

**AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA, EN LA MICROCUENCA
QUEBRADA LA VIRGEN, MUNICIPIO DE SAN JOSE DE MIRANDA,
DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

CRISTIAN FABIÁN VESGA HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2009

**AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA, EN LA MICROCUENCA
QUEBRADA LA VIRGEN, MUNICIPIO DE SAN JOSE DE MIRANDA,
DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

CRISTIAN FABIÁN VESGA HERNÁNDEZ

**Proyecto de Grado presentado como requisito
para optar el título de: Geólogo**

**Director:
LUIS EDUARDO MORENO
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA
2009**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	2
2. GENERALIDADES	3
2.1 LOCALIZACIÓN MUNICIPIO SAN JOSÉ DE MIRANDA	3
2.1.1 Microcuenca de la quebrada La Virgen.	4
2.1 DIAGNOSTICO PRELIMINAR	5
2.2 POBLACIÓN	7
2.3 ECONOMÍA	8
3. PROBLEMÁTICA EN LA MICROCUENCA QUEBRADA LA VIRGEN	10
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. MARCO METODOLOGICO	16
5.1 IDENTIFICACIÓN	16
5.1.1 Fuentes de información	16
5.1.2 Procedimiento.	16
6. GEOLOGIA	18
6.1 GEOLOGIA REGIONAL	18
6.2 UNIDADES LITOLÓGICAS	19
6.2.1 Cretáceo.	19
6.2.2 Terciario.	22
6.2.3 Cuaternario.	27
6.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	28
7. ENSAYOS DE LABORATORIO	31
7.1 ENSAYO DE HUMEDAD	33
7.2 GRANULOMETRÍA	33
7.3 LÍMITES DE ATTERBERG	35
7.4 ENSAYO DE CORTE DIRECTO	35
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO	38

8.1 PARÁMETROS FUNDAMENTALES	38
8.1.1 Ángulo de Fricción	38
8.1.2 Cohesión.	40
8.1.3 Resistencia máxima o resistencia pico.	40
8.1.4 Resistencia residual	41
8.2 DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS.	41
9. GEOMORFOLOGIA	43
9.1 MORFOMETRÍA	43
Cuadro 4. Rangos de pendiente	44
9.2 MORFOLOGÍA	45
9.3 MORFODINAMICA	48
9.3.1 Procesos erosivos	48
9.3.2 Movimientos en masa	49
9.3.2.1 Caídas de roca.	50
9.3.2.2 Deslizamiento rotacional	52
9.3.2.3 Deslizamiento translacional	54
9.3.2.4 Flujos	55
9.3.2.5 Reptación (creep).	56
10. HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA.	58
10.1 LOCALIZACIÓN	58
10.2 CLIMATOLOGÍA	59
10.3 PRECIPITACIÓN	59
10.4 TEMPERATURA	60
10.5 RECORRIDO DEL VIENTO	62
10.6 EVAPORACIÓN	63
10.7 HUMEDAD RELATIVA	64
10.8 HIDROLOGIA	66
10.8.1 Datos Generales de la Microcuenca La Virgen.	66
10.8.2 Tiempo de concentración (TE).	74
11. ANÁLISIS DEL FACTOR DETONANTE DE SISMOS	76

12. AMENAZAS NATURALES	81
12.1. VARIABLES GEOAMBIENTALES.	81
12.1.1 Ingeniería geológica.	82
12.1.2. Morfogénesis.	82
12.1.3 Procesos morfodinámicos.	83
Cuadro 24. Proceso Morfodinámico.	83
12.1.4 Morfometría.	83
12.1.5 Factores Climáticos.	84
12.1.6 Aceleración Sísmica.	84
12.2. PONDERACIÓN DE VARIABLES.	85
12.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	85
12.4 NIVELES DE AMENAZA	86
12.4.1 Amenaza Muy Alta (Ama).	87
12.4.2 Amenaza Alta (Aa).	87
12.4.3 Amenaza Moderada (Am).	87
12.4.4 Amenaza Baja (Ab).	87
12.4.5 Amenaza Muy Baja A Nula (Amb).	87
13. RECOMENDACIONES TECNICAS	88
14. CONCLUSIONES	90
BIBLIOGRAFIA	92
ANEXOS	95

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Relación principales vías del municipio de San José de Miranda	7
Cuadro 2. Total de ensayos realizados para el estudio Geotécnico y de suelos.	31
Cuadro 3. Resumen de resultados de laboratorio.	32
Cuadro 4. Rangos de pendiente	44
Cuadro 5. Formas de origen denudacional	46
Cuadro 6. Formas de origen estructural denudacional.	47
Cuadro 7. Formas De Origen Fluvial.	47
Cuadro 8. Unidades morfogénicas presentes.	47
Cuadro 9. Tipos de erosión hídrica, según Van Zuidam.	49
Cuadro 10 . Valores totales mensuales de precipitación (1975-2000)	59
Cuadro 11 Valores Totales de temperatura (mínimos, medios y máximos) 1975-2000	61
Cuadro 12 . Valores máximos, mininos y medios del recorrido del viento (1975-2000)	62
Cuadro 13. Valores medios, máximos y mínimos de evaporación (1975 – 2000) estación Molagavita.	64
Cuadro 14. Valores totales de la humedad relativa (1975 – 2000) estación Molagavita.	65
Cuadro 15. Datos hidrográficos generales Microcuenca La Virgen.	66
Cuadro 16. Áreas de cada una de las microcuencas La Virgen, El Injerto y Los Cojos.	67
Cuadro 17. Pendiente media quebrada El Injerto.	71
Cuadro 18. Pendiente media quebrada La Virgen.	72
Cuadro 19. Pendiente Media quebrada los Cojos.	73
Cuadro 20. Tiempo de concentración (TE).	74
Cuadro 21 Actividad Neotectónica en el municipio de San José de Miranda.	78

Cuadro 22. Unidades de ingeniería y su clasificación respectiva para el área de trabajo.	82
Cuadro 23. Morfogénesis.	82
Cuadro 24. Proceso Morfodinámico.	83
Cuadro 25 Morfometría.	83
Cuadro 26. Factores Climáticos	84
Cuadro 27. Aceleración Sísmica	84
Cuadro 28. Relación de las amenazas encontradas en la zona de estudio con sus respectivas áreas.	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de San José de Miranda	3
Figura 2. Fotografía satelital de la microcuenca de la quebrada La Virgen	4
Figura 3 Formaciones geológicas en el municipio de san José de Miranda	19
Figura 4 Formación Río Negro.	20
Figura 5. Formación Tibú y Mercedes.	21
Figura 6. Formación Carbonera.	26
Figura 7. Deposito coluvial	28
Figura 8 mapa geológico de la microcuenca de la quebrada La Virgen	29
Figura: 9 ubicaciones de apiques	31
Figura 10. Preparación muestras para ensayos de humedad.	33
Figura 11. Preparación muestras para ensayos de granulometría	34
Figura 12 Preparación muestras para ensayos de corte directo	35
Figura 13 Detalle de la caja de ensayo de corte directo.	37
Figura 14. Movimiento de las dos mitades del ensayo de corte directo en caja.	37
Figura 15. Ángulo de fricción interna de algunos suelos granulares	39
Figura 16. Curvas esfuerzo de corte-desplazamiento en un ensayo de Corte directo.	41
Figura 17. Erosión en surcos, parte alta del deslizamiento de la quebrada La Virgen.	49
Figura 18 Caída de rocas.	50
Figura 19 Punto de convergencia de la quebrada La Virgen con la quebrada los cojos. E 1148931 N 1229066.	51
Figura 21. Deslizamiento rotacional.	52
Figura 22. Deslizamiento rotacional parte baja microcuenca E 1150507 N 1228860.	53
Figura 23 Deslizamiento translacional de detritos.	54

Figura 24 Flujo de detritos.	55
Figura 25 Esquema del proceso de reptación	57
Figura 26. Valores medios mensuales de precipitación estación Molagavita	60
Figura 27 Valores medios mensuales de temperatura estación Molagavita.	61
Figura 28. Valores medios mensuales de recorrido del viento estación Molagavita	63
Figura 29. Valores medios mensuales de la humedad relativa estación Molagavita.	65
Figura 30. Porcentaje de área de cada microcuenca con respecto al área total.	67
Figura 31. Pendiente media de los cauces (método Taylor – Schwarz).	73
Figura 32 Tiempo de concentración y de retardo de cada una de las microcuencas.	75
Figura 33. Corte geológico microcuenca de la quebrada La Virgen	76
Figura 34. Ubicación de actividad neotectónica en la microcuenca de la quebrada La Virgen.	79
Figura 35. Mapas de zonificación sísmica	79
Figura 36. Mapas de aceleración pico efectiva horizontal	80
Figura 37 metodología para la obtención del mapa de susceptibilidad en ARC-GIS	85
Figura 38 metodología para la obtención del mapa de amenazas en ARC-GIS	86

RESUMEN

TITULO:

AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA, EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA VIRGEN, MUNICIPIO DE SAN JOSE DE MIRANDA.

AUTOR:

VESGA HERNÁNDEZ, Cristian Fabián**

PALABRAS CLAVES: Amenaza, movimientos en masa, ArcGis.

DESCRIPCION

Este estudio realizado en el área del deslizamiento de la microcuenca de la quebrada La Virgen, municipio de San José De Miranda departamento de Santander, tiene la finalidad de evaluar la amenaza por movimientos en masa. La metodología utilizada es la suma de mapas temáticos de cada una de las variables analizadas mediante el software ARCGIS.

Trabajando a una escala detallada (1:10000) se obtuvieron los siguientes mapas: geológico, morfológico, morfométrico, morfodinámico. Los cuales junto con los mapas de aceleración sísmica y unidades climáticas, se obtuvo el mapa de amenazas.

Los capítulos del 1 al 5 señalan las generalidades y la metodología de la investigación. Los capítulos 6, 7, 8, 9 describen el medio físico de la zona estudiada (geología, análisis de muestras y geomorfología); en el capítulo 10 y 11 se analizan los factores detonantes, correspondientes a las lluvias y sismos.

Finalmente en el capítulo 12 se presentan las conclusiones del trabajo que tienen como fin, zonificar los grados de amenaza en: muy alta, alta, moderada, baja y muy baja, dentro de la zona de estudio, por último en el capítulo 13 se sugieren una serie de recomendaciones técnicas que se deben llevar a cabo para estabilizar la zona.

Además de esto se incluyeron anexos los cuales contienen los ensayos de laboratorio y los mapas en formato SHP.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Geología. Civil. Ing. Luis Eduardo Moreno

ABSTRACT

TITLE:

STUDYES OF HAZARDS BY MASS MOVEMENTS, RELATIVE VULNERABILITY AND INDICATIVE RISK OF THE MICROBASIN CREEK THE VIRGEN MUNICIPALITY OF SAN JOSE DE MIRANDA*

AUTHORS:

VESGA HERNÁNDEZ, Cristian Fabián **

KEY WORDS:

Hazards, mass movements, ArcGis.

DESCRIPTION:

This study carried out in the landslide area of the microbasin Quebrada La Virgen, municipality of San Jose De Miranda Department of Santander, has the purpose of evaluate the hazards to mass movements. The used methodology is the sum of thematic maps of each one of the variables analyzed through of the software ARCGIS 9.2

Working to a detailed scale (1:10000), the following maps were obtained: topography, geological, morfological, morfometric, and morfodinamic. These map along with seismic acceleration and climatic unit maps allowed to hazard map.

The chapters 1 to 5 indicate the generalities and the methodology of the investigation. The chapters 6, 7, 8 and 9 describe the physical way of the studied zone (geology, samples analysis and geomorphology); in the chapter 10 and 11 there are analyzed the explosive factors, corresponding to the rains and earthquakes.

Finally in the chapter 12, some conclusions of the work that have the purpose, to divide the hazard levels in: very high, high, moderate, low and very low, inside the study zone. In the last, chapter 13, Are suggested a series of technical recommendations that must be carried out to stabilize the zone.

In addition to this document, included annexes which contain laboratory testing and the maps in shp format.

* grade Project

** Physical-Chemical Engineering Faculty, Geology. Director: Ing. Luis Eduardo Moreno

INTRODUCCION

En Colombia, los movimientos en masa dejan innumerables pérdidas no solo a nivel económico como en vías, puentes y viviendas, sino también en vidas humanas.

La microcuenca quebrada La virgen, debido a su geología y ubicación geográfica, se cataloga como una zona propensa a movimientos en masa, tales como avenidas torrenciales, deslizamientos, flujos, entre otros.

Con el siguiente estudio, se planea evaluar la magnitud e intensidad de las amenazas por movimientos en masa sobre el área de afectación de la microcuenca de la Quebrada La Virgen.

Como primera acción, se analizan los antecedentes, ubicación y descripción del problema presentado (Capítulos 1, 2 y 3), a continuación las justificaciones legales por las cuales se debe llevar a cabo el estudio (Capitulo 4), posteriormente se eligió la metodología más apropiada para a seguir (Capitulo 5) Las variables geoambientales propias del área, geología y geomorfología y los análisis de muestras (capítulos 6, 7 ,8 ,9). Posteriormente en los capítulos 10 y 11 se describieron los factores detonantes de sismos y lluvias.

Posteriormente se ponderaron cada una de las variables y se integraron por medio de la herramienta ARCGIS 9.1 dando como resultado la generación de un mapa de amenazas naturales (capitulo12).

Para finalizar en los capítulos 13 y 14 se plantean las conclusiones y recomendaciones técnicas, necesarias para la estabilización de la zona de estudio.

1. ANTECEDENTES

Las actividades realizadas para este estudio incluyeron una recopilación bibliográfica, análisis de estudios realizados en la provincia de García Rovira, interpretación de pares estereoscópicos de fotografías aéreas del municipio de San José de Miranda. Parte del estudio, determinación y ubicación de las unidades litológicas, geomorfológicas y procesos morfo dinámicos, se basa en la manipulación de información secundaria generada principalmente por entidades afines tales como: IDEAM, IGAC, INGEOMINAS, CAS, UIS.

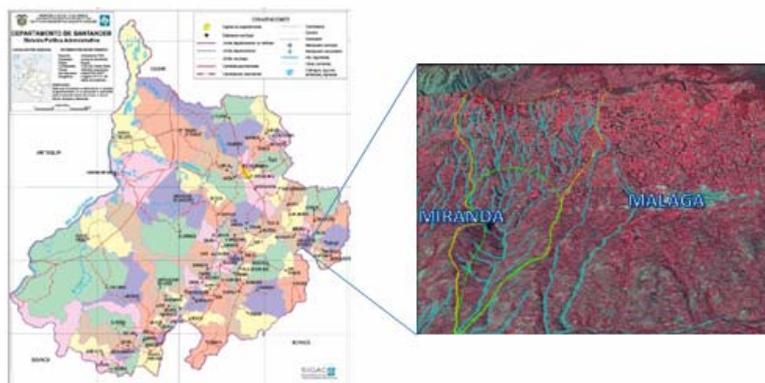
Para el caso de susceptibilidad a movimientos en masa. El Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San José de Miranda, presenta un mapa base que identifica en una escala de 1:25000 los tipos de susceptibilidad para movimientos en masa, produciendo una aproximación de sectores potencialmente altos, medios y bajos.

Posterior a esto el Ingeominas realizó una visita técnica al municipio en el 2006, para la cual se realizó un informe que revela la grave problemática por movimientos en masa para el área de la microcuenca de la quebrada La Virgen, municipio de San José De Miranda.

2. GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN MUNICIPIO SAN JOSÉ DE MIRANDA

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de San José de Miranda



Fuente. IGAC

El municipio de San José de Miranda ubicado en el sector nororiental del país, entre los 6° 30' y 7° 00' de latitud norte y entre los 72° 24' y 73° 02' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Hace parte de la Provincia de García Rovira, en el sector Sur oriental del departamento del Santander, limitado al Norte con el municipio de Málaga, al Oriente con el municipio de Enciso y Capitanejo, al Sur con el río Chicamocha que le sirve de límite con el departamento de Boyacá y al Occidente con el municipio de Molagavita.

El área de la microcuenca de la quebrada La Virgen tiene un extensión de 13 Km² aproximadamente. El municipio tiene una altura sobre el nivel del mar que varía de 1.000 m.s.n.m. en el extremo Sur sobre las riveras del río Servitá y río Chicamocha a 3.200 m.s.n.m. en el extremo Occidental en el Alto de Miranda de las veredas el Pozo, Lucusguta y Yerbabuena. Posee los pisos térmicos cálido, templado y frío. Tiene una temperatura que oscila entre 12 y 25 grados centígrados, y la precipitación promedio es de 1100 milímetros anuales. La

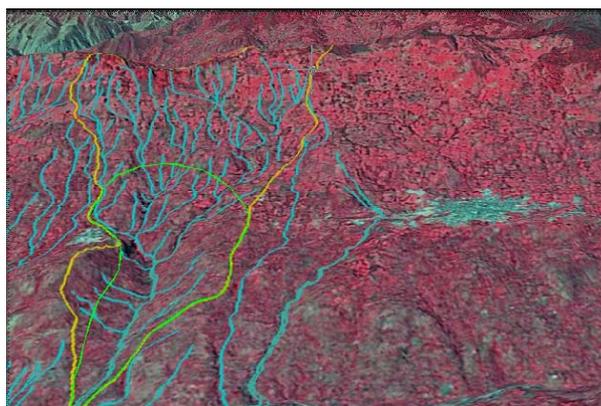
cabecera municipal de este municipio se localiza a los 6° 39 de latitud norte y a los 72° 44 de longitud al oeste del meridiano de Greenwich y una altitud de 1980 m.s.n.m.

El municipio posee una topografía desde plana a casi plana hasta muy escarpada. Dentro de los principales accidentes geográficos cabe citar el Alto de Miranda en zona de páramo, sitio donde nacen las principales microcuencas del municipio.

2.1.1 Microcuenca de la quebrada La Virgen. La microcuenca de la quebrada la virgen, se encuentra localizada en la parte norte del municipio, limita al norte con la microcuenca quebrada Chituli y malagueña, al sur con la microcuenca de la quebrada Popagá y la microcuenca Sagamal, al occidente con el municipio de Molagavita, sus aguas fluyen de occidente a oriente. En la figura 2 se visualiza el área de la microcuenca de la quebrada la virgen.

La quebrada La Virgen nace en la vereda de Tequia a 2200 m.s.n.m. recorre una longitud de 3.8 Km aproximadamente, el área de estudio es de de 4.7 km², la cual cobija parte de las veredas, Tequia, Versalles y Tierra Blanca, para finalmente desembocar en el río Servita.

Figura 2. Fotografía satelital de la microcuenca de la quebrada La Virgen



Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial. San José de Miranda

2.1 DIAGNOSTICO PRELIMINAR

Los procesos constructivos y las tipologías de las viviendas son diferentes dependiendo del año de construcción y el tipo de material utilizado, aunque en general, se diferencian elementos representativos de la arquitectura colonial, de uso republicano y de arquitectura popular.

Respecto a la red vial, la microcuenca es atravesada por varias vías entre las cuales se encuentra la Troncal Central del Norte que comunica con Málaga, Enciso y Capitanejo, y las vías que comunican a la cabecera municipal con las veredas del municipio.

La vía Troncal Central del Norte ha sido anteriormente afectada por una serie de deslizamientos a la altura del puente que comunica los municipios de San José de Miranda con Málaga, en cuanto a las otras vías también han sufrido daños debido a la inestabilidad de la microcuenca la cual es más marcada hacia su parte superior. Estas son Vías destapadas y angostas trazadas a lo largo de terreno montañoso, presentándose tramos con trazados deficientes y pendientes abruptas.

El mantenimiento que se realiza, es esporádico y consiste únicamente en tratamientos de la superficie de la vía, dejando a un lado la limpieza regular de las obras de drenaje, el mantenimiento de los taludes laterales y de los bordes, la limpieza de las zonas de derecho de vía, la limpieza y reconstrucción de cunetas en tierra y el control de vegetación.

La mayoría de vías requieren de obras de drenaje (cunetas, alcantarillas, filtros, etc.), obras de contención y estabilización (muros de gaviones, muros de contención, espigones, estructuras retardadoras, etc.), replanteo del trazado en ciertos tramos para disminuir pendientes y aumentar el radio de giro en curvas

muy cerradas, ampliación del ancho de vía, y en puntos estratégicos la construcción estructuras especiales como puentes, pontones y bateas. La ausencia de este tipo de obras y actividades origina que en épocas de invierno buena parte de estas vías se vuelvan intransitables.

Las anteriores características sólo permiten desarrollar velocidades bajas y conducen a niveles altos de peligro y accidentalidad.

Muchas de estas vías son construidas sin ningún tipo de estudio topográfico, geotécnico, económico y por lo tanto sin ningún diseño adecuado.

En el municipio de San José de Miranda, cuenta con Vía Troncal, Vías Intermunicipales y Caminos Veredales. También vale la pena mencionar que existen Caminos de herradura que permiten la movilización de personas y carga (ya sea a pie o por medio de animales de carga) a zonas de difícil acceso.

Vía Central – Tierrablanca. Presenta obras de drenaje (alcantarillas) y cunetas bien definidas. Posee una batea. Algunas alcantarillas están tapadas. Algunos tramos de la vía necesitan recebo y aplicar rocería.

En el corredor vial se aprecian cultivos de maíz. En el sector pata de gallina, la vegetación ha invadido la vía. En las cercanías de la escuela de Tierrablanca, la vía posee cunetas bien definidas pero necesita de recebo.

En el cuadro 1 se relacionan las principales vías del municipio en cuanto a su extensión, estado y características.

Cuadro 1. Relación principales vías del municipio de San José de Miranda

N o	NOMBRE DE LA VIA	EXTENSIÓN N (Km)	CARACTERÍSTICAS		ESTADO ACTUAL		
			Pavimentada	Afirmada	BUENO	REGULAR	MAL
1	Troncal del Norte.	13.50	X				X
2	La Curva - Agua Colorada	15.00		X		X	
3	Rosales - Cabrerita	6.00		X		X	
4	Central – El Uvo – La Mesa – La Vuelta	9.00		X	X		
5	La Mesa – Las Cuevas	3.00		X	X		
6	Casa de Tapia - Guasimales	4.00		X		X	
7	Carbonera – El Horcón	3.00		X	X		
8	Central – Versailles - Tierrablanca	5.00		X		X	
9	Central – Versailles - Tequia	2.00		X		X	
10	Tequia - Chirulí	4.00		X		X	
11	San Antonio – Mal Paso	7.00		X		X	
12	La Gruta - Cucharito	16.00		X		X	
13	El Alto – Repetidora – El Pozo	3.00		X		X	
14	Carbonera – Los Postes	3.00		X		X	
15	Lucusguta - Pozo	5.00		X		X	
	TOTAL DE EXTENSIÓN DE VÍAS	98.50					

Fuente: Secretaría de Planeación de San José de Miranda.

2.2 POBLACIÓN

En cuanto a la población en el municipio de San José de Miranda está distribuido así: el 84,77% o sea 4969 habitantes están ubicados en el área rural y el 15.23% o sea 893 habitantes, están ubicados en la cabecera municipal.

2.3 ECONOMÍA

Las actividades económicas de San José de Miranda corresponden al sector primario de la economía, sobresalen la agricultura, la ganadería y la extracción de arcilla, la cual se usa en la fabricación de tejas y ladrillos y la piedra caliza para la producción de cal agrícola.

En cuanto a la agricultura, en su parte inferior, veredas de tierra blanca y el espinal predominan cultivos de Tabaco, Tomate, Maíz y Frijol en constante rotación y cultivos de menor extensión como el Melón.

Hacia la parte intermedia de la microcuenca, vereda Samagal y Tequia se encuentran cultivos de caña panelera.

Esta actividad está actualmente en expansión por la necesidad de integrar nuevas tierras a la actividad agropecuaria; pero dicha expansión se viene haciendo sobre las laderas de las quebradas, ocasionando desbalance del recurso hídrico, remoción de tierra, pérdida de la capa vegetal y contaminación del agua. Los sistemas de producción agrícola que mayor empleo rural genera en el municipio son: Maíz 170.000 jornales / año, Tabaco rubio 133.700 jornales / año, frijol arbustivo 105.000 jornales / año, maíz 5500 jornales / año, tabaco negro 3438 jornales / año y tabaco negro 56.345 jornales / año.

En la microcuenca de la quebrada La Virgen encontramos actualmente la explotación del subsuelo en el sector de Tequia, donde se extrae arcilla (minería a cielo abierto) de manera artesanal que se utiliza para la fabricación de ladrillos, no tiene comercialización a gran escala porque los mantos de arcillas son delgados y muy difusos, debido a la acción del fallamiento, no se ha hecho un cálculo de reservas, aunque la calidad es media por su grado de impurezas, compactibilidad

regular, con moderado comportamiento a la hora del quemado y deshidratado del material.

Lo anterior demuestra una pequeña minería, que es de subsistencia y que no incide en la generación de mano de obra calificada porque es de tipo familiar; es decir hay alrededor de 15 familias que viven de las ladrilleras y que se van aminorando por la escasez de la materia prima (la arcilla), todo esto debido a la falta de tecnología y lo que es aún más importante no existe estudio de cálculo de reservas. La comercialización del ladrillo se da con municipios vecinos.

3. PROBLEMÁTICA EN LA MICROCUENCA QUEBRADA LA VIRGEN

En la microcuenca quebrada La Virgen se presentan problemas causados principalmente por aspectos de orden natural y antrópico. La mayoría de los problemas de orden natural aumentan en la temporada invernal, en la cual las numerosas precipitaciones causan un notable aumento en el caudal de las quebradas, además se presentan numerosos deslizamientos de tierra, inestabilidad de suelos y avenidas torrenciales en diferentes sectores del área rural, dentro de los que se destacan un evento que se presentó entre el 2 y el 5 de marzo del 2006.

A continuación se transcriben apartes del informe de la visita técnica realizada por el Ingeominas con ocasión de las lluvias del 5 de marzo del 2006:

Se presenta un colapsamiento de la vía de la carretera central del norte que ocasionó un asentamiento del talud en una longitud de 60 m; dicho asentamiento provocó que la alcantarilla existente colapsara, quedando el paso restringido en un 80 %, y si el invierno continúa, la vía podría colapsar completamente, además de generarse un gran deslizamiento que amenaza con afectar las viviendas aledañas.

En este último sector, hacia la parte superior de la quebrada la virgen se observa un gran deslizamiento complejo de una longitud aproximada de 2 Kilómetros, un ancho promedio de 800 metros y un espesor de 1 metro, generado sobre intercalaciones de calizas fosilíferas, grises, compactas con areniscas cuarzosas de grano fino, que en el cruce de la quebrada la virgen con la vía San José de Miranda, presenta rumbo N 30 W, buzando al NE 29 grados. Este deslizamiento causó un gran flujo de escombros y lodo que afectó los predios localizados sobre la ladera de la quebrada, junto con algunas bocatomas y acueductos veredales, lo

mismo que genero un daño parcial al puente localizado sobre la quebrada que comunica a San José de Miranda con Málaga.

En la microcuenca se presentan ciertas actividades agropecuarias las cuales causan un daño significativo a nivel ambiental entre las cuales se reconocen: Suelos deteriorados debido a su mal uso, la práctica de monocultivo, tala del poco recurso boscoso, Inadecuado uso del suelo por prácticas agropecuarias inapropiadas y falta de asistencia técnica agropecuaria para el mejoramiento de la producción. Cada una de las actividades mencionadas anteriormente se ven reflejadas en fenómenos erosivos.

En cuanto al manejo del recurso hídrico se presentan actividades como la contaminación de las aguas por uso de agroquímicos, falta de distritos de riego para un mejor control y utilización del agua, falta de protección a los nacimientos de agua y contaminación de las fuentes hídricas por vertimiento de desechos.

La deficiencia a nivel educativo y ambiental se refleja en la poca conciencia ambiental, en la mala disposición de basuras, debido a que no existe ubicación de un lote para la disposición de las basuras, se presenta una deficiencia en la cultura de saneamiento básico en lo que tiene que ver con el manejo de cocheras y galpones cerca del perímetro urbano. Cada una de las razones mencionadas anteriormente refleja una parte de la problemática presente en el municipio de San José de Miranda.

Factores como la naturaleza de las rocas, la inclinación de las pendientes, los fenómenos particulares que ha presentado la zona (intervención antrópica), constituyen los elementos que deben ser evaluados para comprender el problema.

Según referencia el EOT, existen mapa geológico, climatológico, hidrológico, hidrogeológico preliminar, unidades climáticas, geomorfológico, pendientes,

suelos, potencial minero, uso del suelo, susceptibilidad a amenazas preliminar, amenazas y zonificación del suelo de la zona rural del municipio, a escala 1:25000, sin embargo, no existe un mapa geológico de la zona urbana ni mapas de amenazas geológicas de la microcuenca quebrada la virgen a escala 1:10000. Adicional a esto es importante resaltar el hecho de que no se llevo a cabo geología de campo en la realización del mapa geológico escala 1:25000, por la premura en el tiempo y el alcance del contrato para elaborar el EOT del municipio.

4. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con lo establecido en los artículos 2º y 311 de la Constitución Política de Colombia, el municipio debe promover el desarrollo de la comunidad, asegurando el derecho a la vida, a la salud y educación, al deporte, a la cultura, a la vivienda, a la libertad de cultos y en general a gozar del bienestar común.

Debe entenderse que los fenómenos de inestabilidad son procesos que tienen una alta probabilidad de volver a ocurrir, debido a que son inherentes a la naturaleza del terreno y las condiciones ambientales presentes en él. Además, la intervención del hombre introduce un factor adicional permitiendo la pérdida de cobertura vegetal y por el uso inadecuado del suelo, estas situaciones si no tienen un carácter planificado, por lo general, resultan en la aceleración de este tipo de eventos que son desfavorables al desarrollo socioeconómico de la región.

De acuerdo con estos factores, se concluye que la susceptibilidad y amenaza a los deslizamientos y/o Movimientos en masa, pueden ser consignadas en un mapa de amenazas geológicas.

Para realizar una evaluación confiable de la susceptibilidad y amenaza de los deslizamientos la escala apropiada es 1:10000 por ser la más viable para los fines propuestos, por lo que se debe contar con una cartografía a una escala adecuada y una caracterización geológica, morfológica morfodinámica y morfométrica que permitan determinar finalmente las amenazas naturales que afectan el área de estudio.

