

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

Autor

Juan Nicolás Gómez González

Código 2122614

Trabajo de Grado para Optar al Título de
Geólogo

Director

Guillermo Vargas Pieschacón

Geólogo Especialista en Geotecnia Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2019

DEDICATORIA

A mi madre y a mi padre, quienes con su juventud hicieron a pulso lo que soy, siempre para ellos.

AGRADECIMIENTOS

A mis hermanas por toda la compañía y cariño en este proceso de formación y crecimiento.

A Angélica, por su lealtad, cariño e incondicional compañía durante este proceso.

A mi mentor y padrino, Hernán Serrano, por ese don que tiene de sembrar el amor por el conocimiento.

A mis amigos por haber hecho parte de mi crecimiento personal y por todas las *Experiencias Vividas*.

A Luis Murillo, Irlinson Gamboa, Tatiana Suárez, Carlos Guerrero, Ángel Salazar y Paula Rey por su presencia durante el desarrollo de este trabajo

A Ketarine, La Demonia, Angel, Carlitos, Llávella, y el tío Cogollos por esos momentos de dispersión tan necesarios en la vida estudiantil

Contenido

Introducción	16
1.Justificación	17
2.Objetivos	18
2.1. Objetivo general	18
2.2. Objetivos específicos	18
3.Generalidades	19
3.1.Localización	19
3.2.Clima	20
3.3.Hidrología	21
4.Marco teórico	22
4.1.Marco Geológico	22
4.1.1. Litoestratigrafía de la Zona	23
4.2. Interpretación de imágenes satelitales.	25
4.3. Componente Geotécnico de la Investigación	26
4.3.1. Resistencia a la compresión en las rocas	26
4.3.2. Prueba de compresión inconfiada	27
5.Metodología	28
5. 1. Ensayos de compresión	28

5.2.Descripción geológica de núcleos perforados.....	29
5.3.Petrografía.....	29
6.Resultados.....	30
6.1. Trabajo de campo y definición de unidades geológicas	30
6.1.1. Esquistos del Silgará:.....	30
6.1.2. Intrusivos.....	33
6.1.3. Formación Jordán.....	33
6.1.4. Formación Los Santos.....	35
6.1.5. Depósitos cuaternarios	36
6.2. Geología Estructural	43
6.2.1. Fallas:.....	43
6.2.2. Diaclasas	46
6.2.3. Corte Geológico:.....	49
6.3. Petrografía	52
6.4. Geomorfología	61
6.4.1. Ambiente Estructural:	61
6.4.2. Ambiente Denudacional.....	65
6.4.3. Ambiente Fluvial	70
6.5. Caracterización geotécnica	75
6.5.1. Re caracterización de núcleos a partir de sondeos perforados.....	75

6.5.2. Ensayos de compresión inconfinada	92
7. Discusión	97
8. Conclusiones.....	98
Referencias Bibliográficas	100

Tabla de Figuras

Figura 1. Localización de la zona de campo en fotografías aéreas del CNES 2018/ Airbus, extraído de Google Earth	19
Figura 2. Red de drenajes en la zona de campo. El trazo principal corresponde al Río Surata....	21
Figura 3 Sistema de laboratorio para la aplicación del test de compresión inconfiada. (a) representa una vista lateral del sistema, (b) representa una muestra frontal. Extraído de (Venkataramaiah, 2006).....	28
Figura 4 Se observa un plano de diaclasa en uno de los afloramientos de la unidad pDsc.	31
Figura 5 Afloramiento y respectiva muestra de la unidad pDsn mostrando la aparición de venas de cuarzo y alteración meteórica de la roca.	31
Figura 6 Afloramiento de la unidad pDss con intrusión de cuarzo y diaclasamiento sistemático. S pueden observar dos familias de diaclasas (líneas rojas y moradas).	32
Figura 7 Afloramiento de rocas intrusivas leucocráticas en los Esquistos del Silgará. Se puede observar claramente el diaclasamiento	33
Figura 8 Secuencias de la Formación Jordán en donde es evidenciable las intercalaciones de lutitas y areniscas finas en diferentes afloramientos.	34
Figura 9 Afloramiento de la Formación Los Santos en donde se puede ver una clara competencia de la arenisca frente a la capa de lutita que la infrayace. En rojo se observa un plano de diaclasa y en azul el contacto lutita- arenisca	35
Figura 10. Formación Los Santos esta vez con mayor diaclasamiento y capas más delgadas. ...	36
Figura 11. Afloramiento del depósito aluvial perteneciente a la terraza de acumulación antigua predominante en la zona de trabajo.	37
Figura 12. Se aprecian los bloques más representativos del depósito aluvial Qal, a la izquierda un granitoide posiblemente proveniente de la granodiorita biotítica (Jgd) y a la derecha un bloque del Neis de Bucaramanga.....	37
Figura 13. Se observa el depósito de terraza de acumulación antigua Qt1, cuya aparición es predominante en el área	38
Figura 14. Contacto entre las unidades Terraza de acumulación 2 (Qt2) y el depósito aluvial reciente (Qal1).	39

Figura 15. Bloque transportado y hallado en el depósito cuaternario aluvial del Río Suratá. En la imagen se diferencian tres tamaños de grano predominantes.	40
Figura 16. . Depósito aluvial reciente asociado a drenajes paralelo al cauce de la quebrada occidental.	40
Figura 17. Afloramiento del depósito coluvial antiguo Qd. La línea roja divide la unidad mencionada de un montículo de rocas movidas artificialmente.	41
Figura 18. Contacto entre diferentes unidades al margen norte del Río Suratá. Entre ellas, la terraza de acumulación antigua, el depósito coluvial reciente, la Formación Jordán y los suelos residuales.....	42
Figura 19. Facetas triangulares paralelas al trazo de una falla y espolones cuyo largo es perpendicular a la misma. Extraído y modificado de Prost, G. 2013.	44
Figura 20. Expresión geomorfológica en espolones faceteados debido a la tendencia estructural en la zona oriental del área.....	44
Figura 21. Se aprecian lineaciones de planos estructurales. En rojo podemos ver los planos de fallamiento en que se ha evidenciado movimiento basado en indicadores cinemáticos (escalones y estructuras de crenulación) y en morado las diferentes familias de diaclasas	45
Figura 22. Se pueden apreciar de las frecuencias con que se repiten ciertos intervalos de datos de rumbo y buzamiento en toda el área de campo. Los datos de todas las estructuras encontradas: diaclasas, fallas, planos de estratificación y foliación.	47
Figura 23. En la derecha los diagramas de rosa para los datos de fallas, diaclasamiento y foliación de toda la zona. En la derecha, los diagramas de rosa para los diferentes bloques estructurales del área.	49
Figura 24. Fotografías del Neis de Bucaramanga en sección delgada. Vemos su característica textura y su composición mineralógica predominante. En la izquierda en vista de nicoles cruzados donde podemos ver el pleocroismo de los cristales, y en la derecha la vista en nicoles paralelos para identificar el relieve de los minerales.	53
Figura 25. A la izquierda vista de nicoles cruzados y a la derecha nicoles paralelos en la muestra de la Formación Jordán, Se puede observar el tamaño de grano característico de la muestra y su composición siliciclástica predominante.	55
Figura 26. A la izquierda vista de nicoles cruzados y a la derecha nicoles paralelos en la muestra de los Esquistos del Silgará. Esta muestra presenta una composición predominantemente	

cuarzosa aunque es posible observar cristales de Clorita en contacto con óxidos y biotita en toda la muestra.	57
Figura 27. Imágenes representativas de la unidad Esquistos del Silgará. Esta muestra varía a nivel textural de la anterior e incluso es posible observar cristales de epidota.....	59
Figura 28. Cartografía geológica del área de campo resultado de la investigación realizada. Cabe resaltar la subdivisión de la unidad Esquistos del Silgará debido a diferencias texturales, composicionales y estructurales dentro de sí. También se puede observar la subdivisión de la unidad de edad cuaternario que sigue el cauce del Río Suratá.	60
Figura 29. Corte geológico de la sección transversal A-A' (arriba) y B-B' (abajo), en donde se pueden apreciar las unidades principales que componen el área de trabajo.	51
Figura 30. Uso de cortes topográficos transversales a estructuras para la determinación de espolones faceteados.	64
Figura 31. Mapa de pendientes en el área de trabajo. Las zonas más bajas de la topografía tienden a mostrar menor pendiente y representan los depósitos recientes generados por la dinámica del Río Suratá.	67
Figura 32. Se observan diferentes unidades en la zona Sur de los 3 ambientes geomorfológicos que se presentan en el área. Se resaltan en línea roja punteada los drenajes paralelos a subparalelos de alta densidad en la unidad Dldma.	69
Figura 33. Esquema de las principales unidades geomorfológicas asociadas al ambiente fluvial en nuestra zona. Tomado y modificado de Servicio Geológico Colombiano – UIS (2014).	70
Figura 34. Conos de talús (líneas rojas) paralelos al cauce del Río Suratá resultantes de la caída de bloques en el costado norte de la zona, justo por debajo de la secuencia de la Formación Jordán (líneas punteadas amarillas).	72
Figura 35. Mapa geomorfológico resultado del trabajo de investigación. Se puede observar la predominancia de unidades asociadas al dominio Denudacional, Estructural y Fluvial.	74
Figura 36. Muestra JLT31_01 (Formación Los Santos) posterior al ensayo de compresión. A) La muestra en vista de 45° desde la superior en donde se aprecia una fractura principal que corta verticalmente la muestra B) Principales planos de fracturamientos generados.....	92
Figura 37. Muestra JLT10_01 (Esquistos del Silgará) posterior al ensayo de compresión. A) Vista superior de la muestra y principales planos de fractura B) Principales planos de	

fracturamientos generados por el ensayo de compresión inconfiada. Ambas fracturas principales se produjeron por planos de debilidad preexistentes. 93

Figura 38. Resultado del ensayo en la muestra extraída del sondeo P37i del Puente Tanques en donde se puede observar que el fallamiento se originó siguiendo los planos y cavidades que se encontraban rellenas con venillas de cuarzo y que seguían planos de una falla..... 93

Figura 39. Resultado del ensayo de compresión en la segunda muestra de la Formación Jordán. Se puede observar que, a diferencia de la anterior, esta tuvo fallamiento paralelo a la dirección del esfuerzo. 94

Lista de Tablas

Tabla 1. *Abcisas que definen el área de trabajo.*, p 19

Tabla 2. *Datos estructurales por bloques.*, p 48

Tabla 3. *Unidades geomorfológicas asociadas a su respectivo dominio.*, p 62

Tabla 4. *Descripción del sondeo P38-i por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES.*, p 75

Tabla 5. *Descripción del sondeo P38-i realizada en la presente investigación.*, p 76

Tabla 6. *Descripción del sondeo P39-c por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES.*, p 77

Tabla 7. *Descripción del sondeo P39-c realizada en la presente investigación.*, p 78

Tabla 8. *Continuación de la descripción del sondeo P39-c por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES.*, p 79

Tabla 9. *Continuación de la descripción del sondeo P39-c realizada en la presente investigación.*, p 80

Tabla 10. *Descripción del sondeo P40-d por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES.*, p 81

Tabla 11. *Descripción del sondeo P40-d realizada en la presente investigación.*, p 82

Tabla 12. *Continuación de la descripción del sondeo P40-d por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES.*, p 83

Tabla 13. *Continuación de la descripción del sondeo P40-d realizada en la presente investigación.*, p 84

Tabla 14. *Descripción del sondeo P37-1 por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES.*, p 85

Tabla 15. *Descripción del sondeo P37-i realizada en la presente investigación.*, p 86

Tabla 16. *Descripción del sondeo P36d por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES.*, p 87

Tabla 17. *Descripción del sondeo P36-d realizada en la presente investigación.*, p 88

Tabla 18. *Resultados de los ensayos de compresión inconfiada.*, p 89

Tabla 19. *Clasificación de tipos de roca a partir de su resistencia a la compresión.*, p 90

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS

1. Cartografía Geológica
2. Columna Estratigráfica Generalizada
3. Mapa Geomorfológico
4. Mapa de Pendientes

Resumen

Título: 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.*

Autor: Juan Nicolás Gómez González**

Palabras clave: geotecnia, cartografía, compresión inconfiada, Esquistos del Silgará, Formación Jordán, Formación Los Santos, Charta, Surata.

Descripción

Se llevó a cabo la cartografía geológica de la zona a escala 1:10000 y se realizaron ensayos de compresión inconfiada a 4 muestras representativas de las unidades de mayor importancia en el área para reconocer su resistencia a la carga, esto con el fin de brindar información geotécnica para el desarrollo a futuro del proyecto de la vía Bucaramanga – Cúcuta por el sector del Alto del Escorial. Se describieron geológicamente los núcleos perforados en torno a los puentes Tanques y Charta para verificar la información preexistente sobre estos y con el fin de producir datos más detallados para futuros estudios geotécnicos en dicho proyecto.

En el área afloran las unidades: Esquistos del Silgará, Formación Jordán, Formación Los Santos y los depósitos cuaternarios asociados al Río Surata fueron discriminados en; Terraza antigua, Terraza reciente, depósito coluvial antiguo y reciente y depósito aluvial actual. Se logró diferenciar en 3 sub-unidades Los Esquistos del Silgará basado en variaciones texturales, litológicas y estructurales, que pueden llegar a ser de interés geotécnico.

Se implementa la norma técnica INVIAS E-410-07 para la aplicación del ensayo de compresión inconfiada a cilindros extraídos de los sondeos perforados y se llega a concluir que la unidad Formación Jordán es la de mayor resistencia a la carga, por su homogeneidad, composición y características texturales y estructurales.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Guillermo Vargas Pieschacón, Geólogo.

Abstract

Title: Geotechnical and geological characterization of drilling drilled by the Consortium of Road Designs in the 'Alto del Escorial' project and geological mapping 1: 10000 in the area between the Tanques and Charta bridges.

Author: Juan Nicolás Gómez González

Key words: Geotechnics, cartography, unconfined compression, Esquistos del Silgará, Formaición Jordán, Formación Los Santos, Charta, Suratá.

Description

The geological mapping of the area at 1: 10000 scale was carried out and unconfined compression tests were carried out on 4 representative samples of the most important units in the area to recognize their load resistance, this in order to provide geotechnical information for the future development of the Bucaramanga - Cúcuta road project for the Alto del Escorial sector. The drilled cores around the Tanques and Charta bridges were geologically described to verify the pre-existing information about them and in order to produce more detailed data for future geotechnical studies in said project.

In the area the units emerge: Silgará Esquistos, Jordán Formation, Los Santos Formation and the Quaternary deposits associated to the Suratá River were discriminated in; Old terrace, Recent terrace, Old and Recent colluvial deposit and Current alluvial deposit. The Esquistos del Silgará was differentiated into 3 sub-units based on textural, lithological and structural variations, which may become of geotechnical interest.

The technical norm INVIAS E-410-07 is implemented for the application of the unconfined compression test to cylinders extracted from the drilled holes and it is concluded that the Jordán Formation unit is the one with the highest resistance to the load, due to its homogeneity, composition and textural and structural characteristics.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Guillermo Vargas Pieschacón, Geólogo.

Introducción

Esta investigación se desarrolló con el fin de definir la cartografía geológica local a escala 1:10000 en un área de 3.3km² que se encuentra en los alrededores de la Vía Bucaramanga – Matanza en el sector entre los puentes Tanques y Charta (sobre el Río Suratá), hacia el occidente de Charta, sobre el valle del Río Suratá, para dar a conocer ciertas características geomecánicas de las principales unidades aflorantes del área con objetivo de conocer cuáles de estas son más resistentes a la carga, y para realizar una re clasificación geológica detallada de los sondeos perforados por el Consorcio de Diseños viales en el proyecto de la vía Bucaramanga – Cúcuta por el Alto del Escorial.

La investigación se llevó a cabo como parte de la caracterización geológica y geotécnica que se lleva desarrollando desde los años noventa en el área circundante a la vía existente que comunica a Bucaramanga con Suratá y que tiene como fin la construcción de una vía alternativa para comunicar a Bucaramanga con Cúcuta. Como parte de esta caracterización geotécnica, se plantea la producción de ensayos de laboratorio y su respectiva interpretación a muestras extraídas de los sondeos perforados, la elaboración de mapa de pendientes de la zona, la elaboración del mapa geomorfológico, y la cartografía geológica de la misma a una escala de 1:10000.

El interés principal de este trabajo es dar una primera idea de qué unidades geológicas aflorantes en el área presentan mejores características tanto litológicas como estructurales y geotécnicas y así brindar información técnica que sea útil para la toma de decisiones el futuro desarrollo de la construcción de la vía antes mencionada.

Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en una primera etapa la descripción litológica y geológica detallada de los núcleos extraídos a priori por el Consorcio de Diseños Viales

para comparar y verificar la descripción anteriormente hecha. Posterior a esto se desarrolló el trabajo de campo orientado a la toma de datos estructurales y litológicos para plasmar estos en la cartografía geológica. La tercera parte corresponde a la elaboración y análisis de secciones delgadas cuyo objetivo fue reconocer variaciones locales en las litologías que pudieran servir para diferenciar subunidades en la cartografía. Finalmente se aplican los ensayos de compresión confinada a materiales recuperados de las muestras más representativas del área de campo y se clasifican de acuerdo las normas pertinentes.

1. Justificación

Reconociendo la importancia que tiene la geotecnia en el desarrollo de la infraestructura civil y en general en el progreso de las comunidades se da a necesidad de implementar técnicas de esta dentro del ámbito investigativo en nuestro campo como geólogos.

Con fin de aprovechar los sondeos perforados recolectados por el CONSORCIO DISEÑOS VIALES en la litoteca de la Universidad Industrial de Santander se pretende analizar estos e integrar la información interpretada con información geotécnica y geológica de campo para su implementación en el desarrollo del proyecto del Alto del Escorial que busca mejoramiento de infraestructura vial y al conocimiento geológico a escala local de nuestra región. Los sondeos que se pretenden analizar se extrajeron en el área de dos puentes del trayecto de la vía a Suratá; Puente El Tanque y Puente Charta.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Desarrollar la cartografía geológica a escala 1:10000 de la zona de investigación cuya área cubre 3.3 km² y realizar la caracterización geotécnica de materiales recuperados en los sondeos perforados por el CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES entre los puentes El Tanque y Charta ubicados en la misma área.

2.2. Objetivos específicos

- Producir la cartografía geológica en la zona entre los puentes El Tanque y Charta a escala 1:10000 con fin de mejorar la información geológica disponible a nivel local.
- Realizar la caracterización geomecánica a partir de 4 ensayos de compresión inconfiada de los materiales extraídos en los sondeos perforados y de materiales representativos del área para determinar la resistencia de estos a las cargas.
- Llevar a cabo análisis de secciones delgadas de las unidades litológicas más representativas del área con el fin de definir variaciones locales en su composición, texturas o estructuras con el fin de plasmar estas variaciones en la cartografía geológica local.
- Realizar la descripción litológica detallada de los sondeos perforados por el Consorcio de diseños viales en los puentes Charta y Tanques.

3. Generalidades

3.1. Localización.

La zona de estudio se encuentra en la carretera de Bucaramanga a Suratá justo antes de la ‘y’ que divide las vías hacia Mantanza y hacia Charta, a 8 Kilómetros de distancia por carretera de la última. El área está limitada por los puentes El Tanque y Charta, lugares de donde fueron extraídos los sondeos a analizar

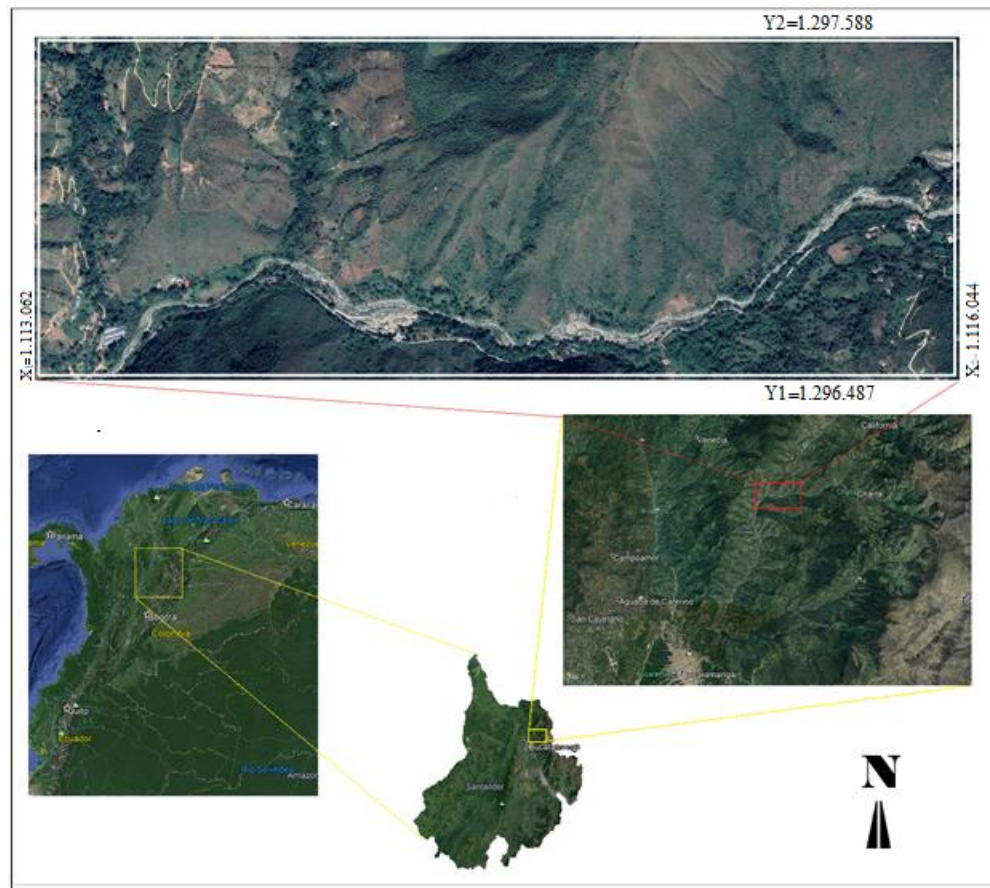


Figura 1. Localización de la zona de campo en fotografías satelitales (Google Maps, (s.f))

Tabla 1.

Abcisas que definen el área de trabajo.

Esquina	GEOGRAFICAS (WGS84)		MAGNA SIRGAS	
	Latitud	Longitud	N	E
NE	7°17'9.70"N	73° 1'36.10"O	1297281,409	1116430,202
NW	7°17'9.70"N	73° 3'13.31"O	1297274,556	1113447,822
SE	7°16'33.87"N	73° 1'36.10"O	1296180,531	1116432,762
SW	7°16'33.87"N	73° 3'13.31"O	1296173,688	1113450,317

Nota: Coordenadas de los puntos correspondientes a los límites geográficos de la zona de trabajo en los sistemas de coordenadas geográficas, MAGNA SIRGAS y Colombia Bogotá Zone.

