

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOTÉCNICA DE LOS NÚCLEOS DE  
ROCA OBTENIDOS DE PERFORACIONES EN EL SECTOR ENTRE EL PUENTE  
QUEBRADA SECA Y EL PUENTE CORRAL DE PIEDRA PARA EL ESTUDIO DE  
LA VÍA BUCARAMANGA - ALTO DEL ESCORIAL.

CHRISTIAN ALVEIRO BLANCO ARENAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA

2020

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOTÉCNICA DE LOS NÚCLEOS DE  
ROCA OBTENIDOS DE PERFORACIONES EN EL SECTOR ENTRE EL PUENTE  
QUEBRADA SECA Y EL PUENTE CORRAL DE PIEDRA PARA EL ESTUDIO DE  
LA VÍA BUCARAMANGA - ALTO DEL ESCORIAL.

CHRISTIAN ALVEIRO BLANCO ARENAS

Trabajo de grado para optar al título de  
Geólogo

Director

GUILLERMO VARGAS PIESCHACÓN

Geólogo Especialista en Geotecnia Ambiental

Codirector

LUIS EDUARDO MORENO TORRES

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA

2020

## DEDICATORIA

*A Dios, porque ha sido mi sustentador y mi fortaleza.*

*A mi familia, mis padres, mis hermanos y hermanas, que siempre me han brindado su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios primeramente, porque todo se lo debo a Él

A mi familia, que siempre estuvo para mí en todo momento.

A mis amigos por su compañía y ánimo.

A mi director de proyecto, el profesor Guillermo Vargas por su ayuda y colaboración para el desarrollo del proyecto.

A cada uno de los profesores de la Escuela de Geología que hicieron parte de este proceso de formación profesional.

Al laboratorio de preparación de muestras geológicas de la Universidad Industrial de Santander, a Lucho y a Luis Eduardo por su colaboración.

A la Escuela de Geología y a la Universidad Industrial de Santander, que se convirtió en mi segundo hogar durante mi etapa académica.

A todos, mil gracias.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
1. GENERALIDADES .....	16
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.2 OBJETIVOS .....	17
1.2.1 Objetivo General.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos.....	17
1.3 LOCALIZACIÓN .....	18
1.4 ANTECEDENTES.....	21
2 METODOLOGÍA .....	26
2.1 PRE-CAMPO .....	26
2.2 CAMPO .....	27
2.3 LABORATORIOS .....	27
2.3.1 Elaboración de secciones delgadas y Análisis Petrográfico.....	27
2.3.2 Ensayos de Compresión Simple.....	28
2.4 OFICINA .....	28
2.5 REDACCIÓN Y ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL .....	29
3 MARCO TEÓRICO .....	30
3.1 MARCO GEOLÓGICO.....	30
3.1.1 Neis de Bucaramanga.....	31
3.1.2 Esquistos del Silgará.....	32

3.1.3 Ortoneis.....	33
3.1.4 Tonalita.....	34
3.2 GEOTECNIA.....	35
3.2.1 Suelos y Depósitos sedimentarios. ....	35
3.2.2 Mecánica de Rocas. ....	39
3.2.3 Meteorización. ....	40
3.2.4 Ensayo Uniaxial o de Compresión Simple.. ....	41
4 RESULTADOS .....	46
4.1 GEOLOGÍA LOCAL .....	46
4.1.1 Neis de Bucaramanga. ....	46
4.1.2 Esquistos del Silgará (s.s.).....	53
4.1.3 Depósitos Cuaternarios. ....	56
4.2 REINTERPRETACIÓN DE SONDEOS.....	63
4.2.1 Puente Quebrada Seca P15-d K9+350.....	63
4.2.2 Puente Quebrada Seca P16-i K9+400.....	65
4.2.3 Puente Corral de Piedra P17-d K9+890.....	66
4.2.4 Puente Corral de Piedra P18-i K9+920.....	68
4.2.5 Sondeo ST-7 K8+720 .....	71
4.2.6 Análisis de procedencia .....	73
4.3 ENSAYOS DE COMPRESIÓN INCONFINADA.....	75
4.4 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS .....	80
5 DISCUSIÓN.....	84

6 CONCLUSIONES .....86

BIBLIOGRAFÍA.....89

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de campo. Se muestra en el mapa geológico de Colombia y la plancha 109.....	19
Figura 2. Mapa Topográfico del área de estudio.....	20
Figura 3. Mapa geológico plancha 109. ....	34
Figura 4. Formación de suelos.....	37
Figura 5. (A) Perfil tipo de depósitos coluviales. (B) Perfil tipo de depósitos aluviales. ....	39
Figura 6. Máquina para el ensayo uniaxial.....	43
Figura 7. Neis cuarzo-feldespático perteneciente al Neis de Bucaramanga (Estación 14). ....	47
Figura 8. Neis Cuarzo-feldespático con capas y lentes de esquistos micáceo (Estación 15). ....	48
Figura 9. Muestra PCP-01 en nicoles cruzado y paralelos respectivamente. ....	49
Figura 10. Muestra PCP-03 en nicoles cruzados y paralelos respectivamente. ....	50
Figura 11. Muestra PCP-01 en nicoles cruzados y paralelos respectivamente. ....	51
Figura 12. Muestra ST-7 en nicoles cruzados y paralelos respectivamente. ....	52
Figura 13. Esquistos Micáceo de los Esquistos del Silgará (s.s.).....	53
Figura 14. Meta-areniscas altamente fracturadas pertenecientes a los Esquistos del Silgará (s.s.) ....	54
Figura 15. Muestra PCP-02 en nicoles cruzados y paralelos respectivamente. ....	55
Figura 16. Depósito Aluvial en drenaje secundario, sector Corral de Piedra. ....	57
Figura 17. Llanura de Inundación y terrazas de acumulación en el Río Suratá. ....	58
Figura 18. Depósitos Coluviales. ....	60
Figura 19. Mapa geológico del área de estudio. ....	61
Figura 20. Corte geológico.....	62
Figura 21. Tipos de fallas en ensayo de compresión simple. ....	77
Figura 22. Núcleos fallados tras la compresión simple. ....	78

Figura 23. Mapa de pendientes. ....81  
Figura 24. Mapa de unidades geomorfológicas en el área de estudio. ....83

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Sistema Coordinado de los mapas generados en SIG. ....	29
Cuadro 2. Perfil de meteorización según diferentes autores. ....	36
Cuadro 3. Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso. ....	41
Cuadro 4. Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a la compresión simple. ....	44
Cuadro 5. Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de suelos y rocas a partir de índices de campo, ISRM 1981. ....	45
Cuadro 6. Informe de Resultados del ensayo de compresión simple. ....	76

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sondeo Puente Quebrada Seca P15-d. ....	63
Tabla 2. Continuación de Sondeo Puente Quebrada Seca P15-d.....	64
Tabla 3. Sondeo Puente Quebrada Seca P16-i. ....	65
Tabla 4. Sondeo Puente Corral de Piedra P17-d. ....	66
Tabla 5. Continuación Sondeo Puente Corral de Piedra P17-d. ....	67
Tabla 6. Continuación Sondeo Puente Corral de Piedra P17-d. ....	68
Tabla 7. Sondeo Puente Corral de Piedra P18-i. ....	69
Tabla 8. Continuación de Sondeo Puente Corral de Piedra P18-i.....	70
Tabla 9. Continuación de Sondeo Puente Corral de Piedra P18-i.....	70
Tabla 10. Sondeo ST-7.....	71
Tabla 11. Continuación Sondeo ST-7. ....	72
Tabla 12. Resultados de ensayo de compresión simple. ....	75
Tabla 13. Clasificación de rocas a partir de su resistencia a la compresión simple. .....	78
Tabla 14. Unidades Geomorfológicas en el área de estudio. ....	82

## LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos y pueden visualizarlos en la Base de datos de la Biblioteca  
UIS)

Anexo A. Mapas.

Anexo B. Reclasificación de sondeos.

Anexo C. Secciones delgadas.

## RESUMEN

**Título:** CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOTÉCNICA DE LOS NÚCLEOS DE ROCA OBTENIDOS DE PERFORACIONES EN EL SECTOR ENTRE EL PUENTE QUEBRADA SECA Y EL PUENTE CORRAL DE PIEDRA PARA EL ESTUDIO DE LA VÍA BUCARAMANGA - ALTO DEL ESCORIAL\*.

**Autor:** Christian Blanco\*\*.

**Palabras Claves:** Petrografía, compresión simple, Macizo de Santander, geomorfología, geotecnia, caracterización geológica.

**Descripción:** Se realiza una caracterización petrográfica y geotécnica de núcleos perforados por el Consorcio Diseños Viales para el estudio y diseño a nivel de fase III de la vía Bucaramanga a Cúcuta por el Alto El Escorial, en el sector entre La Capilla y Corral de Piedra; se toma estos núcleos para realizar su caracterización litológica y a algunos de estos se les realiza ensayos de compresión simple y se clasifica la roca de acuerdo a su resistencia. Se crea la cartografía geológica actualizada de las unidades litológicas aflorantes en la zona de estudio a escala 1:10.000 en base a estudios geológicos realizados en campo, en la descripción litológica de los núcleos de roca obtenidos por sondeos, y la clasificación petrográfica de secciones delgadas; también, se realiza una clasificación litológica de los fragmentos líticos encontrados en los depósitos cuaternarios como paso para el análisis de procedencia de los materiales que componen estos depósitos. Adicionalmente, con la información anterior y con el uso de los SIG, de imágenes satelitales y el Modelo Digital de Terreno (MDT), se genera el mapa de pendientes, factor importante en la clasificación de las formas del terreno, se clasifican las geoformas presentes en el área de estudio y se genera por último el mapa geomorfológico de la zona de estudio a escala 1:10.000.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de ingeniería fisicoquímicas. Escuela de geología. Director: Guillermo Vargas Pieschacón.

## ABSTRACT

**Title:** PETROGRAPHIC AND GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF THE ROCK CORES OBTAINED FROM DRILLINGS IN THE SECTOR BETWEEN THE QUEBRADA SECA BRIDGE AND THE CORRAL DE PIEDRA BRIDGE FOR THE STUDY OF THE BUCARAMANGA - ALTO DEL ESCORIAL ROAD\*.

**Author:** Christian Blanco\*\*.

**Keywords:** Petrography, simple compression, Santander Massif, geomorphology, geotechnics, geological characterization.

**Description:** A petrographic and geotechnical characterization of cores drilled by the Diseños Viales Consortium is carried out for the study and design at phase III level of the Bucaramanga to Cúcuta road through the Alto El Escorial, in the sector between La Capilla and Corral de Piedra; These cores are taken to perform their lithological characterization and some of these are subjected to simple compression tests and the rock is classified according to its resistance. The updated geological cartography of the outcropping lithological units in the study area is created at a scale of 1: 10,000 based on geological studies carried out in the field, on the lithological description of the rock cores obtained by drilling, and the petrographic classification of thin sections ; Also, a lithological classification of the lithic fragments found in the quaternary deposits is carried out as a step for the origin analysis of the materials that make up these deposits. Additionally, with the above information and with the use of GIS, satellite images and the Digital Terrain Model (DTM), the slope map is generated, an important factor in the classification of landforms, the present geoforms are classified. in the study area and finally the geomorphological map of the study area is generated at a scale of 1: 10,000.

---

\* Bachelor Thesis.

\*\* Facultad de ingeniería fisicoquímicas. Escuela de geología. Director: Guillermo Vargas Pieschacón.

## INTRODUCCIÓN

En este proyecto de investigación se realiza una nueva caracterización petrográfica y geotécnica de los núcleos perforados por el Consorcio Diseños Viales en su proyecto de estudios y diseños a nivel de fase III de la carretera Bucaramanga – Cúcuta por el Alto del Escorial, esto, entre el sector de La Capilla y Corral de Piedra sobre la vía que conduce de Bucaramanga a Matanza. Se parte de una descripción geológica detallada de los núcleos con su respectiva caracterización litológica de los fragmentos líticos, y se escogen algunos de éstos para la realización de ensayos de compresión inconfiada y descubrir los valores de resistencia de la roca.

Como parte del estudio, se presenta una descripción de las unidades geológicas aflorantes en el área de estudio, en base al estudio geológico de campo, la clasificación de secciones delgadas de los cuerpos rocosos más relevantes, la descripción geológica de los núcleos de perforación y los ensayos de compresión simple; también se presenta el análisis de procedencia de los materiales que conforman los depósitos cuaternarios. Adicionalmente se muestra la actualización del mapa geológico de la zona a escala 1:10.000, un corte geológico, y el mapa geomorfológico del área de estudio con su respectiva clasificación de las geoformas presentes.

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 JUSTIFICACIÓN.**

La geotecnia, así como la paleontología es el puente entre la Geología y la Biología, ésta es el puente entre la Geología y la Ingeniería Civil. La geotecnia enfoca su estudio en las propiedades mecánicas e hidráulicas de suelos y rocas, tanto en superficie como en el subsuelo; Tiene gran utilidad y es de gran importancia para la prevención y mitigación de posibles desastres disminuyendo el riesgo de que sucedan estos eventos, tal es el caso de las remociones en masa. Los estudios geotécnicos procuran dar una idea precisa de la estabilidad del terreno y de las mejores medidas a tomar.

En el presente trabajo se pretende determinar propiedades geomecánicas de los materiales del sector de estudio y realizar una caracterización y descripción geológica detallada, esto, a través de ensayos geotécnicos de laboratorio y análisis petrográficos de los materiales obtenidos por perforaciones realizadas por el Consorcio Diseños Viales durante la actualización de estudios y diseños a nivel de fase III de la carretera Bucaramanga - Alto del Escorial y de control de campo; Además se busca complementar los demás proyectos de grado que se realizaron con el mismo enfoque en zonas aledañas. También se pretende desarrollar información actualizada de las unidades litológicas involucradas y así enriquecer la existente base de datos de la UIS y de la Litoteca.

## 1.2 OBJETIVOS

**1.2.1 Objetivo General.** Realizar una caracterización petrográfica y geotécnica de los núcleos de roca obtenidos de perforaciones en tres puntos de la vía Bucaramanga-Matanza entre el sector de La Capilla y Corral de Piedra, así como la respectiva descripción geológica de la zona mediante la interpretación de la información anterior y nueva obtenida durante la campaña de campo, de análisis petrográficos y estratigráficos de estos materiales y de ensayos de compresión inconfiada, además, una actualización cartográfica del sector de estudio a escala 1:10000.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

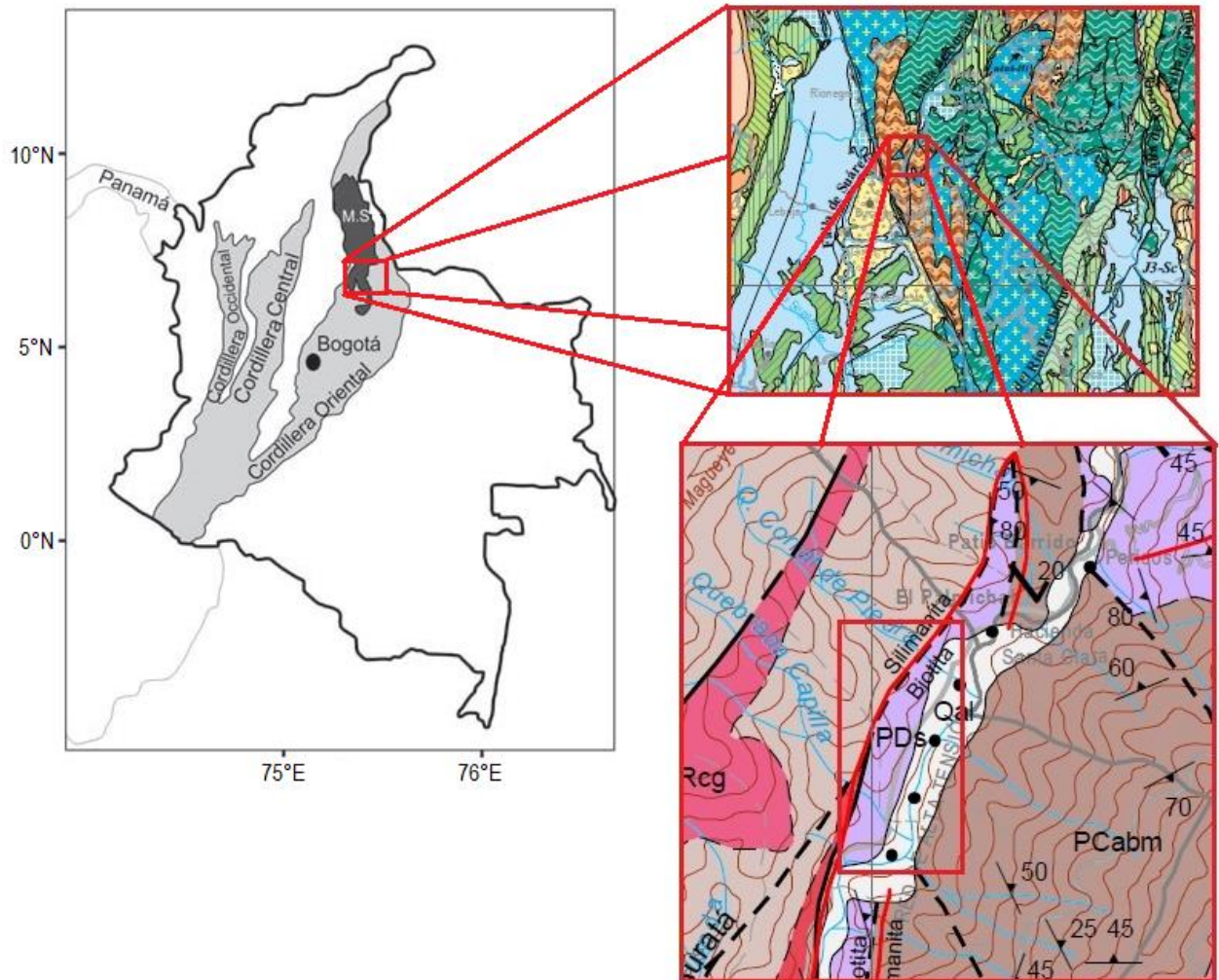
- Elaborar una actualización más detallada de la cartografía geológica del sector de estudio comprendido entre las coordenadas 1'109.720 N a 1'110.700 N y 1'285.920 E a 1'287.960 E, a escala 1:10000.
- Realizar una descripción y caracterización petrográfica de rocas y depósitos obtenidos por sondeo y muestras de campo empleando el análisis de muestra de mano, y de sección delgada a los más representativos.
- Realizar e interpretar los resultados de ensayos de compresión simple de las muestras más representativas de las unidades encontradas y obtener el parámetro geotécnico de la resistencia del material al esfuerzo compresivo.
- Presentar una descripción respecto la procedencia de los materiales líticos pertenecientes a los depósitos consolidados y/o semiconsolidados del sector de estudio.
- Entregar nueva información petrográfica y geotécnica de los núcleos de roca de las unidades geológicas estudiadas y de la geología de la zona a la Litoteca de la Universidad.