La interpretación de la ocurrencia de futuros desastres naturales en una zona, requiere la comprensión de las condiciones y los procesos de orden natural que los rigen para cuantificarlos y poder así controlarlos, mitigando sus efectos sobre todo

en las comunidades afectadas. Como se mencionó anteriormente, en el municipio San José de Miranda en la microcuenca de la quebrada La Virgen, es necesario realizar un estudio de los componentes geológicos, los cuales permitan verificar y profundizar el conocimiento que se tiene sobre las amenazas.

El contar con un suelo erosionado en su mayor parte y de alta susceptibilidad a procesos erosivos, así como la persistencia de prácticas culturales inadecuadas, sin definición de proyectos para el control de la erosión a corto plazo, hace prever el agravamiento de la problemática expuesta, con su consecuente impacto sobre la disminución o pérdida progresiva de la capa orgánica productiva, aumento de los niveles de desertificación, bajos niveles de productividad agrícola, deterioro de las vías, degradación de las áreas de influencia de los cauces de quebradas y disminución en el caudal y suministro de agua.

En cuanto al mal uso de los suelos; esta problemática tiende a empeorar en razón a la ampliación de la frontera agrícola, la falta de conciencia sobre una cultura orgánica y al afán de producir más por cantidad que por calidad. (Tabaco, Melón, Tomate y Frutales). En cuanto al recurso hídrico a pesar de su potencial, el municipio debe procurar una mayor protección de sus fuentes hídricas, así como de los afloramientos existentes, toda vez que la tendencia observada es a utilizar las áreas donde estos se encuentran como zonas de cultivo. Además ya se empiezan a presentar problemas por la mala distribución y la escasez en ciertas épocas del año.

En razón a las anteriores causas se presenta una deficiencia en el abastecimiento de agua para los acueductos rurales y urbano; se generan bajos nivel de productividad agropecuaria, debido a que no hay puntos importantes de captación para distritos de riego, fuerte presión sobre las fuentes hídricas existentes y se da una tendencia hacia un incremento en la escasez de agua afectando la sostenibilidad a futuro del municipio de San José de Miranda, de no tomar

acciones significativas que garanticen el suministro del líquido vital. En tanto a las áreas de protección y conservación se presenta una disminución permanente de dichas áreas por la ampliación de la frontera agrícola en labores agrícolas y pecuarias, con la consiguiente amenaza para la conservación de acuíferos y afloramientos existentes en la zona.

5. MARCO METODOLOGICO

5.1 IDENTIFICACIÓN

En el área de la microcuenca quebrada la virgen, los problemas causados por la acción de movimientos en masa, han sido una constante, debido a la topografía abrupta y a la inestabilidad de la zona producto de la deforestación y la práctica del monocultivo, además de la zona se encuentra ubicada en una región de alta actividad sísmica.

5.1.1 Fuentes de información. Se han identificado las fuentes de información en fotografías aéreas, planchas topográficas y geológicas disponibles a escalas 1:10000 y 1:25000 respectivamente, También se ha obtenido información acerca del municipio del Esquema de Ordenamiento Territorial y de entidades públicas como el INGEOMINAS y la Oficina de Atención y Prevención de Desastres de la Gobernación de Santander.

Esta investigación es la etapa posterior de una serie de estudios preliminares realizados por la Universidad Industrial de Santander en la División de Asesorías y Servicios Especializados, en conjunto con el Municipio de San José De Miranda, plasmados en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio. En este, existen mapas base que a nivel general, caracterizan la zona de la microcuenca Quebrada La Virgen e identifican los sectores con amenaza de grado alto, medio y bajo, según la susceptibilidad de amenazas a escala 1:25000.

5.1.2 Procedimiento. El procedimiento se elaboró de acuerdo al método seleccionado (explícito empírico) y de acuerdo con las recomendaciones del director. Se realiza en varias etapas a saber: Análisis preliminar, trabajo de campo, análisis de los datos recolectados en campo e integración y procesamiento de la

información obtenida en la herramienta informática ArcGis 9.1. Cada una de ellas conformada por una serie de actividades y objetivos específicos que se encuentran consignados en los objetivos del proyecto y en el cronograma de actividades.

El procedimiento se constituye en una herramienta sistemática que debe conducir a una cartografía de los diferentes factores que pueden ser detonantes de los movimientos en masa: deslizamientos anteriores, el tipo de roca, la morfometría del terreno, las fracturas presentes, el factor hidrológico presente en la zona. Los anteriores son los principales factores que pueden ser detonantes del deslizamiento. Tales factores de análisis se combinan mediante el uso de puntajes ponderados que se asignan a cada uno. La ponderación se da por la observación de las condiciones particulares del terreno y los procesos que predominan en él para indicar el grado de contribución a la inestabilidad del terreno.

La suma de los puntajes de todos los factores da como resultado un mapa de valores numéricos, los cuales se pueden dividir en rangos para definir zonas con distintos niveles de amenaza relativa, logrando de esta forma los elementos necesarios para producir un mapa de amenaza relativa que es el objetivo principal del proyecto.

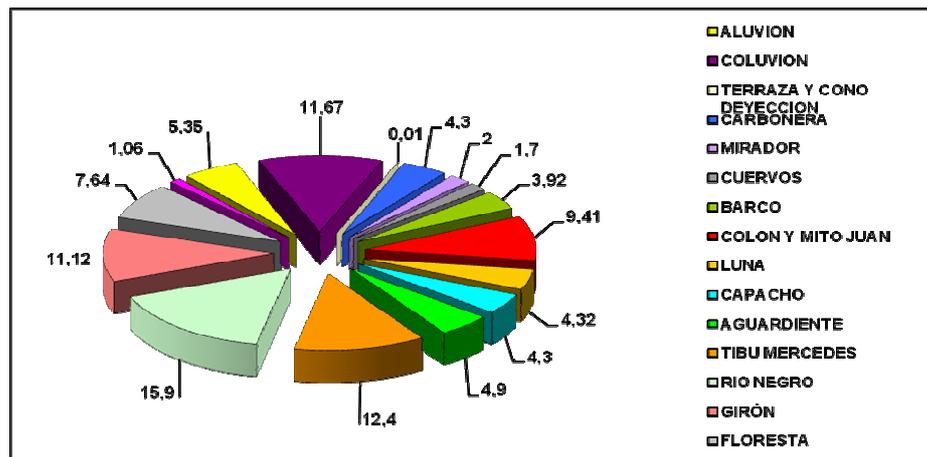
Finalmente, los productos alcanzados en esta investigación se digitalizan con la herramienta ArcGis 9.2 para un manejo y procesamiento adecuado de la información.

6. GEOLOGIA

6.1 GEOLOGIA REGIONAL

La ubicación del municipio de San José de Miranda en la Cordillera Oriental lo enmarca bajo la acción tectónica de las placas de Nazca, Caribe, y Sur Americana, que han ocasionado el levantamiento de esta. Dicha cordillera se encuentra basada sobre materiales protolito de corteza continental y posteriormente metamorfizados e intruidos por magmas félsicos, acompañados por una secuencia de sedimentitas y metasedimentitas paleozoicas, otra de sedimentitas Mesozoicas que se extiende hasta el Terciario, en donde se inicia la depositación de los materiales cuaternarios de origen glacial, aluvial y coluvial. En la figura 3 se puede observar las formaciones geológicas que afloran en el municipio de San José De Miranda. De manera general se presentan las rocas más antiguas hacia el centro de la cordillera y las jóvenes se preservan en sus flancos. En la región nordeste de la cordillera incluyendo el macizo de Santander se presenta numerosos plutones, los cuales separan la cuenca de Maracaibo y Barinas - Apure de la cuenca del Magdalena Medio. El área municipal se encuentra totalmente incluida en la cuenca de Maracaibo, observándose el afloramiento de rocas sedimentarias Cretácicas y Terciarias, suprayacidas por los depósitos cuaternarios. Para tener una idea clara de la litología que aflora en la zona de estudio se realizó una columna estratigráfica escala 1:100, la cual se puede encontrar en el anexo a.

Figura 3 Formaciones geológicas en el municipio de san José de Miranda



Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial. San José de Miranda

6.2 UNIDADES LITOLÓGICAS

6.2.1 Cretáceo.

- Formación Río Negro (Kirn).

Formación Río Negro (o Grupo Cáqueza) (Kirn). Se identifica con este nombre toda la secuencia que aflora por debajo de las calizas del Aptiano (Formación Tibú – Mercedes).

En la zona de García Rovira la formación se encuentra descrita de la siguiente manera:

Parte Superior: Arenisca blanca, cuarzosa a gris con cemento silíceo, rara vez calcáreo de grano fino a medio, ligeramente conglomerática, en bancos muy

gruesos, los cuales forman canales y presentan una estratificación cruzada en artesa. Intercalaciones de limos carbonosos y de arenisca muy fina lodosa de color gris oscuro. Escasos niveles de caliza arenosa fosilífera (Bivalvos).

Parte Intermedia, con estratificación ondulosa. Ciertos niveles son muy fosilíferos y contienen amonitas, gasterópodos, bivalvos y plantas.

Parte Inferior: Arenisca cuarzosa con cemento silíceo o matriz arcillosa, de grano fino a medio en bancos delgados a gruesos con estratificación cruzada a ondulosa. Hacia la base de la formación algunos bancos de arenisca de color rosado, composición arcósica o lítica y niveles conglomeráticos.

Figura 4 Formación Río Negro. Parte alta de la microcuenca



Fuente. El Autor

En la zona de estudio la formación río negro presenta afloramientos de limonitas de color gris oscuro y arenisca cuarzosa de matriz arcillosa a micrítica, de grano fino a muy fino. (figura 4) afloramiento de areniscas ubicado a 100 metros al sur del nacimiento de la quebrada La Virgen.

En el municipio de San José de Miranda afloran 12.71 Km² de formación Río Negro que representan el 15.90 % del área municipal y se encuentran distribuido en las veredas de Cruz de Piedra, Cucurucho, Cutaligua, El Pozo, Lucusguta, Salado Bravo, Sagamal, Tequia, Tierrablanca, Versalles y Yerbabuena.

- **Formación Tibú y Mercedes (Kitm)**

Formaciones Tibú y Mercedes (Kitm). Las formaciones Tibú y Mercedes fueron así designadas los estudios de Notestein et al, 1944, p. 1177, en Ward y Goldsmith, 1973 por el Río Tibú y el Valle Mercedes del área de la Concesión Barco en el Cuadrángulo F-13.

Figura 5. Formación Tibú y Mercedes. Parte media de la microcuenca



Bloques de calizas ubicados a la altura del puente principal que comunica san José de Miranda con Málaga.

Fuente. El Autor

La formación Tibú-Mercedes se reconoce en campo por la presencia de grandes bloques de calizas (figura 5). Micrítica de color gris oscuro a negro, subfusil, arcillosa y calcárea, ligeramente micácea, con ángulos de buzamiento a favor de la pendiente.

En la zona de García Rovira la formación se encuentra descrita de la siguiente manera:

Parte Superior: Limos de color gris oscuro laminados, con intercalaciones de caliza arenosa biotráctica y de arenisca cuarzosa con cemento silíceo, de grano medio en bancos gruesos.

Parte Intermedia: Calizas grises oscuras compactas fosilíferas que se hacen más abundantes hacia el tope y la base.

Parte Inferior: Caliza arenosa blanca cuarcítica de grano fino a grueso a veces conglomeráticas, son fosilíferas y contienen numerosos bivalvos y gasterópodos (Amonitas, Nautilus y Equinoideos).

En el municipio de San José de Miranda afloran 9.91 Km² de formación Tibú y Mercedes que representan el 12.4 % del área municipal y se encuentran distribuido en las veredas de Cruz de Piedra, Cucurucho, Cutaligua, El Pozo, Salado Bravo, Sagamal, Tequia, Tierra Blanca, Versailles y Yerbabuena.

6.2.2 Terciario.

- **Formación Los Cuervos.** (Tplc). La sección tipo de esta formación aflora en la quebrada Los Cuervos que confluye al Río Catatumbo en la parte Norte de la Concesión Barco (Notestein et al, 1944, p. 1192 en Ward y Goldsmith, 1973).

La edad de la Formación según Van Der Hammen (1958, p.94, en Ward y Goldsmith, 1973) el intervalo cronológico indicado por el polen está comprendido del Paleoceno Medio al Eoceno Inferior y se correlaciona con las partes superiores de las formaciones Lisama de la sección del Valle Medio del Magdalena.

En la zona de García Rovira la formación esta descrita de la siguiente manera:

Parte Superior: Limolita verdosa a amarillenta con intercalaciones de arenisca lítica de grano fino a medio en matriz arcillosa.

Parte Inferior: Limos verdes a amarillentos fisibles, limos negros, compactos, niveles carbonosos con continuidad lateral, arcillas abirragadas, con intercalaciones de arenisca lítica de grano fino a medio, con matriz arcillosa o cemento calcáreo y esporádicos mantos delgados de carbón hacia la base.

En el municipio de San José de Miranda afloran 1.33 Km² de formación Los Cuervos que representan el 1.70% del área municipal en las veredas de Carbonera, Cutaligua, Popagá, Salado Bravo y Tierra Blanca.

Los estratos de esta formación se encuentran invertidos para el área de estudio lo que evidencia la alta actividad tectónica de la zona.

- **Formación Mirador (Tem)**

Formación Mirador (Tem). Consiste predominantemente de arenisca de grano fino a grueso, color claro, limpia, masiva, con capas conglomeráticas que contienen guijos de cuarzo. En la parte inferior, la arenisca es menos limpia y de estratificación más delgada. La estratificación cruzada y las marcas de oleaje son comunes. Las Intercalaciones gris púrpura de Shale y limolita, son pocas y delgadas. Topográficamente, la Formación Mirador forma un filo persistente que es semejante pero un poco más sobresaliente que el de la Formación Barco. El contacto con el subyacente Los Cuervos es conforme.

Algunas estimaciones del espesor del Mirador, varían de 210 a 235 m. Notestein et al (1944, p. 1195 en Ward y Goldsmith, 1973); mencionan 160 - 400 m en

secciones superficiales de la Concesión Barco. Según Van Der Hammen (1958, p.94, 95 en Ward y Goldsmith, 1973), la evidencia palinológica indica una edad del Eoceno Inferior para la mayor parte de la formación y Eoceno Medio, para la parte superior y se correlaciona con la Formación La Paz de la sección del Valle Medio del Magdalena.

En la zona de García Rovira la formación está descrita de la siguiente manera: Arenisca lítica, de grano medio a grueso, en bancos muy gruesos, arcillosos, con estratificación cruzada. Varios niveles de conglomerados polimícticos, con cantos hasta de tres centímetros de diámetro de cuarzo, areniscas, limolitas, chert, y en menor proporción shales. Delgadas intercalaciones de areniscas muy fina y de arcillolitas grises a verdes, rojizas y amarillentas.

En la vereda de tierra blanca, la cual hace parte de la zona de estudio, se evidencian areniscas de grano medio a fino, bien cementadas (cemento silíceo), ligeramente calcáreas, moderadamente seleccionadas, de color gris medio a gris pardusco claro, con microvenas de calcita y líticos de color negro intercaladas con Lutitas gris medio, ligeramente calcáreas. Los estratos de esta formación se encuentran invertidos para el área de estudio lo que evidencia la alta actividad tectónica de la zona.

En el municipio de San José de Miranda afloran 1.58 Km² de formación Barco que representan el 2% del área municipal en las veredas Carbonera, Cutaligua, Popagá, Salado Bravo y Tierra Blanca.

- Formación Carbonera (Trc)

Formación Carbonera (Tec). El nombre de esta formación procede de la Quebrada La Carbonera, en el flanco oriental del anticlinal Petrólea de la Concesión Barco. Allí consiste en una serie gruesa de arcillolita gris a gris verdosa y marrón y arenisca asociada con carbones ligníticos en las partes inferior y superior. Unas pocas capas delgadas de caliza ocurren en los intervalos carboníferos y raras zonas glauconíticas de limitada extensión lateral se han hallado en varias partes de la sección. La arenisca marrón de grano fino a medio, contiene láminas carbonáceas y restos de plantas carbonizadas que son comunes a lo largo de la sección, aunque los mantos están limitados a los dos tercios inferiores. La arenisca es mayor en la parte inferior de la sección y las capas son más masivas que en la superior, donde la abundancia del Shale es marcada. El contacto con el subyacente Mirador es conforme y gradacional.

La parte superior y todas las capas más jóvenes del Terciario han sido erosionadas. La parte del Carbonera que permanece no está bien expuesta y su espesor máximo, se estima en 375 m en la plancha 121-II-C, c-8 y c-9. Los mantos de carbón son más delgados y de calidad más pobre que los de la Formación Los Cuervos y no se conoce ningún caso de desarrollo minero de los carbones del Carbonera.

En la vereda de tierra blanca parte baja de la microcuenca (figura 6) se aprecian intercalaciones de Lutita de color gris oscura, ligeramente calcárea, ligeramente micácea, con intrusiones de material carbonoso, microlaminada.

Figura 6. Formación Carbonera parte baja de la microcuenca.



Fuente. El Autor

Aunque la amplia distribución de mantos de carbón y de fósiles vegetales indica un origen generalmente no marino para el Carbonera; existen capas marinas de las cuales se han colectado faunas de moluscos de la localidad tipo y del Norte y Oeste de Cúcuta, en Colombia (Notestein, et al, 1944, p. 1199 en Ward y Goldsmith, 1973). La edad de la Formación carbonera según Van Der Hammen (1958, p. 95) asigna la parte inferior del Carbonera al Eoceno Superior y la parte superior, al Oligoceno Inferior.

El Carbonera puede ser correlacionado con la Formación Esmeraldas y la parte inferior de la Formación Mugrosa de la sección del Valle Medio del Magdalena.

En la zona de García Rovira la formación esta descrita de la siguiente manera: Limolitas negras, arcillolitas abigarradas, a veces carbonosas con intercalaciones de arenisca de grano fino, sublíticas a cuarzosa con estratificación ondulosa, con una capa delgada de hierro oolítico hacia la base de la formación.

En el municipio de San José de Miranda afloran 3.42 Km² de formación Carbonera que representan el 4.3% del área municipal y se encuentra en las veredas de Tierrablanca, Salado Bravo y Popagá. En la zona de estudio encontramos esta formación en la vereda de tierra blanca, parte baja de la microcuenca, con una extensión de 1.2 km². Los estratos de esta formación se encuentran invertidos para el área de estudio lo que evidencia la alta actividad tectónica de la zona.

6.2.3 Cuaternario.

Depósitos Coluviales (Qc). Áreas con gruesos depósitos producto de deslizamiento, taluds, corrientes de lodo y de otros depósitos, se han agrupado en una sola unidad en los mapas geológicos. Los depósitos dejados por los deslizamiento son los más comunes en las pendientes fuertes, particularmente donde una roca más resistente descansa sobre otra menos resistente. Los depósitos coluviales de deslizamiento activo son extensos al igual que grandes depósitos inactivos de deslizamiento. La edad de estos depósitos, como se sugirió en la sección anterior, probablemente va del Pleistoceno al Holoceno.

En el municipio de San José de Miranda afloran 9.34 Km² de depósitos Coluviales que representan el 11.67% del área municipal y se encuentra en todas las veredas menos en Cucharito, Tequia y Versalles. En la zona de estudio se reconoce un deposito coluvial, de grandes extensiones sobre el nacimiento de la quebrada la virgen, con un área aproximada de 0.43 km² (figura7).

Figura 7. Depósito coluvial, parte alta de la microcuenca



Fuente. El Autor

Depósitos Aluviales (Qal). Las áreas más extensas de aluviones flanquean las corrientes principales tales como, los Ríos Chicamocha, Nevado, Servitá y Tunebo. En las áreas montañosas, los depósitos aluviales son escasos. Algunos de éstos cartografiados como aluviones en el páramo alto, posiblemente son en parte o enteramente correlativos, con los depósitos de terraza y de cono y pertenecen posiblemente a Pleistoceno.

En el municipio de San José de Miranda afloran 4.28 Km² de depósitos aluviales que representan el 5.35 % del área municipal y se encuentra presente en las veredas de Moralito, Carbonera, Cucharito, Popagá, Salado Bravo y Tierra Blanca.

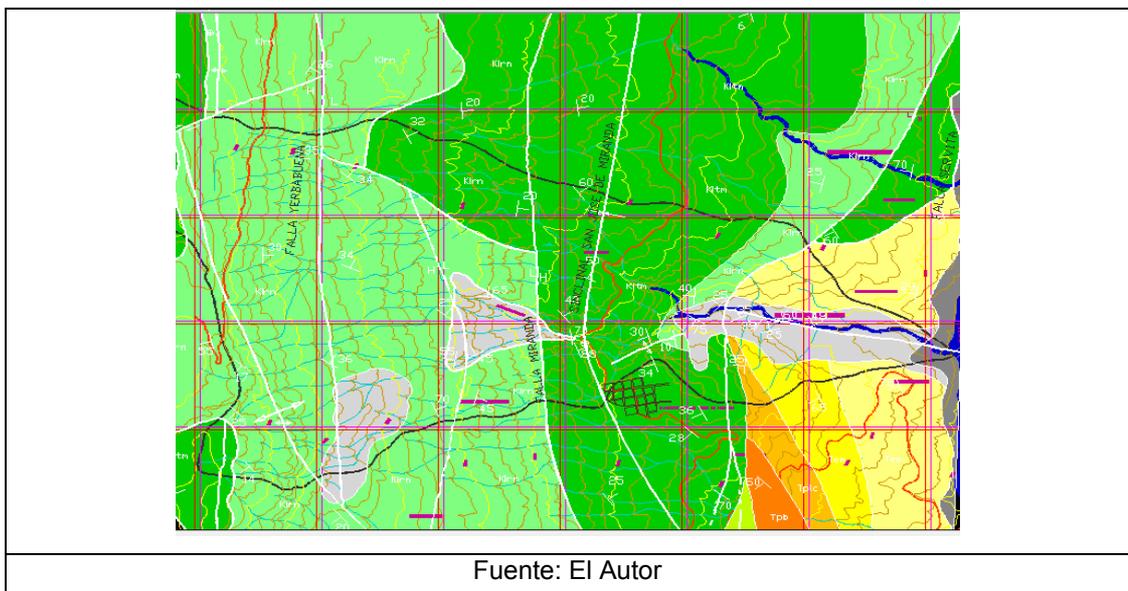
6.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de García Rovira presenta un comportamiento estructural dominado por esfuerzos compresivos, en donde el fallamiento inverso, el plegamiento complejo y los anticlinales asimétricos delimitados por sinclinales en ambos flancos, son los rasgos más sobresalientes.

El modelo estructural del Municipio de San José de Miranda, ha permitido identificar tres sistemas de fallas en función de su orientación y comportamiento

estructural, las cuales están conformadas por esfuerzos compresivos enmarcados por un sistema principal de fallamiento inverso dado por la Falla de Servitá, Anchicuta y Miranda cuya dirección es Norte – Sur, un sistema de fallas de dirección NE – SW donde sobresalen las fallas Carbonera y Yerbabuena y un último sistema de falla de dirección NW – SE en el cual prevalece la falla Aguacolorada, que enmarcan un sistemas de estructuras sinclinales - anticlinales de dirección Noroeste – Sureste, donde el Sinclinal de Miranda es su máximo representante, fallados inversamente de una manera transversal sobre sus flancos y con una orientación paralela a los ejes de los plegamientos.

Figura 8 mapa geológico de la microcuenca de la quebrada La Virgen



Falla Servita. El trazo de la falla se encuentra localizada al Este del municipio de San José de Miranda, es de tipo inverso con dirección N - S y en su transcurso controla el cauce del río Servita. Enfrenta litologías del Cretáceo con el Terciario (figura 8).

Falla Miranda. El trazo de la falla se encuentra localizada en el sector septentrional del municipio de San José de Miranda, es de tipo inverso con dirección N – S y en

su transcurso controla el cauce de varios ríos (los cojos, la virgen, Cutaligua, y otras). Enfrenta litologías del Cretáceo Inferior con Superior (figura 8).

Falla Carbonera. El trazo de la falla se encuentra localizada en la parte central del municipio, atravesándolo en su totalidad y pasando por el sector SE del casco urbano, es de tipo inverso con dirección NE - SW y en su transcurso controla parte de los cauces de las quebradas El Salado y Anís. Enfrenta litologías del Cretáceo Inferior con Superior, también formaciones Cretáceas y Devónicas.

Falla Anchicuta. El trazo de la falla se encuentra localizada en la parte Este del municipio, atravesándolo en su totalidad y en su transcurso controla parte de los cauces de las quebradas El Salado y Anís. Enfrenta litologías del Cretáceo Inferior con Superior.

Falla Yerbabuena. El trazo de la falla se encuentra localizado en el NW del municipio, y en su transcurso controla parte del cauce de la Quebrada el Volador. Enfrenta litologías del Cretáceo Inferior (figura 8).

Falla Aguacolorada. El trazo de la falla se encuentra localizada en el SW del municipio y en su transcurso controla el cauce del Quebrada Aguacolorada. Enfrenta litologías Jura – Triásicas.

Sinclinal de Miranda. El trazo del eje se encuentra localizado al W del municipio con dirección NE - SW y se encuentra controlado por la Falla Miranda. Se encuentra conformado por litología Cretácea (figura 8).

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

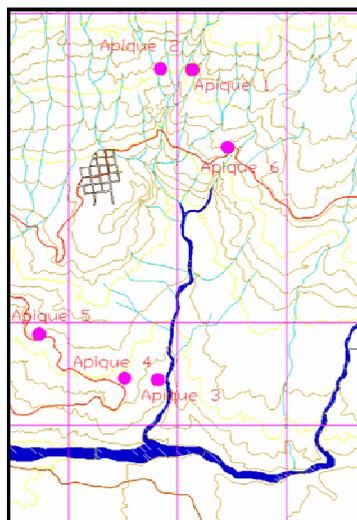
Para el presente estudio se llevaron a cabo los ensayos de granulometría, límites de atterberg y humedad, (anexo B) de muestras tanto alteradas como inalteradas, con el fin de determinar las propiedades físicas de los suelos, de las zonas más inestables del área de estudio, para obtener como producto final un mapa de Ingeniería geológica (anexo A). las muestras de tomaron en campo mediante la realización de apiques ubicados en zonas de mayor inestabilidad (figura 9)

Cuadro 2. Total de ensayos realizados para el estudio Geotécnico y de suelos.

ENSAYO	TIPO DE MUESTRA	TOTAL ENSAYOS
GRANULOMETRIA	Alterada	5
HUMEDAD	Alterada	5
LIMITES	Alterada	10
CORTE DIRECTO	Inalterada	1
CORTE DIRECTO	Alterada	4
ENSAYOS TOTALES		25

Fuente: El Autor

Figura: 9 ubicaciones de apiques



Fuente: El autor

Cuadro 3. Resumen de resultados de laboratorio.

APIQUE	U.S.C	A A S H T O	LL	LP	IP	HUMEDAD	IL	PROFUN- DIDAD(M)	INDICE DE GRUPO
1	SC	A-6	39,1	24	15,6	19,9	-0	1	3
2	CL	A-6	36,9	17	20	26,4	0,5	1	7
3	CL	A-7-6	44,8	26	19	21,6	-0	0,8	13
4	SC	A-6	39,5	25	15	10,2	-1	0,8	4
5	SM-SC	A-1-B	19,8	15	4,4	11,2	0,9	0,8	0
6	SM-SC	A-2-4	19,8	15	4,4	11,2	0,9	1	0

APIQUE	DESCRIPCION	COLOR	% FINOS
1	ARENA ARILLOSA DE GRANO FINO	AMARILLO	> 12 % FINOS
2	ARCILLA	AMARILLO	BAJA PLATISIDAD
3	ARCILLA	GRIS CLARO	BAJA PLATISIDAD
4	ARENA ARILLOSA DE GRANO FINO	MARRON PARDO	> 12 % FINOS
5	ARENA LIMO-ARCILLOSA	ROJIZO	> 12 % FINOS
6	ARENA LIMO-ARCILLOSA	MARRON PADO CLARO	> 12 % FINOS

APIQUE	ANGULO DE FRICCIÓN (º)	COHESIÓN (Kg/cm2)
1	10.9	0.192
2	x	x
3	9.6	0.176
4	28	0.058
5	32.3	0
6	28.1	0.195

Fuente. El Autor

7.1 ENSAYO DE HUMEDAD

Este método cubre la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo por peso. El contenido de agua del material se define según la norma INV E-122, como el porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o agua libre, en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material. El ensayo de humedad consiste en pesar la muestra inicialmente, introducirla en un horno durante dieciséis (16) horas aproximadamente (tiempo que tarda su masa en ser constante, es decir, en no disminuir de peso), pesar luego la muestra seca y hallar el tanto por ciento de agua que ha perdido y así obtener la humedad con que ha entrado.

Figura 10. Preparación muestras para ensayos de humedad.



Fuente. El Autor

7.2 GRANULOMETRÍA

Este ensayo es un intento de determinar la distribución de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de partículas presentes en el suelo.

Se pasa una muestra de suelo seco a través de una serie de tamices y se pesa la cantidad de suelo retenido en cada tamiz. Luego se calcula el porcentaje total que pasa a través de cada tamiz para luego dibujar una curva de porcentaje de % que pasa contra abertura del tamiz en milímetros (escala logarítmica).

Este ensayo debe realizarse lavando primero la muestra a través del tamiz 200. La curva puede hacerse teniendo en cuenta o no las partículas lavadas de acuerdo al objetivo del ensayo. La uniformidad de las partículas puede medirse por medio del coeficiente de uniformidad. $C_u = D_{60}/D_{10}$, la uniformidad de la curva en si es indicada por el coeficiente de curvatura. Suárez (1992).

Figura 11. Preparación muestras para ensayos de granulometría



Fuente. El Autor

7.3 LÍMITES DE ATTERBERG

El método de los Límites de Atterberg, permite determinar cuantitativamente el efecto de la variación del contenido de humedad en la plasticidad, permeabilidad, tenacidad, resistencia y consistencia de los suelos, comprendiendo esta como la cualidad de un suelo a la mayor o menor facilidad con que puede fluir, deformarse o romperse teniendo en cuenta que un suelo fino, ya sea limo o arcilla, puede comportarse según el contenido de agua como un líquido, plástico o un sólido.

A partir de los límites de Atterberg se define además el índice de plasticidad IP que expresa la amplitud del rango de humedad dentro de las cuales el suelo se comporta como plástico. Este es el más importante de los índices derivados de los límites de consistencia ya que permite indicar si un suelo es cohesivo o plástico¹.

7.4 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Figura 12 Preparación muestras para ensayos de corte directo



Fuente: El Autor

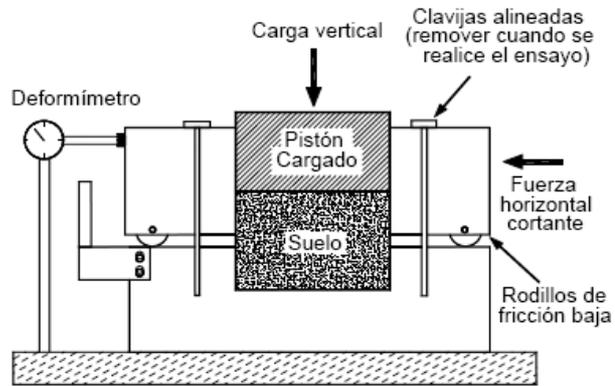
¹ MARQUEZ CÁRDENAS, Gabriel. Propiedades Ingenieriles de los suelos. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín: Facultad de Minas, Medellín, 1983

En el ensayo de corte directo en caja, se coloca una muestra dentro de una caja de forma rectangular, cuadrada o circular, partida por la mitad. Para realizar el ensayo, una de las dos mitades se mueve con respecto a la otra mitad y el suelo se rompe a lo largo del plano entre los dos elementos de la caja. Es el ensayo más común para obtener la resistencia de los suelos en los estudios de deslizamientos. Este ensayo es simple y económico de realizar, pero presenta los inconvenientes del poco control que se tiene sobre las condiciones de drenaje, la dificultad para medir presiones de poros y algunos problemas inherentes a los mecanismos de las máquinas que realizan los ensayos.

Las ventajas de los ensayos de corte directo son su facilidad de ejecución, la cual permite la realización de una gran cantidad de pruebas en poco tiempo y la posibilidad de realizar ensayos sobre superficies de discontinuidad. El ensayo de corte directo es de uso obligatorio cuando se trabaja a niveles bajos de esfuerzos o si se desea obtener la resistencia a lo largo de las discontinuidades. En este ensayo, la resistencia al cortante puede medirse en un plano predeterminado, cortando la muestra con una orientación explícita. La superficie de falla es predefinida y no depende de las propiedades del suelo; por esta razón, los valores de resistencia obtenidos, tienden a ser mayores que en los ensayos triaxiales.

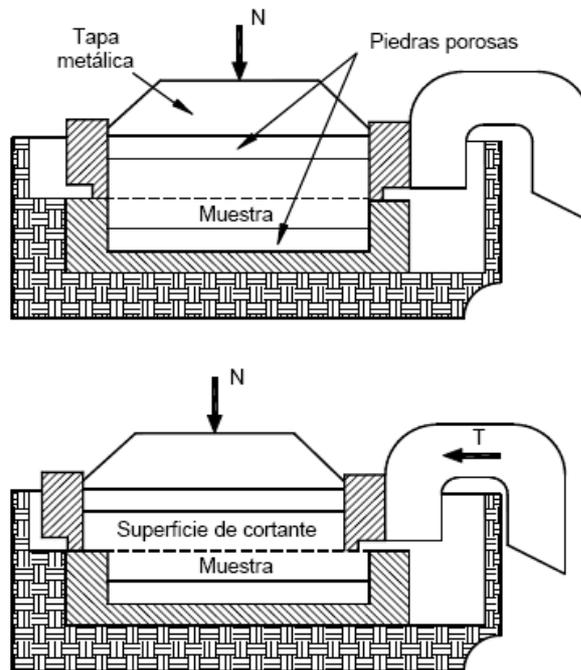
La muestra se coloca en una caja compuesta por dos anillos (Véase la Figura 13), uno superior y otro inferior, los cuales pueden desplazarse horizontalmente el uno con respecto al otro al aplicarse una fuerza de cortante (Véase la Figura 14). Las muestras no pueden saturarse completamente, pero se puede obtener un grado de saturación relativamente alto, sumergiendo la muestra en agua por un período largo de tiempo, antes del ensayo. No obstante, debe tenerse mucho cuidado con los efectos de saturación sobre algunos materiales, especialmente los suelos expansivos Suárez (2009).

Figura 13 Detalle de la caja de ensayo de corte directo.



Fuente. Suárez, 2009

Figura 14. Movimiento de las dos mitades del ensayo de corte directo en caja.



Fuente. Cornforth, 2005

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO

8.1 PARÁMETROS FUNDAMENTALES

Como se menciono anteriormente, para el presente estudio se realizaron ensayos de corte directo, granulometría, límites de Atterberg y humedad.

Para el análisis de estabilidad de taludes hay que tener en cuenta los parámetros de los suelos tales como cohesión, ángulo de rozamiento, resistencia pico, resistencia residual y presión de poros, los cuales se obtienen a partir de los ensayos de corte directo.

8.1.1 Ángulo de Fricción. El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física:

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \text{Tan } \varphi$$

El ángulo de fricción en suelos granulares secos coincide con el ángulo de reposo (Véase la Figura 36). Todos los suelos poseen fricción. Sin embargo, a los suelos arcillosos con fricción muy baja o despreciable, se les denomina suelos cohesivos: $\varphi = 0$.

El ángulo de fricción (φ) depende de una gran cantidad de factores; algunos de los más importantes son:

- Tipo de mineral constitutivo de las partículas.
- Tamaño de los granos o partículas. A mayor tamaño de partículas, mayor es φ .
- Forma de los granos o partículas. φ es mayor para partículas angulosas.

- Distribución de los tamaños de granos o partículas. En los suelos bien gradados, ϕ es mayor que en los suelos uniformes.
- Fábrica o microestructura (organización de las partículas).
- Densidad.
- Permeabilidad (Facilidad de drenaje).
- Presión normal o de confinamiento.
- Presión de preconsolidación.

El ángulo de fricción es el resultado de la combinación de todos los factores. Por ejemplo, el ángulo de fricción es mayor al aumentar la densidad, pero si las presiones normales son muy altas, el ángulo de fricción tiende a disminuir. En arcillas, el ángulo de fricción depende de las condiciones de preconsolidación.

Figura 15. Ángulo de fricción interna de algunos suelos granulares

Descripción	Valores de ϕ en estado		
	Suelto	Medio	Denso
Limos no plásticos	26-30	28-32	30-34
Arena uniforme fina a media	26-30	30-34	32-36
Arena bien gradada	30-40	34-40	38-46
Arena y grava	32-36	36-42	40-48

Fuente. Adaptado de Hough, 1969 y Lambe y Whitman, 1969

Para la zona de estudio los ángulos de fricción varían dependiendo de la ubicación de la muestra, para los apiques 1,2 y 3 (figura 9) los ángulos de fricción son

menores a 22 grados los que indican suelos limosos y plástico, los cuales se denominan suelos no friccionantes. En tanto para los apiques 4,5 y 6 (figura 9), los resultados de laboratorio arrojan suelos con ángulos de fricción mayores a 22 grados lo que indica que corresponden a suelos arenosos, no cohesivos y friccionantes. (Anexo B)

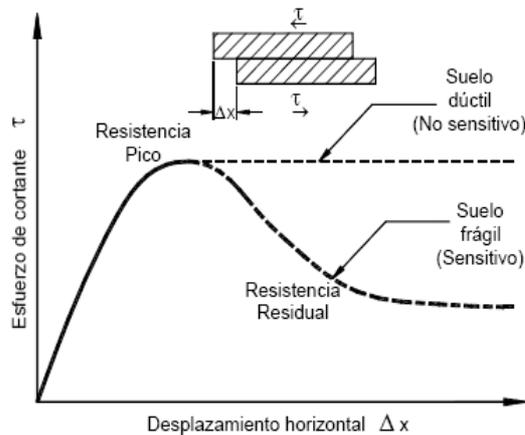
8.1.2 Cohesión. La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en la mecánica de suelos, es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación entre las partículas, mientras que en la física, este término se utiliza para representar la resistencia a la tensión. (Anexo B)

En los suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a cero y a estos suelos se les denomina suelos friccionantes o “no cohesivos” ($C = 0$).

los suelos no saturados, la tensión debida a la succión del agua en los poros, produce un fenómeno de adherencia entre partículas por presión negativa o fuerzas capilares. Esta cohesión “aparente” desaparece con la saturación. (Suárez 2009)

8.1.3 Resistencia máxima o resistencia pico. Es la máxima resistencia al corte que posee el material, el cual no ha sido fallado previamente y corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo - deformación (Véase la Figura 16).

Figura 16. Curvas esfuerzo de corte-desplazamiento en un ensayo de Corte directo.



Fuente. Duncan y Wright, 2005.

8.1.4 Resistencia residual. Es la resistencia al corte que posee el material después de haber ocurrido la falla. Skempton (1964).

8.2 DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS.

Apique 1.

Arena arcillosa de grano fino, con un potencial de expansión medio, alta humedad y una capacidad de soporte para estructuras de 0.3 a 0.7 (kg/cm²). (cuadro 3).

Apique 2.

Arcilla de alta plasticidad, cohesiva, con un potencial de expansión medio, con una alta humedad y una capacidad de soporte para estructuras de 0.2 a 0.7 (kg/cm²). (Cuadro 21).

Apique 3.

Arcilla de alta plasticidad, con un potencial de expansión medio, con una alta humedad y una capacidad de soporte para estructuras de 0.2 a 0.7 (kg/cm²). El comportamiento de las arcillas en presencia del agua, es muy complejo y las

arcillas están relacionadas con un gran porcentaje de los problemas de la estabilidad de taludes. (Cuadro 3).

Apique 4.

Arena arcillosa de grano fino, con un bajo potencial de expansión, con un porcentaje de humedad medio. Y una capacidad de soporte para estructuras de 0.3 a 0.7 (kg/cm²). (cuadro 3).

Apique 5

Arena limo-arcillosa suelta, de baja humedad, bajo potencial de expansión y una capacidad de soporte de estructuras de 0.3 a 0.7 (kg/cm²). (Cuadro 3).

Apique 6

Arena limo-arcillosa suelta, de baja humedad, bajo potencial de expansión y una capacidad de soporte de estructuras de 0.3 a 0.7 (kg/cm²). (Cuadro 3).

9. GEOMORFOLOGIA

La geomorfología estudia y define las formas del terreno y su evolución, e investiga la relación entre estas formas, los procesos que actúan sobre ellas y su arreglo espacial en el tiempo. (Van Zuidam, R.A & Cancelado, F.I 1979).

El objetivo esencial del levantamiento geomorfológico es el de dar una imagen concisa del relieve, teniendo en cuenta los factores que han intervenido en su desarrollo, como son climatológicos y geológicos.

El análisis geomorfológico es un proceso que tiene en cuenta aspectos morfométricos, morfográficos, morfogenéticos y morfocronológicos, además de la litología y los procesos morfológicos.

El proceso de levantamiento cartográfico se inicia con el reconocimiento del terreno, mediante recorridos de campo y el empleo de fotografías aéreas. Con la ayuda de la información litológica, hidrográfica y demás disponible, se realiza progresivamente la subdivisión de las unidades geomorfológicas, teniendo los procesos, rasgos geológicos y la acción de los agentes atmosféricos sobre el modelado del relieve.

9.1 MORFOMETRÍA

La morfometría estudia las formas del terreno, tales como inclinación de las pendientes, formas y longitud. Una vez realizada la descripción morfométrica, se lleva a cabo la evaluación de los procesos morfodinámicos.

El método empleado para elaborar el mapa de pendientes corresponde con el intervalo móvil de drenes y Grainger (revisado en López y Garnica 1.994), por

medio del cual se obtienen franjas de porcentaje de pendiente semejante con base en los ángulos que forma cada intervalo de porcentaje de pendiente y la escala de mapeo. Cada tipo de franja obtenido se pasa entre curvas de nivel y para aquellas curvas que coincidan con el intervalo representado se procede a dibujar las secciones que se vayan obteniendo, para cada uno de los intervalos de porcentaje de pendiente definidos previamente.

Cuadro 4. Rangos de pendiente

CLASE DE PENDIENTE Grados/Porcentaje	PROCESOS CARACTERÍSTICOS Y CONDICIONES DEL TERRENO
0 – 3 %	Plano o casi plano. Denudación no apreciable; transitable y laborable si dificultad bajo condiciones secas.
3 – 7 %	Levemente inclinado y ligeramente ondulado. Movimientos en masa de diferentes clases y baja velocidad, especialmente solifluxión y fluvial (erosión laminar y surcos). Es posible utilizar maquinaria agrícola pesada; se recomienda arar en forma paralela a la pendiente, peligro de erosión.
7 - 12 %	Inclinado y ondulado. Condiciones similares al rango anterior con serias facilidades para explotación agrícola. Severo peligro de erosión del suelo.
12 - 25%	Fuertemente ondulada y fuertemente inclinada. Movimientos en masa de todo tipo, especialmente solifluxión, reptación laminar y en surcos, ocasionalmente deslizamientos. Imposible cultivar sin terraceo. Dificilmente accesible para tractores y otros vehículos. Presenta peligros de erosión del suelo y deslizamientos.
25 - 50 %	Fuertemente ondulada, ligeramente quebrada y ligeramente escarpada. Procesos denudacionales intensivos de diferentes clases (erosión bajo cubierta de bosque, reptación, deslizamiento). Posibilidades limitadas de arado, transitabilidad ardua, cultivo sólo en terrazas. Peligro extremo de erosión del suelo.

	50 – 75%	Quebrada y escarpada. Afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, depósitos de taludes delgados incoherentes, imposible para uso agrícola, plantación de bosque viable.
	75- 100%	Escarpada, Afloramientos rocosos
	MAYOR 100%	Muy escarpada, Afloramientos rocosos

Fuente. Modificada de Van Zuidam R. 1988.

El mapa de pendientes (anexo1) se elaboró mediante el software ARCGIS. Se modificaron los rangos de pendientes propuestos por la clasificación de Van Zuidam. (1988) y se partió de una unidad mínima de mapeo de 5 m2 acorde con la escala trabajada de 1:10000.

9.2 MORFOLOGÍA

La determinación de las unidades morfológicas, se fundamentó en el sistema propuesto por el ITC de Holanda, el mismo empleado para la elaboración de la zonificación sismo geotécnica en la ciudad de Bucaramanga por el INGEOMINAS y la CDMB, propuesto por H Verstappen R. V. Zuidam (1.992). Este sistema de manera sucinta se fundamenta en el origen de las unidades geomorfológicas considerando el carácter de los procesos que permitieron su formación, es por eso que en la clasificación existen grandes grupos, de los cuales los siguientes se presentan en la zona:

- Formas de origen denudacional
- Formas de origen estructural denudacional
- Formas de origen fluvial

A partir de esto se realizó el mapa morfológico (anexo1).

Seguidamente en las Cuadros 5 a 7 se incluye la descripción de las principales unidades que hacen parte de los grupos que se presentan en el área de trabajo:

Cuadro 5. Formas de origen denudacional

CÓDIGO	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS GENERALES
D1	pendientes denudacionales suaves	Pendientes suaves a moderadamente empinadas, topografía ondulante a rizado. Ligeramente a moderadamente disectadas.
D2	colinas denudacionales	Pendientes moderadamente empinadas a empinadas. Topografía rizada a colinada. Moderadamente a severamente disectadas
D3	Colinas y montañas denudacionales	Empinadas a muy empinadas con topografía colinada a montañosa. Moderada a severamente disectada
D7	Depósitos de ladera	Relativamente cortas, pendientes aproximadamente cercanas a la horizontal a suavemente empinadas. Topografía aproximadamente plana a ondulante. Nada o ligeramente disectadas.
D9	Escarpes	Pendientes empinadas a muy empinadas, moderadamente a severamente disectadas.
D11	Conos y abanicos	Pendientes suaves a empinadas. Ligeramente a moderadamente disectadas.

Fuente: Tomado y modificado ITC Holanda 1979.

Cuadro 6. Formas de origen estructural denudacional.

CÓDIGO	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS GENERALES
S6	Cuestas	Contrapendientes suaves y pendientes frontales empinadas a muy empinadas. Ligeramente a moderadamente disectadas.

Fuente: Tomado y modificado ITC Holanda 1979.

Cuadro 7. Formas De Origen Fluvial.

CÓDIGO	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS GENERALES
F6	Terrazas fluviales	Topografía con pendientes aproximadamente planas a suavemente empinadas. Ligeramente a moderadamente disectadas.

Fuente: Tomado y modificado ITC Holanda 1979

Cuadro 8. Unidades morfo genéticas presentes.

UNIDAD MORFOGENETICA	SIMBOLO	ÁREA M2	PORCENTAJE %
COLINAS Y PENDIENTES DENUDACIONALES	D1	855000	18.02
COLINAS Y PENDIENTES DENUDACIONALES	D2	2008700	42.33
COLINAS Y MONTAÑAS DENUDACIONALES	D3	229300	4.83
DEPOSITOS DE LADERA	D7	137400	2.89
ESCARPES	D9	24700	0.52
AREAS CON SEVEROS MOVIMIENTOS EN MASA	D11	259200	5.46
CUESTAS	S6	1070800	22.59
TERRAZAS FLUVIALES	F6	159600	7.57
ÁREA TOTAL		4744700	100

Fuente: Tomado y modificado ITC Holanda 1979.

9.3 MORFODINAMICA

Hace relación al estudio de los procesos morfodinámicos, en otras palabras, todos los procesos erosivos y de remoción en masa que modifican el relieve.

Dentro de los procesos morfodinámicos más comunes encontrados están: los procesos degradacionales (p.j. erosión), que son los que contribuyen al desgaste de la capa superficial del terreno; y los procesos agradacionales, (p.j. sedimentación), que son los que se encargan de modificar el relieve mediante al transporte y deposición de materiales.

9.3.1 Procesos erosivos. Se denomina erosión al proceso de sustracción o desgaste de la roca del suelo intacto (roca madre), por acción de procesos geológicos exógenos como las corrientes superficiales de agua o hielo glacial, el viento, o los cambios de temperatura. El material erosionado está conformado por:

Fragmentos de rocas. Originados por abrasión mecánica, por la propia acción del viento, aguas superficiales, glaciares y expansión-contracción térmica por variaciones estacionales o diurnas.

Suelos. Los cuales son originados por la descomposición química de las rocas mediante la acción combinada de ácidos débiles disueltos en agua superficial y meteórica, hidrólisis, ácidos orgánicos, bacterias y la acción de plantas.

Cuadro 9. Tipos de erosión hídrica, según Van Zuidam.

TIPO	DESCRIPCION
Erosión laminar	Pérdida de suelo generada por circulación superficial difusa del agua de escorrentía, canales de drenaje ausentes.
Erosión en Surcos	Suelo arrastrado por el flujo de agua q se canaliza y se jerarquiza generando surcos, canales de drenaje menores de 50 cm. de profundidad.
Erosión en Cárcavas	Suelo arrastrado por el agua que genera cárcavas, comienza en forma de surcos, canales de drenaje entre 50 y 500 cm. de profundidad.

Fuente: <http://geography.sierra.cc.ca.us/> 2005

Figura 17. Erosión en surcos, parte alta del deslizamiento de la quebrada La Virgen.



Fuente. El Autor

9.3.2 Movimientos en masa. Son desplazamientos de material hacia afuera y hacia debajo de una ladera e involucra, caídas de roca, basculamientos, reptación, deslizamientos, desprendimientos, subsidencia, propagación lateral y de

transporte tales como, flujos, avalanchas y descargas torrenciales en causes establecido.

9.3.2.1 Caídas de roca. Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla (Cruden & Varnes, 1996) (Véase la Figura 20).

El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996) (Figura 18).

Solo cuando la masa desplazada es socavada, las caídas son precedidas por pequeños deslizamientos o movimientos de basculamiento que separan el material de la masa no perturbada (Cruden & Varnes, 1996).

Figura 18 Caída de rocas.



Fuente. Varnes. 1978

Socavamiento ocurre típicamente en suelos cohesivos o rocas al pie de escarpes que sufren el ataque de las olas o debido a la erosión de márgenes de ríos. En la figuras 19 y 20 se presentan los sitios principales de caídas de rocas en la zona de estudio.

Figura 19 Punto de convergencia de la quebrada La Virgen con la quebrada los cojos. E 1148931 N 1229066.



Fuente. El Autor

Se observa inestabilidad de las laderas, caída de bloques de roca y surcos producto de erosión hídrica.

Figura 20. Puente principal de la vía Miranda- Málaga. E1148136, N 1228844.



Fuente. El Autor

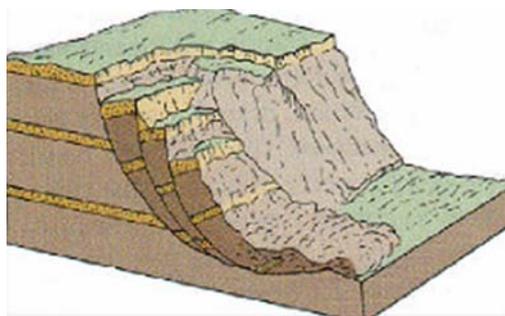
Este tipo de movimiento se presenta en repetidos sectores del área de estudio debido a la topografía colinada del sector y también a la ausencia de cobertura vegetal que proporcione estabilidad a los taludes.

9.3.2.2 Deslizamiento rotacional. En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo en movimiento. Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento.

En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de “cuchara”. Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser subvertical, lo cual facilita la ocurrencia de movimientos retrogresivos.

El movimiento aunque es curvilíneo no es necesariamente circular, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad. En la cabeza del movimiento, el desplazamiento es aparentemente semi-vertical y tiene muy poca rotación, sin embargo se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques giren en la dirección opuesta.

Figura 21. Deslizamiento rotacional.



Fuente. Skinner & Porter, 1992

Dentro del deslizamiento comúnmente, ocurren otros desplazamientos curvos que forman escarpes secundarios y ocasionalmente ocurren varios deslizamientos sucesivos en su origen pero que conforman una zona de deslizamientos rotacionales independientes. (Suárez 1998).

Figura 22. Deslizamiento rotacional parte baja microcuenca E 1150507 N 1228860.

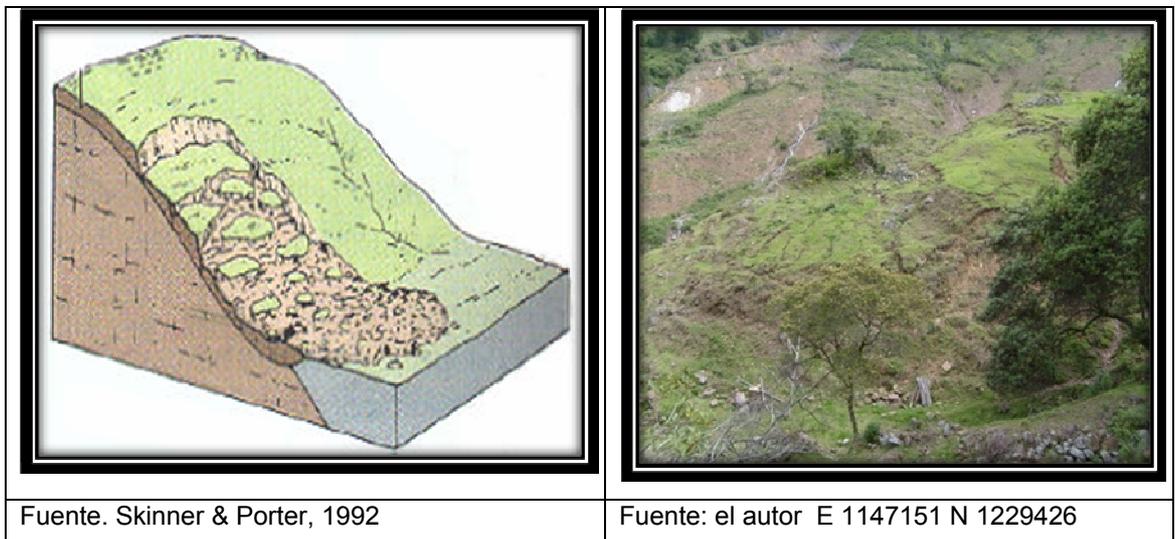


Fuente. El Autor

Este tipo de movimiento se presenta en mayor proporción sobre la vía que comunica San José de Miranda con Málaga, identificándose como movimientos de pequeñas dimensiones con una longitud de masa desplazada no mayor a 5 metros, además de esto se presenta un deslizamiento rotacional múltiple hacia la parte baja de la microcuenca (figura 22), de aproximadamente 100 metros de ancho con una diferencia de altura de 40 metros, en este momento se encuentra en estado reactivo y con una distribución de la actividad en aumento, cuyas dimensiones son considerables, con una longitud de masa desplazada de más de 50 metros y un ancho de la superficie de ruptura de 20 metros.

9.3.2.3 Deslizamiento translacional. En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. La diferencia importante entre los movimientos de rotación y traslación está principalmente, en la aplicabilidad o no de los diversos sistemas de estabilización.

Figura 23 Deslizamiento translacional de detritos.

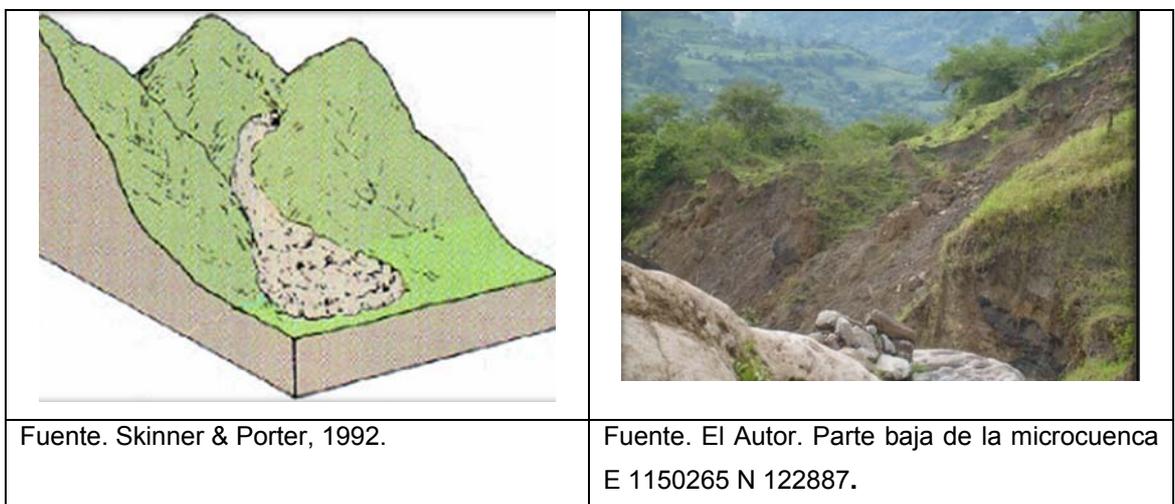


A 100 metros al E del nacimiento de la quebrada La Virgen., se evidencia un deslizamiento translacional (figura 23) de aproximadamente 40 metros de ancho con una diferencia de altura de 30metros.

Un movimiento de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo. Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y zonas de cambio de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a variaciones en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o coluviones. (Suárez 1998).

9.3.2.4 Flujos. En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra y pueden darse canalizados o sobre una ladera.

Figura 24 Flujo de detritos.



Los flujos muy lentos o extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones, a los fenómenos de reptación y la diferencia consiste en que en los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras en la reptación la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura.

La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo (Suárez 1998).

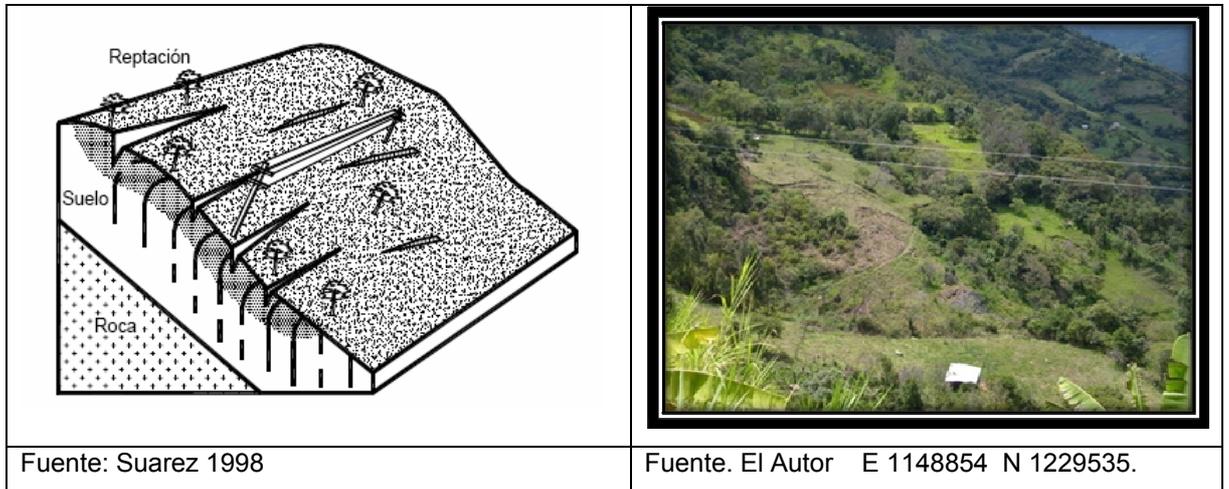
9.3.2.5 Reptación (creep). La reptación o “creep” consiste en movimientos del suelo subsuperficial desde muy lentos a extremadamente lentos sin una superficie definida de falla. La profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros. Generalmente, el desplazamiento horizontal es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno (Véase la Figura 25).

La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos traslacionales. La reptación comúnmente ocurre en las laderas con pendiente baja a media. Se le atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en los suelos, usualmente arcillosos, muy blandos o alterados, con características expansivas.

Los procesos de expansión y contracción afectan la reptación, pero no son un requisito para que ocurra. Con frecuencia se presenta la reptación en los taludes de terraplenes, los cuales al saturarse, tratan de fluir generándose inicialmente la reptación del suelo subsuperficial. Esta reptación puede terminar en un flujo o en un deslizamiento de traslación.

Las evidencias de reptación consisten en la inclinación de postes y cercas y/o la inclinación o curvatura de los troncos de los árboles y arbustos. Como los movimientos son muy lentos, la mejor forma de analizar un proceso de “creep” es mediante el monitoreo y el uso de inclinómetros. En un inclinómetro el movimiento es mayor en la superficie del terreno y disminuye en magnitud al profundizarse. Igualmente, las estructuras de la mampostería se agrietan con fisuras verticales o diagonales. (Suárez 2009)

Figura 25 Esquema del proceso de reptación



La figura 25 muestra el esquema de un proceso de reptación junto con una ladera que presenta este tipo de movimiento, ubicada unos 50 m en descenso desde el puente principal que conecta el municipio de Málaga con san José de Miranda.

10. HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA.

10.1 LOCALIZACIÓN

La microcuenca la virgen se encuentra localizada al norte del casco urbano de San José de Miranda, limita al sur con la microcuenca quebrada Santa Bárbara, al oriente con la cuenca del río Servitá, al norte con la microcuenca quebrada seca, la microcuenca realiza su recorrido de occidente a oriente.

La microcuenca hidrográfica La Virgen del municipio de San José de Miranda, está constituida por los nacimientos y cauces de varias quebradas, hilos de agua y una serie de humedales que provienen de nacimientos de las partes altas y medias de las colinas, cuyas aguas se infiltran en los suelos, desplazándose internamente y brotando a la superficie en las zonas bajas, evidenciando suelos con capacidad de infiltración y retención de agua. La red hidrográfica de la microcuenca está comprendida por las siguientes microcuencas:

- **Quebrada Espinal.** Su nacimiento se encuentra localizado a los 2624 m.s.n.m. en una zona completamente de pradera protegida por árboles.
- **Quebrada la Virgen.** Su nacimiento se encuentra localizado a una altura superior a los 2500 m.s.n.m. en una zona muy pantanosa por lo cual la única vegetación encontrada es moros criollos, alisos, eucaliptos.
- **Quebrada los cojos.** Su nacimiento se muestra localizado a una altura inferior a los 2460 m.s.n.m. protegida con especies nativas y arbustos.

10.2 CLIMATOLOGÍA

La temperatura media anual varía de 13,5 °C a 16°C, en donde las temperaturas bajas coinciden con los periodos húmedos entre Diciembre - Marzo y Junio- Julio, presentando las máximas temperaturas entre Abril –Mayo y Septiembre- Octubre

10.3 PRECIPITACIÓN

El comportamiento temporal de las precipitaciones es Bimodal (cuadro 10), es decir una estación de pocas lluvias seguida con una lluviosa. Para el municipio de San José de Miranda, la estación seca comienza en el mes de Diciembre extendiéndose hasta febrero y reaparece en Mayo hasta el Mes de Julio. En la figura 26, se presentan los valores medios mensuales de precipitación entre los años de 1975-2000.

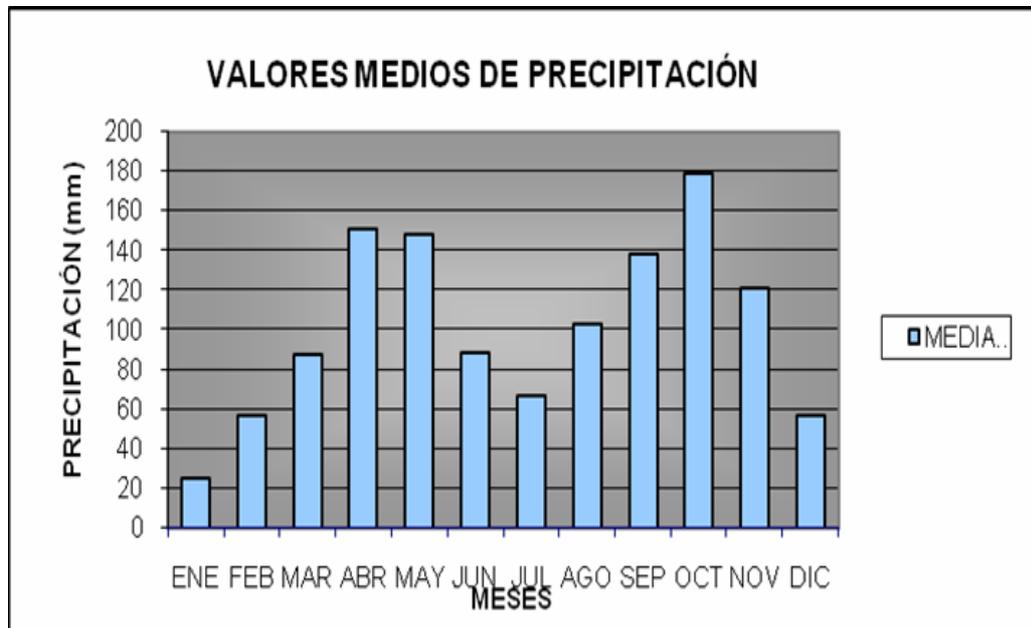
Cuadro 10 . Valores totales mensuales de precipitación (1975-2000)

MES	MEDIA (mm)	PORCENTAJE (%)
ENE	25.7	2.1
FEB	57.2	4.67
MAR	87.8	7.17
ABR	151.1	12.34
MAY	148.1	12.09
JUN	88.9	7.26
JUL	67.1	5.48
AGO	102.8	8.39
SEP	138.7	11.32
OCT	179.6	14.66
NOV	121.2	9.9
DIC	56.6	4.62

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S).

Málaga, 2005.

Figura 26. Valores medios mensuales de precipitación estación Molagavita



Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S). Málaga, 2005.

10.4 TEMPERATURA

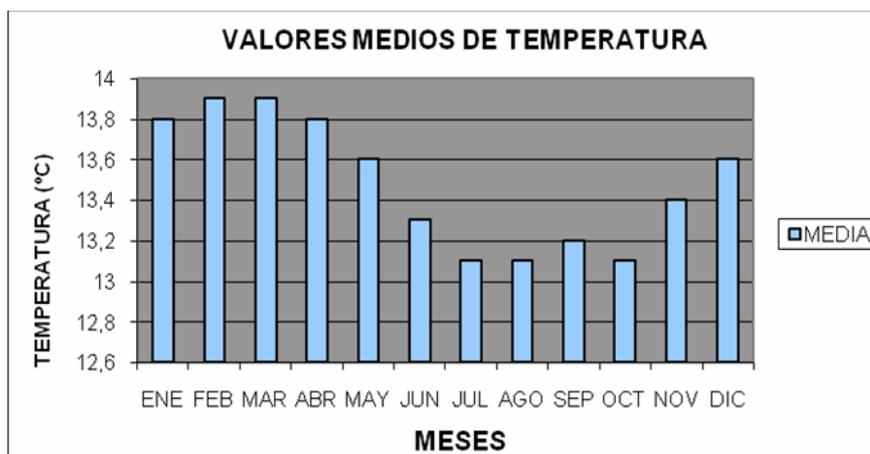
La temperatura del aire y la humedad son los elementos climáticos más importantes por su influencia sobre los factores hidrológicos y biológicos. En la zona la temperatura media anual es de 13.5 C° - 16 C° (cuadro 11). El IDEAM reportó los valores medios mensuales multianuales para un periodo comprendido entre 1975 – 2000. Los cuales se encuentran expresados en la figura 27.

Cuadro 11 Valores Totales de temperatura (mínimos, medios y máximos) 1975-2000

MES	MINIMA	MEDIA	MAXIMA
ENE	5.5	13.8	22.2
FEB	6.0	13.9	22.6
MAR	5.6	13.9	22.7
ABR	7.4	13.8	22.1
MAY	7.6	13.6	21.2
JUN	7.5	13.3	20.6
JUL	6.9	13.1	20.1
AGO	6.9	13.1	20.5
SEP	6.9	13.2	21.0
OCT	6.9	13.1	20.8
NOV	6.7	13.4	21.0
DIC	5.7	13.6	21.2

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S).
Málaga, 2005.

Figura 27 Valores medios mensuales de temperatura estación Molagavita.



Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S).
Málaga, 2005.

10.5 RECORRIDO DEL VIENTO

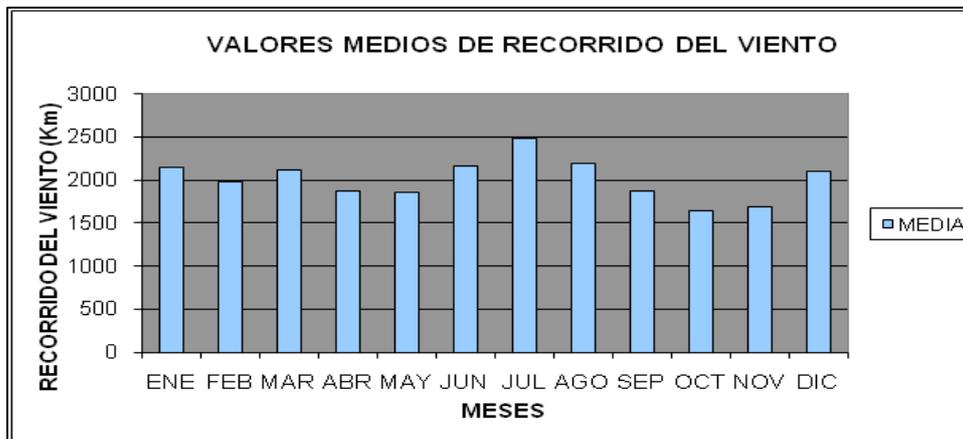
Los vientos son producidos por el movimiento de traslación del aire originado por las diferentes temperaturas a que están sometidos distintos puntos del globo terráqueo. El aire se traslada de las zonas de más presión barométrica a las de presión más baja, en dirección aproximadamente paralela a la superficie terrestre aunque se produce en la atmósfera corrientes ascendentes y descendentes. Por ser estas débiles en general y de difícil observación solo se consideran como vientos y que se mueven en dirección más o menos horizontal. En el cuadro 12 y figura 28 se expresan los valores de recorrido del viento en la zona de estudio, la cual presenta un mayor recorrido para los meses de marzo y diciembre.

Cuadro 12 . Valores máximos, mínimos y medios del recorrido del viento (1975-2000)

MES	MINIMA (km)	MAXIMA (km)	MEDIA (km)
ENE	1384	2665	2140
FEB	1011	2646	1973
MAR	1330	2811	2113
ABR	1180	2289	1867
MAY	1153	1502	1853
JUN	1221	2685	2166
JUL	1698	3032	2483
AGO	896	2888	2194
SEP	856	2359	1868
OCT	727	2685	1641
NOV	660	2287	1687
DIC	939	2815	2104

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S).
Málaga, 2005.

Figura 28. Valores medios mensuales de recorrido del viento estación Molagavita



Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S). Málaga, 2005.

10.6 EVAPORACIÓN

Está influenciada por diversos factores como el tipo de suelo (composición, color, estructura) y factores climáticos como la radiación, humedad del aire, viento, etc. El evaporímetro de la estación de Tinaga registra los valores totales mensuales en su período de 1975 a 2000 (cuadro 13), con valores promedio mensuales mayores en los meses de enero a mayo.

Cuadro 13. Valores medios, máximos y mínimos de evaporación (1975 – 2000) estación Molagavita.

MES	MINIMA (km)	MAXIMA (km)	MEDIA (km)
ENE	85,9	144,8	109,8
FEB	66,4	134,3	100,3
MAR	68,4	135,2	106,1
ABR	59,3	113,8	91,3
MAY	47,1	115,2	91,0
JUN	57,5	106,3	83,7
JUL	60,4	106,5	90,8
AGO	70,1	109,5	90,6
SEP	61,5	105,7	88,1
OCT	62,4	115,4	87,4
NOV	66,6	107,4	88,3
DIC	67,6	112,7	95,8

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S).

Málaga, 2005.

10.7 HUMEDAD RELATIVA

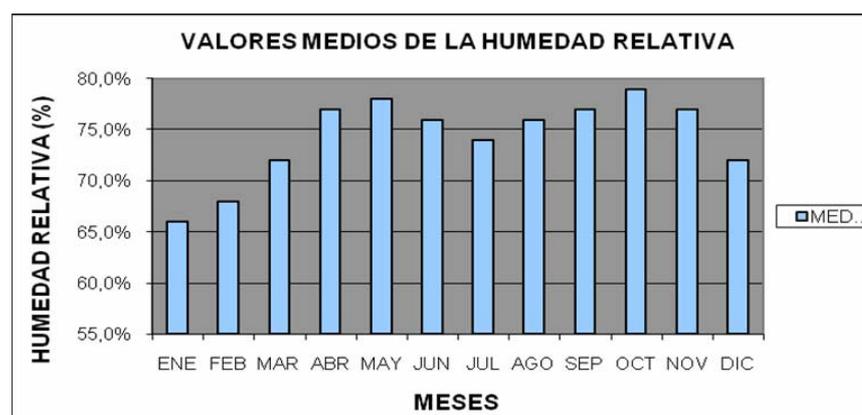
Se entiende por esto a la cantidad de vapor de agua contenida en el aire. Es un carácter de primera magnitud muy relacionada a través de diversos mecanismos físicos, con la nubosidad, la precipitación, la visibilidad y de forma muy especial con la temperatura pues la cantidad de agua en forma de vapor se puede encontrar en la atmósfera es función directa de la temperatura. En la zona de estudio se presenta una humedad relativa alta en promedio de 80% para todo el año. Representada en el cuadro 14 y figura 29

Cuadro 14. Valores totales de la humedad relativa (1975 – 2000) estación Molagavita.

MES	HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)	PORCENTAJE (%)
ENE	66	7.4
FEB	68	7.62
MAR	72	8.07
ABR	77	8.63
MAY	78	8.74
JUN	76	8.52
JUL	74	8.3
AGO	76	8.52
SEP	77	8.63
OCT	79	8.86
NOV	77	8.63
DIC	72	8.07

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S). Málaga, 2005.

Figura 29. Valores medios mensuales de la humedad relativa estación Molagavita.



Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S). Málaga, 2005.

10.8 HIDROLOGIA

10.8.1 Datos Generales de la Microcuenca La Virgen. Para la microcuenca de la quebrada La Virgen se descompuso la misma en sus tres principales vertientes las cuales son el Injerto, La Virgen, y los Cojos ya que estas tienen Datos generales de la microcuenca. en cuanto a la descripción hidrográfica de la cuenca, la encontramos en el cuadro 15 y 16, donde se presentan parámetros de medida como área y perímetro y la ubicación de la microcuenca entre otros.

Cuadro 15. Datos hidrográficos generales Microcuenca La Virgen.

PARÁMETRO	RESULTADO
Ubicación nacimiento (UTM)	18 N 747842 738961
Ubicación punto de llegada	18 N 752866 737323
Orientación	Occidente - Oriente
Área	13.10 Km ²
Perímetro	17.189 Km
Longitud axial	6.541 Km.
Longitud del cauce principal	6.02 Km.
Ancho máximo	2.327 Km.
Área vertiente mayor	9.677 km ²
Área vertiente menor	3.427 km ²

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S).

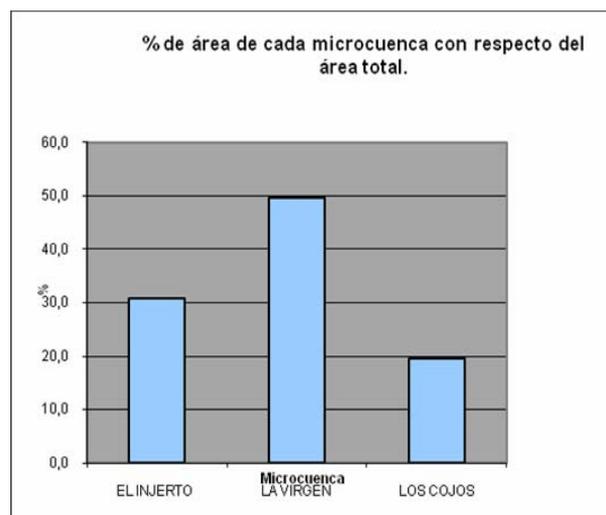
Málaga, 2005.

Cuadro 16. Áreas de cada una de las microcuencas La Virgen, El Injerto y Los Cojos.

MICROCUEENCA	ÁREA (M2)	ÁREA (KM2)	% DEL ÁREA TOTAL
El injerto	4036509.7	4.04	30.8
La virgen	6508319.5	6.51	49.7
Los cojos	2559419.71	2.56	19.5
Total	13104248.91	13.10	100.0

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S). Málaga, 2005.

Figura 30. Porcentaje de área de cada microcuenca con respecto al área total.



Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S). Málaga, 2005.

- Factor de Forma. (Kf).

Es la relación entre el ancho medio (I) de la cuenca y la longitud axial de la cuenca (L) que se mide siguiendo el cauce más largo desde la desembocadura hasta el punto más alejado.

$$K_f = I / L$$

El ancho promedio I se calcula como:

$$I = A / L$$

De donde:

$$K_f = A / L^2 = 2.0028 \text{ km}^2 / 6.541 \text{ km}^2$$

$$K_f = 0.362$$

Este factor relaciona la forma de la cuenca con la de un cuadrado, correspondiendo $K_f = 1$ para regiones con forma cuadrada.

Según TRAGSA (1994) un valor de K_f superior a la unidad indica el grado de achatamiento del área o un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes avenidas torrenciales.

- **Coefficiente de compacidad (K_c).**

Propuesto por Gravelius, es la relación entre el perímetro de la cuenca (P) y el perímetro de una circunferencia. Compara la forma de la cuenca con una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene igual área que la cuenca en estudio.

$$K_c = P \text{ cuenca} / P \text{ circunferencia} = P / (2 \cdot \pi \cdot R)$$

En donde es el radio de la circunferencia.

Por geometría $A = \pi \cdot R^2$ donde A es el área de la cuenca, entonces despejando R y reemplazando, tenemos:

$$K_c = P / (2 \sqrt{\pi \cdot A})$$

$$K_c = 17.189 \text{ Km} / (2 \sqrt{\pi \cdot 12.8304 \text{ Km}^2}) = 1.3397$$

Kc es un coeficiente adimensional independiente del área estudiada tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores de Kc serán inferiores a 1. A medida que este índice se acerque a la unidad, indicará la tendencia de la cuenca a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a 1 sea.

TRAGSA (1994) ha establecido tres categorías para la clasificación de la forma de la cuenca de acuerdo con este parámetro:

Clasificación según TRAGSA para el factor deformado una cuenca.

VALORES DE Kc	FORMA
1.00 a 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 a 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 a 175	De oval oblonga a rectangular oblonga

- **Índice de Alargamiento (Ia).**

Propuesto por Horton, es la relación de la longitud máxima (Lm) encontrada en la cuenca medida en el sentido del río principal y el ancho máximo (τ) medido perpendicularmente:

$$Ia = Lm / \tau = 6.427 \text{ km} / 2.327\text{km} = 2.762$$

Cuando el índice de alargamiento toma valores mucho mayores a la unidad, se trata de cuencas alargadas, mientras que para valores cercanos a 1 se trata de una cuenca cuya red de drenajes presenta a forma de abanico y puede tener un río principal corto.

- **Índice Asimétrico (I_{as}).**

Propuesto por M. Terns, es la relación del área de las vertientes, mayor A_{may} y menor A_{men} las cuales son separadas por el cauce principal.

$$I_{as} = A_{may} / A_{men} = 9.677/3.427 = 2.824$$

Este índice evalúa la homogeneidad en la distribución de la red de drenajes, pues si se tiene un índice mucho mayor a 1 se observará sobre la cuenca que el río principal está bastante recargado a una de las vertientes.

- **Pendiente media del cauce.**

Determina la velocidad de escurrimiento del agua, a mayor pendiente, mayor velocidad. Se puede estimar, partiendo de un perfil topográfico del río principal. El cálculo de la pendiente media del cauce Para las tres principales quebradas se observa en el cuadro 17,18 y 19, donde se utilizo el método de Método de Taylor — Schwarz.

- **Método de Taylor — Schwarz.**

Que ajusta una rasante al perfil del río, los proponentes de este método sugieren dividir el río en tramos de igual longitud, cada uno con pendiente uniforme.

$$S = \{LT / (\sum Li / \sqrt{Si})\}^2$$

Donde:

LT= Longitud total del cauce principal

Li = Longitud en que se subdivide el cauce principal.

Si = Pendiente de cada uno de los tramos en que se subdivide la longitud del cauce principal

Cuadro 17. Pendiente media quebrada El Injerto.

abscisa	cota	D - cotas	Li (mt)	Si	RAIZ Si	Li / RAIZ Si
0.0	1775					
122.2	1800	25	122.17	0.2046	0.4524	270.07
215.6	1850	50	93.41	0.5353	0.7316	127.67
277.2	1900	50	61.63	0.8113	0.9007	68.42
376.6	1950	50	99.38	0.5031	0.7093	140.11
531.6	2000	50	155.01	0.3226	0.5679	272.93
635.9	2050	50	104.31	0.4793	0.6923	150.66
830.9	2100	50	194.95	0.2565	0.5064	384.95
1044.4	2150	50	213.51	0.2342	0.4839	441.21
1366.5	2200	50	322.16	0.1552	0.3940	817.75
1485.0	2250	50	118.44	0.4222	0.6497	182.29
1603.5	2300	50	118.53	0.4218	0.6495	182.50
1842.4	2350	50	238.91	0.2093	0.4575	522.24
2149.7	2400	50	307.27	0.1627	0.4034	761.72
2251.8	2450	50	102.10	0.4897	0.6998	145.90
2451.8	2500	50	200.04	0.2500	0.5000	400.12
2822.1	2550	50	370.30	0.1350	0.3675	1007.73
3140.4	2600	50	318.29	0.1571	0.3963	803.06
3294.6	2650	50	154.14	0.3244	0.5695	270.64
3476.6	2700	50	182.05	0.2746	0.5241	347.38
3611.6	2750	50	135.04	0.3703	0.6085	221.93
3683.5	2800	50	71.87	0.6957	0.8341	86.17
3716.1	2814	14	32.54	0.4302	0.6559	49.61
			3,716.05			7,655.05
Pendiente media = 23.56%						

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S).
Málaga, 2005.

Cuadro 18. Pendiente media quebrada La Virgen.

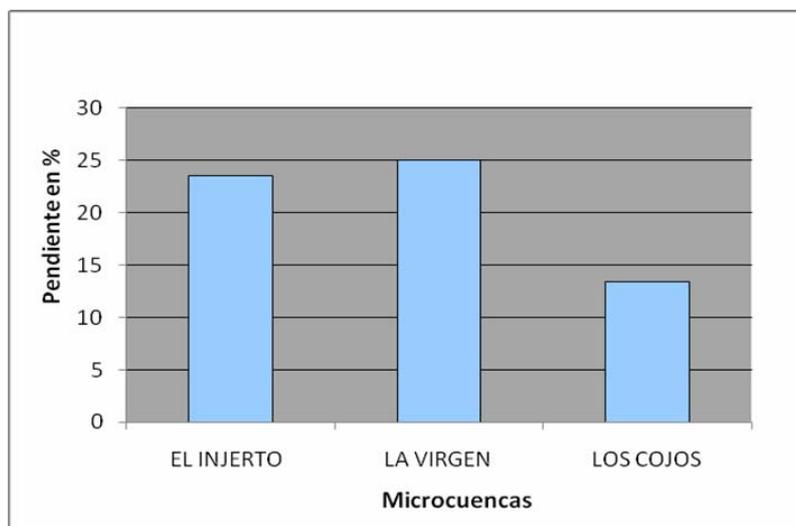
abscisa	cota	D - cotas	Li (mt)	Si	raíz Si	Li / raíz Si
0.0	1775					
222.2	1800	25	222.20	0.1125	0.3354	662.44
335.3	1850	50	113.05	0.4423	0.6650	169.99
471.3	1900	50	136.03	0.3676	0.6063	224.37
688.7	1950	50	217.42	0.2300	0.4796	453.38
965.8	2000	50	277.10	0.1804	0.4248	652.33
1050.1	2050	50	84.30	0.5931	0.7701	109.46
1146.0	2100	50	95.90	0.5214	0.7221	132.81
1396.1	2150	50	250.07	0.1999	0.4472	559.25
1643.5	2200	50	247.44	0.2021	0.4495	550.45
1711.4	2250	50	67.93	0.7361	0.8579	79.18
1790.8	2300	50	79.32	0.6304	0.7940	99.91
1968.3	2350	50	177.55	0.2816	0.5307	334.58
2110.2	2400	50	141.91	0.3523	0.5936	239.08
2255.8	2450	50	145.56	0.3435	0.5861	248.36
2367.1	2500	50	111.32	0.4492	0.6702	166.10
2655.0	2550	50	287.91	0.1737	0.4167	690.88
2899.3	2600	50	244.33	0.2046	0.4524	540.11
3061.6	2650	50	162.29	0.3081	0.5551	292.38
3201.4	2700	50	139.81	0.3576	0.5980	233.79
3364.6	2750	50	163.14	0.3065	0.5536	294.68
3547.6	2800	50	183.00	0.2732	0.5227	350.10
3751.4	2850	50	203.80	0.2453	0.4953	411.45
			3,751.38			7,495.08
Pendiente media = 25.05%						

Cuadro 19. Pendiente Media quebrada los Cojos.

abscisa	cota	D - cotas	Li (mt)	Si	RAIZ Si	Li / RAIZ Si
0.0	1445					
49.6	1450	5	49.56	0.1009	0.3176	156.03
447.2	1500	50	397.66	0.1257	0.3546	1121.46
711.3	1550	50	264.05	0.1894	0.4352	606.80
1209.1	1600	50	497.85	0.1004	0.3169	1570.95
1418.6	1650	50	209.52	0.2386	0.4885	428.90
1668.4	1700	50	249.80	0.2002	0.4474	558.35
2097.0	1750	50	428.59	0.1167	0.3416	1254.81
2300.2	1775	25	203.17	0.1230	0.3508	579.19
			2,300.20			6,276.48
Pendiente media = 13.43%						

Fuente. CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S). Málaga, 2005.

Figura 31. Pendiente media de los cauces (método Taylor – Schwarz).



Fuente. El autor

La figura 31 relaciona el porcentaje de pendiente de los tres principales afluentes en la zona.

10.8.2 Tiempo de concentración (TE). Se define como el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. Otra definición es el tiempo que toma el agua en llegar al punto de diseño hasta el punto más alejado de la cuenca y se determina según el método propuesto por Kirpich (1940) donde:

$$T_c = 3.9756 (L^{0.77} / S^{0.385})$$

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (km).

S = Pendiente promedio de la cuenca (m/m), obtenida de a ecuación propuesta por Taylor y Schwarz.²

Para la zona de estudio se relacionan los tiempos de concentración entre la microcuencas de Injerto, la virgen y los cojos (cuadro20), en el cual la microcuenca del injerto presenta el mayor tiempo de concentración.

Cuadro 20. Tiempo de concentración (TE).

MICROCUENCA	Tc (min)	Tr (min)	Total (min.)
EL INJERTO	19.06	11.43	30.49
LA VIRGEN	18.75	11.25	30.00
LOS COJOS	16.35	9.81	26.17

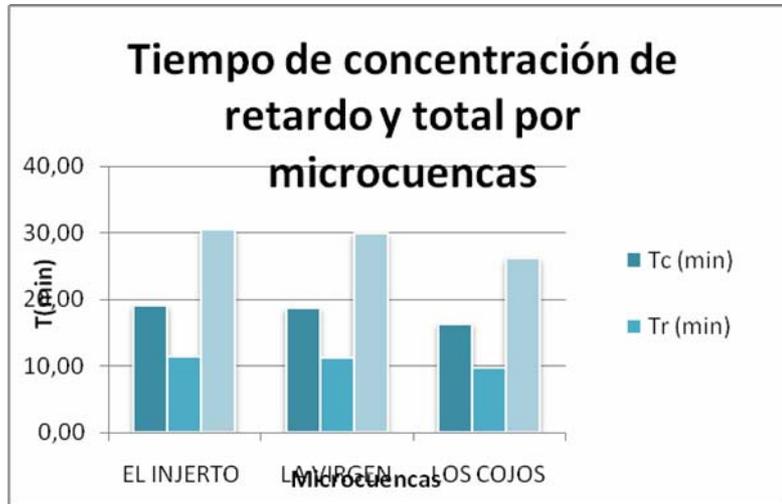
Fuente. El autor

Tiempos de concentración, de retardo y tiempo total para cada microcuenca.

*Tiempo total = Tc (min) + Tretardo, la figura 32 relaciona el tiempo de concentración para las quebradas el injerto, la virgen y los cojos.

² GAVILAN, Germán Eduardo. Curso Hidrológica ambiental. Especialización Ingeniería Ambiental UIS.

Figura 32 Tiempo de concentración y de retardo de cada una de las microcuencas.



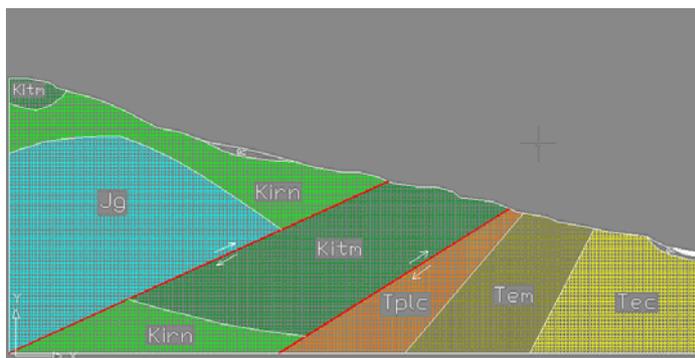
Fuente. El autor

11. ANÁLISIS DEL FACTOR DETONANTE DE SISMOS

La actividad sísmica del oriente colombiano se define por dos fuentes: el "Nido" o "Enjambre sísmico de Santander y las numerosas fallas geológicas que están localizadas en la zona más ancha de la Cordillera Oriental de Colombia, en cuanto al nido sísmico sus hipocentros se han detectado instrumentalmente a una profundidad de 150 km aproximadamente y está localizado a 50 km al sur de Bucaramanga entre las localidades de Umpalá y Cepitá (Paris y Sarria, 1988), En donde se registra un promedio diario de 5 sismos de baja magnitud en la escala de Richter, el nido sísmico de Bucaramanga ha sido catalogado como una de las zonas de mayor actividad sísmica en el mundo.

El área de García Rovira presenta un comportamiento estructural dominado por esfuerzos compresivos, en donde el fallamiento inverso, el plegamiento complejo y los anticlinales asimétricos delimitados por sinclinales en ambos flancos, son los rasgos más sobresalientes. En el área de la microcuenca de la quebrada la virgen encontramos gran actividad tectónica figura 33 representada en un sistema de fallas inversas y una estructura anticlinal cuyo eje pasa por el área urbana del municipio de San José de Miranda.

Figura 33. Corte geológico microcuenca de la quebrada La Virgen



Fuente el autor.

