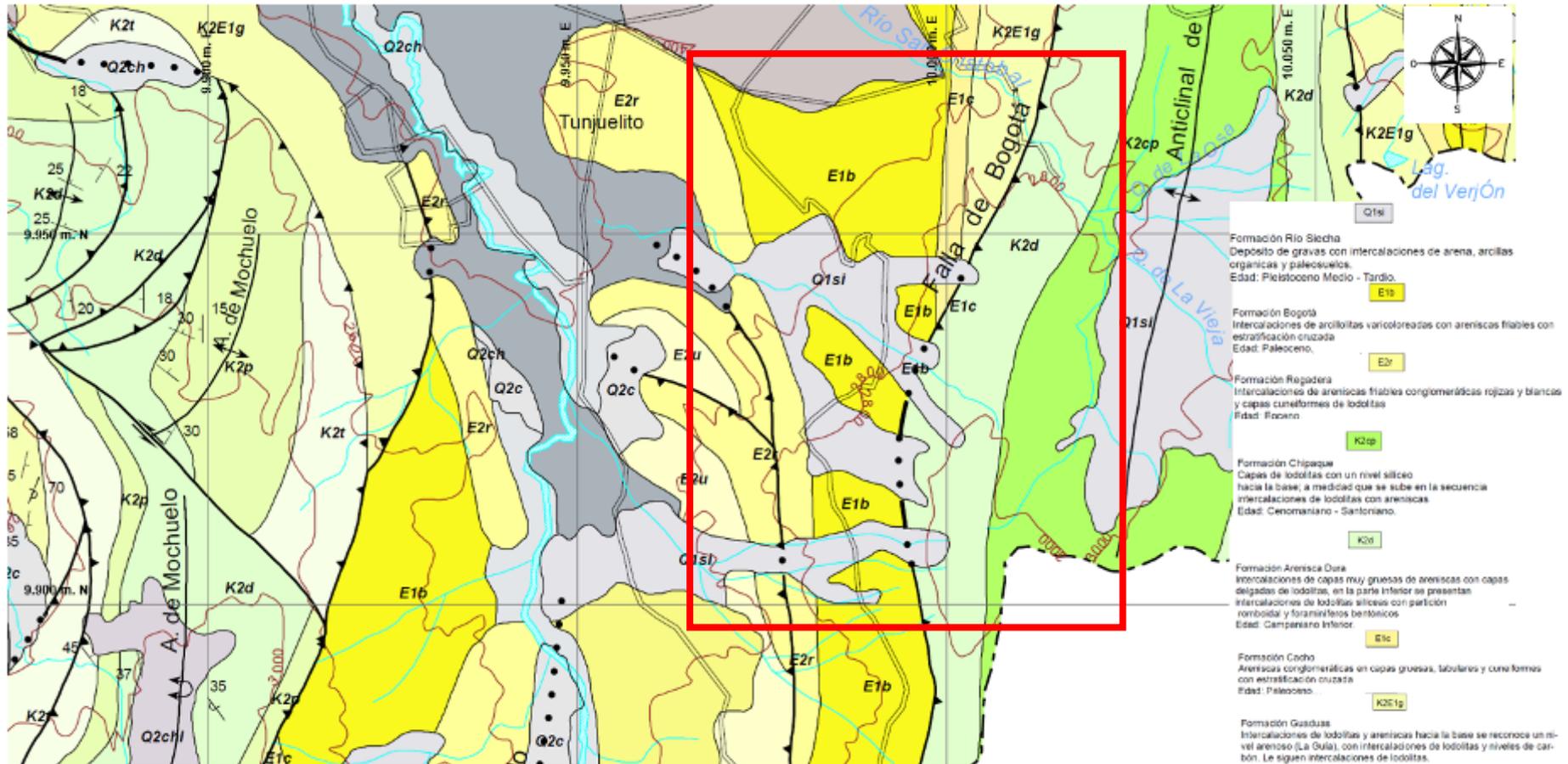
6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.

A continuación, se realiza una descripción de la información contenida en cada uno de los documentos mencionados en la Tabla 5-1.

1. Mapa geológico de la Sabana de Bogotá.

El mapa geológico de la ciudad de Bogotá realizado por el INGEOMINAS en el 2005 en escala 1:100000, permite vislumbrar información general de la geología de la ciudad. Específicamente en el área de estudio, de acuerdo con el mapa, el trazado pasa por las siguientes formaciones geológicas:





ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
 MOVILIDAD
 Instituto de Desarrollo Urbano

Figura 6-1. Geología general proyecto Cable San Cristóbal. Fuente: Adaptación Mapa geológico de la sabana de Bogotá, 2005

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

Formación Bogotá (E1b): Intercalaciones de arcillolitas varicoloreadas con areniscas friables con estratificación cruzada. Edad Paleoceno

Formación Río Siecha (Q1si): Depósitos de gravas con intercalaciones de arena, arcillas orgánicas y paleosuelos. Edad Pleistoceno medio-tardío.

Formación Sabana (Q1sa): Depósito de capas de arcillas, hacia los bordes capas de arenas, arcillas arenosas, turba en ocasiones gravas.

Estructuralmente se destaca cerca al área de interés la falla de Bogotá por el costado oriental y la falla de río Tunjuelo y Falla de Cajita localizadas hacia el suroeste del sector, estas fallas catalogadas como las más importantes a escala local.

2. Mapa geológico localidades de Rafael Uribe y San Cristóbal.

Este mapa, realizado por la Unidad de Prevención y Atención de Emergencias, el Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias e INGEOCIM en el año 1998 permite tener una visión más localizada de la geología de la zona del proyecto.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

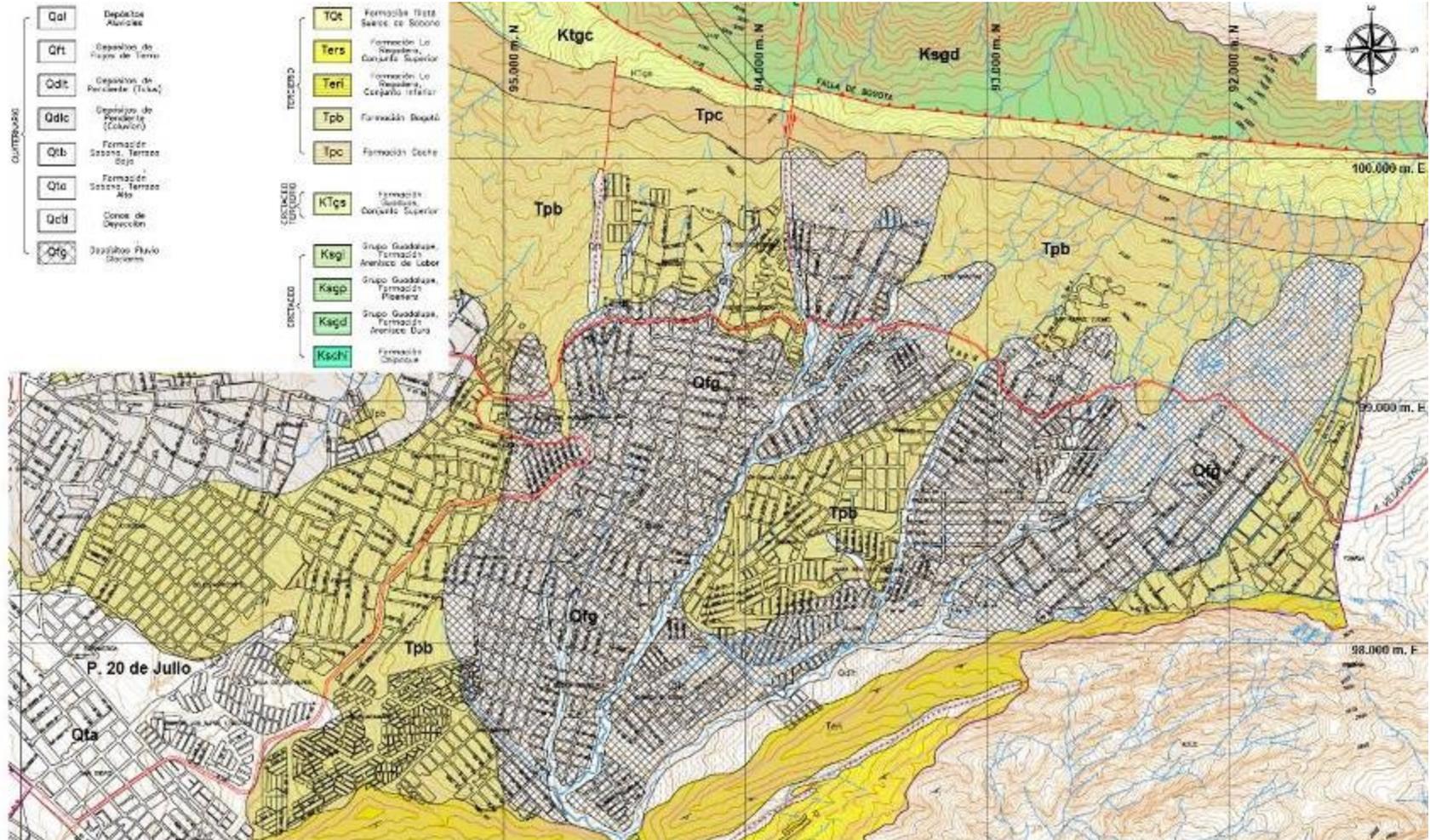


Figura 6-2. Geología general del proyecto Cable San Cristóbal. Fuente: Adaptación Mapa Geológico localidades Rafael Uribe y San Cristóbal.

De acuerdo con las descripciones geológicas de este mapa, se tiene que el proyecto del cable de San Cristóbal estará sobre la formación Sabana-terrace alta (Qta) en la zona del portal 20 de Julio. Hacia el oriente cambia a la formación Bogotá (Tpb) y finalmente, hacia la parte más alta de la ladera, se tienen los denominados depósitos fluvio-glaciares (Qfg) que corresponderían con la formación Siecha del mapa geológico de la Sabana de Bogotá discutido anteriormente. Estructuralmente, se identifica la falla de Bogotá como elemento más importante del área. En el ANEXO A de este informe se incluye el presente mapa geológico para su consulta detallada.

3. Zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones

La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias DPAE publicó en el 2010 un documento, que tuvo como objetivo la actualización de la microzonificación sísmica de la ciudad de Bogotá con respecto a los estudios iniciados desde 1993. De este documento se extrae el mapa de microzonificación sísmica de Bogotá para identificar la zona sísmica en donde se implantará el proyecto del Cable de San Cristóbal.

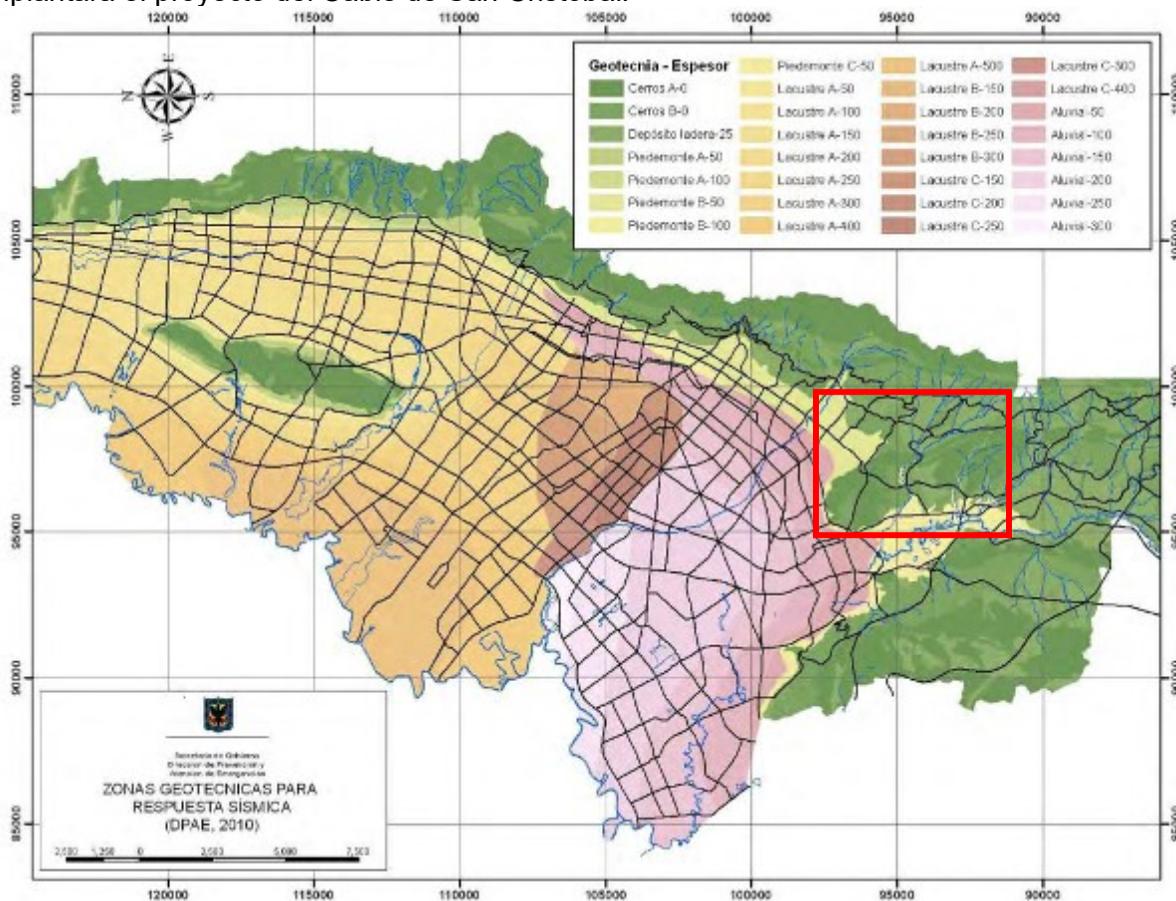


Figura 6-3. Mapa de Zonas Geotécnicas para Respuesta Sísmica-Bogotá. Fuente: DPAE, 2010

Del mapa se puede identificar que la zona de estudio está en las zonas Piedemonte B, Depósitos de Ladera y Cerros B cuyos parámetros de diseño sísmico se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla 6-1 Parámetros de Diseño sísmico para las zonas de respuesta sísmica

Zona	F_a (475)	F_v (475)	T_c (s)	T_L (s)	A_0 (475) (g)
CERROS	1.35	1.30	0.62	3.0	0.18
PIEDEMONTA A	1.65	2.00	0.78	3.0	0.22
PIEDEMONTA B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26
PIEDEMONTA C	1.80	1.70	0.60	3.0	0.24
LACUSTRE-50	1.40	2.90	1.33	4.0	0.21
LACUSTRE-100	1.30	3.20	1.58	4.0	0.20
LACUSTRE-200	1.20	3.50	1.87	4.0	0.18
LACUSTRE-300	1.05	2.90	1.77	5.0	0.16
LACUSTRE-500	0.95	2.70	1.82	5.0	0.14
LACUSTRE ALUVIAL-200	1.10	2.80	1.63	4.0	0.17
LACUSTRE ALUVIAL-300	1.00	2.50	1.60	5.0	0.15
ALUVIAL-50	1.35	1.80	0.85	3.5	0.20
ALUVIAL-100	1.20	2.10	1.12	3.5	0.18
ALUVIAL-200	1.05	2.10	1.28	3.5	0.16
ALUVIAL-300	0.95	2.10	1.41	3.5	0.14
DEPÓSITO LADERA	1.65	1.70	0.66	3.0	0.22

Fuente: DPAE,2010

4. Mapas de Geología, Amenaza por Movimientos en Masa, Geomorfología, Respuesta Sísmica y Zonificación Geotécnica en el Área de Estudio

A partir de la información disponible en el IDECA en donde se recopila información sobre amenaza por remoción en masa, geología, geomorfología, respuesta sísmica y zonificación geotécnica en la ciudad de Bogotá, se descargaron los respectivos mapas temáticos en la zona de interés y se implantó el proyecto (Tramo Portal 20 de Julio, Estación La Victoria, Estación Altamira y ramal a Juan Rey) para tener una visión más localizada con respecto a los mapas descritos en numerales anteriores. Estos mapas fueron digitalizados y sobre ellos se ubicaron las alternativas del proyecto.

Las siguientes figuras muestran los mapas descargados que servirán como base para enmarcar el proyecto de manera general desde el punto de vista de amenaza, geomorfología, respuesta sísmica y zonificación geotécnica:

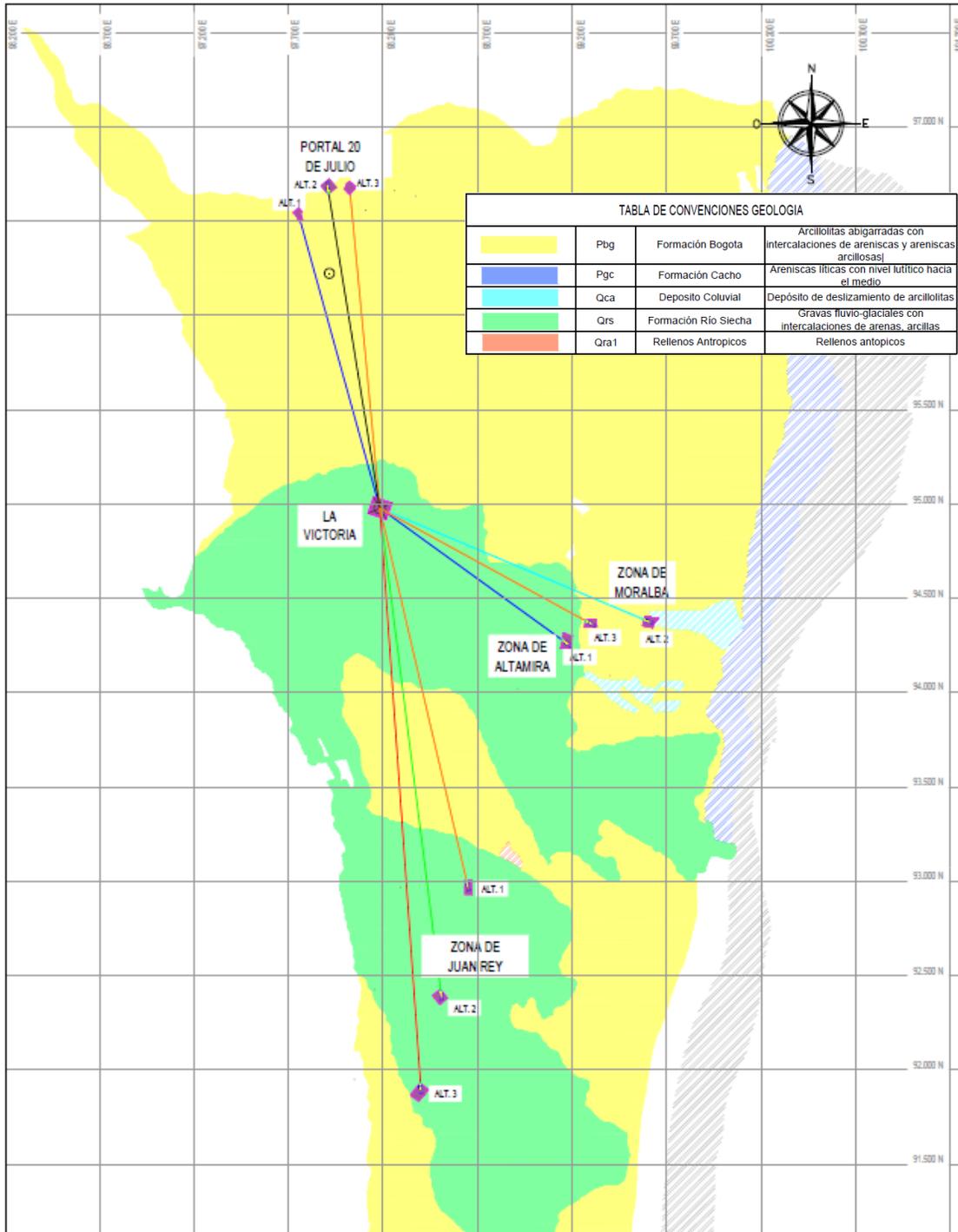


Figura 6-4. Mapa de geología Urbana. Adaptación IDECA

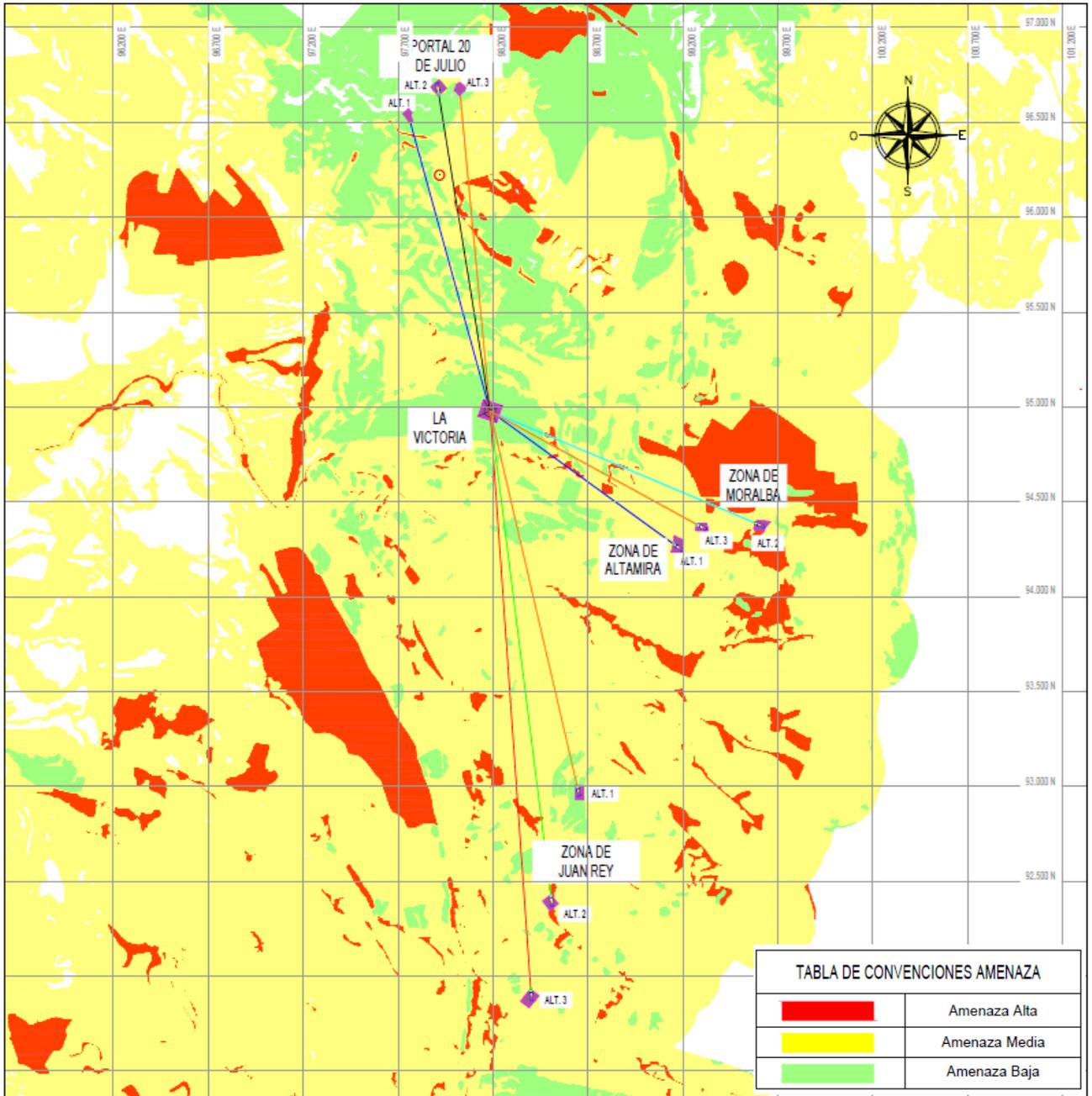


Figura 6-5 Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa. Adaptación IDECA