### 1.3 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra localizada hacia el noreste de la ciudad de Bucaramanga aproximadamente a 8 kilómetros desde el sector del Norte sobre la vía Bucaramanga-Matanza, ésta última atraviesa la zona cuya área tiene una extensión de 2 Km<sup>2</sup> y se muestra en un rectángulo en el cuadrángulo H12 sobre la zona 109-IV-D del instituto geográfico Agustín Codazzi como se muestra en la figura 1 y 2. Las coordenadas que lo limitan son: 1'109.720 N a 1'110.700 N y 1'285.920 E a 1'287.960 E.

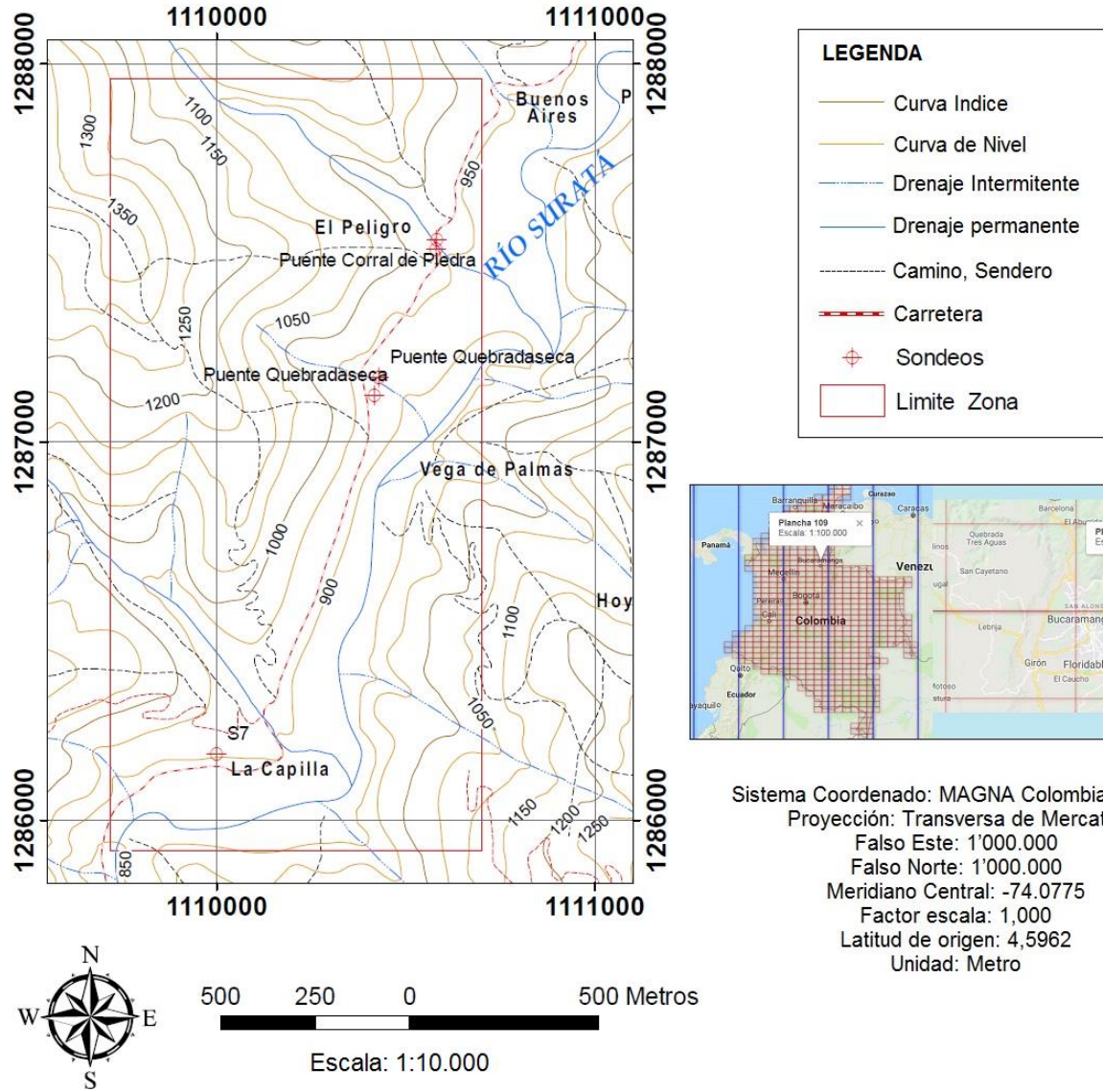
El principal acceso a la zona es la vía Bucaramanga-Matanza sobre el sector de La Capilla hasta el sector de Corral de Piedra, también existen diferentes rutas como carreteras destapadas y caminos hechos por la comunidad a lo largo de toda la zona como se puede ver en la figura 2.

Figura 1. Localización de la zona de campo. Se muestra en el mapa geológico de Colombia y la plancha 109.



Fuente 1: Modificado de Mantilla et al. (2011) y del Servicio Geológico Colombiano (2013)

Figura 2. Mapa Topográfico del área de estudio



Fuente 2: Tomado y modificado del IGAC.

## 1.4 ANTECEDENTES

El Macizo de Santander ha sido objeto de gran interés y múltiples estudios geológicos a lo largo de toda su extensión. Los primeros estudios geológicos realizados allí se reportan a Julivert en 1958<sup>1</sup>, 1959<sup>2</sup>, 1961a<sup>3</sup>, 1961b<sup>4</sup> y 1963<sup>5</sup>; posteriormente se amplió la cartografía con Ward et. al en 1969a<sup>6</sup>, 1969b<sup>7</sup> y 1970<sup>8</sup>, y finalmente sintetiza estos datos en 1973<sup>9</sup>.

---

<sup>1</sup> JULIVERT, Manuel. La morfoestructura de la zona de mesas al SW de Bucaramanga. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1958. Vol. 1. p 7-44.

<sup>2</sup> JULIVERT, Manuel. Geología de la vertiente W del Macizo de Santander en el sector de Bucaramanga. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1959. Vol. 3. p 15-34.

<sup>3</sup> JULIVERT, Manuel. Las estructuras del Valle Medio del Magdalena y su significación. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1961a. Vol. 3. p 33-52.

<sup>4</sup> JULIVERT, Manuel. Geología de la vertiente W de la Cordillera Oriental en el sector de Bucaramanga. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1961b. Vol. 3. p 39-42.

<sup>5</sup> JULIVERT, Manuel. Nuevas observaciones sobre la estratigrafía y tectónica del Cuaternario de los alrededores de Bucaramanga. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1963. Vol. 3 p 15-34.

<sup>6</sup> WARD, Dwight Edward, et. al. Mapa Geológico del Cuadrángulo H-12, Bucaramanga, Colombia. INGEOMINAS. 1969a.

<sup>7</sup> WARD, Dwight Edward, et. al. Mapa Geológico de San Gil y Málaga (parte de los Cuadrángulos I-12 y I-13), Colombia. INGEOMINAS. 1969b.

<sup>8</sup> WARD, Dwight Edward, et. al. Mapa Geológico del Cuadrángulo H-13, Pamplona, Colombia. INGEOMINAS. 1970.

<sup>9</sup> WARD, Dwight Edward, et. al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. U.S. Geological Survey e INGEOMINAS. Boletín Geológico, Vol. XXI(1-3). 1973. pp. 1-132.

Otros estudios petrográficos, cartográficos y mineralógicos en el Macizo de Santander de importancia son llevados a cabo por García y Ríos<sup>10</sup>, Barragán y Montenegro<sup>11</sup>, García y Campos<sup>12</sup>, Royero y Clavijo<sup>13</sup> y García et. al.<sup>14</sup>.

---

<sup>10</sup> GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y RÍOS REYES, Carlos Alberto. Metamorfismo y metalogenia asociada del Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia. Informe final Proyecto de Investigación. Universidad Industrial de Santander – Conciencias 1999. 191p.

<sup>11</sup> MONTENEGRO BUITRAGO, Gustavo Adolfo y BARRAGÁN ARIAS, Mario Fernando. Metamorfismo y Evolución Metamórfica del área comprendida entre los municipios de Vetas (Santander) y Mutiscua (Norte de Santander). Tesis de Pregrado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga (Colombia). 1999.

<sup>12</sup> GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y CAMPOS ÁLVAREZ, Nelson Orlando. Composición química y mineralogía de las biotitas metamórficas del sector central del Macizo de Santander, Colombia. Boletín de Geología, Vol. 22 (37). 2000. pp18-27.

<sup>13</sup> ROYERO GUTÉRREZ, José María, y CLAVIJO TORRES, Jairo. Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander, Memoria Explicativa. Escala 1:400000. Bogotá: INGEOMINAS, 2001. 92p.

<sup>14</sup> GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto; RÍOS REYES, Carlos Alberto y CASTELLANOS, Oscar Mauricio. Medium - Pressure Metamorphism In The Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. En: Boletín de Geología. Julio 2005. Vol 27, No 2, p 43-68.

Autores como Goldsmith<sup>15</sup>, Ward<sup>16</sup>, Boinet<sup>17</sup>, Restrepo-Pace<sup>18</sup>, Mantilla<sup>19,20</sup>, Van Der Leji<sup>21,22</sup>, Amaya<sup>23</sup> y más recientemente García-Delgado<sup>24</sup>, entre otros, han realizado estudios geocronológicos, termocronológicos y geoquímicos de gran relevancia para la comprensión de los distintos eventos geológicos.

El macizo de Santander es considerado como un complejo metamórfico pre-Devónico conformado por tres unidades metamórficas que corresponde a la Formación Silgará, al Neis de Bucaramanga y al Ortoneis<sup>25</sup>. Respecto a la Formación Silgará, Restrepo-Pace<sup>26</sup> y Amaya<sup>27</sup> redefinen su nomenclatura a

---

<sup>15</sup> GOLDSMITH, Richard; MARVIN, Richard. y MEHNERT, Harald. Radiometric Ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. En: U.S. Geological Survey Professional Paper. 1971, Vol. 750-A: p. D44 – D49.

<sup>16</sup> WARD, Dwight Edward, et al., Op. Cit.

<sup>17</sup> BOINET, Thierry, et al. Age et répartition du magmatisme Prémésozoïque des Andes de Colombie. Comptes-rendus des séances de L'Académie des Sciences. Serie 2, Mécanique-Physique, chimie, sciences des L'univers, sciences de la terre. [Online] 1985. Vol 300 N° 2, p. 445-450.

<sup>18</sup> RESTREPO PACE, Pedro, et al. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville-age rocks in the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic-Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas. En: Earth and Planet Science Letters. Vol. 150 (Mayo, 1997); p. 427-441.

<sup>19</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, et al. Nuevas evidencias sobre el magmatismo Miocénico en el distrito minero de Vetás-California (Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia). Boletín de Geología UIS 2011. 33 (1).

<sup>20</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, et al. Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian eastern cordillera). Journal of South American Earth Sciences 38. 2012. p 1-12.

<sup>21</sup> VAN DER LELIJ, Roelant. Reconstructing northwestern Gondwana with implications for the evolution of the Iapetus and Rheic Oceans: a geochronological, thermochronological and geochemical study. Thèse de doctorat. Ginebra, Suiza. Univ. Genève, 2013. 248p.

<sup>22</sup> VAN DER LELIJ, Roelant, et al. A Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. Gondwana Research. Vol. 31. March 2016, P 271-294.

<sup>23</sup> AMAYA FERREIRA, Sergio; ZULUAGA, Carlos Augusto y BERNET, Matthias. New fission-track age constraints on the exhumation of the central Santander Massif: Implications for the tectonic evolution of the Northern Andes, Colombia. Lithos Volumes 282–283, 2017, Pages 388-402.

<sup>24</sup> GARCÍA DELGADO, Helvert, et al. Along-strike variations in recent tectonic activity in the Santander Massif: New insights on landscape evolution in the Northern Andes. Journal of South American Earth Sciences. Volume 98. March 2020, 102472.

<sup>25</sup> WARD, Dwight Edward, et al. Op Cit.

<sup>26</sup> RESTREPO PACE, Pedro. Late Precambrian to Early Mesozoic tectonic evolution of the Colombian Andes based on new geochronological, geochemical and isotopic data. Unpublished Ph.D Thesis, University of Arizona. 1995. 195 p.

<sup>27</sup> AMAYA FERREIRA, Sergio. Caracterización petrográfica y petrológica de las migmatitas del Neis de Bucaramanga, en el Macizo de Santander, Departamento de Norte de Santander y Santander.

Esquistos del Silgará dadas las diferencias litológicas y grados de metamorfismo presentes en sus diferentes fajas; Mantilla<sup>28</sup> propone escindir esta formación en tres unidades diferentes dadas las diferencias litológicas y edades estratigráficas determinadas a partir de dataciones U-Pb en circones detríticos, se distingue: (1) Esquistos del Silgará s.s. (unidad fundamentalmente pelítica y semipelita), (2) Esquistos del Chicamocha (unidad compuesta fundamentalmente de metapsamitas, metapelitas y metabasitas; y posiblemente litologías calco-silicatadas?, presentes en otras franjas metamórficas del MS) y (3) Filitas de San Pedro (unidad compuesta fundamentalmente de metapsamitas, metapelitas; y localmente muy posiblemente litologías meta-volcanoclásticas?). El Neis de Bucaramanga nombrado inicialmente por Goldsmith y Ward, consta de tres fajas: (1) faja Bucaramanga al este de la Falla de Bucaramanga, (2) la faja central en el área Berlín-California-Cachirí, y (3) faja Oriental localizada cerca de Chitagá y al sur de Pamplona. Estudios adelantados han permitido establecer litotipos como neises biotíticos, hornbléndicos, biotíticos-hornbléndicos, cuarzo-feldespáticos, anfibolitas y cuarcitas, así como migmatitas y mármoles, las edades conocidas y obtenidas por diferentes autores no permiten unánimamente establecer la edad del metamorfismo<sup>29</sup>.

El estudio bibliográfico deja ver que se han realizado estudios generalizados y localizados de gran valor académico y otros que no se alcanzan a mencionar a pesar de su gran relevancia, en la zona de interés se han realizado una serie de

---

Master Tesis. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento Geociencias, 2012. 130 p.

<sup>28</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y VALENCIA, Víctor. (a) Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará' (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades U-Pb en circones detríticos. En: Boletín de Geología. Vol. 38, No 1 (Enero-Abril, 2016a); p. 33-50.

<sup>29</sup> ESTUPIÑÁN GUALDRÓN, Jennifer Dayana y ULLOQUE ARDILA, Maria Teresa. Petrografía del Neis de Bucaramanga, en el Sector de Pamplona – Chitagá, Macizo de Santander. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. 2018. 65 p.

estudios geológicos generales de trabajos de grado entre los cuales se tiene a Niño<sup>30</sup>, Bohórquez y Ospino<sup>31</sup>, Gonzales y Patiño<sup>32</sup>, Flores<sup>33</sup>, Gómez<sup>34</sup> Y Jaimes<sup>35</sup>.

---

<sup>30</sup> NIÑO MOGOLLÓN, Marco Tulio. caracterización geológica y geotécnica de núcleos de roca de los sondeos realizados en el tramo del sector puente Bolarquí-Viaducto los Olivos, vía Bucaramanga-Matanza. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2018. 113 p.

<sup>31</sup> BOHÓRQUEZ QUIÑONEZ, Pedro Camilo y OSPINO GÓMEZ, Manuel Jossé. Caracterización petrográfica y geotécnica de los núcleos adquiridos en las perforaciones realizadas en el Alto del Escorial, en el sector del puente Impulsión hasta puente Tona, al norte del area metropolitana de Bucaramanga. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2019. 113 p.

<sup>32</sup> GONZALES DÍAZ, Wendy Daniela y PATIÑO MALDONADO, Angie Daniela. Caracterización geológica y geotécnica de los materiales recuperados en los sondeos realizados para la vía Bucaramanga-Matanza (K10+271 – K12+966) por la empresa Consorcio Diseños Viales. Tesis de Pregrado. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2017. 116 p.

<sup>33</sup> FLORES ORJUELA, Nicolás. Caracterización Geológica y Geotécnica a Partir de Sondeos Realizados por Consorcio Diseños Viales en los Sectores de el Palmar, el Tunzo y el Tanque, Sobre la Vía Bucaramanga – Alto del Escorial, Santander. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2019. 86 p.

<sup>34</sup> GÓMEZ GONZÁLEZ, Juan Nicolás. Caracterización Geotécnica y Geológica de Sondeos Perforados por el Consorcio de Diseños Viales en el Proyecto 'Alto Del Escorial' y Cartografía Geológica 1:10000 en la Zona Entre los Puentes Tanques y Charta. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2019. 100 p.

<sup>35</sup> JAIMES GUALDRÓN, Nicolás. Caracterización Geológica Y Geotécnica Mediante Núcleos Obtenidos A Partir De Sondeos Realizados Por La Empresa Consorcio Diseños Viales En La Vía Bucaramanga- Alto El Escorial Sector Puente Hierro A Puente Tiburón. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2019. 81 p.

## 2 METODOLOGÍA

Para este trabajo se planteó el desarrollo completo en cinco fases que se describirán a continuación:

### 2.1 PRE-CAMPO

La primera fase corresponde a la recopilación de información como revistas, artículos científicos y tesis de grado desde bases de datos de universidades y otras entidades como el IGAC y la CDMB. Con esta información se crea un panorama preliminar de lo que se puede encontrar en el área de trabajo, incluyendo la adquisición del mapa cartográfico base del área de trabajo.