3.2.Clima

La zona de trabajo corresponde a áreas de montaña baja andina en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, la cual se encuentra entre los 1250 y los 1800 m.s.n.m correspondiendo entonces a climas templados húmedos a secos que oscilan entre los 18 y los 24 °C y precipitaciones anuales entre los 1001 y 2000 mm aunque se encuentra que hay variaciones en los valores de precipitación a escala más local ((n.d.) Extraído de http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx); según información de la CDMB la precipitación anual promedio en la zona de estudio, varía entre 660 a 1200 m.m. localizada en la parte baja de la Subcuenca del río Suratá Bajo y con 2065 mm aproximadamente en la vereda Retiro Chiquito.

3.3.Hidrología

Nos encontramos sobre el costado sur de la subcuenca del Río Suratá que además forma parte de la Cuenca superior del Río Lebrija. La subcuenca del Río Suratá limita al sur con la Subcuenca del Río de Oro y la Subcuenca Lebrija Alto en la entrega de aguas del Río Suratá al Río Lebrija; Al Occidente con la Subcuenca Rionegro y la Subcuenca Lebrija Alto; Al Norte con la Subcuenca Cáchira del sur y con la Subcuenca del Río Chitagá; Al Oriente con la Subcuenca Río de Oro y con la Subcuenca del Río Chitagá (CDMB, 2007).

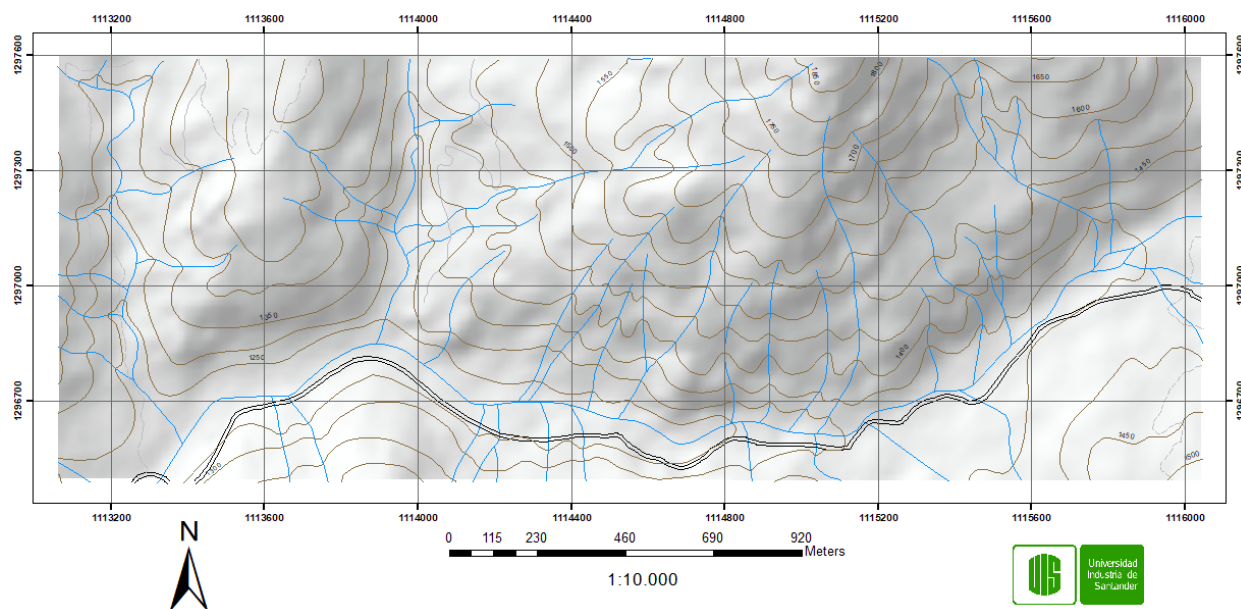


Figura 2. Red de drenajes en la zona de campo. El trazo principal corresponde al Río Suratá.

El río Suratá tiene su nacimiento en la cota de los 3800 msnm en el Páramo de Monsalve y desemboca en el río Lebrija aproximadamente a los 1000 msnm. Hay cinco corrientes principales que son tributarios a la subcuenca del Río Suratá, estas son: Río Vetás, Río Suratá Alto, Río Charta, Río Tona y el Río Suratá bajo. (CDMB, 2007).

4. Marco teórico

4.1. Marco Geológico

La zona de campo se encuentra ubicada en la parte central de la Cordillera Oriental como parte del Macizo de Santander, al costado oriental de la Falla de Bucaramanga. Está limitada en su costado oriental por la Falla de Suratá, que corta la unidad Esquistos del Silgará, y la zona occidental limita con las inmediaciones del Municipio de Charta, lugar donde aflora la secuencia cretácica de las formaciones Los Santos, Rosa Blanca, Paja y Tablazo.

Las rocas metamórficas de protolito sedimentario con edades Paleozoicas como lo son los Esquistos del Silgará, constituyen parte importante de las rocas que conforman el basamento cristalino del Macizo de Santander por su amplia distribución (Royero y Clavijo, 2001). Esta representa la segunda unidad de mayor importancia y más amplia distribución en nuestra zona.

El basamento cristalino del Macizo de Santander (MS) de la Cordillera Oriental, es el conjunto de rocas más antiguas y más deformadas de las que se tiene evidencia actualmente en dicho bloque tectónico. Estas rocas se han agrupado en diferentes unidades, de la cuales son representativas para esta investigación: el Neis de Bucaramanga y los Esquistos del Silgará.

En cuanto a las rocas ígneas se consideran que están delimitadas en el rango de edades que abarca desde el Paleozoico temprano, como el Paleozoico tardío (Royero y Clavijo, 2001). Eventos ígneos que tuvieron lugar durante el Mesozoico, específicamente durante el Jura-triásico (Triásico tardío-Jurásico temprano) afloran como cuerpos magmáticos con morfologías correspondientes a batolitos, stocks, diques, flujos lávicos y materiales volcanoclásticos y volcanosedimentarios (Mantilla et al., 2016).

4.1.1. Litoestratigrafía de la Zona: Basado en el reconocimiento del área hecho a partir de la plancha H12 de Bucaramanga podemos afirmar que predominantemente la Formación Jordán es la unidad que controla nuestra zona de trabajo y en el área circundante sería posible hallar afloramientos de la Formación Los Santos (Tambor), en menor medida los Esquistos del Silgará e incluso afloramientos de la Cuarzo Monzonita y Granito (JTRcg).

4.1.1.1. Neis de Bucaramanga: La litología más común, la que se presenta de manera más general en el Neis de Bucaramanga, presenta todas variaciones mineralógicas asociadas a neises con bandeamiento composicional con niveles netamente cuarzofeldespáticos, estos de textura granoblástica con tamaño de grano medio a grueso y correspondiente a leucosomas de composición tonalítica y monzogranítica, (Urueña, 2014).

Las rocas del Neis de Bucaramanga corresponden a rocas meta-sedimentarias de composición cuarzo feldespática pelítica y básica ubicadas dentro de la facies anfibolita de alta temperatura. Consiste en una secuencia formada principalmente por neises cuarzo feldespáticos biotíticos y sillimaníticos e intercalaciones de cuarcita, anfibolita y neis anfibólico. Frecuentemente los neises presentan estructuras de migmatización donde se reconocen claramente leucosomas y mesosomas. (Urueña, 2011).

4.1.1.2. Esquistos del Silgará: Consta de una secuencia de litologías metamorfoseadas y cíclicamente estratificadas, de pizarras, filitas, metalimolita, metarenisca impura, metawaka y metawaka guijarrosa, con menos cantidades de pizarra y filita calcárea (Mantilla et al, 2016).

4.1.1.3. Formación Jordán: Encontramos dos trabajos principales en los cuales se caracteriza a la Formación Jordán, el realizado por el INGEOMINAS, 1973 y el de Royero y Clavijo 2001.

La Formación Jordán se encuentra conformada por dos facies principalmente, que están separadas por una zona transicional. La primera compuesta por limolita marrón-rojiza y gris-verdosa, dura, con intercalaciones de arcillolita marron-rojiza ligeramente calcárea. La segunda facies compuesta de arenisca de grano grueso, gris-verdosa intercalado con algunas pocas capas de shale gris-verdoso. También hay presencia de algunas capas con estratificación cruzada que contiene zonas conglomeráticas con guijos de hasta 2 cm de diámetro, (INGEOMINAS, 1973).

La unidad consta de interestratificación de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas, con edades del Jurásico inferior a medio. Está constituida por areniscas gris verdosas, de grano grueso a ligeramente conglomerática, con estratificación cruzada; intercalados se presentan niveles de arcillolitas gris verdosas. En la parte superior se encuentran intercalaciones de limolitas, color marrón rojizo a rojo grisáceo y areniscas de grano fino en capas medianas. También existen dos capas delgadas de tobas soldadas félsicas. El ambiente de depósito es continental vulcanoclástico. (Royero y Clavijo, 2001).

4.1.1.4. Formación Los Santos (Tambor): Está constituida por areniscas conglomeráticas, lodolitas rojo grisáceas y cuarzo areniscas gris amarillentas, con estratificación cruzada, en capas tabulares de espesores variables. Se interpretó como depósitos fluviales acumulados por corrientes trenzadas. (Royero y Clavijo, 2001).

4.1.1.5. Cuarzo Monzonita y Granito (JTRcg): nombrado como el Plutón de La Corcova por los autores, está compuesta de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y moscovita, presentando accesorios como: apatito, óxidos de hierro y zircón; como minerales de alteración contiene clorita, epidota y sericita. (Royero y Clavijo, 2001).

4.1.1.6. Depósitos Cuaternarios: la unidad Qt encuentra compuesta por depósitos no consolidados aluviales en abanicos y terrazas, es considerada de edad Pleistoceno, y la Unidad Qal está conformada por depósitos no consolidados de aluvión, coluvión, derrubios, glaciares, fluvioglaciares, que son considerados del Holoceno.

4.2. Interpretación de imágenes satelitales.

Esta herramienta es utilizada para las etapas del reconocimiento del área y una primera evaluación de las estructuras geológicas presentes e incluso discriminación de litologías.

Así como los tipos de roca generalmente se pueden agrupar de acuerdo con características tales como resistencia a la erosión, color, textura, cohesión, tipo de desarrollo de drenaje, la forma como desarrollan barrancos y valles, desarrollo de suelo y cubierta vegetal, entre otros, las unidades fotogeológicas se pueden definir por su tono, textura, color, características de erosión y posición estratigráfica. (Prost, G., 2013), un fundamento esencial para reconocer e interpretar la geología superficial en una primera instancia.

En un sentido más estructural, podemos tener una primera idea de cómo están dispuestas las capas de la zona e incluso la foliación de ciertas unidades. En estratos moderadamente inclinados ($5-30^\circ$), la dirección de inmersión y la magnitud relativa se pueden estimar utilizando la ‘Regla de las V’. Recordemos que esta regla establece que la traza de la estratificación (ya sea afloramiento o bandas de color) en un valle o un drenaje forma una forma de V que apunta en la dirección de la inmersión de la capa. Esto es cierto en todos los casos, a menos que el relieve topográfico sea mayor que el buzamiento de las unidades.

También hay varias características geomorfológicas que se desarrollan en relación a fallas de rumbo y como consecuencia ayuda identificarlas. Estos incluyen pliegues en échelon cuyos ejes están orientados entre $30-45^\circ$ a la falla y perpendiculares a la dirección de compresión horizontal máxima. A medida que se desarrolla la falla de rumbo, los pliegues originales se cortan y desplazan, y se forman nuevos pliegues escalonados a lo largo de la zona de falla.

De esta manera el aprovechamiento de las imágenes satelitales de libre acceso que se encuentran en bases de datos de la USGS, la NASA y Google Earth constituye en varias de las etapas de la investigación, una herramienta esencial.

4.3. Componente Geotécnico de la Investigación.

4.3.1. Resistencia a la compresión en las rocas: Los esfuerzos son simplemente fuerzas internas dentro de las diferentes partes de un medio; bien sea roca, suelo o cualquier material de origen natural o sintético. Los esfuerzos llevan a que los suelos o las rocas que las soportan reaccionen de diferentes maneras, disminuyendo su volumen, deformándose, rompiéndose, desplazándose etc...

Las rocas se rompen en muchos casos por efecto de esfuerzos que las deforman en un principio, pero al llegar a un límite se fracturan. Los estados y las fases por las cuales pasan los materiales rocosos van desde un estado plástico hasta uno rígido y frágil que también depende de la profundidad y la temperatura a la que estén sometidas. Los suelos y las rocas sufren el efecto de esfuerzos tanto tectónicos o naturales como antrópicos.

La resistencia de las rocas a la compresión aumenta cuando se incrementa la contención lateral, es decir cuando la zona que está siendo sometida al esfuerzo se encuentra rodeada por más material, es decir, cuando se encuentra confinada. En el terreno esta contención está ejercida por la presión lateral con que las rocas contiguas actúan unas contra las otras. En el terreno la causa principal de los esfuerzos laterales es el de la carga que ejerce el peso de las rocas. Cuanto más profunda la roca mayor es la presión que se ejerce sobre ella, siempre y cuando esté perfectamente confinada, es decir, que no pueda escapar o fluir lateralmente. Podemos concluir que la resistencia a la compresión de una roca situada a profundidad es mayor que la que la que ofrece en la superficie del terreno, pero se reduce cuando es objeto de excavación, (Venkataramaiah, 2006).

La resistencia de un material, tal como la roca, es la fuerza requerida para romper una muestra que esté sometida a carga y no se halle contenida por sus lados (confinada), (Chinchilla, H., 2000). En el caso más sencillo de ruptura por compresión la carga que se aplica a la ruptura de la muestra se designa por **P**. Entonces el esfuerzo a la compresión p será igual a la carga **P** sobre el área de la sección transversal **A** de la muestra, es decir:

$$p = P/A$$

4.3.2. Prueba de compresión inconfiada: Este es un caso especial de una prueba de compresión triaxial; siendo la presión de confinamiento cero. Una muestra cilíndrica de la roca a

estudiar, se somete a una fuerza de compresión hasta que se produce el fallamiento o ruptura en la muestra. El fallamiento tiene lugar a lo largo del plano más débil. Como la muestra no está confinada lateralmente, la prueba se conoce como *prueba de compresión inconfiada*. El esfuerzo de compresión axial o vertical es el esfuerzo principal y los otros dos esfuerzos principales son cero, (Venkataramaiah, 2006).

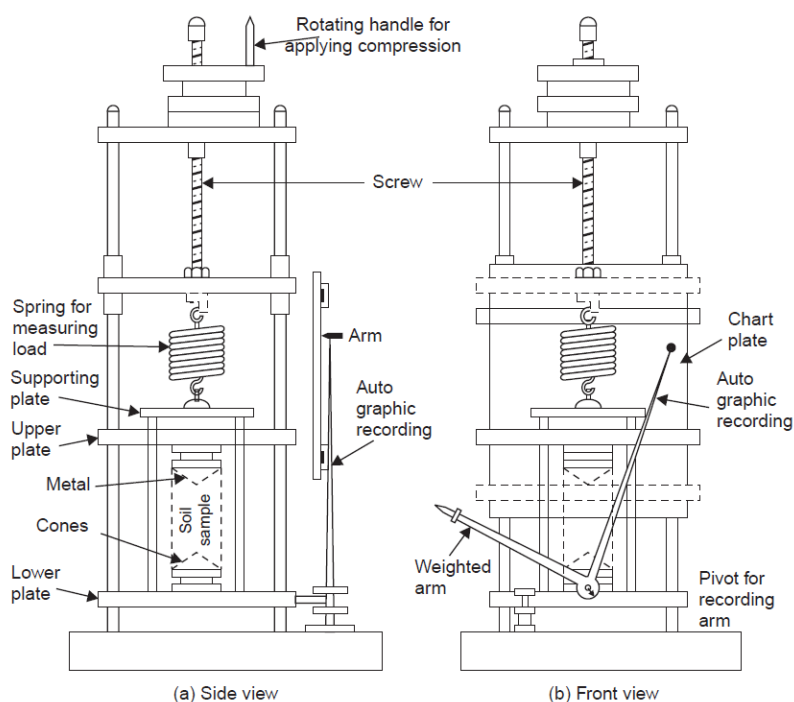


Figura 3 Sistema de laboratorio para la aplicación del test de compresión inconfiada. (a) representa una vista lateral del sistema, (b) representa una muestra frontal. Extraído de (Venkataramaiah, 2006)

5. Metodología

5. 1. Ensayos de compresión

Para llevar a cabo los ensayos de compresión sobre las muestras de los núcleos perforados y demás muestras representativas se tuvo en cuenta la norma INVIAS E-410-07. Este método de ensayo

consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por la sección transversal de área de la muestra. Se aplicaron máximo 4 ensayos de compresión a distintas muestras que sean reconocidas como parte de las unidades representativas para el estudio geotécnico de la zona.

5.2. Descripción geológica de núcleos perforados

Esta fase se llevó a cabo haciendo una revisión detallada de cada parte de los núcleos recuperados utilizando las herramientas conceptuales y prácticas para la clasificación de rocas tanto sedimentarias, ígneas o metamórficas según sea el caso. Para tal actividad se utilizaron los correspondientes manuales y guías prácticas de laboratorio como: Guía de Laboratorio de Petrología ígnea (Mantilla, L., 2003), Manual de Prácticas de Petrología Metamórfica (García, C., 2007) y el Manual de Laboratorio de Geología (Caballero, V., Castro, E., y Cruz, L., 2012).

5.3. Petrografía

Se utilizaron la microscopía de luz transmitida para el análisis de secciones delgadas con fin de identificar y clasificar las litologías más detalladamente. Para ello, se implementarán los manuales anteriormente mencionados. Definir diferencias locales entre las litologías ya reconocidas en la zona fue de importancia para encontrar si hay o no variaciones litológicas internamente de cada unidad representativa de la zona y de esta manera hacer una cartografía más detallada teniendo en cuenta estas variaciones locales. Se analizaron 4 secciones delgadas de diferentes muestras a lo largo del área de investigación.

6. Resultados

6.1. Trabajo de campo y definición de unidades geológicas

6.1.1. Esquistos del Silgará: Es la segunda unidad de mayor importancia en la zona por su distribución. Existen tres variaciones faciales dentro de esta unidad que nos representan cambios significativos tanto geológicamente como geotécnicamente. La subdivisión de estas unidades se hizo fundamentalmente por la presencia de venas de cuarzo, y tipos de diaclasamiento. A continuación, se describen las diferenciaciones halladas.

6.1.1.1. Esquistos muy competentes ricos en cuarzo (*pDs1*): Esta zona presenta los Esquistos del Silgará de forma muy competente en comparación al resto del área. Es incluso pertinente hablar de un grado de mayor metamorfismo. Es menos físil, no contiene planos de debilidad tan acentuados. A pesar de que se puede evidenciar diaclasamiento e incluso un plano fallado en esta área, su composición general conserva menos afectación a la meteorización. Ver Figura 4.



Figura 4 Se observa un plano de diaclasa en uno de los afloramientos de la unidad pDs1.



Figura 5 Afloramiento y respectiva muestra de la unidad pDs2 mostrando la aparición de venas de cuarzo y alteración meteórica de la roca.

6.1.1.2. Esquistos con venas de cuarzo y diaclasamiento no sistemático (pDs2): En esta área representativa de los Esquistos podemos evidenciar un fuerte diaclasamiento irregular y con poco espaciado entre sus planos. Adicional a esto es posible observar que la roca ha sido afectada por aguas meteóricas debido a la presencia de óxidos en gran parte de los afloramientos estudiados.

6.1.1.3. Esquistos con venas de cuarzo y diaclasamiento sistemático (pDs3): Esta es una subdivisión que se presenta en la cima de la zona oriental y se propone debido a que presenta particularmente presencia de venas asociadas al diaclasamiento (presentan rumbo y buzamiento semejante al de la familia de diaclasas. Ver Figura 6.



Figura 6 Afloramiento de la unidad pDs3 con intrusión de cuarzo y diaclasamiento sistemático. Se pueden observar dos familias de diaclasas (líneas rojas y moradas).

6.1.2. Intrusivos: La foliación de los Esquistos es paralela al contacto entre el cuerpo intrusivo y los ya mencionados. El dique es de composición félsica, rica en feldespatos y plagioclasas. Su contextura luce muy alterada, y su contextura es frágil, disgregable con facilidad.

Es también posible observar que se encuentra diaclasamiento sistemático casi vertical y con orientación semejante a las estructuras ya encontradas con anterioridad. Ver Figura 7



Figura 7 Afloramiento de rocas intrusivas leucocráticas en los Esquistos del Silgará. Se puede observar claramente el diaclasamiento

6.1.3. Formación Jordán: Corresponde a la unidad geológica más importante de la zona por su amplia distribución. Es una litología muy homogénea: arenisca de grano fino - muy fino, de muy buen calibrado, redondez y esfericidad alta. Está cementada por material silíceo (determinado a partir del uso de ácido clorhídrico y microscopía), está presente en un color rojizo oscuro en toda su extensión y únicamente varía en las intercalaciones de lutita en capas entre los 38 – 100 cm que ocurren en gran parte de los afloramientos en colores más cafés – rojizos. Estas capas de lutita representan menos del 30 por ciento de las secuencias analizadas. Ver Figura 8.

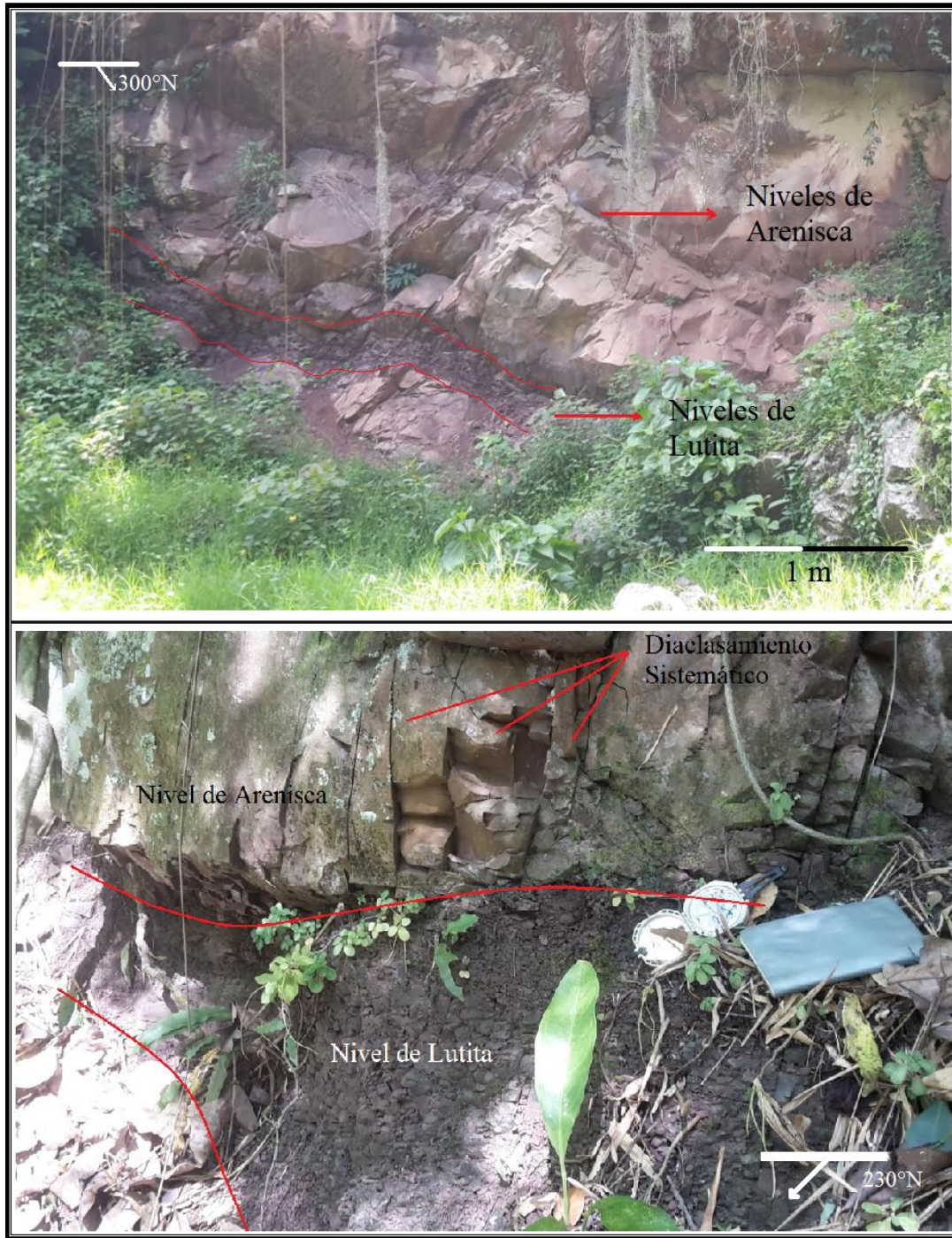


Figura 8 Secuencias de la Formación Jordán en donde es evidenciabile las intercalaciones de lutitas y areniscas finas en diferentes afloramientos.