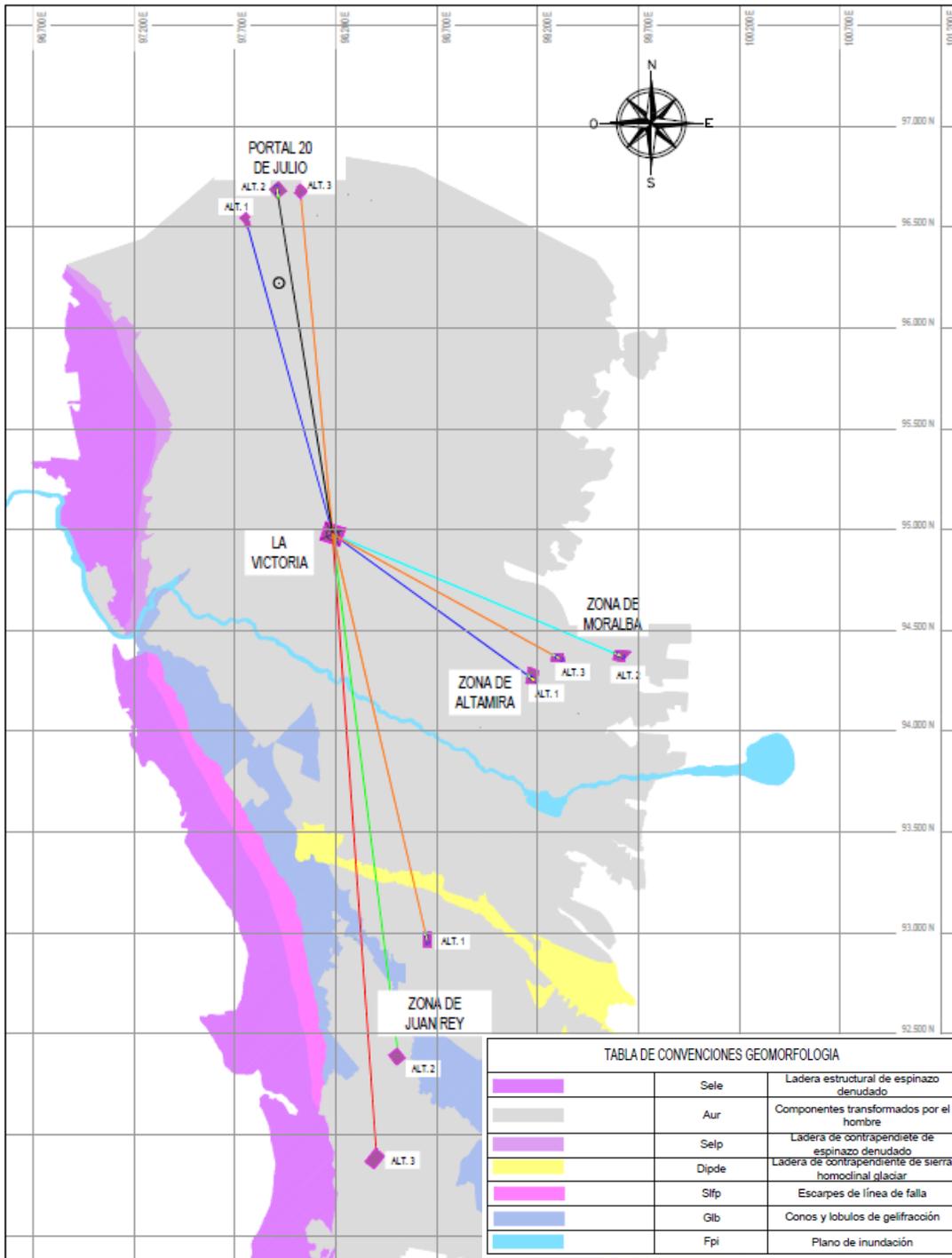


Figura 6-6 Mapa de Geomorfología Urbana. Adaptación IDECA

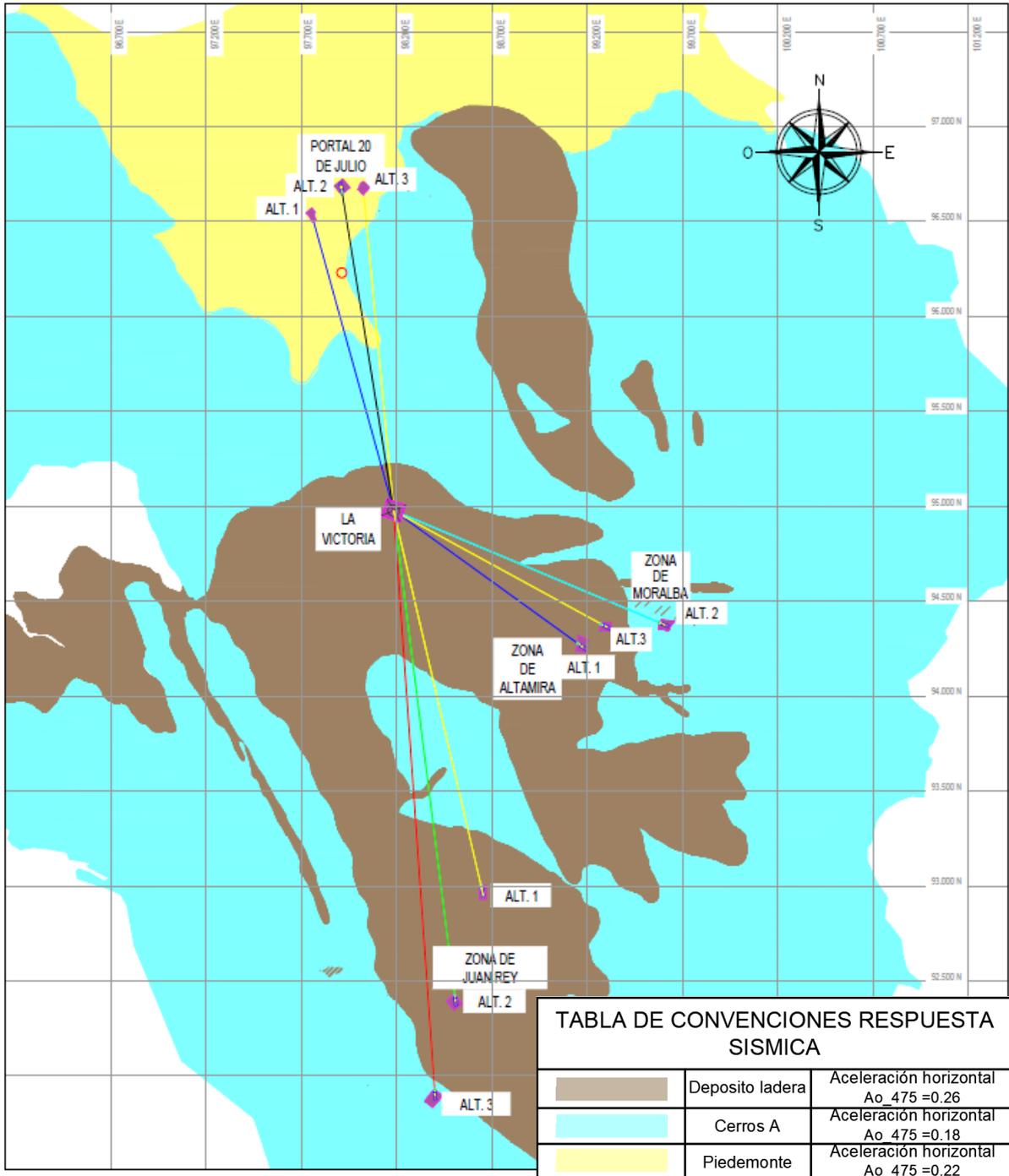


Figura 6-7 Mapa Respuesta Sísmica. Adaptación IDECA

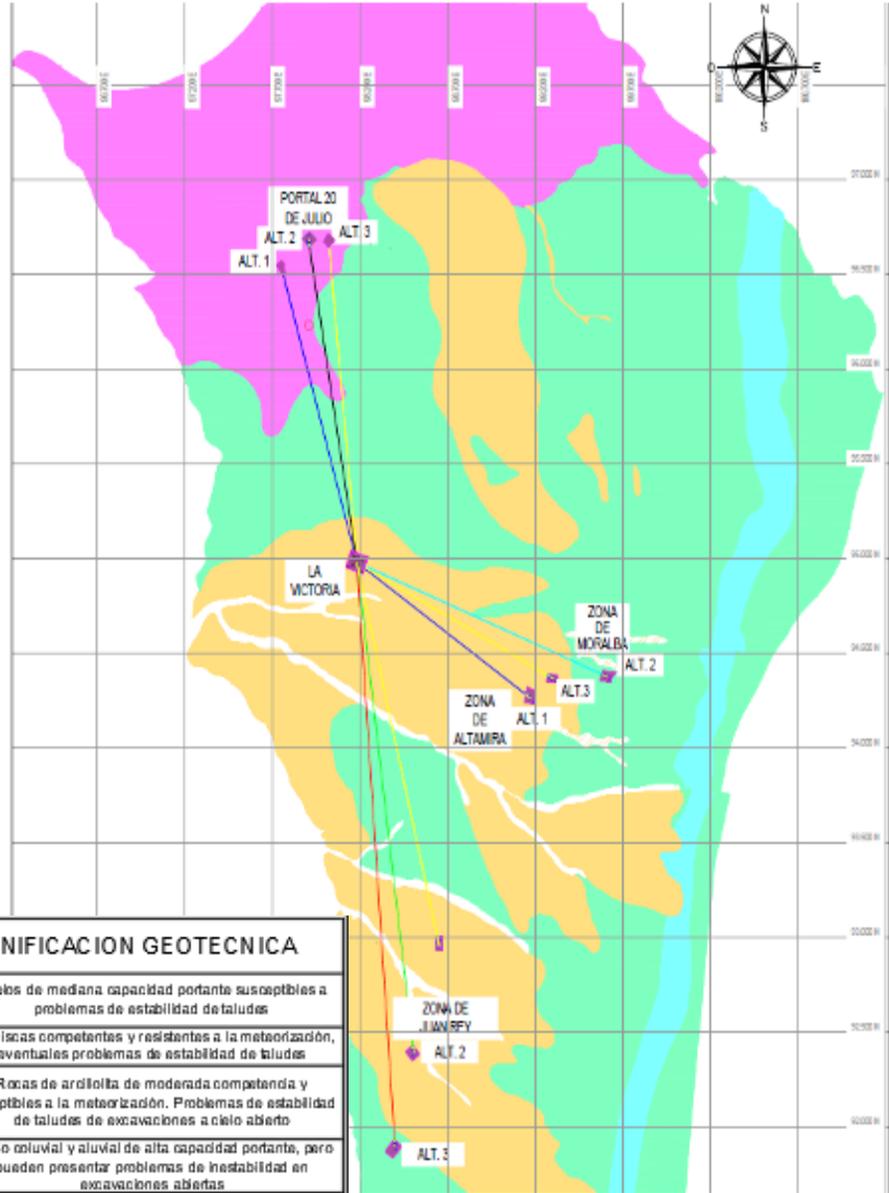


TABLA DE CONVENCIONES ZONIFICACION GEOTECNICA

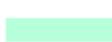
	Deposito ladera	Suelos de mediana capacidad portante susceptibles a problemas de estabilidad de taludes
	Cerros A	Areniscas competentes y resistentes a la meteorización, eventuales problemas de estabilidad de taludes
	Cerros B	Rocas de arcillolita de moderada competencia y susceptibles a la meteorización. Problemas de estabilidad de taludes de excavaciones a cielo abierto
	Piedemonte B	Suelo coluvial y aluvial de alta capacidad portante, pero pueden presentar problemas de inestabilidad en excavaciones abiertas

Figura 6-8 Mapa de Zonificación Geotécnica. Adaptación IDECA

- **Mapa de geología**

De acuerdo con el mapa geológico mostrado anteriormente, el trazado pasa por las siguientes unidades geológicas:

Formación Bogotá (Pbg): Arcillolitas abigarradas con intercalaciones de areniscas y areniscas arcillosas.

Formación Río Siecha (Qrs): Gravas fluvio-glaciales con intercalaciones de arenas y arcillas.

La estación de inicio en el Portal 20 de Julio se encuentra localizada en la formación Bogotá mientras que las estaciones La Victoria, Altamira y Juan Rey estarían ubicadas sobre la formación Río Siecha.

- **Mapa de Amenaza por remoción en masa**

En cuanto al mapa de amenaza por movimientos en masa, se observa que el trazado pasa por zonas con amenaza por movimientos en masa de media a baja. Sin embargo, hacia la zona de Juan Rey, en la parte alta de la ladera, existen algunas zonas catalogadas como de amenaza alta. De igual manera pasa en la zona de Moralba. Finalmente, en la zona intermedia entre el Portal 20 de Julio y La Victoria, existen zonas catalogadas como amenaza alta (zona de Villas de los Alpes), por lo que se deberá evaluar cada sitio en particular para detectar posibles procesos de remoción en masa que puedan afectar la serviciabilidad y funcionalidad del proyecto.

- **Mapa de geomorfología**

De acuerdo con el mapa de geomorfología, el trazado se encuentra en la unidad denominada "Aur" cuyos componentes no poseen unidad ni subunidad por ser componentes transformados/alterados por el hombre y modificados en su estructura natural. En el ramal hacia Juan Rey, el trazado pasa por planos de inundación localizados (Fpi) y laderas de contrapendiente (Dipde).

- **Mapa de respuesta sísmica**

Según el plano de respuesta sísmica, el trazado atraviesa 3 zonas cuyas características se resumen a continuación:

Tabla 6-2. Coeficientes de Respuesta Sísmica Local Trazado Cable San Cristóbal

Zona	Aceleración Horizontal $A_{0.475}$	Coeficiente de amplificación F_a	Coeficiente de amplificación F_v
Piedemonte B	0.26	1.95	1.70
Cerros	0.18	1.35	1.30
Depósito Ladera	0.22	1.65	1.70

Fuente: Mapas Temáticos IDECA

- **Mapa de zonificación geotécnica**

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

En cuanto a la zonificación geotécnica, el trazado pasa por las zonas denominadas Piedemonte B, Cerros B y Depósitos de Ladera cuyas descripciones se presentan a continuación:

Tabla 6-3. Descripción Zonificación Geotécnica según FOPAE

Zona	Descripción
Piedemonte B	Suelo coluvial y aluvial de alta capacidad portante, pero pueden presentar problemas de inestabilidad en excavaciones abiertas
Cerros B	Rocas de arcillolita de moderada competencia y susceptibles a la meteorización. Problemas de estabilidad de taludes de excavaciones a cielo abierto principalmente cuando estén fracturadas
Depósito de Ladera	Suelos de mediana capacidad portante susceptibles a problemas de estabilidad de taludes

5. Estudio de factibilidad de los corredores de transporte por cable en las localidades de Ciudad Bolívar y San Cristóbal de Bogotá. Estudio Geológico y Geotécnico Localidad de San Cristóbal V1.

Este estudio llevado a cabo en el 2013 para los diseños preliminares del Cable aéreo de San Cristóbal, tenía como objetivo principal evaluar las características geotécnicas presentes en el trazado del cable en la etapa de factibilidad. Para ello se ejecutaron 3 perforaciones mecánicas en las proximidades de las tres estaciones planteadas (Portal 20 de Julio, Estación La Victoria y Estación Altamira) de hasta 20.0 m de profundidad. Adicionalmente, se plantearon una serie de apiques y trincheras a lo largo del corredor. Esta información es de gran importancia pues es el antecedente directo del proyecto de factibilidad y diseños del cable de San Cristóbal.

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO GEOLÓGICO

- **Geología Regional:**

En este estudio se identificaron 3 unidades geológicas a lo largo del trazado entre el Portal 20 de Julio, Estación La Victoria y Estación Altamira como se observa en la siguiente figura:

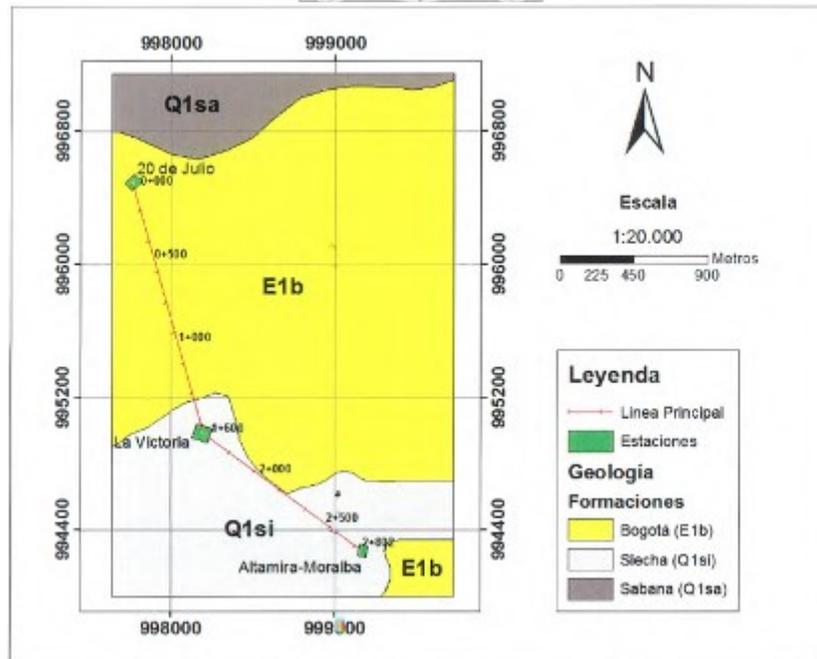


Figura 6-9. Geología regional corredor cable San Cristóbal. Fuente: Estudio Factibilidad 2013

De acuerdo con lo anterior, las formaciones geológicas de interés son las siguientes:

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p>
---	--	---

Formación Sabana: Corresponde a depósitos lacustres que afloran en la zona plana de la sabana de Bogotá y están sobre la formación Subachoque. Esta formación tiene aproximadamente 320 m de espesor formados por suelos de cenizas volcánicas en la parte superior y sedimentos finos, generalmente arcillolitas grises con intercalaciones de arenas finas y algunos niveles de turbas y gravas.