También como aporte de la información, se realiza la descripción macroscópica de los núcleos de roca obtenidos de las perforaciones usando las guías UIS correspondientes a cada tipo de roca, es decir, para las rocas sedimentarias se tomará la Guía de laboratorio para descripción de rocas sedimentarias UIS de Cruz y Caballero<sup>36</sup>, para la rocas ígneas se tomará la Guía de laboratorios de petrología ígnea UIS de Mantilla<sup>37</sup>, y para las rocas metamórficas se tomará como referencia el Manual de prácticas de petrología metamórfica UIS de García<sup>38</sup>.

---

<sup>36</sup> CRUZ GUEVARA, Luis Enrique y CABALLERO, Víctor. Manual de laboratorio de petrología sedimentaria: Laboratorio 1, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. Universidad Industrial de Santander. 2007.

<sup>37</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos. 2003. Guía de laboratorios de petrología ígnea. Colombia, Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander. 122 p.

<sup>38</sup> GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto. 2007. Manual de prácticas de petrología metamórfica. Colombia, Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander. 109 p.

## **2.2 CAMPO**

Esta fase corresponde a la revisión de campo, donde se hace un barrido de la zona en busca de afloramientos adecuados para la descripción litológica de las unidades estudiadas en la fase anterior y en la posible búsqueda de otras que no estén registradas en la literatura de la zona, también se buscan rasgos estratigráficos y geomorfológicos importantes. En esta etapa se recorren los cortes de carretera, caminos y trochas que conducen a las diferentes veredas, lecho del Río y de quebradas, entre otros. La información obtenida de esta etapa y la anterior se compilan y se realiza la cartografía de la zona asignada aledaña a las perforaciones realizadas en el puente Quebrada seca y el puente Corral de Piedra comprendido entre las coordenadas 1'109.720 N a 1'110.700 N y 1'285.920 E a 1'287.960 E a escala 1:10.000.

## **2.3 LABORATORIOS**

**2.3.1 Elaboración de secciones delgadas y Análisis Petrográfico.** Para las secciones delgadas, se escogieron de las muestras más representativas encontradas en los sondeos y en la etapa de campo, estas son llevadas al Laboratorio de preparación de secciones delgadas de la Escuela de Geología en la UIS. Las secciones fueron nombradas con las siglas PCP, PQS y ST7 (Puente Corral de Piedra, Puente Quebrada Seca y ST7 respectivamente) seguido de un número consecutivo.

Se obtuvieron cinco secciones delgadas que fueron estudiadas en el laboratorio de microscopía de luz transmitida para su correcta clasificación petrográfica.

**2.3.2 Ensayos de Compresión Simple.** Se inicia la parte de ensayos geotécnicos de laboratorio de identificación y de resistencia, los primeros que pueden realizarse sobre muestras alteradas y, los segundos como los ensayos de compresión inconfiada o simple pueden realizarse directamente a los núcleos de roca para conocer sus propiedades geomecánicas específicas; estos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil en la UIS con la guía y parámetros que especifican los técnicos del mismo, los cuales se realizaron al menos tres veces para cada tipo de roca con el objetivo de obtener una mayor certeza estadística.

## **2.4 OFICINA**

Esta fase corresponde a la interpretación y análisis de los datos obtenidos en las etapas anteriores: La etapa pre-campo de recopilación de información, la etapa de la campaña de campo y la etapa de los análisis de laboratorios.

La información recopilada se procesa y sintetiza sobre una plancha cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y se genera el mapa geológico de la zona de estudio a escala 1:10.000, se puede ver su Sistema Coordinado en el cuadro 1. También, con el uso del SIG, de imágenes satelitales y el Modelo Digital de Terreno (DEM), se genera el mapa de pendientes, factor importante en la clasificación de las formas del terreno, y se genera por último el mapa geomorfológico de la zona de estudio a escala 1:10.000.

Se realiza la caracterización geotécnica de los núcleos de roca tras los resultados de los ensayos de compresión simple y otros parámetros obtenidos en campo, esto, buscando satisfacer los objetivos inicialmente planteados.

## 2.5 REDACCIÓN Y ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL

En esta última fase se realiza una compilación completa en un informe final con toda la información obtenida y analizada con sus correspondientes resultados, discusión y conclusiones; adicionalmente se organiza el material de anexos.

*Cuadro 1. Sistema Coordinado de los mapas generados en SIG.*

Sistema Coordinado: Magna Colombia Bogotá
Proyección: Transversa de Mercator
Datum: Magna
Falso Este: 1'000.000,000
Falso Norte: 1'000.000,000
Meridiano Central: -74.0775
Factor Escala: 1,0000
Latitud De Origen: 4,5962
Unidad: Metro

### 3 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO GEOLÓGICO

El Macizo de Santander se encuentra en la parte norte de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos. El basamento de este macizo está compuesto por rocas ígneas y metamórficas, que reflejan una compleja historia geológica. Estructuralmente el macizo de Santander es un bloque elevado, limitado al oeste por la falla Bucaramanga - Santa Marta y al este por el sistema de fallas Pamplona - Cubogón - Mercedes<sup>39</sup>. Según Royero y Clavijo<sup>40</sup>, la Falla Bucaramanga - Santa Marta es el rasgo estructural más evidente y de gran extensión que cruza la región centro-oriental del Departamento de Santander, en dirección aproximada N20°W; al este de esta falla se encuentra la falla de Suratá que presenta un rumbo predominante N15°E, y su trazo sigue el curso del Río Suratá, siendo una falla inversa de ángulo alto y su plano de falla buza al noroccidente.

Para Mantilla et al. el Macizo de Santander, donde se localiza el área del presente estudio (Figura 3), se compone de rocas predominantemente metamórficas (tanto de protolitos sedimentarios como ígneos), las cuales son intruidas por diversos cuerpos ígneos de composición mayoritariamente ácida a intermedia; siguiendo a García et al. estas rocas metamórficas de edad pre-Devónica, están cortadas por cuerpos intrusivos de edades triásicas a cretácicas (por ejemplo, Goldsmith et al.<sup>41</sup>, Boinet et al.<sup>42</sup>), aunque la edad de varios cuerpos ígneos todavía está bajo debate.

---

<sup>39</sup> GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y RÍOS REYES, Carlos Alberto. Op. Cit.

<sup>40</sup> ROYERO GUTÉRREZ, José María, y CLAVIJO TORRES, Jairo. Op. Cit. p. 50.

<sup>41</sup> GOLDSMITH, Richard; MARVIN, Richard. y MEHNERT, Harald. Op. Cit.

<sup>42</sup> BOINET, Thierry, et al. Op. Cit.

De acuerdo con Ward et al.<sup>43</sup>, en el Macizo de Santander, las orientaciones de foliación y plegamiento son aproximadamente similares en las rocas metamórficas. Regionalmente, estas orientaciones son N-S, y tienden a ser paralelas al eje del cinturón orogénico (Cordillera Oriental), mostrando variaciones locales y discontinuidades debido a la presencia de cuerpos intrusivos del Complejo Plutónico Santander y el recubrimiento de rocas sedimentarias. Según Sarmiento-Rojas<sup>44</sup> la Cuenca de la Cordillera Oriental se puede describir claramente como una cuenca extensional mesozoica invertida durante el Cenozoico.

En García et al.<sup>45</sup> las rocas metamórficas de este basamento se han dividido en tres unidades de base a tope: Gneis de Bucaramanga, Formación Silgará (actual Esquistos del Silgará) y Ortogneis.

**3.1.1 Neis de Bucaramanga.** El Neis de Bucaramanga, o como propone Royero y Clavijo<sup>46</sup> (debido a la variación de sus características litológicas y a la compleja evolución geológica de esta unidad) Complejo Bucaramanga, es de edad Precámbrica y consta de una secuencia de paraneises cuarzofeldespáticos, hornbléndicos, micáceos y granatíferos y cantidades subordinadas de anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, mármoles y, esporádicamente, granulitas; correspondían a depósitos epicontinentales que alcanzaron condiciones metamórficas de la facies anfibolita durante la Orogenia Grenviliana<sup>47</sup>.

---

<sup>43</sup> WARD, Dwight Edward, et. al. Op. Cit. p.45.

<sup>44</sup> SARMIENTO ROJAS, Luis Fernando. Mesozoic rifting and Cenozoic basin inversion history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes. Inferences from tectonic models.: Amsterdam, Ph.D. Thesis, Vrije Universiteit, 2001. 297 p.

<sup>45</sup> GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y RÍOS REYES, Carlos Alberto. Op. Cit, p.45.

<sup>46</sup> ROYERO GUTÉRREZ, José María, y CLAVIJO TORRES, Jairo. Op. Cit, p.15.

<sup>47</sup> RESTREPO PACE, Pedro, et al. Op. Cit.

Su parte más occidental, llamada la faja de Bucaramanga, se encuentra al este de la falla del mismo nombre, en la vecindad de la ciudad. Se extiende hacia el norte, con una ancha zona de contacto, hasta el batolito de Rionegro. Hacia el noreste, está cubierto por las rocas metamórficas de grado más bajo de la Formación Silgará. El lado oriental, está limitado por el batolito de Santa Bárbara y termina en punta hacia el sur entre este batolito y la falla de Bucaramanga en el área de Cepitá. Una banda de roca con epidota-anfíbol en el neis situado al este de Bucaramanga, puede trazarse hacia el sur hasta donde está cortada por la falla de Bucaramanga, entre Bucaramanga y Piedecuesta. Afloran también capas de anfibolita y roca calcosilicatada hacia el norte a lo largo de las pendientes sobre el lado oeste del río Suratá. Se observó el mármol en un sitio cercano a Jaboncillo, con epidota y anfíbol. Existen también zonas con Ortoneis menos abundantes al norte de Bucaramanga<sup>48</sup>.

**3.1.2 Esquistos del Silgará.** La Unidad Esquistos del Silgará<sup>49</sup>, o también Formación Silgará según Ward et al.<sup>50</sup>, consta de una secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas, típicamente delgada y cíclicamente estratificadas, constituida por pizarra, filita, meta-limolita, meta-arenisca impura, meta-waca y meta-waca guijarrosa con menos cantidades de pizarra y filita calcárea, cuyo metamorfismo es de grado bajo a medio según la localidad y obtuvo condiciones de facies esquistos verdes o facies esquistos verdes a facies anfibolita<sup>51</sup>, se considera de acuerdo a su protolito de edad más antigua del Neo proterozoico y en cuanto al metamorfismo de edad Ordovícica Temprana a Tardía<sup>52</sup>.

---

<sup>48</sup> WARD, Dwight Edward, et al., Op Cit, p.13.

<sup>49</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, et al.Op. Cit.

<sup>50</sup> WARD, Dwight Edward, et al. (1973). Op. Cit, p23.

<sup>51</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y VALENCIA, Victor. Op. Cit, p.36.

<sup>52</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y VALENCIA, Victor. (b) Nuevas evidencias que soportan la escisión de la Formación Silgará y propuesta de nuevo marco estratigráfico para el basamento metamórfico del Macizo de Santander (Cordillera Oriental de Colombia). En: Ciencias de la tierra. Vol. 40, No 155 (Abril- Junio, 2016b); p. 321-322.

La formación toma el nombre de la quebrada Silgará, en la parte noreste del Cuadrángulo H12, al sur de río Cachirí. Afloramientos de ésta, están en una faja al sur de Matanza, hacia el norte más allá de los límites de éste, al noroeste de Cachirí. Esta faja incluye el área tipo de la formación. En el área las rocas son pizarra, filita, meta-limolita, cuarcita de grano fino de color verde oscuro, gris verdoso y gris, y meta-waca marrón a gris. Todas están dentro de la facie esquistos verdes del metamorfismo regional. La estratificación es típicamente laminar a delgada y cíclica, particularmente en las rocas de grano fino. El grado de metamorfismo en la faja aumenta hacia el sur. Al este de la falla Suratá-Matanza, al sur de Matanza, hay una gruesa sección con intercalaciones de meta-waca y esquistos de Biotita-Moscovita, de grano grueso, está localmente inyectado por Ortoneis<sup>53</sup>.

3.1.3 **Ortoneis.** Es definido por primera vez en Ward et al.<sup>54</sup> como un cuerpo cuarzo-feldespático que va en composición desde granito a tonalita, y se encuentra ampliamente distribuido en las rocas metamórficas de alto y medio grado de metamorfismo, con una edad que lo ubica en el Ordovícico Medio a Tardío – Devónico Temprano.

---

<sup>53</sup> WARD, Dwight Edward, et al., Op. Cit p.15.

<sup>54</sup> *Ibíd.*, p.30 y 35.



## 3.2 GEOTECNIA<sup>56</sup>

La geotecnia es la rama de la geología que trata de la aplicación de los principios geológicos en la investigación de los materiales naturales -como las rocas- que constituyen la corteza terrestre implicados en el diseño, la construcción y la explotación de proyectos de ingeniería civil, como autopistas, vías férreas, puentes, presas, oleoductos, acueductos, unidades habitacionales, sitios de confinamiento y edificios en general.

El conocimiento preciso de las propiedades mecánicas del suelo donde se pretende edificar y de las condiciones físicas del ambiente, constituyen el mejor medio de prevención ante desastres naturales que pueden causar graves daños a las obras civiles y a los seres humanos que las habitan.

**3.2.1 Suelos y Depósitos sedimentarios<sup>57</sup>** Los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que constituyen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión en sus tres facetas: Física, Química y Biológica. Todo ello da lugar a fenómenos de disgregación (alteración o meteorización) y transformación de la roca, creándose el perfil de meteorización (cuadro 2). En este perfil la roca madre ocupa la parte más baja y alejada de la superficie, y el suelo la más alta. Cuando el suelo permanece in situ sin ser transportado, se le conoce como suelo residual, y cuando ha sufrido transporte, formando depósitos coluviales, aluviales, etc., se denomina suelo transportado.

---

<sup>56</sup> ANGELES, Felipe. ¿Qué es la Geotecnia?. Servicio Geológico Mexicano. [en línea]. [10 de enero de 2020]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157802/Que-es-la-Geotecnia.pdf>.

<sup>57</sup> GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis, et al. Ingeniería Geológica. Pearson Educación. Madrid. 2002, 744 p. ISBN: 84-205-3104-9.

En la Figura 4 se resumen los distintos procesos que intervienen en la formación de los suelos

Cuadro 2. Perfil de meteorización según diferentes autores.

PERFIL ESQUEMÁTICO	LOVE (1951) LITTLE (1961)	VARGAS (1951)	SOWERS (1954, 1963)	CHANDLER (1969)	GEOLOGICAL SOC. ENG. GROUP (1970)	DEERE Y PATTON (1971)		
	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS, BASÁLTICAS Y ARENISCAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS	MARGAS Y LIMOLITAS	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS		
	VI SUELO	SUELO RESIDUAL	ZONA SUPERIOR	V COMPLETAMENTE ALTERADA	VI SUELO RESIDUAL	HORIZONTE IA		
						IV		HORIZONTE IB
	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL JOVEN	ZONA INTERMEDIA	PARCIALMENTE ALTERADA	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL	HORIZONTE IC (SAPROLITO)	
	IV ALTAMENTE ALTERADA	CAPAS DE ROCA DESINTEGRADA	ZONA PARCIALMENTE ALTERADA		III	ZONA DE TRANSICIÓN	IV ALTAMENTE ALTERADA	IA TRANSICIÓN CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO
	III MODERADAMENTE ALTERADA				III MODERADAMENTE ALTERADA		IB PARCIALMENTE METEORIZADA	
	II ALGO ALTERADA				II DEBILMENTE ALTERADA			
I ROCA SANA	ROCA SANA	ROCA INALTERADA	I ROCA INALTERADA	IB MUY POCO ALTERADA	ZONA DE TRANSICIÓN	ROCA SANA		
				IA ROCA SANA				

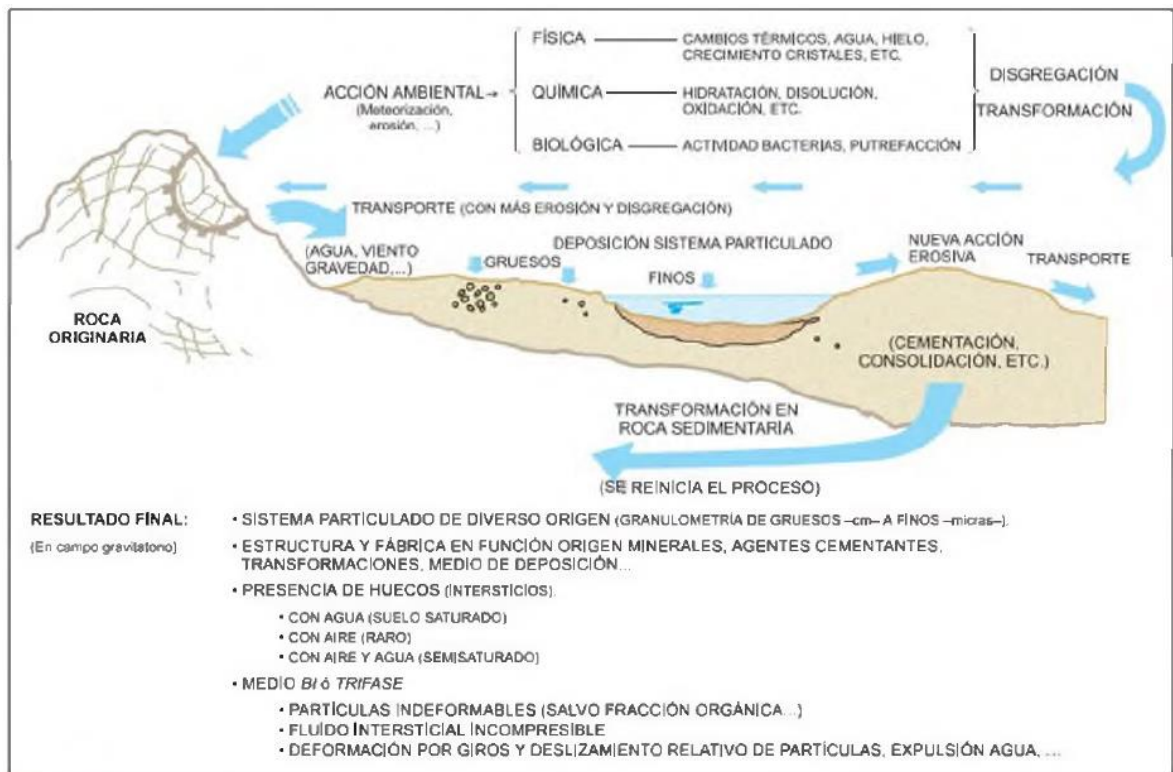
Fuente 4. Tomado de GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. et al. Ingeniería Geológica. p 19.