El modelo estructural del Municipio de San José de Miranda de acuerdo al estudio técnico, ha permitido identificar tres sistemas de fallas en función de su orientación y comportamiento estructural, las cuales están conformadas por esfuerzos compresivos enmarcados por un sistema principal de fallamiento inverso dado por las Fallas de Servitá, Anchicuta y Miranda cuya dirección es Norte – Sur, un sistema de fallas de dirección NE – SW donde sobresalen las fallas Carbonera y Yerbabuena y un último sistema de falla de dirección NW – SE en el cual prevalece la falla Aguacolorada, las cuales enmarcan un sistemas de estructuras sinclinales - anticlinales de dirección Noroeste – Sureste, donde el Sinclinal de Miranda es su máximo representante, fallados inversamente y con una orientación paralela a los ejes de los plegamientos.

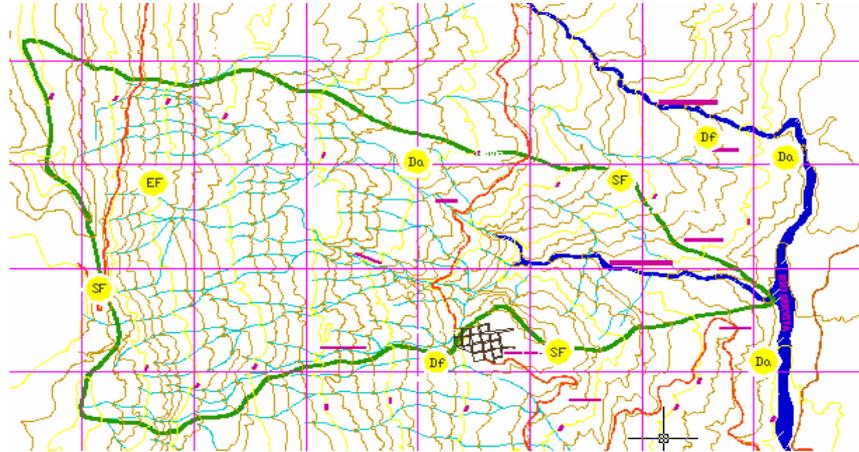
La actividad neotectónica (cuadro 21), es un buen indicador de fallas en la zona, En el área de la microcuenca de la quebrada la virgen encontramos evidencias en drenajes alineados, drenajes controlados, drenajes flexionados, escarpes de falla, facetas triangulares, ganchos de flexión y sillars de fallas (figura 34)

Cuadro 21 Actividad Neotectónica en el municipio de San José de Miranda.

Convención	Número de indicios de los sistemas de fallas						Indicios
	Agua-colorada	Anchicuta	Carbonera	Miranda	Servitá	Yerbabuena	
Da	1	-	2	1	4	1	Drenaje alineado
Dc	-	1	3	-	3	-	Drenaje controlado
Df	1	1	2	3	-	-	Drenaje flexionado
EF	-	1	2	-	-	1	Escarpe de falla
FT	-	-	-	-	1	-	Facetas triangulares
GF	-	3	1	-	-	-	Ganchos de flexión
SF	1	5	4	-	-	2	Silla de falla

Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial. San José de Miranda

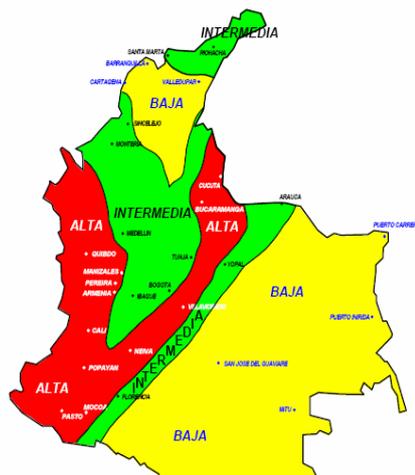
Figura 34. Ubicación de actividad neotectónica en la microcuenca de la quebrada La Virgen.



Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial. San José de Miranda

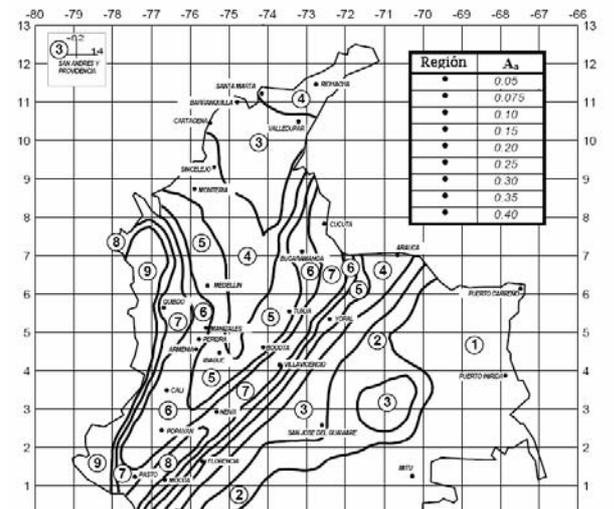
Según la NSR-98 (normas colombianas de diseño y construcción sísmo resistente), se dividió el territorio nacional en un mapa de amenazas sísmicas, para el cual los valores de amenaza se dan en Intermedia, Baja y Alta. El municipio de san José de Miranda, se encuentra clasificado como una zona de amenaza sísmica alta (figura 35), con un único valor de aceleración sísmica de 0,25 m/s². (figura 36)

Figura 35. Mapas de zonificación sísmica



Fuente. Norma Sismo Resistente NSR-98

Figura 36. Mapas de aceleración pico efectiva horizontal



Fuente. Norma Sismo Resistente NSR-98

12. AMENAZAS NATURALES

La amenaza es una condición fenómeno o evento de origen natural con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de éstos, el volumen o áreas de los movimientos, las profundidades, las velocidades y su probabilidad de ocurrencia.

La amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente perjudicial en un área dada en un periodo específico. (UNDRO 1979)

12.1. VARIABLES GEOAMBIENTALES.

Hace referencia a aquellas variables geológicas y ambientales que son tenidas en cuenta para elaboración del mapa de amenazas.

Se definen estas como las características intrínsecas del terreno y los factores que inciden en la generación de movimientos en masa. Los aspectos evaluados en la zonificación de amenazas en la zona urbana son: Ingeniería geológica, morfogénesis, morfo dinámica, morfometría, factores climáticos y sismos.

Para este estudio se utilizo el método de Superposición heurística el cual divide el terreno en una serie de subáreas que tienen características similares en cada uno de los aspectos indicados (Relieve, geología, geomorfología y geotecnia).

Se otorgan rangos de calificación entre 0 y 1, en los cuales 0 indica la mayor estabilidad y 1 la mayor inestabilidad.

Para la realización del mapa de amenazas se ponderaron las variables de cada uno de los mapas temáticos (anexo A) y se sumaron en la herramienta ARC-GIS 9.2.

A continuación se analiza cada una de estas variables por separado Cuadros 22, 23, 24, 25, 26 y 27 para finalmente integrarlas y llegar al mapa de amenazas.

12.1.1 Ingeniería geológica.

Cuadro 22. Unidades de ingeniería y su clasificación respectiva para el área de trabajo.

UNIDADES GEOTECNICAS	VALORACION
COLUVIONES	0.8
DEPOSITOS DE ROCA BLANDA	0.4
DEPOSITOS DE SUELO RESIDUALES	0.6
DEPOSITOS DE SUELO RIGIDO	0.2

Fuente. El Autor

12.1.2. Morfogénesis.

Cuadro 23. Morfogénesis.

CÓDIGO	UNIDAD	VALORACIÓN
D1	pendientes denudacionales	0.5
D2	colinas denudacionales	0.6
D3	Colinas y montañas denudacionales	0.7
D7	Depósitos de ladera	0.4
D9	Escarpes	0.8
D11	Área con severos movimientos en masa	1.0
S6	Cuestas	0.2
F6	Terrazas fluviales	0.4

Fuente. El Autor

12.1.3 Procesos morfodinámicos.

Cuadro 24. Proceso Morfodinámico.

UNIDADES GEOTECNICAS	VALORACION
EROSION LAMINAR,CAMINOS DE GANADO	0.4
AFLORAMIENTOS DE ROCAS ESTRATIFICADAS	0.1
EROSION LAMINAR Y SURCOS	0.7
DEZLISAMIENTOS, DESPLOMES Y FLUJOS	1.0
FLUJOS DE LODO Y DETRITOS	0.9
TERRASSETAS,REPTACION	0.8
FLUJOS, CAIDA DE ROCAS Y BLOQUES	1.0
DESLIZAMIENTO ROTACIONAL	1.0
CAIDA DE BLOQUES	0.9
DESPREDIMIENTO Y DERRUBIOS	0.8

Fuente. El Autor

12.1.4 Morfometría.

Cuadro 25 Morfometría.

CLASE DE PENDIENTE GRADOS/PORCENTAJE	PENDIENTE	VALORA- CION
0 – 3 %	Plano o casi plano.	0.0
3 – 7 %	Levemente inclinado y ligeramente ondulado.	0.2
7 - 12 %	Inclinado y ondulado.	0.4
12 - 25%	Fuertemente ondulada y fuertemente inclinada.	0.5
25 - 50 %	Fuertemente ondulada, ligeramente quebrada y ligeramente escarpada.	0.6
50 – 75%	Quebrada y escarpada.	0.8
75- 100%	Escarpada, Afloramientos rocosos	1.0

Fuente. El Autor

12.1.5 Factores Climáticos.

Cuadro 26. Factores Climáticos

UNIDAD	ALTITUD (M)	TEMPERATURA CELSIUS	PRECIPITACIÓN (MM/AÑO)	VALORACIÓN
Templado semiárido	De 1000 a 1550	>20·c	1050 a 750	Muy baja
Templado semi-húmedo	De 1000 a 1700	De 20·c a 18·c	1250 a 1050	baja
Templado semi-húmedo	De 1700 a 1800	De 20·c a 18·c	1350 a 1250	moderada
Frio super húmedo	De 1800 a 2000	De 18·c a 16·c	1350 a 1250	alta
Frio super húmedo	De 2000 a 2200	De 18·c a 16·c	1450 a 1350	Muy alta

Fuente. El Autor

12.1.6 Aceleración Sísmica.

Cuadro 27. Aceleración Sísmica

ACELERACIÓN (M/S ²)	VALORACIÓN
0.25	alta

Fuente. El Autor

12.2. PONDERACIÓN DE VARIABLES.

Para la zonificación de amenazas se correlacionaron las variables sustentadas a partir de los diferentes mapas temáticos utilizados en el análisis y evaluados anteriormente.

Se procede a cambiar el formato original de los mapas a SHP, al cual es un formato reconocible para la herramienta ARC-GIS, una vez hecho esto se procede a la suma de los mapas basados en las siguientes ecuaciones.

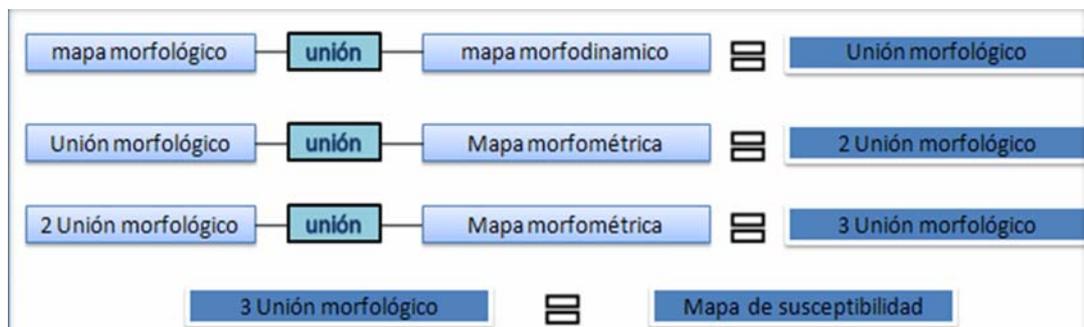
SUSCEPTIBILIDAD = pendientes + morfología + morfodinamica + ingeniería geológica

AMENAZA = susceptibilidad + sismos+ climatología.

12.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

A continuación se describe el método para la suma de los mapas base (figura 37) con la herramienta ARC-GIS.

Figura 37 metodología para la obtención del mapa de susceptibilidad en ARC-GIS



Fuente: el autor

Posteriormente se procedió a sumar los valores de las áreas (figura 38) y a dividirlos entre 5 con el fin de obtener una sectorización en el mapa de susceptibilidad entre muy alta, alta, moderada, baja y muy baja.

Figura 38 metodología para la obtención del mapa de amenazas en ARC-GIS



Fuente: el autor

Para la obtención del mapa de amenazas (anexo A), parte del mapa de susceptibilidad y se une a los factores detonantes de lluvias y sismos. Los mapas de factores climáticos y el de aceleración sísmica, tienen valores de clasificación entre muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo. Al igual que el mapa de susceptibilidad.

12.4 NIVELES DE AMENAZA

El mapa obtenido finalmente se clasificó en cuadro (28) categorías de amenaza los cuales se caracterizaron de la siguiente forma:

Cuadro 28. Relación de las amenazas encontradas en la zona de estudio con sus respectivas áreas.

CLASIFICACIÓN	AREA (M ²)	% AREA
MUY ALTA	346697,09	7.35
ALTA	553700,26	11.86
MODERADA	991.179,73	21.03
BAJA	2.067.231,05	43.8
MUY BAJA A NULA	752.157,17	15.96

Fuente. El Autor

12.4.1 Amenaza Muy Alta (Ama). Zona que por sus características se puede definir como un terreno que presenta alta inestabilidad, corresponde a un 7.35 % del área total con una extensión de 346.697,09 m² se encuentra en la zona del nacimiento de la quebrada la virgen hasta la llegada al puente principal que conecta el municipio de Málaga con el de San José de Miranda.

12.4.2 Amenaza Alta (Aa). Esta categoría representa un 11.86 % del área total con una extensión de 553.700,26 m². Se distribuye a lo largo de toda la zona en los alrededores del deslizamiento principal y sobre el cauce de la quebrada Los Cojos.

12.4.3 Amenaza Moderada (Am). Esta unidad se encuentra distribuida en un 21.03 % del área total abarcando una extensión de 991.179,73 m². Se distribuye a lo largo de toda la zona sin tener un modelo de pendientes definido.

12.4.4 Amenaza Baja (Ab). Esta unidad se encuentra distribuida en un 43.8 % del área total abarcando una extensión de 2.067.231,05 m². Se distribuye a lo largo de toda la zona sin tener un modelo de pendientes definido.

12.4.5 Amenaza Muy Baja A Nula (Amb). Zona que por sus características se puede definir como un terreno estable, abarca el 15.96 % del área total con una extensión de 752.157,17 m². Corresponde a las zonas donde geotécnicamente se encuentra roca fresca, material intermedio y pendientes muy bajas, es la zona de más baja extensión debido a que las condiciones geológicas en la zona no son las más propicias para que se presenten estas condiciones en un mismo lugar.

13. RECOMENDACIONES TECNICAS

Para las zonas de Amenaza Muy Alta y Alta (19.21% un total de 900.397,35 m²) es recomendable no permitir el establecimiento de ningún tipo de construcción, de igual forma, evacuar y re ubicar los asentamientos humanos que estén en la zona de Influencia de los movimientos en masa. y a su vez determinar el Uso del suelo como Suelos de reserva y Protección.

Es recomendable la implementación de TECNICAS CONSERVACIONISTAS para el tratamiento de los suelos y movimientos en Masa, en las Zonas de amenaza Muy Alta a Alta, y entre las cuales se pueden nombrar:

Como técnicas Preventivas: (que protegen el suelo de los agentes erosivos), Coberturas vegetales que refuercen el suelo contra los agentes erosivos y mejoren su resistencia al arrastre, Repoblación arbustiva y Forestal, establecimiento de Pastos y especies con sistemas radiculares profundos, adaptables a la zona de vida del lugar. Y la implementación de Sistemas de explotación agrícola como la labranza cero.

Manejo de aguas y control de aguas de escorrentía, superficiales, de Riego y drenaje, (el Riego se debe eliminar con las labores agrícolas).

Como medidas de Defensa (para detener la acción de los agentes erosivos y evitan la degradación del suelo), como las redes de desagües o drenajes superficiales artificiales que evacuen a desagües Naturales rápidamente las Aguas de las Zonas de Amenaza.

Como medidas de Control. La Implementación de drenajes sub superficiales. En las zonas de movimiento, Establecimiento de elementos de Contención de tierras,

preferiblemente del tipo flexible, geo redes, trabajos biológicos de fijación de laderas. Barreras y Trinchos.

De igual forma, para aquellas zonas de inestabilidad y amenaza muy alta y alta, a lo largo del cauce de la corriente principal se debe:

Implementar hidrotecnias tanto longitudinales como transversales a lo largo del cauce así:

Hidrotecnias Transversales: Disipadores de energía, Diques macizos y filtrantes.

Hidrotecnias Longitudinales: Espigones, revestimientos y Protecciones de ribera, sean discretos continuos o mixtos

14. CONCLUSIONES

La litología existente en la zona de estudio corresponde a dos formaciones cretáceas (Rio Negro y Tibu-Mercedes) y cuatro formaciones terciarias (Carbonera, Mirador, Cuervos y Barco. Las cuales se reconocen en campo, con buzamientos invertidos, lo que evidencia el alto grado de tectonismo de la zona.

Se encontró que el clima de San José de Miranda varía desde, semiárido en la parte baja de la zona cercana al Rio servita a súper húmedo hacia la parte superior, cercana al nacimiento de la Quebrada La Virgen, En donde este tipo de clima es un factor que favorece los movimientos en masa.

Las amenazas encontradas comprenden principalmente zonas de dominio de movimientos en masa activos e intermitentes que se distribuyen a lo largo de toda la microcuenca de la quebrada La Virgen, con ubicaciones predilectas dependiendo en gran medida del grado de pendiente y el tipo de suelos.

La gran variedad de fallas y estructuras presentes. Como sinclinales y anticlinales son factores que influyen de manera activa para la generación y activación de procesos morfodinámicos. Esto acompañado de la morfometría montañosa y suelos de carácter denudacional, que abarcan la mayor parte de la zona de estudio. Son factores que favorecen la generación de movimientos en masa.

De acuerdo a los análisis de laboratorio de suelos y geotecnia, se encontró que la humedad supera, el límite plástico (límite plástico de 17, humedad de 26.4) en el área donde se produjo el deslizamiento. Lo cual indica que las condiciones actuales del terreno son propicias para la reactivación de este deslizamiento.

En general los ensayos de laboratorio revelan suelos plásticos y cohesivos con alta humedad, los cuales favorecen la activación de movimientos en masa.

El porcentaje de amenaza muy alta equivale al 7.35 % y comprende la zona donde se produjo el deslizamiento y la parte baja de la micro cuenca.

En general los ensayos de laboratorio revelan suelos plásticos y cohesivos con alta humedad, los cuales favorecen la activación de movimientos en masa.

El porcentaje de amenaza muy alta equivale al 7.35 % y comprende la zona donde se produjo el deslizamiento y la parte baja de la micro cuenca.

Las Zonas de amenazas muy altas y altas encontradas, comprenden principalmente zonas de dominio de movimientos en masa activos e intermitentes. Y se caracterizan por ser sitios con altas pendientes y condiciones de humedad y plasticidad en los suelos favorables a la activación de movimientos en masa.

BIBLIOGRAFIA

ARISMENDI Ríos, Beatriz. Mitigación Geotécnica del riesgo en el Municipio de Pereira, una experiencia de Intervención Física con alto impacto social. Fundación Vida y Futuro, FOREC, Red de Solidaridad Social. Pereira, Risaralda, Colombia, 2002. Pág. 80

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, AIS. Manual de Campo para la Inspección de edificaciones después de un sismo. Alcaldía de Manizales, Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres, Manizales, 2003.

CARVAJAL CASTELLANOS, Julio Cesar y DIAZ FLOREZ, Dumar Eliecer. Modelamiento de la Microcuenca Quebrada El Espinal para formular las bases de su ordenación en el Municipio de San José de Miranda (S.S). Málaga, 2005, 166 p. Trabajo de grado (Ingeniería Forestal). Universidad Industrial de Santander.

CASTRO, Marin, Eduardo. y otros. Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa, Guía metodológica. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Bogota 2001.

CRIADO ANGÉLICA, ROSERO JORGE, VELÁSQUEZ JAKSON, Estudio de Amenazas por erosión y remoción en masa y vulnerabilidad de la zona urbana y de expansión de Jesús María, Santander, universidad industrial de Santander, escuela de geología e ingeniería civil 2005.

CRUDEN D.M., VARNES D. J. (1996) - Landslide types and processes. In: Turner A.K.; Shuster R.L. (eds) Landslides: Investigation and Mitigation. Transp Res Board, Spec Rep 247, pp 36–75.

GONZÁLEZ Sammy, HENRÍQUEZ Norman López Ligia. Análisis de riesgos naturales y propuesta del plan municipal de reducción de desastres, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, COSUDE.

INGEOMINAS, SUBDIRECCIÓN DE AMENAZAS GEOAMBIENTALES. Estudio de evaluación de amenazas por deslizamiento de los barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar. Bogota 2003.

LOPEZ Filiberto. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de erosión, Ingeniería Ambiental, TRAGSA, Artesa Graficas Palermo, Madrid 1998.

MARQUEZ Cárdenas, Gabriel. Propiedades Ingenieriles de los suelos. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. Facultad de Minas, Medellín, 1983

MOJICA Rodríguez, Edgar Mauricio, y otros. Esquema de ordenamiento territorial municipio de Jesús María, Santander. División de asesoría y estudios especializados UIS. Bucaramanga, 2003.

SKINNER, B.J. & PORTER, S.C. The dynamic earth: an introduction to the physical geology. Ed. John Wiley & Sons, New York, 1992.

SUAREZ DIAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de investigaciones sobre erosiones y deslizamientos. Ediciones UIS. Bucaramanga, Santander 1998. pp. 540-541.

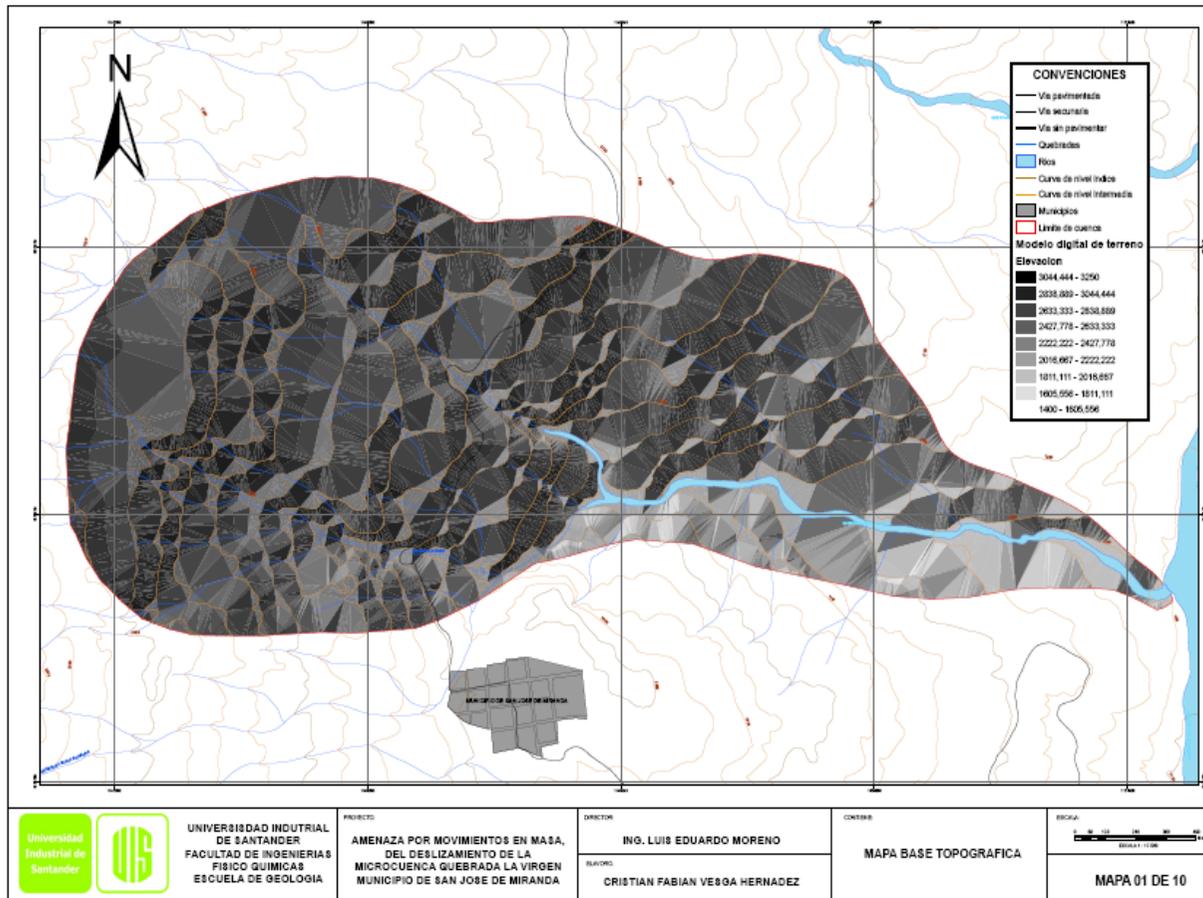
SUAREZ DIAZ, Jaime. Deslizamientos análisis geotécnico. Instituto de investigaciones sobre erosiones y deslizamientos. Ediciones UIS. Bucaramanga, Santander 2009.

VARNES, D.J. "Slope Movement Types and Processes" in R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), Landslides, Analysis, and Control, Special Report 176 Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1978.

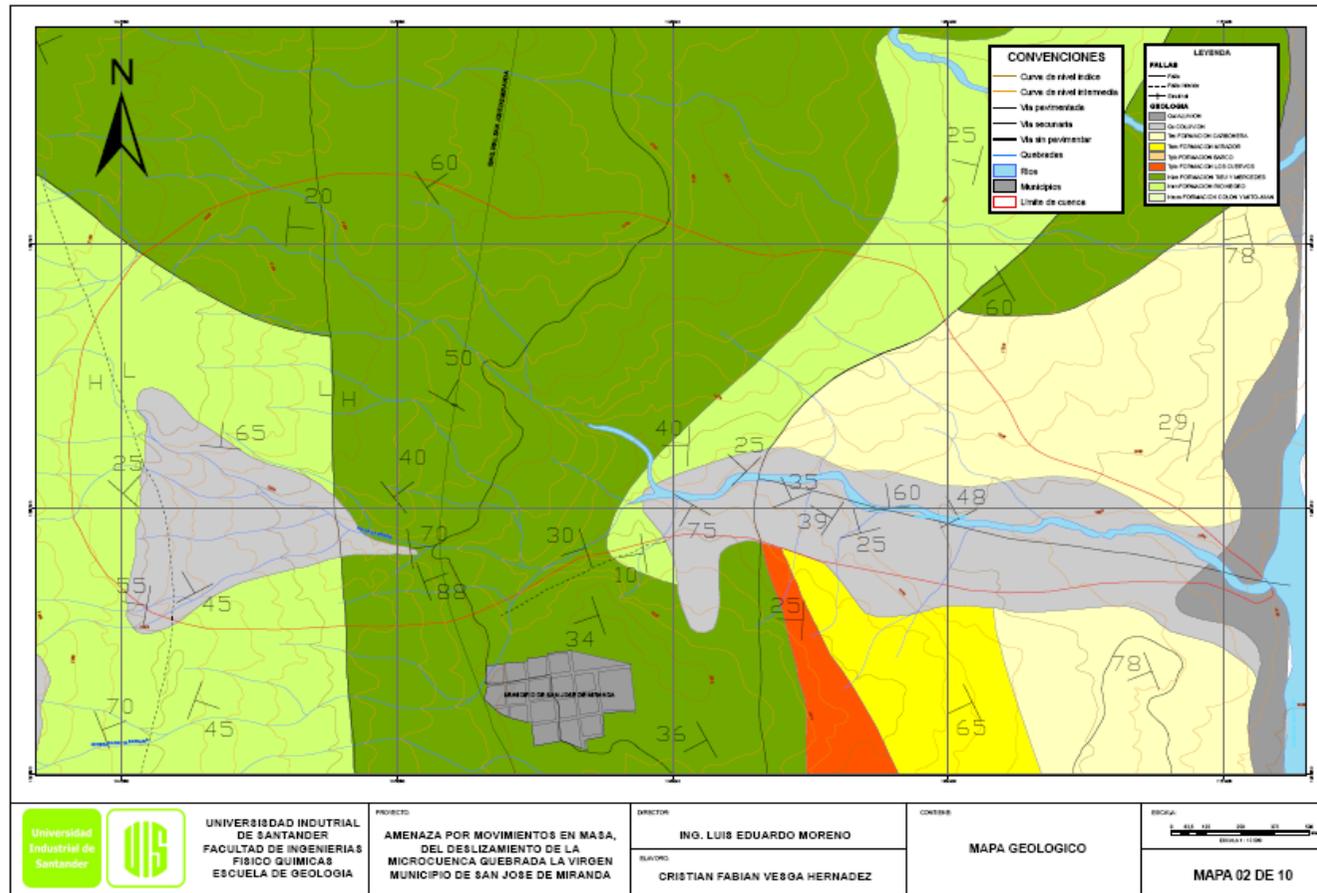
ANEXOS

Anexo A. Mapas temáticos del deslizamiento de la microcuenca Quebrada La Virgen.

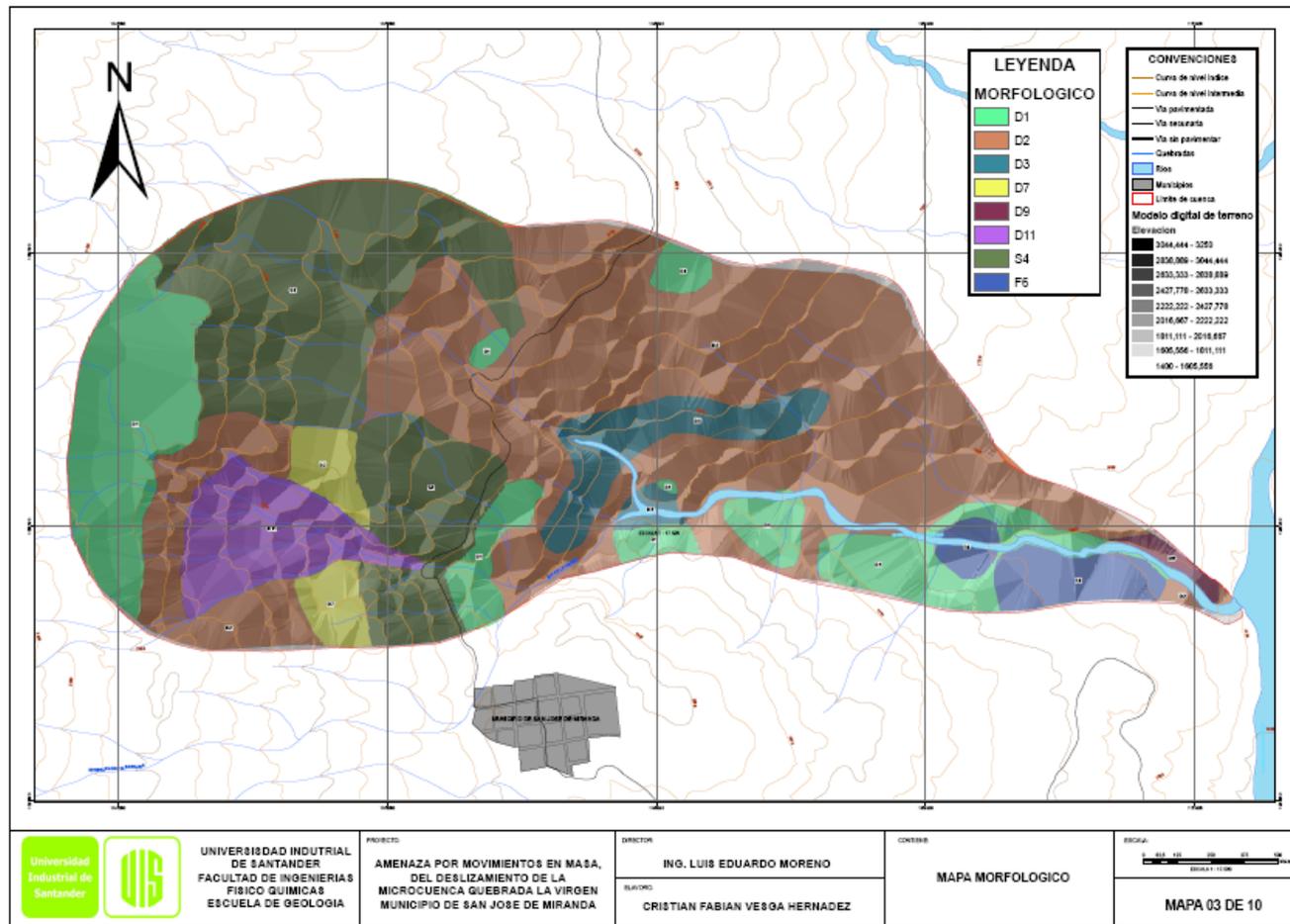
MAPA BASE



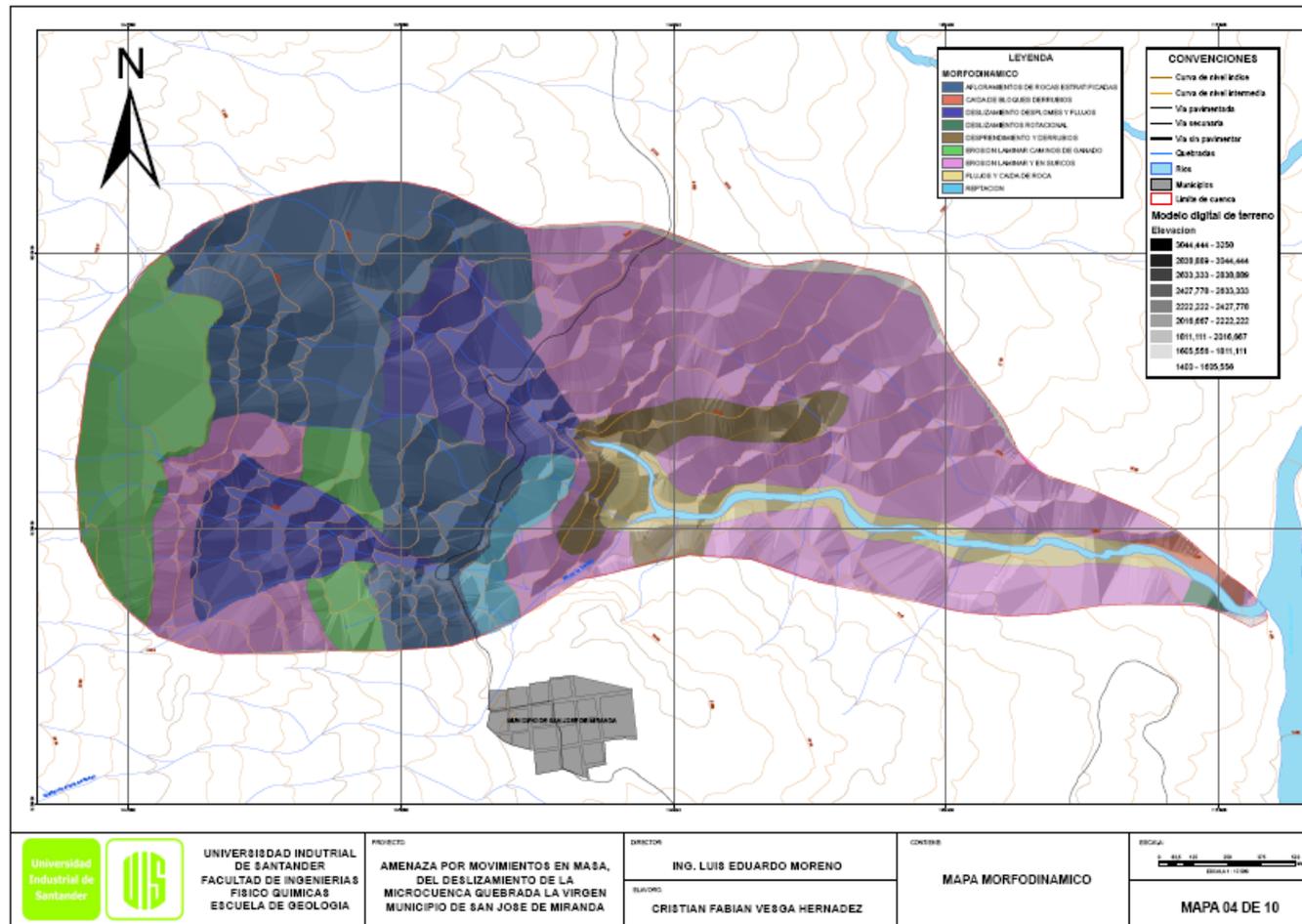
MAPA GEOLOGICO



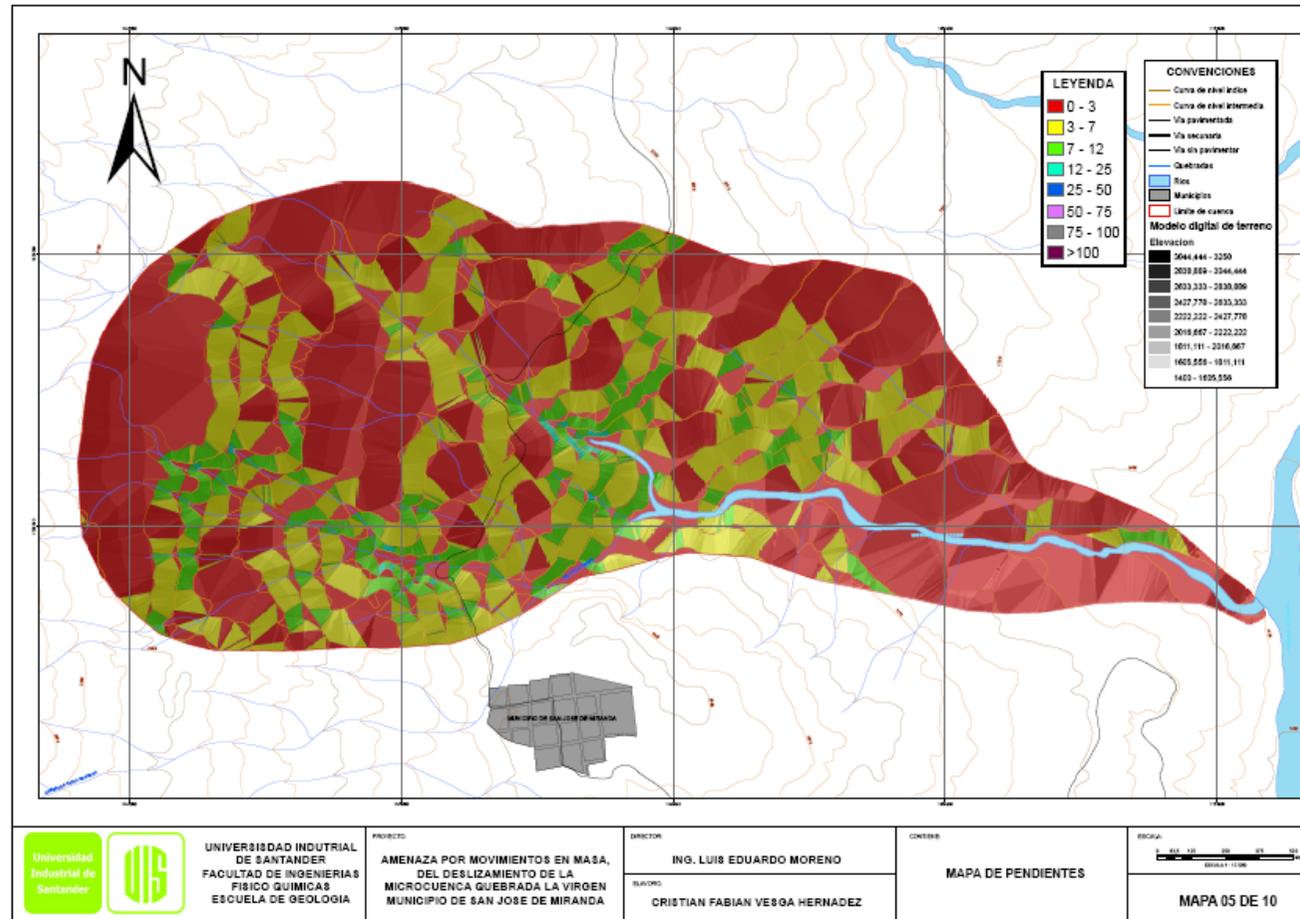
MAPA MORFOLOGICO



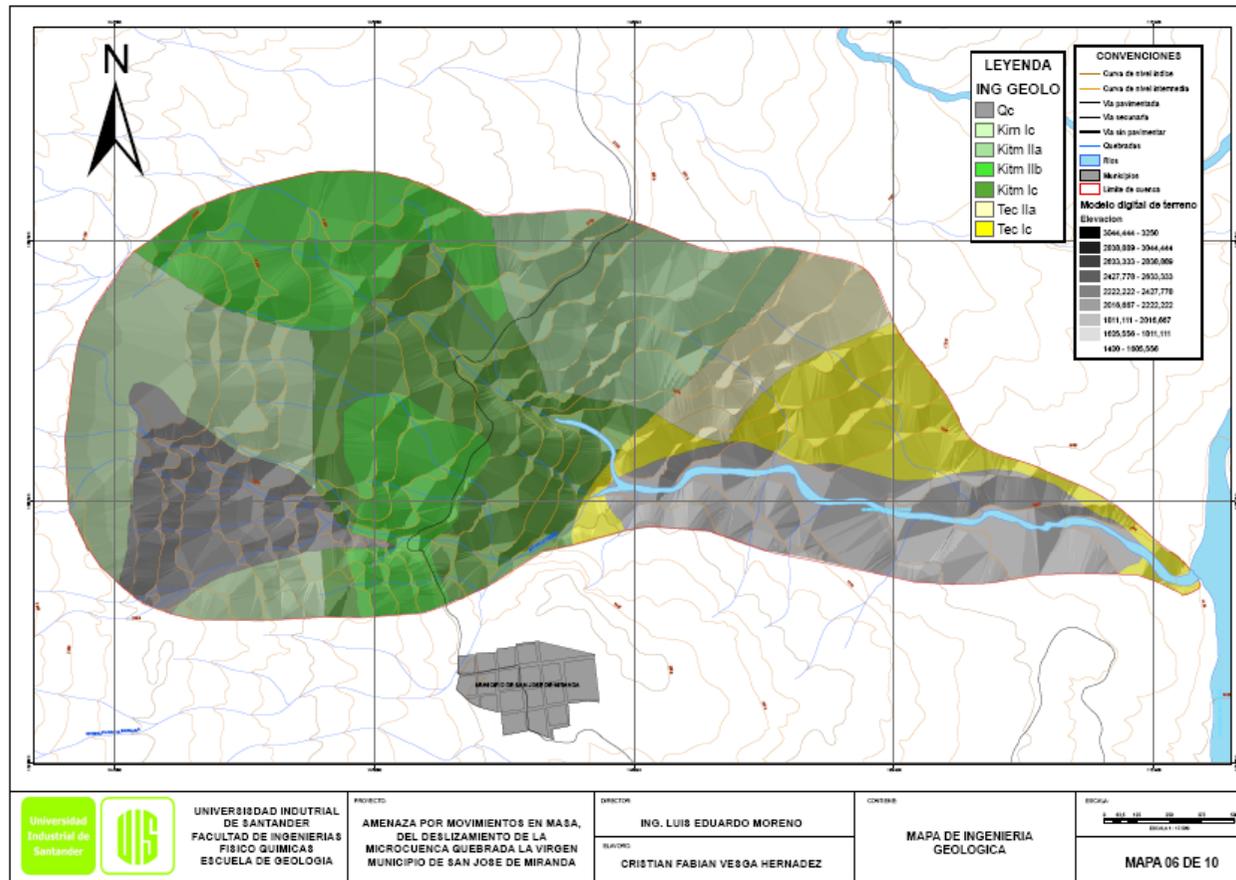
MAPA MORFODINAMICO



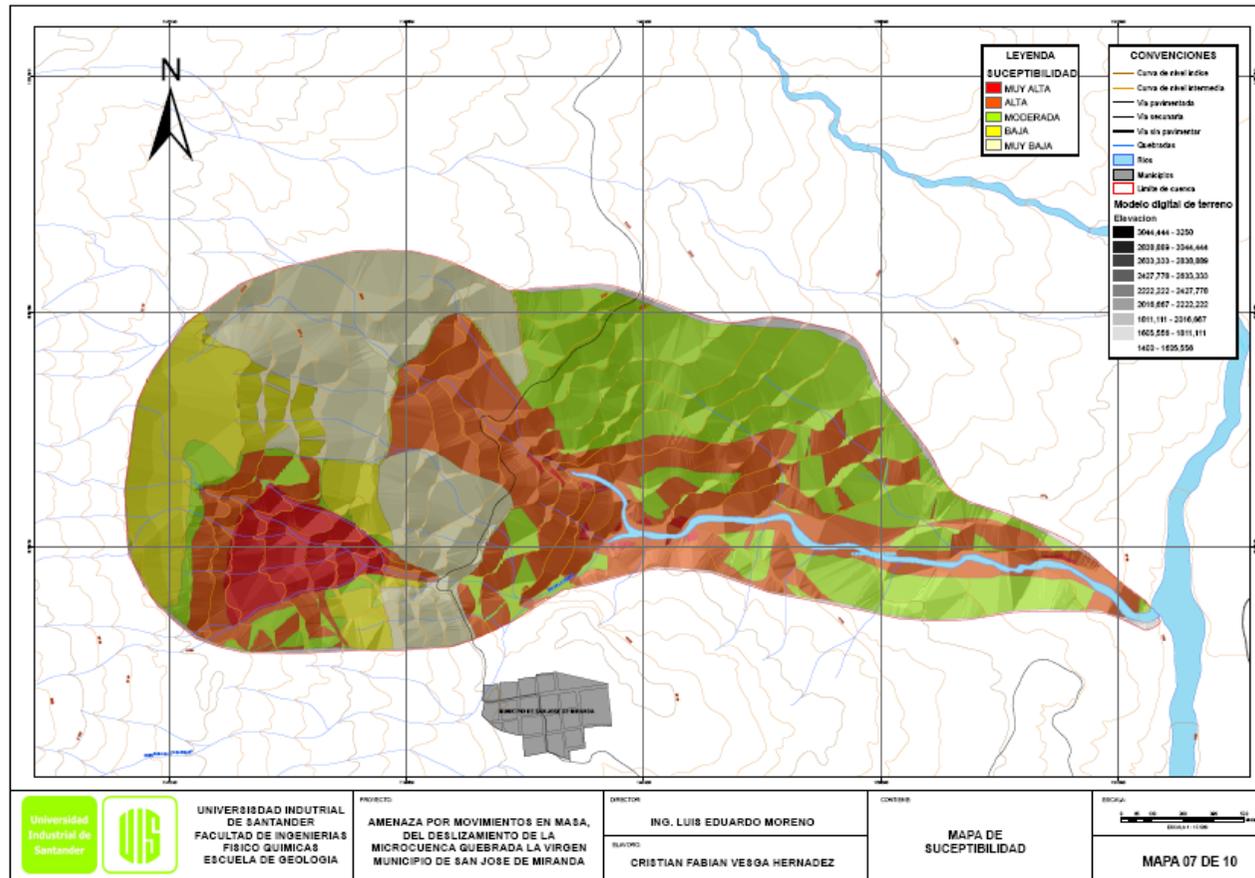
MAPA MORFOMETRICO



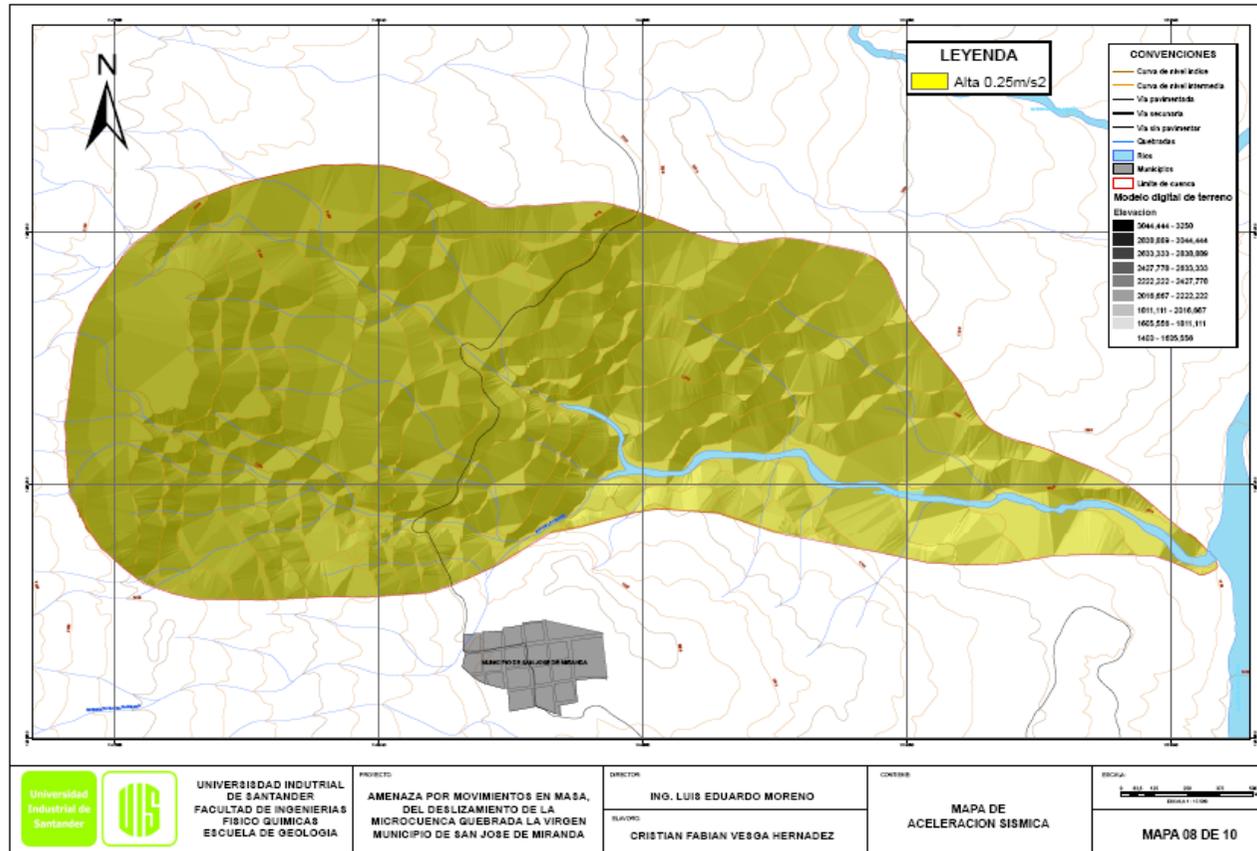
MAPA DE INGENIERIA GEOLOGICA



MAPA DE SUCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS



MAPA DE ACELERACION SISMICA



Anexo B. Ensayos de Laboratorio

CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 1 (TUBO)

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULO: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ

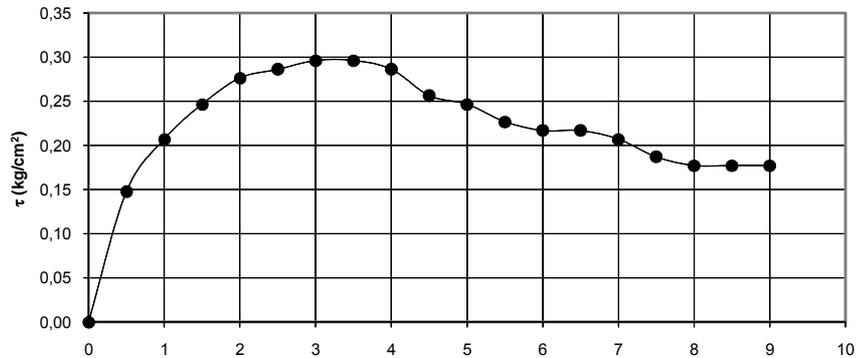


VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 0,250 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,296 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	280,4	Capsula No.	17
Peso del Molde(gr)	152,0	Peso capsula	16,4
Peso Muestra (g)	128,4	Capsula + sh	61,4
Altura de la muestra(cm)	1,95	Capsula +ss	52,2
Volumen (cm ³)	60,27	Agua	9,20
Humedad (%)	25,70	ss	35,8
γ (g/cm ³)	2,13	W(%)	25,70
γ_a (g/cm ³)=	1,69		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,000	0	0	0,0000
0,5	8	4,565	0,148	0,5	24	0,5908
1,0	14	6,402	0,207	1,0	78	0,8285
1,5	18	7,627	0,247	1,5	122	0,9870
2,0	21	8,545	0,276	2,0	180	1,1058
2,5	22	8,852	0,286	2,5	260	1,1455
3,0	23	9,158	0,296	3,0	290	1,1851
3,5	23	9,158	0,296	3,5	350	1,1851
4,0	22	8,852	0,286	4,0	398	1,1455
4,5	19	7,933	0,257	4,5	436	1,0266
5,0	18	7,627	0,247	5,0	464	0,9870
5,5	16	7,015	0,227	5,5	500	0,9077
6,0	15	6,708	0,217	6,0	530	0,8681
6,5	15	6,708	0,217	6,5	562	0,8681
7,0	14	6,402	0,207	7,0	596	0,8285
7,5	12	5,790	0,187	7,5	614	0,7493
8,0	11	5,484	0,177	8,0	638	0,7096
8,5	11	5,484	0,177	8,5	658	0,7096
9,0	11	5,484	0,177	9,0	658	0,7096



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 1 (TUBO)

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ

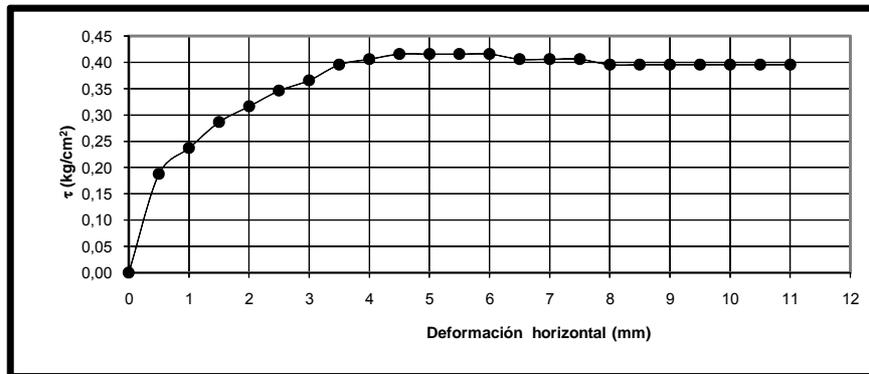


VELOCIDAD: 1mm/min
 AREA: 30,91 cm²

σ : 0,500 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,415 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	283,6	Capsula No.	16
Peso del Molde(gr)	154,8	Peso capsula	17,4
Peso Muestra (g)	128,8	Capsula + sh	55
Altura de la muestra(cm)	1,95	Capsula +ss	47,3
Volumen (cm ³)	60,27	Agua	7,70
Humedad (%)	25,75	ss	29,9
γ (g/cm ³)	2,14	W(%)	25,75
γ_s (g/cm ³)=	1,70		

Tiempo	Lectura de	P	τ	Def.Horizontal	Def.Vertical	τ/σ
min	Carga	kg	kg/cm ²	mm	10 ⁻² mm	
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	12	5,790	0,1873	0,5	-36	0,3746
1,0	17	7,321	0,2368	1,0	-52	0,4737
1,5	22	8,852	0,2864	1,5	-56	0,5727
2,0	25	9,770	0,3161	2,0	-56	0,6322
2,5	28	10,689	0,3458	2,5	-44	0,6916
3,0	30	11,301	0,3656	3,0	-26	0,7312
3,5	33	12,219	0,3953	3,5	6	0,7906
4,0	34	12,526	0,4052	4,0	30	0,8105
4,5	35	12,832	0,4151	4,5	58	0,8303
5,0	35	12,832	0,4151	5,0	78	0,8303
5,5	35	12,832	0,4151	5,5	100	0,8303
6,0	35	12,832	0,4151	6,0	120	0,8303
6,5	34	12,526	0,4052	6,5	138	0,8105
7,0	34	12,526	0,4052	7,0	150	0,8105
7,5	34	12,526	0,4052	7,5	166	0,8105
8,0	33	12,219	0,3953	8,0	180	0,7906
8,5	33	12,219	0,3953	8,5	196	0,7906
9,0	33	12,219	0,3953	9,0	208	0,7906
9,5	33	12,219	0,3953	9,5	224	0,7906
10,0	33	12,219	0,3953	10,0	234	0,7906
10,5	33	12,219	0,3953	10,5	234	0,7906
11,0	33	12,219	0,3953	11,0	234	0,7906



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 1 (TUBO)

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



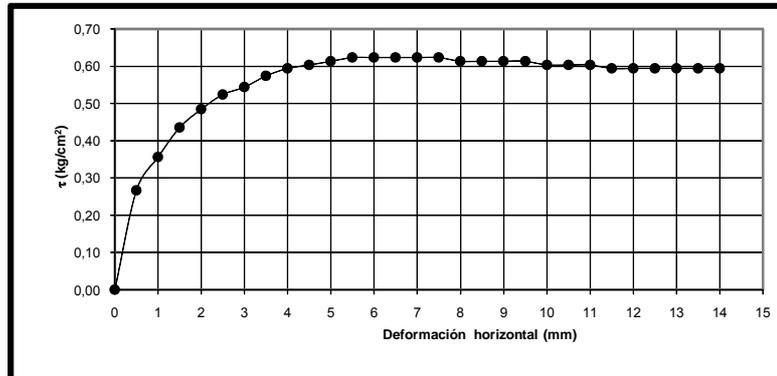
**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 1,000 kg/cm²
 $\tau_{m\acute{a}x}$: 0,623 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	273,0	Capsula No.	49
Peso del Molde(gr)	147,2	Peso capsula	11,8
Peso Muestra (g)	125,8	Capsula + sh	59
Altura de la muestra(cm)	1,90	Capsula +ss	48,9
Volumen (cm3)	58,73	Agua	10,10
Humedad (%)	27,22	ss	37,1
g (g/cm3)	2,14	W(%)	27,22
gd(g/cm3)=	1,68		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	20	8,239	0,2666	0,5	-38	0,2666
1,0	29	10,995	0,3557	1,0	-74	0,3557
1,5	37	13,444	0,4349	1,5	-104	0,4349
2,0	42	14,975	0,4845	2,0	-124	0,4845
2,5	46	16,200	0,5241	2,5	-140	0,5241
3,0	48	16,812	0,5439	3,0	-152	0,5439
3,5	51	17,730	0,5736	3,5	-158	0,5736
4,0	53	18,343	0,5934	4,0	-168	0,5934
4,5	54	18,649	0,6033	4,5	-172	0,6033
5,0	55	18,955	0,6132	5,0	-180	0,6132
5,5	56	19,261	0,6231	5,5	-180	0,6231
6,0	56	19,261	0,6231	6,0	-180	0,6231
6,5	56	19,261	0,6231	6,5	-182	0,6231
7,0	56	19,261	0,6231	7,0	-182	0,6231
7,5	56	19,261	0,6231	7,5	-182	0,6231
8,0	55	18,955	0,6132	8,0	-182	0,6132
8,5	55	18,955	0,6132	8,5	-182	0,6132
9,0	55	18,955	0,6132	9,0	-182	0,6132
9,5	55	18,955	0,6132	9,5	-182	0,6132
10,0	54	18,649	0,6033	10,0	-182	0,6033
10,5	54	18,649	0,6033	10,5	-182	0,6033
11,0	54	18,649	0,6033	11,0	-182	0,6033
11,5	53	18,343	0,5934	11,5	-182	0,5934
12,0	53	18,343	0,5934	12,0	-182	0,5934
12,5	53	18,343	0,5934	12,5	-184	0,5934
13,0	53	18,343	0,5934	13,0	-192	0,5934
13,5	53	18,343	0,5934	13,5	-196	0,5934
14,0	53	18,343	0,5934	14,0	-196	0,5934



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 1 (TUBO)

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

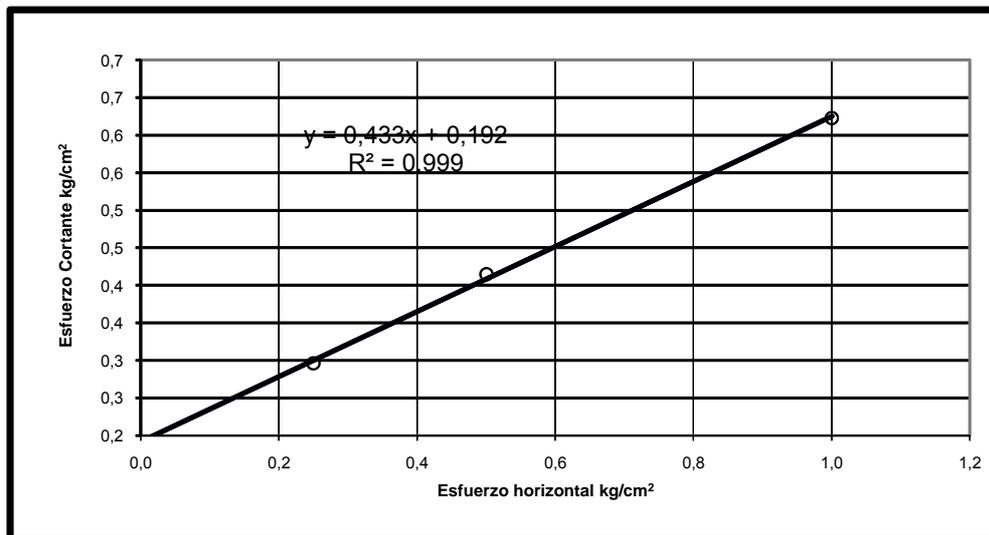
SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



Universidad
Pontificia
Bolivariana
SECCIONAL BUCARAMANGA

GRAFICA DE ESFUERZO NORMAL VS ESFUERZO CORTANTE

Muestra No	Humedad %	Area cm ²	Densidad Humeda g/cm ³	Densidad Seca g/cm ³	Esfuerzo Normal kg/cm ²	Esfuerzo Cortante Máx kg/cm ²
1	25,70	30,91	2,13	1,69	0,25	0,296
2	25,75	30,91	2,14	1,70	0,5	0,415
3	27,22	30,91	2,14	1,68	1,0	0,623



$\phi =$	10,9	°
Cohesión=	0,192	kg/cm ²

CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 3

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



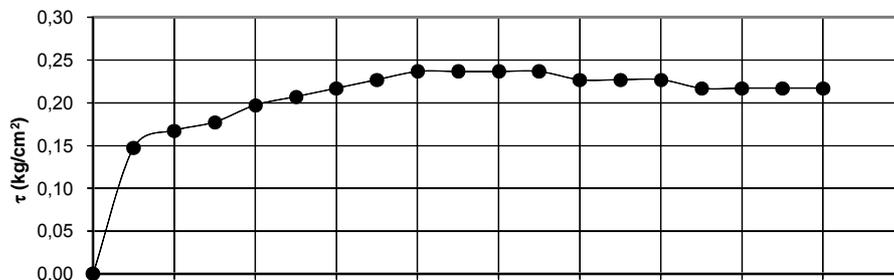
**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 0,500 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,237 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	283,6	Capsula No.	56
Peso del Molde(gr)	148,6	Peso capsula	21,4
Peso Muestra (g)	135,0	Capsula + sh	97,6
Altura de la muestra(cm)	1,9	Capsula +ss	84
Volumen (cm ³)	58,73	Agua	13,60
Humedad (%)	21,73	ss	62,6
γ (g/cm ³)	2,30	W(%)	21,73
γ_s (g/cm ³)=	1,89		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,000	0	0	0,0000
0,5	8	4,565	0,148	0,5	10	0,2954
1,0	10	5,178	0,168	1,0	12	0,3350
1,5	11	5,484	0,177	1,5	14	0,3548
2,0	13	6,096	0,197	2,0	16	0,3944
2,5	14	6,402	0,207	2,5	20	0,4142
3,0	15	6,708	0,217	3,0	24	0,4341
3,5	16	7,015	0,227	3,5	26	0,4539
4,0	17	7,321	0,237	4,0	30	0,4737
4,5	17	7,321	0,237	4,5	32	0,4737
5,0	17	7,321	0,237	5,0	38	0,4737
5,5	17	7,321	0,237	5,5	38	0,4737
6,0	16	7,015	0,227	6,0	40	0,4539
6,5	16	7,015	0,227	6,5	40	0,4539
7,0	16	7,015	0,227	7,0	40	0,4539
7,5	15	6,708	0,217	7,5	40	0,4341
8,0	15	6,708	0,217	8,0	40	0,4341
8,5	15	6,708	0,217	8,5	40	0,4341
9,0	15	6,708	0,217	9,0	38	0,4341



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 3

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



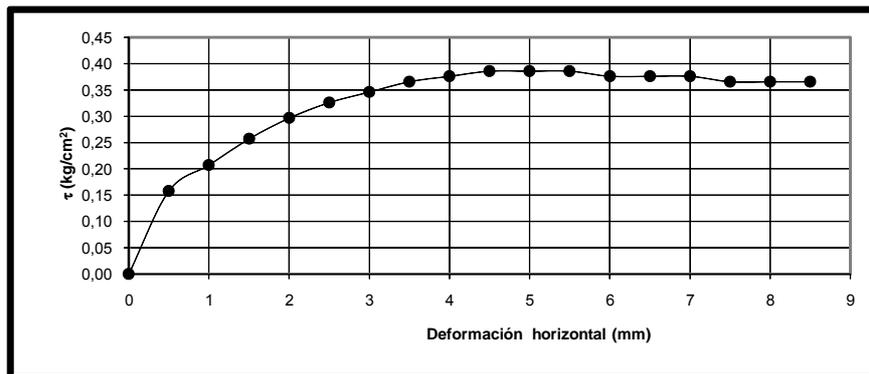
**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 1,000 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,385 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	277,2	Capsula No.	3
Peso del Molde(gr)	141,6	Peso capsula	19,4
Peso Muestra (g)	135,6	Capsula + sh	94,6
Altura de la muestra(cm)	1,9	Capsula +ss	81
Volumen (cm ³)	58,73	Agua	13,60
Humedad (%)	22,08	ss	61,6
γ (g/cm ³)	2,31	W(%)	22,08
γ_s (g/cm ³)=	1,89		

Tiempo	Lectura de	P	τ	Def.Horizontal	Def.Vertical	τ/σ
min	Carga	kg	kg/cm ²	mm	10 ⁻² mm	
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	9	4,871	0,1576	0,5	-80	0,1576
1,0	14	6,402	0,2071	1,0	-120	0,2071
1,5	19	7,933	0,2567	1,5	-144	0,2567
2,0	23	9,158	0,2963	2,0	-170	0,2963
2,5	26	10,076	0,3260	2,5	-198	0,3260
3,0	28	10,689	0,3458	3,0	-204	0,3458
3,5	30	11,301	0,3656	3,5	-21	0,3656
4,0	31	11,607	0,3755	4,0	-220	0,3755
4,5	32	11,913	0,3854	4,5	-224	0,3854
5,0	32	11,913	0,3854	5,0	-230	0,3854
5,5	32	11,913	0,3854	5,5	-238	0,3854
6,0	31	11,607	0,3755	6,0	-240	0,3755
6,5	31	11,607	0,3755	6,5	-244	0,3755
7,0	31	11,607	0,3755	7,0	-250	0,3755
7,5	30	11,301	0,3656	7,5	-254	0,3656
8,0	30	11,301	0,3656	8,0	-262	0,3656
8,5	30	11,301	0,3656	8,5	-264	0,3656



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 3

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ

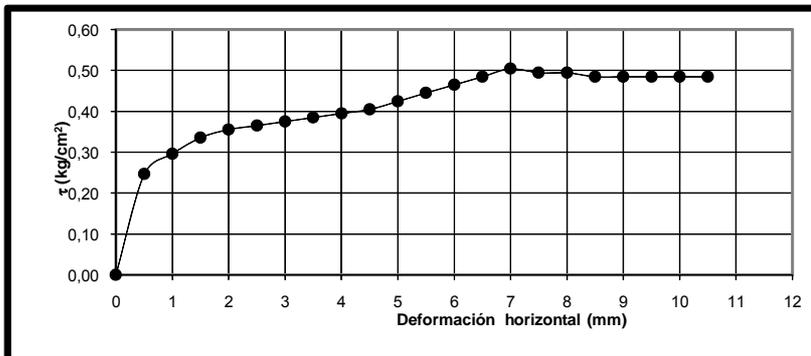


VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 2,000 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,504 kg/cm²

Peso Muestra+moide (gr)	277,8	Capsula No.	9
Peso del Molde(gr)	142,2	Peso capsula	18,4
Peso Muestra (g)	135,6	Capsula + sh	76,5
Altura de la muestra(cm)	1,93	Capsula +ss	66,4
Volumen (cm3)	59,66	Agua	10,10
Humedad (%)	21,04	ss	48
g (g/cm3)	2,27	W(%)	21,04
gd(g/cm3)=	1,88		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	18	7,627	0,2467	0,5	-24	0,1234
1,0	23	9,158	0,2963	1,0	-40	0,1481
1,5	27	10,382	0,3359	1,5	-58	0,1679
2,0	29	10,995	0,3557	2,0	-74	0,1779
2,5	30	11,301	0,3656	2,5	-86	0,1828
3,0	31	11,607	0,3755	3,0	-98	0,1878
3,5	32	11,913	0,3854	3,5	-100	0,1927
4,0	33	12,219	0,3953	4,0	-122	0,1977
4,5	34	12,526	0,4052	4,5	-130	0,2026
5,0	36	13,138	0,4250	5,0	-142	0,2125
5,5	38	13,750	0,4448	5,5	-152	0,2224
6,0	40	14,363	0,4647	6,0	-162	0,2323
6,5	42	14,975	0,4845	6,5	-168	0,2422
7,0	44	15,587	0,5043	7,0	-173	0,2521
7,5	43	15,281	0,4944	7,5	-188	0,2472
8,0	43	15,281	0,4944	8,0	-192	0,2472
8,5	42	14,975	0,4845	8,5	-204	0,2422
9,0	42	14,975	0,4845	9,0	-222	0,2422
9,5	42	14,975	0,4845	9,5	-232	0,2422
10,0	42	14,975	0,4845	10,0	-238	0,2422
10,5	42	14,975	0,4845	10,5	-238	0,2422



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 3

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

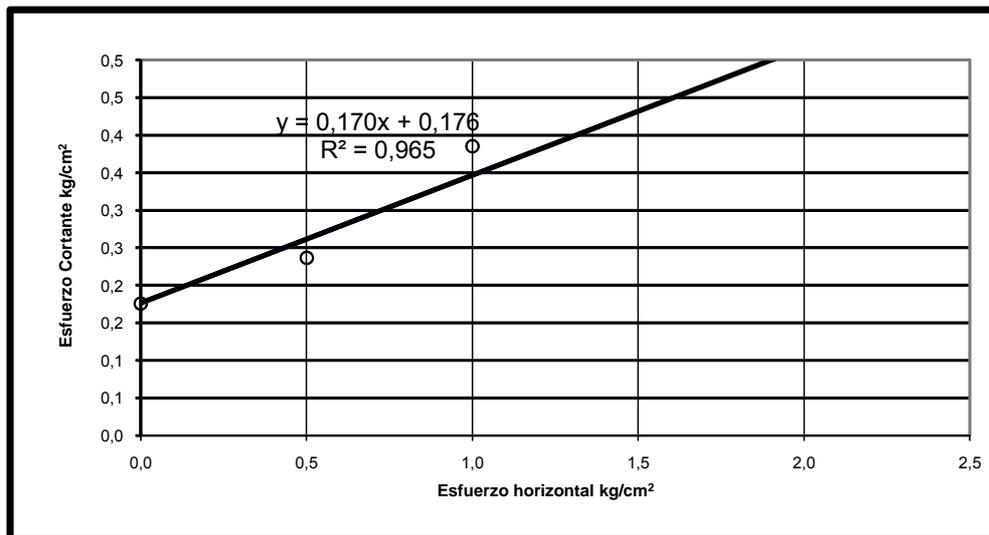
SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

GRAFICA DE ESFUERZO NORMAL VS ESFUERZO CORTANTE

Muestra No	Humedad %	Area cm ²	Densidad Humeda g/cm ³	Densidad Seca g/cm ³	Esfuerzo Normal kg/cm ²	Esfuerzo Cortante Máx kg/cm ²
1	21,73	30,91	2,30	1,89	0,50	0,237
2	22,08	30,91	2,31	1,89	1,0	0,385
3	21,04	30,91	2,27	1,88	2,0	0,504



$\phi =$	9,6	°
Cohesión=	0,176	kg/cm ²

CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 4

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULO: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



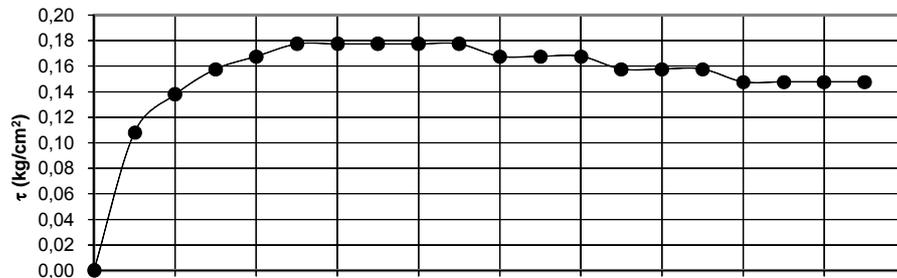
**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 0,250 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,177 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	281,2	Capsula No.	59
Peso del Molde(gr)	152,2	Peso capsula	21,6
Peso Muestra (g)	129,0	Capsula + sh	67,8
Altura de la muestra(cm)	2	Capsula +ss	60
Volumen (cm ³)	61,82	Agua	7,80
Humedad (%)	20,31	ss	38,4
γ (g/cm ³)	2,09	W(%)	20,31
γ_s (g/cm ³)=	1,73		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,000	0	0	0,0000
0,5	4	3,341	0,108	0,5	18	0,4323
1,0	7	4,259	0,138	1,0	30	0,5512
1,5	9	4,871	0,158	1,5	50	0,6304
2,0	10	5,178	0,168	2,0	74	0,6700
2,5	11	5,484	0,177	2,5	100	0,7096
3,0	11	5,484	0,177	3,0	132	0,7096
3,5	11	5,484	0,177	3,5	164	0,7096
4,0	11	5,484	0,177	4,0	200	0,7096
4,5	11	5,484	0,177	4,5	234	0,7096
5,0	10	5,178	0,168	5,0	264	0,6700
5,5	10	5,178	0,168	5,5	300	0,6700
6,0	10	5,178	0,168	6,0	340	0,6700
6,5	9	4,871	0,158	6,5	370	0,6304
7,0	9	4,871	0,158	7,0	398	0,6304
7,5	9	4,871	0,158	7,5	420	0,6304
8,0	8	4,565	0,148	8,0	436	0,5908
8,5	8	4,565	0,148	8,5	454	0,5908
9,0	8	4,565	0,148	9,0	464	0,5908
9,5	8	4,565	0,148	9,5	480	0,5908



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 4

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



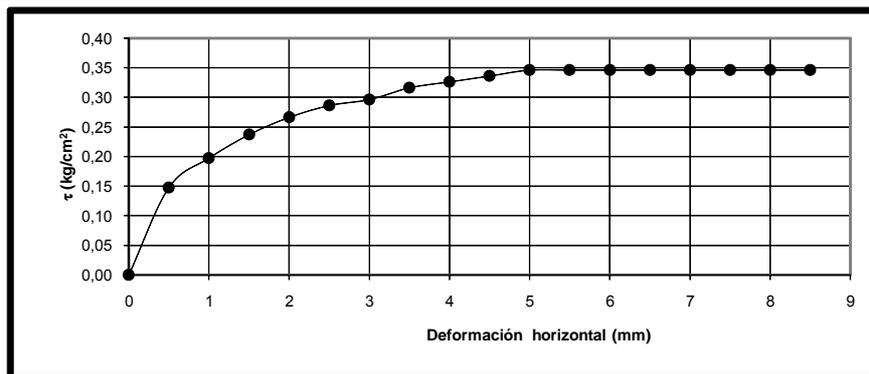
**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 0,500 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,346 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	275,0	Capsula No.	2
Peso del Molde(gr)	149,2	Peso capsula	19,4
Peso Muestra (g)	125,8	Capsula + sh	64
Altura de la muestra(cm)	1,96	Capsula +ss	56,2
Volumen (cm ³)	60,58	Agua	7,80
Humedad (%)	21,20	ss	36,8
γ (g/cm ³)	2,08	W(%)	21,20
γ_s (g/cm ³)=	1,71		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	8	4,565	0,1477	0,5	-34	0,2954
1,0	13	6,096	0,1972	1,0	-46	0,3944
1,5	17	7,321	0,2368	1,5	-48	0,4737
2,0	20	8,239	0,2666	2,0	-48	0,5331
2,5	22	8,852	0,2864	2,5	-48	0,5727
3,0	23	9,158	0,2963	3,0	-40	0,5925
3,5	25	9,770	0,3161	3,5	-32	0,6322
4,0	26	10,076	0,3260	4,0	-20	0,6520
4,5	27	10,382	0,3359	4,5	-8	0,6718
5,0	28	10,689	0,3458	5,0	4	0,6916
5,5	28	10,689	0,3458	5,5	18	0,6916
6,0	28	10,689	0,3458	6,0	30	0,6916
6,5	28	10,689	0,3458	6,5	44	0,6916
7,0	28	10,689	0,3458	7,0	58	0,6916
7,5	28	10,689	0,3458	7,5	74	0,6916
8,0	28	10,689	0,3458	8,0	90	0,6916
8,5	28	10,689	0,3458	8,5	104	0,6916



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 4

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ

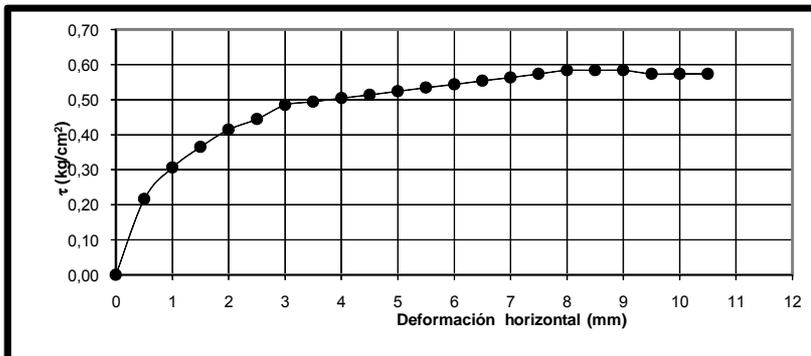


VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 1,000 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,584 kg/cm²

Peso Muestra+moide (gr)	272,2	Capsula No.	B
Peso del Molde(gr)	147,2	Peso capsula	7
Peso Muestra (g)	125,0	Capsula + sh	54
Altura de la muestra(cm)	1,94	Capsula +ss	46,2
Volumen (cm3)	59,97	Agua	7,80
Humedad (%)	19,90	ss	39,2
g (g/cm3)	2,08	W(%)	19,90
gd(g/cm3)=	1,74		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	15	6,708	0,2170	0,5	-58	0,2170
1,0	24	9,464	0,3062	1,0	-92	0,3062
1,5	30	11,301	0,3656	1,5	-116	0,3656
2,0	35	12,832	0,4151	2,0	-132	0,4151
2,5	38	13,750	0,4448	2,5	-144	0,4448
3,0	42	14,975	0,4845	3,0	-150	0,4845
3,5	43	15,281	0,4944	3,5	-150	0,4944
4,0	44	15,587	0,5043	4,0	-154	0,5043
4,5	45	15,893	0,5142	4,5	-156	0,5142
5,0	46	16,200	0,5241	5,0	-156	0,5241
5,5	47	16,506	0,5340	5,5	-158	0,5340
6,0	48	16,812	0,5439	6,0	-158	0,5439
6,5	49	17,118	0,5538	6,5	-158	0,5538
7,0	50	17,424	0,5637	7,0	-158	0,5637
7,5	51	17,730	0,5736	7,5	-158	0,5736
8,0	52	18,037	0,5835	8,0	160	0,5835
8,5	52	18,037	0,5835	8,5	-160	0,5835
9,0	52	18,037	0,5835	9,0	-160	0,5835
9,5	51	17,730	0,5736	9,5	-160	0,5736
10,0	51	17,730	0,5736	10,0	-160	0,5736
10,5	51	17,730	0,5736	10,5	-160	0,5736



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 4

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

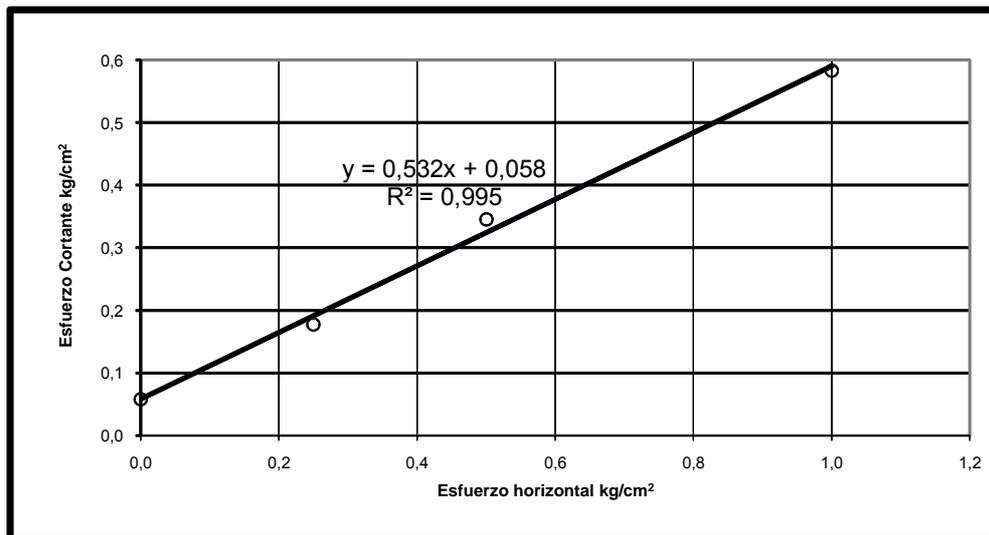
SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

GRAFICA DE ESFUERZO NORMAL VS ESFUERZO CORTANTE

Muestra No	Humedad %	Area cm ²	Densidad Humeda g/cm ³	Densidad Seca g/cm ³	Esfuerzo Normal kg/cm ²	Esfuerzo Cortante Máx kg/cm ²
1	20,31	30,91	2,09	1,73	0,25	0,177
2	21,20	30,91	2,08	1,71	0,5	0,346
3	19,90	30,91	2,08	1,74	1,0	0,584



$\phi =$	28,0	°
Cohesión=	0,058	kg/cm ²

CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 5

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



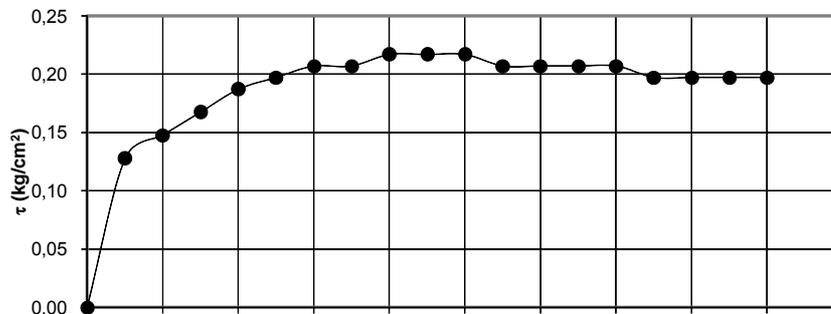
**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 0,500 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,217 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	264,0	Capsula No.	39
Peso del Molde(gr)	135,6	Peso capsula	7
Peso Muestra (g)	128,4	Capsula + sh	47,8
Altura de la muestra(cm)	1,96	Capsula +ss	45,4
Volumen (cm ³)	60,58	Agua	2,40
Humedad (%)	6,25	ss	38,4
γ (g/cm ³)	2,12	W(%)	6,25
γ_s (g/cm ³)=	1,99		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,000	0	0	0,0000
0,5	6	3,953	0,128	0,5	-48	0,2558
1,0	8	4,565	0,148	1,0	-92	0,2954
1,5	10	5,178	0,168	1,5	-138	0,3350
2,0	12	5,790	0,187	2,0	-170	0,3746
2,5	13	6,096	0,197	2,5	-188	0,3944
3,0	14	6,402	0,207	3,0	-200	0,4142
3,5	14	6,402	0,207	3,5	-220	0,4142
4,0	15	6,708	0,217	4,0	-228	0,4341
4,5	15	6,708	0,217	4,5	-230	0,4341
5,0	15	6,708	0,217	5,0	-230	0,4341
5,5	14	6,402	0,207	5,5	-234	0,4142
6,0	14	6,402	0,207	6,0	-236	0,4142
6,5	14	6,402	0,207	6,5	-244	0,4142
7,0	14	6,402	0,207	7,0	-250	0,4142
7,5	13	6,096	0,197	7,5	-254	0,3944
8,0	13	6,096	0,197	8,0	-258	0,3944
8,5	13	6,096	0,197	8,5	-262	0,3944
9,0	13	6,096	0,197	9,0	-280	0,3944



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 5

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ

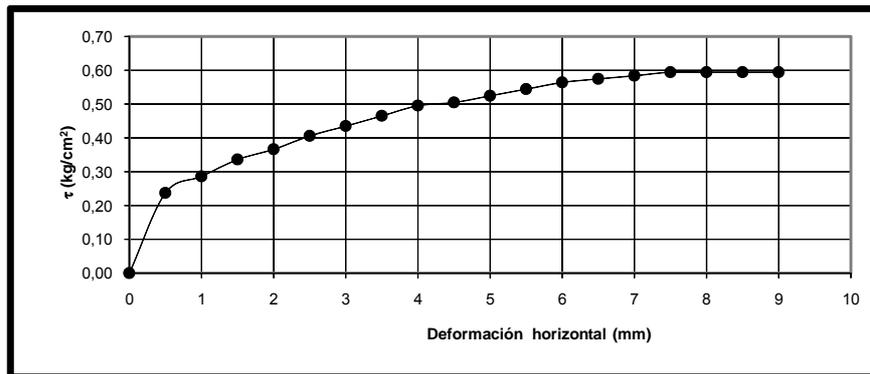


VELOCIDAD: 1mm/min
 AREA: 30,91 cm²

σ : 1,000 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,593 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	271,8	Capsula No.	16
Peso del Molde(gr)	145,4	Peso capsula	17,2
Peso Muestra (g)	126,4	Capsula + sh	53,2
Altura de la muestra(cm)	1,96	Capsula +ss	50,6
Volumen (cm ³)	60,58	Agua	2,60
Humedad (%)	7,78	ss	33,4
γ (g/cm ³)	2,09	W(%)	7,78
γ_s (g/cm ³)=	1,94		

Tiempo	Lectura de	P	τ	Def.Horizontal	Def.Vertical	τ/σ
min	Carga	kg	kg/cm ²	mm	10 ⁻² mm	
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	17	7,321	0,2368	0,5	-60	0,2368
1,0	22	8,852	0,2864	1,0	-124	0,2864
1,5	27	10,382	0,3359	1,5	-240	0,3359
2,0	30	11,301	0,3656	2,0	-300	0,3656
2,5	34	12,526	0,4052	2,5	-350	0,4052
3,0	37	13,444	0,4349	3,0	-386	0,4349
3,5	40	14,363	0,4647	3,5	-418	0,4647
4,0	43	15,281	0,4944	4,0	-438	0,4944
4,5	44	15,587	0,5043	4,5	-464	0,5043
5,0	46	16,200	0,5241	5,0	-492	0,5241
5,5	48	16,812	0,5439	5,5	-506	0,5439
6,0	50	17,424	0,5637	6,0	-516	0,5637
6,5	51	17,730	0,5736	6,5	-522	0,5736
7,0	52	18,037	0,5835	7,0	-524	0,5835
7,5	53	18,343	0,5934	7,5	-526	0,5934
8,0	53	18,343	0,5934	8,0	-526	0,5934
8,5	53	18,343	0,5934	8,5	-530	0,5934
9,0	53	18,343	0,5934	9,0	-534	0,5934



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 5

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ

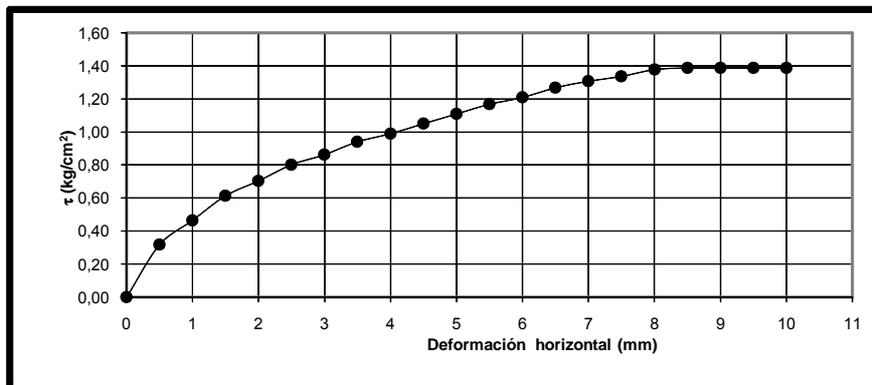


VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 2,000 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 1,386 kg/cm²

Peso Muestra+moide (gr)	282,6	Capsula No.	58
Peso del Molde(gr)	154,8	Peso capsula	21,6
Peso Muestra (g)	127,8	Capsula + sh	48,5
Altura de la muestra(cm)	1,95	Capsula +ss	46,4
Volumen (cm3)	60,27	Agua	2,10
Humedad (%)	8,47	ss	24,8
g (g/cm3)	2,12	W(%)	8,47
gd(g/cm3)=	1,95		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	25	9,770	0,3161	0,5	-160	0,1580
1,0	40	14,363	0,4647	1,0	-230	0,2323
1,5	55	18,955	0,6132	1,5	-320	0,3066
2,0	64	21,711	0,7024	2,0	-382	0,3512
2,5	74	24,772	0,8014	2,5	-418	0,4007
3,0	80	26,609	0,8609	3,0	-460	0,4304
3,5	88	29,059	0,9401	3,5	-498	0,4701
4,0	93	30,589	0,9896	4,0	-526	0,4948
4,5	99	32,426	1,0491	4,5	-558	0,5245
5,0	105	34,263	1,1085	5,0	-580	0,5542
5,5	111	36,100	1,1679	5,5	-604	0,5840
6,0	115	37,325	1,2075	6,0	-624	0,6038
6,5	121	39,162	1,2670	6,5	-638	0,6335
7,0	125	40,387	1,3066	7,0	-652	0,6533
7,5	128	41,305	1,3363	7,5	-664	0,6682
8,0	132	42,530	1,3759	8,0	-672	0,6880
8,5	133	42,836	1,3858	8,5	-672	0,6929
9,0	133	42,836	1,3858	9,0	-672	0,6929
9,5	133	42,836	1,3858	9,5	-672	0,6929
10,0	133	42,836	1,3858	10,0	-672	0,6929



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 5

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

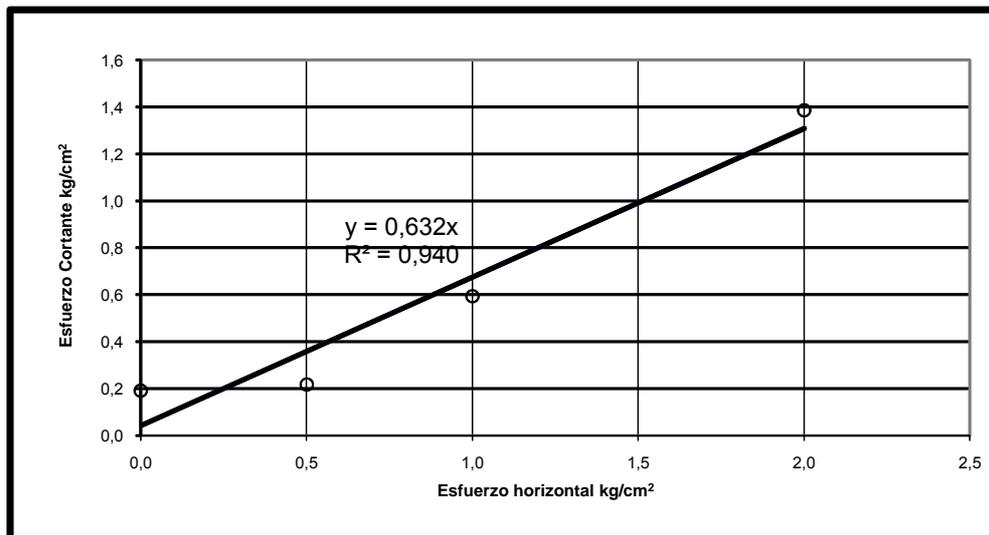
SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



Universidad
Pontificia
Bolivariana
SECCIONAL BUCARAMANGA

GRAFICA DE ESFUERZO NORMAL VS ESFUERZO CORTANTE

Muestra No	Humedad %	Area cm ²	Densidad Humeda g/cm ³	Densidad Seca g/cm ³	Esfuerzo Normal kg/cm ²	Esfuerzo Cortante Máx kg/cm ²
1	6,25	30,91	2,12	1,99	0,50	0,217
2	7,78	30,91	2,09	1,94	1,0	0,593
3	8,47	30,91	2,12	1,95	2,0	1,386



$\phi =$	32,3	°
Cohesión=	0	kg/cm ²

CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 6

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ

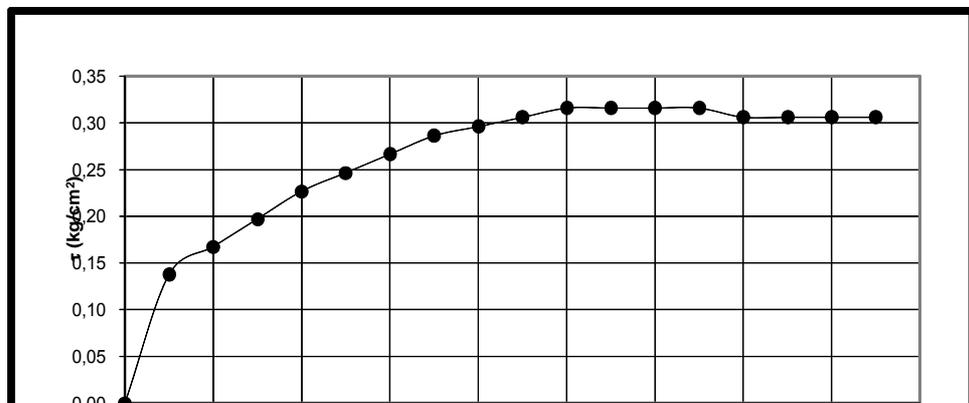


VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 0,250 kg/cm²
 $\tau_{m\acute{a}x}$: 0,316 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	295,2	Capsula No.	21
Peso del Molde(gr)	149,0	Peso capsula	21,3
Peso Muestra (g)	146,2	Capsula + sh	69,5
Altura de la muestra(cm)	1,9	Capsula +ss	64,4
Volumen (cm ³)	58,73	Agua	5,10
Humedad (%)	11,83	ss	43,1
γ (g/cm ³)	2,49	W(%)	11,83
γ_s (g/cm ³)=	2,23		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,000	0	0	0,0000
0,5	7	4,259	0,138	0,5	10	0,5512
1,0	10	5,178	0,168	1,0	24	0,6700
1,5	13	6,096	0,197	1,5	40	0,7889
2,0	16	7,015	0,227	2,0	80	0,9077
2,5	18	7,627	0,247	2,5	124	0,9870
3,0	20	8,239	0,267	3,0	180	1,0662
3,5	22	8,852	0,286	3,5	248	1,1455
4,0	23	9,158	0,296	4,0	300	1,1851
4,5	24	9,464	0,306	4,5	366	1,2247
5,0	25	9,770	0,316	5,0	430	1,2643
5,5	25	9,770	0,316	5,5	490	1,2643
6,0	25	9,770	0,316	6,0	560	1,2643
6,5	25	9,770	0,316	6,5	610	1,2643
7,0	24	9,464	0,306	7,0	660	1,2247
7,5	24	9,464	0,306	7,5	700	1,2247
8,0	24	9,464	0,306	8,0	730	1,2247
8,5	24	9,464	0,306	8,5	772	1,2247



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 6

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



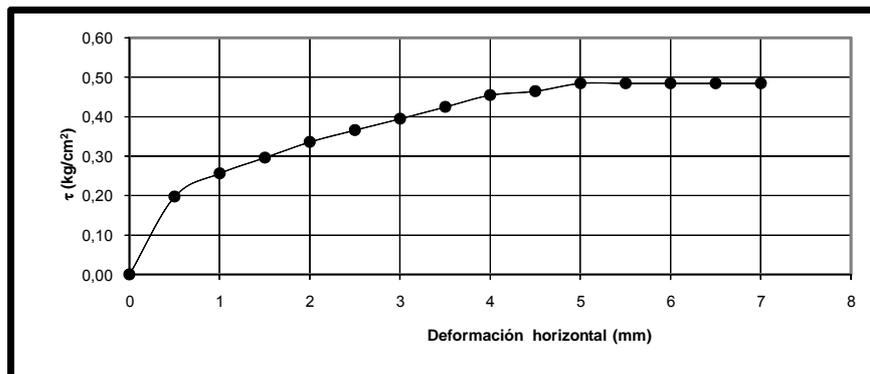
**Universidad
Pontificia
Bolivariana**
SECCIONAL BUCARAMANGA

VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 0,500 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,484 kg/cm²

Peso Muestra+molde (gr)	297,2	Capsula No.	62
Peso del Molde(gr)	153,0	Peso capsula	21,1
Peso Muestra (g)	144,2	Capsula + sh	62,5
Altura de la muestra(cm)	1,9	Capsula +ss	58
Volumen (cm ³)	58,73	Agua	4,50
Humedad (%)	12,20	ss	36,9
γ (g/cm ³)	2,46	W(%)	12,20
γ_s (g/cm ³)=	2,19		

Tiempo	Lectura de	P	τ	Def.Horizontal	Def.Vertical	τ/σ
min	Carga	kg	kg/cm ²	mm	10 ⁻² mm	
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	13	6,096	0,1972	0,5	-34	0,3944
1,0	19	7,933	0,2567	1,0	-46	0,5133
1,5	23	9,158	0,2963	1,5	-48	0,5925
2,0	27	10,382	0,3359	2,0	-48	0,6718
2,5	30	11,301	0,3656	2,5	-48	0,7312
3,0	33	12,219	0,3953	3,0	-40	0,7906
3,5	36	13,138	0,4250	3,5	-32	0,8501
4,0	39	14,056	0,4548	4,0	-20	0,9095
4,5	40	14,363	0,4647	4,5	-8	0,9293
5,0	42	14,975	0,4845	5,0	4	0,9689
5,5	42	14,975	0,4845	5,5	18	0,9689
6,0	42	14,975	0,4845	6,0	30	0,9689
6,5	42	14,975	0,4845	6,5	44	0,9689
7,0	42	14,975	0,4845	7,0	58	0,9689



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 6

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ

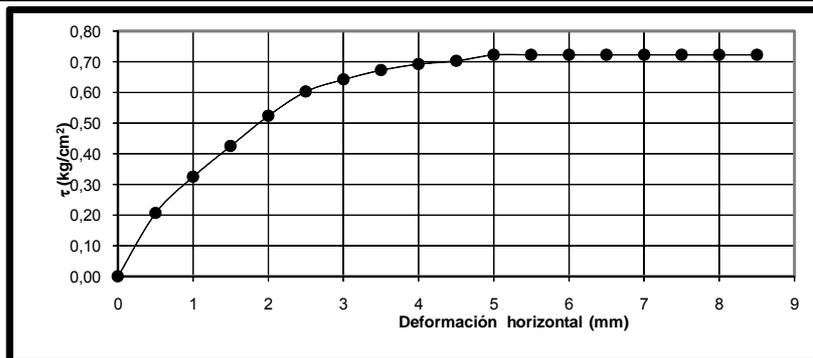


VELOCIDAD: 1mm/min
AREA: 30,91 cm²

σ : 1,000 kg/cm²
 $\tau_{\text{máx}}$: 0,722 kg/cm²

Peso Muestra+moide (gr)	302,0	Capsula No.	1
Peso del Molde(gr)	153,8	Peso capsula	18,5
Peso Muestra (g)	148,2	Capsula + sh	80
Altura de la muestra(cm)	1,98	Capsula +ss	73
Volumen (cm3)	61,20	Agua	7,00
Humedad (%)	12,84	ss	54,5
g (g/cm3)	2,42	W(%)	12,84
gd(g/cm3)=	2,15		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	τ kg/cm ²	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 ⁻² mm	τ/σ
0	0	0,000	0,0000	0	0	0,0000
0,5	14	6,402	0,2071	0,5	-12	0,2071
1,0	26	10,076	0,3260	1,0	-30	0,3260
1,5	36	13,138	0,4250	1,5	-40	0,4250
2,0	46	16,200	0,5241	2,0	-44	0,5241
2,5	54	18,649	0,6033	2,5	-44	0,6033
3,0	58	19,874	0,6429	3,0	-46	0,6429
3,5	61	20,792	0,6727	3,5	-42	0,6727
4,0	63	21,404	0,6925	4,0	-30	0,6925
4,5	64	21,711	0,7024	4,5	-20	0,7024
5,0	66	22,323	0,7222	5,0	-14	0,7222
5,5	66	22,323	0,7222	5,5	-4	0,7222
6,0	66	22,323	0,7222	6,0	-4	0,7222
6,5	66	22,323	0,7222	6,5	10	0,7222
7,0	66	22,323	0,7222	7,0	14	0,7222
7,5	66	22,323	0,7222	7,5	20	0,7222
8,0	66	22,323	0,7222	8,0	24	0,7222
8,5	66	22,323	0,7222	8,5	30	0,7222



CORTE DIRECTO

OBRA : ESTUDIO DE AMENAZAS SISMICAS, VULNERABILIDAD Y RIESGO MIRANDA SDER.

MUESTRA No: 03/01/09

APIQUE : MUESTRA No. 6

PROFUNDIDAD: N.R.

FECHA : 16/ENERO/2009

OPERADOR: VICENTE PAEZ

CALCULÓ: Ing. PIEDAD ELIANA LIZCANO AMOROCHO

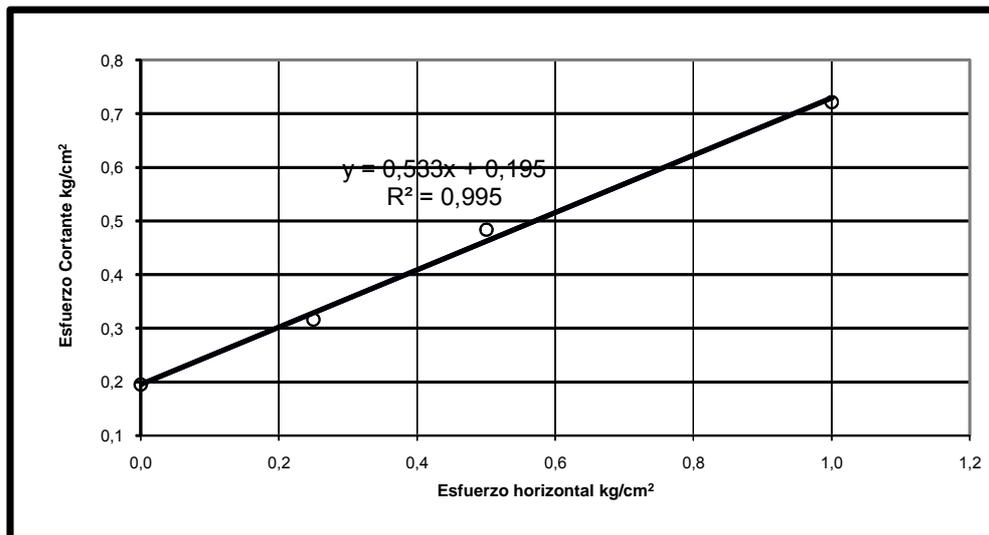
SOLICITADO POR: CRISTIAN FABIAN VESGA HERNANDEZ



Universidad
Pontificia
Bolivariana
SECCIONAL BUCARAMANGA

GRAFICA DE ESFUERZO NORMAL VS ESFUERZO CORTANTE

Muestra No	Humedad %	Area cm ²	Densidad Humeda g/cm ³	Densidad Seca g/cm ³	Esfuerzo Normal kg/cm ²	Esfuerzo Cortante Máx kg/cm ²
1	11,83	30,91	2,49	2,23	0,25	0,316
2	12,20	30,91	2,46	2,19	0,5	0,484
3	12,84	30,91	2,42	2,15	1,0	0,722

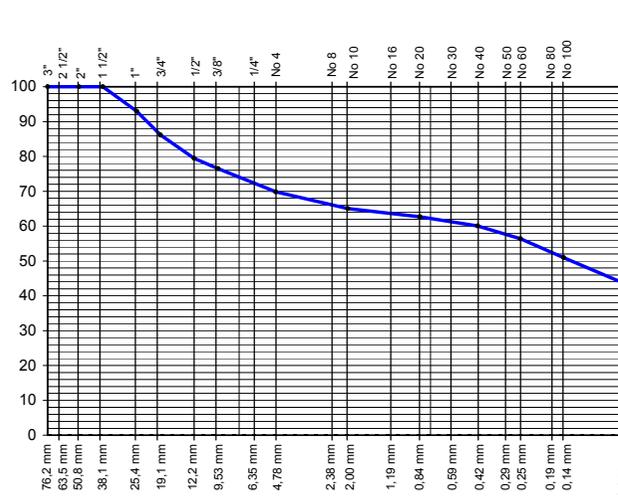


$\phi =$	28,1	°
Cohesión=	0,195	kg/cm ²

GEOLOGO: CRISTIAN ESTUDIO MIRANDA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS (PASA 200 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS - LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO)	CÓD. <u>F- CS</u>
	NORMAS I.N.V.	FECHA ENSAYO: <u>08-Ene-09</u>

MUESTRA: N° 1

DESCRIPCIÓN: ESTA MATRIS ES UNA ARENA LIMOSA COLOR AMARILLO

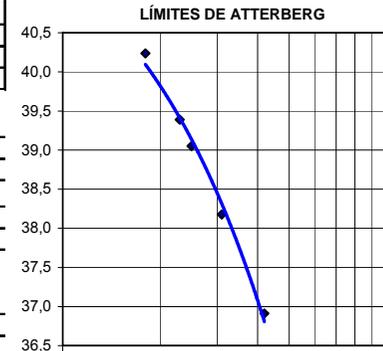


GRADACIÓN			
PESO INICIAL (gr): 2768,5			
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	194,7	7,0	93,0
3/4"	189,7	6,9	86,1
1/2"	184,8	6,7	79,4
3/8"	80,9	2,9	76,5
No 4	185,9	6,7	69,8
10	132,2	4,8	65,0
20	65,9	2,4	62,6
40	71,8	2,6	60,1
60	102,4	3,7	56,4
100	149,6	5,4	51,0
200	196,6	7,1	43,8
-200	1214,0	43,8	0,0

LIMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO				
No GOLPES	42	31	23	18
P ₁ (gr)	44,49	46,11	47,95	47,36
P ₂ (gr)	36,72	37,94	38,91	38,15
P ₃ (gr)	15,67	16,54	15,96	15,26
% HUMEDAD	36,9	38,2	39,4	40,2

LÍMITE PLÁSTICO				w. Nral
P ₁ (gr)	28,59	27,48		279,30
P ₂ (gr)	26,51	25,69		238,80
P ₃ (gr)	17,62	18,08		34,78
% HUMEDAD	23,4	23,5		19,9



OBSERVACIONES:

LÍMITE LÍQUIDO: 39,1
 LÍMITE PLÁSTICO: 23,5
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 15,6
 HUMEDAD NATURAL: 19,9
 ÍNDICE DE LIQUIDEZ: -0,2

CLASIFICACIÓN

ÍNDICE DE GRUPO: 3
 A A S H T O : A - 6
 U. S. C. : SC

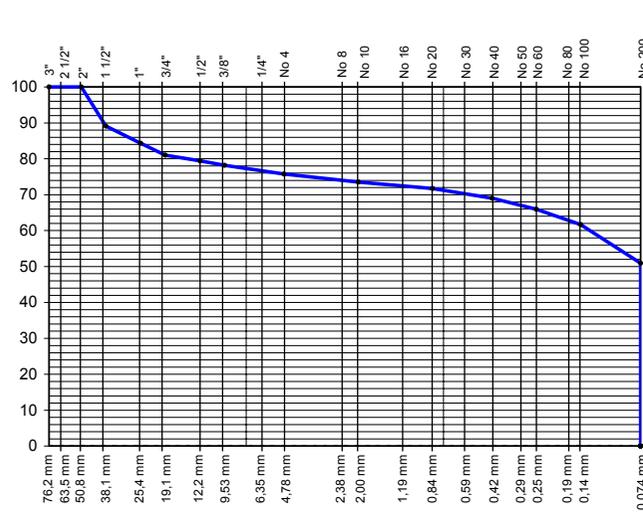
JOSE VICENTE PAEZ MENDOZA
LABORATORISTA

INGENIERO RESIDENTE

GEOLOGO: CRISTIAN ESTUDIO MIRANDA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS (PASA 200 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS - LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO)	CÓD. <u>F- CS</u>
	NORMAS I.N.V.	FECHA ENSAYO: <u>08-Ene-09</u>

MUESTRA: APIQUE # 2

DESCRIPCIÓN: ESTA MATRIS ES UNA ARCILLA ARENOSA COLOR AMARILLO



OBSERVACIONES:

LÍMITE LÍQUIDO: 36,9
 LÍMITE PLÁSTICO: 17,2
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 19,8
 HUMEDAD NATURAL: 26,4
 ÍNDICE DE LIQUIDEZ: 0,5

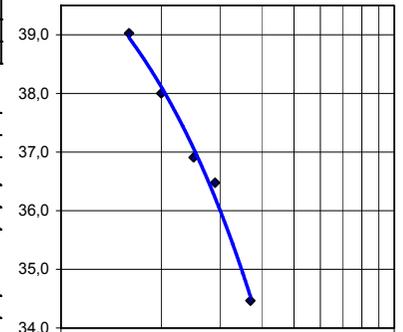
CLASIFICACIÓN
 ÍNDICE DE GRUPO: 7
 A A S H T O: A - 6
 U. S. C.: CL

LIMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO				
No GOLPES	37	29	20	16
P ₁ (gr)	34,37	30,07	34,87	31,92
P ₂ (gr)	27,47	24,00	27,22	24,93
P ₃ (gr)	7,45	7,36	7,09	7,02
% HUMEDAD	34,5	36,5	38,0	39,0

LÍMITE PLÁSTICO				w. Nral
P ₁ (gr)	19,65	17,52		86,79
P ₂ (gr)	17,81	15,96		71,85
P ₃ (gr)	7,13	6,83		15,27
% HUMEDAD	17,2	17,1		26,4

LÍMITES DE ATTERBERG



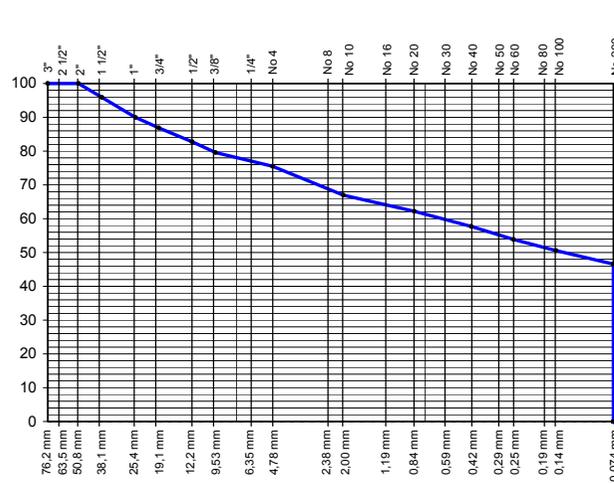
JOSE VICENTE PAEZ MENDOZA
LABORATORISTA

INGENIERO RESIDENTE

GEOLOGO: CRISTIAN ESTUDIO MIRANDA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS (PASA 200 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS - LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO)	CÓD. <u>F- CS</u>
NORMAS I.N.V.		FECHA ENSAYO: <u>08-Ene-09</u>

MUESTRA: APIQUE #4

DESCRIPCIÓN: MATRIS ARENOARCILLOSA COLOR MARRON PARDO



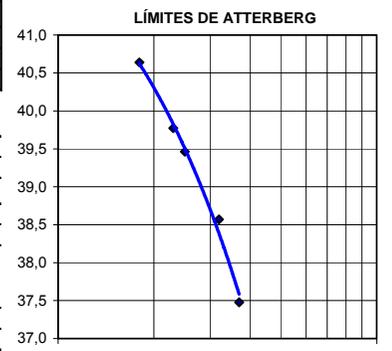
GRADACIÓN			
PESO INICIAL (gr) :		3057,2	
TAMIZ	PESO	RETENIDO	% PASA
No	RETENIDO	RETENIDO	%
3"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	127,1	4,2	95,8
1"	179,0	5,9	90,0
3/4"	95,2	3,1	86,9
1/2"	125,2	4,1	82,8
3/8"	98,6	3,2	79,6
No 4	123,8	4,0	75,5
10	261,4	8,6	67,0
20	146,5	4,8	62,2
40	135,6	4,4	57,7
60	119,5	3,9	53,8
100	99,6	3,3	50,6
200	121,4	4,0	46,6
-200	1424,3	46,6	0,0

LÍMITES DE ATTERBERG				
LÍMITE LÍQUIDO				
No GOLPES	37	32	23	18
P ₁ (gr)	30,11	34,12	36,92	33,81
P ₂ (gr)	23,93	26,68	28,54	26,19
P ₃ (gr)	7,44	7,39	7,47	7,44
% HUMEDAD	37,5	38,6	39,8	40,6

LÍMITE PLÁSTICO				w. Nral
P ₁ (gr)	18,40	17,12		106,03
P ₂ (gr)	16,14	15,19		97,71
P ₃ (gr)	7,10	7,37		15,93
% HUMEDAD	25,0	24,7		10,2

LÍMITE LÍQUIDO: 39,5
 LÍMITE PLÁSTICO: 24,8
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 14,6
 HUMEDAD NATURAL: 10,2
 ÍNDICE DE LIQUIDEZ: -1,0

CLASIFICACIÓN
 ÍNDICE DE GRUPO: 4
 A A S H T O : A - 6
 U. S. C. : SC



OBSERVACIONES:

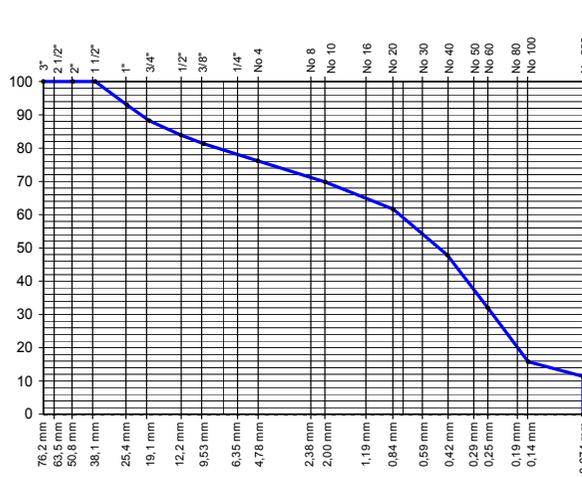
JOSE VICENTE PAEZ MENDOZA
LABORATORISTA

INGENIERO RESIDENTE

GEOLOGO: CRISTIAN ESTUDIO MIRANDA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS (PASA 200 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS - LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO)	CÓD. <u>F- CS</u> FECHA ENSAYO: <u>08-Ene-09</u>
NORMAS I.N.V.		

MUESTRA: APIQUE #5

DESCRIPCIÓN: GRAVA ARENOSA CON ARCILLA COLOR ROJIZA



GRADACIÓN			
PESO INICIAL (gr):		2926.7	
TAMIZ	RETENIDO	%	%
No	RETENIDO	PASA	
3"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	206,5	7,1	92,9
3/4"	138,3	4,7	88,2
1/2"	126,8	4,3	83,9
3/8"	74,0	2,5	81,4
No 4	153,0	5,2	76,1
10	185,3	6,3	69,8
20	238,8	8,2	61,6
40	404,2	13,8	47,8
60	463,5	15,8	32,0
100	474,3	16,2	15,8
200	128,3	4,4	11,4
-200	333,7	11,4	0,0

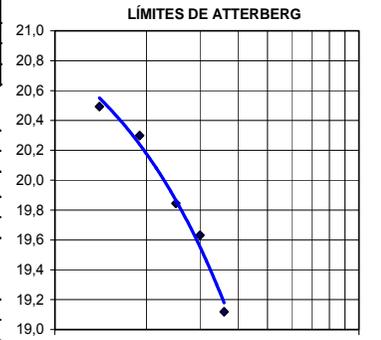
LÍMITES DE ATTERBERG				
LÍMITE LÍQUIDO				
No GOLPES	36	30	19	14
P ₁ (gr)	39,03	39,70	39,20	38,81
P ₂ (gr)	33,91	34,37	33,78	33,49
P ₃ (gr)	7,13	7,22	7,08	7,53
% HUMEDAD	19,1	19,6	20,3	20,5
LÍMITE PLÁSTICO				
				w. Nral
P ₁ (gr)	20,84	19,44		84,76
P ₂ (gr)	19,00	17,84		77,79
P ₃ (gr)	7,13	7,38		15,72
% HUMEDAD	15,5	15,3		11,2

OBSERVACIONES:

LÍMITE LÍQUIDO:	19,8
LÍMITE PLÁSTICO:	15,4
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	4,4
HUMEDAD NATURAL:	11,2
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	-0,9
CLASIFICACIÓN	
ÍNDICE DE GRUPO:	0
A A S H T O :	A - 1 - b
U. S. C. :	SM - SC

JOSE VICENTE PAEZ MENDOZA
LABORATORISTA

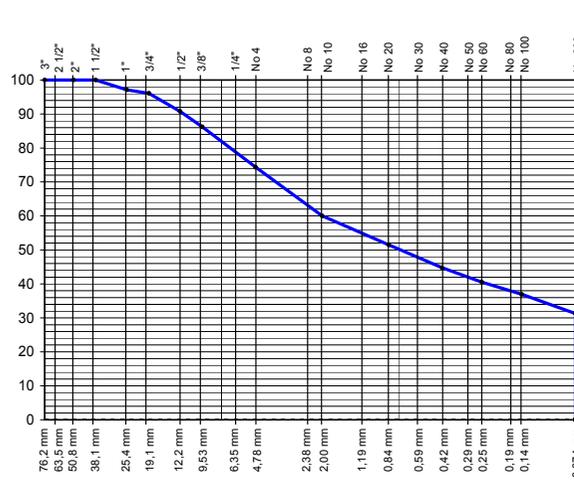
INGENIERO RESIDENTE



GEOLOGO: CRISTIAN ESTUDIO MIRANDA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS (PASA 200 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS - LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO)	CÓD. <u>F- CS</u>
	NORMAS I.N.V.	FECHA ENSAYO: <u>08-Ene-09</u>

MUESTRA: APIQUE #6

DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA COLOR MARRON PARDO CLARO



TAMIZ	RETENIDO	%	% PASA
3"	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0,0	0,0	100,0
1"	78,3	2,9	97,1
3/4"	26,1	1,0	96,1
1/2"	143,8	5,4	90,8
3/8"	121,9	4,5	86,2
No 4	318,5	11,9	74,4
10	386,4	14,4	60,0
20	227,1	8,5	51,5
40	182,3	6,8	44,8
60	114,0	4,2	40,5
100	95,8	3,6	37,0
200	153,3	5,7	31,2
-200	839,7	31,2	0,0

LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO				
No GOLPES	34	27	19	15
P ₁ (gr)	38,17	32,90	35,93	31,75
P ₂ (gr)	31,84	27,44	29,40	26,04
P ₃ (gr)	7,35	7,47	6,97	7,10
% HUMEDAD	25,8	27,3	29,1	30,1

LÍMITE PLÁSTICO		w. Nral
P ₁ (gr)	20,52	20,58
P ₂ (gr)	18,02	18,09
P ₃ (gr)	7,23	7,29
% HUMEDAD	23,2	23,1



LÍMITE LÍQUIDO:	27,6
LÍMITE PLÁSTICO:	23,1
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	4,5
HUMEDAD NATURAL:	6,9
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	-3,6
CLASIFICACIÓN	
ÍNDICE DE GRUPO:	0
A A S H T O :	A - 2 - 4
U. S. C. :	SM - SC

OBSERVACIONES:

JOSE VICENTE PAEZ MENDOZA
LABORATORISTA

INGENIERO RESIDENTE