Formación Siecha: Esta formación aflora como parches en el anticlinal de Bogotá y en los flancos y valle sinclinal de Usme. Su origen es periglaciario y se pueden encontrar abanicos fluvio-glaciares, conos de gelifración y planicies de sobrelavado que se dan por corrientes torrenciales y flujos lentos, formados por el deshielo de masas glaciares en su parte distal y material superficial en zonas periglaciares. Es un depósito formado por capas gruesas de gravas mal seleccionadas y redondeadas con intercalaciones de arenas, capas de arcillas orgánicas y paleosuelos húmicos. También tiene capas gruesas de clastos subangulares en una matriz arcillosa.

Formación Bogotá: Aflora en los núcleos de varios sinclinales entre ellos los sinclinales de Sisga y Sesquilé, ubicados al noreste de la zona de estudio y en un flanco del sinclinal de Usme al suroccidente. En el área de interés se encuentra en la localidad de San Cristóbal entre los ríos Tunjuelito y San Cristóbal. Es la unidad por donde pasa la mayor parte del trazado del cable. Se encuentra por encima de la formación Cacho y debajo de la formación Regadera. Está formada en la base por secuencias granocrecientes de areniscas consolidadas que pasan a arcillolitas y limolitas de color gris y violeta, seguidas por rocas de grano más grueso que van de areniscas a arcillolitas. Las areniscas muestran estratificación cruzada, paralela o inclinada y las arcillolitas concreciones. Esta formación es explotada para la fabricación de ladrillos y tubos. Por su carácter impermeable se ha usado en zonas de afloramientos para depósitos de basuras.

- **Geología Estructural:**

La localidad de San Cristóbal está ubicada en la parte suroriental de la Sabana de Bogotá, que a nivel regional fue afectada por los eventos tectónicos relacionados con el levantamiento de la cordillera oriental donde se originaron áreas deprimidas y zonas plegadas. Además, tiene asociadas fallas de importancia regional y fallas menores. Las fallas principales son de cabalgamiento con vergencia al este y las fallas menores se comportan como retrocabalgamientos con vergencia al oeste. También se encuentran estructuras sinclinales, amplias y continuas y anticlinales asimétricos, discontinuos y deformados por fallas longitudinales de cabalgamiento. Dentro de los rasgos estructurales más importantes están:

Falla Bogotá: Falla inversa con vergencia al oeste, su rumbo general es N10E. Bordea los cerros orientales de la sabana y se extiende desde el sur de la sabana hasta el norte de la ciudad de Bogotá donde probablemente continúe enterrada por depósitos cuaternarios.

Falla del río Tunjuelo: Tiene rumbo N5E y un plano inclinado al oeste. Su trazo es destacado morfológicamente, pasa por el sinclinal de Usme y sigue el curso del río Tunjuelito. Afecta el contacto entre las rocas de las Formaciones Regadera y Usme.

Anticlinal de Bogotá: Se encuentra al este del área de influencia del cable, orientado N-S. Su eje tiene rumbo general N10E. Se desarrolla principalmente en rocas del grupo Guadalupe, formando el borde oriental de la Sabana de Bogotá. De manera general, el eje del anticlinal se

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p>
---	--	---

hunde de sur a norte, presentando en su núcleo primero las rocas más antiguas del Cretáceo. El flanco occidental se encuentra afectado por la falla Bogotá y el oriental por la falla Nemocón.

Sinclinal de Usme: Ubicado al sur del área de estudio. El rumbo de su eje es N10E y está orientado N-S. Es la terminación sur de la depresión tectónica de la Sabana de Bogotá. Es una estructura simétrica, fallada en su flanco occidental solo en la parte más norte mientras que su flanco oriental es afectado por la falla Bogotá.

A nivel local no se encontraron expresiones de la actividad tectónica ya mencionada, pues los afloramientos de roca son prácticamente nulos, ya que la geología de la zona está dominada por llenos antrópicos, suelos residuales y formaciones sedimentarias recientes, los cuales enmascaran o han degradado cualquier rasgo estructural como diaclasas, cizallas, pliegues y deformaciones.

- **Geomorfología:**

El proyecto Cable aéreo San Cristóbal, regionalmente se encuentra en la Sabana de Bogotá, que corresponde a un altiplano rodeado por montañas pertenecientes a la zona axial de la Cordillera Oriental, en el que se encuentran planicies y deltas lacustrinos, abanicos fluvio-glaciares con buzamientos suaves, planicies rectas con inclinaciones suaves y una serie de anticlinales estrechos y sinclinales amplios que sobresalen en la topografía.

La morfología de la zona corresponde a paisajes colinados con control estructural y a morfología erosional de valles aluviales consolidados. En los paisajes colinados se encuentran terrenos ondulados que surgen como reflejo de la disposición estructural de las rocas sobre las cuales se desarrollan estos paisajes. Corresponden a colinas de altura moderada, con laderas convexas, pendientes entre 25% y 35% y valles amplios, con poca incisión por parte de los drenajes. También se encuentran superficies de aplanamiento que corresponden a las partes altas de las montañas, las cuales presentan cimas redondeadas a planas con pendientes que no superan el 15%.

A nivel local la geomorfología está formada por planicies, vertientes de pendiente suave y moderada y un cerro alargado que cruza el trazado del cable de forma perpendicular que en un perfil longitudinal se observa con forma de colina aislada.

Las planicies generalmente son suelos formados por los materiales de la formación Bogotá sobre los cuales han realizado llenos antrópicos para la construcción de vías y viviendas.

Las vertientes de pendientes suaves se encuentran en 2 tramos. Las pendientes son menores de 5°. En el primer tramo son suelos blandos de la Formación Bogotá sobre suelos duros o de mayor densidad con llenos antrópicos sobre ellos. El segundo tramo sólo es formado por suelos duros que debajo tiene las rocas duras semimeteorizadas.

Entre el tramo de la quebrada Chorro Colorado y la estación Altamira-Moralba se encuentra una vertiente de pendiente moderada (5° a 15°) moldeada sobre suelo residual de la Formación Bogotá (entre las estaciones 20 de Julio y La Victoria) y sedimentos blandos de la Formación

Siecha en la parte alta también con llenos antrópicos producto de la alta urbanización del sector.

EXPLORACIÓN DEL SUELO, ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para este estudio se ejecutó una campaña de exploración que consistió en perforaciones, apiques y trincheras. La siguiente tabla muestra la ubicación y profundidad explorada de los sondeos ejecutados para este estudio:

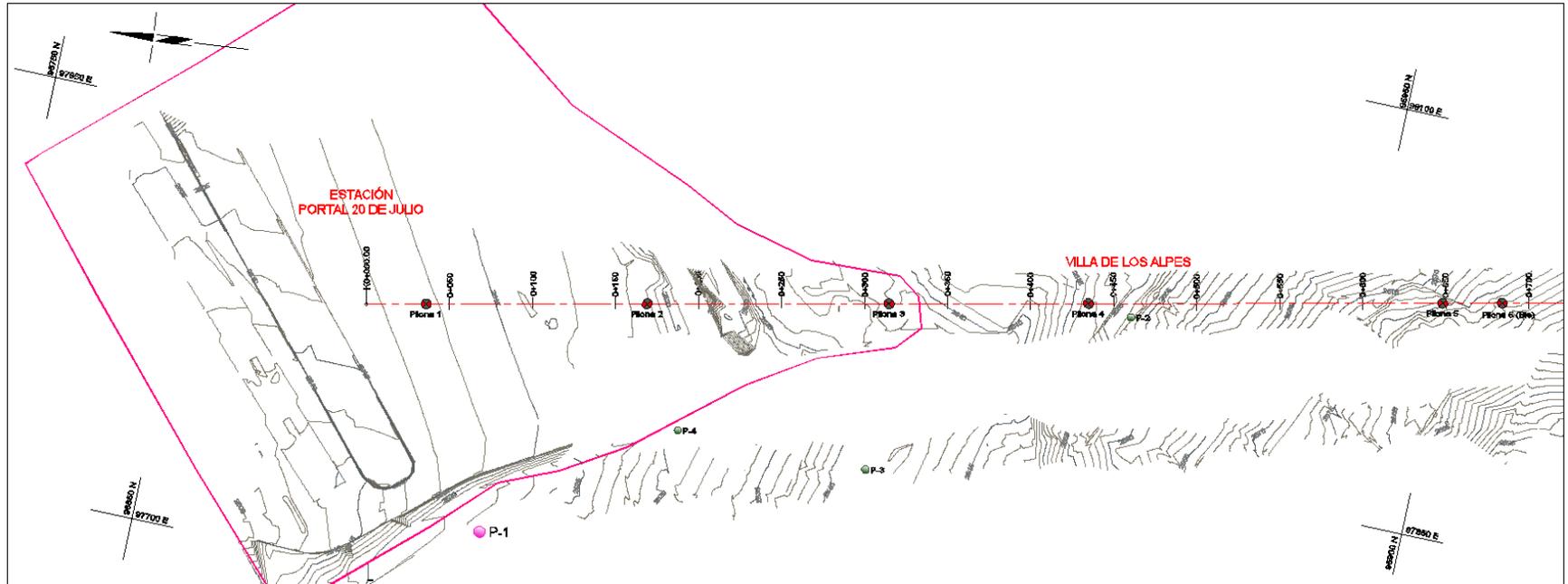
Tabla 6-4 Ubicación y profundidad de exploración estudio factibilidad Cable San Cristóbal 2013

Nombre	Tipo Exploración	Ubicación	Abscisa	Profundidad (m)	Nivel Freático
P1	Perforación	Portal 20 de Julio	0+068.00	20	2.9
P2	Perforación	La Victoria	1+512.38	20	2.0
P3	Perforación	Altamira - Moralba	2+767.60	12.2	3.0
AP1	Apique	Cerca de Altamira - Moralba	2+617.35	2.0	NP
TR1	Trinchera	Tramo Altamira - La Victoria	2+485.94	5.6	NP
TR2	Trinchera	Tramo Altamira - La Victoria	2+097.63	1.0	NP
TR3	Trinchera	Tramo Altamira - La Victoria	2+058.03	1.0	NP
TR4	Trinchera	Cerca de La Victoria	1+424.73	1.5	NP
TR5	Trinchera	Tramo La Victoria - Portal	0+957.50	1.0	NP

La ubicación de la exploración, así como de las estaciones y pilonas proyectadas se observa en las siguientes figuras:



ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN
DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL
CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD

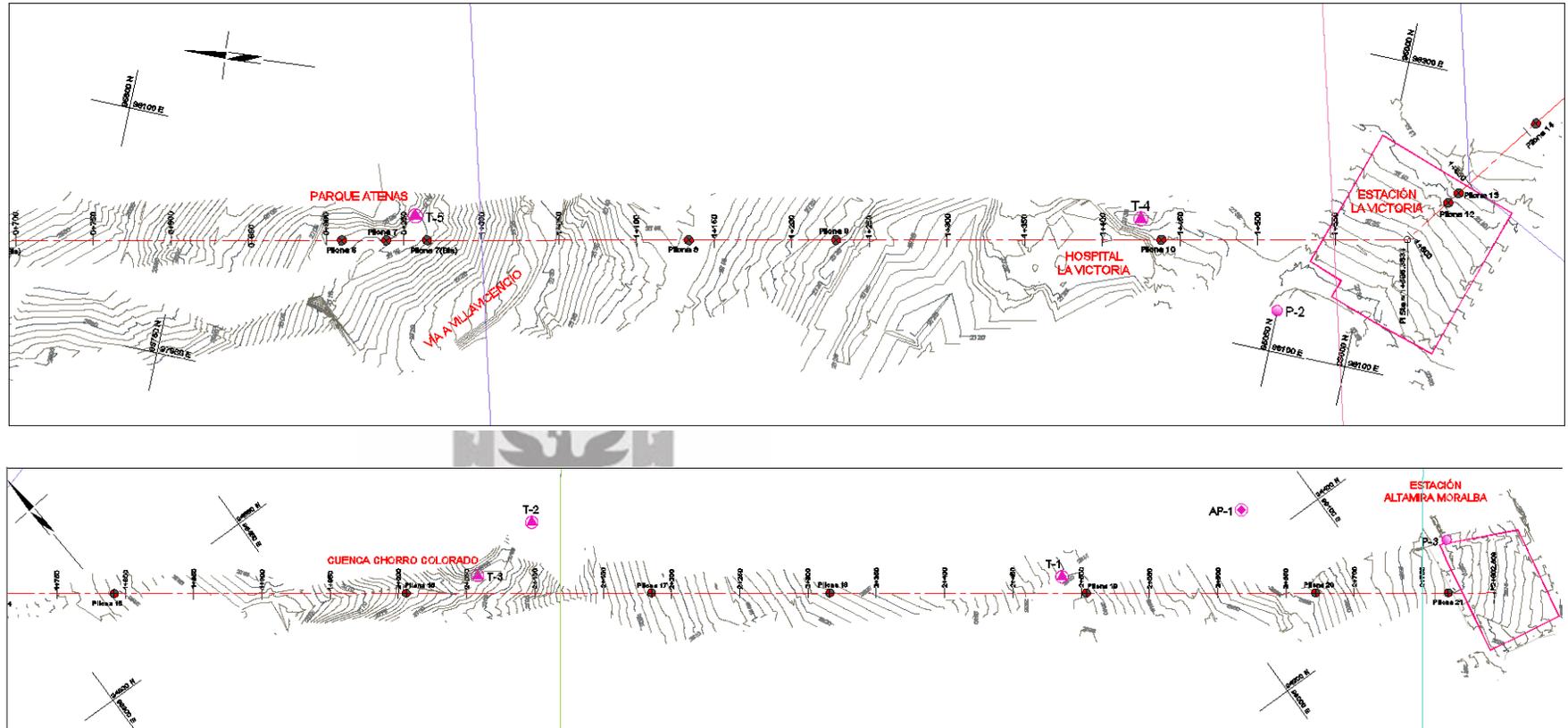


Figura 6-10 Ubicación Perforaciones de Exploración Factibilidad Cable 2013

Instituto de Desarrollo Urbano

Los perfiles de rigidez obtenidos a partir del ensayo SPT para cada una de las estaciones se pueden observar en las siguientes imágenes:

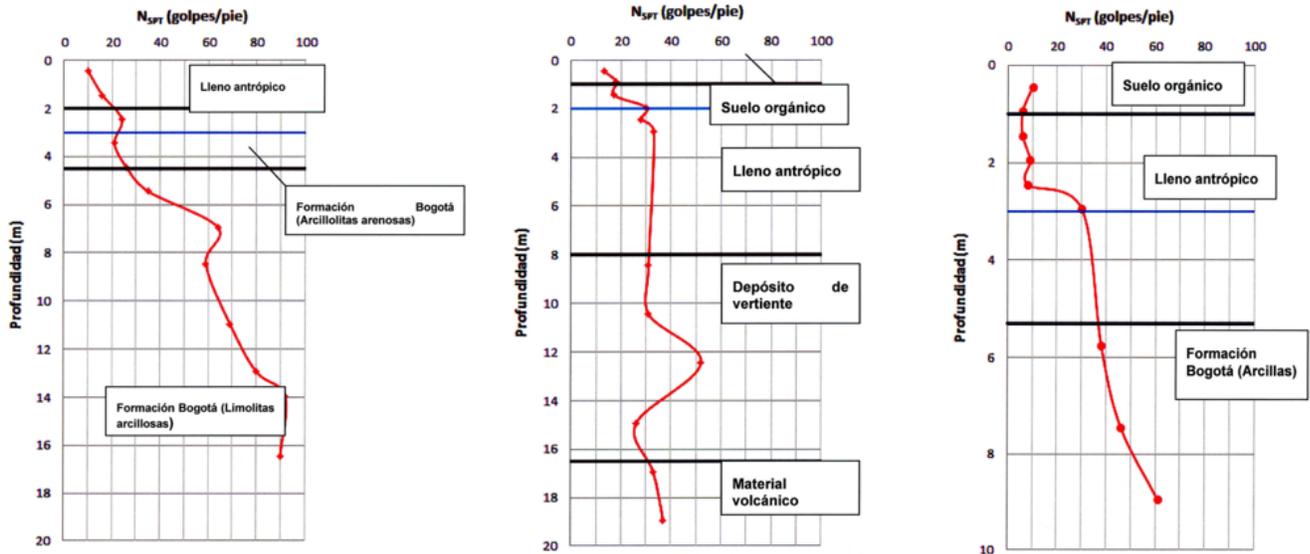


Figura 6-11 Perfil de Rigidez para los Sondeos en P. 20 de Julio, La Victoria y Altamira

De acuerdo con la gráfica anterior, se observa en la estación 20 de Julio, un aumento de la rigidez de los materiales con la profundidad, hasta encontrar la roca a aproximadamente 15.0 m de profundidad. Por el contrario, en la estación La Victoria los materiales presentan rigideces similares en todo el perfil explorado salvo un aumento a los 12.0 m aproximadamente. No se evidencia que se haya llegado a este nivel de roca en esta perforación. Finalmente, para la estación Altamira, se tienen rigideces similares hasta 2.5 m, profundidad a partir de la cual los materiales aumentan su rigidez con la profundidad en donde el suelo residual de la Formación Bogotá conserva algo de las propiedades de la roca madre.

Los resultados de laboratorio correspondientes a las propiedades índice de los materiales para las 3 estaciones planteadas se observan en las siguientes tablas:

Tabla 6-5 Resultados de Laboratorio Propiedades Índice P. 20 de Julio

Sondeo	Profundidad (m)	Estado	w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC	Consistencia	% Gravas	% Arenas	% Finos	USCS
P1-M4	3.00	Formación Bogotá	13.29	40.56	17.39	23.17	1.18	Dura	0.00	18.96	81.04	CL
P1-M7	6.5-7	Formación Bogotá	17.37	49.03	26.45	22.58	1.40	Dura	0.00	3.07	96.93	CL-ML
P1-M10	10.5-11	Formación Bogotá	14.30	42.78	22.31	20.47	1.39	Dura	0.00	1.38	98.62	CL
P1-M12	13.5-14	Formación Bogotá	10.35	39.58	21.64	17.94	1.63	Dura	0.00	1.00	99.00	CL
P1-M13	16-16.5	Formación Bogotá	11.49	35.60	19.77	15.83	1.52	Dura	0.00	0.13	99.87	CL

Para la estación 20 de Julio se tienen materiales con humedades naturales constantes en todo el perfil e inferiores al límite plástico, lo que indica un comportamiento sólido de los materiales de la zona. En general, más del 80% son materiales finos y clasificados como arcillas de baja plasticidad.

Tabla 6-6 Resultados Laboratorio Propiedades Índice Estación La Victoria

Sondeo	Profundidad (m)	Estrato	w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC	Consistencia	% Gravas	% Arenas	% Finos	USCS
P2-M10	8-8.45	Depósito de vertiente	26.09	48.62	23.03	25.59	0.88	Media	0.00	1.48	98.52	CL
P2-M12	10.00	Depósito de vertiente	25.20	42.08	22.68	19.40	0.87	Media	0.00	13.28	86.72	CL
P2-M14	12.00	Depósito de vertiente	25.33	44.75	22.73	22.01	0.88	Media	9.99	15.98	74.04	CL
P2-M16	14.5-15	Depósito de vertiente	18.89	34.52	18.37	16.16	0.97	Media	0.00	23.67	76.33	CL
P2-M19	18.5-19.5	Material volcánico	16.44	22.32	-	-	-	-	23.15	20.60	56.25	-

Los materiales de la estación La Victoria presentan humedades comprendidas entre 16% y 26%. Estos valores se encuentran cercanos al límite plástico. Los valores de humedad, límite líquido y límite plástico disminuyen en profundidades superiores a los 14.0 m. Los materiales clasifican como arcillas de baja plasticidad

Tabla 6-7 Resultados Laboratorio Propiedades Índice Estación Altamira-Moralba

Sondeo	Profundidad (m)	Estrato	w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC	Consistencia	% Gravas	% Arenas	% Finos	USCS
P3-M8	4-5.25	Lleno antrópico	35.26	61.83	21.32	30.51	0.54	Blanda	0.00	2.98	97.02	CH
P3-M9	5.25-5.75	Formación Bogotá	31.86	62.76	30.51	32.25	0.96	Media	0.00	7.21	92.79	CHMH
P3-M12	8.5-9	Formación Bogotá	25.44	46.28	26.35	19.93	1.05	Dura	0.00	3.80	96.20	CL-ML
P3-M13	9-10.5	Formación Bogotá	26.279	43.076	22.68	20.397	0.62	Media	0.00	0.87	99.13	CL

Para la estación Altamira, se tienen materiales con humedad natural superior a la observada en las otras 2 estaciones, también cercano al límite plástico. De 4.0 m a casi 6.0 m se tiene una capa clasificada como arcilla de alta plasticidad.

De acuerdo con los resultados de laboratorio, los parámetros geotécnicos utilizados en el estudio para fines de diseño se presentan a continuación:

- Estación Portal 20 de Julio: Se identificaron 4 materiales; lleno antrópico, suelos residuales de baja y alta densidad de la Formación Bogotá y roca meteorizada de la misma formación.