Las capas de lutita están presentes siempre con diaclasamiento y cierto nivel de fracturamiento a muy poco espaciado (por lo general sus planos no superan los 10 cm de separación) muy posiblemente asociado al desplazamiento de fallas de cabalgamiento paralelas a los estratos.

6.1.4. Formación Los Santos: Se encuentra en la zona sur oriental del área de trabajo y gran parte de ella está cubierta por suelos residuales. Esta formación es evidenciada en estratos competentes de arenisca cuarzosa de grano medio y color amarillo claro. Sus estratos se encuentran buzando en dirección NW. A pesar de que esta litología no aflora con frecuencia, en zonas aledañas hacia el oriente es posible ver la aparición de esta, y gracias a ello se logró la caracterización de la unidad de forma más detallada. Ver Figura 9 y Figura 10



Figura 9 Afloramiento de la Formación Los Santos en donde se puede ver una clara competencia de la arenisca frente a la capa de lutita que la infrayace. En rojo se observa un plano de diaclasa y en azul el contacto lutita- arenisca

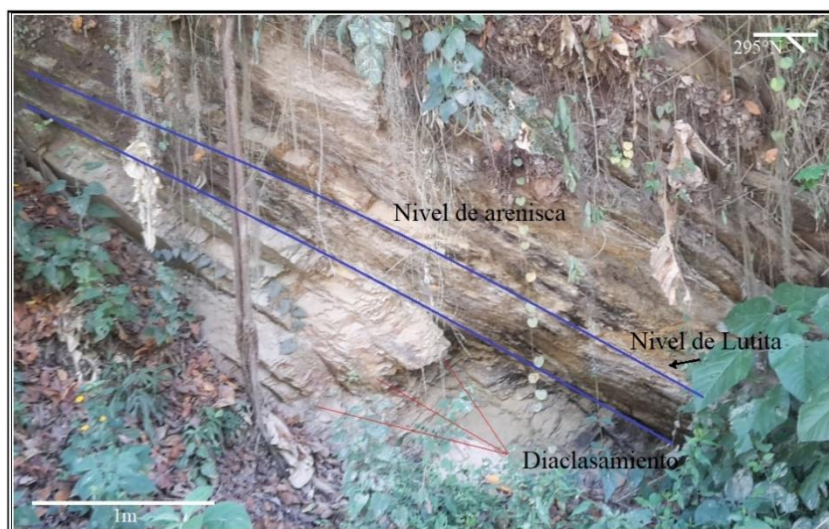


Figura 10. Formación Los Santos esta vez con mayor diaclasamiento y capas más delgadas.

6.1.5. Depósitos cuaternarios: Los depósitos cuaternarios en el área de trabajo son controlados principalmente por el Río Suratá, que corta la zona de este a oeste. El depósito predominante es las terrazas de acumulación que ha generado la actividad sedimentaria del Río Suratá. Son planos elongados de morfología plana a suavemente ondulada y modelada sobre sedimentos aluviales, que en este caso se presentan en forma despareada a lo largo del cauce de un río al cual limitan por escarpes de diferente altura, en su mayoría escarpes de la Formación Jordán en el costado Norte del río. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial dentro antiguas llanuras de inundación, por donde fluye una corriente. La formación de estas terrazas incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Cabe resaltar que la geometría de esta terraza dentro del área de trabajo presenta una geometría rectilínea dado el control estructural que se evidencia en el presente estudio.



Figura 11. Afloramiento del depósito aluvial perteneciente a la terraza de acumulación antigua predominante en la zona de trabajo.

En las terrazas deposicionales, la terraza coincide con la superficie deposicional de una antigua llanura de inundación. Se forma por la sedimentación en una llanura de inundación y por la posterior incisión (erosión vertical) del canal en los depósitos aluviales, como se puede evidenciar en la morfología del depósito a lo largo del Río Suratá.



Figura 12. Se aprecian los bloques más representativos del depósito aluvial Qal, a la izquierda un granitoide posiblemente proveniente de la granodiorita biotítica (Jgd) y a la derecha un bloque del Neis de Bucaramanga.



Figura 13. Se observa el depósito de terraza de acumulación antigua Qt1, cuya aparición es predominante en el área

6.1.5.1. Terraza de acumulación antigua Qt1: Este tipo de depósitos están conformados por gravas, arenas, y limos principalmente, con gran cantidad de bloques provenientes del Neis de Bucaramanga y diferentes rocas ígneas del basamento. En la Figura 11 pueden observarse dos afloramientos de un escarpe de terraza en el cual se evidencia la composición principal de este depósito. Como es evidente, está compuesto de bloques que varían entre pocos milímetros a los 80 cm (mal calibrado), su redondez varía de subredondeado a angular y su esfericidad es variable. La matriz de este depósito es homogénea y su color es pardo claro.

Además de lo ya mencionado, la terraza del río Suratá entre las zonas de los puentes El Tanque y Charta, puede clasificarse como una terraza desemparejada en casi su totalidad, debido a las relaciones geométricas del canal con la llanura de inundación, ya que la incisión del canal actual divaga de un extremo (norte) de la llanura de inundación al otro (sur), estando en la actualidad limitando con los escarpes de la Formación Jordán.

6.1.5.2. Terraza de acumulación reciente Qt_2 : Esta Terraza de acumulación se encuentra en contacto con el depósito aluvial actual. Su composición es predominantemente arenosa y presenta bloques de tamaños variables entre los 5 a 40 cm de diámetro. Esta terraza varía con respecto a Qt_1 principalmente en su composición y estructura, la matriz es arenosa - limosa, con la particularidad de que tiene lentes rojizos en algunos afloramientos que cierran en cuña y que presentan una forma alargada aproximadamente de 5 a 10 m.

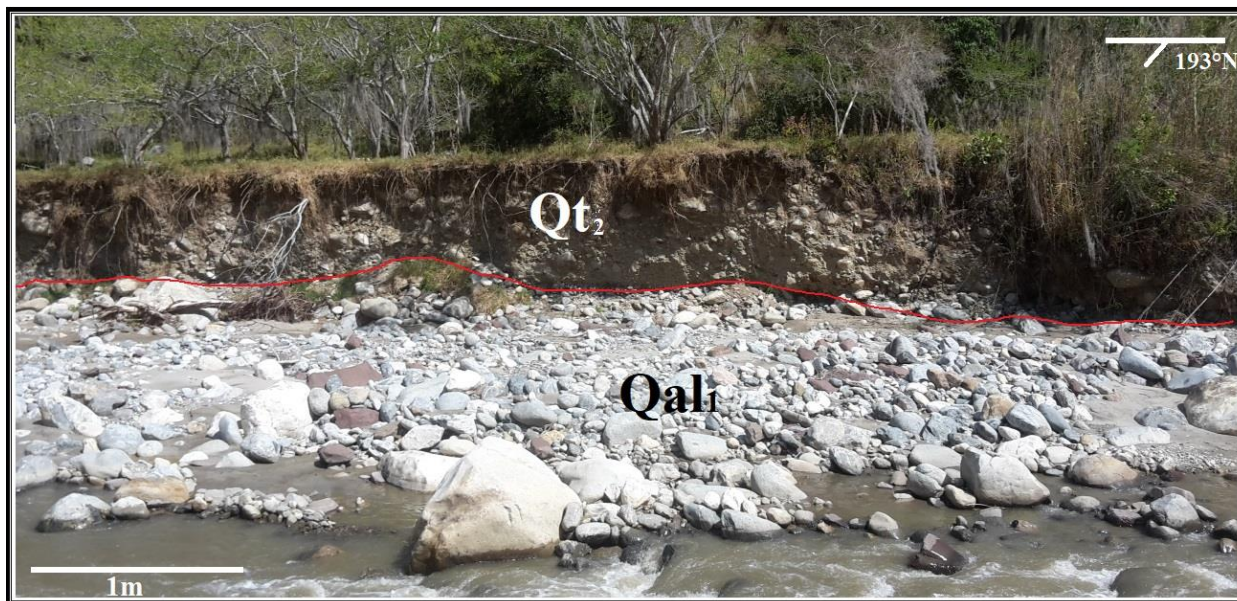


Figura 14. Contacto entre las unidades Terraza de acumulación 2 (Qt_2) y el depósito aluvial reciente (Qal_1).

6.1.5.3. Depósito aluvial reciente Qal_1 : Se trata del depósito poco consolidado de matriz arenosa y bloques de tamaños muy variables (tamaño grava hasta bloques de 1.5m de diámetro) y que actualmente se forma en el cauce del Río Suratá y en sus llanuras de inundación. Está conformado por bloques de roca transportados provenientes de diferentes unidades del Macizo de Santander. En la Figura 14 se puede apreciar una parte del depósito.

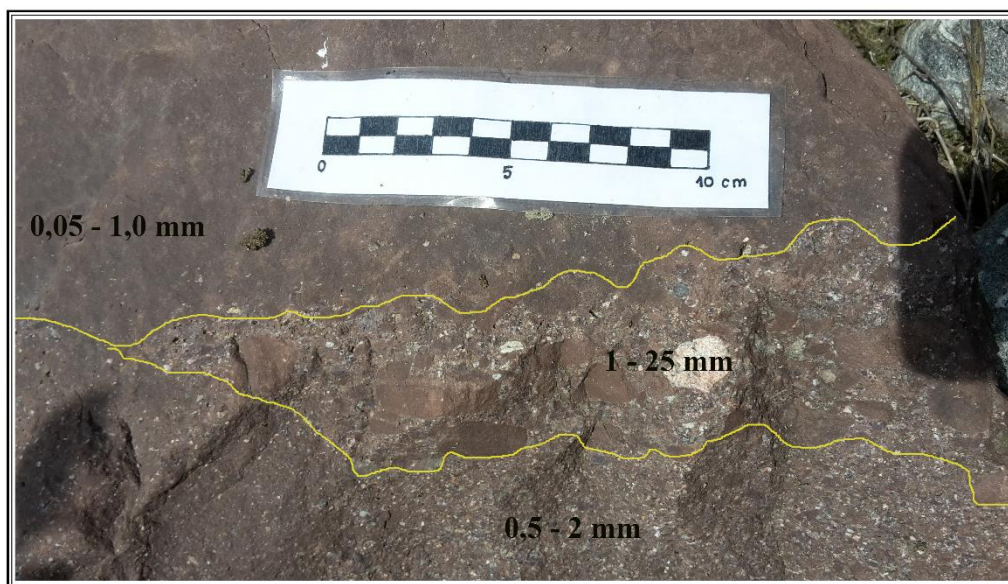


Figura 15. Bloque transportado y hallado en el depósito cuaternario aluvial del Río Suratá. En la imagen se diferencian tres tamaños de grano predominantes.



Figura 16. . Depósito aluvial reciente asociado a drenajes paralelo al cauce de la quebrada occidental.

6.1.5.4. Depósito aluvial reciente asociado a drenajes secundarios Qal2: Este depósito presenta unas variaciones evidentes en comparación a la terraza de acumulación antigua. Los clastos que se presentan en este depósito son de tamaño promedio 10 cm y tiene un calibrado bueno, son bien redondeados y de baja esfericidad. Además, este depósito presenta una matriz limo-arcillosa. Como es evidente en la Figura 16 , el afloramiento de esta unidad presenta un bandeamiento en colores café oscuro (parte superior), color naranja cobrizo (en la parte media) y un color café claro

hacia la base, lo cual podría representar cambios ambientales locales en los sedimentos de la quebrada.

6.1.5.5. Depósito coluvial antiguo Qd: Esta unidad está representada en los márgenes del Río Suratá en contacto con los depósitos aluviales recientes y antiguos. Su formación posiblemente asociada a erosión diferencial en los escarpes de La Formación Jordán. Es posible el ver estos depósitos cubiertos por suelos residuales y vegetación en el costado norte del Río Suratá. Su composición es casi totalmente proveniente de los afloramientos de la Formación Jordán y por lo tanto tiene predominantemente características litológicas de esta, aunque también posee material transportado por el río y que sugiere periodos de inundación sobre los depósitos coluviales antiguos. Ver Figura 17.



Figura 17. Afloramiento del depósito coluvial antiguo Qd. La línea roja divide la unidad mencionada de un montículo de rocas movidas artificialmente.

6.1.5.6. Depósito coluvial reciente Qd2: Corresponde a aquellos depósitos que se formaron por fenómenos denudacionales recientes y que fueron depositados por gravedad en la parte inferior de los escarpes de la Formación Jordán en el costado norte del Río Suratá. Esos depósitos presentan bloques angulares de diferentes tamaños, generalmente no mayores a 50 cm que se desprenden de las laderas escarpadas de dicha unidad. La caída de bloques se presenta por actividad erosiva y posiblemente como resultado de la actividad estructural de la zona. Esto se afirma debido a que la distribución de estos depósitos se encuentra relacionada a la ubicación de una de las fallas principales del área.

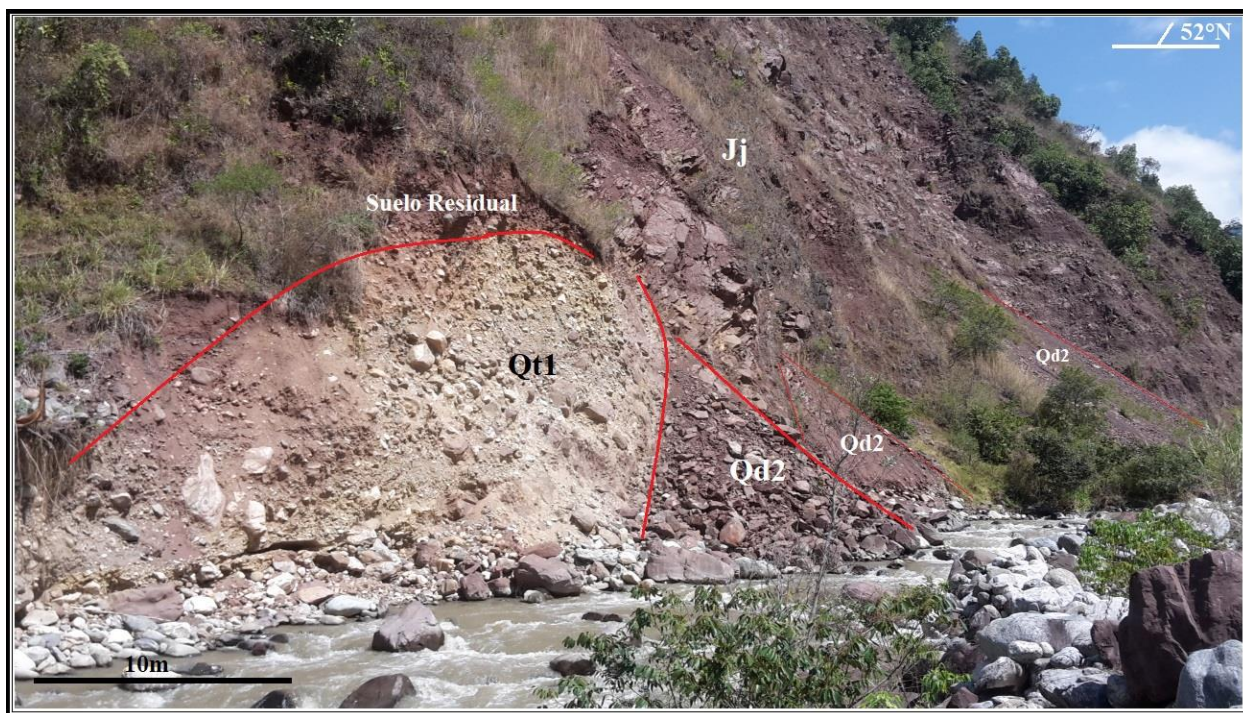


Figura 18. Contacto entre diferentes unidades al margen norte del Río Suratá. Entre ellas, la terraza de acumulación antigua, el depósito coluvial reciente, la Formación Jordán y los suelos residuales.

Estos depósitos se encuentran suprayaciendo la terraza aluvial antigua y los depósitos coluviales antiguos, lo que sugiere que son fenómenos relativamente recientes.

6.2. Geología Estructural

El área de estudio presenta una clara tendencia estructural evidenciada en los datos recolectados en campo. Las foliaciones de toda el área mantienen una misma tendencia de rumbo que oscila entre los 197° y los 209° y un buzamiento que varía entre 28° y 60° . Por otra parte, las unidades sedimentarias, principalmente la Formación Jordán, se ven afectadas por fallas inversas que cortan esta en sentido SW-NE en su mayoría y cuya vergencia predominantemente está orientada al NW. También fueron hallados lineamientos que cortan el área en sentido S-N y que podrían estar asociados a fallas de rumbo. La orientación y el buzamiento de los planos de estratificación varían notablemente de una zona a otra como consecuencia de la presencia de las fallas ya mencionadas.

6.2.1. Fallas: En la campaña de campo se lograron recolectar datos de dos fallas, y por medio de interpretación de imágenes satelitales basado en características geomorfológicas de la zona fueron reconocidas otras dos.

La Falla de La Rinconada afecta la zona occidental del área. Esta tiene rumbo NE-SW y presenta una cinemática dextral-normal, con una vergencia al nor-oeste (Castellanos L.A., Cetina M.A., 2013). Inicialmente se utilizaron imágenes satelitales para el reconocimiento de lineaciones, geoformas y planos que dieran algún indicio sobre el comportamiento de la configuración estructural de la zona. En la Figura 19 se describe la ocurrencia de ciertas geoformas y lineamientos asociados al trazo de fallas.

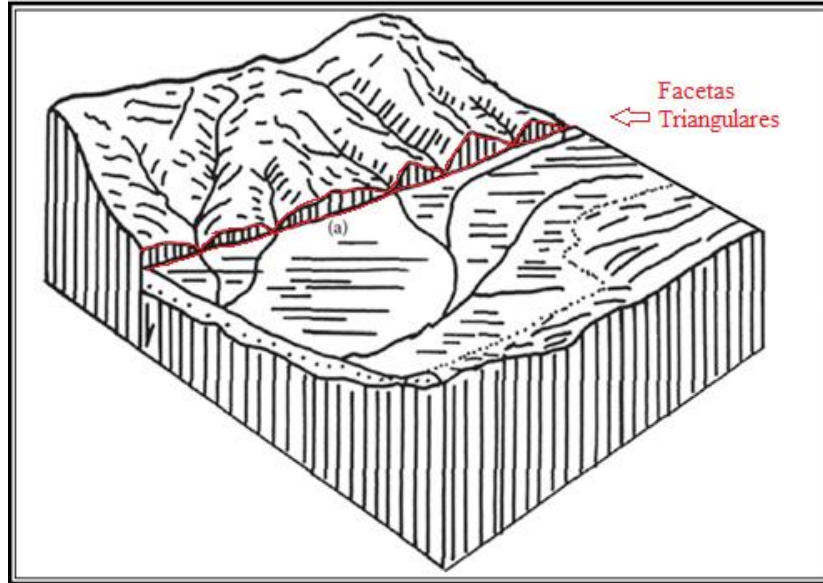


Figura 19. Facetas triangulares paralelas al trazo de una falla y espolones cuyo largo es perpendicular a la misma. Extraído y modificado de Prost, G. 2013.

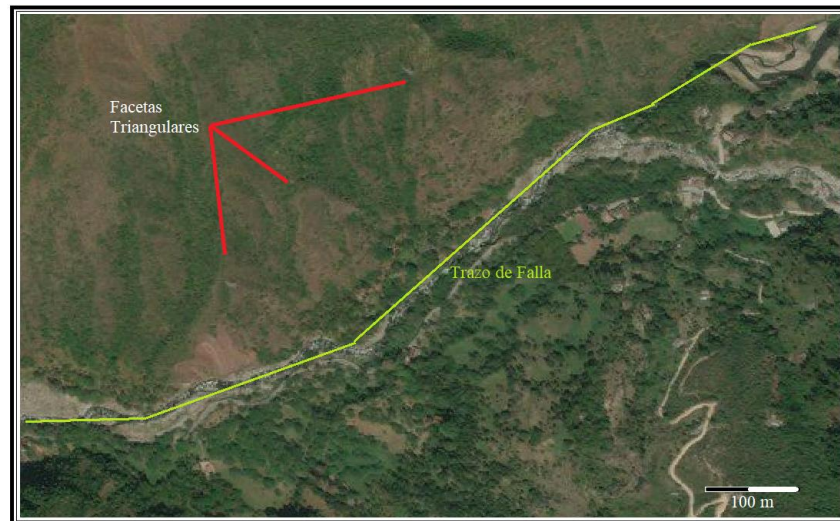


Figura 20. Expresión geomorfológica en espolones facetados debido a la tendencia estructural en la zona oriental del área.

Castellanos L.A., Cetina M.A., (2013) lograron definir en su investigación que el tensor de esfuerzos de la zona oriental adyacente a nuestra área está orientado a N 56 E. Dado este resultado pudimos hacer una interpretación del comportamiento estructural de la parte oriental de nuestra zona de campo y asociarlo a los datos encontrados.

Los bloques del basamento que han sido elevados se caracterizan por facetas triangulares a lo largo de un escarpe. Las facetas triangulares son muy frecuentes en la zona de campo, esta superficie es planar abrupta, recta con una geometría en planta triangular o trapezoidal (base amplia y angosta hacia arriba), cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral de relieves estructurales de fallamiento y erosión diferencial posterior. Estas características morfológicas son evidentes a lo largo de varias zonas en el área de campo, principalmente en los escarpes paralelos al Río Suratá, e incluso paralelo a algunos drenajes cercanos al área de trabajo.