Desde el punto de vista de la ingeniería geológica, el suelo se define como un agregado de minerales unidos por fuerzas débiles de contacto, separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua.

Para estudiar un material complejo como el suelo (con diferente tamaño de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y sistemas de evaluación de propiedades, de forma que se constituya un lenguaje fácilmente comprensible por los técnicos de diferentes especialidades y países. Así, se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de su granulometría (Normas D.I.N., A.S.T.M, A.E.N.O.R, etc.):

- **Gravas**, con tamaño de grano entre unos 8-10 cm y 2 mm; se caracterizan porque los granos son observables directamente.
- **Arenas**, con partículas comprendidas entre 2 y 0,060 mm, todavía son observables a simple vista.
- **Limos**, con partículas comprendidas entre 0,060 y 0,002 mm
- **Arcillas**, formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0,002 mm). Se trata ya de partículas tamaño gel y se necesita que haya habido transformaciones químicas para llegar a estos tamaños

Figura 4. Formación de suelos.



Fuente 5. Tomado de GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. et al. Ingeniería Geológica. p 19.

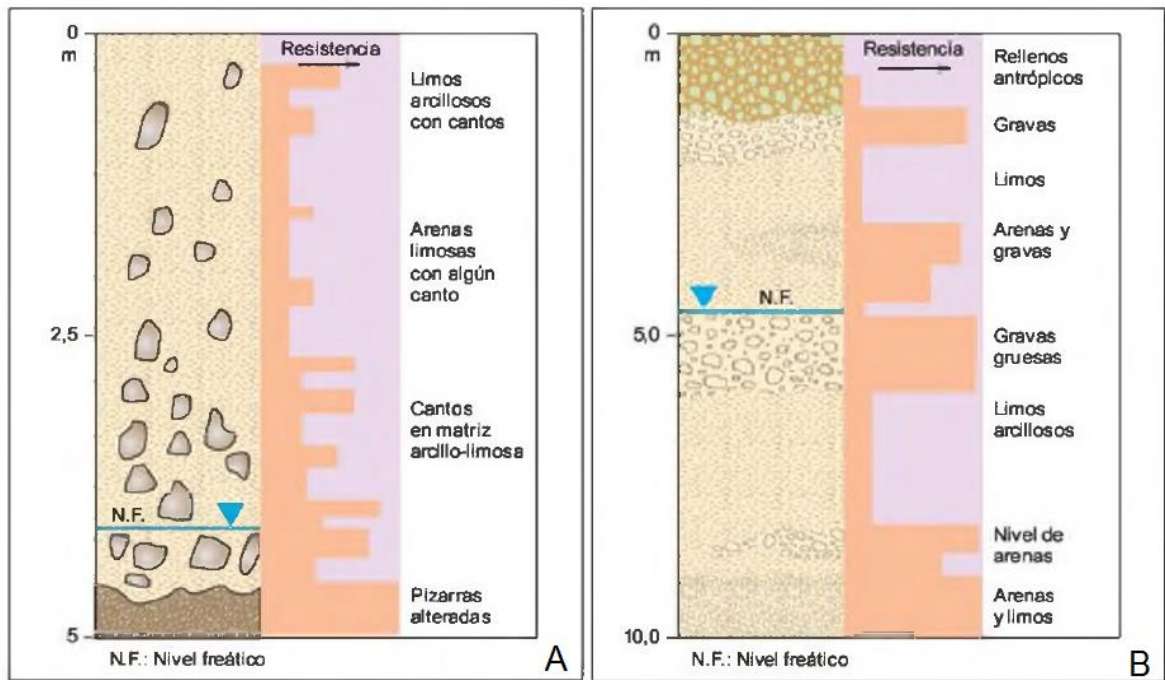
Los depósitos sedimentarios se forman por la acción de los procesos geomorfológicos y climáticos, destacando el medio de transporte y la meteorización. Los distintos medios de sedimentación originan una serie de depósitos cuyas

características geotécnicas están relacionadas con las condiciones de formación de estos sedimentos. Así, la clasificación de los materiales, granulometría, forma y tamaño, dependen del medio de transporte. Conociendo los factores geomorfológicos y climáticos, es posible prever la disposición y geometría del depósito, propiedades físicas y otros aspectos de interés en ingeniería geológica. Con estos objetivos se describen los siguientes tipos de depósitos, en función de sus relaciones geológico-geotécnicas más características:

- Depósitos coluviales.
- Depósitos aluviales.
- Depósitos lacustres.
- Depósitos litorales.
- Depósitos glaciares.
- Depósitos de climas áridos y desérticos.
- Depósitos evaporíticos.
- Depósitos de climas tropicales.
- Depósitos de origen volcánico.

Un esquema de columna tipo de los dos primeros tipos de depósitos se muestra en la Figura 5.

Figura 5. (A) Perfil tipo de depósitos coluviales. (B) Perfil tipo de depósitos aluviales.



Fuente 6. Tomado y Modificado de GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. et al. Ingeniería Geológica. p 100.

**3.2.2 Mecánica de Rocas.**<sup>58</sup> La mecánica de rocas se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y de su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en su entorno físico. El desarrollo de la mecánica de rocas se inició como consecuencia de la utilización del medio geológico para obras superficiales y subterráneas y explotación de recursos mineros.

Las masas rocosas aparecen en la mayoría de los casos afectadas por discontinuidades o superficies de debilidad que separan bloques de matriz rocosa o «roca intacta» constituyendo en conjunto los macizos rocosos.

<sup>58</sup> GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis. et al. Op. Cit. p 118.

El conocimiento de las tensiones y las deformaciones que puede llegar a soportar el material rocoso ante unas determinadas condiciones permite evaluar su comportamiento mecánico y abordar el diseño de estructuras y obras de ingeniería. Las propiedades físicas controlan las características resistentes y deformacionales de la matriz rocosa (composición mineralógica, densidad, estructura y fábrica, porosidad, permeabilidad, alterabilidad, dureza, etc.), y son el resultado de la génesis, condiciones y procesos geológicos y tectónicos sufridos por las rocas a lo largo de su historia.

La meteorización, causante de la desintegración y la descomposición del material rocoso, es el más importante de los procesos tiempo-dependientes, afectando principalmente a las rocas arcillosas.

Un criterio ampliamente extendido en ingeniería geológica para el establecimiento de los límites entre suelo y roca es el valor de la resistencia a compresión simple, o máximo esfuerzo que soporta una probeta antes de romper al ser cargada axialmente en laboratorio. En la zona de transición se encontrarían los denominados suelos duros y rocas blandas.

**3.2.3 Meteorización.**<sup>59</sup> El grado de meteorización o alteración de la matriz rocosa permite clasificar las rocas cualitativamente, y aporta una idea sobre sus características mecánicas o geotécnicas. La meteorización aumenta la porosidad, la permeabilidad y la deformabilidad del material rocoso, y disminuye su resistencia.

---

<sup>59</sup> GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis. et al. Ingeniería Geológica. Pearson Educación. Madrid. 2002, p 259-260.

La evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso se realiza por observación directa del afloramiento y comparación con los índices estándares recogidos en el cuadro 3. En ocasiones puede ser necesario fragmentar un trozo de roca para observar la meteorización de la matriz rocosa.

*Cuadro 3. Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso.*

Grado de meteorización	Tipo	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización.
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.

*Fuente 7. Tomado de GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. et al. 2002.*

**3.2.4 Ensayo Uniaxial o de Compresión Simple.**<sup>60</sup> El ensayo permite determinar en laboratorio la resistencia uniaxial no confinada de la roca, o resistencia a compresión simple, por tanto, un ensayo para la clasificación de la roca por su resistencia.

La resistencia se define como el esfuerzo que la roca puede soportar para unas ciertas condiciones de deformación. La resistencia de pico,  $\sigma_p$ , es el esfuerzo máximo que se puede alcanzar.

<sup>60</sup> GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis. et al. Op. Cit. p 165-170.

La resistencia compresiva es la propiedad más característica y frecuentemente medida en la matriz rocosa, por la facilidad de obtención de testigos y de su ensayo en laboratorio. Para una determinada carga o fuerza, los esfuerzos generados superan la resistencia del material rocoso, se alcanzan deformaciones inadmisibles y tiene lugar la rotura del mismo. La rotura es un fenómeno que se produce cuando la roca no puede soportar las fuerzas aplicadas, alcanzando el esfuerzo un valor máximo correspondiente a la resistencia de pico del material.

El ensayo se realiza sobre un cilindro de roca, al que se aplica gradualmente fuerza axial hasta que se produce su rotura, como puede verse en la figura 6. El valor de la fuerza máxima que soporta la probeta dividido por el área sobre la que se aplica la fuerza es su resistencia a compresión simple. Este parámetro depende, hasta cierto punto, de la forma y tamaño de la probeta, del contenido en humedad, del régimen y velocidad de la carga aplicada, etc.

*Figura 6. Máquina para el ensayo uniaxial.*



Para minimizar la influencia de la velocidad de aplicación de la carga, la ISRM (1979) recomienda rangos de carga de 0,5 a 1 MPa/s, que corresponden aproximadamente a un tiempo de 5-10 minutos hasta alcanzarse la resistencia de pico (para materiales resistentes en general). Una aplicación rápida puede producir roturas violentas y una sobrevaloración de la resistencia del material.

La resistencia a compresión simple es la propiedad más frecuentemente medida en las rocas, y en base a su valor se establecen clasificaciones en mecánica de rocas. En el cuadro 4 se incluyen diferentes clasificaciones basadas en este parámetro.

*Cuadro 4. Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a la compresión simple.*

Resistencia a la compresión simple (MPa)	ISRM (1981)	Geological Society of London (1970)	Hieniewski (1973)	Ejemplos
< 1	Suelos			
1-5	Muy blanda	Blanda > 1,25	Muy baja	Sal, lutita, limolita, marga, toba, carbón.
5-12,5	Blanda	Moderadamente blanda		
12,5-25		Moderadamente dura		
25-50	Moderadamente dura		Baja	Esquisto, pizarra.
50-100	Dura	Dura	Media	Rocas metamórficas esquistosas, mármol, granito, gneiss, arenisca, caliza porosa.
100-200	Muy dura	Muy dura	Alta	Rocas ígneas y metamórficas duras, arenisca muy cementada, caliza, dolomía.
> 200				
> 250	Extremadamente dura	Extremadamente dura	Muy alta	Cuarcita, gabro, basalto.

*Fuente 8. Tomado de GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. et al. Ingeniería Geológica. p 133.*

También se puede estimar de forma aproximada a partir de índices obtenidos en sencillos ensayos de campo, como el ensayo de carga puntual, PLT, o el martillo Schmitt. Con los valores obtenidos por cualquiera de estos dos métodos se puede clasificar la roca por su resistencia.

Los índices de campo permiten una aproximación inicial al valor de la resistencia de la roca. Los criterios para su identificación aparecen descritos en el cuadro 5, así como el valor de resistencia que se corresponde con cada uno de ellos.

*Cuadro 5. Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de suelos y rocas a partir de índices de campo, ISRM 1981.*

Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (MPa)
$S_1$	Arcilla muy blanda	El puño penetra fácilmente varios cm.	< 0,025
$S_2$	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0,025-0,05
$S_3$	Arcilla firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0,05-0,1
$S_4$	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,1-0,25
$S_5$	Arcilla muy rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25-0,5
$S_6$	Arcilla dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	> 0,5
$R_0$	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25-1,0
$R_1$	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	1,0-5,0
$R_2$	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5,0-25
$R_3$	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
$R_4$	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
$R_5$	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
$R_6$	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	> 250

Fuente 9. Tomado de GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. et al. *Ingeniería Geológica*. p 131.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 GEOLOGÍA LOCAL

La zona de estudio se localiza hacia el noreste de la ciudad de Bucaramanga aproximadamente a 8 kilómetros desde el sector del Norte sobre la vía Bucaramanga-Matanza. En esta zona se puede encontrar rocas metamórficas del Neis de Bucaramanga y de Esquistos del Silgará, además de depósitos cuaternarios coluviales, aluviales, de terraza y llanuras de inundación.

**4.1.1 Neis de Bucaramanga.** Es la unidad de mayor importancia en la zona de estudio por su extensión y aporte a los depósitos cuaternarios. Se encuentra distribuido en dos grandes cuerpos de roca: el primero, hacia el Oeste y Noroeste de la zona, limitado al este por los Esquistos del Silgará (s.s.), al oeste fuera de la zona de estudio está en contacto con un intrusivo de la cuarzomonzonita La Corcova; el segundo cuerpo se localiza hacia el Sureste y se encuentra en contacto con depósitos cuaternarios al este.

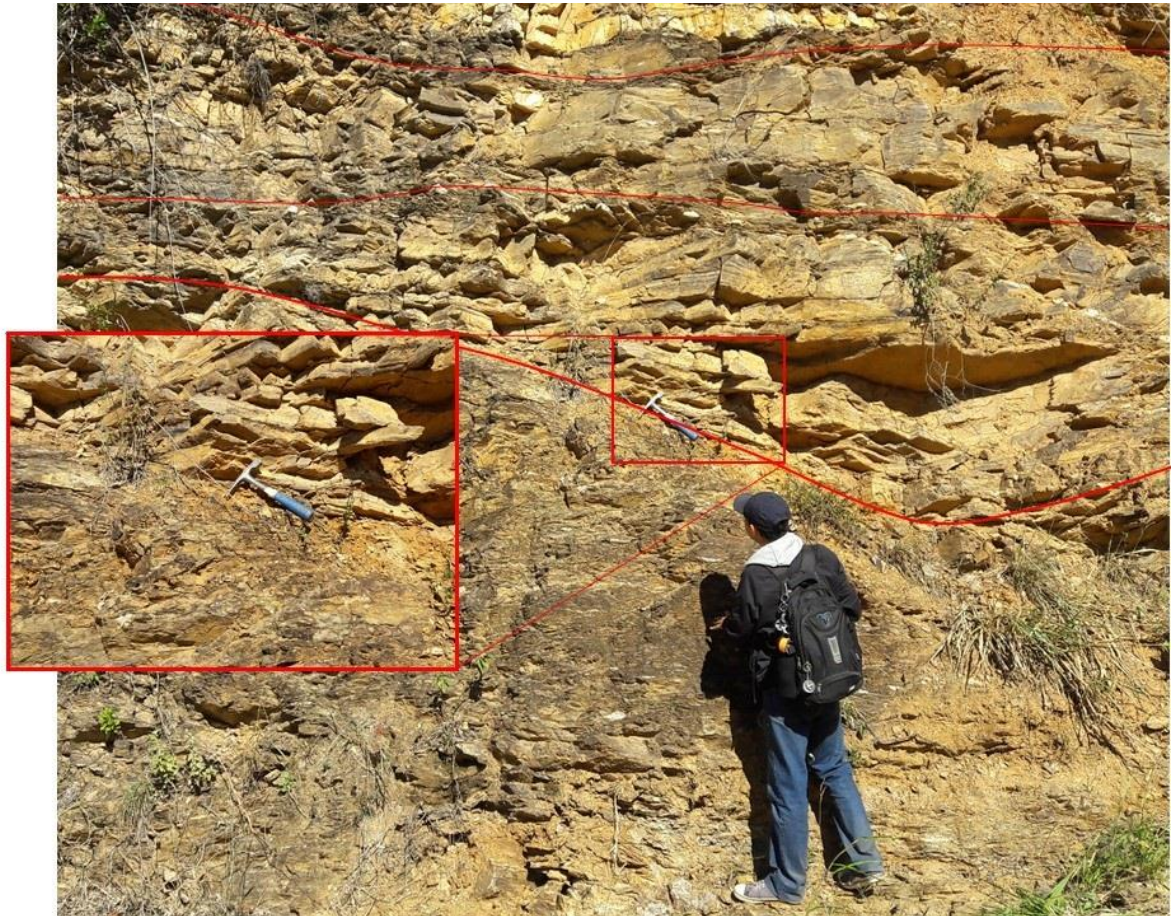
En la zona de estudio se presentan varias litologías en el neis aflorante, algunas encontradas son: (1) Neis Cuarzo-Feldespático, presenta estructura neisica, se encuentra aflorante con poca alteración y meteorización a lo largo de la zona occidental y norte del área (en el corte de carretera destapada y en la quebrada de Corral de Piedra – Estaciones 14, 15 y 16); (2) Neis Micáceo, se encuentra en la zona centro-occidental expuesto sobre uno de los caminos que lleva a las veredas y en los alrededores, bastante meteorizado y fragmentado con tonalidades pardas y rojizas (Estación 12.2); (3) Migmatitas, se encuentran hacia el sureste del área de estudio cruzando el Río Suratá, el afloramiento de ésta estación (18) está fuertemente fracturado y se compone de un caído de rocas, se distingue el leucosoma claro y el melanosoma verde grisáceo; (4) Cuarcita Gris, se encuentra

un pequeño afloramiento en la quebrada de Corral de piedra (Estación 2.3) de cuarcita biotítica que contiene silimanita; (5) Mármol, de tonalidades blancuzcas a rosado pálido; (6) Esquisto micáceo, se localiza al suroeste en la estación 15 en una alternancia de capas y lentes de esquisto micáceo de espesor variable con estratos de neis cuarzo-feldespático, presentan venas de cuarzo.

*Figura 7. Neis cuarzo-feldespático perteneciente al Neis de Bucaramanga (Estación 14).*



*Figura 8. Neis Cuarzo-feldespático con capas y lentes de esquistos micáceo (Estación 15).*



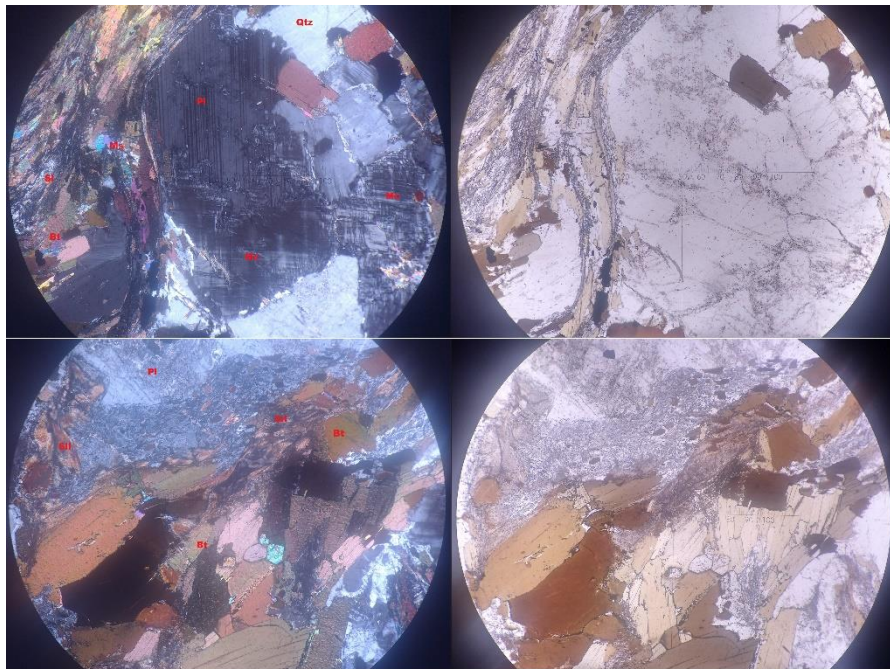
**4.1.1.1 Secciones delgadas.** Se presentan las siguientes cuatro secciones:

**PCP-01** Neis biotítico. Se tiene una roca con estructura néisica de color blanco y gris oscuro. Su sección delgada presenta textura granolepidoblástica heteroblástica compuesta de cuarzo, plagioclasa, microclina, biotita, silimanita y moscovita. La plagioclasa es xenoblástica y heteroblástica, se muestra con la macla polisintética; la microclina es subidioblástica ocasionalmente xenoblástica y heteroblástica, se muestra con la macla Tartán o de enrejado; el cuarzo es subidioblástico a xenoblástico y heteroblástico, en ocasiones con algunas fracturas; la biotita es

subidioblástica, generalmente tabular y heteroblástica, su orientación marca la dirección de la foliación; la silimanita se muestra en su variedad fibrolita con tonos café a amarillento, generalmente sigue la foliación junto a las biotitas; la moscovita es subidioblástica ocasionalmente tabular y heteroblástica, se encuentra acompañando a la biotita y la silimanita, su orientación también sigue la dirección de la foliación.

Se define su paragénesis como  $Sil+Bt+Pl+Qtz+Mc$ , clasificándose como una roca pelítica de facie Anfibolita y subfacie Silimanita-Almandino-Ortoclasa.

*Figura 9. Muestra PCP-01 en nicols cruzado y paralelos respectivamente.*

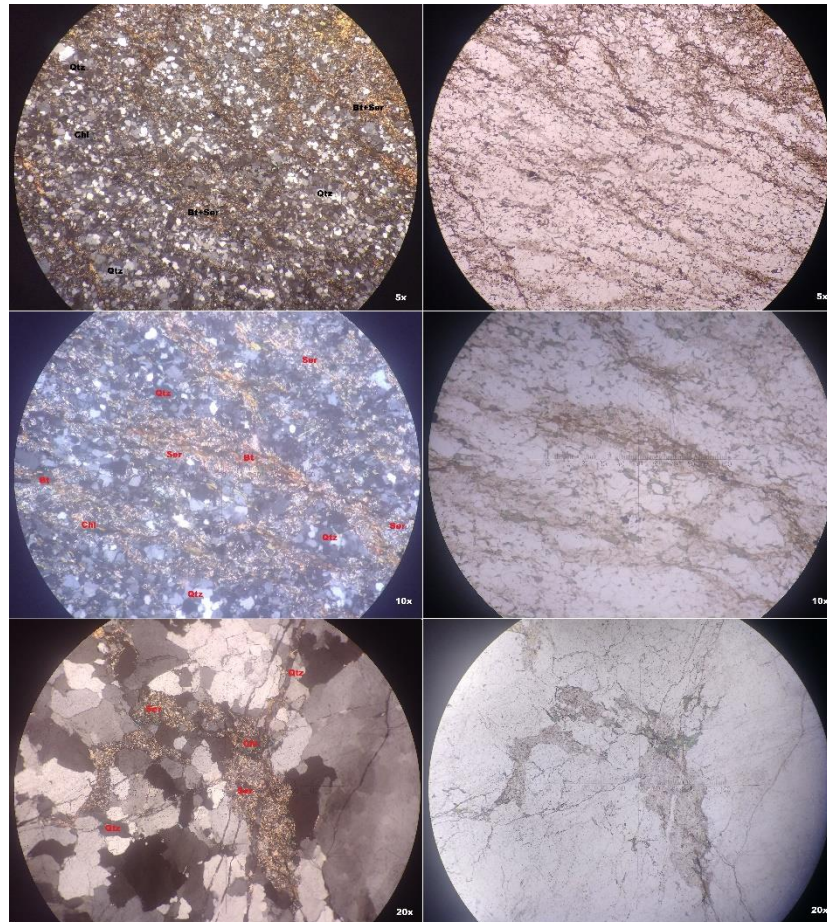


**PCP-03.** Se tiene una roca masiva de color gris oscuro afanítica, presenta fracturas con oxidación y pirolusita. Su sección delgada presenta textura lepidogranoblástica heteroblástica compuesta principalmente de cuarzo y biotita, también minerales de alteración como la sericita y la clorita. El cuarzo es subidioblástico a xenoblástico y heteroblástico, se encuentra deformado y con extinción ondulante; la biotita es

xenoblástica heteroblástica de tonos café a amarillento; la sericita se presenta como agregado producto de la alteración de los feldespatos, se encuentra junto a la biotita.

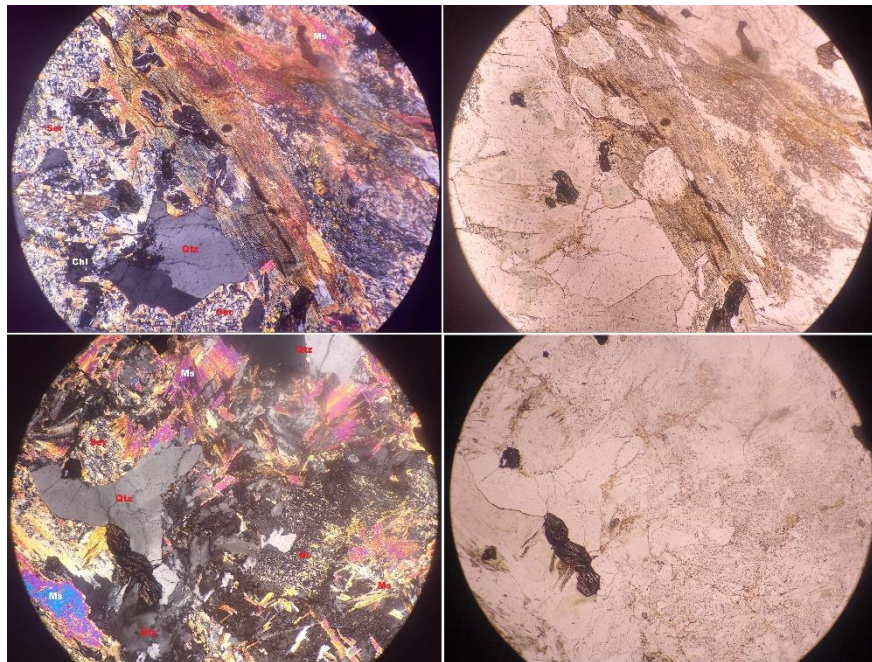
Su paragénesis consta de Qtz+Bt, se clasifica como una roca cuarzo feldespática de facie Anfibolita, subfacie andalucita-almandino.

*Figura 10. Muestra PCP-03 en nicoles cruzados y paralelos respectivamente.*



**PQS-01.** Esta sección es heteroblástica compuesta originalmente por cuarzo, plagioclasa, moscovita y biotita, como minerales de alteración se tiene la sericita y la clorita. El cuarzo es xenoblástico heteroblástico deformado con extinción ondulatoria, ocasionalmente presenta fracturas internas y se encuentra inalterado. La plagioclasa se encuentra casi por completo alterada a sericita, exceptuando algunos cristales grandes xenoblásticos que se presentan moderadamente alterados y se distingue características como la macla polisintética; la biotita se encuentra completamente reemplazada por la clorita y sólo se conserva la forma esquelética del material primario; la moscovita es xenoblástica heteroblástica ligeramente orientada e inalterada; también se muestran algunos cristales de un mineral oxidado rico en hierro. No aplica paragénesis.

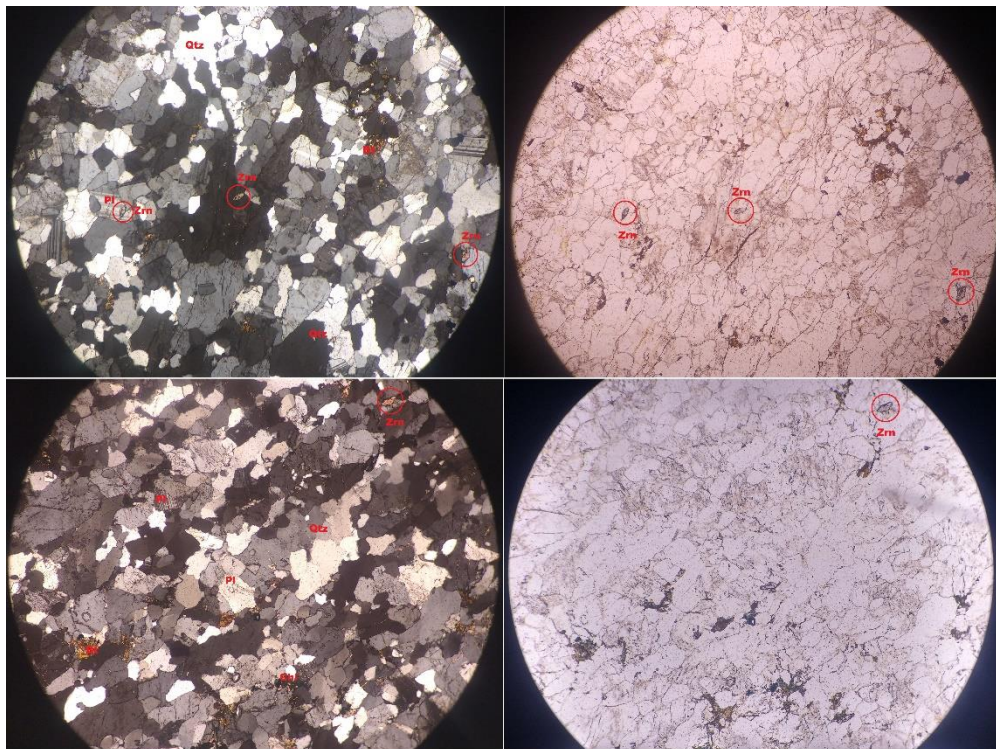
*Figura 11. Muestra PCP-01 en nicoles cruzados y paralelos respectivamente.*



**ST7-01** Cuarzita. Esta sección presenta una textura granoblástica heteroblástica compuesta de cuarzo, plagioclasa y biotita. El cuarzo y la plagioclasa son subidioblásticos y heteroblásticos, presentan una leve orientación; la biotita es xenoblástica heteroblástica de color café amarillento. Se puede encontrar gran cantidad de circones.

Su paragénesis consta de Qtz+Pl+Bt, se clasifica como una roca cuarzo feldespática de facie Anfibolita, subfacie andalucita-almandino.

*Figura 12. Muestra ST-7 en nicoles cruzados y paralelos respectivamente.*



**4.1.2 Esquistos del Silgará (s.s.).** Esta unidad se encuentra como una faja que atraviesa toda la zona de estudio en dirección SO-NE y aflora a lo largo de todo el margen occidental de la vía que conduce de Bucaramanga a Matanza. Limita a oeste con el Neis de Bucaramanga y al este con los depósitos aluviales del Río Suratá. Es la segunda unidad de mayor importancia por su extensión y además la de más fácil acceso.

En el área de estudio se puede encontrar al menos tres variaciones principales en esta unidad: (1) Esquisto micáceo, de color marrón amarillento con estructura esquistosa y presencia de venas de cuarzo de espesor entre 1 cm y 40 cm que siguen la dirección de la foliación ( $218^\circ$ ), en algunos lugares presenta micropregamientos, la esquistosidad varía de acuerdo a la zona y en algunas partes se encuentra muy meteorizada (estación 09), se compone mineralógicamente de Moscovita, Biotita, Cuarzo y Plagioclasa, es la litología más visible y se puede

*Figura 13. Esquisto Micáceo de los Esquistos del Silgará (s.s.).*



encontrar aflorando a lo largo de todo el margen izquierdo de la vía que conduce de Bucaramanga a Matanza, al margen de la quebrada de Corral de Piedra se puede

encontrar aflorando con textura augen; (2) Meta-arenisca, de grano fino a muy fino de tonos amarillentos con alto grado de fracturamiento, en algunas zonas presenta venas de cuarzo de entre 1 cm y 20 cm; (3) Filitas de color gris bastante esquistosas, no afloran en superficie.

*Figura 14. Meta-areniscas altamente fracturadas pertenecientes a los Esquistos del Silgará (s.s.)*

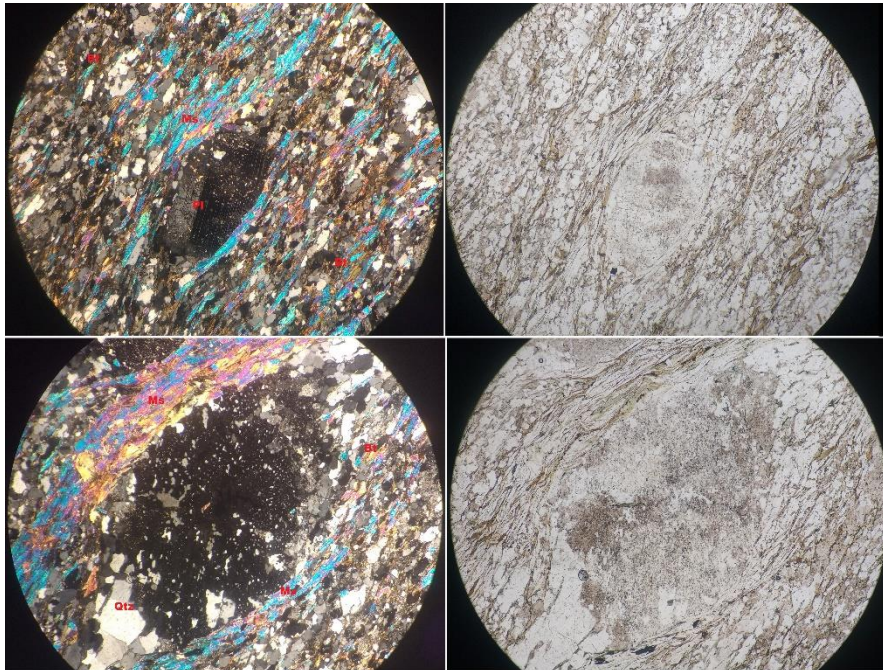


**PCP-02** Esquisto micáceo con textura augen. Se tiene una roca esquistosa con textura augen de color gris y tonos pardos en su parte expuesta. Su sección delgada presenta textura porfidoblástica augen con porfidoblastos relícticos subidioblásticos a xenoblásticos de cuarzo, plagioclasa y granate (los porfidoblastos presentan inclusiones de Moscovita y/o Cuarzo), en una matriz lepidogranoblástica heteroblástica a homeoblástica compuesta de cuarzo, plagioclasa, biotita y moscovita. El cuarzo es subidiomórfico y ocasionalmente idiomórfico, y generalmente heteroblástico; la moscovita es generalmente idioblástica y heteroblástica, su orientación marca la dirección de la foliación; la biotita es

idioblástica a subidioblástica tabular y heteroblástica, generalmente se encuentra acompañando a la moscovita y también se orienta por la foliación.

Su paragénesis consta de Qtz+Pl+Ms+Bt, clasificándose como una roca cuarzo feldespática de facie anfibolita y subfacie Andalucita-Almandino.

*Figura 15. Muestra PCP-02 en nicoles cruzados y paralelos respectivamente.*



**4.1.3 Depósitos Cuaternarios.** Estos depósitos son producto de la acumulación relativamente reciente de material erodado y transportado gracias a la acción del agua, el aire o la gravedad desde unidades de roca aledañas. La distribución de éstos se da a lo largo del margen del Río Suratá y de las distintas quebradas y cañadas de la zona, además de zonas que presentan una pendiente elevada donde eventualmente dan pie a depósitos coluviales. Su contenido litológico puede ser muy variado de acuerdo a las diferentes unidades litológicas que aportan material al depósito. En la zona de estudio se pueden encontrar principalmente depósitos de terraza, depósitos coluviales y en una pequeña proporción las llanuras de inundación.

**4.1.3.1 Depósito aluvial.** Estos depósitos son acumulaciones de sedimento o material detrítico transportado y depositado por un flujo de agua a lo largo de su curso o de su llanura de inundación. Este material presenta tamaños variados desde lodos y arenas hasta gravas, se pueden encontrar bloques de gran tamaño transportados en eventos de alta energía. En este caso, el principal agente de transporte es el Río Suratá junto a drenajes secundarios que también representan un importante aporte de material.

Los depósitos aluviales relacionados al cauce del Río Suratá corresponden a material arenoso con lodo poco consolidado y gran cantidad de bloques de diferente tamaño que va desde grava hasta bloques que superan el metro, esto evidencia ciclos de alta y baja energía por su mayor y menor tamaño respectivamente. Su composición es variada principalmente de rocas metamórficas del Neis de Bucaramanga y rocas ígneas (posiblemente de la Cuarzo Monzonita La Corcova y la Tonalita).

Los depósitos aluviales relacionados a drenajes secundarios presentan una matriz areno-lodosa con abundante cantidad de guijas y guijarros, también se puede ver algunos bloques de mayor tamaño hasta casi 50 cm, todo este material se presenta casi esférico, sub-redondeado a redondeado y bien a moderadamente calibrado. Su composición es principalmente metamórfica del Neis de Bucaramanga y los Esquistos del Silgará, también algunos fragmentos graníticos posiblemente de la Cuarzo Monzonita.

*Figura 16. Depósito Aluvial en drenaje secundario, sector Corral de Piedra.*



**4.1.3.2 Llanura de inundación.** Corresponde a superficies o áreas adyacentes al Río Suratá que eventualmente pueden ser inundadas en una crecida. Puede encontrarse en la zona centro sur y sur-oeste en una pequeña faja al oeste del río, se encuentra con abundante vegetación, pero los bloques depositados en el área reflejan eventos de alta energía. Su composición es similar al depósito del cauce del río, con rocas metamórficas del Neis de Bucaramanga e ígneas (posiblemente de la Cuarzo Monzonita La Corcova y la Tonalita).

*Figura 17. Llanura de Inundación y terrazas de acumulación en el Río Suratá.*



**4.1.3.3 Terrazas de Acumulación.** Estas terrazas corresponden a plataformas o superficies de baja pendiente limitadas por escarpes de altura variada formados por los sedimentos del mismo Río Suratá en un cauce más antiguo que mediante la erosión de su propio depósito se abre camino hacia un nivel subyacente dejando esta forma a modo de escalón. Estos depósitos son principalmente arenosos con material lodoso, pero se componen también de material de tamaños variables, como gravas de tamaño entre gránulos y guijarros, y, arenas muy finas a arenas muy gruesas. Es bastante común encontrar bloques de gran tamaño perteneciente a unidades aledañas principalmente del Neis de Bucaramanga.

**4.1.3.4 Depósito Coluvial.** Los depósitos coluviales corresponden a acumulaciones de material erodado y transportado por acción de la gravedad y aguas no canalizadas desde laderas superiores. Su composición corresponde principalmente a neises del Neis de Bucaramanga, pero también pueden encontrarse algunos fragmentos de esquistos micáceos de los Esquistos del Silgará y otras litologías menos abundantes. Hacia la base se compone principalmente de gravas de tamaño gránulos hasta guijarros angulares a subangulares, sin esfericidad y distribución heterogénea con matriz areno-lodosa, en su parte superior disminuye la abundancia de estas gravas y predomina la matriz areno-lodosa con algunos gránulos y guijarros.

*Figura 18. Depósitos Coluviales.*



Figura 19. Mapa geológico del área de estudio.

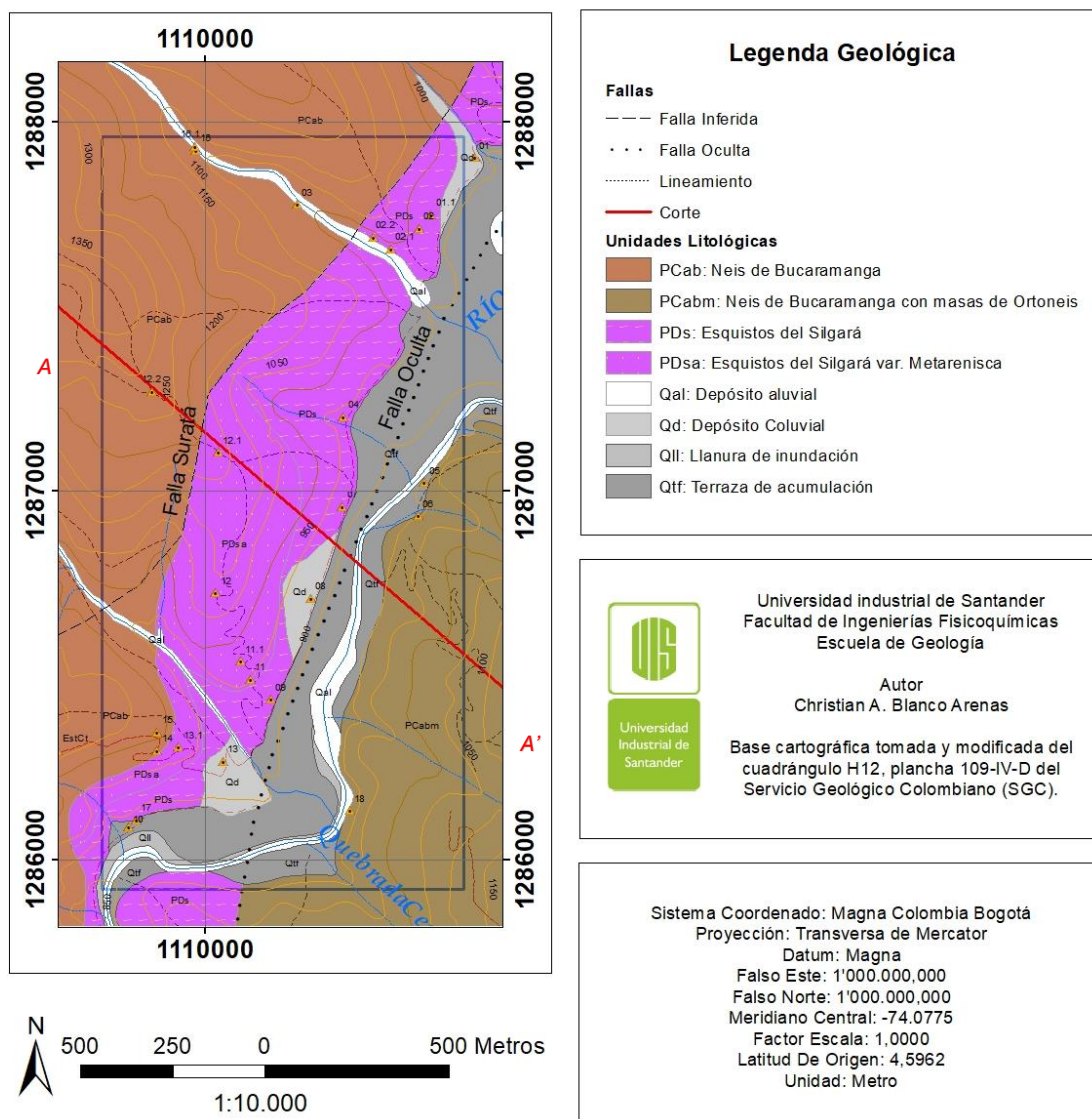
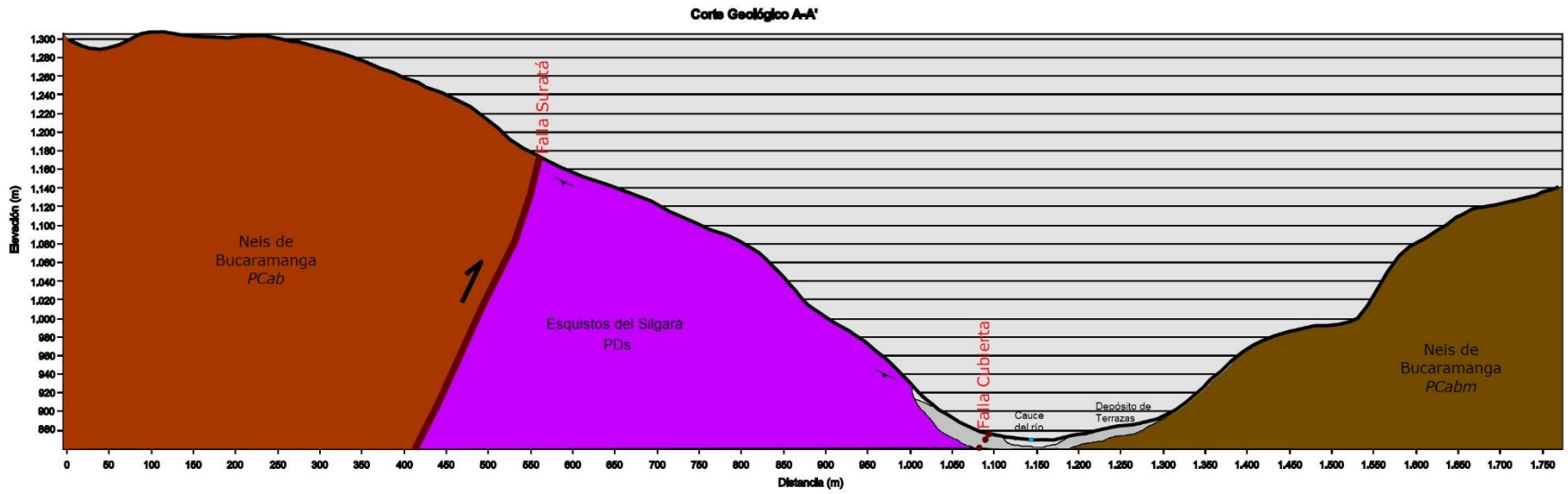


Figura 20. Corte geológico.



## 4.2 REINTERPRETACIÓN DE SONDEOS

### 4.2.1 Puente Quebrada Seca P15-d K9+350

Tabla 1. Sondeo Puente Quebrada Seca P15-d.

CONSORCIO DISEÑOS VIALES		REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS													
		PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucaramanga - Alto del Escorial													
Sondeo No: P15 d Bis		Localización: Puente Quebrada Seca								Observación geológica por: Christian A. Blanco Arenas					
Fecha: 22/05/2013		Profundidad (m): 15.60								Hoja: 1 de 2					
Prof. (m)	Longitud tramo(m)	Nivel freático	Columna	Descripción	Muestra	No. Golpes S.P.T	Límites de Atterberg		Humedad (%)	Clasif. U.S.C.S.	Unidad	Litología	Tamaño de grano	Color	Observación Geológica
							LL (%)	IP (%)							
0.00	0.00			Suelo residual de esquistos de la Formación Silgará; arenolimoso con gravas finas	R	4-20-									
0.25	0.30														
0.50															
0.75															
1.00															
1.25															
1.50	2.20			No hay recuperación	Barrena										
1.75															
2.00															
2.25															
2.50															
2.75	0.50					16									
3.00				Suelo residual arenarcilloso color habano rojizo con gravas finas.		6-7-9									
3.25						26									
3.50	0.50					10-12-14									
3.75				Lavado	Barrena										
4.00	0.50														
4.25						27									
4.50	0.50			Suelo residual arenarcilloso color habano rojizo con gravas finas.		11-13-14									
4.75						28									
5.00	0.50					12-13-15									
5.25				Lavado											
5.50	0.50														
5.75				Suelo residual arenarcilloso color habano rojizo con gravas finas.	Barrena										
6.00	0.50														
6.25				Lavado											
6.50	1.00														
6.75															
7.00	0.50			Suelo residual arenarcilloso color habano rojizo con gravas finas.lavada		47									
7.25						15-19-28									
7.50	7.50														
7.75				Lavado	Barrena										
8.00	1.00														
8.25															
8.50	8.50														
8.75						60									
9.00	9.00					20-28-32									
9.25															
9.50	1.50			Suelo residual, Arena de grano fino algo arcillosa, muestra lavada											
9.75															
10.00															
10.25	10.50				Barrena										
10.50															
10.75				Lavado											
11.00	1.10														
11.25															
11.50															
11.75															
12.00	1.90			Suelo residual, Arenarcilloso color habano con gravas finas	R										
12.25															
12.50															
13.00															
13.25															
13.50	13.50														
13.75	13.60	0.10		Lavado											
13.75				Continúa ...											

**OBSERVACIONES:**




M: Muestra Inalterada	MNC: Muestra no conseguida
MA: Muestra Alterada	TP: Testigo perforado
SPT: Ensayo de penetración estándar	N.F.: Nivel Freático

**CONVENCIONES**

	Suelo
	Aluvial
	Conglomerado
	Roca

Fuente 10. Tomado y modificado de la Ficha técnica del sondeo P15-d realizado por la empresa Consorcio Diseños Viales.

Tabla 2. Continuación de Sondeo Puente Quebrada Seca P15-d.

CONSORCIO DISEÑOS VIALES		REGISTRO DE SONDEO EN ROCA										Observación geológica por: Christian A. Blanco Arenas							
		PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucaramanga - Alto del Escorial										 Universidad Industrial de Santander							
Sondeo No. <b>P15 d Bis</b>		Localización: Puente Quebrada Seca										Observación geológica por: Christian A. Blanco Arenas							
Fecha: 22/05/2013		Profundidad (m): 15.60					Hoja: 2 de 2												
Prof. (m)	Longitud tramo(m)	Nivel freático	Columna	Descripción del testigo	Muestra	Recuper (%)				R.Q.D. (%)				Discont	Unidad	Litología	Tamaño de grano	Color	Descripción Geológica
						20	40	60	80	100	20	40	60						
13.60	2.00			Formación Silgará (Pds), Fragmentos de roca gris con colores de oxidación ocre, esquistos, filitas y pizarras oxidadas, clasificados como roca altamente meteorizada tipo II-A.	7						0					 Depósito Aluvial.	Gujarros.	Pardo-rojizo	Fragmentos líticos de esquistos micáceos y filitas, sub-redondeadas a sub-angulares y con mediana esfericidad, presentan meteorización.
13.75																			
14.00																			
14.25																			
14.50																			
14.75																			
15.00																			
15.25																			
15.50																			
Fin de la perforación.																			
OBSERVACIONES:																			
M: Muestra Inalterada										MNC: Muestra no conseguida									
MA: Muestra Alterada										TP: Testigo parafrinado									
SPT: Ensayo de penetración estándar										N.F.: Nivel Freático									

Fuente 11. Tomado y modificado de la Ficha técnica del sondeo P15-d realizado por la empresa Consorcio Diseños Viales.

Para este sondeo la empresa Consorcio Diseños Viales considera que el suelo se extiende hasta los 13,6 metros de profundidad, sin embargo, se consideró que el suelo llega hasta los 6 metros y el intervalo de 6 a 13,6 metros lo constituye un material arenoso poco consolidado con fragmentos líticos de esquisto micáceo perteneciente a un depósito de tipo aluvial; también se considera el intervalo de 13,6 a 15,6 metros de profundidad como un depósito aluvial y no roca madre, considerando que se encontró fragmentos líticos de esquistos micáceos y filitas, sub-redondeadas a sub-angulares y con mediana esfericidad, esto demuestra un transporte del material.



### 4.2.3 Puente Corral de Piedra P17-d K9+890




Tabla 4. Sondeo Puente Corral de Piedra P17-d.

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS										Observación geológica por: Christian A. Blanco Arenas			
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucaramanga - Alto del Escorial													
Sondeo No. P17 d				Localización: Puente Corral de Piedra													
Fecha: 21/02/2013				Profundidad (m): 25.00										Hoja: 1 de 2			
Prof. (m)	Longitud tramo(m)	Nivel freático	Columna	Descripción	Muestra	No. Golpes S.P.T	Límites de Atterberg		Humedad (%)	Clasif U.S.C.S	Unidad	Litología	Tamaño de grano	Color	Observación Geológica		
							LL (%)	IP (%)									
0.00	0.00					10											
0.25	0.50				1	3-5-5											
0.50																	
0.75																	
1.00																	
1.25																	
1.50																	
1.75																	
2.00																	
2.25																	
2.50																	
2.75																	
3.00																	
3.25																	
3.50																	
3.75																	
4.00																	
4.25																	
4.50																	
4.75																	
5.00																	
5.25																	
5.50																	
5.75																	
6.00	0.50			Depósito coluvial (Qd) matrizsoportado, matriz arcilla arenosa rojiza	2	Barrena											
6.25																	
6.50																	
6.75																	
7.00																	
7.25																	
7.50																	
7.75																	
8.00																	
8.25																	
8.50																	
8.75																	
9.00																	
9.25																	
9.50																	
9.75																	
10.00																	
10.25																	
10.50																	
10.75																	
11.00																	
11.25																	
11.50																	
11.75																	
12.00																	
12.25																	
12.50																	
12.75																	
13.00	1.00			Suelo residual de esquistos de la Formación Silgará, Arena grava fina y gruesa	5	Barrena											
13.25																	
13.50																	
13.75																	
14.00	0.50			Suelo residual de esquistos de la Formación Silgará, Arena Fina	6	66											
14.25																	
14.50																	
14.75																	
15.00	1.20			Suelo residual de esquistos de la Formación Silgará, Arena, grava fina, grava gruesa	7	Barrena											

Fuente 13. Tomado y modificado de la Ficha técnica del sondeo P17-d realizado por la empresa Consorcio Diseños Viales.



Tabla 6. Continuación Sondeo Puente Corral de Piedra P17-d.

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN ROCA										Observación geológica por: Christian A. Blanco Arenas					
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucaramanga - Alto del Escorial															
Sondeo No: P17 d				Localización: Puente Corral de Piedra										Observación geológica por: Christian A. Blanco Arenas					
Fecha: 21/02/2013				Profundidad (m): 25.00					Hoja: 2 de 2										
Prof. (m)	Longitud tramo(m)	Nivel freático	Columna	Descripción del testigo	Muestra	Recuper (%)				R.Q.D. (%)				Discont	Unidad	Litología	Tamaño de grano	Color	Observación Geológica
						20	40	60	80	100	20	40	60						
24.00	24.00			Formación Silgará (Pds); Roca fracturada, con fragmentos oxidados de neis esquistoso. Roca tipo II-A, altamente meteorizada y muy fracturada en zona de transición roca-suelo, presenta un alta permeabilidad y una resistencia al corte de media a baja.	17	78				0						Depósito aluvial	Guijarro/Canto	Café claro.	Bloque de migmatita bastante fracturada y con moderado grado de alteración y meteorización.
24.25																			
24.50	1.00																		
24.75																			
25.00	25.00																		
Fin de la perforación.																			
OBSERVACIONES:																			
MI: Muestra Inalterada										MNC: Muestra no conseguida									
MA: Muestra Alterada										TP: Testigo parafinado									
SPT: Ensayo de penetración estándar										N.F.: Nivel Freático									

Fuente 15. Tomado y modificado de la Ficha técnica del sondeo P17-d realizado por la empresa Consorcio Diseños Viales.

A los 24 metros de profundidad se registra haber llegado a un “neis esquistoso de la Formación Silgará”, pero los núcleos correspondientes pertenecen a un bloque de migmatita del Neis de Bucaramanga, bastante fracturado, con moderado grado de alteración de la plagioclasa y con oxidación de las biotitas.



**4.2.4 Puente Corral de Piedra P18-i K9+920.** Este sondeo corresponde principalmente a un depósito aluvial con matriz arenosa y fragmentos líticos muy variados en tamaño y litología, se encuentran neises biotíticos (en algunos casos se encuentra muy meteorizado y alterada la plagioclasa), migmatitas, esquistos micáceos, granitos y Tonalitas biotíticas, entre los 28 y 29 metros se encuentra fragmentos principalmente de filita; a los 29 metros se puede encontrar filitas pertenecientes a los Esquistos del Silgará.





## 4.2.5 Sondeo ST-7 K8+720

Tabla 10. Sondeo ST-7.

CONSORCIO DISEÑOS VIALES		REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS										Observación geológica por: Christian A. Blanco Arenas									
		PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucaramanga - Año del Esmeralda																			
Sondeo No: ST-7		Fecha: 10/08/2013					Profundidad (m): 23,40					Localización: K8+270					Hoja: 1 de 1				
Prof. (m)	Longitud tramo (m)	Nivel freático	Columna	Descripción	Muestra	No. Golpes S.P.T	Límites de Atterberg		Humedad (%)	Clasif. U.S.C.S	Unidad	Litología	Tamaño de grano	Color	Observación Geológica						
							LL (%)	IP (%)													
0.00	0.00	0.45			1	14						Suelo Aluvial Reciente	Lodo, arena y gránulo	Pardo-rojizo	Fragmentos de esquistos micáceos con alto grado de meteorización.						
0.25	0.45				2	37						Suelo Aluvial Reciente	Lodo, arena y gránulo.	Pardo-rojizo	Fragmentos de esquistos micáceos con alto grado de meteorización, también ocasionalmente de neis biotítico ligeramente meteorizado.						
0.75	0.45				3	39															
1.00	0.90				4	38															
1.25	0.45				5	59															
1.50	1.35				6	33															
1.75	0.45				7	50															
2.00	1.80				8	49															
2.25	0.45				9	56															
2.50	2.25				10	56															
2.75	0.45				11	56															
3.00	2.70				12	BARRENA															
3.25	0.45				13	41															
3.50	3.15				14	BARRENA															
3.75	0.45				15	56															
4.00	3.60				16	BARRENA															
4.25	0.35				17	56															
4.50	3.95				18	56															
4.75	1.50				19	56															
5.00	0.45				20	56															
5.25	1.50				21	56															
5.50	0.45				22	56															
5.75	5.45				23	56															
6.00	0.45				24	56															
6.25	5.90				25	56															
6.50	0.45				26	56															
6.75	1.50				27	56															
7.00	0.45				28	56															
7.25	1.50				29	56															
7.50	7.40				30	56															
7.75	0.45				31	56															
8.00	7.85				32	56															
8.25	0.45				33	56															
8.50	1.50				34	56															
8.75	0.45				35	56															
9.00	9.35				36	56															
9.25	0.45				37	56															
9.50	9.80				38	56															
9.75	0.45				39	56															
10.00	1.50				40	56															
10.25	0.45				41	56															
10.50	1.50				42	56															
10.75	0.45				43	56															
11.00	1.50				44	56															
11.25	0.45				45	56															
11.50	11.30				46	56															

Fuente 19. Tomado y modificado de la Ficha técnica del sondeo ST-7 realizado por la empresa Consorcio Diseños Viales.



**4.2.6 Análisis de procedencia.** Como se ha mencionado anteriormente, los depósitos cuaternarios son producto de la acumulación relativamente reciente de material erodado y transportado por distintos agentes desde unidades de roca aledañas. En este apartado se pretende hacer una aproximación o plantear una hipótesis del posible o más probable lugar de procedencia de cada una de las litologías más predominantes en los depósitos encontrados en la zona de estudio.

Dentro de las rocas metamórficas encontramos los esquistos micáceos presentes en casi todos los sondeos como fragmentos líticos y aún como parte del suelo, es muy común encontrarlos en los depósitos de la zona considerando que provienen de los Esquistos del Silgará, una faja de rocas que se extiende a lo largo del margen oeste del Río Suratá a lo largo de toda la zona de estudio, los depósitos coluviales y aluviales se surten fácilmente de estos esquistos. Otras rocas metamórficas que provienen de esta unidad son las meta-areniscas, aunque en menor proporción, se puede encontrar principalmente en pequeños depósitos coluviales o erodados muy cercanos a la roca in situ en la zona centro-oriental del área de estudio. Filitas con buena esquistosidad también provienen de los Esquistos del Silgará, se encuentran en profundidad en los depósitos aluviales y fueron reveladas por los sondeos (ver tabla 9).

Rocas metamórficas con un mayor grado de metamorfismo como los neises biotíticos y neises cuarzo-feldespáticos, son bastante comunes en todos los depósitos aluviales y coluviales de la zona, principalmente los primeros mencionados, se encuentran en distintos grados de alteración y meteorización; para casi todos los depósitos estudiados, su origen se encuentra en el Neis de Bucaramanga ubicado en la zona oeste y noroeste del área de estudio, lo que le permite proveer de material a los depósitos aluviales y coluviales en niveles más bajos, otros depósitos se surten del Neis de Bucaramanga ubicado en la zona este y sureste, al margen oriental del Río Suratá. Esta unidad también provee de

migmatitas, igualmente se encuentran abundantemente en depósitos aluviales en distintos estados de alteración y meteorización, los sondeos de Quebrada Seca y Corral de Piedra las ubicaron a una mayor profundidad y en depósitos al sureste de la zona de estudio.

Rocas ígneas como el granito y la granodiorita también se encuentran en los distintos depósitos a pesar de no haber una unidad ígnea en la zona de estudio, esto se debe a la presencia de cuerpos ígneos fuera de esta zona que igualmente aportan material. Uno de los principales aportantes es un cuerpo ígneo localizado al oeste de la zona de estudio en una parte elevada del sistema montañoso, pertenece a la unidad Cuarzo Monzonita y granito (JTRcg), tanto la acción de la gravedad como los distintos drenajes de la zona transportan material a los depósitos cuaternarios estudiados. Unos kilómetros hacia el noreste, el Río Suratá atraviesa varios cuerpos ígneos pertenecientes a esta misma unidad lo que también provee material para los depósitos aluviales. Tonalita biotítica perteneciente a la unidad Tonalita (Trt) también fue encontrada en uno de los sondeos (tabla 7), un cuerpo de esta unidad se localiza inmediatamente al oeste y suroeste de la zona de estudio.

También se tiene en consideración que para los depósitos aluviales asociados al Río Suratá no solo los drenajes secundarios aportan material, sino que, principalmente, el mismo río trae material obtenido a lo largo de su curso; hacia el noreste, las unidades más próximas que atraviesa son: el Neis de Bucaramanga, los Esquistos del Silgará y la Formación Jordán.

### 4.3 ENSAYOS DE COMPRESIÓN INCONFINADA

Como se ha mencionado antes, este ensayo permite determinar en laboratorio la resistencia uniaxial no confinada de la roca o resistencia a compresión simple mediante la aplicación gradual de fuerza axial a un cilindro de roca hasta que se produce su rotura.

Se escogieron 4 muestras de los núcleos de perforación en su mayoría pertenecientes al Neis de Bucaramanga los cuales cumplían con los requerimientos básicos para la aplicación de este ensayo. El equipo usado corresponde a una prensa hidráulica CS112298 con una capacidad de 1500 kN de clase 1, con punto de carga concéntrica, a una temperatura de 23° C, humedad del 60% y a una velocidad de ensayo de 0.10 mm/s. Esto se muestra en la tabla 12 y el cuadro 6.

*Tabla 12. Resultados de ensayo de compresión simple.*

<b>Muestra</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo (psi)</b>	<b>Resistencia (Mpa)</b>
<b>C-01</b>	5,5	10	23,8	8874	61,18
<b>C-02</b>	6,3	10	31,2	3113	21,46
<b>C-03</b>	5,4	9,7	22,9	2749	18,95
<b>C-04</b>	5,4	9,7	22,9	4524	31,19

*Fuente 21. Tomado y modificado del Informe de resultados del ensayo de compresión simple.*



Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 1 y la clasificación de rocas a partir de su resistencia a la compresión simple dada por el ISRM en el cuadro 3, se clasifican los núcleos en la tabla 13, se muestra en la figura 21 los tipos de fallas en un ensayo de compresión y en la figura 22 el tipo de falla desarrollado por cada uno de los núcleos probados tras el ensayo.

Figura 21. Tipos de fallas en ensayo de compresión simple.



Fuente 23. Laboratorio de estructuras y materiales. Norma NTC 673:2010 Numeral 7.6

Tabla 13. Clasificación de rocas a partir de su resistencia a la compresión simple.

Muestra	Litología	Resistencia (Mpa)	Tipo de roca	Tipo de falla
C-01	Neis	61,18	Dura	5
C-02	Granito	21,46	Blanda	5
C-03	Migmatita	18,95	Blanda	5
C-04	Migmatita	31,19	Moderadamente dura	3

Figura 22. Núcleos fallados tras la compresión simple.



Según la tabla 13 de clasificación de rocas, se puede observar que la mayor resistencia corresponde a un neis clasificado como roca dura y la menor a una migmatita clasificada como roca blanda. El resultado de la muestra C-01 es acorde a la litología de los neises, en contraparte a la muestra C-03 que presentaba cierto grado de meteorización. La muestra C-02 también presenta un resultado anómalo, posiblemente, debido a un mal corte del núcleo el ensayo no se desarrolló correctamente.

#### 4.4 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

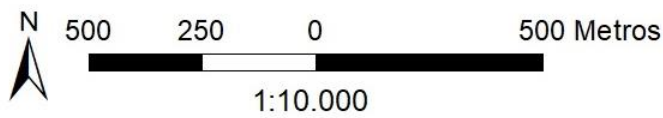
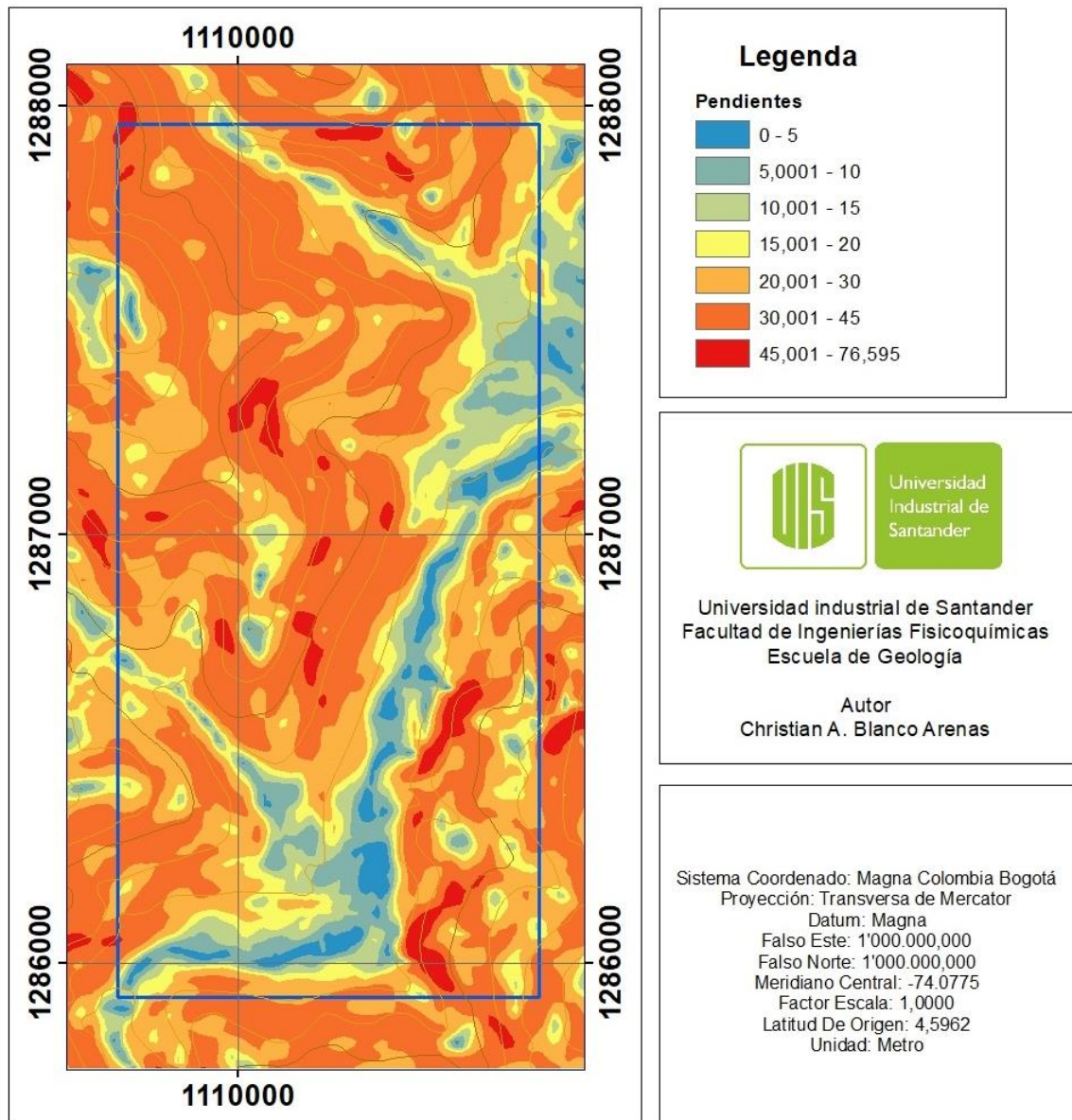
La geomorfología de la zona está controlada principalmente por un ambiente estructural gracias a la Falla de Suratá y otros lineamientos asociados, pero localmente, en la zona de estudio, el ambiente fluvial y el ambiente denudacional también son de gran importancia considerando la abundancia de depósitos presentes. La altura de la zona de estudio se encuentra entre 850 y 1400 msnm, se encuentra atravesado de noreste a suroeste por el Río Suratá a través de un valle en “V”, a lo largo de su cauce y de toda la zona en general se puede encontrar abundantes depósitos cuaternarios.

Para la clasificación de las unidades geomorfológicas se tomó como guía la *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 100.000* del Servicio Geológico Colombiano, y, el anexo A de ese documento que corresponde al Glosario de Unidades y Subunidades Geomorfológicas<sup>61</sup>. Siguiendo las recomendaciones del documento, fue necesario el uso de imágenes satelitales de la zona de estudio y otras áreas aledañas, el mapa topográfico, el uso de un modelo digital de elevaciones (DEM) y la interpretación de campo. Se recurre también al uso de los SIG para generar el mapa de pendientes (figura 23).

---

<sup>61</sup> LEYVA, Omar Yesid, et al. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 100.000. Subdirección de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental, Servicio Geológico Colombiano. Bogotá-Colombia. 2012. 123 p.

Figura 23. Mapa de pendientes.



En la siguiente tabla (14) se mencionan las geoformas encontradas en la zona de estudio en base a la clasificación del Glosario de Unidades y Subunidades Geomorfológicas del SGC.

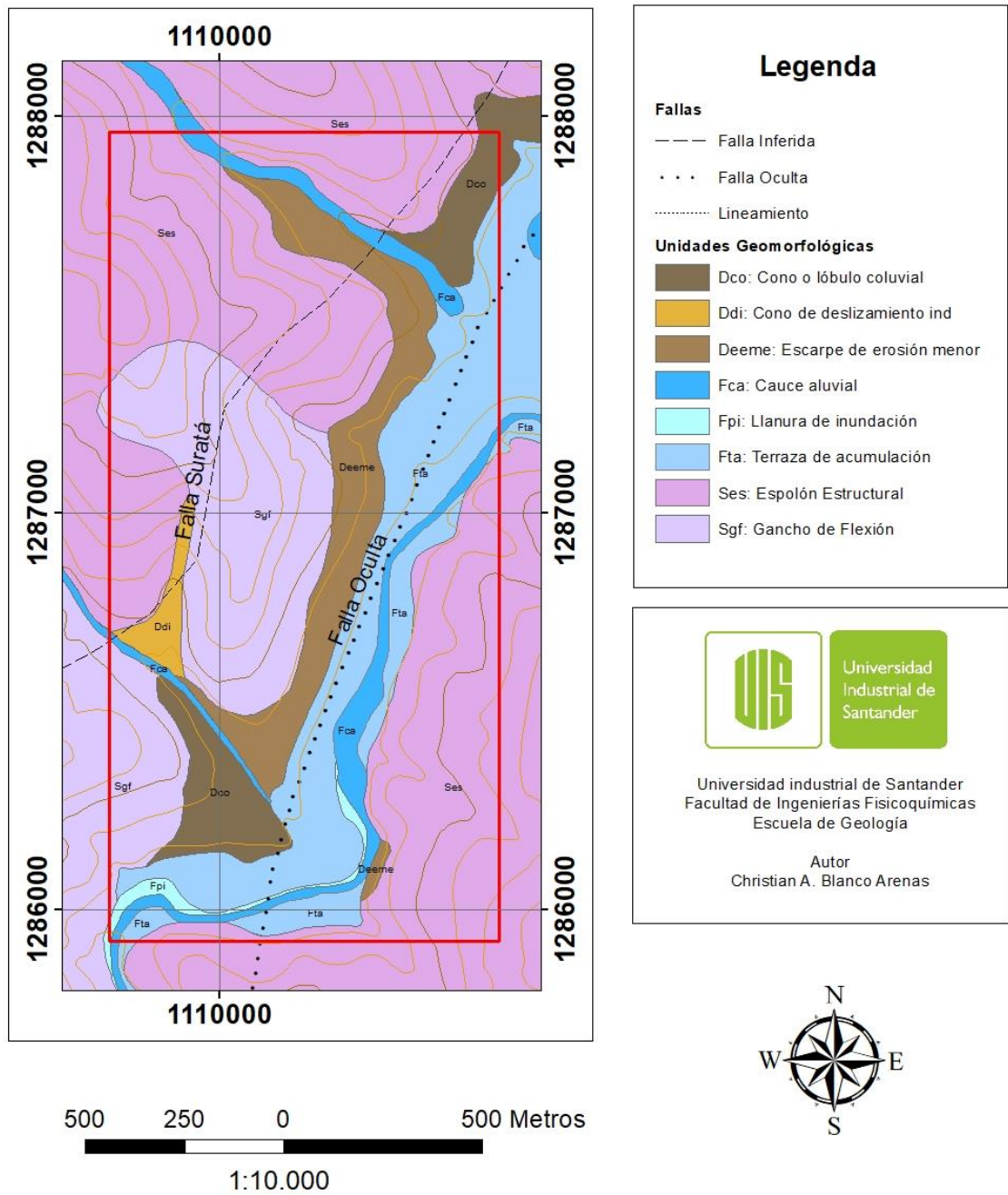
*Tabla 14. Unidades Geomorfológicas en el área de estudio.*

Ambiente Geomorfológico	Unidad Geomorfológica	Símbolo Cartográfico
Denudacional	Cono o lóbulo coluvial.	Dco
	Cono de deslizamiento indiferenciado	Ddi
	Escarpe de erosión menor.	Deeme
Aluvial	Cauce aluvial.	Fca
	Llanura de inundación.	Fpi
	Terraza de acumulación.	Fta
Estructural	Espolón.	Ses
	Gancho de flexión.	Sgf

*Fuente 24. Tomado y modificado del Glosario de Unidades y subunidades Geomorfológicas del SGC.*

A continuación, se presenta el mapa de unidades geomorfológicas.

Figura 24. Mapa de unidades geomorfológicas en el área de estudio.



## 5 DISCUSIÓN

Partiendo de los estudios generales anteriores, se reportan cinco grandes unidades presentes en la zona de estudio, correspondiendo a dos unidades del Neis de Bucaramanga (PCab: Esquistos, neis y migmatitas, y, PCabm: PCab con abundantes masas de ortoneis), a los Esquistos del Silgará (PDs), la Tonalita (Trt) y a los depósitos cuaternarios.

La región al margen occidental del Río Suratá fue la más estudiada gracias a la presencia de vías de acceso en casi toda su extensión y de afloramientos distinguibles. Los Esquistos del Silgará son los más fáciles de encontrar estando expuestos a lo largo de todo el margen izquierdo de la vía que conduce de Bucaramanga a Matanza, interrumpido ocasionalmente por ciertos depósitos coluviales, además, de las vías secundarias y caminos que conducen a las distintas veredas de la zona; se resaltó una división litológica entre los esquistos micáceos y las metareniscas, las filitas no se encontraron aflorando en superficie si no en profundidad reveladas únicamente por los sondeos estudiados en este proyecto. El contacto entre los Esquistos con el Neis de Bucaramanga (PCab) se resalta que es inferido ya que no es distinguible, se hicieron comparaciones de campo con la teoría antes estudiada para trazar el contacto. El Neis de Bucaramanga (PCab) presenta variaciones litológicas internas, pero no fueron resaltadas considerando que no son distinguibles en campo ni reconocible su extensión; la unidad del neis (PCabm) al margen oriental del Río Suratá no fue tan estudiada dado que no fueron encontrados afloramientos reconocibles exceptuando la estación 18 donde se encontraron migmatitas, considerando esto, no se cambió lo propuesto por el entonces INGEOMINAS. La Tonalita (Trt) no fue encontrada en campo, excepto por algunos fragmentos líticos en el sondeo del Puente Corral de Piedra P18-i (tabla 7 y8), por tal motivo no se tomó en cuenta en este estudio. Las unidades cuaternarias son

abundantes en esta zona considerando que los drenajes secundarios hacen un buen aporte de material y en esta parte del mapa, la inclinación del río es baja lo que permite el desarrollo de los depósitos; también las pendientes inclinadas y la meteorización, proveen las condiciones para la formación de depósitos coluviales.

Respecto a los sondeos, se puede encontrar algunas similitudes en las descripciones de suelos, pero también incongruencias en la descripción de los fragmentos líticos, la mayoría de clasificaciones litológicas fueron corregidas. En los ensayos de compresión simple se pudo ver un posible error de procedimiento en el momento del corte del núcleo de granito C-02, se consideró que el núcleo no tenía una altura uniforme lo que generó errores en los valores de resistencia dado que estos no corresponden a los del granito en buen estado. Podría decirse que rocas como los Neis y las Migmatitas en buenas condiciones poseen valores de resistencia similares, siguiendo esta idea, puede notarse la pérdida de resistencia de la roca a medida que aumenta el grado de alteración y meteorización en las muestras C-01, C-04 y C-03 en ese mismo orden.

## 6 CONCLUSIONES

Las unidades aflorantes en la zona de estudio corresponden al Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará y depósitos cuaternarios, en la literatura se reporta la Tonalita (Trt) pero no se halló en superficie si no solamente fragmentos en un depósito aluvial (tabla 7). El Neis de Bucaramanga se encuentra en dos grandes cuerpos, uno al este y sureste, y el otro hacia el oeste y noroeste de la zona de estudio, se compone de Neis cuarzo-feldespático, Neis micáceo, Migmatitas, Cuarcita gris, mármol y Esquistos micáceos; los Esquistos del Silgará se encuentran aflorando a lo largo del margen izquierdo de la vía que conduce de Bucaramanga a Matanza, interrumpido únicamente por algunos depósitos coluviales que los cubren, se compone principalmente de Esquisto micáceo (es la unidad que se muestra a lo largo de la vía), meta-areniscas y filitas grises; los depósitos cuaternarios se subdividen en depósitos aluviales (del cauce del río o drenajes secundarios), llanuras de inundación, terrazas de acumulación y depósitos coluviales. Los resultados pueden verse más claramente en el mapa geológico de la zona de estudio a escala 1:10.000 desarrollado en este proyecto (figura 21).

Los sondeos corresponden principalmente a depósitos aluviales con algo de suelo en su parte más superficial, la mayoría no alcanza a llegar hasta la roca del basamento, se realizó una revisión y corrección de las litologías presentes dado que muchas descripciones realizadas al momento de la extracción no son correctas. Se componen principalmente de Neis cuarzo-feldespático, Neis biotítico, migmatita, esquisto micáceo, tonalita biotítica, mármol y granito, estos materiales se encontraban en distinto grado de alteración y de meteorización.

Se realizaron cinco secciones delgadas, de las cuales cuatro dieron como resultado corresponder a la unidad del Neis de Bucaramanga y una a los Esquistos del Silgará. Del Neis de Bucaramanga se clasificaron dos secciones como Neis biotítico, una de ellas en buen estado (PCP-01) y otra con cierto grado de alteración de la biotita y la plagioclasa (PQS-01); las otras dos secciones corresponden a cuarcitas, una en buenas condiciones sin alteraciones (ST7-01), y otra con alteración de las plagioclasas a sericita (PCP-03), su roca fuente era gris, masiva, con presencia de fracturas con oxidación y pirolusita. De los Esquistos del Silgará se tomó una sección que corresponde a un esquisto micáceo con textura augen (PCP-02).

Se realizaron cuatro ensayos de compresión simple bajo la norma INVIAS E-410-07 dando como resultado la existencia de rocas Duras, Moderadamente Duras y Blandas en Neis biotítico, migmatita y granito teniendo en cuenta la clasificación dada por ISRM (1981), puede notarse la pérdida significativa de resistencia de una roca a medida que aumenta la alteración y la meteorización.

Los fragmentos líticos que componen los depósitos cuaternarios provienen de unidades como el Neis de Bucaramanga y los Esquistos del Silgará con sus variaciones litológicas antes mencionadas, adicionalmente, tonalitas biotíticas de la Tonalita (Trt), granito, granodiorita y cuarzo monzonita de la unidad Cuarzo Monzonita y Granito (JTRgc), y, algunas rocas sedimentarias bastante fragmentadas de tamaño gránulo a guija que posiblemente corresponden a la Formación Jordán (Jj) que aflora un par de kilómetros río arriba.

La zona de estudio se encuentra entre los 850 y 1400 msnm atravesado diagonalmente de SO a NE por un valle en “V” en el que transcurre el Río Suratá. El principal ambiente que controla la geomorfología del área es el estructural, producto de la acción de la Falla de Suratá y de otros lineamientos asociados, posterior a

éste, se tiene el ambiente aluvial gracias al Río Suratá y los drenajes secundarios, y, el ambiente denudacional. Del ambiente estructural se tiene geoformas como el Espolón (Ses) y el Gancho de Flexión (Sgf); del ambiente aluvial se tiene el Cauce aluvial (Fca), la Llanura de inundación (Fpi) y las Terrazas de acumulación (Fta); del ambiente denudacional se tiene el Cono o lóbulo coluvial (Dco), el Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi) y el Escarpe de erosión menor (Deeme). Puede verse la distribución de estas geoformas en el mapa geomorfológico del área de estudio (figura 26).

## BIBLIOGRAFÍA

AMAYA FERREIRA, Sergio. Caracterización petrográfica y petrológica de las migmatitas del Neis de Bucaramanga, en el Macizo de Santander, Departamento de Norte de Santander y Santander. Master Tesis. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento Geociencias, 2012. 130 p.

AMAYA FERREIRA, Sergio; ZULUAGA, Carlos Augusto y BERNET, Matthias. New fission-track age constraints on the exhumation of the central Santander Massif: Implications for the tectonic evolution of the Northern Andes, Colombia. Lithos Volumes 282–283, 2017, Pages 388-402.

ANGELES, Felipe. ¿Qué es la Geotecnia?. Servicio Geológico Mexicano. [en línea]. [10 de enero de 2020]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157802/Que-es-la-Geotecnia.pdf>.

BOHÓRQUEZ QUIÑONEZ, Pedro Camilo y OSPINO GÓMEZ, Manuel Jossé. Caracterización petrográfica y geotécnica de los núcleos adquiridos en las perforaciones realizadas en el Alto del Escorial, en el sector del puente Impulsión hasta puente Tona, al norte del área metropolitana de Bucaramanga. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2019. 113 p.

BOINET, Thierry, et al. Age et répartition du magmatisme Prémésozoïque des Andes de Colombie. Comptes-rendus des séances de L'Académie des Sciences. Serie 2, Mécanique-Physique, chimie, sciences des L'univers, sciences de la terre. [Online] 1985. Vol 300 N° 2, p. 445-450.

CRUZ GUEVARA, Luis Enrique y CABALLERO, Víctor. Manual de laboratorio de petrología sedimentaria: Laboratorio 1, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. Universidad Industrial de Santander. 2007.

ESTUPIÑÁN GUALDRÓN, Jennifer Dayana y ULLOQUE ARDILA, Maria Teresa. Petrografía del Neis de Bucaramanga, en el Sector de Pamplona – Chitagá, Macizo de Santander. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. 2018. 65 p.

FLORES ORJUELA, Nicolás. Caracterización Geológica y Geotécnica a Partir de Sondeos Realizados por Consorcio Diseños Viales en los Sectores de el Palmar, el Tuno y el Tanque, Sobre la Vía Bucaramanga – Alto del Escorial, Santander. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2019. 86 p.

GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto. 2007. Manual de prácticas de petrología metamórfica. Colombia, Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander. 109 p.

GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y CAMPOS ÁLVAREZ, Nelson Orlando. Composición química y mineralogía de las biotitas metamórficas del sector central del Macizo de Santander, Colombia. Boletín de Geología, Vol. 22 (37). 2000. pp18-27.

GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y RÍOS REYES, Carlos Alberto. Metamorfismo y metalogénia asociada del Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia. Informe final Proyecto de Investigación. Universidad Industrial de Santander – Conciencias 1999. 191p.

GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto; RÍOS REYES, Carlos Alberto y CASTELLANOS, Oscar Mauricio. Medium - Pressure Metamorphism In The Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. En: Boletín de Geología. Julio 2005. Vol 27, No 2, p 43-68.

GARCÍA DELGADO, Helvert, et al. Along-strike variations in recent tectonic activity in the Santander Massif: New insights on landscape evolution in the Northern Andes. Journal of South American Earth Sciences. Volume 98. March 2020, 102472.

GEOLOGÍA WEB: Rocas Ígneas [Sitio Web]. Quito. [Consultado: 15 de enero de 2020]. Disponible en: <https://geologiaweb.com/rocas-igneas/>.

GOLDSMITH, Richard; MARVIN, Richard. y MEHNERT, Harald. Radiometric Ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. En: U.S. Geological Survey Professional Paper. 1971, Vol. 750-A: p. D44 – D49.

GÓMEZ GONZÁLEZ, Juan Nicolás. Caracterización Geotécnica y Geológica de Sondeos Perforados por el Consorcio de Diseños Viales en el Proyecto 'Alto Del Escorial' y Cartografía Geológica 1:10000 en la Zona Entre los Puentes Tanques y Charta. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2019. 100 p.

GONZALES DÍAZ, Wendy Daniela y PATIÑO MALDONADO, Angie Daniela. Caracterización geológica y geotécnica de los materiales recuperados en los sondeos realizados para la vía Bucaramanga-Matanza (K10+271 – K12+966) por la empresa Consorcio Diseños Viales. Tesis de Pregrado. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2017. 116 p.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis, et al. Ingeniería Geológica. Pearson Educación. Madrid. 2002, 744 p. ISBN: 84-205-3104-9.

JAIMES GUALDRÓN, Nicolás. Caracterización Geológica Y Geotécnica Mediante Núcleos Obtenidos A Partir De Sondeos Realizados Por La Empresa Consorcio Diseños Viales En La Vía Bucaramanga- Alto El Escorial Sector Puente Hierro A Puente Tiburón. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2019. 81 p.

JULIVERT, Manuel. Geología de la vertiente W de la Cordillera Oriental en el sector de Bucaramanga. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1961b. Vol. 3. p 39-42.

JULIVERT, Manuel. Geología de la vertiente W del Macizo de Santander en el sector de Bucaramanga. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1959. Vol. 3. p 15-34.

JULIVERT, Manuel. La morfoestructura de la zona de mesas al SW de Bucaramanga. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1958. Vol. 1. p 7-44.

JULIVERT, Manuel. Las estructuras del Valle Medio del Magdalena y su significación. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1961a. Vol. 3. p 33-52.

JULIVERT, Manuel. Nuevas observaciones sobre la estratigrafía y tectónica del Cuaternario de los alrededores de Bucaramanga. En: Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia 1963. Vol. 3 p 15-34.

LEYVA, Omar Yesid, et al. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 100.000. Subdirección de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá-Colombia. 2012. 123 p.

MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos. 2003. Guía de laboratorios de petrología ígnea. Colombia, Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander. 122 p.

MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, et al. Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian eastern cordillera). *Journal of South American Earth Sciences* 38. 2012. p 1-12.

MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y VALENCIA, Victor. (a) Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará' (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades U-Pb en circones detríticos. En: *Boletín de Geología*. Vol. 38, No 1 (Enero-Abril, 2016a); p. 33-50.

MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y VALENCIA, Victor. (b) Nuevas evidencias que soportan la escisión de la Formación Silgará y propuesta de nuevo marco estratigráfico para el basamento metamórfico del Macizo de Santander (Cordillera Oriental de Colombia). En: *Ciencias de la tierra*. Vol. 40, No 155 (Abril- Junio, 2016b); p. 321-322.

MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos, et al. Nuevas evidencias sobre el magmatismo Miocénico en el distrito minero de Vetas-California (Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia). *Boletín de Geología UIS* 2011. 33 (1).

MONTENEGRO BUITRAGO, Gustavo Adolfo y BARRAGÁN ARIAS, Mario Fernando. *Metamorfismo y Evolución Metamórfica del área comprendida entre los municipios de Vetas (Santander) y Mutiscua (Norte de Santander)*. Tesis de Pregrado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga (Colombia). 1999.

NIÑO MOGOLLÓN, Marco Tulio. *caracterización geológica y geotécnica de núcleos de roca de los sondeos realizados en el tramo del sector puente Bolarquí-Viaducto*

los Olivos, vía Bucaramanga-Matanza. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología, 2018. 113 p.

RESTREPO PACE, Pedro. Late Precambrian to Early Mesozoic tectonic evolution of the Colombian Andes based on new geochronological, geochemical and isotopic data. Unpublished Ph.D Thesis, University of Arizona. 1995. 195 p.

RESTREPO PACE, Pedro, et al. Geochronology and Nd isotopic data of Grenvilleage rocks in the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic-Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas. En: Earth and Planet Science Letters. Vol. 150 (Mayo, 1997); p. 427-441.

ROYERO GUTÉRREZ, José María, y CLAVIJO TORRES, Jairo. Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander, Memoria Explicativa. Escala 1:400000. Bogotá: INGEOMINAS, 2001. 92p.

SARMIENTO ROJAS, Luis Fernando. Mesozoic rifting and Cenozoic basin inversion history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes. Inferences from tectonic models.: Amsterdam, Ph.D. Thesis, Vrije Universiteit, 2001. 297 p.

TARBUCK, Edward, LUTGENS, Frederick y Tasa, Dennis. Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física. 8 ed. Madrid: Pearson Educación S. A., 2005. 736 p. ISBN 84-205-4998-3.

VAN DER LELIJ, Roelant. Reconstructing northwestern Gondwana with implications for the evolution of the Iapetus and Rheic Oceans: a geochronological, thermochronological and geochemical study. Thèse de doctorat. Ginebra, Suiza. Univ. Genève, 2013. 248p.

VAN DER LELIJ, Roelant, et al. A Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. *Gondwana Research*. Vol. 31. March 2016, P 271-294.

WARD, Dwight Edward, et. al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. U.S. Geological Survey e INGEOMINAS. *Boletín Geológico*, Vol. XXI(1-3). 1973. pp. 1-132.

WARD, Dwight Edward, et. al. Mapa Geológico del Cuadrángulo H-13, Pamplona, Colombia. INGEOMINAS. 1970.

WARD, Dwight Edward, et. al. Mapa Geológico de San Gil y Málaga (parte de los Cuadrángulos I-12 y I-13), Colombia. INGEOMINAS. 1969b.

WARD, Dwight Edward, et. al. Mapa Geológico del Cuadrángulo H-12, Bucaramanga, Colombia. INGEOMINAS. 1969a. .