Tabla 6-8 Parámetros Geotécnicos Estación Portal 20 de Julio

Estrato	ϕ' (°)	c' (kPa)	γ_h (kN/m ³)
Lleno antrópico	17,0	10,0	17,0
Suelo Formación Bogotá (baja densidad)	25,0	5,0	19,0
Suelo Formación Bogotá (alta densidad)	25,0	10,0	19,0
Roca meteorizada Formación Bogotá	40,0	300,0	22,0

- Estación La Victoria: Se tienen también 4 materiales; suelo orgánico, lleno antrópico, depósito de vertiente y material volcánico. De acuerdo con el estudio, la capa de suelo orgánico será removida, motivo por el cual no se incluyen parámetros de este suelo. Las propiedades del relleno antrópico son las mismas de la Tabla 6-9

Tabla 6-9 Parámetros Geotécnicos Estación La Victoria

Estrato	ϕ' (°)	c' (kPa)	γ_h (kN/m ³)
Depósito de vertiente	25,0	5,0	18,5
Material volcánico	25,0	5,0	19,0

- Estación Altamira-Moralba: En esta estación se cuenta con presencia de suelo orgánico, lleno antrópico y suelo residual de alta densidad de la Formación Bogotá. Los parámetros de resistencia son los que se muestran en la Tabla 6-8.
- Alineamiento: A lo largo del trazado del cable, además de tener los mismos materiales de las demás estaciones, se presentan suelos de la formación Siecha cuyas propiedades se presentan a continuación:

Tabla 6-10 Parámetros Geotécnicos Alineamiento

Estrato	ϕ' (°)	c' (kPa)	γ_h (kN/m ³)
Suelo Formación Siecha	20,0	30,0	19,0

En el ANEXO B de este informe se presentan los registros de perforación de este estudio

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

De acuerdo con los análisis ejecutados en el estudio, la estación del Portal 20 de Julio, al ser una zona plana, no presenta problemas de estabilidad. Se recomienda cimentar esta estación mediante pilotes de 20.0 m de profundidad que queden empotrados en la roca.

La estación La Victoria, al ser una zona de pendientes moderadas se realizó el análisis de estabilidad respectivo. Se obtuvieron factores de seguridad adecuados pero cercanos al límite para la condición pseudoestática. Recomiendan cimentar a 20.0 m de profundidad sobrepasando el lleno antrópico y el depósito de vertiente encontrado en esta zona.

En la estación de Altamira el nivel de roca está a aproximadamente 15.0 m. Se realizó el análisis de estabilidad puesto que es una zona con pendientes moderadas, obteniendo factores de seguridad adecuados tanto en condición estática como pseudoestática. Se recomienda cimentar la estación y las pilonas cercanas mediante pilotes de unos 10.0 m en donde se alcance el nivel de roca.

En la zona intermedia entre el portal 20 de Julio y la estación La Victoria, se identificó una zona metaestable en condición pseudoestática ($FS=1.02$), específicamente en la zona de la pila 4 por lo que recomiendan tener especial cuidado. Plantean que si esta pila se mueve se obtienen mejores factores de seguridad. Adicionalmente, se modeló con un sistema de contención que consiste en una pantalla de pilotes lo cual aumentaría también el factor de seguridad.

Finalmente, en el tramo intermedio entre la estación La Victoria y Altamira no se tienen problemas de estabilidad salvo en la zona de la pila 16 en donde en el pasado hubo un problema de estabilidad por lo que se recomienda especial cuidado con esta pila e implementar medidas de contención y manejo de aguas. La cimentación de esta pila deberá estar empotrada en roca.

6. Informe Estudio de Suelos para Cimentaciones Patio-Portal y Calle 31 Sur

Este estudio ejecutado en el 2009 consistió en la definición de las características físico-mecánicas del subsuelo y recomendaciones de cimentación para la construcción de las estructuras correspondientes al acceso, patio y portal de la troncal TransMilenio en la carrera 10. Para ello, se ejecutaron un total de 24 perforaciones y 14 apiques con profundidades comprendidas entre 2.0 m y 25.0 m. Esta información es de gran importancia, pues brinda datos valiosos y completos sobre los materiales que se encuentran en la zona del inicio del Cable para poder establecer, desde el punto de vista geotécnico, la mejor alternativa de ubicación de la estación de inicio.

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO GEOLÓGICO

De acuerdo con este estudio, en general, en el área se presentan de manera predominante, materiales pertenecientes a la Formación Bogotá (Tpb) que corresponden a “parte superior predominantemente arcillosa, alternancia de areniscas y arcillolitas en la parte inferior” como se observa en la siguiente figura:

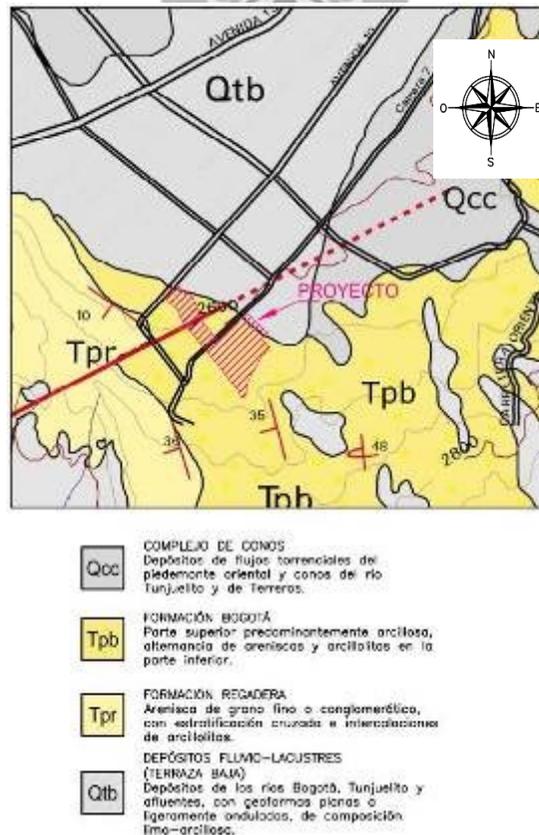


Figura 6-12. Geología General Estudio Portal 20 de Julio.

EXPLORACIÓN DEL SUELO, ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para los diseños del Portal 20 de Julio, las perforaciones se distribuyeron en toda el área de estudio tal y como se observa en la siguiente figura:

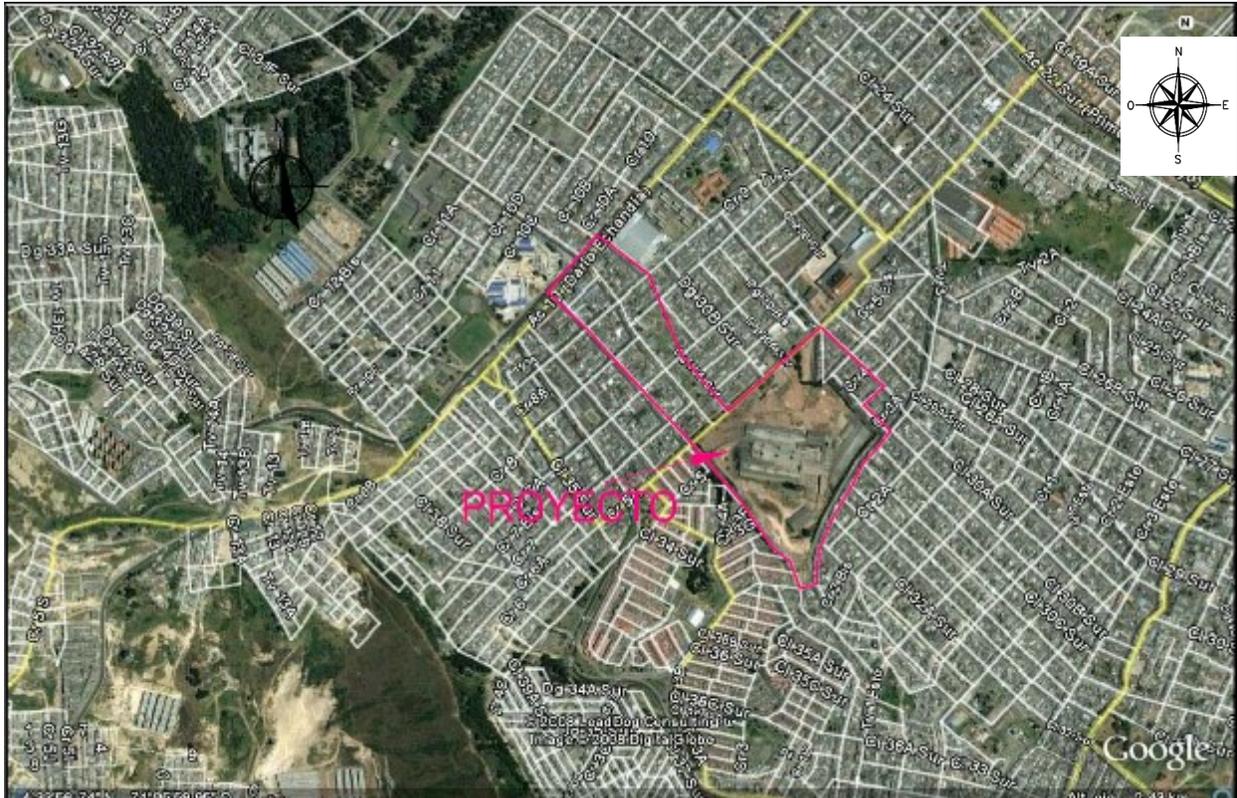


Figura 6-13 Ubicación zona de Estudio Diseños Portal 20 de Julio

En general, el sector del Portal 20 de Julio se caracteriza por tener un perfil de suelo tipo arcilloso con algunas intercalaciones de arenas y gravas en ciertos sectores. Los primeros metros se caracterizan por tener un relleno arcilloso con fragmentos de escombros cuyo espesor varía entre 1.0 y 5.0 m. A profundidades comprendidas entre 10.0 m y 20.0 m se encuentra roca tipo arcillolita y algunos estratos de arenisca. En el ANEXO C de este informe se presentan los registros de perforación de este estudio.

Es probable que, debido a la construcción del Portal 20 de Julio, los primeros metros que correspondían a rellenos antrópicos hayan sido removidos.

La siguiente figura muestra la sectorización geotécnica de la zona de estudio de acuerdo con los resultados de laboratorio y su respectivo análisis:



Figura 6-14 Sectorización Geotécnica Portal 20 de Julio

De acuerdo con la figura anterior, se observa que el afloramiento de la roca se da a menor profundidad hacia el costado sur-occidental del portal y, a medida que se avanza hacia el nor-oriental, la roca se puede profundizar hasta profundidades superiores a los 20.0 m. Esta situación impacta considerablemente la selección de la alternativa óptima para el inicio del Cable de San Cristóbal. Una ubicación en el sector nor-oriental implica cimentaciones de mayor profundidad incurriendo en costos mayores para la construcción del proyecto.

Los parámetros geotécnicos utilizados en este estudio (ángulo de fricción, cohesión, peso unitario, etc), se determinaron para cada una de las estructuras diseñadas. Para la fase de factibilidad, se utilizará la información base de este estudio para definir parámetros geotécnicos propios para la estación de inicio en el Portal 20 de Julio

CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO

De acuerdo con el decreto 193 de 2006 de Bogotá, la zonificación sísmica se clasifica entre las zonas: Zona 1A Cerros Orientales y Suroccidentales y Zona 5A Terrazas y conos orientales. El patio portal está ubicado en la zona 1 A. Así, el perfil de suelo se clasifica como S₃ con un coeficiente de sitio de 1.5

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

- **Remoción en masa:**

Dentro de las conclusiones del estudio, en cuanto al análisis de remoción en masa, en la zona, han sido identificados algunos problemas relacionados con inestabilidades generales que han comprometido la estabilidad de la ladera cercana, específicamente en el sector del barrio Villa de los Alpes. Los monitoreos realizados en este sector desde el año 2002 hasta la fecha de realización del proyecto (2007) presentaron las siguientes conclusiones:

- La zona está compuesta por zonas arcillosas blandas de la formación Bogotá y sus suelos residuales cubiertos por antiguos depósitos de flujos de origen natural además de rellenos inconsolidados de escombros y rellenos conformados por la construcción tanto de la vía como de las viviendas. Estos depósitos son localmente susceptibles a fenómenos de remoción en masa de tipo deslizamiento según la influencia de agua en la masa inestable, espesor del depósito, pendiente de ladera y efectos sísmicos, dejando claro que la mayor parte del corredor de la avenida Villavicencio se encuentra en amenaza alta-media.
- Las velocidades de movimiento son bastante bajas, especialmente en la parte alta, cerca de la antigua avenida Villavicencio. Sin embargo, en los últimos monitoreos realizados, se ha presentado estabilidad de las zonas de estudio, manteniéndose el nivel de habitabilidad de las viviendas.
- La mayoría de las viviendas se han construido sobre antiguos flujos de tierra o deslizamientos inactivos, lo cual ha comprometido su nivel de habitabilidad.
- Los problemas estructurales son causados fundamentalmente por la inestabilidad de los terrenos en donde se ubica la urbanización.

- El deterioro de las viviendas se ve acelerado por las altas precipitaciones en épocas invernales y el flujo de agua subterránea proveniente del rompimiento de tuberías asociadas al movimiento del terreno.

Sin embargo, de acuerdo con el plano normativo de amenaza por remoción en masa, el sector donde se localiza el proyecto en referencia se encuentra en zona de amenaza baja en su mayoría.

- **Cimentación tuberías:**

Para la cimentación de tuberías en la calle 32 sur se calculó la capacidad portante para diferentes diámetros de tubería y profundidades de zanja. Los resultados de capacidad portante se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6-11. Valores de capacidad portante tuberías calle 32 sur estudio Portal 20 de Julio

Diámetro de tubería	Profundidad de zanja	Ancho mínimo de zanja	Capacidad portante	Factor de carga teórico	Factor de carga recomendado
(m)	(m)	(m)	(ton/m ²)	F. C.min	F. C.
1.00	3.00	1.65	7.70	1.27	1.5
1.00	5.00	1.65	13.13	1.86	1.9
1.00	7.00	1.65	25.65	1.75	1.9
1.20	3.00	1.95	7.70	1.27	1.5
1.20	5.00	1.95	13.13	1.89	1.9
1.20	7.00	1.95	25.65	1.82	1.9
1.40	3.00	2.25	7.70	1.20	1.5
1.40	5.00	2.25	13.13	1.83	1.9
1.40	7.00	2.25	25.65	1.84	1.9
1.50	3.00	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.
1.50	5.00	2.30	13.13	1.73	1.9
1.50	7.00	2.30	25.65	1.77	1.9

Fuente: Estudio Portal 20 de Julio, 2007

Para la instalación de tuberías perimetrales y otras vías (tuberías de 12" y 16" en concreto simple) se obtuvieron los siguientes valores de capacidad portante y factores de carga:

Tabla 6-12. Valores de capacidad portante tuberías perimetrales estudio Portal 20 de Julio.

Diámetro de tubería	Profundidad de zanja	Ancho mínimo de zanja	Capacidad portante	Factor de carga teórico	Factor de carga recomendado
(pg)	(m)	(m)	(ton/m ²)	F. C.min	F. C.
12.00	3.00	0.80	3.70	1.53	1.5
16.00	5.00	0.90	5.50	1.88	1.9
12.00	3.00	0.80	3.70	1.54	1.5
16.00	5.00	0.90	5.50	1.86	1.9

Fuente: Estudio Portal 20 de Julio, 2007

Los esquemas típicos para la cimentación de redes para el mencionado proyecto, se presentan en la siguiente figura:

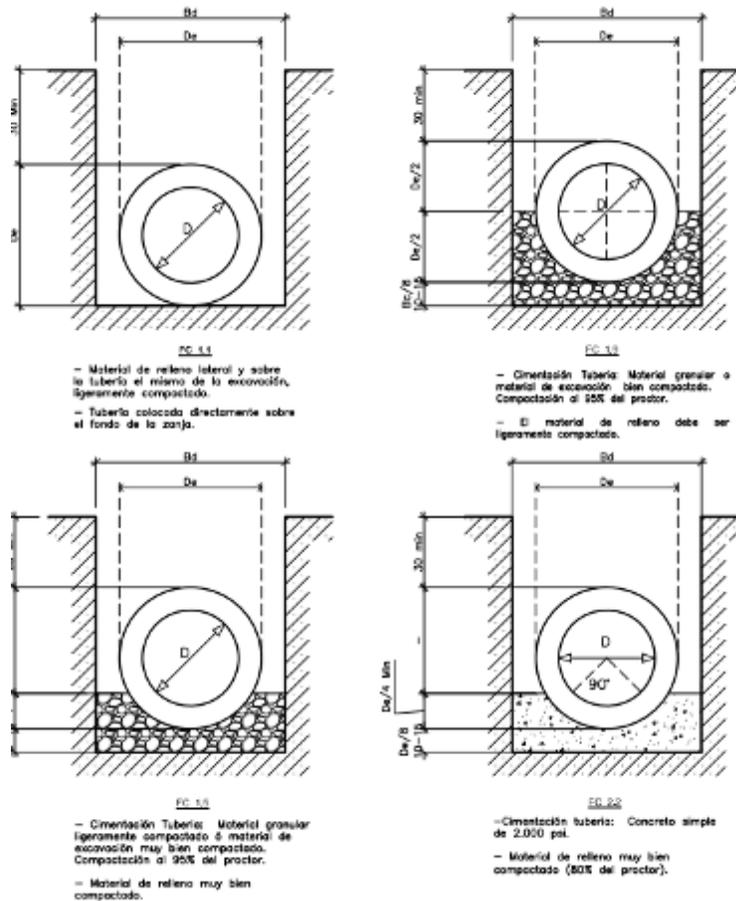


Figura 6-15. Esquemas típicos cimentación tuberías estudio Portal 20 de Julio

- Cimentación edificios principales

Para las cimentaciones de las estructuras principales, se recomendó lo siguiente:

Para el edificio de acceso al portal se plantearon pilotes de 18.0 m de longitud empotrados en el estrato de arcilla inferior mínimo de 4.0 m. Para el edificio plaza de ferias se plantearon pilotes de 14.0 m de longitud empotrados en el estrato de arenisca mínimo 1.0 m.

En ambos casos, se recomendó que estos pilotes se distribuyeran con una separación mínima de 3 diámetros centro a centro.

Tabla 6-13. Capacidades pilotes edificio acceso a Portal

Diámetro	Longitud Efectiva	Cota aprox de cimentacion	Cap. Trabajo	Asentamiento total	Kv pilote	Kh pilote
0.50m	18.50m	2593.50m	74.8ton	0.03m	2493t/m	4200t/m ³
0.60m	18.50m	2593.50m	94.7ton	0.03m	3158t/m	3500t/m ³
0.80m	18.50m	2593.50m	139.6ton	0.03m	4653t/m	2625t/m ³
1.00m	18.50m	2593.50m	191.1ton	0.04m	4778t/m	2100t/m ³

Fuente: Estudio P. 20 de Julio,2007

Tabla 6-14. Capacidades pilotes edificio plaza de ferias

Diámetro	Longitud Efectiva MINIMA	Cota aprox de cimentacion	Cap. Trabajo	Asentamiento total	Kv pilote	Kh pilote
0.50m	14.00m	2590.00m	67.0ton	0.03m	2233t/m	3333t/m ³
0.60m	14.00m	2590.00m	86.5ton	0.03m	2883t/m	3333t/m ³
0.80m	14.00m	2590.00m	131.5ton	0.04m	3288t/m	2625t/m ³
1.00m	14.00m	2590.00m	184.7ton	0.05m	3693t/m	2100t/m ³

Fuente: Estudio P. 20 de Julio,2007

7. Estudio de riesgos por remoción en masa y de compresibilidad del terreno, evaluación de alternativas de mitigación del riesgo y diseños detallados de las medidas recomendadas para su implementación en el corto plazo en un sector del barrio Atenas de la localidad San Cristóbal de la ciudad de Bogotá D.C.

En este estudio llevado a cabo en el 2006 se realizó un análisis de vulnerabilidad en el barrio Atenas en la localidad de San Cristóbal. Para los análisis, se ejecutaron un total de 13 sondeos con profundidades entre 6.0 y 15.0 m. El barrio Atenas se encuentra ubicado a no más de 200.0 m hacia el oriente del trazado del cable en el tramo intermedio entre el Portal 20 de Julio y la estación de transferencia La Victoria. De esta información se puede extraer características típicas de los materiales presentes en esta zona. Cabe resaltar que estas propiedades han podido cambiar a lo largo de los años debido principalmente a factores antrópicos que se ha venido dando en la zona.

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO GEOLÓGICO

- **Geología**

La zona trabajada hace parte de la parte baja de la porción sur de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá y presenta una morfología de ladera con pendientes que varían entre 5 y 25°.