Figura 21. Se aprecian lineaciones de planos estructurales. En rojo podemos ver los planos de fallamiento en que se ha evidenciado movimiento basado en indicadores cinemáticos (escalones y estructuras de crenulación) y en morado las diferentes familias de diaclas

Cuando no hay afloramientos, o están cubiertos por vegetación, las fallas casi verticales pueden aparecer como alineaciones de la vegetación o del tono del suelo. Este fenómeno se evidencia en los drenajes controlados por fallas, principalmente en la zona occidental del área de campo, donde el contacto entre los Esquistos del Silgará y la Formación Jordán se encuentra cubierto por la vegetación circundante a uno de los tributarios del Río Suratá. Cabe que la presencia de tributarios

que están alineados en ambos lados de una corriente principal sugieren un control estructural, como se puede apreciar en la mayoría de valles de la zona

La traza de un cabalgamiento es generalmente irregular, siguiendo los contornos topográficos y haciendo que la identificación de estas fallas sea compleja.

En varios de los afloramientos encontrados en la zona fueron evidenciados estos planos irregulares muchas veces paralelos a los estratos, cuyo diaclasamiento y fracturamiento tenía alta densidad, y cuya ocurrencia se daba en litologías de tamaños de grano finos. Además de estas características, también es posible observar la orientación del fracturamiento lo cual es utilizado como indicador cinemático.

La Falla de Surata corta nuestra zona en el costado occidental. Su trazo sigue el curso del Río Surata. Es una falla inversa de ángulo alto y su plano de falla buza al noroccidente siendo el bloque noroccidental el levantado, (Royero, J.M., Clavijo J., 2001) y también tiene desplazamiento de rumbo lateral derecho. Aunque en nuestra zona se encuentra cubierta, hay indicios estructurales y morfológicos que permiten inferir su trazo.

Estas características en el relieve son evidentes en toda la morfología a escala regional de nuestra zona de investigación, principalmente de forma circundante a la falla del Río Surata.

6.2.2. Diaclasas: En cuanto a las diaclasas podemos darnos cuenta que hay dos familias principales en toda la región, presentan patrones cuasi ortogonales una de la otra y en general son del tipo sistemáticas ortogonales, habiendo pocas zonas en donde se encontraran diaclasas no sistemáticas.

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOLÓGICA

Se ha observado que los conjuntos de diaclasas primarias están frecuentemente en ángulos rectos en areniscas y lutitas adyacentes. Esto puede ser el resultado de la reorientación de los esfuerzos en las unidades más fuertes no fracturadas luego del fracturamiento de los estratos más débiles y quebradizos.

En la Tabla 2 que se encuentra a continuación se puede apreciar información acerca de los datos estructurales de cada afloramiento analizado durante el trabajo de campo, además está la descripción general realizada in situ de cada uno de los afloramientos y sus respectivas coordenadas.

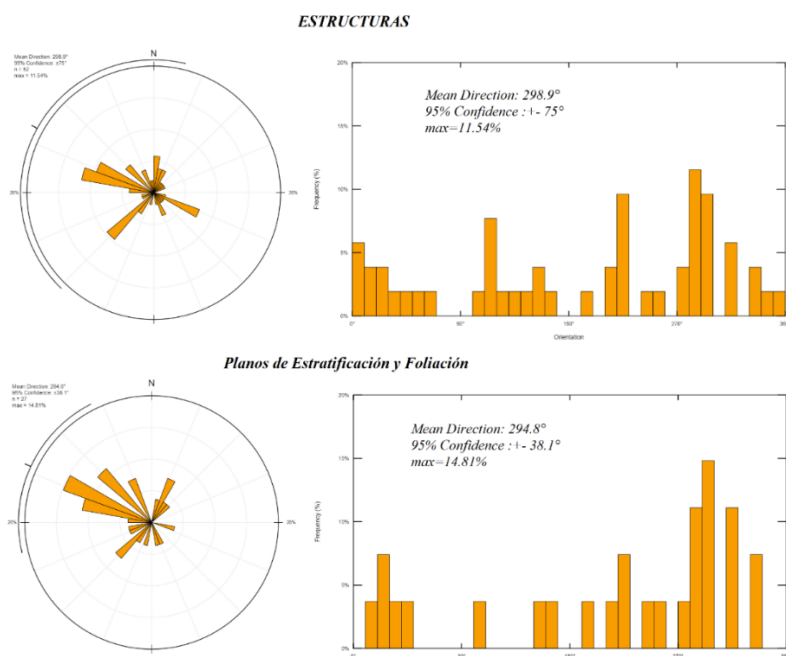


Figura 22. Se pueden apreciar de las frecuencias con que se repiten ciertos intervalos de datos de rumbo y buzamiento en toda el área de campo. Los datos de todas las estructuras encontradas: diaclasas, fallas, planos de estratificación y foliación.

Tabla 2.
Datos estructurales por bloques

	<i>Bloque occidental</i>		<i>Bloque Central</i>		<i>Bloque oriental</i>	
<i>DIACLASAS</i>	275	79	70	75	25	78
	283	61	136	26	254	85
	45	69			342	70
	280	32			90	60
	193	85				
	190	83				
	195	85				
	204	78				
	140	65				
	137	75				
	200	71				
	125	80				
	136	26				
<i>FALLAS</i>	60	30	170	45	38	62
	340	55	155	56	24	53
	325	34	150	50	22	53
					125	20
<i>ESTRATIFICACIÓN</i>	130	45	300	24	295	57
	310	38	163	53	320	40
	108	30	288	24	230	50
	285	22	154	60	204	35
	70	25			200	35
					190	39
					188	5
					160	52
<i>FOLIACIÓN</i>	204	41				
	245	60				
	245	75				
	228	42				
	209	28			228	32
	197	30				
	155	23				
	187	70				

Con el objetivo de analizar el componente estructural del área de una mejor manera, esta se dividió en tres bloques estructurales diferentes que están limitados por dos estructuras principales: La Falla de Surató y lo que sería una prolongación de la falla La Rinconada en nuestra zona.

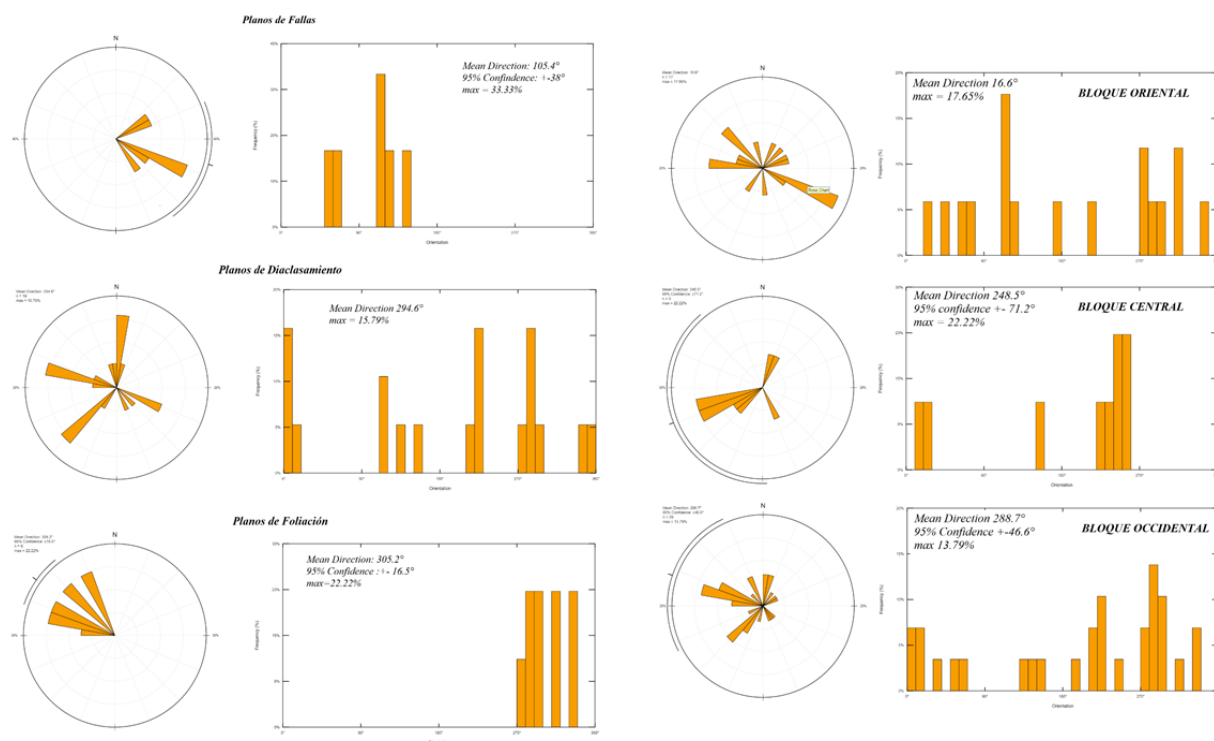


Figura 23. En la derecha los diagramas de rosa para los datos de fallas, diaclasamiento y foliación de toda la zona. En la derecha, los diagramas de rosa para los diferentes bloques estructurales del área.

6.2.3. Corte Geológico: El corte geológico fue realizado utilizando del trazo de bisectrices ente la intersección de los ángulos de buzamiento a lo largo del corte topográfico. Para encontrar el buzamiento aparente que se debe representar en el corte geológico se utilizó la siguiente fórmula trigonométrica,

$$\text{Tan}(\alpha) = \text{Tan}(\mu) \times \text{Sen}(\beta)$$

Haciendo el despeje para la aplicación de nuestro requerimiento,

$$\mu = \text{Arctan}(\text{Tan}(\alpha) / \text{Sen}(\beta))$$

Donde,

α = buzamiento tomado en campo, este es el buzamiento real de las capas.

β = ángulo de oblicuidad (ángulo entre el rumbo de la capa y rumbo de la línea del corte)

μ = buzamiento aparente a representar en el corte geológico.

La cinemática y los planos de fallas de rumbo se determinaron a partir de las observaciones en campo, las evidencias a nivel de afloramiento (planos de falla) y el análisis de los lineamientos de las fotografías aéreas disponibles en la zona; a sí mismo se marcaron vergencias de las fallas inversas que poseen una dirección SE, en base a la relación estratigráfica de las unidades que están poniendo en contacto (teniendo en cuenta que las rocas más antiguas se montan sobre las más jóvenes).

En el corte A- A' (ver Figura 24) se pueden observar las principales estructuras que cortan la zona de trabajo. La falla cubierta del Río Suratá hacia el NW con componente inverso y ángulo alto. El contacto inferido entre las unidades Esquistos del Silgará y La Formación Jordán. La falla definida a partir de imágenes satelitales hacia el centro de la Formación Jordán, y seguido de esta la falla de componente normal que supone hundiría el bloque sur- oriental de la zona correspondiente a l Formación Los Santos, y que podría tratarse de una prolongación de la falla La Rinconada. En el corte inferior, se quiso representar la composición geométrica de las unidades cuaternario que se encuentran alrededor del Río Suratá.

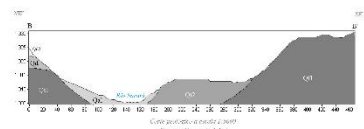
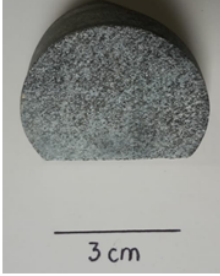
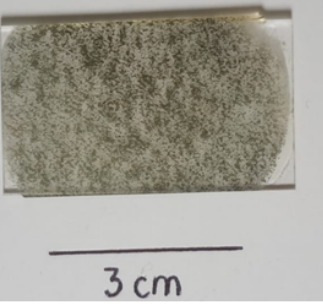


Figura 24. Corte geológico de la sección transversal A-A' (arriba) y B-B' (abajo), en donde se pueden apreciar las unidades principales que componen el área de trabajo.

6.3. Petrografía

DESCRIPCION PETROGRÁFICA DE MUESTRAS EN SECCIÓN DELGADA		
Información General	Esta sección fue extraída del sondeo P39c y se seleccionó para su análisis debido a que los bloques provenientes de esta litología presentan una amplia distribución dentro del depósito cuaternario del Río Suratá y dentro todos los núcleos analizados.	
Muestra:	Unidad: Neis de Bucaramanga	
Coordenadas	X	1116016,036
	Y	1297032,147
Descripción Macroscópica		
La roca presenta texturalmente grano grueso, foliación muy marcada, gruesa, estructura migmatítica, en general leucosomas ricos en plagioclasa y cuarzo. Los mesosomas son principalmente compuestos de hornblenda y biotita.		FOTO 
Descripción Microscópica		
En la muestra hay una predominancia en Hornblenda y Biotita, acompañada además de feltespato potásico y Cuarzo. En general la muestra presenta una textura Nematogranoblástica, determinada principalmente por la presencia de minerales prismáticos como la Hornblenda. Es común también encontrar una coloración café sobre impuesta a los cristales de biotita lo cual puede evidenciar la ocurrencia de alteración a clorita. <u>La Hornblenda:</u> se presenta principalmente en cristales grandes, formas subhedrales a anhedrales con un pleocroísmo de color amarillo quemado y color verde oliva en nicolas paralelos. El alto relieve positivo es también un fuerte indicador de este mineral. Son evidentes además sus planos de exfoliación a 60° y que además son simétricos a su extinción. <u>El Cuarzo:</u> se presenta en tamaños inferiores a los de la Hornblenda, de forma anhedral, bordes irregulares y con frecuencia ocupando espacios intercristalinos en la hornblenda. <u>La biotita:</u> la encontramos con menor frecuencia que el cuarzo y la hornblenda y el factor principal para su identificación es su bajo relieve, su exfoliación basal, su forma elongada en la mayoría de cristales y una coloración más tendiente hacia el pardo. <u>La plagioclasa:</u> son identificados principalmente por su macla polisintética, su bajo relieve y su ausencia de color. También se logra observar aunque no tan frecuente, la presencia muscovita o sericita acompañando a algunos cristales de biotita.		FOTO 

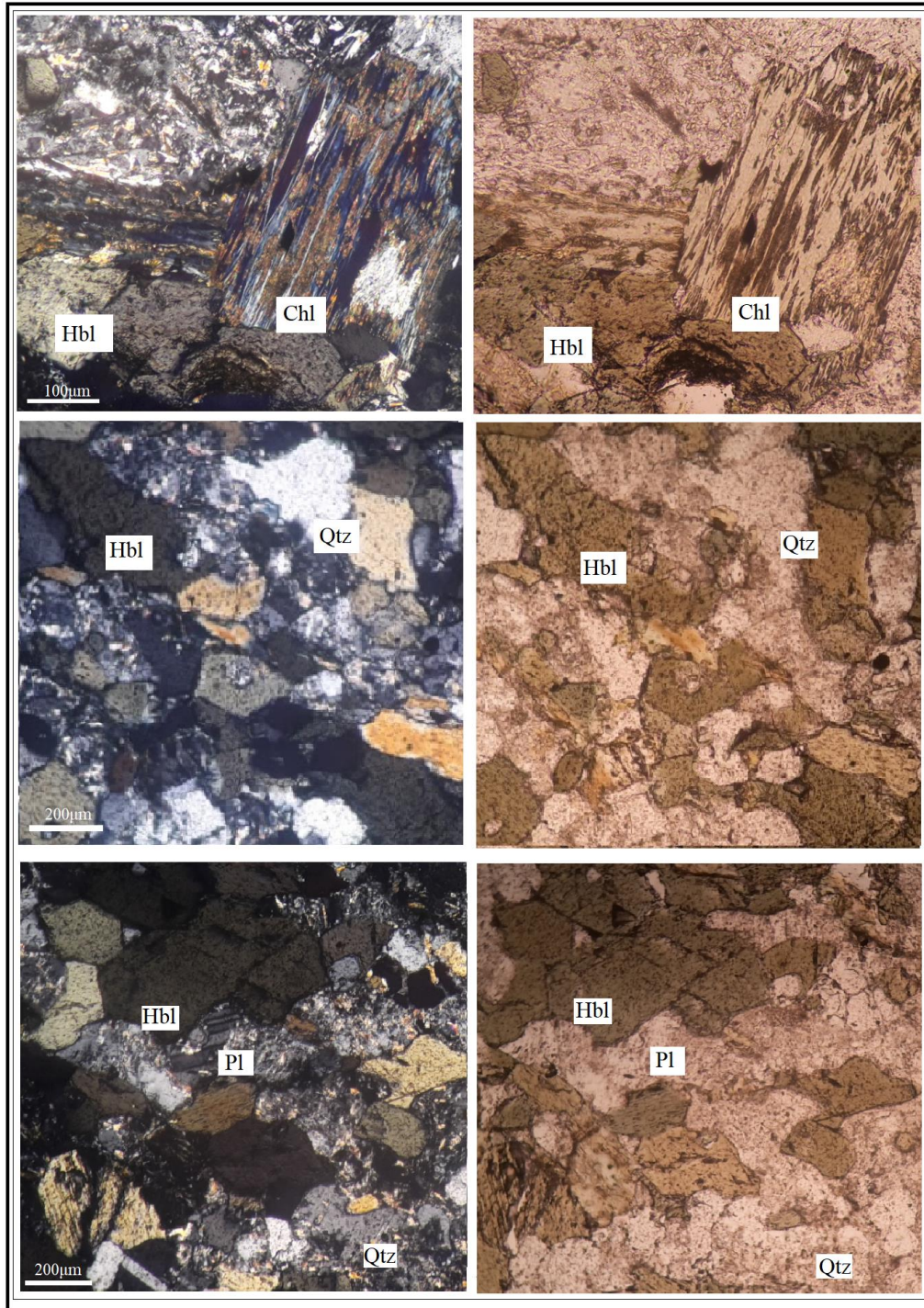
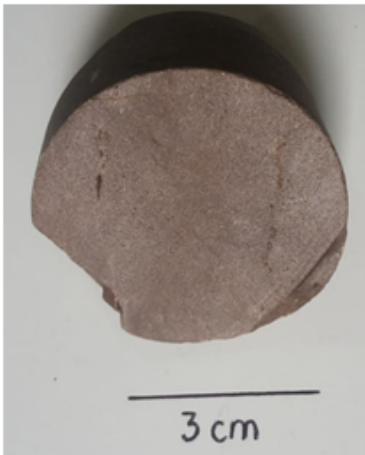
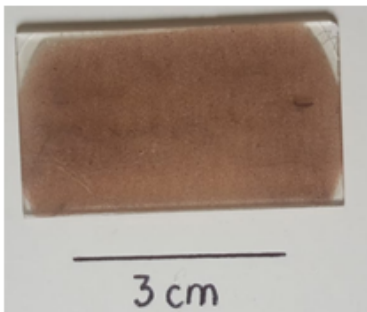


Figura 25. Fotografías del Neis de Bucaramanga en sección delgada. Vemos su característica textura y su composición mineralógica predominante. En la izquierda en vista de nicoles cruzados donde podemos ver el pleocroismo de los cristales, y en la derecha la vista en nicoles paralelos para identificar el relieve de los minerales.

DESCRIPCION PETROGRÁFICA DE MUESTRAS EN SECCIÓN DELGADA			
Información General			
Muestra: sondeo p37i		Unidad: Formación Jordán	
Coordenadas	X	1113567	
	Y	1296702	
Descripción Macroscópica		FOTO	
Arenisca de grano muy fino a limo. Granos de cuarzo predominantemente. La muestra se encuentra muy afectada por al perforación. Venillas de cuarzo en una orientación preferentemente oblicua la dirección de la perforación. Tambien se puede evidenciar fallamiento normal en la roca debido a un plano que corta y dezplaza una vena de cuarzo. La muestra posee buen calibrado, sus granos son angulares a subangulares y en su mayoría son subredondeados.			
Descripción Microscópica		FOTO	
La roca está compuesta de cuarzo principalmente en aproximadamente el 72%, tamaño de grano limo - arena fina (0,07 - 0,2 mm). Es posible observar la presencia de feldespatos (~ 4%) plagioclasas(~7%) identificados principalmente por el maclado polisintético y de tipo tartán (ver figura), y la presencia de detritos opacos dispersos por toda la sección que representan el 17 %. La muestra posee buen calibrado, sus granos son angulares a subangulares y en su mayoría son subredondeados aunque hay presencia de elongados también. La muestra está cementada con cemento silíceo muy posiblemente por el sobrecrecimiento de los granos de cuarzo.			

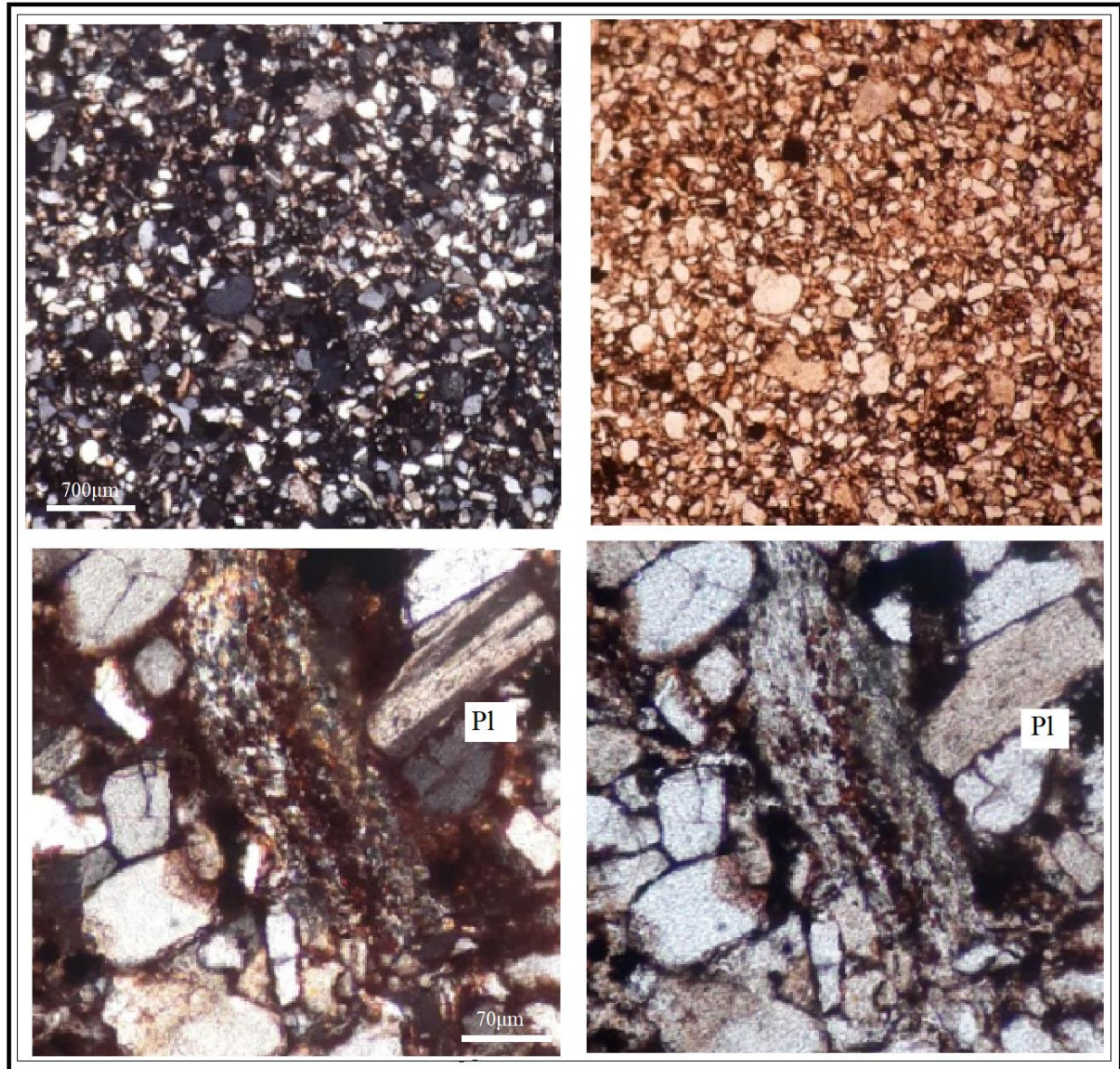
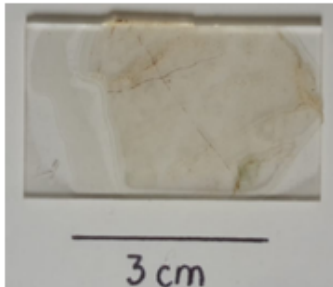


Figura 26. A la izquierda vista de nicoles cruzados y a la derecha nicoles paralelos en la muestra de la Formación Jordán, Se puede observar el tamaño de grano característico de la muestra y su composición siliciclástica predominante.