Se encuentra sobre una secuencia sedimentaria que hace parte del flanco occidental del Anticlinal de Bogotá y en la que predominan arcillolitas limosas multicolores, dispuestas en paquetes espesos que conforman la Formación Bogotá. La ladera se encuentra cubierta por suelos arcillosos de carácter residual y también por materiales fluvioglaciares con predominio de material arcilloso.

Formación Bogotá (Tib): La formación consiste en un conjunto de arcillolitas abigarradas, predominantemente rojas, con intercalaciones de arenitas de unos metros de espesor, pero con gran predominio de las arcillolitas con variaciones locales a limolitas y arenitas lodosas de grano fino. Las arcillolitas son multicolores, con tonos variados de gris, blanco, pardo amarillo y rojo (con predominio de este último); generan suelos residuales de plasticidad media a alta, con variaciones fuertes de comportamiento de acuerdo al estado de humedad en que se presenten. Las areniscas tienen alto contenido en líticos, son de color blanco a pardo-amarillo, con estratificación plano paralela continua y discontinua y plana no paralela continua. Son de grano fino a medio, esporádicamente grueso, competentes, con cementación moderada, en capas de menos de 3 metros de espesor.

A nivel general, la Formación Bogotá en superficie presenta comportamiento de roca blanda o suelo residual arcilloso, con presencia de deslizamientos rotacionales y traslacionales generalmente de tamaños pequeños (menos de 500 m²), flujos de tierra y reptación (movimientos lentos) que pueden aumentar su velocidad por cambios marcados de humedad

(inducidos por causas naturales como precipitaciones por encima de lo normal o por causas antrópicas como desempate de tuberías de acueducto o alcantarillado). La morfología de la zona de estudio en la Localidad de San Cristóbal corresponde a una ladera monoclinal que buza con inclinaciones variables entre 20 y 30° hacia el occidente y que fue modificada en algunos sitios por actividades extractivas.

PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

- Reptación

En la zona de estudio, este fenómeno debió presentarse en zonas ubicadas sobre litologías lodosas cubiertas por pastos (se infiere lo anterior de la situación actual en zonas no urbanizadas, en cercanías a la zona de estudio). En la actualidad, el cambio de uso de suelo y el control de aguas superficiales y subterráneas relacionado con el cubrimiento urbanístico no permite observar este tipo de proceso.

- Flujos de tierra

Estos procesos se presentan estabilizados o activos por la saturación de aguas en los materiales lodosos transportados por acción fluvio-glacial.

- Deslizamientos

Adyacente a la zona de estudio, la fotointerpretación permitió observar la generación de este tipo de procesos en laderas desarrolladas sobre lodolitas y arenitas lodosas en zonas de alta pendiente, producida por el entallamiento de cursos de agua.

EXPLORACIÓN DEL SUELO, ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Del estudio geotécnico, se identificaron 4 estratos: Relleno antrópico de fracción predominantemente fina con espesores comprendidos entre 1.0 y 5.0 m. Material transportado de tipo arcilloso y plasticidad media con espesores entre 3.0 y 5.0 m. Suelo residual producto de la alteración de la formación Bogotá con predominio de fracción arcillosa y espesores entre 1.0 a 3.0 m. Finalmente, se encuentra intercalaciones de lodolita con arenisca de la formación Bogotá. Los parámetros geotécnicos de cada uno de los estratos y que fueron utilizados en las modelaciones se observan en la siguiente tabla:

Tabla 6-15 Parámetros Materiales Estudio Barrio Atenas, 2006

Material	Tipo	γ_s	γ_t	k	λ^*	κ^*	μ^*	c	ϕ	E	ν	
		[kN/m ³]	[kN/m ³]	[m/día]	[-]	[-]	[-]	[kN/m ²]	[°]	[kN/m ²]		
Relleno Antrópico	Máximo	No Drenado	17.42	20.71	0.00001	0.057	0.02	0.0003	37	19	-	-
	Minimo	No Drenado	14.56	18.6	0.00001	0.065	0.032	0.004	16	6	-	-
Material Transportado	Máximo	No Drenado	19.4	22.17	0.000005	0.072	0.02	0.0008	23	22	-	-
	Minimo	No Drenado	12.72	16.96	0.000005	0.102	0.043	0.002	15	11	-	-
Suelo Residual	Máximo	No Drenado	20.4	22.89	0.00001	0.035	0.014	0.0004	25	22	-	-
	Minimo	No Drenado	14.05	17.77	0.00001	0.05	0.035	0.0015	15	10	-	-
Roca	-	No Poroso	24	24	-	-	-	-	200	35	3000000	0.15

Se tienen estratos y parámetros similares a los obtenidos en el estudio de factibilidad del 2013 realizado por INTEINSA

La roca se puede encontrar a una profundidad de unos 11.0 m de manera aproximada. Según el estudio se concluye que el nivel de amenaza es medio a bajo de acuerdo con las probabilidades de falla obtenidas en una ventana de tiempo de 25 años y el proceso que se está dando en la zona corresponde a una reptación.

8. Elaboración de diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgos inminente por remoción en masa en la localidad de San Cristóbal en la ciudad de Bogotá D.C. Sitio Barcelona I y Barcelona II.

En este estudio llevado a cabo en el 2007, se realizó el análisis de unos deslizamientos en ciertas zonas del barrio Barcelona. Para ello, se ejecutaron perforaciones de hasta 8.0 m junto con apiques y trincheras. Este barrio se encuentra a unos 700.0 m hacia el occidente del Portal 20 de Julio por lo que su información podría servir para conocer de manera preliminar el tipo de materiales que se podrían encontrar en la zona en donde inicia el trazado del cable.

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO GEOLÓGICO

El barrio Barcelona queda localizado en la parte superior de un cerro rocoso, que puede considerarse “aislado”, en el extremo sur de la avenida 10ª. Corresponde a una elevación topográfica de unos 150 m de altura, con pendiente montañosa. Es ligeramente alargado con dirección EW. En la parte media, se aprecia una ligera área ondulosa - aterrazada en el interfluvio de dos canales de primer orden que drenan en sentido contrario. Por encima de este sitio, se prolongan laderas, la norte moderadamente tendida, y la sur, donde se localiza el barrio Barcelona, con pendiente un tanto más acentuada.

Las formaciones geológicas identificadas son las siguientes:

Formación Arenisca de la Regadera (Tar): Esta unidad litológica forma dos crestones importantes a cada lado del valle del río Tunjuelo. El crestón oriental conforma los denominados Altos de La Guacamaya - Juan Rey, y se encuentra disecado por las quebradas Chiguaza y Yomasa.

Los citados cerros se localizan hacia la parte inferior de la vertiente oriental del valle del Río Tunjuelo, y están conformados en su totalidad por la Formación Arenisca de La Regadera, en el sentido de Hubach (1957) y de Julivert (1963).

En el área de interés, conforma el mencionado filo rocoso se dispone de manera transversal a la orientación que se observa en su prolongación hacia el sur. Se trata de una secuencia de arenisca cuarzosa, y cuarzo feldespáticas, no muy consolidadas, moderadamente cementada, ligeramente friable, de grano grueso a ligeramente conglomerática, color rojizo por meteorización, blanca a crema en fractura fresca, estratificación gruesa a masiva, con desarrollo de estructuras sedimentarias, tales como estratificación cruzada, acuñamiento, y truncamiento. El contacto superior con la formación Usme es de condición discordante.

Formación Usme (Tu): Hubach, 1957, denomina a la formación Usme a una secuencia de rocas que afloran cerca de la población de igual nombre al sur de la ciudad de Bogotá.

La formación la define el mismo autor como: “... en su base un nivel de areniscas con algunas intercalaciones de arcillolitas, con un espesor considerable, al cual se le asigna el nombre de la Arenisca de La Regadera. El resto de la sucesión, consta de arcillolitas de color gris claro, que contiene algunos foraminíferos, con algunas intercalaciones de arenisca de grano medio. El conjunto de la formación tiene un espesor de unos 500 a 600 m y descansa concordante sobre la formación Bogotá.

Depósitos Coluviales (Qc): Corresponden a una serie de acumulaciones locales, y confinadas hacia la parte alta y media de algunas cuencas hidrográficas muy reducidas.

Se tratan de acumulaciones gravitacionales y de procesos de erosión de tipo laminar. Se componen de bloques de arenisca meteorizada y de arcillolita todo matriz soportada de arcilla y limo, color rojizo a naranja. La compactación y consolidación es baja a moderada.

Se localizan desde el tercio superior de las laderas, y aumentan hacia la base de la vertiente mencionada, y en casos logra identificarse cierta distribución radial del depósito hacia las partes terminales.

Rellenos y Sobrantes de Antrópicos (Qra): En el área central, donde se encuentra la depresión topográfica, e interfluvio EW mencionado, se aprecian bloques de roca en matriz areno-arcillosa, que seguramente corresponden a material arrojado allí para ampliar un tanto la parte ondulosa y actualmente dedicada como zona de recreación y parque.

El sitio de interés se localiza hacia el extremo Nor-oriental del denominado Sinclinal de Tunjuelo – Usme. Resalta la disposición estructural por la presencia de los crestones rocosos que expone la Formación Regadera.

En el sitio de interés y de acuerdo a la cartografía geológica de INGEOMINAS, Plancha 246 – Fusagasugá, el mencionado cerro corresponde a un bloque tectónico del flanco NE del mencionado pliegue. En la plancha 246, se observa como el nivel duro o resistente de la Formación Arenisca de La Regadera, produce la denominada Serranía de Guacamayas-Juan Rey. El truncamiento y rotación es notoria y neta. Esta condición establece en el cerro su condición de una protuberancia fisiográfica más o menos aislada.

En el borde E, la orientación de la estratificación es consistente con la expresada al sur, con rumbo NS a NNE buzamiento al E y SW. En el borde occidental, la orientación varía, con dirección EW y buzamientos hacia el S. Es decir, totalmente transversal al tren estructural que se aprecia en su prolongación hacia el sur.

Igualmente, en las fotografías aéreas y en la plancha 246, se reconocen una serie de fracturas que se imbrican hacia el sur. INGEOMINAS, las presentan como fallas de tipo inverso.

En los afloramientos observados en el sitio de Barcelona I y Barcelona II, el macizo rocoso no exhibe fracturación severa, y por lo contrario esta se dispone de manera espaciada.

En Barcelona I, el sitio se localiza inmediatamente por debajo del filo rocoso, el cual presenta rumbo EW y buzamiento de 50° a 60°, hacia el S. Esta condición debe mantenerse hacia el sitio de Barcelona II, dispuesto a menos de 100 m de distancia.

El barrio Barcelona queda localizado sobre una ladera rocosa cubierta por suelos coluviales, la pendiente de la superficie corresponde a un sistema de diaclasamiento normal a la estratificación de una masa rocosa de roca sedimentaria.

- **Geomorfología**

El cerro donde se localiza el barrio Barcelona se encuentra disectado longitudinalmente, con desarrollo de drenajes naturales opuestos en condición de retroceso y “piratería”. El interfluvio constituye un área ondulada y ligeramente aterrizada.

El barrio se localiza sobre una ladera que se prolonga por encima del mencionado interfluvio. La pendiente es acentuada y se encuentra cubierta por suelos coluviales cuyo espesor varía de 4 a 6 m.

No se aprecian procesos degradacionales activos. Tampoco hay registros de erosión hídrica concentrada.

La intervención urbanística de tipo sub-normal, consiste en la explanación en corte, o mixta de corte y relleno hacia la parte inferior. Las vías de acceso son peatonales en lozas de cemento, y ascensos en escalas. Todas estas estructuras presentan condiciones adecuadas de estabilidad y comportamiento.

- **Geología aplicada**

El proceso de inestabilidad se relaciona directamente a los suelos de tipo coluvial. Compuestos por bloques y guijarros de diferentes granulometrías, todos matriz soportados. La matriz, corresponde a arcilla y limo de color rojizo y de compactación de moderada a baja.

La masa rocosa en condición masiva con diaclasamiento de espaciado moderado. La meteorización no genera espesores importantes, ni degradación mecánica severa. Está cubierta por suelos coluviales que intercalan niveles guijosos y de bloques con otros de condición limosa y arcillosa. El espesor máximo de los suelos coluviales es de unos 6 m. Disminuye notoriamente hacia la cima.

Se relacionan a los taludes de corte que se efectuaron para el emplazamiento de las viviendas o en las vías de acceso. Los volúmenes del material desprendido son pequeños a moderados. Se trata principalmente de procesos de deslaves y de erosión local por acción del agua colectada dentro del sistema de viviendas y caminos de acceso.

También se apreciaron algunos tubos y mangueras del acueducto, los cuales pueden estar aportando alguna cantidad de humedad a estos suelos.

Los taludes de corte no exceden los 2.5 m de altura, y no presentan deformación alguna o acanalamiento por proceso hídrico activo, y generalizado.

Es posible que dentro de los suelos coluviales exista un flujo permanente no alto de aguas servidas o de fugas del acueducto que aumente la humedad total dentro del suelo. También puede existir aporte de humedad debido al tipo de construcción.

EXPLORACIÓN DEL SUELO, ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Los materiales, así como sus respectivos parámetros de diseño se presentan en las siguientes tablas:

SECTOR BARCELONA I

Tabla 6-16 Parámetros Geomecánicos para Estabilidad Condición Seca y Saturada Barrio Barcelona

Material	Peso Unitario (kN/m ³)	Cohesión (kN/m ²)	Angulo de fricción
Relleno	18	5	18
Arcillolita	21	52	34
Residual Arenisca	22	60	47

Material	Peso Unitario (kN/m ³)	Cohesión (kN/m ²)	Angulo de fricción
relleno	20	0	16
Arcillolita	21	5	30
Residual Arenisca	22	60	47

Fuente: Estudio Barrio Barcelona, 2007

SECTOR BARCELONA II

Tabla 6-17 Parámetros Geomecánicos para Estabilidad Condición Seca y Saturada Barrio Barcelona II

Material	Peso Unitario (kN/m ³)	Cohesión (kN/m ²)	Angulo de fricción
Coluvión	19	52	34
Residual Arenisca	22	60	47

Material	Peso Unitario (kN/m ³)	Cohesión (kN/m ²)	Angulo de fricción
Coluvión	21	14	30
Residual Arenisca	22	60	47

Fuente: Estudio Barrio Barcelona, 2007

Teniendo en cuenta la norma NSR98 a continuación se presentan los parámetros de diseño sísmico, para la zona de estudio.

Coefficiente de aceleración pico efectiva (Aa): 0.25g

Perfil de suelo para la zona de suelos residual: S2

De acuerdo con el estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá la parte alta de la zona de estudio corresponde a la Zona 1 (cerros) y la Aceleración máxima (Am) es de 0.25g. Para propósitos de análisis de estabilidad para un periodo de retorno de 50 años se puede utilizar de manera aproximada una aceleración de 0.12g.

9. Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa para el barrio Moralba de la localidad de San Cristóbal, en Bogotá D.C.

En este estudio ejecutado en el 2010, se revisaron unos movimientos en masa en la parte alta de la localidad de San Cristóbal en el barrio Moralba. Para identificar las causas, se realizaron 4 sondeos mecánicos de hasta 12.0 m de profundidad, acompañados de 5 barrenos manuales y 6 apiques. El barrio Moralba se encuentra ubicado a unos 600.0 m hacia el oriente de la estación de retorno Altamira propuesta para el cable de San Cristóbal.

Los materiales encontrados se describen a continuación:

Suelos Antrópicos (S1)

Materiales de llenos Antrópicos Correspondientes a Escombros y basuras de composición heterogénea y Materiales seleccionados que conforman las bases para la construcción de viviendas y desarrollo de vías.

Suelos Residuales (S2)

Son los materiales resultantes de la meteorización y alteración de los componentes de las rocas in situ. Estos materiales dentro del sitio de estudio, se presentan en los sectores norte y oriental del sitio, donde los terrenos presentan una morfología en general ondulada.

De acuerdo con las observaciones en los afloramientos rocosos, estos materiales son de color gris amarillento, de textura limo-arcillosa y de consistencia blanda, cubiertos parcialmente por suelo orgánico gris oscuro; sus espesores oscilan entre 0.5 y 1.0m aproximadamente.

Roca (R)

Secuencia de arcillolitas y limolitas, gris rojizas y oscuras, moteadas de amarillo por meteorización, en estratificación de capas delgadas de areniscas gris amarillentas, de grano fino, moderadamente friables.

10. Monitoreo geotécnico y estructural en el sector de la urbanización Villa de los Alpes de la localidad de San Cristóbal, en Bogotá D.C.

En este estudio ejecutado en el 2010, se realizó el monitoreo geotécnico y estructural de unas viviendas en la urbanización Villa de los Alpes. No se ejecutaron sondeos ni exploración del suelo. Dicha urbanización se encuentra ubicada a unos 150.0 m del trazado entre el Portal 20 de Julio y la Estación La Victoria.

Los resultados del monitoreo del nivel freático se presentan en la siguiente figura.

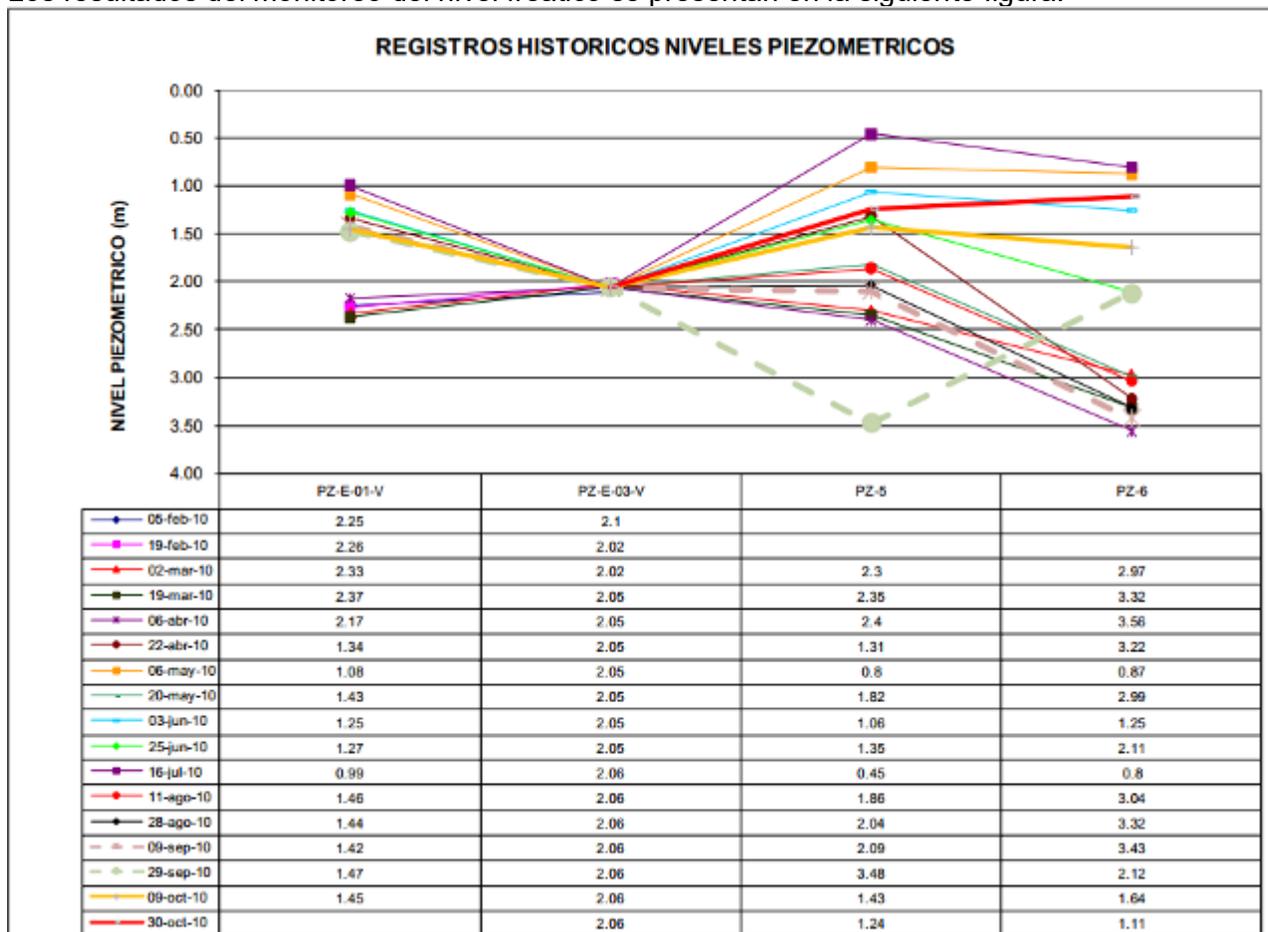


Figura 6-16 Variación de Niveles Piezométricos Estudio Villa de los Alpes, 2010

Adicionalmente, los resultados de algunos de los inclinómetros utilizados para monitoreo, se observan en las siguientes figuras:

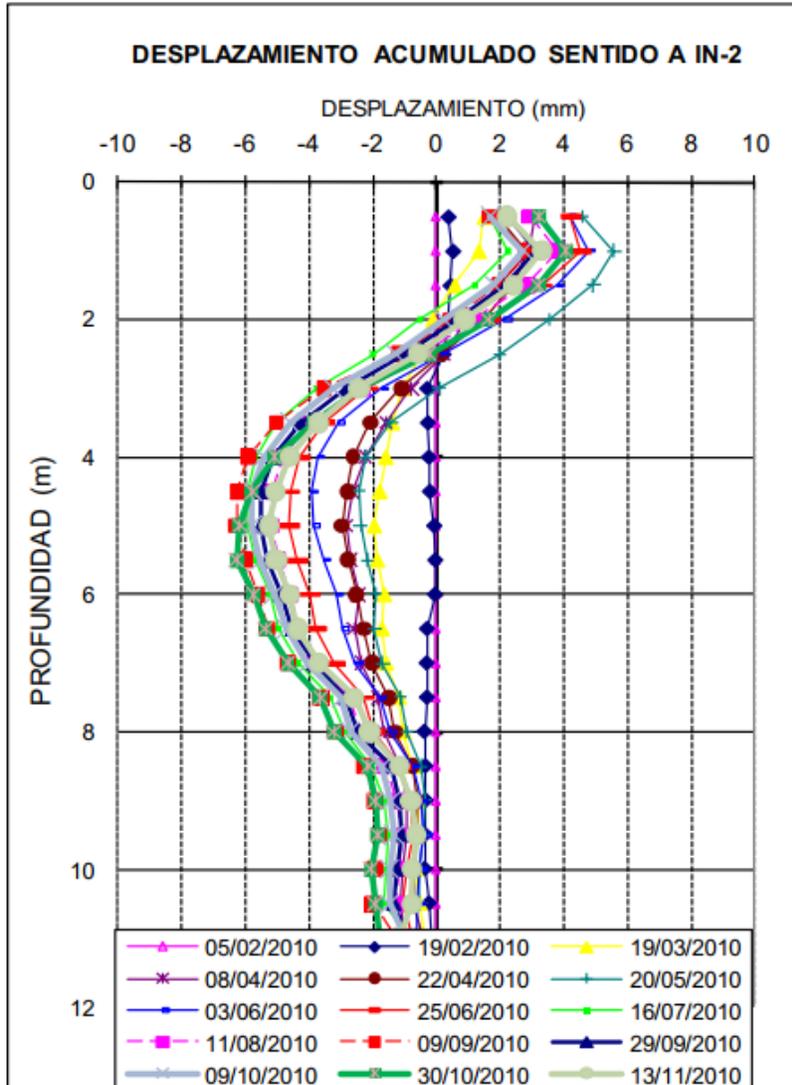


Figura 6-17 Desplazamiento Acumulado Inclinómetro IN-2 Estudio Villa de los Alpes, 2010

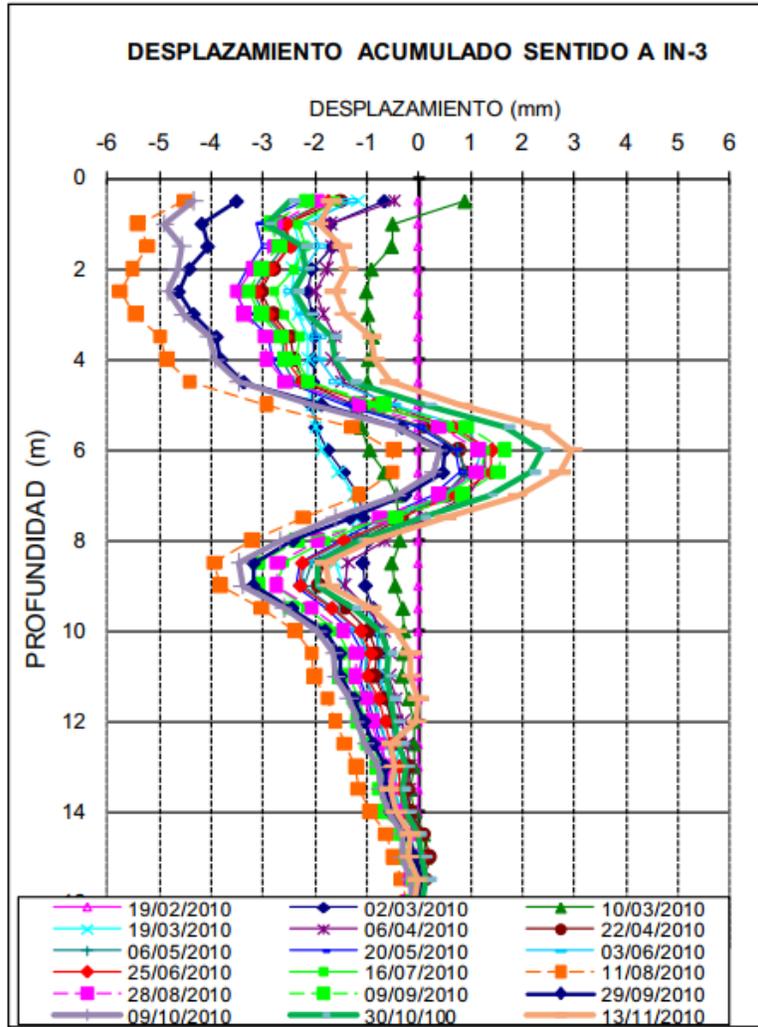


Figura 6-18 Desplazamiento Acumulado Inclinómetro IN-3 Barrio Villa de los Alpes, 2010

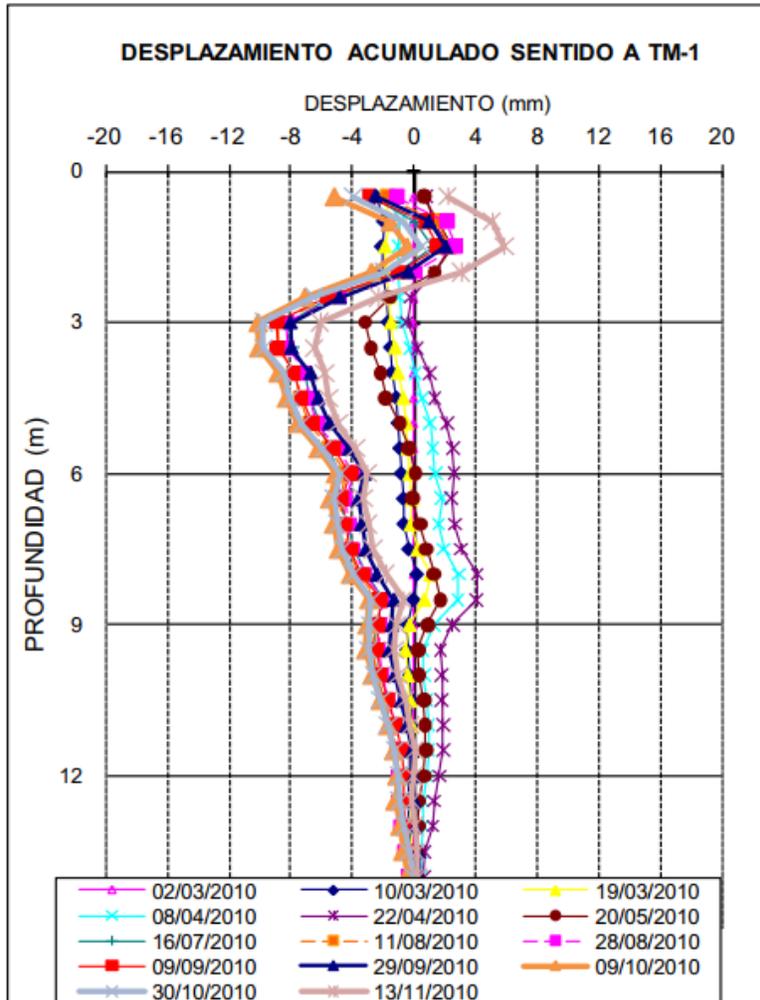


Figura 6-19 Desplazamiento Acumulado Inclinómetro TM-1 Barrio Villa de los Alpes, 2010

De las figuras anteriores se observa movimientos localizados a aproximadamente 2.0 m, 5.0 m y 9.0 m.

11. Ensayo Down Hole para el Consorcio Porvenir en el Parque Entre Nubes Barrio Juan Rey-Bogotá

En el este estudio se realizó un ensayo Down Hole de una profundidad de 15.0 m en inmediaciones del barrio Juan Rey.

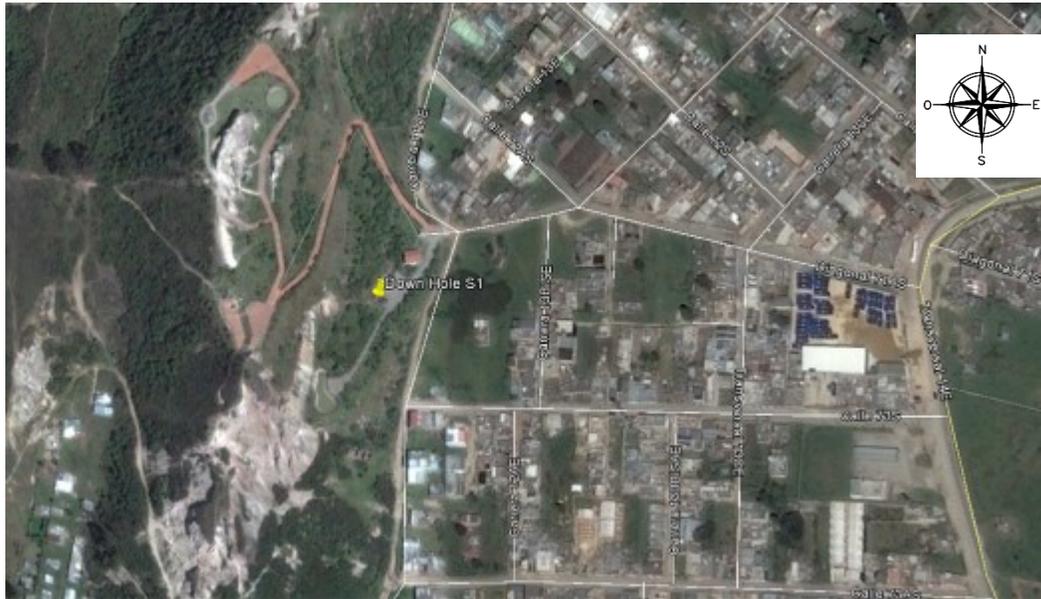


Figura 6-20 Localización del ensayo Down Hole realizado en el sitio del proyecto. Fuente IGR, 2015

Para la realización del ensayo Downhole se instaló en la perforación tubería de PVC de 2.5 pulgadas, hasta la profundidad deseada, lo anterior para permitir la inserción del geófono para captar las señales sísmicas que se generan desde superficie. La tubería de PVC se colocó hasta 15.0 m de profundidad.

La distancia horizontal del disparo horizontal y vertical para el ensayo fue de 1.75 m y 2.00 m respectivamente.

El intervalo de registro del sondeo fue de 1m hasta alcanzar la profundidad total tomando como referencia el extremo superior del tubo. Para cada profundidad se hizo el registro de ondas para el disparo vertical - horizontal y para cada impacto se registraron dos señales horizontales y una vertical, las cuales son codificadas y almacenadas en campo para su posterior procesamiento.

La interpretación de los sondeos se realizó mediante el uso del software INTERSISM el cual permite analizar todas las señales registradas y de acuerdo con la distribución de las pendientes de la gráfica Tiempo vs profundidad permite modelar un arreglo de hasta cuatro estratos. Dada su bondad y relativa facilidad para el procesamiento de la información se realizó

el análisis de los datos para las tres señales por posición dando para cada sondeo una distribución de velocidades de corte en el X y Y. y la velocidad compresional Vp.

Del procesamiento de datos se obtuvo el siguiente perfil de velocidades:

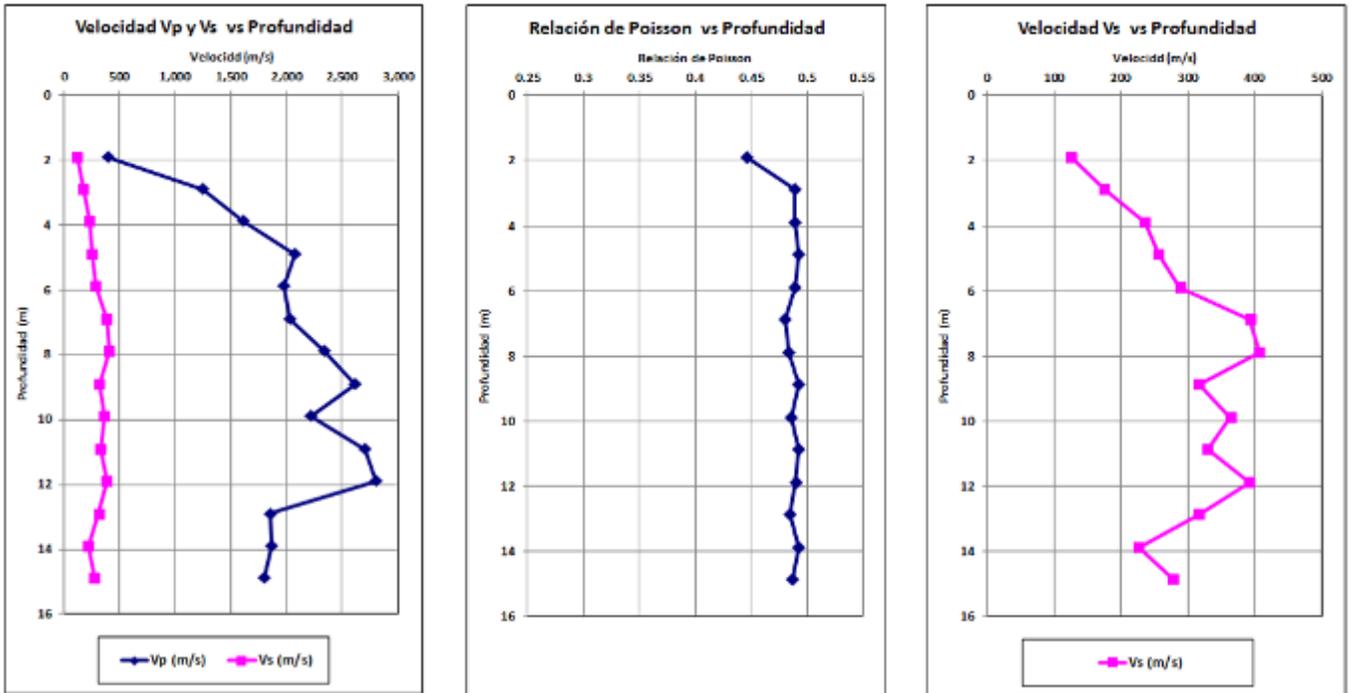


Figura 6-21 Variación promedio de Vs y Vp para el Down Hole y valores Relaciones de Poisson. Fuente: IGR, 2015

Se puede apreciar que el valor de Vs promedio para los 15 m superficiales del suelo tan solo varía entre 240 y 265 m/s con un promedio de 252 m/s, bajo estas con condiciones teniendo en cuenta la norma NSR-10 el perfil de suelo corresponde al suelo tipo D.

12. Estudio de suelos de la zona baja de la urbanización Bosque de los Alpes correspondiente a las manzanas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 (Etapa I) IDIGER.

Para este estudio realizado en el año de 1996, se realizaron 17 sondeos de barreno manual hasta profundidades máximas de 7.0 m, 2 apiques de profundidades máximas de 1.5 m y 2 trincheras para investigación visual de estratigrafía del terreno.

En campo se realizó SPT, compresión confinada in situ con penetrómetro y clasificación visual.

En laboratorio, para conocer las características físicas del suelo y su clasificación, se realizaron ensayos de contenido de humedad y límites de Atterberg. Para las características mecánicas de resistencia y compresibilidad de los estratos representativos se realizaron ensayos de compresión inconfiada y consolidación.

El tipo de suelo encontrado en esta zona corresponde a suelos y rocas de la ladera de los cerros orientales, donde predominan afloramientos de la formación Bogotá (Arcillas rojizas y grises), de igual manera cuenta con algunos depósitos de ladera y depósitos coluviales.

El informe detalla que previamente en la zona del proyecto fue adecuada con rellenos controlados en 1994, donde excavaron suelos orgánicos naturales y se relleno con suelos arcillosos y arenosos provenientes del movimiento de tierras del mismo lote.

A continuación, se realiza una breve descripción de los materiales encontrados en este estudio:

- **Relleno de arcilla gris oscura y gravas intercaladas CL**

Espesor promedio 3.3 m hasta un máximo de 4.5 m de profundidad.

Tabla 6-18. Características relleno de arcilla con gravas

CARACTERÍSTICA		VARIACION
Propiedad:		
Humedad natural	%	21 - 32
Límite líquido	%	38 - 54
Límite plástico	%	13 - 24
Índice de plasticidad	%	18 - 40
Resistencia:		
Compresión inconfiada in situ	Kg/cm ²	0.5 a 1.5
Penetración estándar	golpes/pie	3 a 22

Fuente: IDIGER-Estudio Bosque de los Alpes, 1996

- **Arcilla gris con lentes morados CL**

Estrato por debajo del anterior de espesor de 1.0 m alcanzando una profundidad máxima de 7.0 m que fue la máxima excavada.

Tabla 6-19. Características arcilla gris

CARACTERÍSTICA		VARIACION
Propiedad:		
Humedad natural	%	11 - 27
Límite líquido	%	38 - 71
Límite plástico	%	12 - 23
Índice de plasticidad	%	21 - 48
Resistencia:		
Compresión inconfiada in situ	Kg/cm ²	0.75 a >4.5
Penetración estándar	golpes/pie	6 a 110

Fuente: IDIGER-Estudio Bosque de los Alpes, 1996



	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

13. Estudio de Suelos Conjunto Mirador del Virrey (IDIGER)

Para este estudio ejecutado en el año de 1996 para la construcción de 52 viviendas familiares y que queda en cercanías al ramal de Juan Rey, se realizaron 16 barrenos manuales de 3.0 m de profundidad cada uno, para los materiales arcillosos se extrajeron muestras con tubo Shelby y para suelos con materiales granulares se realizaron pruebas SPT con recuperación de muestras. Se detectó nivel freático en 4 barrenos entre 0.6 m y 2.6 m de profundidad

El terreno presenta una topografía inclinada con pendiente descendiente hacia el nor-occidente, siendo la diferencia de altura entre el punto más alto y el más bajo del lote de 11.0 m.

La estratigrafía encontrada comienza con una capa vegetal de 0.2 m a 0.4 m, luego se encuentra una capa de limo negro y café con contenido variable de arena, raíces y piedra con un espesor de 0.5 m a 1.6 m, continua un limo arcilloso color carmelito con contenido variable de raíces, arena y fragmentos de arenisca (*Valores de compresión simple con penetrómetro de bolsillo entre 1.2 kg/cm² y 0.2 kg/cm²*) con un espesor de entre 0.3 m a 1.7 m. Finalmente se encuentran capas intercaladas de fragmentos de piedra arenisca en matriz de arcilla arenosa carmelita (*Valores de penetración normal entre 66 G/ft y 10 G/ft*) y arcillas limosas de color carmelito y gris claro con contenido variable de gravas y consistencia muy compacta a blanda (*Valores de compresión simple con penetrómetro de bolsillo entre 1.5 kg/cm² y 0.4 kg/cm²*) hasta la profundidad máxima investigada. EL potencial de licuación de los materiales de la zona se clasificó como bajo.

ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p>
---	--	---

14. Estudio Geotécnico Escuela Moralba Fase II (IDIGER)

En este estudio ejecutado en el año de 1993 para la construcción de la escuela Moralba se realizaron 3 trincheras de hasta 1.65 m de profundidad y 3 perforaciones de hasta 9.0 m.

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO GEOLÓGICO

- **Geología:**

En el área afloran rocas sedimentarias de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogota, conjunto superior y depósitos no consolidados del cuaternario.

La formación Bogota conjunto superior (Tpbs), está constituida por una secuencia predominante de arcillolitas de color gris violáceo y amarillo, blandas y plásticas en estratificación, en general gruesa a masiva: con delgadas intercalaciones de areniscas gris clara gris verdoso y violáceo en estratos entre 10 a 50 cm de espesor, grano fino a medio, dureza media a muy blanda, muy friables

Los depósitos no consolidados (Qsr, Qdp, Qre), están conformados por suelo residual, depósitos de ladera, materiales residuales y coluviales. Los depósitos de suelo residual (Qsr), presentan espesores variables entre pocos centímetros y 2.0m, afloran hacia la parte sur y occidental del área en estudio. Los depósitos de ladera (Qdp), afloran principalmente hacia la parte norte y oriente del área, corresponden a materiales que han tenido algún transporte, primordialmente procedentes de movimientos en masa antiguos, caracterizados por tener matriz predominantemente arcillosa poco consolidada y espesores que oscilan entre los pocos centímetros y los 4.0 metros. Los materiales de desechos de explotación (Qre) son estériles procedentes de las explotaciones de antiguas canteras con espesores que pueden alcanzar los 6.0 metros.