DESCRIPCION PETROGRÁFICA DE MUESTRAS EN SECCIÓN DELGADA

Información General	Esta sección fue extraída de la muestra JLT03-10-1. Es una roca metamórfica perteneciente a los Esquistos del Silgará que presenta fracturamiento intenso.		
Muestra: JLT-10-1	Unidad: Esquisto del Silgará		
Coordenadas	X	1113166	
	Y	1297086	
Descripción Macroscópica			
La roca luce afectada por intenso fracturamiento que se ve alterado también por oxidación asociado a meteorización. En su composición predomina el cuarzo microcristalino (no se observan cristales a simple vista). También es posible observar la presencia de hornblenda en pequeñas masas.		FOTO 	
Descripción Microscópica			
En el análisis de sección delgada encontramos predominantemente minerales como el cuarzo, la plagioclasa, biotita, muscovita y sericita. Texturalmente podemos ver que predomina la textura granoblástica controlada por cristales de cuarzo que son aproximadamente del mismo tamaño. Estructuralmente hablando vemos que existe una orientación preferencial de los minerales y una variación en el tamaño de grano en franjas. La estructura esquistosa es		FOTO 	

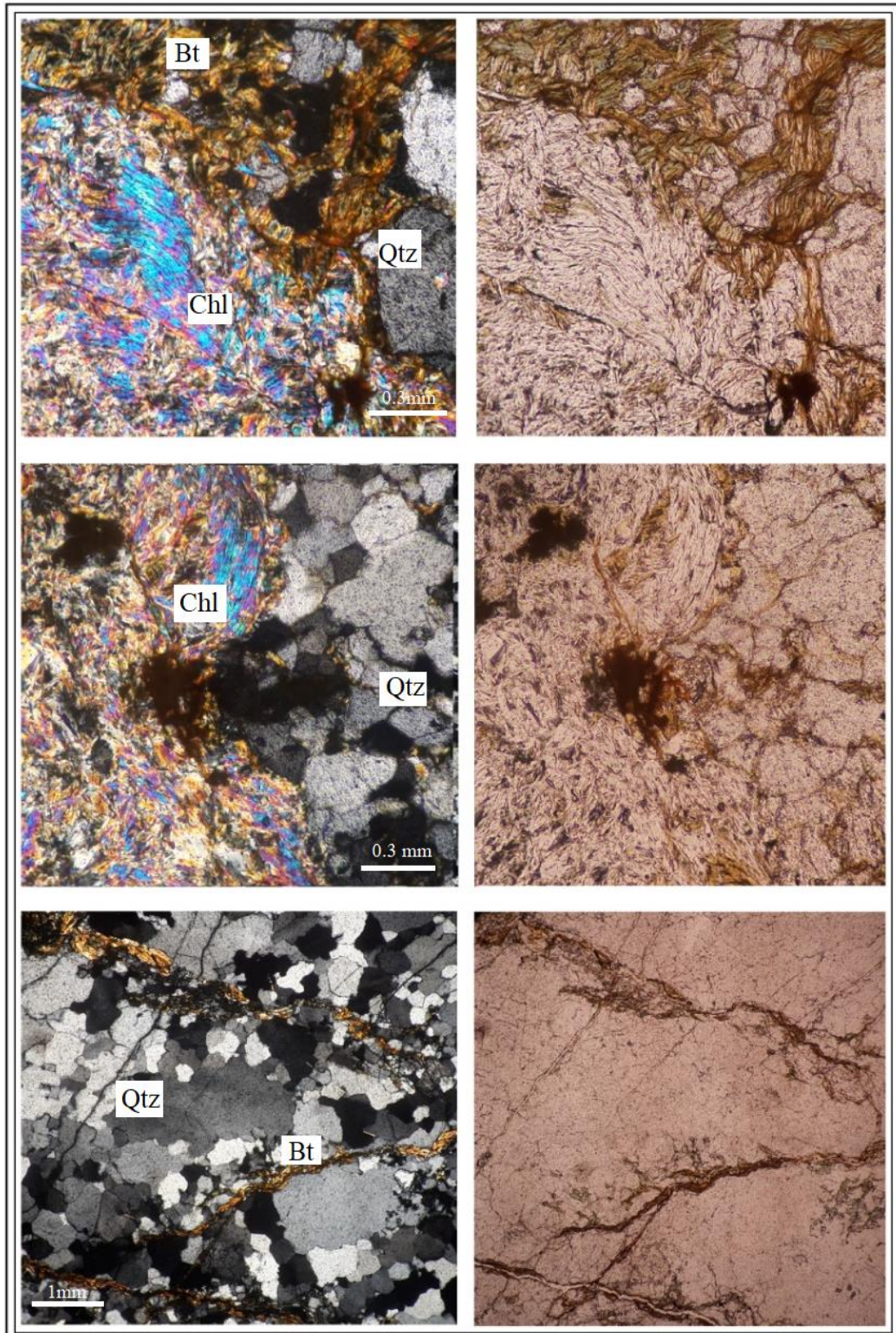
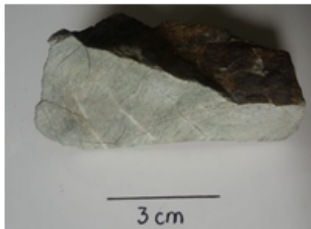
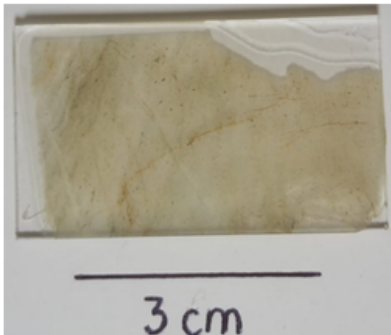


Figura 27. A la izquierda vista de nicoles cruzados y a la derecha nicoles paralelos en la muestra de los Esquistos del Silgará. Esta muestra presenta una composición predominantemente cuarzosa aunque es posible observar cristales de Clorita en contacto con óxidos y biotita en toda la muestra.

DESCRIPCION PETROGRÁFICA DE MUESTRAS EN SECCIÓN DELGADA						
Información General		La sección fue extraída de la muestra JLT11-2 obtenida en campo.				
Muestra: JLT-11		Unidad: Neis de Bucaramanga				
Coordenadas		X	1113060			
		Y	1297597			
Descripción Macroscópica						
Roca metamórfica muy posiblemente proveniente de un protolito sedimentario. Rica en cristales de cuarzo de tamaño fino, con presencia de biotita y posiblemente anfíboles. Su coloración va desde verde turquesa hasta gris verdoso y en algunas partes blanco. Presenta estructuras microplegadas e incluso crenulación en ella. Es posible ver pequeñas venillas de cuarzo también microplegadas.				FOTO 		
Descripción Microscópica						
Los elementos como una orientación preferencial de minerales hojosos como micas (especialmente sericita) es evidenciada en toda la muestra. En muestra de mano la roca presenta lineaciones en uno de sus planos que son proyectados en profundidad, lo que representa una lineación de crenulación. Posee microlitones específicamente de cuarzo y clivaje de crenulación el cual puede ser observado tanto en sección delgada como en muestra de mano. La estructura de la roca en general es microplegada, lo cual podría darnos un indicador de la configuración estructural regional, que dados los datos, corresponde a un régimen compresivo, y esquistosa ya que hay la presencia de diferentes bandas dispuestas de forma subparalela a anastomosada conformada por los minerales formadores, principalmente los de hábito hojoso.				FOTO 		

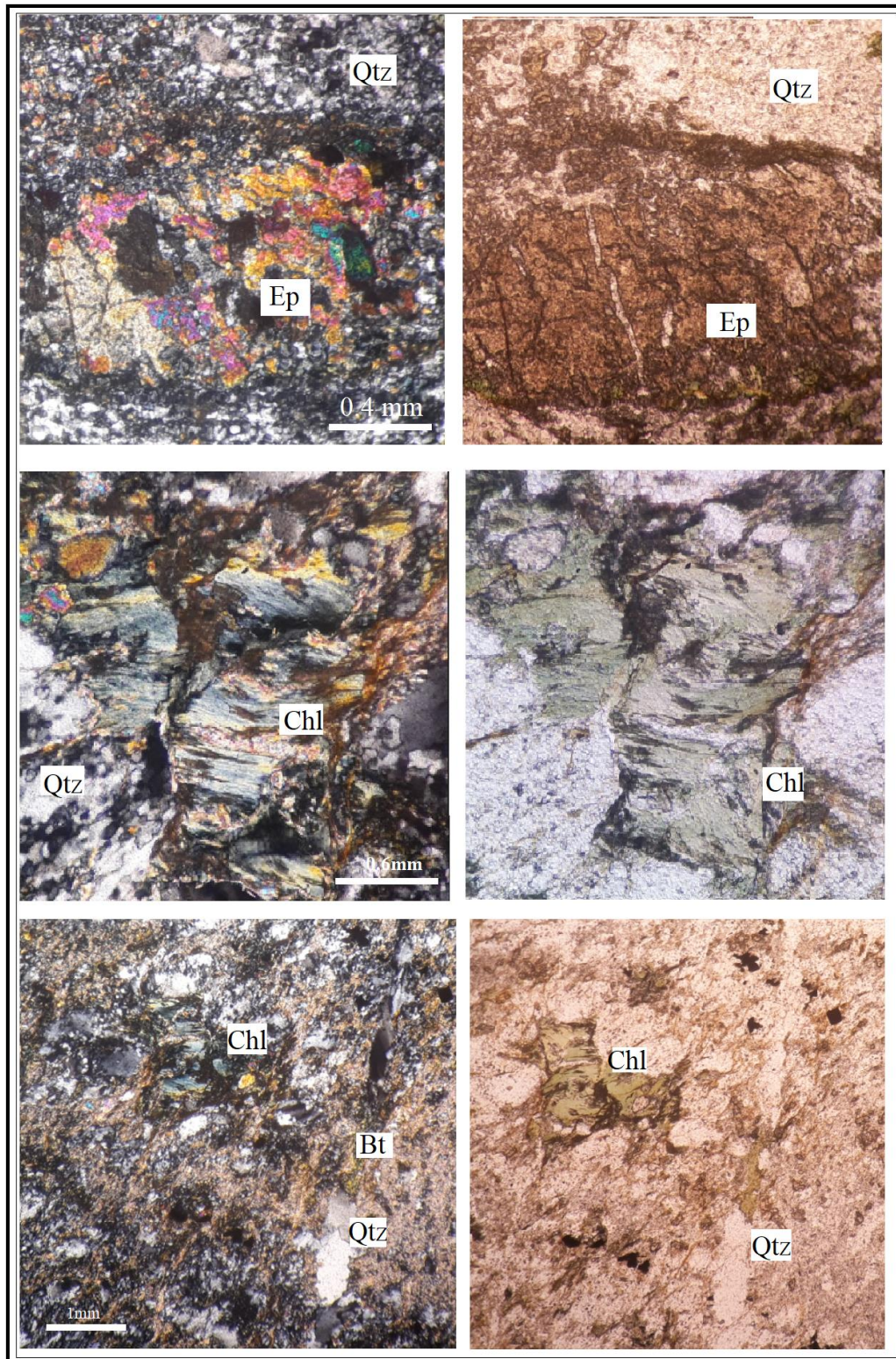


Figura 28. Imágenes representativas de la unidad Esquistos del Silgará. Esta muestra varía a nivel textural de la anterior e incluso es posible observar cristales de epidota.

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOLÓGICA

Mapa geológico 1:10000

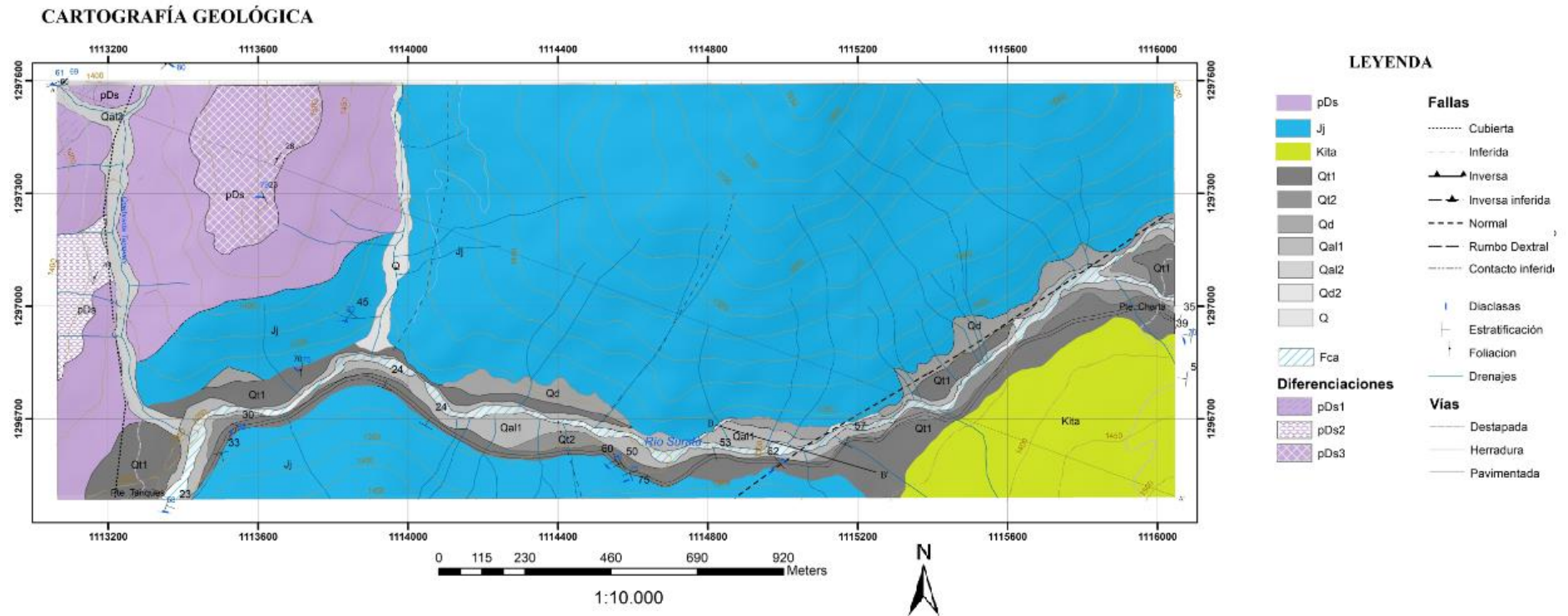


Figura 29. Cartografía geológica del área de campo resultado de la investigación realizada. Cabe resaltar la subdivisión de la unidad Esquistos del Silgará debido a diferencias texturales, composicionales y estructurales dentro de sí. También se puede observar la subdivisión de la unidad de edad cuaternario que sigue el cauce del Río Suratá.

6.4. Geomorfología

Basado en la interpretación de imágenes satelitales de la zona y áreas circundantes, se encuentran rasgos en la fisiografía que son claves para interpretar la geomorfología. Esto sumado a la interpretación del paisaje y el uso del Modelo de Elevación Digital para la generación del mapa de pendientes y mapa de sombras, proporcionaron las herramientas suficientes para llevar a cabo la clasificación de unidades geomorfológicas del área. Con objetivo de realizar una clasificación formal fue utilizado el *GLOSARIO DE UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS* del Servicio Geológico Colombiano.

Para hacer la clasificación de unidades geomorfológicas, como primera medida se subdividió el área en los dominios geomorfológicos principales, los cuales fueron identificados como: ambiente denudacional, ambiente estructural y ambiente fluvial. En la Tabla 3 encontramos todas las unidades geomorfológicas asociadas a su respectivo dominio.

6.4.1. Ambiente Estructural: Las geoformas de origen estructural se producen debido a la dinámica interna de la tierra, siempre asociados a plegamientos, levantamientos estructurales y fallamientos. Estos rasgos morfológicos de superficie también están afectados por diferentes procesos y niveles de denudación, pero aun así las características estructurales siguen conservándose como principales y más representativas.

Los principales parámetros que se usaron para la definición de estas unidades fueron la relación Estrato/Pendiente topográfica, la relación geométrica entre las fallas y ciertas geoformas y la localización de lineamientos tanto locales como regionales.

Tabla 3.

Unidades geomorfológicas asociadas a su respectivo dominio

Dominio o Ambiente	Unidad Geomorfológica	Simbolo Cartográfico
Denudacional	Cima	Dc
	Escarpe de erosión mayor	Deem
	Ladera erosiva muy abrupta	Dlema
	Ladera ondulada	Dlo
	Ladera disectada muy abrupta	Dldma
	Ladera ondulada muy abrupta	Dloma
	Ladera erosiva abrupta	Dlea
Estructural	Ladera contrapendiente	Slcp
	Escarpe de contrapendiente	Secp
	Ladera de contrapendiente de cuesta	Sclc
	Espolón bajo de longitud corta	Sesbc
	Espolón bajo de longitud media	Sesbm
	Espolón moderado de longitud corta	Sesmc
Fluvial	Cauce aluvial activo	Fca
	Terraza de acumulación	Fta
	Escarpe de terraza de acumulación	Ftae
	Terraza de acumulación antigua	Ftan
	Plano o llanura de inundación	Fpi

A continuación, se mencionan las principales geoformas asociadas a ambiente estructural que fueron identificadas en la zona de trabajo

6.4.1.1. Ladera contrapendiente (Slcp): Se trata de una superficie en declive, de morfología irregular, definida por estratos dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Está presente con una longitud mediana y con pendiente inclinada.

6.4.1.2. Escarpe de contrapendiente (Secp): Está presente en la zona como superficie en declive, subvertical y de altura local de 50 m y regional superando los 400, su pendiente entre los 30° y los 45° grados, a lo largo de planos estratificados dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno.

6.4.1.2. Espolón bajo de longitud corta (Sesbc): Consta de una saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general que en este caso se trata de la continuación de la Falla de Charta y de la Falla La Rinconada. Estos fueron desarrollados sobre rocas sedimentarias y se encuentran limitados por drenajes paralelos a subparalelos. Sus laderas son de longitudes aproximadas de 73 m, con pendientes inclinadas que oscilan entre los 31° y los 45° generadas por intensos procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que el relativo de relieve menor es de 250 m y la longitud del eje principal del espolón es menor 250 m.

6.4.1.3. Ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc): Corresponde a laderas estructurales, denudadas con estratos buzando en contra de la pendiente natural del terreno, con un valor de aproximadamente 30° y caracterizada por exhibir o poseer pendientes inclinadas, entre 31° y 70°, longitudes que varían desde corta a muy corta y de forma cóncava.

6.4.1.5. Espolón moderado de longitud corta (Sesmc): Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, al igual que los anteriores, la Falla Charta y la falla de La Rinconada, desarrollado sobre rocas sedimentarias y limitado por drenajes subparalelos. Sus laderas son de longitudes aproximadas de 370 m, con pendientes inclinadas a escarpadas (entre 31° y 70°) afectadas por procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que su altura relativa está entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón es menor que 250 m.

6.4.2. Ambiente Denudacional Es el principal ambiente geomorfológico encontrado en el área. Los principales parámetros usados para evaluar la clasificación de unidades geomorfológicas en este ambiente es la pendiente, el tipo de drenaje, densidad de drenajes y la geometría del cuerpo.

Las unidades de origen denudacional corresponden a aquellas geoformas originadas por procesos de meteorización, erosión, transporte y depositación de materiales por parte de agentes pluviales, gravitacionales o ambos, en diferentes grados de intensidad y durante diferentes intervalos de tiempo, que actúan sobre las geoformas preexistentes, generando la modificación de las mismas (SGC-UIS, 2014).

Estas unidades morfológicas asociadas a al ambiente denudacional han sido formadas sobre material sedimentario clástico y consolidado pertenecientes a la Formación Jordán, de edad Jurásico, aunque también es posible verlas en rocas menos consolidadas y más recientes como depósitos coluviales.

6.4.2.1. Cima (Dc): Superficie amplia convexa a plana, dispuesta en franjas alargadas que bordean algunas divisorias de agua. Presentan pendientes planas a inclinadas con anchos entre 200 a 800 metros, limitadas por laderas cuya inclinación puede ser moderada a escarpada. Su origen se establece a partir de procesos meteorización, erosión intensa y actividad antrópica.

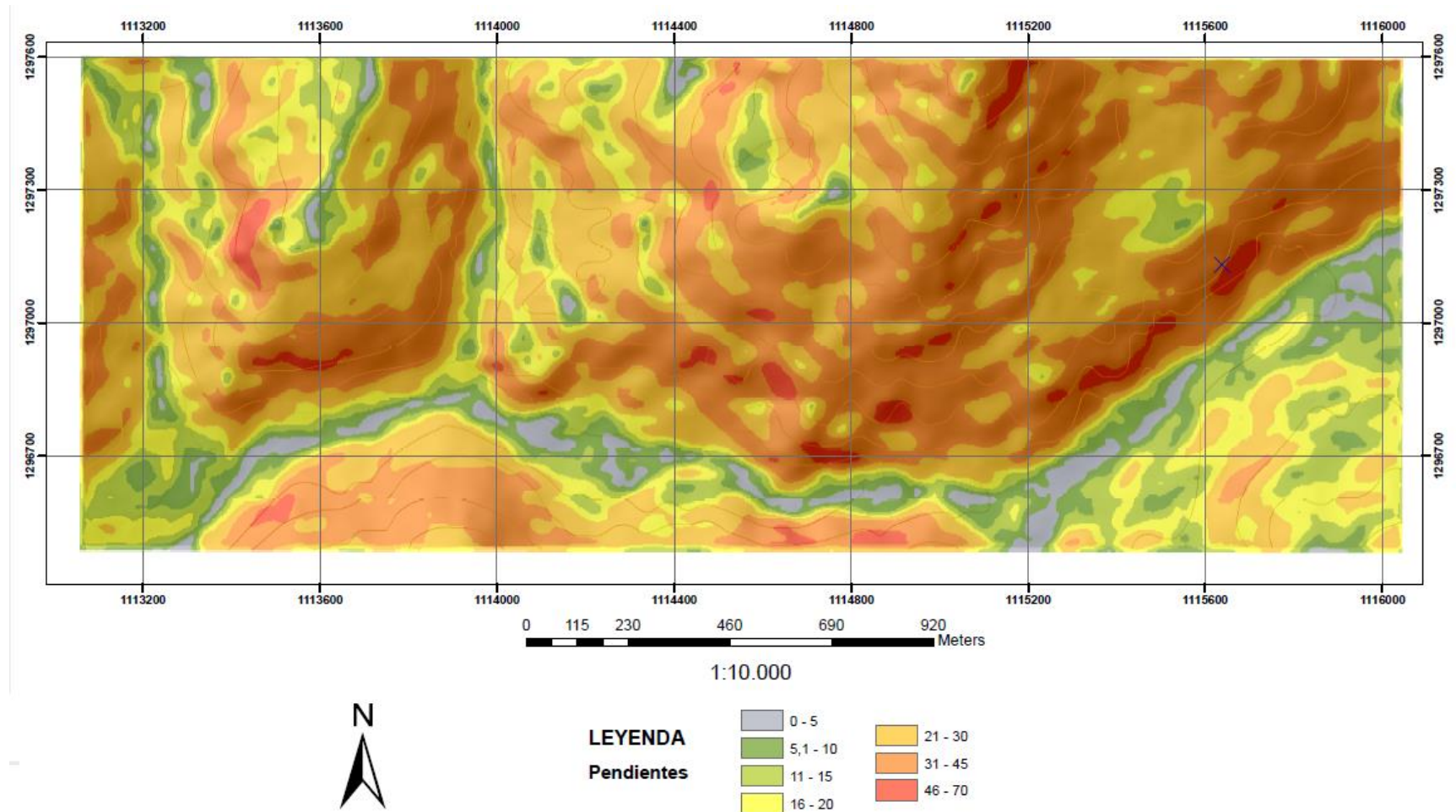
Mapa de pendientes

Figura 31. Mapa de pendientes en el área de trabajo. Las zonas más bajas de la topografía tienden a mostrar menor pendiente y representan los depósitos recientes generados por la dinámica del Río Suratá.

6.4.2.2. Escarpe de erosión mayor (Deem): Están en el área como escarpes de longitud aproximada de 458 m, una altura de 200m, de forma entre convexo y eventualmente recta, con pendiente escarpada, originado por socavación lateral erosión remontante a lo largo de un drenaje.

6.4.2.3. Ladera erosiva muy abrupta (Dlema): Superficie de erosión con pendiente entre 20 y 30°. Esta geoforma se encuentra en varias zonas del área. Su longitud es variable, desde moderadas a largas, entre 200m hasta aproximadamente 1km. Su geometría varía a lo largo de la zona en formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico.

6.4.2.4. Ladera ondulada (Dlo): Se encuentran como superficies en declive de morfología alomada o colinada, pendiente inclinada principalmente, aunque se encuentran también escarpadas, la longitud varía entre 180 - 690 m. Su patrón de drenaje en el área es subparelo.

6.4.2.5. Ladera disectada muy abrupta (Dldma): Superficie de erosión con pendientes entre 20° y 37°, la cual posee una red de drenaje subparalela, de alta densidad, con un grado de incisión fuerte, lo que da lugar a una alta disección en el terreno, esta geoforma únicamente se encuentra en la zona sur del área y también podría estar asociada a la acción estructural.

6.4.2.6. Ladera ondulada muy abrupta (Dloma): Superficie en declive de morfología alomada, con pendientes que varían de 20° a 30° , su longitud varía entre 280 y 300 m. El patrón de drenaje predominante es subparelo. Esta unidad únicamente se encuentra presente en la secuencia sedimentaria de la Formación Jordán al norte de la zona.

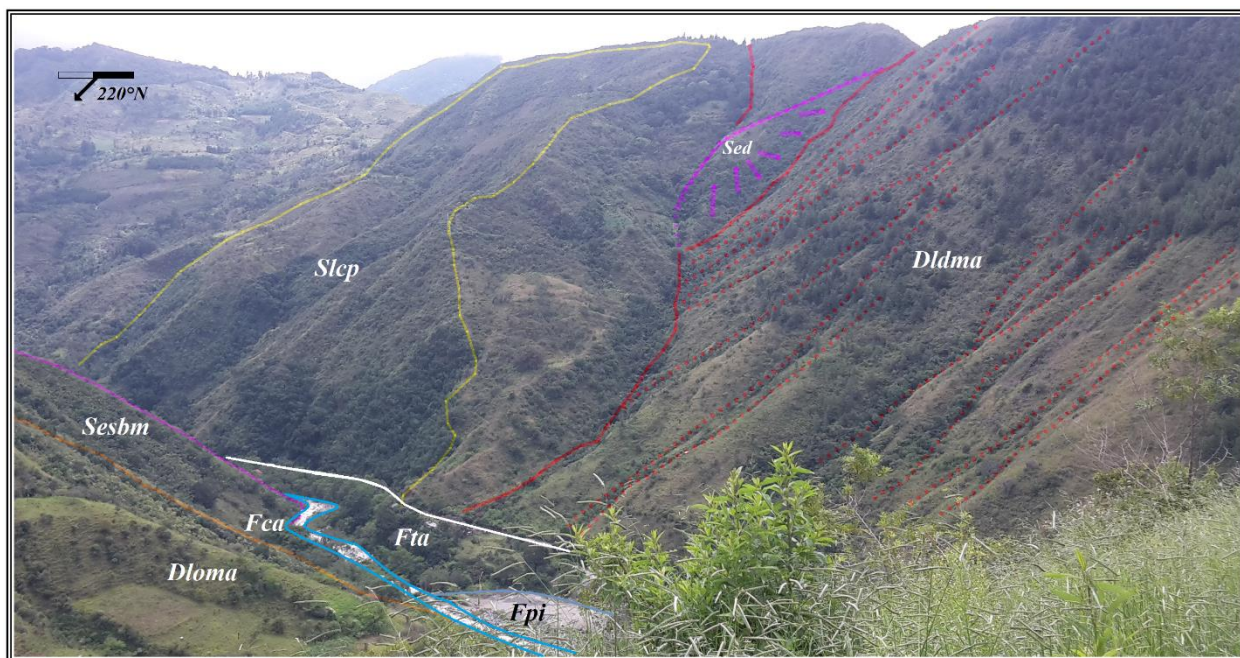


Figura 32. Se observan diferentes unidades en la zona Sur de los 3 ambientes geomorfológicos que se presentan en el área. Se resaltan en línea roja punteada los drenajes paralelos a subparalelos de alta densidad en la unidad Dldma.

6.4.2.7. Planicie colinada residual (Dpcr): Área extensa y suavemente inclinada con morfología colinada a ondulada, con laderas cortas convexas, pendientes abruptas, asociadas a rocas duras y a antiguas superficies de erosión, con presencia de suelos residuales de espesores

6.4.2.8. Ladera erosiva abrupta (Dlea): Esta geoforma está más presente en las unidades metamórficas de los Esquistos del Silgará. Consta de una superficie de erosión con una pendiente entre 15° y 20° , de longitudes entre 130 y 150 m, cuya geometría es convexa, y posee patrón de drenaje típico dendrítico.

6.4.3. Ambiente Fluvial

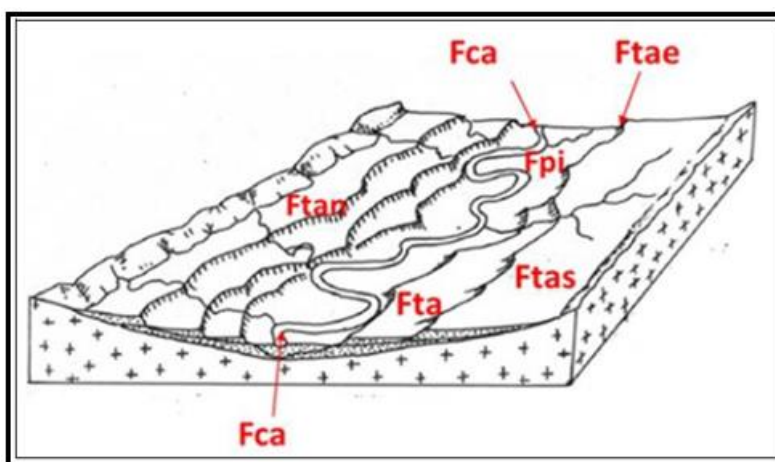


Figura 33. Esquema de las principales unidades geomorfológicas asociadas al ambiente fluvial en nuestra zona. Tomado y modificado de Servicio Geológico Colombiano – UIS (2014).

6.4.3.1. Cauce aluvial activo (Fca): Esta geoforma corresponde al canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales del Río Suratá. El cauce se asocia a un control estructural en la parte occidental del área y es por esto que en esta zona lo encontramos encañonado, en forma de V. A medida que avanza, la corriente empieza a fluir por zonas semiplanas y debido a esto el cauce se vuelve algo más curvado o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo.

6.4.3.2. Terraza de acumulación (Fta): Corresponde a franjas de terreno planas o suavemente inclinadas, de extensiones variables, y de formas rectas o irregulares, ubicadas, de forma pareada, a lo largo de los márgenes de los diferentes drenajes. Se encuentran modeladas sobre sedimentos aluviales y limitadas por escarpes de diferente altura. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical y se encuentra constituida por gravas, arenas, limos y arcillas, que presentan una disminución del tamaño a medida que se aleja del lecho del río.

6.4.3.3. Escarpe de terraza de acumulación (Ftae): Se trata de aquellos escarpes caracterizados por presentar formas rectas, pendientes muy escarpadas y longitudes cortas, ubicados sobre sedimentos aluviales a lo largo del Río Suratá, los cuales se encuentran bordeando terrazas de acumulación del cauce y cuyo origen está relacionado con la incisión y profundización del cauce del río.

6.4.3.4. Terraza de acumulación antigua (Ftan): Son franjas de terreno de morfología alomada, de extensiones medias, de formas convexas y pendientes suaves. Se encuentran constituidas por gravas, arenas, arcillas y hacen parte de la antigua llanura de inundación del Río Suratá en el sector occidental, cercano al bloque aflorante de la Formación Los Santos. Su origen está relacionado a la disección y tectonismo de estas.

6.4.3.5. Plano o llanura de inundación (Fpi): Superficie de morfología plana a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando el cauce del Río Suratá, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “U” y “V”, al igual que a los conos coluviales menores. Es característico en regiones montañosas como las inmediaciones de Charta, donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal (Río Suratá), en red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad. En la zona están presentes como superficies estrechas y alargadas. Su depósito se compone de sedimentos finos, originados durante eventos de inundación fluvial.



Figura 34. Conos de talús (líneas rojas) paralelos al cauce del Río Suratá resultantes de la caída de bloques en el costado norte de la zona, justo por debajo de la secuencia de la Formación Jordán (líneas punteadas amarillas).

Es muy común encontrar a lo largo del valle del Río Suratá geoformas de origen denudacional en forma de cono o lóbulos, localizadas en la base de los escarpes y que presentan formas angostas

en el ápice y redondeadas hacia el extremo cuyas pendientes varían entre inclinadas a abruptas, las laderas son de longitudes cortas a medias con formas convexas y cóncavas hacia la parte distal. Estos, los *conos de talus*, son resultado de acumulación mecánica de bloques y fragmentos angulares heterométricos que se desprendieron por procesos de meteorización acentuada de las partes altas, (SGC-UIS, 2014). Se incluyen en este tipo de geoforma los conos

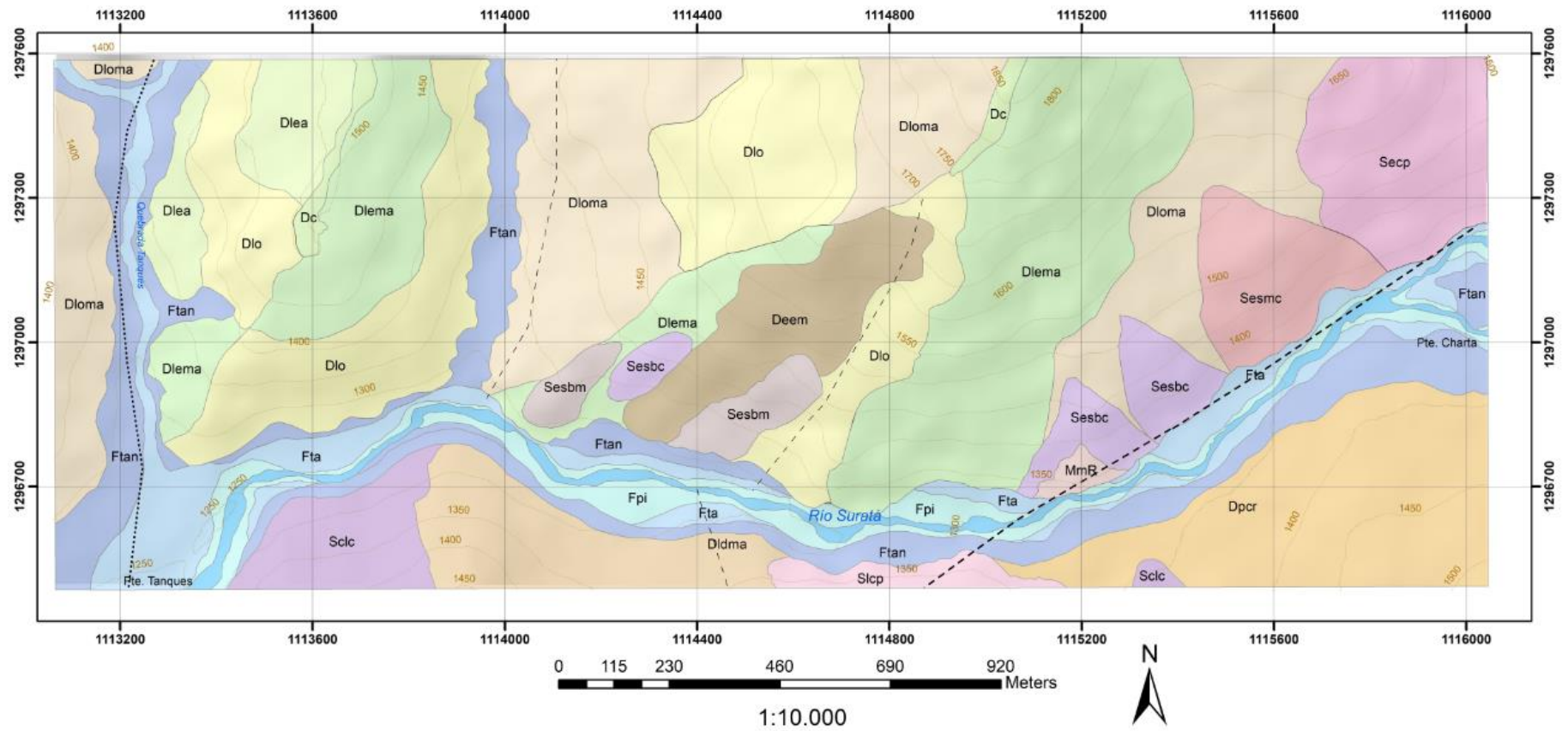
MAPA GEOMORFOLÓGICO

Figura 35. Mapa geomorfológico resultado del trabajo de investigación. Se puede observar la predominancia de unidades asociadas al dominio Denudacional, Estructural y Fluvial.

generados por actividad tectónica actual o subactual, lo cual además nos ofrece indicios directos de la fuerte actividad estructural del área.

6.5. Caracterización geotécnica

6.5.1. Re caracterización de núcleos a partir de sondeos perforados: Los núcleos extraídos por el CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES fueron re interpretados y analizados geológica y geotécnicamente con el fin de registrar de forma más detallada su composición, estructura y propiedades físicas. A continuación, se presentan las tablas de re clasificación de estos sondeos.

6.5.1.1. Sondeos del Puente Charta

Tabla 4.

Descripción del sondeo P38-i por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS								
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucarmanga - Alto del Escorial								
Sondeo No: P38-i				Localización: Puente Charta								
Fecha: 30/04/2013				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		
							LL (%)	IP (%)				
16,25	3,00			Depósitos Aluviales del Río Suratá (Qal), conformado por cantos redondeados de rocas ígneas, sedimentarias (areniscas y limolitas rojizas) y metamórficas con tamaños de grano heterogeneos, en una matriz arenosa a gravosa.	7	Barrena						
16,50												
16,75												
17,00												
17,25												
17,50												
17,75												
18,00												
18,25	3,00				8							
18,50												
18,75												
19,00												
19,25												
19,50												
19,75												
20,00	3,00				9							
20,25												
20,50												
20,75												
21,00												
21,25												
21,50												
21,75	3,00											
22,00												
22,25												
22,50												
22,75												
23,00												
23,25												
23,50	3,00											
23,75												
24,00												
24,25												
24,50												
24,75												
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							

Tabla 5.

DESCRITO POR		JUAN NICOLÁS GÓMEZ GONZÁLEZ							
SONDEO	P381	PUENTE CHARTA							
PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD	LITOLOGIA	TAMAÑO DE GRANO	ESTRUCTURAS	COLOR	AMBIENTE	OBSERVACIONES	Recuperación en m	Recuperación en porcentaje
16									
	Qt1	Depósito aluvial	Bloque		Negro - gris - blanco	Fluvial	Bloques provenientes del Neis de Bucaramanga, presenta bandeamiento composicional que se asemeja a milonitización. Otros bloques de origen ígneo. Estos compuestos principalmente de plagioclasas y biotita, de textura fanerítica equigranular, granos anhedral. Los bordes del bloque lucen subangulares y presentan una coloración rojiza - amarilla en sus bordes que indican oxidación.	1,55	51,66%
	Qt1	Depósito aluvial	Guijos		Gris oscuro - blanco		Fragmentos de litologías variables provenientes del Neis de Bucaramanga, cuerpos ígneos félsicos con contenido de feldespato potásico, cuarzo y muscovita. Sus bordes se presentan redondeados e el caso de los guijos mas pequeños y los mas grandes subangulares.		
19									
	Qt1	Depósito aluvial	Guijarros - guijos	NA	Gris oscuro - blanco - Negro		Fragmentos de proveniencias variables y de tamaños que oscilan entre los 2 a 15 cm. Principalmente derivados de rocas graníticas de composición intermedia, faneríticas equigranulares con granos anhedral. Se presenta también fragmento metamórfico color gris plomo con foliación. Los fragmentos ígneos presentan bordes subredondeados y los metamórficos	1,2	40%
22									
	Qt1	Depósito aluvial	Guijarros - guijos		Blanco - amarillo		Fragmentos de roca ígnea leucocrática. Sus granos compuestos predominantemente de cuarzo y plagioclasas y con frecuencia muscovita. Varían en tamaño entre 1,5 a 8 cm. Sus bordes en cuanto a angularidad varían de acuerdo al tamaño: Los mas pequeños son subangulares subesféricos, mientras que los de mayor tamaño tienden a ser subredondeados		
	Qt1	Depósito aluvial	Guijo		Rojo - verde - amarillo - negro		Pequeños fragmentos de roca de composición variable. Se identifican cuatro litologías diferentes en estos fragmentos: la primera proveniente del Neis de Bucaramanga, la segunda proveniente muy posiblemente de la Formación Jordán, la tercera es una roca metamórfica esquistosa (probablemente de los Esquistos del Silgará) y la cuarta representa una roca ígnea félsica rica en feldespato potásico y plagioclasas. En este caso todos los guijos presentan Angularidad y son subesféricos	1,1	36,66%
	Qt1	Depósito aluvial	Guijarro		Blanco - gris claro - gris plomo		Fragmentos de roca ígnea leucocrática y fanerítica de composición predominantemente de cuarzo, plagioclasa y muscovita. También se presenta un fragmento del Neis de Bucaramanga, identificado por su particular bandeamiento composicional color blanco paralelo a la foliación metamórfica. Los bordes lucen subredondeados y subesféricos		
25									

FIN DEL SONDEO

Tabla 6.

Descripción del sondeo P39-c por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS									
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucarmanga - Alto del Escorial									
Sondeo No: P39-c				Localización: Puente Charta									
Fecha: 14/05/2013				Profundidad (m): 22.00			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			
							LL (%)	IP (%)					
0,00	0,00			Depósitos de Terraza Aluvial del Río Suratá y Charta (Qt), conformado por cantos redondeados de hasta 1 m de diámetro de rocas ígneas, sedimentarias (areniscas) e ígneas (granodioritas) con tamaños de grano heterogéneos, en una matriz arenosa a gravosa gris clara conpintas negras y algo de pirita.	1	Barrena							
0,25													
0,50													
0,75													
1,00													
1,25													
1,50													
1,75													
2,00	4,00												
2,25													
2,50													
2,75													
3,00													
3,25													
3,50													
3,75													
4,00	4,00												
4,25					2		Barrena						
4,50													
4,75													
5,00													
5,25													
5,50													
5,75	3,00												
6,00													
6,25													
6,50													
6,75													
7,00	7,00												
7,25					3			Barrena					
7,50													
7,75													
8,00													
8,25													
8,50	3,00												
8,75													
9,00													
9,25													
9,50													
9,75													
10,00	10,00												
10,25					4				Barrena				
10,50													
10,75													
11,00													
11,25													
11,50	3,00												
11,75													
12,00													
12,25													
12,50													
12,75													
13,00	13,00												

Tabla 7.

Descripción del sondeo P39-c realizada en la presente investigación.

[illegible]

Tabla 8.

Continuación de la descripción del sondeo P39-c por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS								
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucarmanga - Alto del Escorial								
Sondeo No: P39-c				Localización: Puente Charta								
Fecha: 14/05/2013				Profundidad (m): 22.00			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		
							LL (%)	IP (%)				
13,25	3,00				5	Barrena						
13,50												
13,75												
14,00												
14,25												
14,50												
14,75												
15,00												
15,25	2,00			Depósitos de terraza Aluvial del Río Suratá y Charta (Qt), conformado por cantos redondeados de hasta 50 cm de diámetro de rocas ígneas, sedimentarias (areniscas) e ígneas (granodioritas) con tamaños de grano heterogéneos, en una matriz arenosa a gravosa gris clara conpintas negras y algo de pirita.	6							
15,50												
15,75												
16,00												
16,25												
16,50												
16,75												
17,00		2,00							7			
17,25												
17,50												
17,75												
18,00												
18,25												
18,50												
18,75	2,00						8					
19,00												
19,25												
19,50												
19,75												
20,00												
20,25												
20,50		2,00										
20,75												
21,00												
21,25												
21,50												
21,75												
22,00	22,00											
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							

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOLÓGICA

Tabla 9.

Continuación de la descripción del sondeo P39-c realizada en la presente investigación.

DESCRITO POR		JUAN NICOLÁS GÓMEZ GONZÁLEZ							
SONDEO	P39c	PUENTE CHARTA							
PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD	LITOLOGIA	TAMAÑO DE GRANO	ESTRUCTURAS	COLOR	AMBIENTE	OBSERVACIONES	Recuperación en m	Recuperación en porcentaje
13	Qt1		Guijo - Bloque	NA	Blanco - gris claro	Fluvial	Bloques graníticos leucocráticos con cristales gruesos faneríticos de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y muscovita. Presenta minerales máficos en menos del 2%. Sus bordes son angulares.	2,45	81,66%
	Qt1		Guijo		Rosado - blanco	Fluvial	Guijo de proveniencia ígnea rico en feldespato potásico rico en muscovita y plagioclasa, textura fanerítica, tamaño de grano grueso.		
	Qt1		Guijo		Negro - Gris plomo	Fluvial	Guijo de proveniencia ígnea, máfica. Presenta cristales de biotita y minerales opacos en general.		
16	Qt1		Guijarros - Bloques		Blanco - Negro - gris oscuro	Fluvial	Diferentes bloques de procedencia ígnea y metamórfica (asociados al Neis de Bucaramanga). Los bloques ígneos son de composición leucocrática e intermedia. En los primeros hay una textura porfírica de grano grueso compuesto principalmente de Cuarzo, muscovita y plagioclasa. El de composición intermedia presenta casi 30 % de minerales oscuros como la biotita y anfíbol. Los bordes de los fragmentos son subredondeados y en el caso del ígneo intermedio y en el caso del bloque porfírico son subangulares.	1,5	50%
	Qt1		Guijo - Guijarro - Bloque		Blanco - Negro - gris oscuro	Fluvial	Bloque de 36 cm del Neis milonítico de Bucaramanga. Presenta bandeamiento composicional en franjas blancas y gris oscuras. Los bordes del bloque son bien redondeados.		
	Qt1		Guijo		Blanco - Negro - gris oscuro	Fluvial	Presentan la misma naturaleza de los bloques suprayacentes con la única diferencia en el tamaño de los fragmentos. En este caso ninguno supera los 7 cm y sus bordes son angulares.		
18	Qt1		Bloque		Blanco - Negro - gris oscuro	Fluvial	Bloque del Neis milonítico de Bucaramanga. Presenta bandeamiento composicional en franjas blancas y gris oscuras. Los bordes del bloque son angulares posiblemente al fracturamiento durante la perforación.	1,2	60%
	Qt1		Guijarro		Blanco	Fluvial	Fragmentos de roca leucocrática de textura fanerítica equigranular de grano medio. Su composición principalmente consta de cuarzo, feldespato potásico y biotita en porcentajes menores al 2%.		
	Qt1		Guijo - Guijarro		Negro con bandas blancas	Fluvial	Roca metamórfica muy oscura compuesta en cerca del 87% minerales ultramáficos. Presenta una clara estructura bandada que es cortada transversalmente por bandas blancas. Sus bordes son subangulares a subredondeados.		
20	Qt1		Guijo		Blanco - Negro	Fluvial	Roca de proveniencia ígnea intermedia. Presenta cristales tamaño grueso faneríticos, subhedrales. Los bordes de los guijos son redondeados a subredondeados.		
	Qt1		Guijo - Guijarro		Blanco - gris oscuro - verde claro	Fluvial	Se presentan fragmentos de diferentes unidades metamórficas e ígneas. Principalmente se pueden observar guijos del Neis de Bucaramanga y un guijarro de una unidad ígnea fanerítica de grano muy grueso, equigranular y de composición intermedia. Además es posible encontrar guijos provenientes de los Esquistos del Silgará. En este caso los bloques presentan bordes subangulares, los guijos subredondeados y algunos más pequeños son bien redondeados y esféricos.		
22									

FIN DEL SONDEO

Tabla 10.

Descripción del sondeo P40-d por parte del *CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES*

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS						
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucarmanga - Alto del Escorial						
Sondeo No: P40-d				Localización: Puente Charta						
Fecha:				Profundidad (m): 22.00			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
							LL (%)	IP (%)		
0,00	0,00									
0,25										
0,50										
0,75										
1,00										
1,25										
1,50										
1,75										
2,00	4,00				1					
2,25										
2,50										
2,75										
3,00										
3,25										
3,50										
3,75										
4,00	4,00									
4,25										
4,50										
4,75										
5,00										
5,25										
5,50	3,00				2					
5,75										
6,00										
6,25										
6,50										
6,75										
7,00	7,00									
7,25										
7,50										
7,75										
8,00	3,00				3					
8,25										
8,50										
8,75										
9,00										
9,25										
9,50										
9,75										
10,00	10,00									
10,25										
10,50										
10,75										
11,00										
11,25	3,00				4					
11,50										
11,75										
12,00										
12,25										
12,50										
12,75										
13,00	13,00									

Página 1

Depositos de terraza aluvial (Qt), conformados por cantos de gran tamaño <40 cm de rocas metamórficas tipo neís y esquistos, de color gris y cantos de rocas ígneas de color crema, estos cantos se observan redondeados y sub-redondeados, el depósito presenta una matriz arenosa a gravosa.

Barrena

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOLÓGICA

Tabla 11.

Descripción del sondeo P40-d realizada en la presente investigación.

DESCRITO POR		JUAN NICOLÁS GÓMEZ GONZÁLEZ							
SONDEO	P40d	PUENTE CHARTA							
PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD	LITOLOGIA	TAMAÑO DE GRANO	ESTRUCTURAS	COLOR	AMBIENTE	OBSERVACIONES	Recuperación en m	Recuperación en porcentaje
0		Qt1	Deposito aluvial	Bloque	Grisáceo, blanco, rosado	Fluvial	Se trata de un bloque de origen porfíritico. Se diferencian el cuarzo, feldespato potásico, biotita y muscovita. Sus bordes son subredondados.	0,56	14%
		Qt1	Depósito aluvial	Bloque	Gris oscuro, blanco, plateado	Fluvial	Bloque proveniente del Neis de bucamamanga, cuarzo feldespático y con minerales orientados con la foliación		
		Qt1	Deposito aluvial	Bloque	Blanco, grisáceo, verde, rosado	Fluvial	Bloque granítico compuesto principalmente de feldespáto potásico y plagioclasas y con abundancia de biotita. Tamaño de grano medio ~1,5 mm		
		Qt1	Depósito aluvial	Guijo	Grisáceo, blanco, plateado	Fluvial	Este bloque es producto de la intrusión de una vena de cuarzo dentro de un bloque proveniente del Neis de Bucaramanga		
4		Qt1	Deposito aluvial	Bloque	Blanco, negro, gris.	Fluvial	Roca de origen ígneo. Granitoide rico en plagioclasa, biotita y posiblemente anfíbol, textura fanerítica subhedral.	0,85	28,33%
		Qt1	Depósito aluvial	Bloque	Negro - gris oscuro, blanco	Fluvial	Bloque del Neis de Bucaramanga, presenta foliación y minerales acorde a esta. Bandeamiento color blanco, cuarzo y cristales finos a medios de biotita.		
		Qt1	Deposito aluvial	Bloque	Blanco, plateado	Fluvial	Muestra de bloque ígneo granítico leucocrático. Su composición predominantemente son plagioclasas, muscovita, cuarzo y algunos cristales de biotita.		
7		Qt1	Depósito aluvial	Bloque	Verde oliva, blanco, gris claro	Fluvial	Bloque de roca sedimentaria siliciclástica. Granos medios y mayormente de cuarzo. Matriz cementada. Presenta laminación muy delgada en colores blancos y otros oscuros.	0,95	31,66%
		Qt1	Deposito aluvial	Bloque	Negro, blanco, plateado, gris verdoso.	Fluvial	Bloque proveniente de un Neis migmatítico con abundancia de biotita y otro minerales máficos. Se observan minerales acordes a la foliación.		
10									

Tabla 12.

Continuación de la descripción del sondeo P40-d por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS							
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucarmanga - Alto del Escorial							
Sondeo No: P40-d				Localización: Puente Charta							
Fecha:				Profundidad (m): 22.00					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	
							LL (%)	IP (%)			
13,25	3,00			Depositos de terraza aluvial (Qt), conformados por cantos de gran tamaño <40 cm de rocas metamórficas tipo neis migmatíticos y esquistos pizarrosos, estos cantos tienen su origen posible en la Formación Silgará, de color gris y cantos de rocas ígneas de color crema, estos cantos se observan redondeados y sub-redondeados, el deposito presenta una matriz arenosa a gravosa.	5	Barrena					
13,50											
13,75											
14,00											
14,25											
14,50											
14,75											
15,00											
15,25	3,00										
15,50											
15,75											
16,00											
16,25											
16,50											
16,75											
17,00		3,00									
17,25											
17,50											
17,75											
18,00											
18,25											
18,50											
18,75	3,00										
19,00											
19,25											
19,50											
19,75											
20,00											
20,25											
20,50		3,00									
20,75											
21,00											
21,25											
21,50											
21,75											
22,00											
22,00	22,00										
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						

Tabla 13.

Continuación de la descripción del sondeo P40-d realizada en la presente investigación.

SONDEO		P40d		DESCRITO POR		JUAN NICOLÁS GÓMEZ GONZÁLEZ			
PUENTE CHARTA									
PROFUNDIDAD (m)	UNIDAD	LITOLOGIA	TAMAÑO DE GRANO	ESTRUCTURAS	COLOR	AMBIENTE	OBSERVACIONES	Recuperación en m	Recuperación en porcentaje
13	Qt1	Depósito aluvial	Bloque	NA	Blanco, negro, verde oscuro	Fluvial	Bloque de origen ígneo. Granitoide rico en plagioclasa, biotita y posiblemente anfíbol, textura fanerítica subhedral.	2,2	73,33%
	Qt1	Deposito aluvial	Bloque		Gris oscuro, negro	Fluvial	Bloque de origen ígneo. Rico en minerales máficos (>50%). Presenta textura fanerítica con cristales anhedral de tamaño medio.		
	Qt1	Depósito aluvial	Bloque		Negro, gris, plateado, verde oscuro	Fluvial	Fragments de roca tamaño guijos de naturaleza principalmente metamórfica, provenientes del Neis migmatítico de Bucaramanga y de origen ígneo granítico.		
	Qt1	Deposito aluvial	Bloque		Gris oscuro, blanco.	Fluvial	Bloque de origen ígneo. Textura fanerítica con cristales eludrales de tamaño medio. Presenta variaciones composicionales en bandas blanquecinas ricas en cuarzo.		
	Qt1	Depósito aluvial	Gujo-Guijarro		Gris oscuro, negro, blanco, plateado.	Fluvial	Diferentes guijos y guijarros de origen metamórfico provenientes del Neis de Bucaramanga principalmente, varios de ellos presentan bandeamiento composicional relacionada a la foliación metamórfica.		
16	Qt1	Deposito aluvial	Bloque		Gris oscuro, negro, blanco, gris claro	Fluvial	Bloque proveniente del Ortoneis, presenta bandeamientos composicionales que se asemejan a la granodiorita y con lentes de anfíbolita.	0,37	12,33%
	Qt1	Depósito aluvial	Bloque		Gris oscuro, negro, blanco, gris claro	Fluvial	Bloques provenientes del Neis de Bucaramanga.		
	Qt1	Deposito aluvial	Guijarro		Negro- blanco	Fluvial	Guijarros de roca metamórfica posiblemente el Ortoneis. Presenta texturas similares a la tonalita. Rico en micas y plagioclasa.		
	Qt1	Depósito aluvial	Gujo		Gris claro - blanco	Fluvial	Gujos de composición granítica intermedia, textura fanerítica de cristales subhedral compuestos principalmente de cuarzo, plagioclasas y Biotita.		
19	Qt1	Deposito aluvial	Bloque		Negro -gris oscuro	Fluvial	Bloque del Neis de Bucaramanga, se observa bandeamiento composicional (colores blancos intercalados con gris plomo) milonita del Neis de Bucaramanga.	1,9	63,33%
	Qt1	Deposito aluvial	Bloque		Negro -gris oscuro	Fluvial	Bloque del Neis de Bucaramanga, se observa bandeamiento composicional (colores blancos intercalados con gris plomo) milonita del Neis de Bucaramanga.		
22	Qt1	Depósito aluvial	Guijarro		Rosado - Blanco - amarillo claro	Fluvial	Guijarros de leucogramitos compuestos principalmente por plagioclasas y cuarzo. Presentan también muscovita y aproximadamente un 5% de minerales máficos como biotita.	1,77	59%

FIN DEL SONDEO

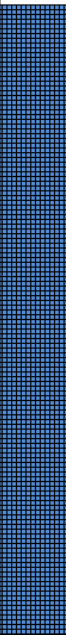
6.5.1.2. Sondeos Puente El Tanque

Tabla 14.

Descripción del sondeo P37-1 por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS						
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucarmanga - Alto del Escorial						
Sondeo No: P37-i				Localización: Puente El Tanque						
Fecha: 29/04/2013				Profundidad (m): 13.50			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
							LL (%)	IP (%)		
0,00	0,00	0,20		Capa Vegetal.						
0,25	0,20									
0,50	0,50	0,30		Suelo aluvial reciente. Arena con gravas color gris.	1	60 2-13-47				
0,75	0,50				2					
1,00		1,00								
1,25										
1,50	1,50			Depósitos aluviales y fluviotorenciales del Río Suratá (Qal). Gravas, arenas y cantos redondeados (Máx. 110 cm. Min. 8 cm) de rocas ígneas y areniscas de color grisáceo y blanco amarillento.	3					
1,75										
2,00		1,50								
2,25										
2,50										
2,75										
3,00	3,00			Depósitos aluviales y fluviotorenciales del Río Suratá (Qal). Gravas, arenas y cantos redondeados (Máx. 20 cm. Min. 7 cm) de areniscas, limolita (rojiza),diorita. Perdida de agua a los 4 m.	4	Barrena				
3,25										
3,50										
3,75										
4,00		2,00								
4,25										
4,50										
4,75										
5,00	5,00			Depósitos aluviales y fluviotorenciales del Río Suratá (Qal). Gravas, arenas y cantos redondeados (Máx. 26 cm, Min. 8 cm) roca arenisca cuarzosa, color gris.	5					
5,25										
5,50										
5,75										
6,00		2,00								
6,25										
6,50										
6,75										
7,00	7,00									
7,25										
7,50		1,00			6					
7,75										
8,00	8,00									
				Continúa ...						
OBSERVACIONES:										
MI: Muestra Inalterada					MNC: Muestra no conseguida					
MA: Muestra Alterada					TP: Testigo parafinado					
SPT: Ensayo de penetración estándar					N.F.: Nivel Freático					

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOLÓGICA

CONSORCIO DISEÑOS VIALES					REGISTRO DE SONDEO EN ROCA											
					PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucarmanga - Alto del Escorial											
Sondeo No: P37-i					Localización: Puente Tanque											
Fecha: 29/04/2013					Profundidad (m): 13.50					Hoja: 2 de 2						
Prof. (m)	Longitud tramo(m)	Nivel freático	Columna	Descripción del testigo	Muestra	Recuper (%)					R.Q.D. (%)					Discont
						20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	
8,00	8,00	0,50		Formacion Jordan (Jj), areniscas intercalas con Limolitas de color rojizo con venillas sinuosas de calcitas, la roca se encuentra muy fracturada, con oxidaciones y alteraciones minerales. Roca tipo II-A alta a moderadamente meteorizada, con una alta permeabiliada y una resistencia al corte de media a baja, esta roca se encuentra en una zona de transicion de suelo a roca.	6	53					53					
8,25	2,00					60	22									
8,50							8,50									
8,75																
9,00																
9,25																
9,50																
9,75																
10,00																
10,25																
10,50	10,50															
10,75	1,00	21			11											
11,00																
11,25																
11,50	11,50															
11,75	2,00	29	16													
12,00																
12,25																
12,50																
12,75																
13,00																
13,25																
13,50	13,50															
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								

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOLÓGICA

Tabla 15.

Descripción del sondeo P37-i realizada en la presente investigación.

DESCRITO POR		JUAN NICOLÁS GÓMEZ GONZÁLEZ		US		US					
Sondeo:	P37i	PUENTE TANQUES									
PROFUNDIDAD (m)	COLUMNA	UNIDAD	LITOLOGIA	TAMAÑO DE GRANO	ESTRUCTURAS	COLOR	AMBIENTE	OBSERVACIONES	Recuperación en m	Recuperación en porcentaje	
0		Qt1	Depósito aluvial	Limo - arena fina		Café claro - naranja claro - gris	Fluvial	Es la capa más superficial de la terraza de acumulación antigua, está compuesta por granos tamaño limo a arena fina, de composición variada, siendo los de cuarzo y algunos óxidos los más representativos. También se observan algunos detritos de micas.	0,26	52%	
		Qt1	Depósito aluvial	Guijarro			Blanco - gris - negro, rosado - blanco - gris oscuro.	Fluvial	Se trata de tres guijarros de diferente proveniencia. El primero es de composición ígnea intermedia, granos gruesos de cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol. Su hábito es fanerítico, los granos son subhedral y equigranulares. El siguiente guijarro es de naturaleza ígnea porfírica, predomina el feldespato potásico en mayor tamaño, el cuarzo, la biotita y la muscovita. El último guijarro es del Neis de milonítico de Bucaramanga. Los bordes de los guijarros varían de redondeados a subredondeados .	0,47	47%
1,5			Qt1	Depósito aluvial	Bloque - guijo		Blanco - gris, gris oscuro	Fluvial	Se identifican dos tipos de roca entre los bloques. La primera es proveniente del Neis Milonítico de Bucaramanga, que se encuentra en guijos entre los 2 y los 8 cm. Sus bordes varían entre subredondeados a subangulares . Los más pequeños son esféricos subredondeados . El bloque presente irrayaciendo es proveniente de un cuerpo ígneo. Su composición es félsica, rico en cuarzo y plagioclasas, también está presente la biotita y anfíboles. Es fanerítico, subhedral y de tamaño de grano grueso. Los bordes de este bloque son redondeados .	1,57	97%
3			Qt1	Depósito aluvial	Guijarro - guijo	NA	Rojo opaco oscuro, gris oscuro verdoso	Fluvial	Se identifican varios guijarros de diferente proveniencia. La primera parte son provenientes de rocas sedimentarias de tamaño arena fina, color rojizo, muy competente, de grano redondeado y esférico. Estos posiblemente son derivados de rocas de la Formación Jordía. Los otros fragmentos parecen ser derivados de los esquistos del Silgará. Presentan coloración verdosa rica en cuarzo y foliación metamórfica. Se pueden identificar pequeños cristales de cuarzo y muscovita. Los bordes de los bloques son subangulares a angulares .	0,75	32,50%
5			Qt1	Depósito aluvial	Bloque - guijo - guijarro		Gris oscuro - blanco - negro	Fluvial	Nos encontramos con bloques del Neis de Bucaramanga, otros de proveniencia granítica leucocrática con cristales de cuarzo, plagioclasa y ricos en muscovita. La parte final contiene un guijarro de una roca ígnea de composición intermedia, cristales faneríticos subhedral y tamaño grueso. Los bordes de los fragmentos son subangulares y los más pequeños presentan subesfericidad .	1,1	27,50%
7			Qt1	Depósito aluvial	Guijarro		Gris oscuro - blanco - negro	Fluvial	Se observa nuevamente la aparición de fragmentos provenientes del Neis de Bucaramanga. Esta vez, presentan bordes angulares y no se evidencian bandamientos composicionales tan marcados. El otro guijarro que se observa presenta una textura ígnea, es de composición félsica, rico en cuarzo y plagioclasa, textura fanerítica de cristales tamaño medio, subhedral. Sus bordes son redondeados .	0,3	20%
8,5		Jj	Roca estratificada composición siliciclástica	Limolita - arenisca muy fina	Venillas de cuarzo	Rojizo oscuro opaco	Continental oxidante	Arenisca de grano muy fino a limo. Granos de cuarzo predominantemente. La muestra se encuentra muy afectada por al perforación.	0,3	15%	
10,5		Jj	Roca estratificada composición siliciclástica	Limolita - arenisca muy fina	Venillas de cuarzo en una orientación preferentemente oblicua la dirección de la perforación. También se puede evidenciar fallamiento normal en la roca debido a un plano que corta y desplaza una vena de cuarzo. (Ver figura).	Rojizo oscuro opaco	Continental oxidante	Arenisca de grano muy fino a limo. Granos de cuarzo predominantemente. La muestra se encuentra muy afectada por al perforación.	0,9	90%	
11,5		Jj	Roca estratificada composición siliciclástica	Limolita - arenisca muy fina	Cavidades planares oblicuas a la dirección de la perforación. Venillas de calcita.	Rojizo oscuro opaco	Continental oxidante	Arenisca de grano muy fino a limo. Granos de cuarzo predominantemente. La muestra se encuentra muy afectada por al perforación. Están presentes en un 25 % pequeñas venas de Calcita masiva relleno cavidades de la muestra.	0,4	20%	
13,5											

FIN DEL SONDEO

FIN DEL SONDEO

Tabla 16.

Descripción del sondeo P36d por parte del CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES

CONSORCIO DISEÑOS VIALES				REGISTRO DE SONDEO EN SUELOS										
				PROYECTO: Actualización de Estudios y Diseños a Nivel de Fase III Bucarmanga - Alto del Escorial										
Sondeo No: P36-d							Localización: Puente El Tanque							
Fecha: 26/04/2013				Profundidad (m): 20.00					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			
								LL (%)	IP (%)					
5,75		2,00		Depositos fluvio tor renciales y de terrazas aluviales del Rio Suratá (Qal), conformadas por cantos subredondeados de composición y tamaños heterogeneos, encontrando cantos de rocas sedimentarias (limolitas de color rojo), ígneas y metamórficas de colores blanco, crema y gris verdoso, la matriz es limoarenosa a arenosa y en algunos sectores se observa mas gravosa. Los cantos son mayores a 7 cm y menores a 40 cm de diámetro.	6	Barrena								
6,00														
6,25														
6,50														
6,75														
7,00														
7,25														
7,50	7,50													
7,75		2,00			7									
8,00														
8,25														
8,50														
8,75														
9,00														
9,25														
9,50	9,50				8									
9,75														
10,00														
10,25														
10,50		2,00												
10,75														
11,00														
11,25														
11,50	11,50													
11,75									9					
12,00		1,00												
12,25														
12,50	12.50													

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOLÓGICA

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: P36-d				Localización: Puente El Tanque									
Fecha: 26/04/2013				Profundidad (m): 20.00			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			
							LL (%)	IP (%)					
12,75	12,50			Depositos fluvioaluviales y de terrazas aluviales del Rio Surata (Qal), conformadas por cantos subredondeados de composición y tamaños heterogeneos, encontrando cantos de rocas sedimentarias (limolitas de color rojo), igneas y metamórficas de colores blanco, crema y gris verdoso, la matriz es limoarenosa a arenosa y en algunos sectores se observa mas gravosa. Los cantos son mayores a 7 cm y menores a 40 cm de diámetro.	9	Barrena							
13,00		1,00											
13,25													
13,50	13,50												
13,75													
14,00													
14,25													
14,50													
14,75													
15,00													
15,25													
15,50	15,50												
15,75													
16,00													
16,25													
16,50													
16,75													
17,00													
17,25													
17,50	17,50												
17,75													
18,00													
18,25													
18,50													
18,75													
19,00	19,00												
19,25													
19,50													
19,75													
20,00	20,00												
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								

Descripción del sondeo P36-d realizada en la presente investigación.

DESCRITO POR					JUAN NICOLÁS GÓMEZ GONZÁLEZ					
Sondeo:	P36d	PUENTE TANQUES								
PROFUNDIDAD (m)	COLUMENA	UNIDAD	LITOLOGIA	TAMAÑO DE GRANO	ESTRUCTURAS	COLOR	AMBIENTE	OBSERVACIONES	Recuperación en m	Recuperación en porcentaje
0					NA					
9,5		Qt1	Depósito aluvial	Guijarro - Bloque		Rojo oscuro mate - gris negro	Fluvial	Bloques de diferentes procedencias. El más grande, que llega a ser de 63 cm es de procedencia sedimentaria, color rojizo oscuro y tamaño de grano arena fina, de granos redondeados y esféricos. También presenta pequeñas venas de caliza espaciadas cada 3cm o más. Los bordes del bloque tienen forma subangular	1	50%
11,5		Qt1	Depósito aluvial	Guijarro		Gris oscuro - Negro	Fluvial	Hay un guijarro de proveniencia ignea plutónica, textura fanerítica de grano grueso, rico en plagioclasa y biotita. Los bordes del guijarro son de forma subangular .		
13,5		Qt1	Depósito aluvial	Guijarro - Bloque		Rojizo oscuro opaco - blanco	Fluvial	Encontramos dos guijarros de proveniencia ignea, granítica leucocrática. Tamaño de grano medio, granos subhedrales, composición rica en plagioclasas, cuarzo y en muscovita.		
		Qt1	Depósito aluvial	Guijo		Verde	Fluvial	Hay un guijo de procedencia metamórfica, de textura en forma de esquistos, bandamiento de los micro cristales de muscovita.	1	50%
		Qt1	Depósito aluvial	Bloque		Rojizo oscuro opaco	Fluvial	Bloque de composición siliciclástica, tamaño de grano fino predominantemente pero con capas de tamaño medio de textura conglomerática. Reacciona al HCl debido a la presencia de carbonatos. Este bloque podría ser procedente de la Formación Jordán. Los bordes de este bloque son subangulares .		
15,5		Qt1	Depósito aluvial	Guijo - Guijarro		Blanco - gris oscuro	Fluvial	Guijos y guijarros de diferentes composiciones y proveniencias: el primero, sedimentario tipo arenisca de grano medio, cuarzoso, muy competente. Sus bordes tienen forma angular. Guijarro de composición y proveniencia ignea, tamaño de grano grueso, fanerítico, composición intermedia, rica en biotita y anfíboles, feldespato potásico y muscovita, habito subhedral. Los bordes son de forma subredondeada. Hay otro guijarro de composición granítica leucocrática, tamaño de cristal medio, rico en plagioclasas y en cuarzo y muscovita. Esta presenta angularidad en sus bordes.	0,75	37,50%
17,5		Qt1	Depósito aluvial	Bloque		Gris oscuro - blanco	Fluvial	Bloque de composición intermedia. Presenta alto contenido de minerales máficos, biotita, anfíboles. Es posible observar también plagioclasas color blanco y cristales de muscovita.		
		Qt1	Depósito aluvial	Guijos		Blanco, gris oscuro - plateado	Fluvial	Encontramos diferentes guijos de proveniencias distintas. Sus tamaños oscilan entre los 2 a los 10 cm. Se observa que primordialmente son de composiciones igneas faneríticas ricos en biotita y anfíbol, también hay una de textura porfírica félsica, cristales muy gruesos de cuarzo y feldespato potásico. Las demás muestras corresponden a fragmentos del Neis de Bucaramanga. Todos presentan bordes angulares .	1	50%
		Qt1	Depósito aluvial	Bloque - Guijarro		Blanco - plateado - rosado	Fluvial	Bloque de composición granítica félsica. Sus cristales son predominantemente de Cuarzo, feldespato potásico, anfíbol y plagioclasas. También hay presencia de muscovita y biotita. Su textura varía entre fanerítica y porfírica, pues los cristales de Feldespato potásico y cuarzo están presentes en tamaños mucho más grandes que los demás. Los bordes estos bloques son angulares .	1	66,67%
19		Qt1	Depósito aluvial	Guijos		Gris claro - blanco - rosado	Fluvial	Se encuentran varios guijos de diferentes proveniencias: sedimentaria e ignea. Sus bordes son redondeados y subesféricos		
20		Qt1	Depósito aluvial	Bloque - guijarro		Blanco - gris, rojo oscuro opaco	Fluvial	Bloques de proveniencia ignea félsica. Textura fanerítica tamaño de grano muy grueso. Sus cristales son anhédrales. Rico en plagioclasa y cuarzo, presencia de muscovita y anfíboles. Hay un bloque también de proveniencia ignea pero varía texturalmente, este es de grano medio y tiene mayor presencia de anfíboles y biotita. Es rico en cuarzo y plagioclasa. Los bordes de ambos bloques son subredondeados . En la parte final hay un guijarro de 11 cm, es un sedimentario color rojizo oscuro de composición arenosa tamaño fino. no presenta ningún tipo de estructura particular y podría provenir de la Formación Jordán.	0,9	90%
FIN DEL SONDEO										

Es posible observar que las perforaciones realizadas a lo largo del área ponen en descubierto la composición del depósito cuaternario de terraza antigua Qt1, y que además no presenta una variabilidad litológica considerable de la zona oriental a la zona occidental del Río Suratá.

6.5.2. Ensayos de compresión inconfiada: Los ensayos de compresión inconfiada se aplicaron a cuatro muestras de tres litologías representativas que se encontraban localizadas en puntos sobre la carretera o cercanos a ella a lo largo del área. Las unidades analizadas fueron los Esquistos del Silgará, la Formación Jordán y los la Formación Los Santos. Dos de los ensayos se aplicaron a muestras cilíndricas proporcionadas por el CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES y corresponden ambas a la Formación Jordán, una de ellas en la zona aledaña a el Puente El Tanque y la otra al puente Charta. Las otras dos muestras, fueron extraídas de rocas afloranes en dos áreas de la zona que exponían características diferentes a nivel de estructuras secundarias: la muestra JLT10_1 presenta fracturamiento mecánico debido muy posiblemente a su cercanía a una zona de falla y la muestra JLT29_1 estaba afectada por meteorización

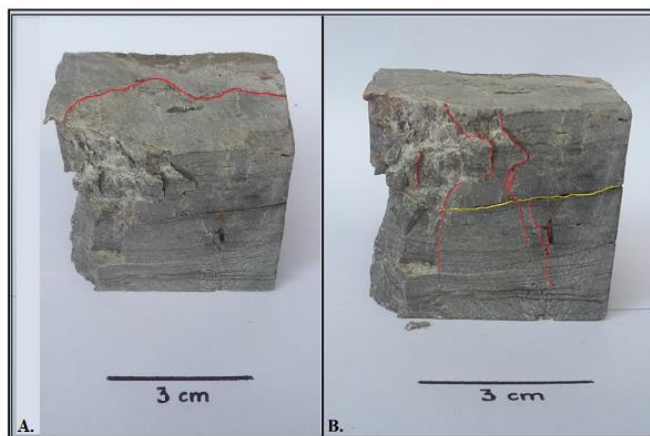


Figura 36. Muestra JLT29_01 (Formación Los Santos) posterior al ensayo de compresión. A) La muestra en vista de 45° desde la superior en donde se aprecia una fractura principal que corta verticalmente la muestra B) Principales planos de fracturamientos generados

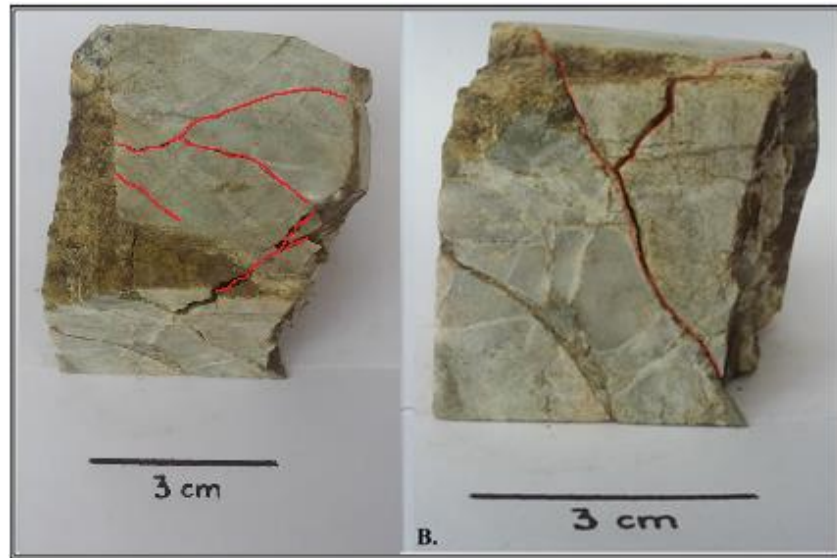


Figura 37. Muestra JLT10_01 (Esquistos del Silgará) posterior al ensayo de compresión. A) Vista superior de la muestra y principales planos de fractura B) Principales planos de fracturamientos generados por el ensayo de compresión confinada. Ambas fracturas principales se produjeron por planos de debilidad preexistentes.

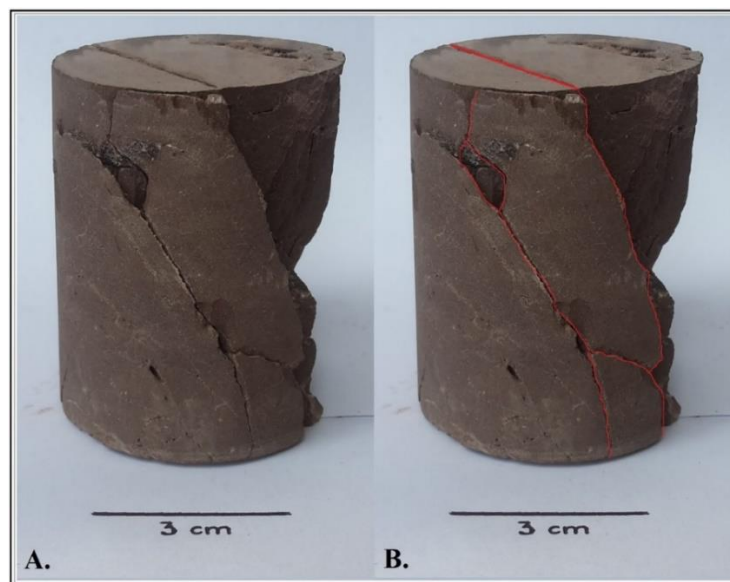


Figura 38. Resultado del ensayo en la muestra extraída del sondeo P37i del Puente Tanques en donde se puede observar que el fallamiento se originó siguiendo los planos y cavidades que se encontraban rellenas con venillas de cuarzo y que seguían planos de una falla

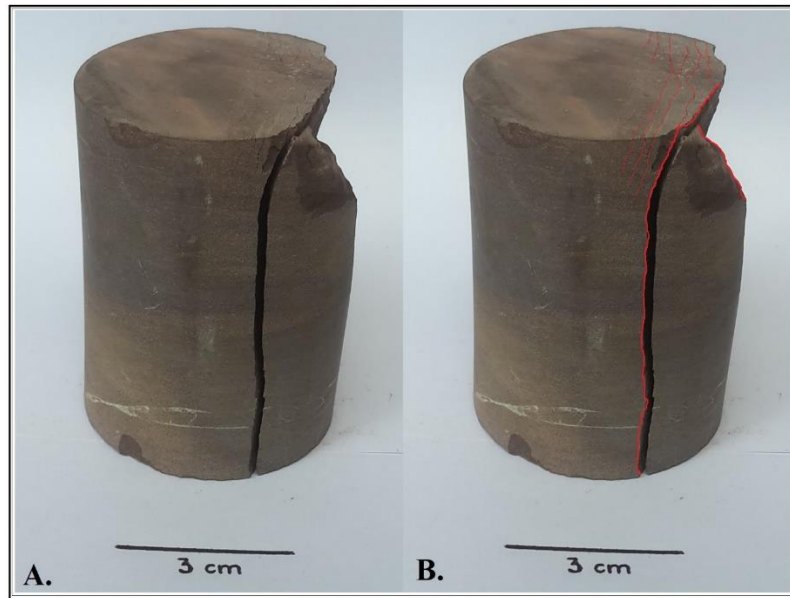


Figura 39. Resultado del ensayo de compresión en la segunda muestra de la Formación Jordán. Se puede observar que, a diferencia de la anterior, esta tuvo fallamiento paralelo a la dirección del esfuerzo.

Correlacionando la Tabla 18 con los resultados presentados en los ensayos de compresión que se observan en la Tabla 19 podemos observar que las litologías de la zona tienen un espectro amplio de resistencia a la compresión. La Formación Jordán tuvo resultados de 372,7 y 494,6 que recaen en la clasificación como R₃ o roca moderadamente dura. Las dos muestras sometidas a ensayos de compresión que corresponden a los Esquistos del Silgará y la Formación Los Santos presentan resistencias a 28,69 y 251,7 respectivamente. La primera recae en la clasificación como R₁ o Roca blanda y la segunda como R₃ o roca moderadamente dura.

Tabla 18.

Resultados de los ensayos de compresión inconfiada

	LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES										Código FPS-01				
	INFORME DE RESULTADOS ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN										Versión 06				
										INFORME No		1218 - 04 - 101 LH			
CLIENTE		: JUAN NICOLAS GOMEZ													
FECHA DE ENSAYO		: DICIEMBRE 12 2018				NORMA DE REFERENCIA				INVIAS E-410-07					
PROCEDENCIA/OBRA:		CARACTERIZACION GEOTECNICA DEL PROYECTO VIA ALTO DEL ESCORIAL - ENTRE LOS PUENTES EL TANQUE Y CHARTA													
CONDICIONES DE ENSAYO															
EQUIPO		PRENSA HIDRAULICA CS112298				CAPACIDAD EQUIPO		1500 kN		CLASE		1			
PUNTO DE CARGA		CENTRICA				TEMPERATURA		23 °C		HUMEDAD		60 %			
VELOCIDAD DE ENSAYO		0.10		mm/s		ULTIMA CALIBRACIÓN		16 DE MAYO 2017							
	IDENTIFICACION INTERNA	DIAMETRO	ALTURA	PESO	FECHA FUNDICION			FECHA DE RUPTURA			EDAD MUESTRA	AREA	ESFUERZO		
		cm	cm	g	D	M	A	D	M	A	DIAS	cm ²	Kgf	kgf/cm ²	PSI
CILINDRO	C-01	4,5	6,5	304				12	12	18		15,9	7864	494,591195	7066
CILINDRO	C-02	4,5	6	266				12	12	18		15,9	5926	372,7044025	5324
CUBOS	C-03	4,5	30	164				12	12	18		16,0	459	28,6875	410
CUBOS	C-04	5	4,5	188				12	12	18		25,0	6293	251,72	3596
FIN DEL INFORME															
Realizó						Revisó 				VoBo 					
JAIRO HERNANDEZ SALAZAR						EDUARDO CASTAÑEDA				WILFREDO DEL TORO					
Lab. De Hormigón						Director de Laboratorio				Director Escuela Ing. Civil					
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES Ciudad Universitaria, Carrera 27 – Calle 9, Edificio Álvaro Beltrán Pinzón PBX: (+57 7) 634 4000 Ext. 2487-2490 – FAX: (+57 7) 632 0744, Bucaramanga, Colombia E-mail labcivil@uis.edu.co															

Tabla 19.

Clasificación de tipos de roca a partir de su resistencia a la compresión

Clase	Descripción	Identificación del campo	Valor aproximado de la resistencia a compresión simple	
			Mpa	Kg/cm ²
S ₂	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0.025 -0.05	0.25 – 0.5
S ₃	Arcilla firme	Se necesita una pequeña presión para penetrar el	0.05 – 0.1	0.5 - 1
S ₄	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo	0.1 – 0.25	1 – 2.5
S ₅	Arcilla muy rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña	0.25 – 0.5	2.5 – 5.0
S ₆	Arcilla dura	Se marca con dificultad al marcar con la uña	> 0.5	> 5.0
R ₀	Roca extremadamente	Se puede marcar con la uña	0.25 – 1.0	2.5 - 10
R ₁	Roca muy blanda	Deleznable bajo golpes del martillo de geólogo, puede rayarse con una navaja. Se talla fácilmente con una navaja	1.0-5.0	oct-50
R ₂	Roca blanda	Puede rayarse con dificultad con la navaja, se pueden hacer marcas poco profundas golpeando fuertemente con la punta del martillo	5.0-25	50-250
R ₃	Roca moderadamente dura	No se puede rayar con una navaja la muestra en mano, se puede romper con un golpe firme del martillo de geólogo, al impacto la punta del martillo indenta hasta 5 mm.	25-50	250-500
R ₄	Roca dura	Se necesita más de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra, especímenes sostenidos en la mano se rompe con un simple golpe de martillo	50-100	500-1000
R ₅	Roca muy dura	Se necesita muchos golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	100-250	1000-2500
R ₆	Roca extremadamente dura	El martillo produce solamente descarrillado de la muestra, sonido metálico de golpe. Solo saltan esquirlas de roca.	> 250	> 2500

7. Discusión

Haciendo una interpretación de los resultados podemos observar que los Esquistos del Silgará presenta 3 diferenciaciones locales que son de naturaleza composicional, textural y estructural, lo que nos lleva a realizar una discriminación de esta en la cartografía local. Las variaciones litológicas y texturales se interpretan como resultado de un cambio gradual en el grado de metamorfismo dentro del área. La diferenciación que se hace en cuanto a estructuras secundarias, como lo son las diaclasas sistemáticas y no sistemáticas presentes en los Esquistos del Silgará, se puede explicar debido a la presencia de la Falla de Suratá que corta a los Esquistos justo en medio de las dos diferenciaciones sub-unidades diferenciadas.

La Formación Jordán aunque internamente presenta variaciones en cuanto a niveles de fracturamiento, estas no son lo suficientemente grandes para ser representadas en la cartografía como una variación importante. La Formación Los Santos no representa cambios locales importantes, textural, estructural y litológicamente es homogénea. Esta unidad es la única que no presenta niveles de fracturamiento intenso ni planos fallados, esto podría asociarse a que se encuentra al costado oriental de la prolongación de la falla La Rinconada, es decir, en el bloque estructural oriental, que en general no contiene afectación estructural muy evidente.

En cuanto a los ensayos de compresión realizados sobre muestras de los Esquistos del Silgará, de la Formación Jordán y de la Formación Los Santos, es claro que la Formación Jordán presenta una resistencia considerablemente mayor debido a factores tanto ambientales como estructurales. Esto se atribuye a que las muestras correspondientes a la Fm. Los Santos y a los Esquistos del Silgará produjeron fallamientos paralelos y sobre los planos preexistentes que se habían generado

a priori debido a la actividad tectónica y a factores ambientales (meteorización intensa), y no presentó mayor resistencia a las muestras de la Fm. Jordán en ninguno de los casos.

8. Conclusiones

- Los resultados de los ensayos geotécnicos indican que la unidad de mayor resistencia es la Formación Jordán, y por lo tanto es un primer e importante indicio para la elección de una mejor alternativa en el caso de un proyecto civil.
- Las zonas en donde aflora la Formación Los Santos, dadas sus características litológicas y estructurales, debería ser tomada en cuenta como posible área para un futuro estudio geotécnico.
- Los Esquistos del Silgará, a pesar de ser rocas cuya naturaleza es dura y resistente a la compresión, presenta condiciones estructurales que la imposibilitan para ser usadas como base en una obra de infraestructura civil: sus niveles de fracturamiento son muy altos, y dado esto su resistencia se ve inherentemente afectada.
- Se reconocen falencias en la descripción de litologías hechas por el CONSORCIO DE DISEÑOS VIALES que fueron efectivamente corregidas. Se realizó una descripción más detallada de los bloques componentes de los depósitos cuaternarios teniendo en cuenta conceptos texturales y estructurales de las muestras.
- Se reconoció la Formación Jordán como parte del basamento en los núcleos perforados y se logró identificar afectación estructural en las muestras.
- La unidad Esquistos del Silgará logró ser dividida en tres subunidades que corresponden a diferenciaciones litológicas, texturales y/o estructurales que podrían tener relevancia a momento de realizar una caracterización geotécnica.

- El depósito cuaternario del cual no se tenía conocimiento detallado, se logró subdividir en diferentes unidades basado en su geometría, temporalidad y composición.

Referencias Bibliográficas

- Castellanos L.A., Cetina M.A., (2013) *Determinación de patrones de fracturamiento y análisis cinemático en inmediaciones del municipio de Charta, Macizo de Santander.*, Escuela de Geología, UIS.
- CDMB Sitio Web Oficial. (n.d.). Retrieved from <http://www.cdm.gov.co/web/guest-institucional/gestion-territorio/gestion-riesgo/item/182-ordenacion-de-cuencasChinchilla>, h.
- (2000), *Principios de geotecnia y geología ambiental*, Escuela de Geología, UIS.
- García, C. A. Et al., (2005) *medium-pressure metamorphism in the Central Santander Massif, eastern cordillera, colombian andes*. Boletín de geología vol. 27, no. 2.
- INGEOMINAS, (2001), *Memoria Explicativa Mapa Geológico de Colombia, cuadrángulo h-12 Bucaramanga*.
- Mantilla, L. C., García, C. A., & Valencia, V. (2016). *Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará' (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades u-pb en circones detríticos*. Revista Boletín De Geología, 38(1), 33-50. doi:10.18273/revbol.v38n1-2016002
- Prost, G. L. (2013). *Remote sensing for geoscientists: Image analysis and integration*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Royero, J.M., Clavijo J., (2001) *Mapa generalizado del departamento de Santander, memoria explicativa*. Ingeominas, 92p.
- Servicio Geológico Colombiano – UIS (2014), *Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 153 – Chita, departamentos de Boyacá, Arauca y Casanare*.
- SIGOT: *Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial* Sig-Ot, sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx.
- Urueña, C.L., (2011), *Petrografía del neis de bucaramanga en cercanías a Cepitá, Berlín y Vetas – Santander*. Geología Colombiana - Edición Especial, 36 No. 1, pp 37-56
- Urueña, C.L., (2014), *Metamorfismo, exhumación y termocronología del Neis de Bucaramanga. (Macizo de Santander, Colombia)*.
- Venkataramaiah, C. (2006). *Geotechnical engineering*. New Delhi: New age international pvt. Ltd., publishers.