Los estratos del macizo rocoso presentan un rumbo promedio de N15E y buzamientos de 40SE, cuya dirección es contraria a la pendiente topográfica de la ladera.

- **Geomorfología:**

El sector estudiado se ubica dentro de la unidad de origen estructural-denudacional, perteneciente a laderas medias de acumulación, con pendientes moderadas a suaves, intensamente disectadas y modeladas en rocas predominantemente arcillosas de la formación Bogota.

El entorno geomorfológico esta principalmente influenciado por la acción antrópica. Las actividades de explotación minera y el intenso desarrollo urbanístico han dejado condiciones heteromorfométricas, con variaciones entre formas onduladas y escarpes artificiales (taludes verticales) de alturas promedio de 20 metros. El intenso desarrollo urbanístico, caracterizado por falta de planeación y de cobertura de servicios públicos, ha contribuido al desarrollo de problemas de inestabilidad y por ende a la transición morfológica; ya que no solo reducen la resistencia interna de la cobertura superficial del suelo, al permitir la libre circulación de los efluentes pluvial y sanitario, sino que además reconfiguran las laderas con escalonamiento.

La vegetación nativa ha desaparecido y ha dado paso a cobertura eminentemente de pastos, o su pérdida, esto último facilita el desarrollo de erosión en surcos y cárcavas con profundidades de las décimas de centímetros y con intensidad moderada.

El patrón de drenaje ha sido modificado por los cursos de agua muy intervenidos, muestran desplazamiento lateral de su cauce; las márgenes se encuentran realizadas con rellenos de estériles (botaderos) y los efluentes translocados presentan modelados erráticos para su disposición con concentraciones en cursos de agua con baja capacidad de transporte.

Entre los procesos morfodinámicos más sobresalientes en los taludes de corte de las canteras se tienen: erosión en surcos y cárcavas de intensidad moderada, y movimientos de remoción en masa como deslizamientos, reptación y flujo de tierras, de pequeña a grande magnitud. Estos procesos han producido variaciones laterales en las laderas, caracterizado por presencia de depósitos de acumulación con formas onduladas, lobulares y de lengüetas en la base de los cortes.

HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

La red de drenaje del sector “Moralba” está conformada por una microcuenca cuyo cauce principal que en adelante se denominara Qda Moralba, se localiza sobre la margen derecha de Qda Chiguaza y en la parte alta de la cuenca.

En general las estructuras existentes en la Qda Moralba y sus afluentes, se limitan a las obras de los cruces o intersecciones con las y/o simples accesos peatonales, algunos de ellos concebidos técnicamente, mientras que otros corresponden a tuberías instaladas por los habitantes del lugar que en la mayoría de los casos constituyen verdaderas obstrucciones del flujo, trayendo como consecuencia la inundación de las zonas aledañas durante los inviernos. En ciertos casos, estas obras han perdido capacidad por causa de la acumulación de escombros y basuras, las cuales elevan considerablemente el fondo de tal manera que con adecuada limpieza pueden recuperar su normal operación.

Para el análisis de la precipitación se utilizó la estación pluviométrica del Delirio de la E.A.A.B. que es la más cercana a la zona de estudio, los registros indican precipitación media multianual de 1202mm.

La característica general de la distribución anual de las lluvias se presenta en forma bimodal con periodos lluviosos entre los meses de abril a agosto y octubre, y periodos secos entre los meses de noviembre a marzo y septiembre

La precipitación máxima mensual ocurre en el mes de julio con un valor de 152.7mm.

La Qda Moralba drena un área de 6.7 Ha, su cauce tiene una longitud aproximada de 484 metros, desciende 110 metros y tiene una pendiente ponderada de 16%, su comportamiento hidrológico es torrencial debido a su alta pendiente en la mayoría de cauce, los niveles de agua crecen súbitamente con la lluvia para casi desaparecer en los periodos secos.

EXPLORACIÓN DEL SUELO, ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

En el área de estudio se diferencian dos tipos de suelos a saber, el primero encierra depósitos cuaternarios originados por alguno de los agentes de formación y propios del paisaje geológico, dentro de ellos se tienen los depósitos de suelo residual y de ladera. El segundo tipo de depósitos engloba estériles provenientes de explotaciones mineras del sector, utilizados para la conformación morfológicas de las zonas de explotación y constituidos por bloques heterométricos angulares y subangulares en matriz arcillosa, heterogénea anisotrópica y poco coherente, con espesores hasta de 6.0 metros. Estos depósitos corresponden a los cuerpos principales sobre los que se han desarrollado los diferentes movimientos del sector.

Los materiales encontrados en la exploración del suelo se describen a continuación:

- Trinchera 1

Se realizó a una profundidad de 1.50m en los cuales los primeros 0.10m se encontró material orgánico, luego hasta los 0.40m se encuentra suelo residual producto de la meteorización de la arcillolita, a los 0.90 m se encontró una arcilla muy humedad, y hasta los 1.5 m se encontró una arcillolita meteorizada con humedad alta.

- Trinchera 2

La segunda trinchera se realizó hasta una profundidad máxima de 1.2 m en los cuales el suelo orgánico se encontró hasta los 0.30m, a partir de ese punto hasta los 0.70m se encontraron arcillas con intercalaciones de areniscas, en la parte final hasta los 1.2 m se encontraron arcillas de alta plasticidad.

- Trinchera 3

Esta última se realizó hasta una profundidad de 1.65m en los cuales los primeros 0.15m se encontraron material orgánico y a partir de ahí hasta los 1.65 m se encontraron rellenos arcillo-gravosos

- Perforación 1

la primera perforación se realizó a una profundidad máxima de 7.82m en los cuales en los primeros 1.64m se encontraron limos orgánicos, a partir de este punto se encontraron limos gravosos hasta los 2.92m, en este punto se comienzan a encontrar arcillolitas con intercalaciones más bajas de limos y areniscas, las arcillolitas comienzan a tener apariencia más meteorizada a partir de los 4.05m de profundidad y continua las intercalaciones con areniscas hasta los 7.82m.

- Perforación 2

la perforación 2 se realizó hasta una profundidad máximas de 9.17m, en los primeros 0.15m se encontró un rellenos con material de recebo, a partir de este punto empiezan a aparecer arcillas gravosas con algunas intercalaciones de limos hasta los 3.74m, en este punto aparecen algunos bloques de arenas limosas las cuales se extienden hasta aproximadamente los 7.85m de profundidad, a partir de los 7.95m comienza a aflorar arcillolitas altamente meteorizadas estos bloques continúan hasta el final de perforación en los 9.17m.

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p>
---	--	---

- Perforación 3

la perforación 3 se realizó hasta una profundidad máxima de 7.45m, en donde se logra evidenciar que el primer metro de perforación evidencia un suelo de relleno arenoso, a partir de este punto se comienza a observar un material arcilloso el cual se extiende hasta los 2.0m, a partir de los 3.43m de profundidad comienzan a aflorar arcillolitas, este material se presenta hasta el final de la perforación en 7.45m con pocas intercalaciones de gravas en matriz arcillosa.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

Sobre los depósitos recientes inconsolidados se observan varios tipos de fenómenos de remoción en masa, que se presentan principalmente a lo largo de su contacto con el macizo rocoso. El análisis de estabilidad consistió en la determinación de los mecanismos de falla y las obras de mitigación y control asociados.

Por el modo de conformación de este tipo de depósitos y las evidencias de campo, se estableció que el principal modo de falla y que se involucra mayor volumen de material, es el flujo de tierras.

La condición natural de inestabilidad de estos materiales, de composición heterogénea hace que su estabilidad sea mejor tratada técnicamente o deberán ser retirados parcial o totalmente para evitar futuros movimientos. El tipo de tratamiento definido con base en las características geométricas de los depósitos y los agentes detonantes, consiste en la interpretación y evacuación de las aguas de escorrentía, infiltración y sanitaria.

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

15. Informe sobre los aspectos de Riesgo Geotécnico del predio del Proyecto Portón Real (IDIGER)

Este estudio realizado en el año de 1997 se encuentra ubicado a aproximadamente 1.0 km al nor-este del Portal 20 de Julio. A continuación, se hace una breve descripción de lo encontrado en este estudio.

- **Geología local**

Se identifico unas zonas de reptación de coluviones superficiales de aproximadamente 9 Ha donde se encuentra el barrio Montebello y Granada sur, se sugieren movimientos en dirección este-oeste de esta superficie inestable, este movimiento está asociada con altos escarpes de 20m de altura que dividen la zona alta de la baja donde se realizan explotaciones de arcillas para la fabricación de ladrillo.

No se identifican problemas de alto riesgo, ya que no amenaza con eventos súbitos y colapsos intempestivos, sino que genera deterioro lento pero continuo de las edificaciones.

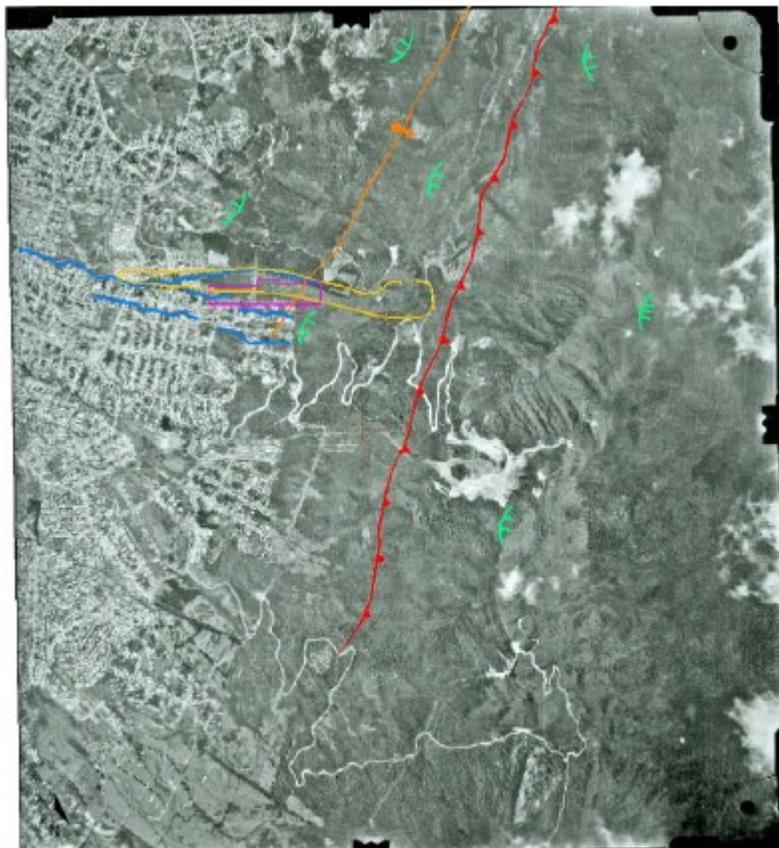
Además, se identificas dos horizontes bien definidos y con las siguientes características: Horizonte A, constituido por rellenos heterogéneo y un Horizonte B, constituido por arcillas y limos.

- **Sondeos**

Luego de analizar los diferentes sondeos que se han realizado en zonas cercanas al Portón Real por parte de diferentes entidades competentes en geotecnia, se logra evidenciar que en esta zona se han realizado más de 25 sondeos en diferentes predios, estos sondeos se han realizado a una profundidad entre los 5m y los 7m de profundidad, arrojando resultados en común, donde se logran evidenciar presencia de arcillas con plasticidad variable con consistencias firmes, en algunas de ellas se encuentra presencias de gravas

16. Diseño Detallado de Obras de Mitigación de Riesgo por Movimientos en Masa en la Urbanización Ciudadela Santa Rosa Localidad de San Cristóbal en Bogotá D.C.

Este estudio, ejecutado a aproximadamente 100.0 m hacia el norte de la zona de Moralba, consistió en la evaluación geológica y geotécnica de los mecanismos de deslizamiento de la zona de estudio y la determinación de obras de mitigación para controlar la inestabilidad. Para ello, se realizó un análisis multitemporal de los procesos de remoción en masa a partir de fotografías aéreas con el fin de conocer el avance histórico de los procesos desencadenados en el barrio. La siguiente figura muestra una de las fotografías aéreas analizadas en el estudio:



CONVENCIONES					
	Área de Estudio		Red de Drenaje		Falta de Cabalgamiento
	Eje Anticlinal		Buzamiento		Deposito

Figura 6-22. Vuelo C-2128, Año 1984, Escala 1:18.300, Foto 151.

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO GEOLÓGICO

- **Geología:**

El corredor de la Cordillera Oriental, inmerso en la cuenca Los Toches, contexto específico de este proyecto, se enmarca en el bloque estructural sur de la Sabana de Bogotá sobre dos provincias geomorfológicas: los Cerros Orientales y la Sabana de Bogotá. El marco de trabajo general, definido por el cuadrángulo, cuyos vértices opuestos responden a las coordenadas: 96670.3661 m N y 98839.8142 m E, si se trata de la esquina suroccidental, y 93627.9515 m N y 100939.9518 m E, en lo que respecta a la esquina nororiental, tiene influencia de la secuencia de rocas sedimentarias que van desde el Cretáceo Superior (Grupo Guadalupe) pasando por alternancias terciarias (Formación Guaduas, Formación Cacho y Formación Bogotá), hasta depósitos del Terciario tardío y del Cuaternario no litificados, posteriores al levantamiento de la Cordillera Oriental, como las formaciones Tilatá, Río Tunjuelo y Sabana.

En particular el valle de la quebrada Chiguaza y de su tributario La Paseito yace sobre la Formación Bogotá y sobre materiales fluviales con influencia torrencial. El dominio de los suelos residuales, gestados por la meteorización de las rocas preexistentes (en especial de las lodolitas o de las arcillolitas), de los depósitos de ladera y de los suelos negros orgánicos, que incuban una fuerte influencia del vulcanismo ocurrido durante los últimos 3 Ma, aunque menos notorio, también tiene lugar. Producto de la fuerte intervención antrópica abundan amplios y extensos rellenos, emplazados para adecuación urbanística. Al margen de lo anterior, se levantaron datos estratigráficos y estructurales de las unidades geológicas aflorantes en la periferia con el objeto de soportar los modelos geológicos.

Con respecto a la tectónica, sobresale un sistema de fallamiento preferente con dirección aproximada Norte – Sur, gobernado por la principal estructura geológica de la zona: la Falla de Bogotá. Adicional a este grupo de pliegues y fallas, se abre paso un sistema de fallamiento superpuesto, con dirección predominante NW y con deformación principal de tipo sinistral y un eje anticlinal, con orientación NE-SW.

La secuencia rocosa está armada por alternancias de niveles arcillosos o lodosos y arenosos tal y como se describe a continuación.

Formación Bogotá-Niveles Arcillosos:

Son las unidades más representativas de las vertientes, no sólo por su ocupación espacial sino porque en ellas recae el control morfodinámico y estratigráfico: entallan las caras expuestas en los taludes, y reciben los más relevantes cuerpos de rellenos antrópicos.

Formación Bogotá-Areniscas:

Es una sucesión de areniscas cuarzosas, grano crecientes, macizas y de cemento arcilloso y con contenido de óxidos de hierro y micas. Sus colores son blanco, blanco-amarillento, amarillo y violáceo, matizados por trazas ocre y rojizas; son friables; el grano es de tamaño fino a medio y son bien seleccionadas (i.e. el grano es uniforme). La resistencia fluctúa de blanda a moderadamente dura y yacen intercaladas con los paquetes de arcillolitas. Las capas no siempre son continuas (posiblemente resultado de la explotación o de las variaciones laterales de facie) y sus espesores divagan desde los dos metros hasta los cuatro metros.

- **Geomorfología:**

Santa Rosa descansa en la franja alta de una sucesión de laderas denudacionales, plegadas (inmersas en el Anticlinal de Zipa), con buzamientos hacia el occidente o hacia el oriente, acorde con el flanco del pliegue que se trate, originadas en su arreglo morfológico primario por la inversión de la secuencia lito estratigráfica cretáceo-terciaria de los cerros orientales de la ciudad (pues yace en el corredor de influencia de la Falla de Bogotá), y seguidamente por eventos fluviales y de glaciación, relacionados con el retroceso de las masas de hielo. Las laderas naturales tenían inclinaciones promedio de 17°, superiores en tres grados a la vigentes hoy día, diferencia explicada por el accionar antrópico a manera de cortes y de rellenos para minería en los materiales de cobertura y en el substrato rocoso, y para urbanización. Alteraciones últimas forjadas en las dos últimas décadas del siglo pasado.

EXPLORACIÓN DEL SUELO, ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Adicionalmente, con el fin de caracterizar geotécnicamente los materiales involucrados, se realizaron 9 sondeos mecánicos de hasta 30.0 m, 2 sondeos manuales entre 3.70 m y 5.80 m, 10 apiques con profundidad máxima de 1.50 m, 7 líneas de refracción sísmica, 4 tomografías eléctricas y 2 resistividades eléctricas. El nivel freático variaba desde 0.80 m hasta los 11.0 m en algunas zonas. En el ANEXO D de este informe se presentan los registros de perforaciones de los sondeos convencionales ejecutados.

Del análisis de la información de la campaña de exploración del subsuelo, se identificaron una serie de materiales clasificados como: Depósitos de deslizamiento, rellenos antrópicos, depósitos antrópicos mineros, depósitos coluviales, suelos residuales arcillosos y finalmente, lodolitas y areniscas de la formación Bogotá. Algunas de las propiedades geotécnicas de estos depósitos identificados, se observan en las siguientes tablas:

PROPIEDAD	VALOR	CALIFICACIÓN
Clasificación (USCS)	CH****, CL***	
Contenido de Humedad, w (%)	9.50**** - 29.30****	Bajo a medio
Límite Líquido, LL (%)	25.9*** - 60.0	Baja a alta compresibilidad*
Índice de Plasticidad, IP (%)	11.30**** - 40.0	Bajo a alta*
Gravedad Específica, Gs	2.52 - 2.76***	
Peso Unitario Húmedo (Ton/m ³)	1.45 - 2.12****	
Peso Unitario Seco (Ton/m ³)	1.43**** - 1.88****	
Granulometría	G (%)	1.70**** - 11.60****
	A (%)	21.61**** - 41.50****
	F (%)	46.80*** - 78.00
Resistencia a la Compresión Simple, q _s (Kg/cm ²)	0.191**** - 3.260****	Muy blanda a muy firme
Coefficiente de Compresión, C _c (Kg/cm ²)	0.18****	
Coefficiente de Recompresión, C _r	0.04****	
Cohesión, c (Kg/cm ²)	0.06*** - 0.40(CD)****	
Ángulo de Fricción, φ (°)	15.70 (CD)*** - 33.37 (CD, S9M3)	
Cohesión Residual, c _r (Kg/cm ²)	0.00 (CD)****	
Ángulo de Fricción Residual, φ _r (°)	30.80 (CD)****	

Tabla 6-20 Parámetros Depósitos de Deslizamientos

PROPIEDAD	VALOR	CALIFICACIÓN
Clasificación (USCS)	CL, CH	
Contenido de Humedad, w (%)	8.50 - 33.00	Bajo a Medio
Límite Líquido, LL (%)	18.28 - 67.00	Baja A Alto
Índice de Plasticidad, IP (%)	12.00 - 40.00	Bajo a Alto*
Gravedad Específica, Gs	2.59 - 2.68	
Peso Unitario Húmedo (Ton/m ³)	1.64 - 2.29	
Peso Unitario Seco (Ton/m ³)	1.11 - 2.13	
Granulometría	G (%)	0**** - 18.6****
	A (%)	4.6**** - 41.2****
	F (%)	58.8**** - 80.9
Resistencia a la Compresión Simple, q_u (Kg/cm ²)	0.80 - 1.80	Media a Firme
Coefficiente de Compresión, Cc (Kg/cm ²)	0.10	
Cohesión, c (Kg/cm ²)	0.14 - 0.49	
Ángulo de Fricción, ϕ (°)	13.72 (CD, S3M4) - 29.00 (CD, S1M4)	
Cohesión Residual, c_r (Kg/cm ²)	0.00 (CD)**** - 0.06 (CD)***	
Ángulo de Fricción Residual, ϕ_r (°)	13.72 (CD, S3M4) - 27.7 (CD)****	

Tabla 6-21. Parámetros Relleno Antrópico Urbanístico Seleccionado

PROPIEDAD	VALOR	CALIFICACIÓN
Clasificación (USCS)	CL	
Contenido de Humedad, w (%)	25.00	Medio
Límite Líquido, LL (%)	43.00 - 44.00	Medio
Índice de Plasticidad, IP (%)	23.00 - 24.00	Medio
Peso Unitario Húmedo (Ton/m ³)	2.02*** - 2.48***	
Peso Unitario Seco (Ton/m ³)	1.82*** - 1.99***	
Resistencia a la Compresión Simple, q_u (Kg/cm ²)	3.184***	Muy firme
Cohesión, c (Kg/cm ²)	0.39 (CD)***	
Ángulo de Fricción, ϕ (°)	25.70 (CD)***	
Cohesión Residual, c_r (Kg/cm ²)	0.16*** - 0.40***	
Ángulo de Fricción Residual, ϕ_r (°)	24.10*** - 28.80***	

Tabla 6-22 Parámetros Suelos Residuales

La información de exploración del suelo contenida en este estudio servirá como base para la determinación de los modelos geológicos geotécnicos específicos para el proyecto del Cable de San Cristóbal.

PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

Sus expresiones hoy día son de amplia representatividad y significado, puesto que ponen de manifiesto la susceptibilidad de las laderas y dan una idea (gruesa por demás) de los estados de amenaza. Se identificaron dos deslizamientos traslacionales, y un flujo de tierra. Su actividad y desarrollo, expresada en estado y distribución, es activo-avanzado (AA), activo simple (AS), y activo-confinado (AC). Tienen profundidades de hasta 9.5 m, con anchos en la parte media de

cercana a los setenta metros, y entre cuatro y seis metros para los restantes; y longitudes de hasta trescientos veinte metros. Los escarpes principales tocan los cinco metros, si se trata del principal, o se calcan con alturas inferiores al metro y medio, en lo que atañe a los menores. Su movilización es facilitada por el pronunciado buzamiento de las laderas, por el manejo inadecuado del drenaje, por la saturación parcial o por la presurización, por las altas pendientes del contacto suelo-roca (superiores a los ángulos de fricción básicos del lleno) y por el reblandecimiento del material.

De este conjunto de eventos, el de mayor envergadura y trascendencia en el complejo moviliza cerca de 16.000 m², su superficie de deslizamiento concuerda con el contacto suelo-roca, su movilización se da a lo largo de las superficies más débiles, y su capacidad de destrucción redundante en daños leves a la infraestructura pluvial y a las viviendas, adicionado a la pérdida de vegetación y a la percepción del incremento de la vulnerabilidad. Sus indicios de actividad se remontan a los primeros años de este siglo (en particular al año 2000). La tasa de movimiento migra entre muy baja y baja (Varnes, 1978, citado por Cruden y Varnes, 1996) de centímetros por año. Si bien su repercusión es incuestionable, su extinción (o su control) es inaplazable: el uso venidero depende de su tratamiento y de su estabilización.

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

A fe de describir la variación de los procesos hidrológicos es necesario conocer no solo las características hidrológicas, sino las condiciones climáticas, físicas y de vegetación del medio. La precipitación promedio anual multianual en la cuenca es del orden de 1098.25mm, el régimen pluviométrico es esencialmente bimodal como se evidencia en los histogramas de precipitación media anual. La temperatura media oscila entre los 12.3°C y los 13.2°C, la humedad relativa media es del orden de 80%, y la vegetación predominante responde al retamo espinoso y a arbustos de poca altura.

Santa Rosa está irrigada y limitada por la quebrada Los Toches. Ella discurre al norte de la urbanización, su cuenca drena un área de 28.59 Ha, y su perímetro es de 3 km. La longitud del cauce principal es de cercano a los 1320 m, su pendiente ponderada, derivada por el método de Taylor – Schwarz, es del orden del 14%. Pero Los Toches no es el único drenaje, otras quebradas surcan al sur, y hacen parte de una cuenca vecina. En la siguiente figura se plasman los rasgos morfométricos de las subcuencas aferentes a la urbanización:

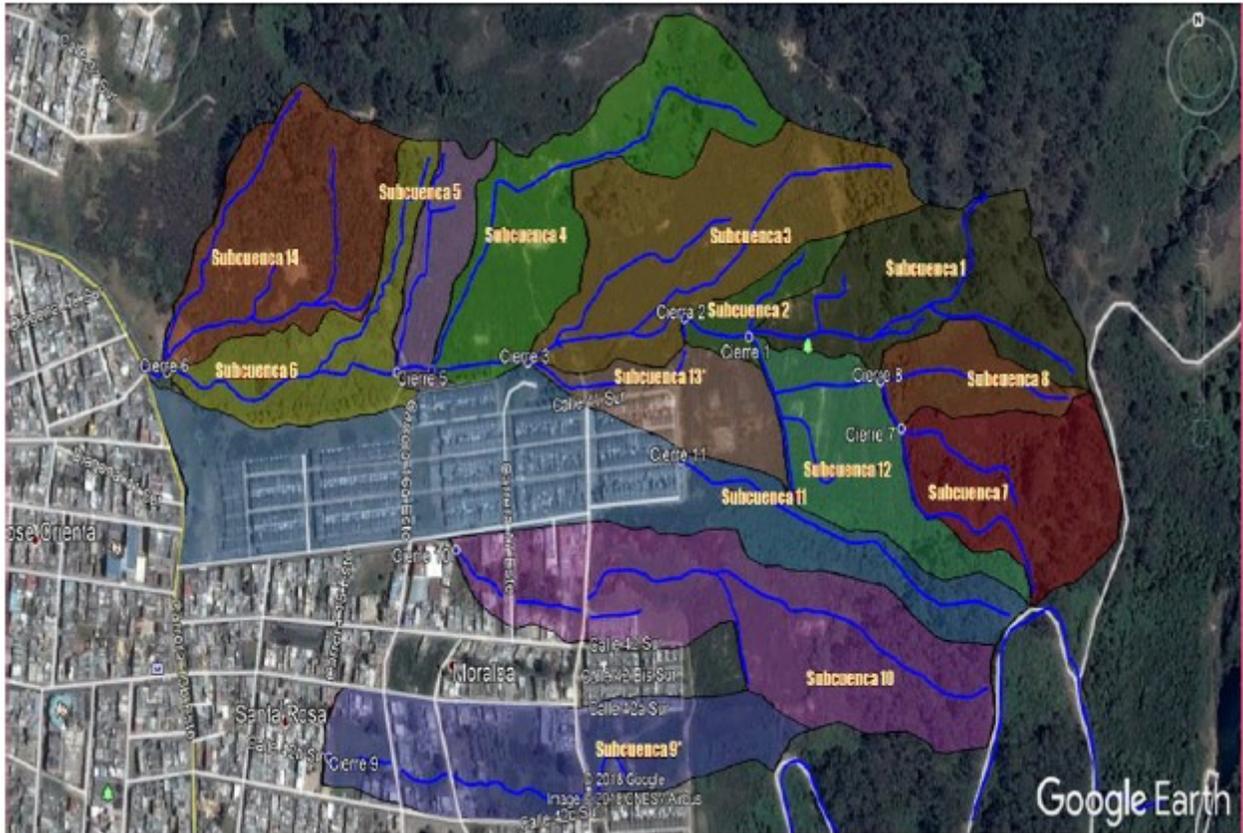


Figura 6-23 Red de Drenaje en la Ciudadela Santa Rosa

17. Estudios Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

Se consultó la base de datos de perforaciones ejecutadas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en su Sistema de Información Geotécnica (SIGGEO). La mayoría de información corresponde a apiques entre 1.0 m y 3.0m que no representan mayor utilidad para el proyecto desde el punto de vista geotécnico y de riesgos. Se identificaron 5 sondeos de más de 5.0 m de profundidad dentro del área de influencia del proyecto tal y como se observa en la siguiente figura:

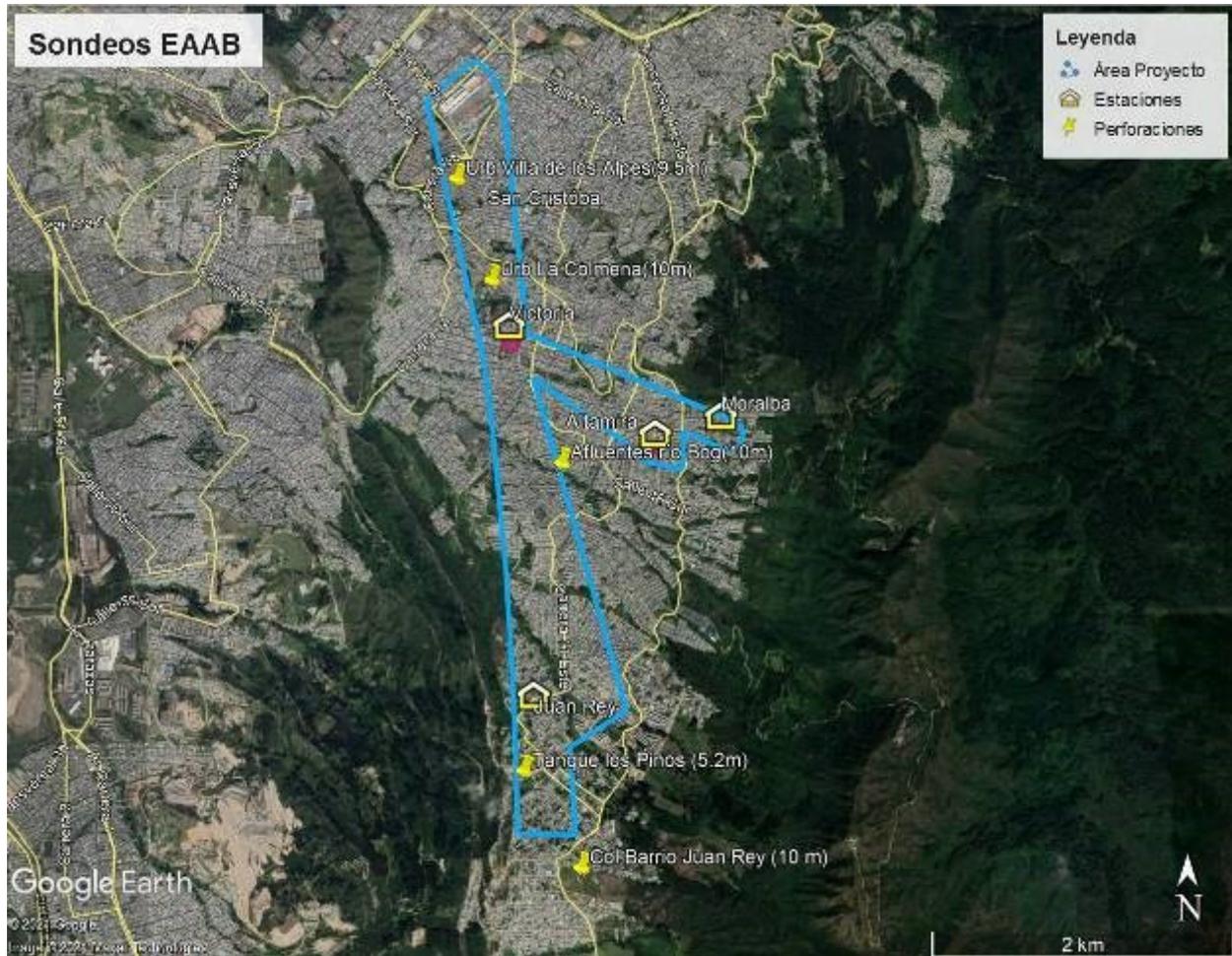
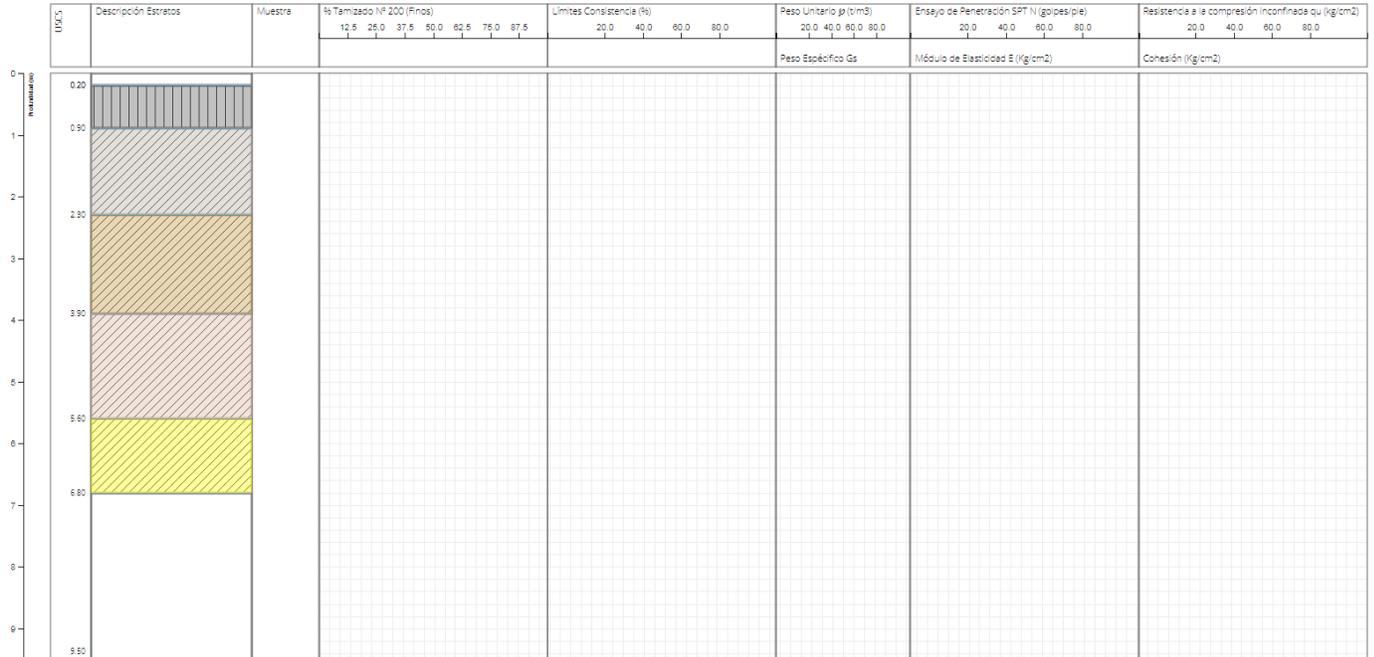


Figura 6-24. Ubicación sondeos EAAB. Fuente: Adaptación SISGEO y Google Earth

La información en el SISGEO permite visualizar únicamente localización, profundidad, nivel freático y materiales encontrados. No hay información asociada a los estudios geotécnicos, registros de perforación, registros de resultados de laboratorio ejecutados ni características mecánicas de los materiales.



Estratos:

Profundidad Inicial	Profundidad Final	Materiales	Colores
0	0.2	Capa vegetal	
0.2	0.9	Limo Arcilloso	Negro, Vetas Carmelitas
0.9	2.3	Ardilla	Habano Con Vetas Negras Y Ojivas
2.3	3.9	Ardilla	Carmelita Con Vetas Grises
3.9	5.6	Ardilla	Habano Con Ojivaciones, Vetas Grises
5.6	6.8	Ardilla	Amarillo
6.8	9.5	Ardolita	

Figura 6-25. Información Obtenida en el SISGEO

La información específica de estas perforaciones está en proceso de trámite con la entidad y se tendrán en cuenta para la fase de factibilidad.

18. Visita técnica a la zona de estudio 2021

El día 18 de febrero de 2021, se realizó una visita de reconocimiento preliminar que permitió visualizar de manera general el lugar en donde será implantado el proyecto del Cable de San Cristóbal.

Durante el recorrido se identificaron ubicaciones potencialmente susceptibles a movimientos por remoción en masa.

La zona de estudio en general no presenta evidencia de movimientos en masa recientes. Las vías no presentan deformaciones y en las viviendas no se evidencian grietas asociadas a este tipo de fenómenos. Los taludes observados presentan buena cobertura vegetal.



Figura 6-26 Estado vías y viviendas zona de Altamira

Sin embargo, en la zona alta del trazado, cerca donde se tiene prevista la estación de retorno de Moralba, se identifican pendientes altas y un proceso de remoción en masa tal y como se observa en la siguiente figura: Instituto de Desarrollo Urbano



Figura 6-27. Proceso de remoción en masa en la zona cercana a Moralba

Adicionalmente, se identificaron algunas zonas en donde se tiene previsto la ubicación de pilonas de sostenimiento las cuales quedan en taludes y pendientes. Estos lugares deben ser analizados con detenimiento en etapas posteriores más aún cuando la comunidad manifiesta que se han presentado problemas de remoción en masa en estos sectores.



Figura 6-28 Posible ubicación piona entre La Victoria y Altamira



Figura 6-29 Posible ubicación piona cercana al barrio Atenas



Figura 6-30. Posible ubicación pizona cercana al barrio Atenas

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con la información recopilada mencionada en el numeral anterior, se tiene una base importante de información secundaria que permite vislumbrar las características, geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, sísmicas y de amenaza para la implantación del proyecto.

Es así como se puede identificar que en la zona del Portal 20 de Julio, lugar de inicio del trazado del cable, se encuentran materiales asociados a la Formación Bogotá, compuestos por rellenos antrópicos en los primeros metros y luego suelo residual de la formación Bogotá para finalmente encontrar roca tipo arcillolita. La roca se encuentra más superficial hacia el costado sur oriente del portal (entre 5.0 m y 10.0 m y se va profundizando en dirección nor oeste (más de 20.0 m). El nivel freático en este punto ronda los 3.0 m y se caracteriza por ser una zona plana de depósito con componentes transformados por el hombre. En la estación intermedia de La Victoria se tiene materiales de la formación Siecha, conformados básicamente por llenos antrópicos, depósitos de vertiente y, después de 16.0 m aproximadamente, se encuentran materiales volcánicos. Se esperaría encontrar roca a profundidades mayores a 20.0 m en esta zona y nivel freático a unos 2.0 m. Se caracteriza por tener pendientes moderadas. La estación de retorno de Altamira se encuentra en el límite entre las formaciones Río Siecha y Bogotá en donde se tienen rellenos antrópicos hasta los 5.0 m y posteriormente se encuentran arcillas de la formación Bogotá con nivel freático de 3.0 m aproximadamente y pendientes entre 5° y 15°. Más arriba, hacia la zona de Moralba, se encuentran materiales de la formación Bogotá, con arcillolita aflorando entre 5.0 y 8.0 m de profundidad. Por encima de la roca se encuentran rellenos limosos de consistencia variable. Hacia el sector de Juan Rey se tiene mayor incertidumbre pues no se encontraron suficientes estudios. De acuerdo con el ensayo Down Hole realizado en el 2015, se identifica un suelo de baja calidad, clasificado como tipo D de acuerdo con la velocidad de onda cortante promedio obtenida. No se identificó roca en los 15.0 m del ensayo.

De acuerdo con lo anterior, las cimentaciones de las estructuras que compondrán el sistema del cable, según las recomendaciones y materiales especificados en los estudios consultados, serán de tipo profundas y se deberán empotrar en el estrato rocoso de arcillolita. En cuanto a la cimentación de redes de servicios públicos, dependiendo del tipo de material encontrado y del tipo de red a instalar, se evaluarán zanjas con profundidades entre 3.0 m y 7.0 m de profundidad y anchos de hasta 2.30 m para tuberías de la red matriz (si es el caso) con el uso de materiales granulares compactados como material de apoyo.

En cuanto a riesgos, se evidencia de la información recopilada que hay ciertas zonas en el trazado que requieren una atención especial en lo que tiene que ver con amenaza por remoción en masa. Zonas cercanas al barrio Villas de los Alpes, sector que ha presentado problemas en el pasado en este sentido, Barrio Atenas y Moralba en la parte alta del trazado, deberán evaluarse con detenimiento en las etapas subsecuentes. De acuerdo con el mapa de amenaza por remoción en masa, la zona alta de Juan Rey presenta zonas con amenaza alta. Además, de acuerdo con la visita técnica realizada, la ubicación de algunas pilonas está sobre parques o

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

zonas con altas pendientes que, aunque no evidencian visualmente movimientos recientes, podrían presentar riesgo.

De acuerdo con la microzonificación sísmica de Bogotá, el trazado pasa por las zonas geotécnicas denominadas Depósito de Ladera, Cerros A y Piedemonte con las siguientes características sísmicas:

Zona	Aceleración Horizontal $A_{0.475}$	Coefficiente de amplificación F_a	Coefficiente de amplificación F_v
Piedemonte B	0.26	1.95	1.70
Cerros	0.18	1.35	1.30
Depósito Ladera	0.22	1.65	1.70

A pesar de que se cuenta con una buena cantidad de información, en el sector de Juan Rey y en los tramos entre estaciones no hay información suficiente que permita evaluar diferentes alternativas desde el punto de vista geotécnico como se observa en la *Figura 5-1 Ubicación Estudios Geotécnicos*. Es por esto que se recomienda plantear una campaña de exploración geotécnica en la fase de factibilidad que permita complementar la información encontrada y poder eliminar la incertidumbre geotécnica en estas zonas.



ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN
DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL
CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.



*ANEXO A. MAPA GEOLÓGICO LOCALIDADES DE RAFAEL URIBE Y SAN
CRISTOBAL*

**ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**
MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano



ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN
DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL
CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.



*ANEXO B. REGISTROS DE PERFORACIÓN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD CABLE
SAN CRISTÓBAL 2013*

**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano



ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN
DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL
CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.



ANEXO C. REGISTROS DE PERFORACIÓN ESTUDIO PORTAL 20 DE JULIO 2009

**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano



ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN
DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL
CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.



ANEXO D. REGISTROS DE PERFORACIÓN ESTUDIO SANTA ROSA

**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano