

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CÁRCAVA UBICADA EN LA
CALLE COLÓN EN EL SECTOR DEL MIRADOR, PARROQUIA LA
SABANITA, DEL MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CIUDAD
BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO DE GRADO
PRESENTADO POR LAS
BACHILLERES GUEVARA F.
ROSA Y, Y GUEVARA F.
YAMIRKA L. PARA OPTAR
POR EL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, FEBRERO 2023



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

En este trabajo de grado titulado: “**CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CÁRCAVA UBICADA EN LA CALLE COLÓN EN EL SECTOR DE EL MIRADOR, PARROQUIA LA SABANITA, DEL MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR**”.Presentado por los bachilleres, **GUEVARA F- ROSA Y.**, cedula de identidad N-18.828.856 y **GUEVARA F. YAMIRKA L.**, cedula de identidad N-24.377.301., ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesora Rosario Rivadulla
(Asesor)

Profesor Francisco Monteverde
(Jurado)

Profesora Berenice Sandoval
(Jurado)

Profesor Berenice Sandoval
Jefe del Depto. de Ingeniería Geológica

Prof. Francisco Monteverde
Director de la Escuela Cs. De la Tierra

Ciudad bolívar, ____ de ____ de 2023

DEDICATORIA

A mi Dios todo poderoso. A mis padres, Manuel Guevara y Yamirka Flores, mi pilar fundamental.

A mis hijos Sebastián Marín y Rouss Marín, por ser mi inspiración; “tú me enseñaste que todo es posible en esta vida”.

A mi esposo José Luis Marín, por ser mi apoyo, mi compañero y amigo.

A mis hermanos Manuel Guevara y Yamirka Guevara. A mi tutor académico, Rosario Rivadulla por ser mi guía, amiga, por asesorarme y orientarme hasta la culminación del trabajo de grado.

A la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar y, a todos los que formaron parte de mi formación académica.

Rosa Y. Guevara F.

A mi Dios todo poderoso. A mis padres, Manuel Guevara y Yamirka Flores, mi pilar fundamental.

A mi hijo Manuel Guevara, por ser mi inspiración.

A mis hermanos Manuel Guevara y Rosa Guevara. A mi tutor académico, Rosario Rivadulla por ser mi guía, amiga, por asesorarme y orientarme hasta la culminación del trabajo de grado.

A la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar y, a todos los que formaron parte de mi formación académica.

Yamirka L. Guevara F.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a mi Dios todo poderoso.

A mis padres Manuel Guevara y Yamirka Flores, por haberme dado la educación y formarme con buenos principios.

A mis hijos Sebastián Marín y Rouss Marín, por darme la motivación de seguir luchando cuando las cosas se me ponían difíciles.

A mi esposo José Luis Marín, por apoyarme y acompañarme siempre en cada paso que doy.

A mis hermanos, que siempre están allí cuando los necesito.

A la casa más alta, como lo es la Universidad de Oriente, por permitir ser parte de esta hermosa familia.

Rosa Y. Guevara F.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a mi Dios todo poderoso.

A mis padres Manuel Guevara y Yamirka Flores, por haberme dado la educación y formarme con buenos principios.

A mi hijo Manuel Guevara, por darme la motivación.

A mi esposo, por apoyarme y acompañarme siempre en cada pasó que doy.

A mis hermanos, que siempre están allí cuando los necesito.

A la casa más alta, como lo es la Universidad de Oriente, por permitir ser parte de esta hermosa familia.

Yamirka L. Guevara F.

RESUMEN

El área de estudio se ubica en el sector de El Mirador, Parroquia La Sabanita, del Municipio Angostura del Orinoco; Ciudad Bolívar – Estado Bolívar. Coordenadas UTM N 892806; E 439401. El objetivo general es caracterizar geológica y geotécnica la zona de las cárcavas del sector El Mirador. Primeramente se recopiló toda la información bibliográfica y cartográfica de la zona, para luego proceder al reconocimiento del área. En la etapa de campo se llevó a cabo una serie de ensayos “in situ”, densidad “in situ” y humedad natural, se recolectaron muestras de suelos para su posterior análisis de laboratorio entre ellos: granulometría, compactación y límites de consistencia (líquido y plástico), se realizó un levantamiento topográfico, geológico y geomorfológico, para la confección de los mapas topográfico, geológico - geotécnico, acompañados de secciones geológicas, representativos de la Formación Mesa. El estudio realizado indica que la zona se encuentra rodeada por un sistema de cárcavas que pone en riesgo el urbanismo presente, mostrando una erosión de tipo laminar por acción de las aguas de escorrentía. Los sedimentos de la Formación Mesa, son en su mayoría arenas de grano medio a fino con poca presencia de limo y arcilla siendo estas más comunes en el medio de la cárcava, y en menor proporción arenas gruesas a media con poca presencia de limo y arcillas, encontrándose estas en su mayoría en el tope y base del talud. La coloración de las arenas es marrón rojizo con varias tonalidades, entre claro y oscuro en el tope y medio de talud; y en la base una coloración más clara entre amarillo pálido y blanco se presume que esto es debido a las aguas de escorrentía, surcos y drenajes encontrados en el área de estudio. El relieve del área es una planicie disectada, por los procesos erosivos; donde se ubica 3 zonas, las más altas y planas, el tope de mesa, las moderadamente inclinadas que preceden a los escarpes y en las zonas más bajas se encuentran micro terrazas y surcos. Los bordes de las mesas, al ser intervenidas antrópicamente, son relieves muy susceptibles a los procesos de erosión hídrica, al modificarse sustancialmente los procesos naturales de infiltración y escorrentía. El plano topográfico de la zona arroja que la cárcava posee una longitud de 250 metros aproximadamente, con alturas que varían entre 25 y 30 metros, y las mayores pendientes en la parte central del mapa en dirección noroeste - sureste con una pendiente de 90%. Las muestras analizadas, 1 se clasificó como SP-SC, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de los suelos (Mezcla de arenas y arcillas mal gradadas), su contenido de humedad es de 3%, una densidad húmeda de 1,57 gr/cm³, densidad seca 1,53 gr/cm³. Límite Líquido 29%, límite plástico 18% y un IP de 11%. De acuerdo a los ensayos de laboratorio resultó que la mayoría de las muestras (6/9) son suelos SP (Arenas mal gradadas), y 3 de ellas como SP-SC (Arenas arcillosas mal gradadas), esta última arrojando valores de los límites de Atterberg de: límite líquido 29%, límite plástico 18%, y el Índice de plasticidad (IP) 11%). Las secciones geológicas presentan una secuencia más fina en el tope de la cárcava y los granos más gruesos en el pie de la misma.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE APÉNDICES	xii
 CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	 1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos de la Investigación.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Alcances de la investigación.....	3
1.5 Limitaciones de la investigación	3
 CAPÍTULO II. GENERALIDADES	 4
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	4
2.2 Accesibilidad al área de estudio	5
2.3 Geología regional	5
2.3.1 Complejo de Imataca	7
2.3.2 Formación Mesa	8
2.3.3 Aluviones Recientes	10
2.4 Geología local.....	10
2.5 Geomorfología.....	11
2.5.1 Llanura aluvial	13
2.5.2 La vega	13
2.6 Vegetación.....	14
 CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	 155
3.2 Fundamentos teóricos.....	17
3.2.1 Clasificación geotécnica de los suelos	17
3.2.2 Sistema AASHTO de clasificación de suelo	17
3.2.3 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	19
3.3 Definición de términos básicos	27
3.3.1 Suelos	27
3.3.2 Clasificación del tamaño de grano.....	27

3.3.3 Erosión	29
3.3.4 Aguas de escorrentía	29
3.3.5 Cárcavas	30
3.3.6 Topografía	32
3.3.7 Pendiente	34
3.3.9 Mapa geotécnico	34
CAPÍTULO IV.METODOLOGÍA DE TRABAJO	35
4.1 Tipo de investigación.....	35
4.2 Diseño de la investigación	35
4.3 Recopilación de investigación bibliográfica y trabajo de campo	35
4.4 Etapas de la investigación	36
4.4.1 Recopilación bibliográfica y cartográfica	37
4.4.2 Diagnóstico de la situación actual del área en estudio.....	37
4.4.3 Identificación de las unidades litológicas en el área de estudio	38
4.4.4 Descripción de la geomorfología presente en el área de estudio.....	38
4.4.5 Elaboración del mapa topográfico	38
4.4.6 Elaboración de secciones geológicas de los taludes afectados.....	40
4.4.7 Determinación de las características geotécnicas de los suelos	40
4.3.8 Elaboración del Mapa Geotécnico	48
4.4 Población de la investigación	48
4.5 Muestra de la investigación	48
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
CAPÍTULO V.ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	49
5.1 Diagnóstico de la situación actual del área en estudio	51
5.2 Descripción de las unidades geológicas presentes en el área de estudio.....	52
5.3 Descripción de la geomorfología presente en el área de estudio	53
5.4 Elaboración del plano topográfico de la zona de estudio	55
5.5 Determinación de las características geotécnicas de los suelos	56
5.5.1 Densidad “in situ” y Humedad Natural	56
5.5.2 Análisis granulométricos.....	58
5.5.3 Límites de Atterberg	59
5.6 Análisis del mapa geotécnico del área de estudio	60
5.6.1 Descripción de las secciones geológicas en los taludes afectados	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
Conclusiones	67
Recomendaciones	70
REFERENCIAS	72
APÉNDICES	74

LISTA DE FIGURAS

2.1. Ubicación del área de estudio (Fuente: Hoja cartográfica 7440, a 1:100.000	4
2.2 Acceso al área de estudio.....	5
2.3 Mapa de Provincias Geológicas del Estado Bolívar (Mendoza V. 2005)	7
2.4 Escarpes en las cárcavas del sector El Mirador.....	11
2.5 Viviendas construidas en el borde de las cárcavas del sector El Mirador.....	12
2.6 Vegetación tipo sabana con gramíneas y arbustos, sector El Mirador.....	14
4. 1 Flujograma de actividades.....	36
5.1 Vista parcial de la cárcava presente en el sector El mirador.....	52
5.2 Formación Mesa (A).....	53
5.3 Rasgos geomorfológicos que definen el área estudiada 1) Topes de mesas 2) Surcos.....	55
5.4 Plano topográfico de la zona en estudio	56
5.9 Mapa geotécnico.....	620
5.5 Sección Transversal 1-1'	61
5.6 Sección Transversal 2-2'	6462
5.7 Sección Transversal 3-3'	63
5.8 Sección longitudinal 4-4'	64

LISTA DE TABLAS

3. 1 Clasificación de los suelos según el sistema ASSHTO. (Badillo, J.1980)	18
3. 2 Prefijos usados para la clasificación de los suelos (Lambe, W. Y Whitman R. 2001).	19
3. 3 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Modificado Badillo, J.1980).	20
3. 4 Clasificación de los suelos según su condición física (González De Vallejo, L. 2002).	21
5.1 Resultados de los ensayos de densidad “in situ”	57
5.2 Contenido de humedad natural de las muestras de suelo.	57
5.3 Análisis granulométrico	58
5.4 Límites de Atterberg.....	60

LISTA DE APÉNDICES

A	DATOS TOPOGRÁFICOS.....	73
	A.1 Minuta de campo de topografía.....	74
B	ENSAYO DE DENSIDAD “IN SITU” Y HUMEDAD NATURAL.....	75
	B.1 Resultados de los ensayos de densidad in situ y contenido de humedad natural	76
C	ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA.....	78
	C.1 Ensayo granulométrico muestra 1	79
	C.2 Ensayo granulométrico muestra 2.....	80
	C.3 Ensayo granulométrico muestra 3.....	81
	C.4 Ensayo granulométrico muestra 4.....	82
	C.5 Ensayo granulométrico muestra 5.....	83
	C.6 Ensayo granulométrico muestra 6.....	84
	C.7 Ensayo granulométrico muestra 7.....	85
	C.8 Ensayo granulométrico muestra 8.....	87
	C.9 Ensayo granulométrico muestra 9.....	88
D	LÍMITES DE CONSISTENCIA.....	89
	D.1 Resultados de los ensayos de límites de consistencia, calicata 1.....	90
	D.2 Resultados de los ensayos de límites de consistencia, calicata 4.....	91
	D.3 Resultados de los ensayos de límites de consistencia, calicata 7.....	92

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La problemática actual de Ciudad Bolívar, en los últimos años, ha venido aumentando, a medida que la zona se fue poblando en grandes cantidades. Según el diagnóstico socio ambiental realizado en la comunidad de Brisas del Este de la Ciudad, indican que los desechos sólidos en las cárcavas de la comunidad han aumentado considerablemente, pues no se ha contado con un servicio de recolección de basura continuo y eficiente; aunado la poca educación ambiental instituida, la cual ha sido un factor influyente e importante en esta problemática.

La zona de estudio, ubicada en el sector El Mirador, parroquia La Sabanita, ha venido presentando graves problemas asociados al desarrollo de cárcavas presentes en la zona, en conjunto con las acciones antrópicas desfavorables que activa y acelera el proceso de formación de la misma. Las viviendas ubicadas en este sector, no poseen un sistema de drenaje de aguas residuales, así como también otros servicios básicos como, el de recolección de desechos sólidos. Por ende se ven en la obligación de descargar sus fluidos y residuos, hacia la cárcava, acelerando de esta manera el proceso de erosión y afectando directamente las construcciones ubicadas en las cercanías de la cárcava.

El presente trabajo de grado se basa en el estudio de los procesos geológicos que contribuyen a la formación de cárcavas, en la cual se tomarán en cuenta los factores hidrológicos, topográficos, geomorfológicos y geotécnicos, con el fin de identificar los factores que afectan el desarrollo de la misma.

Una vez realizado y analizado el planteamiento del problema tenemos las siguientes interrogantes.

¿Cuál es el efecto que causan los derrumbes de las cárcavas?

¿Cómo podemos ayudar a la comunidad para que no sean víctimas de los derrumbes?

¿Cómo podrían invertir las autoridades para evitar la construcción de viviendas en las cercanías de las cárcavas?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar la caracterización geológica y geotécnica, de la cárcava ubicada en la calle Colón en el sector de El Mirador, Parroquia La Sabanita, del Municipio Angostura del Orinoco, Ciudad Bolívar – Estado Bolívar.

3.2.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar la problemática actual de la cárcava en estudio.
2. Identificar la geología presente en la zona de mayor observación de riesgo geológico.
3. Determinar las características geotécnicas de los suelos presentes en el área.

1.3 Justificación de la investigación

El proyecto se realizó con la finalidad de determinar la situación actual de la cárcava, y analizar los parámetros que contribuyen al crecimiento, formación y desarrollo de la erosión de la cárcava, todo esto con el propósito de buscar soluciones a la problemática existente en el sector. Los parámetros más importantes que podemos mencionar hacen énfasis en la falta de planificación por los entes gubernamentales, la depositación de desechos sólidos, lo cual genera contaminación dentro de la comunidad; así como también ayudan al desarrollo de la cárcava obstaculizando el drenaje de las aguas, y los factores meteorológicos, los cuales contribuyen a la erosión y meteorización de la misma.

1.4 Alcances de la investigación

La ejecución de este estudio geológico-geotécnico de la investigación, aportará información sobre la situación actual de la zona y los factores que la están afectando, descripción de las características geomorfológicas y la clasificación de los suelos.

1.5 Limitaciones de la investigación

Dificultad para el acceso a la zona de estudio, debido a la existencia de viviendas con linderos particularmente controlados, así como la presencia de desechos sólidos en las adyacencias de las cárcavas.

Falta de seguridad en la zona, lo cual podría generar riesgo e incertidumbre para el equipo de trabajo, durante la etapa operacional del estudio geológico de campo, en el diagnóstico físico del área, la recolección de las muestras las mediciones respectivas en campo.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio está geográficamente ubicada al Sur del río Orinoco, en el municipio Angostura del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, limitada geográficamente por las coordenadas UTM N:892700 – N:892850 y E:439350-E:439600(Figura 2.1).

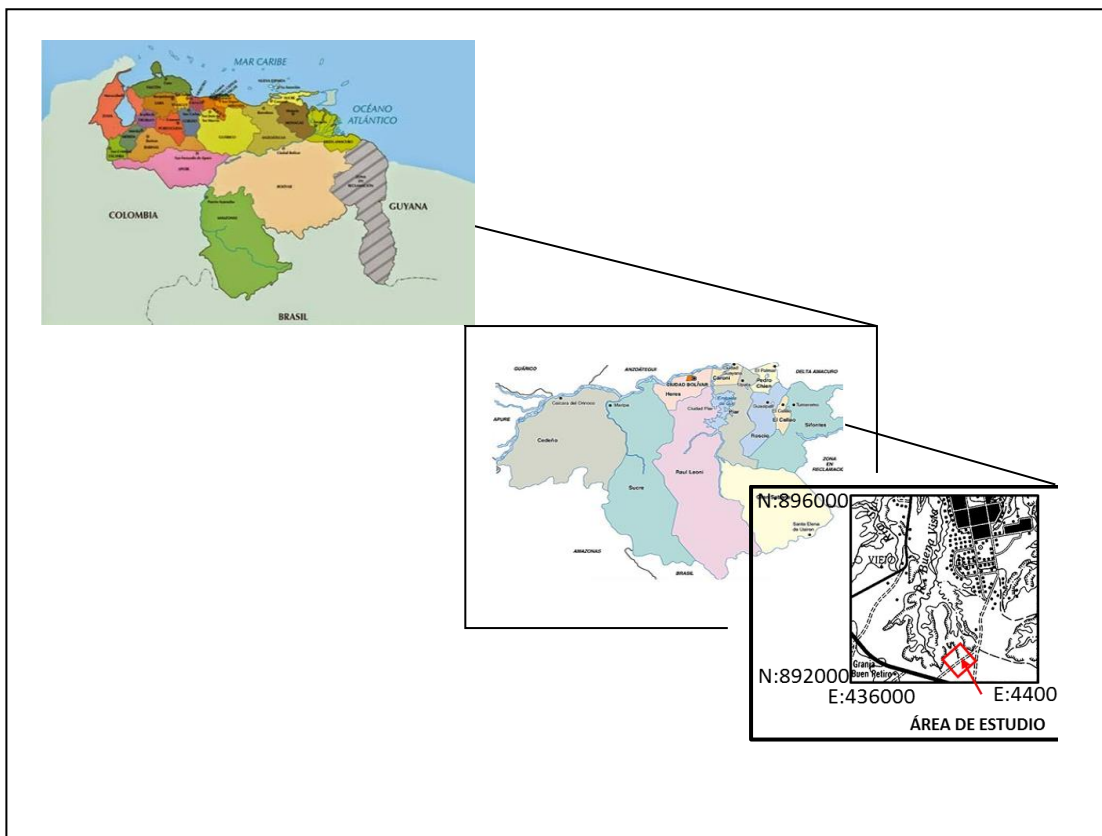


Figura 2.1 Ubicación del área de estudio (Fuente: Hoja cartográfica 7440,a 1.100.000).

2.2 Accesibilidad al área de estudio

El acceso al área es a través de la calle Colón cruzando a la izquierda hacia la Avenida Tumeremo, luego a la derecha en la calle San Francisco, se llega a la cárcava en estudio, ubicado en sector El Mirador, parroquia La Sabanita, Ciudad Bolívar (Figura 2.2).



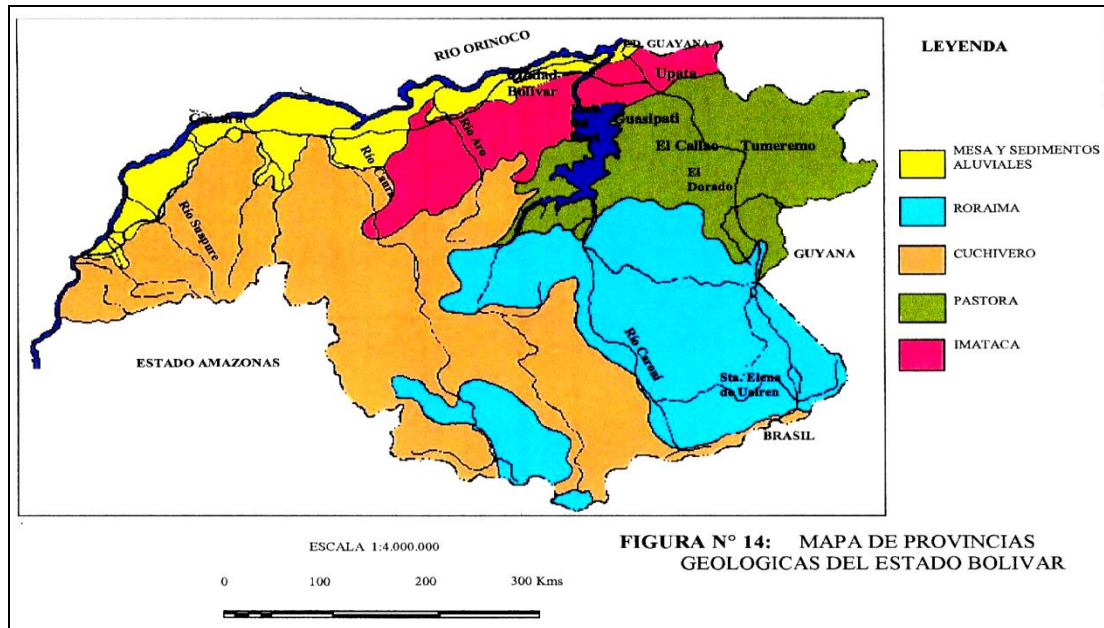
Figura 2.2 Acceso al área de estudio.

2.3 Geología regional

El escudo de Guayana se localiza al sur del río Orinoco y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de Venezuela, con rocas tan antiguas como 3.41 G.a. (Granulitas y Charnockitas del Complejo Imataca) y tan jóvenes como 0.711 G.a. (Kimberlitas Eclogitas de Guaniamo), que registran en buena parte una evolución geotectónica similar a las de otros escudos pre-cámbricos en el mundo, con al menos ruptura de supercontinentes en 2.4-2.3 G.a. (Guayanensis), 1.6-1.5 G.a (Atlántica-Caura), 0.8-0.7 G.a (Rodinia) y 0.2 G.a (Pangea) (Mendoza, V. 2005).

En particular, el escudo de Guayana que se compone de las Provincias Geológicas de Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima forma parte del Cratón Amazónico del precámbrico de Sur América, que se extiende por el norte de Brasil, las Guayanas, remanentes precámbrico de Colombia y de Bolivia y estaba unido a África Occidental hasta la ruptura de Pangea, hace unos 200 millones de años (Figura 2.3) (Mendoza, V. 2005).

Estas provincias se diferencian en sus direcciones estructurales, estilos de deformación tectónica, asociaciones litológicas y metanogénicas, y edades (Mendoza, V. 2005).



2. 3 Mapa de Provincias geológicas del estado Bolívar (Mendoza V. 2005)

La geología regional que incluye el área de estudio está representada por el Complejo de Imataca, los sedimentos de la Formación Mesa que la cubren en contacto discordante y los aluviones recientes (Mendoza, V. 2005).

2.3.1 Complejo de Imataca

Se encuentra en el extremo Norte de la Guayana Venezolana conformando alrededor de 550 km (kilómetros) de largo, desde el río Caura hasta el Delta del Orinoco en dirección Oeste – Este y aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí en dirección Norte – Sur, con un ancho calculado entre 65 a 130 Km.

Según Kalliokoski (1965), en Galindo, M. (2001) el Complejo de Imataca, litológicamente, está constituido por secuencias de rocas meta-sedimentarias e ígneas plegadas por completo, cuyo tipo litológico predominante es un paragneis cuarzo feldespático estratificado.

Rafmiroff, (1972) en Mendoza, V. (2000) lo define como una secuencia metasedimentaria plegada altamente metamorfizada, caracterizada por la presencia de formaciones de hierro intercaladas con abundantes gneises cuarzo feldespático y capas anfibolíticaspiroxénicasintrusionadas por grandes plutones de granito.

Las rocas del Complejo de Imataca muestran plegamientos intensos con metamorfismo regional que va desde las facies anfibolíticas de grano medio hasta las facies granulíticaspiroxénicas, constituidas por abundante gneis granítico, destacándose de forma importante el gran contenido en miembros de cuarcita ferruginosa que la conforman.

El Complejo de Imataca ha sufrido varios períodos orogénicos, definidos mediante estimaciones radiométricas. Según las estimaciones elaboradas por Montgomery, (1967) en Mendoza, (2000), la edad de las rocas del Complejo de Imataca han sido datadas por métodos Rubidio/Estroncio (Rb/Sr) y Uranio/Plomo (U/Pb) entre 3500 a 600 m.a. (millones de años) correspondientes al período Guriense. Los eventos orogénicos más importantes que ha sufrido el Complejo están marcados en las rocas en el período comprendido entre los 2700 y 2100 m.a.

2.3.2 Formación Mesa

Según Hedberg y Pyre, (1944) en Mendoza, V. (2000) introducen el término por primera vez designando bajo este nombre a la formación que corona las extensas mesas que afloran desde la Serranía del Interior al Norte, cubriendo toda la Cuenca Oriental de Venezuela y a través de río Orinoco al Sur hasta el Delta Amacuro. Estableciendo que la edad de la formación corresponde al período Plio-Pleistoceno considerando como base cronológica la evolución de los suelos, el esquema estratigráfico original de terrazas y la cronología del Cuaternario en sí.

Según González de Juana (1980), la Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio-deltaica y paludal, desarrollada como resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el Este en la misma forma que lo hace actualmente el Delta del río Orinoco. En los relieves de mayor elevación evolucionaron abanicos aluviales que aportaron a la sedimentación clastos de grano más grueso, mientras que desde el Sur el aporte principal era de arenas, postulando en la zona central la existencia de ciénagas.

Su espesor es muy variable, pero generalmente se ha establecido que disminuye de Norte a Sur, producto del cambio en la sedimentación fluvio-deltaica y aumenta de Oeste a Este por el avance de los sedimentos deltaicos, quedando enmarcada entre el Escudo de Guayana por el Sur y la Serranía del Interior por el Norte.

Según Bravo, M., (1997), se encuentra hacia el extremo Norte en contacto discordante suprayacente, rellenando las depresiones del basamento ígneo metamórfico pertenecientes al Complejo de Imataca, y está constituida por capas arenosas poco consolidadas interestratificadas con arcillas limo-arenosas abigarradas y moteadas que a veces contienen areniscas ferruginosas; por acción hidroscópica un casquete de gravas ferruginosas endurecidas forman pseudos-conglomerados o costras que tienen una amplia distribución y los únicos fósiles que se mencionan en esta formación consisten de trozos de madera fosilizada (silicificada).

Kalliokoski, (1965) en Galindo, M. Señala que la Formación Mesa está depositada sobre una superficie irregular de rocas precámbricas, debido a afloramientos de cuarcitas ferruginosas irregulares que se elevan por encima de la formación en el área de Ciudad Bolívar.

La Formación se encuentra muy meteorizada y localmente desarrolla lateritas moteadas y caolinita. La lixiviación y presencia de diaclasas columnares permiten que la parte superior de la formación sea muy porosa.

Coplanarh, (1974), en Mendoza, V., (2000), consideró que los sedimentos de la Formación Mesa representan depósitos torrenciales y aluviales del Cuaternario, evento contemporáneo con un levantamiento de la Serranía del Interior, lo cual se evidencia en las alturas actuales de los relieves de mesas originados tras dicho levantamiento.

2.3.3 Aluviones Recientes

Conformados principalmente por materiales provenientes de la disgregación mecánica de las rocas del Complejo Imataca y de la Formación Mesa, que han sido transportados y depositados principalmente por las aguas de escorrentía, durante las épocas de lluvias (Mendoza, V. 2005).

Los aluviones se han depositado tanto en el basamento ígneo – metamórfico de Imataca como en la Formación Mesa, donde se han sedimentado grandes volúmenes de materiales arenosos, limosos y arcillosos que originan en ocasiones suelos bien evolucionados, como sucede en las orillas de los ríos. Geomorfológicamente constituyen una planicie deposicional no disectada e inundable (Mendoza, V. 2005).

2.4 Geología local

El área de estudio pertenece a la Formación Mesa de nuestro país, lo que se conoce en términos generales como un relleno sedimentario del Plio-Pleistoceno constituido por arenas, gravas, arcillas, limos y por lentes de corazas ferruginosas (Mendoza, V. 2005).

Los materiales predominantes aquí, son las arenas no consolidadas, depositadas durante una transgresión del mar hacia el sur del país, sobre el basamento ígneo-metamórfico de edad precámbrica.

2.5 Geomorfología

En el área de estudio se puede observar la presencia de sedimentos de la Formación Mesa, que han conformado una planicie elevada bien drenada y disectada por cauces profundos, cuya disección ha conformado un relieve tabular limitado por escarpes menores a 20 m, formando profundos barrancos, zanjones, cañones, conocidos localmente como "farallones". Estos barrancos son consecuencia de la erosión remontante, este proceso se ha incrementado cada día más por el avance de los núcleos urbanos que en la actualidad construyen viviendas hasta en los lechos de inundación, así como también al incremento y concentración de los desechos domésticos en las zonas de cárcavas, descargas directas de aguas negras, etc (Galindo, M., 2001) (Figura 2.4 y 2.5).



Figura 2.4 Escarpes en las cárcavas del sector El Mirador.



Figura 2.5 Viviendas construidas en el borde de las cárcavas del sector El Mirador.

Estas planicies presentan un drenaje dendrítico poco denso, que han originado variadas formas de erosión laminar y en surcos, como consecuencia de las aguas de escorrentía que drenan en dirección de las pendientes del terreno y que esculpen la superficie de la Formación Mesa; según C.V.G. TECMIN (1991) estos factores se involucran originando diversas formas de relieves.

2.5.1 Llanura aluvial

Se forman por la pérdida de energía que experimenta un flujo de agua disminuyendo la capacidad de transporte de material y decantándola en algunas zonas, de esta manera no es una llanura propiamente dicha si se considera el perfil irregular y el rango de las pendientes, el cual es superior al normal (0 – 4 %), si corresponde a las laderas de los barrancos o cárcavas que podrían medir desde los 16 % hasta 30 % (Galindo, M. 2001).

Los suelos que conforman estos relieves tienen esencialmente la composición y las propiedades del material arrastrado, son muy variables y suelen reflejar por una parte, las condiciones geomorfológicas y geológicas de las áreas cortadas y, por otra, las circunstancias del aluvionamiento. La secuencia de las cárcavas es en si el resto de lo que fue una superficie plana y rectilínea formada por sedimentos aluviales, donde el escurrimiento concentrado ha sido lo suficientemente severo como para construir tan peculiar sistema de barrancos, inestables en su mayoría (Galindo, M. 2001).

2.5.2 La vega

Son los canales por donde discurren las aguas, siendo la mayoría de régimen intermitente. Transversalmente, dado que conforman el fondo de las cárcavas, pueden poseer pendientes entre 16 % y 30 %, aunque también puede haber lugares con pendientes inferiores a dicho rango (Galindo, M. 2001).

Conos de derrubios: producidos durante el desplazamiento efectivo de los fragmentos de rocas o suelos desprendidos de las partes superiores de los taludes, organizándose según el tamaño de las partículas que conforman el material en las laderas es decir, abajo los fragmentos más grandes y arriba los más pequeños. Este relieve es una acumulación concentrada en un punto superior de los taludes, que se

abre en forma de abanico presentando una debilidad que concentra la meteorización (Galindo, M. 2001).

2.6 Vegetación

Ciudad Bolívar presenta una vegetación de tipo sabanero. Díaz, en Álvarez y Ameneiro, (2004), expone que está conformada principalmente por gramíneas correspondientes al estrato herbáceo e individuos leñosos de porte arbustivo o arbóreo, conocidos comúnmente como “chaparros” (en su mayoría *Curatella americana*). Hacia las lomas más altas, se desarrollan algunos bosques caducifolios que se caracterizan por presentar un alto porcentaje de especies arbóreas deciduas, es decir, que pierden su follaje por un período más o menos prolongado durante la época seca. Generalmente, como una transición entre la sabana y el bosque se encuentran matorrales constituidos por vegetación secundaria producto de perturbaciones naturales y antrópicas. Rompiendo con la continuidad del estrato herbáceo de la sabana, se encuentran, hacia las vegas de los ríos, unos estrechos bosques de galería y, hacia los caños y quebradas, morichales que deben su nombre a la abundancia de “moriches” (*Mauritia flexuosa*). Figura 2.6.



Figura 2.6 Vegetación tipo sabana con gramíneas y arbustos, sector El Mirador.

CAPÍTULO III

MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes

Agreda, M. y Ruiz, A. (2011), realizaron un Trabajo de Grado en la Universidad de Oriente- Bolívar, en la Escuela de Ciencias de la Tierra, titulado. **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LAS CÁRCAVAS DE LA URBANIZACIÓN LAS BEATRICES TRAMO SE, MUNICIPIO HERES. CIUDAD BOLÍVAR- ESTADO BOLÍVAR”**. En este trabajo de grado concluyeron lo siguiente:

En el área de estudio se identificaron afloramientos de una unidad geológica bien definida como la Formación Mesa y en menor proporción sedimentos y aluviones recientes. Los rasgos geomorfológicos observados están constituidos por distintos tipos de erosión laminar, como surcos y salpicaduras, además de unidades como topes de mesa, escarpes y taludes.

Los resultados de los análisis para los parámetros geotécnicos, se obtuvieron de 5 muestras, 2 fueron clasificadas como SC (arenas arcillosas, mezcla de arenas y arcillas) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el contenido de humedad se encuentra entre 9,36% y 8,25%, los valores de la densidad in situ varían entre 1,97 gr/cm³ y 2,08 gr/cm³, para limite liquido 21,96%, 21,51% y limite plástico de 12,37%, 9,54%; el ensayo de compactación para estas muestras arrojo valores de densidad seca máxima que oscilan entre 1,94 a 1,97 gr/cm³, mientras que el contenido de humedad optima oscilan entre 9,62 y 9,92%. Las 3 muestras restantes corresponden a una clasificación SW (arenas bien gradadas, arena con poco o nada definos) para las cuales se obtuvieron valores de humedad natural de 5,42%,

6,15% y 5,56%, los valores de densidad in situ de 1,47gr/cm³, 1,58 gr/cm³ y 1,54 gr/cm³(suelo seco), y 1,56 gr/cm³, 1,63 gr/cm³ y 1,66 gr/cm³ (suelo húmedo), mientras que los valores de densidad seca máxima y contenido de humedad optima corresponden a 1,71 gr/cm³, 1,80 gr/cm³ y 1,89 gr/cm³ y 5,43%, 6,43 y 6,92 respectivamente, para limite líquido y limite plástico, estas muestras no presentaron limites, indicativo de suelos arenosos (no cohesivos).

Mujica, W. y Silveira, E. (2011), realizaron un Trabajo de Grado en la Universidad de Oriente- Bolívar, en la Escuela de Ciencias de la Tierra titulado. **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LAS CÁRCAVAS DEL SECTOR LUCHITA 2, CALLEJON LA ESPERANZA TRAMO 1 E-W, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”**.En este trabajo de grado concluyeron lo siguiente:

El área de estudio se localiza en el Sur-Oriente de Venezuela, en el estado Bolívar, específicamente en el barrio La Lucha, sector La Luchita 2, en el callejón La Esperanza, Municipio Heres, Ciudad Bolívar. El objetivo de este trabajo fue la caracterización geológica y geotécnicamente de las cárcavas ubicadas en el tramo 1 E-W de La Luchita, con el fin de minimizar los impactos erosivos. Por tal motivo se utilizó una metodología de tipo descriptiva, exploratoria y de campo, que permitió realizar un estudio de las características geológicas y geotécnicas del suelo, de tal manera de aportar soluciones factibles que disminuyan el proceso erosivo. Localmente en el área de estudio se encuentran afloramientos de una unidad geológica bien definida como la formación mesa y en menor proporción sedimentos y aluviones recientes. Los rasgos geomorfológicos observados están constituidos por distintos tipos de erosión laminar y salpicaduras, además de unidades como topes de mesa y taludes; tomando en cuenta que estamos en presencia de una cárcava activa asociada a flujo de escorrentías permanentes, se tomaron 9 muestras para determinar las características geotécnicas para clasificar de acuerdo al sistema Unificado de

Clasificación de Suelos, de las muestras tomadas cuatro fueron clasificadas como SC (Arenas arcillosas, mezcla de arenas y arcilla), el contenido de humedad natural se encuentra entre 6,8% y 14,3%, para límite líquido es de 12% a 28%, límite plástico es de 15% a 22%, el ensayo de compactación arrojó valores de la densidad seca máxima, oscilan entre 1,991 kgr/m³ y 2,108 kgr/m³, mientras que el contenido de humedad óptima se encuentra entre 9,8% y 15,5%, las tres muestras corresponden a una clasificación SP (Arena mal gradada, granos con gravas, con poco o nada de limos), no presentan límite de consistencia ni compactación, porque tienen poco o nada de partículas finas y las 2 muestras restantes corresponden a una clasificación SM (Arenas limosas, mezcla de arena y limos), humedad natural 6,8 y 8,9%, no presentan límite plástico, límite líquido entre 12% y 25%, no presentan densidad seca máxima y humedad óptima. Considerándose que la zona geológicamente es de alta sensibilidad a los procesos erosivos por ser suelos arenosos, mal gradados y arena limosa.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Clasificación geotécnica de los suelos

Geotécnicamente hablando, los suelos se clasifican a partir de los análisis granulométricos de estos y usando principalmente el sistema AASHTO de clasificación de suelos y Sistema de Clasificación de Suelo Unificado.

3.2.2 Sistema AASHTO de clasificación de suelo

El sistema de clasificación de suelos de la "American Association of State Highway and Transportation Officials" es el más utilizado actualmente y se basa en las prestaciones de suelos utilizados en la práctica para construir carreteras (Pérez, V. 1998).

Tabla 3. 1 Clasificación de los suelos según el sistema ASSHTO (Badillo, J., 1980).

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			
Siendo: A: La coloración de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2. b: El índice de plasticidad del subgrupo: para A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.											

Los análisis de tamizado y los límites de Atterberg son necesarios para clasificar un suelo. Se realiza un análisis de tamizado y se traza la curva granulométrica. Cuando menos del 12% pasa la malla No. 200, es necesario obtener Cc y Cu para establecer si el suelo es bien o pobremente gradado. Cuando más del 12% pasa la malla No. 200, el Cu y Cc no tiene significación y solo se emplean los límites de Atterberg para clasificar el suelo (Bowles, J.E. 1981).

Tamaño de las partículas: Los diferentes tamaños de las partículas del suelo, utilizadas en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, se determinaran por el método del tamizado, y pueden ser definidas como sigue:

Una grava bien gradada es GW; una arena pobremente gradada es SP; una arena bien gradada es SW; una arena limosa es SM; una arcilla con un límite líquido > 50% es CH, etc. (Lambe, W. y Whitman R., 2001).

Un suelo es bien gradado o no uniforme si tiene una distribución amplia de los tamaños de los granos presentes, si hay algunos granos de cada tamaño posible entre los límites superior e inferior de la gradación. Esto se puede averiguar trazando la curva granulométrica, ya sea observando la forma y amplitudes de tamaños o calculando el coeficiente de uniformidad C_u y el coeficiente de concavidad C_c (Lambe, W. y Whitman R., 2001).

Tabla 3.2 Prefijos usados para la clasificación de los suelos (Lambe, W. Y Whitman R., 2001).

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien Gradada	W
Arena	S	Pobremente Gradado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	WI<50%	L
Turba	Pt	WI>50%	H

Un suelo es pobremente gradado o uniforme, si la muestra es mayoritariamente de un solo tamaño o si es deficiente en ciertos tamaños de grano. Una arena de playa es un ejemplo de un suelo uniformemente gradado (Lambe, W. y Whitman R., 2001).

3.2.3 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El Sistema de Clasificación Unificado de Casagrande es el de mayor aceptación mundial y se ha ido consolidando. Fue ideado por el Dr. A. Casagrande en la Universidad de Harvard, en 1942, quien originalmente lo creó como un sistema de clasificación de materiales para aeropuertos. El Sistema Unificado de Clasificación de

Suelos, SUCS (IRAM 10509 y ASTM D 2487 y 2488) fue tentativamente adoptado por el Departamento de ingeniería de los EEUU en 1942 y definitivamente presentado a la ASCE en 1948 (Casagrande 1942, 1948). La U.S. Army Corps of Engineers comenzó a emplearla en 1953 en tanto que la U.S. Bureau of Reclamation lo hizo en 1974. Está basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico) de los suelos.

Tabla 3.3 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Modificado de Badillo, J.1980).

División principal	Símbolo	Criterios de clasificación		Descripción
		Criterios de clasificación	Requerimientos suplementarios	
Grano grueso: Más del 50% en peso que el tamiz #200	Suelo gravosos: más del 50% de la fracción gruesa es retenida por el tamiz #4	GW	0-5% D ₆₀ /D ₁₀ > 4 D ₃₀ /(D ₆₀ *D ₁₀)=1-3	Gravas bien graduada, grava arenosa.
		GP	Cuando no se cumple las condiciones para GW	Gravas mal gradadas o discontinuas, gravas arenosas
		GM	≥ 12% IP < 4 o bajo la línea A	Gravas limosas o limo arenosa
		GC	IP > 7 o sobre la línea A	Gravas arcillosas o arcillo-arenosas
Grano fino: más del 50% en peso que el tamiz #200	Suelos arenosos: más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz #4	SW	0-5% D ₆₀ /D ₁₀ > 4 D ₃₀ /(D ₆₀ *D ₁₀)=1-3	Arenas bien gradadas, arenas gravosas
		SP	Cuando no se cumple las condiciones para SW	Arenas mal gradadas. Arenas gravosas
		SM	≥ 12% IP < 4 o bajo la línea A	Arenas limosas, arenas limosas-gravosas
		SC	IP > 7 o sobre la línea A	Arenas arcillosas, arenas arcillosas-gravosas.
Grano fino: más del 50% en peso que el tamiz #200	Baja compresibilidad: LL < 50	ML	>50% Bajo la línea A.	Limo, arena muy fina, arena fina limosas o arcillosas, limos micáceos
		CL	>50% Sobre la línea A	Arcillas de baja plasticidad, arcillas arenosas o limosas
		OL	>50% Bajo la línea A y olor o color a sustancia orgánica.	Limos orgánicos y arcillas de baja plasticidad
	Alta compresibilidad: LL > 50	MH	>50% Bajo la línea A	Limos micáceos. Limos de diatomea. Cenizas volcánicas
Suelos con materia orgánica fibrosa		CH	>50% Sobre la línea A	Arcillas muy plásticas. Arcillas arenosas
		OH	>50% Bajo la línea A y olor o color a sustancia orgánica.	Limos orgánicos. Arcillas de alta plasticidad
Suelos con materia orgánica fibrosa		Pt	----	Materia orgánica fibrosa; se carboniza, quema o se pone incandescente

3.2.2.7 Características geotécnicas

Para clasificar y conocer el comportamiento geotécnico de un suelo, es necesario introducir métodos de ensayo y definir parámetros que constituyen los índices de las propiedades físicas que caracterizan un suelo (Bowles, J.E. 1981)

✓ Humedad (W): Se expresa como el porcentaje que relaciona el peso del agua, en la masa de suelo y el peso de los sólidos en la misma masa (Bowles, J.E. 1981).

$$W = W_w / W_s (\%) \quad (3.1)$$

Donde:

W = Humedad natural.

W_w = Peso del agua.

W_s = Peso de los sólidos.

Tabla 3.4 Clasificación de los suelos según su condición física (González De Vallejo, L. 2002).

Tipo de Suelo	Características
Suelos aluvionales (Qal)	Transportados por el agua de escorrentías, por los ríos o las aguas, acumulados recientemente sobre suelos residuales, roca descompuesta, rocas meteorizadas y/o frescas. El tamaño de sus granos es de fino a muy grueso, su forma es subredondeada.
Suelos Coluviales (Cv)	Suelos de pie de ladera y/o vertientes, originados por arrastre de arrolladas difusas y/o repteo de suelos residuales y rocas descompuestas; son acumulados generalmente sobre suelos aluvionales. Consisten en peñones, bloques, gravas, arenas, limos y arcillas).
Suelos Residuales (Sr)	Suelos originados por alteración in situ y por la disgregación de la roca descompuesta.
Lastra (L)	Son materiales blandos constituidos por peñones, guijarros, grava, y arenas, pobremente cementadas por óxidos e hidróxidos de hierro, de estructura porosa y fácilmente desmenuzables mecánicamente y se encuentran formando costras irregulares de espesores variables que yacen en el lecho del río, excepto en canales principales y algunos sectores ribereños e islas.

- ✓ **Peso Unitario o densidad in situ:** El peso Unitario lo definimos como el peso de una sustancia por unidad de volumen. El Peso Unitario también es conocido como la densidad del suelo (Bowles, J.E. 1981).

Para determinar el Peso Unitario en el terreno, se utilizan distintos métodos, dentro de los cuales encontramos: El cono de Arena, El Método de la parafina, El método del Cilindro, del aceite y del densímetro nuclear. Todos estos métodos tienen como objetivo determinar la densidad in situ o su peso unitario húmedo de la muestra de estudio y su volumen, sin embargo estos métodos difieren principalmente en la forma de obtener dicho volumen (Bowles, J.E. 1981).

- ✓ **Análisis granulométrico (Método Mecánico):** en este análisis granulométrico se intenta determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presentes en una masa de suelo. Para obtener un resultado significativo la muestra debe ser estadísticamente representativa, como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaños. Para lograr esto se obtiene la cantidad de materiales que pasa a través de un tamiz con una malla dada pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores al anterior y se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de los tamices. (Bowles, J.E. 1981).

Los tamices son mallas hechas de alambre forjado con aberturas rectangulares que varían desde 101,6 mm (4”) en la serie más gruesa hasta el número 400 (0,038 mm) en la serie correspondiente a suelo fino. El tamiz N° 200 (0,075) es el tamiz más pequeño en la práctica. Todos los sistemas de clasificación utilizan este tamiz como un punto divisorio, ya que las clasificaciones se basan generalmente en términos de la cantidad retenida o la cantidad que pasa a través del mismo tamiz. (Bowles, J.E. 1981).

La información obtenida en el análisis granulométrico se presenta en forma de curva, para poder comparar suelos y visualizar fácilmente la distribución de los tamaños de los granos presentes. Los suelos típicos que contienen partículas que varían entre tamaños de 2,00 mm y 0,075 mm se consideran pequeñas, por lo cual sería necesario recurrir a una escala muy grande para poder dar el mismo peso y precisión de la lectura de todas las medidas, es necesario recurrir a una representación logarítmica para los tamaños de partículas (Bowles, J.E. 1981).

✓ Representación gráfica del análisis granulométrico: la forma más práctica y conveniente para representar el análisis granulométrico, es por medio de un gráfico semi-logarítmico, en el que las abscisas, representen el logaritmo del diámetro (mm) de las partículas, la ordenada izquierda, el porcentaje en peso que pasa a través de los tamices y la ordenada derecha el que queda retenido en éstos. (Bowles, J.E. 1981).

Una de las ventajas más importantes de la representación semi-logarítmica estriba en que las curvas granulométricas de suelos de igual uniformidad, tienen formas idénticas, cualquiera sea el tamaño medio de sus partículas, y además la distancia horizontal entre dos curvas de la misma forma es igual al logaritmo de la relación entre los tamaños medios de los granos de los suelos representados. (Bowles, J.E. 1981).

✓ Límites de consistencia: los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido. El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica

de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse. (Bowles, J.E. 1981).

El método usado para medir estos límites de humedad fue ideado por Atterberg a principios de siglo a través de dos ensayos que definen los límites del estado plástico. Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. (Bowles, J.E. 1981).

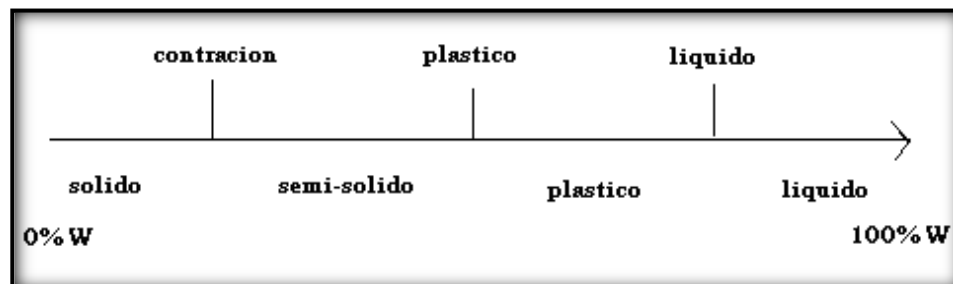


Figura 3. 1 Límites de Atterberg(Bowles, J.E. 1981).

✓ Limite líquido:

1. Por la Norma NCh 1517:se identifica en el laboratorio como la humedad necesaria para que una hendidura practicada en la muestra y de dimensiones precisas se cierre, en determinada longitud, cuando la muestra se somete a una manipulación controlada. Este constituye porcentajes altos de humedad en los cuales por debajo la muestra se comporta como plástico, y por encima se comporta como liquido (Bowles, J.E. 1981).

2. Por la Norma ASTM D4318-00:este método cubre la determinación del límite líquido de un suelo mediante la elaboración de una curva de flujo, resultado de

la determinación de tres puntos con la ayuda del equipo de Casagrande (Bowles, J.E. 1981).

El límite líquido es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo. El límite líquido se define como el contenido de agua necesario para que la ranura de un suelo ubicado en el equipo de Casagrande, se cierre después de haberlo dejado caer 25 veces desde una altura de 10 mm. El límite líquido puede utilizarse en ocasiones para estimar asentamientos en problemas de consolidación, también es útil para predecir la máxima densidad en estudios de compactación (Bowles, J.E. 1981).

Límite plástico: Se define como límite plástico al contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, donde el suelo cambia de estado semi-sólido a plástico.

Para medir la plasticidad de las arcillas se han desarrollado varios criterios de los cuales se menciona el desarrollado por Atterberg, el cual dijo en primer lugar que la plasticidad no es una propiedad permanente de las arcillas, sino circunstancial y dependiente de su contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, y esa misma, con gran contenido de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o, inclusive, las de una suspensión líquida. Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido de agua en que la arcilla se comporta plásticamente. En segundo lugar, Atterberg hizo ver que la plasticidad de un suelo exige, para ser expresada en forma conveniente, la utilización de dos parámetros en lugar de uno (Bowles, J.E. 1981).

Según su contenido de agua en forma decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definido por Atterberg.

1. Estado líquido, con las propiedades y apariencias de una suspensión.
2. Estado Semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
3. Estado Plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
4. Estado semi sólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto ha secado.

Por la Norma ASTM D4318-00, el contenido de agua es definido arbitrariamente como aquel donde el suelo, después de dejarse moldear hasta alcanzar rollitos de 3.2 mm de diámetro, se empieza a romper en pequeñas piezas.

Índice de Plasticidad: Es un parámetro físico que se relaciona con la facilidad de manejo del suelo, por una parte, y con el contenido y tipo de arcilla presente en el suelo, por otra: Se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (Bowles, J.E. 1981).

$$\underline{IP} = LL - LP > 10 \text{ plástico} \quad (3.2)$$

$$IP = LL - LP < 10 \text{ no plástico} \quad (3.3)$$

Valores menores de 10 indican baja plasticidad, y valores cercanos a los 20 señalan suelos muy plásticos.

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Suelos

El suelo es la parte más superficial de la corteza terrestre, el cual está constituido principalmente por fragmentos de rocas y en menor proporción de materia orgánica. Geológicamente hablando, los suelos según la gran mayoría de los autores, tienen dos posibles orígenes, los cuales son suelos residuales y suelos transportados (Pérez, V. 1998).

3.3.1.1 Suelos residuales

Son los más antiguos de todos y están compuestos por el residuo resultante de la intemperización de la roca, producida por fuerzas físicas, químicas y biológicas que dan como consecuencia la formación del suelo (Pérez, V. 1998).

3.3.1.2 Suelos transportados

Estos son de origen orgánicos, productos de la descomposición de las rocas con contenido de materia orgánica vegetal descompuestas (Pérez, V. 1998).

3.3.2 Clasificación del tamaño de grano

3.3.2.1 Bloque

Es un fragmento de roca mayor que los cantos rodados pero que está suelto, de modo que puede ser movido por procesos mecánicos naturales como las corrientes de agua, los movimientos de tierra o la fuerza de la gravedad en las laderas suficientemente inclinadas. Su tamaño es >25 cm (Tejada, G. 1994).

3.3.2.2 Canto rodado

Es un fragmento de roca suelta, un canto rodado adquiere una morfología más o menos redondeada, subredondeada, sin aristas y con la superficie lisa, debido al desgaste sufrido por los procesos erosivos. Su tamaño está comprendido entre 6-25 cm (Tejada, G. 1994).

3.3.2.3 Grava

Se denomina grava a las rocas de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm (Tejada, G. 1994).

3.3.2.4 Arena

Es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm (Tejada, G. 1994).

3.3.2.5 Limo

Es un material suelto con una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla. El diámetro de las partículas de limo varía de 0,002 mm a 0,06 mm (Tejada, G. 1994).

3.3.2.6 Arcilla

Está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la

descomposición de rocas que contienen feldespato, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años su tamaño es $< 0,002$ mm (Tejada, G. 1994)

Aguas de escorrentía

3.3.3 Erosión

Es la degradación y el transporte de material o sustrato del suelo, por medio de un agente dinámico, tales como el agua, el viento, el hielo o la temperatura. Estos Pueden afectar a la roca o al suelo, e implica movimiento, es decir, transporte de granos y no a la disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización. La erosión es uno de los principales actores del ciclo geográfico. La erosión del suelo es un proceso natural causado por las aguas superficiales, el viento en menor medida y puede verse incrementado por las actividades humanas o antropológicas (Guntermann, A. 2000).

3.3.4 Aguas de escorrentía

Las aguas de escorrentía son las aguas que caen y corren sobre los techos de los edificios, en calles, aceras y en cualquier otra superficie impermeable durante un evento de lluvia. Estas aguas en lugar de introducirse en el suelo, corren sobre las superficies y llegan a los drenajes pluviales. Estas se caracterizan por arrastrar todo lo que este a su alcance, entre esto la basura y otros contaminantes que se desechen ose descarten inadecuadamente(Jouayed, K. y Rita, E. 1999).

3.3.4.1 Agua de arroyada

Se desplazan sobre las vertientes a manera de redes de hilillos diseminados o en delgadas películas o mantos. En una vertiente determinada, en caso de que llueva en forma persistente, llega el momento en que la capa superficial del suelo queda

completamente empapada, lo cual limitará la infiltración, y hará que el exceso de agua tienda a acumularse en la superficie. Posteriormente, los charquitos rebasarán sus límites y se producirá el escurrimiento (Jouayed, K. y Rita, E. 1999).

3.3.4.2 Agua encauzadas

Como su nombre lo dice, a diferencia de las anteriores, éstas discurren a lo largo de cauces bien definidos, para formar desde pequeñas quebradas hasta ríos de mayor tamaño. Las aguas encauzadas son abastecidas tanto por las aguas subterráneas como por las aguas de arroyada; estas últimas discurren por las vertientes y desembocan en los cauces ubicados aguas abajo. Los espacios por donde se mueven las aguas de arroyada reciben el nombre de interfluvios (Jouayed, K. y Rita, E. 1999).

3.3.5 Cárcavas

Se definen según Santiago, J. (1990) como canales o cauces profundos, originados por el socavamiento repetido del terreno producto de la erosión hídrica que afecta las capas de materiales no consolidados de la superficie terrestre, ocasionando el flujo incontrolado del agua de escorrentía ladera abajo, convirtiéndose en cauces de concentración y transporte de agua junto a sedimentos de magnitudes variables en sitios irregulares o depresiones superficiales del suelo desprotegido o trabajado inadecuadamente. A medida que van evolucionando crecen hacia arriba y hacia los lados de las laderas haciéndose cada vez más anchas y profundas formando torrentes o micro cuencas.

3.3.5.1 Cárcavas activas

Son aquellas que en la actualidad poseen un grado de erodabilidad muy acelerado, su crecimiento es incesante y su evolución es constante debido

principalmente a las aguas de escorrentía y a las fluctuaciones eventuales del nivel freático, así como los efectos de acuíferos que afloran en el talud o en la base del mismo que provocan deslizamientos de las secuencias suprayacentes por desestabilización de las mismas. Ellas muestran un crecimiento que varía desde unos centímetros hasta varios metros a lo largo de un mismo periodo de lluvias (Jouayed, K. y Rita, E. 1999).

3.3.5.2 Cárcavas poco activas

Son las que presentan un grado de erodabilidad mediano, es decir el proceso de erosión es menos acelerado o frenado por alguna estructura artificial. Es posible que presenten sectores desnudos de vegetación y, a su vez, sectores con alguna cubierta que le provee estabilidad a las vertientes (Jouayed, K. y Rita, E. 1999).

3.3.5.3 Cárcavas estables

Este tipo posee un grado de erodabilidad menor, por lo tanto ofrecen más resistencia a los procesos de denudación y erosión del suelo. Sus características principales evidencian la existencia de una capa de vegetación que protege la mayor parte de las vertientes. Es importante destacar que la estabilidad de la cárcava en una zona depende también del conjunto de infraestructuras desarrolladas para detener de forma efectiva su crecimiento. El retroceso o crecimiento de estos barrancos es insignificante luego de finalizado un mismo periodo lluvioso (Jouayed, K. y Rita, E. 1999).

3.3.5.4 Cárcavas incipientes

Conforman zonas de poca profundidad, las que pueden medir una anchura de hasta un (1) metro. La evolución del crecimiento de estas cárcavas dependerá de la

densidad de vegetación que cubra el suelo y también de factores como la alteración de la infiltración aguas arriba como consecuencia de las variadas actividades realizadas por el hombre (Jouayed, K. y Rita, E. 1999).

3.3.6 Topografía

3.3.6.1 Brújula topográfica

Consta de una aguja imantada que va apoyada por su centro de gravedad en un pequeño pivote vertical. La parte norte de la aguja se reconoce porque va pavona. La caja que guarda en su interior la brújula, se lleva en el fondo un limbo graduado, generalmente de graduación sexagesimal (Gil, T. García, H. Castrillo, S. y Hernández, E. 2003).

3.3.6.2 Eclímetro

Es un goniómetro que se utiliza para medir ángulos cenitales. El eclímetro de línea, permite efectuar la lectura cenital ya corregida, van provistos de un nivel de gran sensibilidad que calamos en cada visual girando el limbo, para hacer coincidir el cero de la graduación en la posición en coincidencia con el cenit. (<http://topve5.blogspot.com/2007/05/eclmetro-o-nivel-de-mano.html>).

3.3.6.3 Planimetría

A la parte del trabajo topográfico consistente en determinar la situación de los puntos del terreno en el plano de proyección XY. Los instrumentos y métodos topográficos planímetros son los que se emplean para realizar las mediciones que nos van a permitir obtener una representación planimetría del terreno (García, A. Rosique, M. Segado, F. 1996).

3.3.6.4 Levantamiento topográfico

Es el conjunto de operaciones topográficas para recolectar los datos necesarios para la representación de una porción de la superficie (García, A. Rosique, M. Segado, F. 1996).

3.3.6.5 Escala

Es la relación que existe entre cada distancia en el mapa de la correspondientes en el terreno (López, F. López, C. y Pérez, C. 2006).

3.3.6.6 Secciones transversales

Son perfiles en sentido perpendicular a un eje que puede ser tomado a ambos lados de dicho eje en una línea base en el levantamiento de un plano (López, F. López, C. y Pérez, C. 2006).

3.3.6.7 Talud o ladera

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente (Hernández Enniolis, 2007).

3.3.6.8 Pie de talud

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior (Hernández, Enniolis, 2007).

3.3.6.9 Rasante

Se proyectan sobre el perfil longitudinal a lo largo del eje. Al igual que en el proyecto de la planta de la carretera, para el alzado se proyectan alineaciones rectas entre las cuales se encajan curvas de acuerdo vertical (<http://html.rincondelvago.com/altimetria.html>).

3.3.6.10 Cabeza o escarpe

Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior (Hernández, Enniolis, 2007).

3.3.7 Pendiente

Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m., es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical (Hernández, Enniolis, 2007).

3.3.9 Mapa geotécnico

Es aquel mapa geológico en el que mediante una investigación de la estructura tectónica de la corteza terrestre, composición de las rocas que forman la parte más superficial de la misma, análisis de los fenómenos geológicos actuales y con las experiencias habidas en otras zonas geológicas y geográficas similares, se establece una distribución de los procesos y fenómenos geotécnicos, descubre los factores que rigen las condiciones geológicas para la construcción y predice los campos que en las condiciones geotécnicas pueden producir esas construcciones. (http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1281).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

La investigación se caracteriza por ser descriptivo y exploratorio, ya que según Hernández, G. (2003) “La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice”. Consiste en la caracterización de un hecho, o fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento, y la investigación Exploratoria.

4.2 Diseño de la investigación

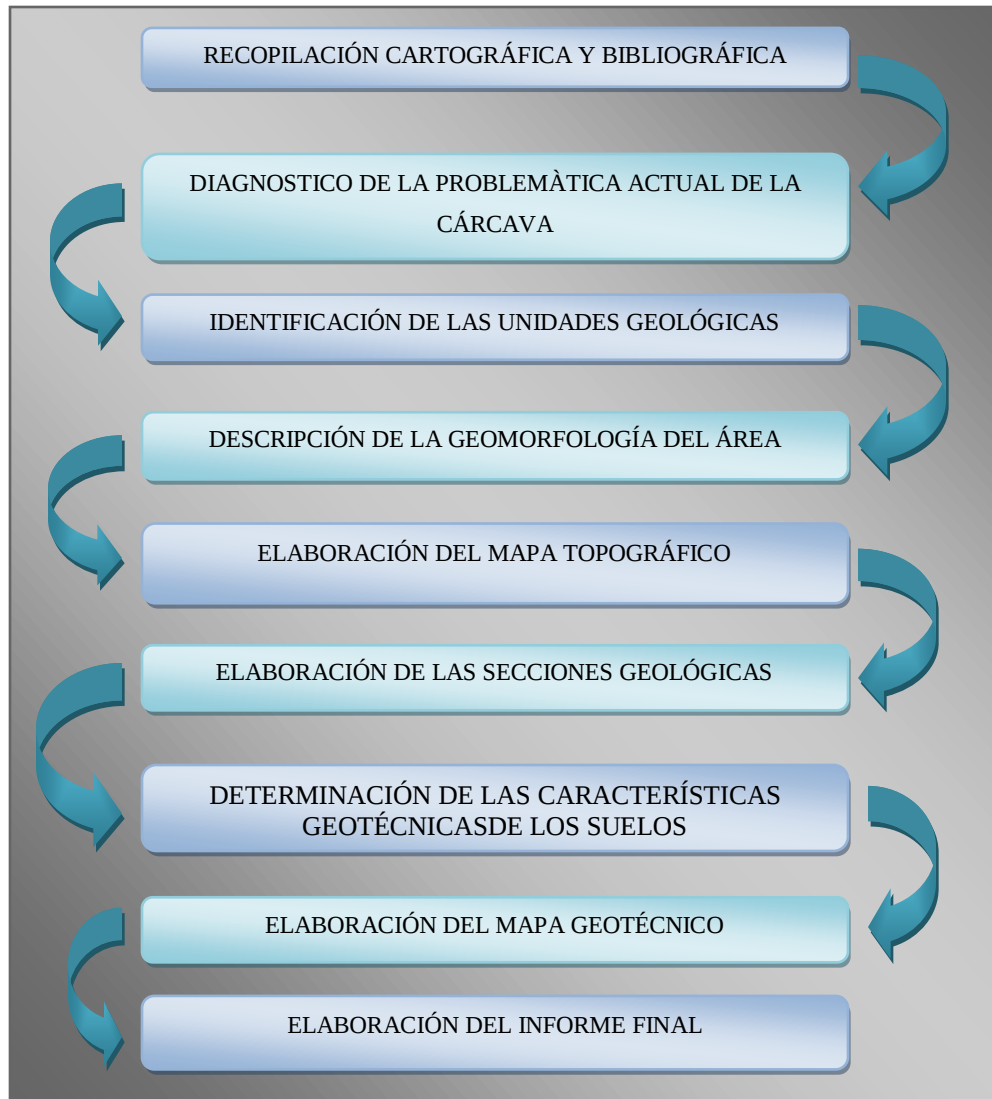
Este trabajo se realizará a través de un documental de campo. Al respecto Hernández, G. (2003) define que la investigación de campo es “Aquella que el mismo objeto de estudio sirve de fuente de información para el investigador”. Consiste en la observación directa y en vivo, de casos, comportamientos de personas, circunstancias en que ocurren ciertos hechos; por ese motivo la naturaleza de las fuentes determina la manera de obtener datos. De acuerdo a la definición se deduce que la investigación se adecua perfectamente al diseño de campo porque la misma se observa directamente los factores a estudiar.

4.3 Recopilación de investigación bibliográfica y trabajo de campo

Esta etapa consistió en una búsqueda y recopilación de información bibliográfica que aportó datos para la realización del proyecto, así como también fueron observadas las condiciones de la zona a investigar.

4.4 Etapas de la investigación

Los pasos que se siguieron durante el desarrollo de este trabajo de esta investigación son los que se muestran en la Figura 4.1.



4. 1 Flujograma de actividades.

4.3.1 Recopilación bibliográfica y cartográfica

Para dar continuidad al estudio planeado se obtuvo la información bibliográfica de trabajos de grados presentados en la Escuela de Ciencias de La Tierra de la Universidad de Oriente, buscando una orientación más actual y específica acerca del problema de las cárcavas en la ciudad, de forma tal que los mismos sirvieran de guía para realizar las posteriores actividades de campo. Las fuentes bibliográficas permitieron conocer y discutir los aspectos generales más importantes sobre el tema de estudio, tales como la geología, geografía y geomorfología presente en el área, y así poder tener un indicio de cuáles eran los aspectos a tomar en cuenta a la hora de obtener los resultados geológico-geotécnicos y dar respuesta a los objetivos planteados, una vez definida la zona de estudio y la problemática que ésta presenta, se reconoció la zona observando y fotografiando los aspectos geológicos de interés y reflejándolos en un croquis de ubicación. A partir de ellos se establecieron los límites del área de trabajo, los objetivos, alcances y limitaciones de la investigación.

4.3.2 Diagnóstico de la situación actual del área en estudio

A través de visitas a campo se determinó el diagnóstico de la problemática que afecta al área de estudio ubicado en el sector El Mirador de la parroquia La Sabanita, donde se llevaron a cabo actividades que permitieron obtener y clasificar las características geológicas y geotécnicas de la cárcava, levantamiento topográfico, recolección de muestras mediante calicatas y posterior realización de los diferentes ensayos; que proporcionaron los datos necesarios para llevar a cabo la investigación. También se visualizó la presencia de una cárcava activa asociada a mecanismos de erosión que actúan con gran intensidad, entre ellos los diferentes drenajes que se encuentran in situ, siendo esto en gran parte por la falta de servicios públicos (aguas residuales) que son vertidas a la cárcava acelerando los procesos erosivos.

4.3.3 Identificación de las unidades litológicas en el área de estudio

Para la identificación de las unidades geológicas presentes, se tomó en cuenta los aspectos más importantes tales como la granulometría, color, presencia de estructuras sedimentarias, entre otros. Debido a que estas unidades geológicas están expuestas a los efectos de meteorización fue necesaria la utilización de ciertos instrumentos para observar las características físicas reales de la zona para posteriormente ser analizadas en el laboratorio, luego de definir las unidades geológicas presentes en la zona de estudio se procedió a la elaboración del mapa geológico, para ello se realizó el mapa topográfico primeramente para ser usado como mapa base, y luego integrando datos geológicos como espesores de las unidades se procede a la elaboración del mapa delimitando cada una de las unidades presentes para finalmente referenciar los puntos con sus respectivas coordenadas UTM.

4.3.4 Descripción de la geomorfología presente en el área de estudio.

La descripción de la morfología presente en el área de estudio, se hizo mediante observaciones directas, pero en este caso enfocándonos en los aspectos más prominentes que definen la geomorfología del área. Se procedió a la visualización de los rasgos geomorfológicos como topes de mesa, escarpes, taludes y los tipos de erosión que actúan bien sea de tipo laminar, en surcos, por salpicaduras, entre otros.

4.3.5 Elaboración del mapa topográfico

Para la elaboración del plano topográfico se realizó un levantamiento en campo, para ello primero se midió con una cinta métrica el tramo a levantar lo cual corresponde a 250 metros aproximadamente, posteriormente con el uso de instrumentos como la brújula, el eclímetro y el GPS se procedió al levantamiento de la zona de estudio.

Con el eclímetro se tomaron los ángulos verticales, la brújula permitió obtener el azimut el cual representa el ángulo horizontal, la distancia inclinada se midió con la cinta métrica y el GPS se utilizó para conocer las coordenadas del punto de partida. Una vez obtenido todos los datos de campo, ángulos horizontales ($\angle H$), ángulos verticales ($\angle V$) y distancias inclinadas (DI) se procede a la fase de oficina. Se procedió al cálculo de las distancias horizontales y cota de cada punto tomado en campo a través de distintas fórmulas (Ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3).

El cálculo de la distancia horizontal (DH) se hace mediante la siguiente fórmula:

$$DH = DI \times \cos(\angle V) \quad (4.1)$$

Luego se procede al cálculo del desnivel del terreno (DN), mediante la siguiente fórmula:

$$DN = DI \times \sin(\angle V) \quad (4.2)$$

Y finalmente el cálculo de las Cotas de cada uno de los puntos, se realiza mediante la fórmula:

$$\text{Cota buscada} = \text{Cota Conocida} \pm DN \quad (4.3)$$

Una vez calculado todos los datos necesarios se procedió a la elaboración del plano topográfico, en donde se comenzó con la construcción de una cuadrícula diseñada a una escala de 1:500 en donde se ubicaron los puntos tomados en campo por sus respectivas coordenadas.

En el plano a través de las cotas de los puntos se dibujaron las curvas de nivel, las cuales muestra la forma del relieve del terreno, finalmente se identifican puntos de muestreo, drenajes u otro aspecto que sea de interés para el intérprete.

4.3.6 Elaboración de secciones geológicas de los taludes afectados

Para cumplir con este objetivo se tomó como referencia el mapa topográfico, observando en este las zonas de mayor erosión e identificando los estratos presentes en el área de estudio a través de la observación directa realizada en campo.

Las secciones fueron digitalizadas a través del programa AutoCAD (2015). en el cual se realizaron tres cortes transversales al mapa topográfico y un corte longitudinal, se plotearon los puntos de corte de acuerdo a sus cotas y distancias horizontales; recordando que las secciones geológicas son un corte vertical normal al alineamiento horizontal en el caso de las transversales y se utilizaron para observar la deformación que se presentaba en dicha zona, en las longitudinales representa un corte paralelo al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la cárcava en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural, estas fueron utilizadas para determinar la profundidad y desnivel de la cárcava y de esta forma observar las irregularidades que presenta el terreno en estudio.

4.3.7 Determinación de las características geotécnicas de los suelos

En este objetivo se recolectaron 9 muestras de suelo representativas en el tope, medio y base del talud a lo largo de todo el tramo en estudio, tomando en cuenta factores como cambios en las granulometría, coloración, presencia de estructuras sedimentarias y textura de cada una de ellas.

Para la extracción de las muestras se realizaron 9 calicatas de aproximadamente 1 metro cubico, donde se tomaron de 15 a 20 kg por cada muestra, estas muestras fueron debidamente guardadas en bolsas plásticas y sacos para posteriormente sellarlos y evitar la pérdida de humedad. Luego se procedió a Georeferenciar cada uno de los puntos de muestreo con ayuda de un Geoposicionador satelital (GPS) para posteriormente ubicar cada calicata en el mapa topográfico.

Finalmente las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Suelos de la Universidad de Oriente, ubicado en Ciudad Bolívar, para practicarle los ensayos correspondientes para su caracterización geotécnica, entre ellos, límites de consistencia, ensayo granulométrico, contenido de humedad, densidad y clasificación de los suelos.

4.3.7.1 Contenido de humedad

Este ensayo tiene como finalidad la determinación de la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

a. Equipos utilizados: balanza mecánica con una apreciación de 0,1 gr, taras de arcilla para determinar contenido de humedad y horno de secado.

b. Procedimiento: para determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo se procedió a pesar una tara o cápsula identificada adecuadamente; luego se colocó una muestra representativa de suelo húmedo y se determinó el peso del recipiente más el del suelo húmedo; este paso se realizó de manera inmediata para evitar la pérdida de humedad.

c. Después de pesar la muestra húmeda más el recipiente, se introdujo al horno para el secado por aproximadamente 24 horas. Cuando la muestra se secó, mostrando

un peso constante, se determinó, usando siempre la misma balanza, el peso del suelo seco más el del recipiente. Finalmente se determina el contenido de humedad W (Ecuación 4.4)

$$w\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (4.4)$$

Dónde:

$w\%$ = Porcentaje de humedad de la muestra.

W_w = Peso del agua.

W_s = Peso del suelo seco.

La diferencia entre el peso del suelo húmedo más el recipiente y el peso del suelo seco más el del recipiente, es el peso del agua que estaba presente en la muestra. Mientras que el peso del suelo seco se obtiene de la diferencia entre el peso de suelo seco más el recipiente y el peso del recipiente solo.

4.3.7.2 Densidad in situ

Se realizó utilizando 3 cilindros de metal, un vernier, taras, espátula, balanza y un Horno. Se da inicio al ensayo calculando el volumen de los cilindros midiendo con el vernier la altura y diámetro interno de estos y luego se pesa cada uno, seguidamente se colocan los cilindros en la superficie previamente nivelada uno por uno y sobre este el martillo se deja caer por su propio peso dando al cilindro tantos golpes como sea necesario para que quede totalmente enterrado. Con la espátula se desentierra el cilindro, tratando de no perder la muestra y se enrasan la muestra en los bordes del cilindro de manera que el volumen de esta corresponda al volumen del cilindro, se debe hacer el mismo procedimiento a cada uno de los cilindros. Inmediatamente se tapa ambas caras del cilindro para evitar que pierda humedad. Se pesa la muestra húmeda en el cilindro y por diferencia se calcula el peso húmedo,

teniendo este valor se calcula la densidad húmeda de la muestra. Se extrae la muestra del cilindro se toma una muestra de la parte superior e inferior del cilindro, se pesa y se mete al horno. Luego se pesa la muestra seca para determinar la humedad con este valor se puede calcular la densidad seca.

4.3.7.3 Análisis granulométrico

a. Equipos utilizados: juego de tamices, balanza electrónica con apreciación de 0,1gr, horno de secado, tamizadora.

b. Procedimiento:

- 1) Se pesó la muestra total a la cual se le va a realizar el ensayo, el cual fue de 500 gr.
- 2) Se lavó la muestra utilizando el tamiz N° 200.
- 3) Se secó la muestra y se pesó de nuevo para obtener el material pasante por el tamiz N° 200.
- 4) Se obtuvo el peso de cada tamiz y se apilaron para formar una columna, los de mayor diámetro en la parte superior y los de menor diámetro en la parte inferior.
- 5) Se agregó la muestra en el primer tamiz de la columna en la parte superior, se le ajustó la tapa y se llevó a la tamizadora de 5 a 10 minutos.
- 6) Una vez agitados, se retiran de la tamizadora y se pesa cada uno de los tamices con la cantidad de suelo retenido en él.
- 7) Se calculó el peso total de la muestra de la siguiente manera:

$$T = A + B_a \quad (4.5)$$

Dónde:

(T): Peso total de la muestra

(A): Fracción Granular Gruesa

(Ba): Fracción Granular Fina

8) Luego se calculó el peso retenido que es la diferencia del suelo retenido más tamiz menos el peso del tamiz, es decir:

$$Pr = (WTamiz + \text{Suelo Retenido}) - WTamiz \quad (4.6)$$

Dónde:

(Pr): Peso retenido en el tamiz

(WTamiz): Peso del tamiz

9) Se calcula el porcentaje retenido de la siguiente manera:

$$\%R = (Pr/T) \times 100 \quad (4.7)$$

Donde:

(%R): Porcentaje retenido

(Pr): Peso retenido en el tamiz

(T): Peso de la muestra total

10) Posteriormente se procede a calcular el porcentaje retenido acumulado para cada tamiz:

$$\%R \text{ Acum} = \%R_{tamiz1} + \%R_{tamiz2} \quad (4.8)$$

Dónde:

(%R Acum): Porcentaje retenido acumulado

(%Rtamiz1): porcentaje retenido del tamiz anterior

(%Rtamiz2): Porcentaje parcial retenido

Y así sucesivamente hasta tener el acumulado sumando hasta el pan.

11) Se calcula el porcentaje pasante:

$$\%P = 100\% - \%R \quad (4.9)$$

Dónde:

(%P): Porcentaje pasante

(%R): Porcentaje retenido acumulado

12) Luego se construyó la curva granulométrica, la cual se realiza en una tabla semilogaritmica que relaciona el porcentaje de material pasante con el diámetro el tamiz.

13) En vista de que las 9 muestras estudiadas no presentaron porcentaje de finos mayor al 12%, no fue necesario un ensayo de hidrómetro.

14) Luego se procede al cálculo del coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente curvatura (Cc), para cada una de las muestras mediante las fórmulas que se designan a continuación.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (4.10)$$

$$Cc = \frac{30^2}{(D_{10} * D_{60})} \quad (4.11)$$

Dónde:

D10= Decil 10, se obtiene de proyecciones en la curva granulométrica.

D30= Decil 30, se obtiene de proyecciones en la curva granulométrica.

D60= Decil 60, se obtiene de proyecciones en la curva granulométrica.

4.3.7.4 límites de consistencia

Denominados también límites de Atterberg, son los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estado, ellos marcan una separación arbitraria, pero suficiente en la práctica entre los estados sólido, semi-sólido, plástico, semi-líquido y líquido.

Límite líquido (WL): se denomina así cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

Dentro de los equipos para determinar el límite líquido están: aparato de Casagrande, acanalador, espátula, balanza electrónica, Tamiz N°40, envases para contenido de humedad, envases para mezclar, horno de secado.

El procedimiento que se siguió para la determinación del límite líquido fue el siguiente: se pulverizo una cantidad suficiente de suelo secado al aire. Tamizar la muestra usando el tamiz n° 40, y descartar el material retenido en el tamiz. Agregar el material pasante al recipiente para mezclar, añadir pequeñas cantidades de agua y mezclar cuidadosamente hasta obtener una mezcla pastosa. Colocar una cantidad de muestra en la copa Casagrande, comprimirla hacia abajo, de forma que quede paralela a la superficie de la base de goma, con la ayuda de la herramienta ranuradora, corta una ranura clara, recta, que separe completamente la masa de suelo en dos partes se acciona el equipo para alzar y dejar caer la copa dos golpes por segundo hasta lograr que las dos mitades se unan aproximadamente a 13mm. Se registra el número de golpe en el que cerró la ranura.

Se debe repetir este paso y obtener como mínimo dos veces el mismo número de golpe para la misma muestra. Tomar, con ayuda de la espátula, una muestra pequeña de la masa de suelo en la zona de cierre de la ranura y colocarla en una

capsula de porcelana, previamente pesada, y registrar su peso. Retirar el sobrante de la muestra y colocarlo en el envase para mezclar y limpiar la tasa Casagrande. Repetir el procedimiento por lo menos 5 veces, tratando de obtener tres puntos por debajo de 25 golpes y 3 por encima. Colocar las capsulas de porcelana en el horno y dejar seca durante la noche.

Límite Plástico (WP): se denomina así cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Dentro de los equipos para determinar el límite plástico están: placa de vidrio, envases para contenido de humedad, horno de secado.

El procedimiento consiste en que una vez finalizado el ensayo de límite líquido, se toma una porción del material restante en la cápsula de porcelana, y se enrolla el suelo con la mano sobre una placa de vidrio, con suficiente presión para moldearlo en forma de cilindro de diámetro uniforme. Cuando el diámetro del cilindro llegue a 3 mm se debe romper en pequeños pedazos, y con ellos moldear unas masas que a su vez vuelvan a enrollarse. El proceso de hacer masas de suelo y enrollarlas debe continuar alternativamente hasta que el cilindro de suelo se rompa bajo la presión de enrollamiento y no permita que se enrolle adicionalmente. Esta secuencia debe repetirse el número de veces que se requiera para producir suficiente pedazos que permitan llenar dos cápsulas de humedad (el límite plástico se corresponde con este valor), se lleva la muestra al horno y se determina el contenido de humedad; se introdujeron también en el horno otras muestras en sus respectivas capsulas, con las cuales se sacó un promedio. Finalmente el índice de plasticidad (IP), se obtiene de la resta del límite líquido menos el límite plástico.

4.3.8 Elaboración del Mapa Geotécnico

Este mapa se elaboró a partir del plano topográfico, en donde se representa la distribución de los tipos de suelo ubicados en el área de estudio y las zonas de mayor sensibilidad o afectación por los procesos erosivos. Esto se logra a partir de la ubicación de las calicatas realizadas en campo por medio de las coordenadas UTM tomadas en el levantamiento topográfico con el GPS; estas calicatas se realizan para la recolección de muestras y el posterior análisis de dichas muestras, permitiendo la clasificación de los suelos mediante la utilización del sistema unificado de clasificación de los suelos (S.U.C.S); luego se representa en el mapa las características geotécnicas. El objetivo principal de este mapa es definir las zonas más susceptibles a deslizamientos, es decir las zonas de alta sensibilidad o de alto riesgo geológico en el área de estudio, basándonos en las características geotécnicas de los suelos. La digitalización del mapa se realizó a partir del programa AutoCAD 2015.

4.4 Población de la investigación

Según Ortiz, F. (2004), la población es un conjunto formado por todos los elementos que poseen una serie de características comunes a todos ellos y en este caso la población está constituida por el sistema de cárcavas que se encuentran en la parroquia la Sabanita.

Para el desarrollo de esta investigación se tomó como universo toda el área comprendida en la calle Colon del sector El Mirador en Ciudad Bolívar.

4.5 Muestra de la investigación

Según Ortiz, F. (2004), la muestra es una parte o fracción representativa de una población, universo o colectividad que ha sido obtenida con el fin de investigar

ciertas características del mismo. Por consiguiente, en esta investigación se tomaron 9 muestras de suelo para efectuar los ensayos respectivos y determinar así las características geotécnicas de cada una, referenciadas a su vez con la ayuda del GPS.

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la elaboración de trabajo en campo, se implementaran las siguientes herramientas, con el fin de medir, tomar datos y, recopilar muestras.

Según Ballestrini, M. (1998) “se concibe como una lectura general de los textos que poseen las fuentes de información de intereses para el investigador, y que le permiten extraer los datos que le sean de utilidad para la investigación”. Se recabaron datos de tesis, libros y textos en la web que sirvieron de guía para la investigación.

Según Méndez, C. (1991) “La observación es participante directa cuando el investigador forma parte activa y asume comportamiento del grupo observado obteniendo así, los datos más importantes que estén en relación directa con el problema de investigación”. La observación directa fue utilizada en campo para determinar la problemática existente en la cárcava.

Los instrumentos utilizados en campo para la recolección de datos fueron los siguientes:

1. Cinta métrica.
2. Libreta de Campo.
3. Cámara fotográfica.
4. Regla plegable.
5. Machete.
6. Pico.

7. Espátula.
8. Chícora
9. Pala
10. Eclímetro
11. Geoposicionador Satelital (GPS).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Diagnóstico de la situación actual del área en estudio

La problemática que afecta las cárcavas dentro de las áreas urbanizadas reside en el hecho de que los procesos naturales de infiltración y escorrentía se han alterado completamente: en condiciones normales, sin la influencia antrópicas, las cárcavas retroceden muy poco a lo largo del año, pero el problema del retroceso desmesurado reside en el hecho de que gran parte de la superficie en el tope de las mesas ha sido impermeabilizada con capas de cemento, asfalto y techos de distintos materiales, lo cual genera un exceso de escorrentía durante el periodo de lluvia (Mayo-Noviembre). Para entonces las calles se convierten en especies de quebradas efímeras que conducen grandes volúmenes de agua hacia el borde de las mesas, justo donde se encuentran los barrancos, cuyas paredes están constituidas por materiales no consolidados.

Estas cárcavas, consisten desde pequeñas zanjas de menos de un metro de profundidad hasta verdaderos valles en forma de garganta o en "V", de varias decenas de metros tanto de profundidad como de anchura. El retroceso de las cabeceras de los barrancos puede convertirse en una amenaza real para la estabilidad de las infraestructuras adyacentes, pudiendo incluso convertirse en un peligro para la vida de las personas que habitan dentro de las zonas afectadas.

Adicional al fenómeno de erosión en cárcavas, se suma la existencia de acumulación de desechos sólidos en las mismas, lo cual acelera la erosión, y contribuye a la proliferación de plagas que afectan a los habitantes del sector, además de constituirse en contaminación visual, todo esto en detrimento de la calidad de vida

en estas áreas.



Figura 5.1 Vista parcial de la cárcava presente en el sector El Mirador.

5.2 Descripción de las unidades geológicas presentes en el área de estudio

En el área de estudio se identificó una unidad litológica, que es la Formación Mesa. Constituida por una secuencia de sedimentos no consolidados de facies mixtas (arenas limosas y arcillosas). Los sedimentos de la Formación Mesa en la zona de estudio, son en su mayoría arenas de grano medio a fino con poca presencia de limo y arcilla siendo estas más comunes en el medio de la cárcava, y en menor proporción arenas gruesas a media con poca presencia de limo y arcillas, encontrándose estas en su mayoría en el tope y base del talud. La coloración de las arenas es marrón rojizo con varias tonalidades, entre claro y oscuro en el tope y medio de talud; mientras que en la base se pudo observar una coloración más clara entre amarillo pálido y blanco se presume que esto es debido a las aguas de escorrentía, surcos y drenajes

encontrados en el área de estudio que permitieron la erosión y el transporte del material del tope y medio de talud a la base (Figura 5.2).



Figura 5.2 Formación Mesa (A).

5.3 Descripción de la geomorfología presente en el área de estudio

El relieve que presenta el área de estudio es una planicie disectada, debido a los procesos erosivos que han tenido lugar en el área de estudio. Se pueden ubicar 3 zonas, las más altas y planas, el tope de mesa, las moderadamente inclinadas que preceden a los escarpes y en las zonas más bajas se encuentran las micro terrazas y surcos. Definiciones ajustadas a la terminología convencional usada en geomorfología.

En la figura 5.3 se muestran los rasgos geomorfológicos presente en la cárcava, los cuales son los siguientes: escarpes, topes de mesa, talud de detritos así como también presencia de micro terrazas. La erosión presente en la zona de estudio es de tipo laminar, en surcos y por salpicadura por gotas de lluvia.

La erosión laminar es predominante en el área, ésta representa la remoción del suelo en delgadas capas o películas y aun en los lugares cubiertos de vegetación se hace presente. Para determinar su intensidad es necesario tomar en cuenta la protección vegetal del suelo y la pendiente que posee el talud. De tal manera la erosión laminar baja ocurre principalmente en las zonas de pendiente baja que están cubiertas ampliamente de vegetación, como ocurre hacia el sur del área de estudio que está cubierto por matorrales e inclusive algunos árboles y arbustos. La erosión laminar moderada se desarrolla en lugares de poca cubierta vegetal e inclusive pueden estar desprovistas de la misma y que poseen pendientes moderadas, tal es el caso del norte del área de estudio, la cual se encuentra en ausencia de capa vegetal.

La erosión laminar intensa se desarrolla en las zonas de pendiente altas que están desprovistas de vegetación, tal es el caso del tramo central de la cárcava y los caminos que bordean las parcelas de las urbanizaciones. Este proceso es visualmente perceptible cuando se carece de una cubierta vegetal. De mayor intensidad que la erosión laminar, en algunos sitios muy localizados se presenta la erosión en surcos. Las magnitudes y densidades de los mismos están subordinados principalmente a la pendiente del terreno y a la cantidad de agua de arroyado que discurre por la superficie, sin dejar por fuera los suelos más fácilmente removibles. El Noreste del área posee una zona de surcos 6 m de largo por un promedio de 2 metros de ancho.

El área de estudio presenta una longitud de 250 metros aproximadamente, sus taludes verticales alcanzan los 30 metros de altura, aproximadamente, y presentan agrietamiento en su parte superior, que predice un próximo deslizamiento de tierra, en el fondo de los mismos, se puede observar la acumulación de derrubios de deslizamientos ocurridos recientemente.

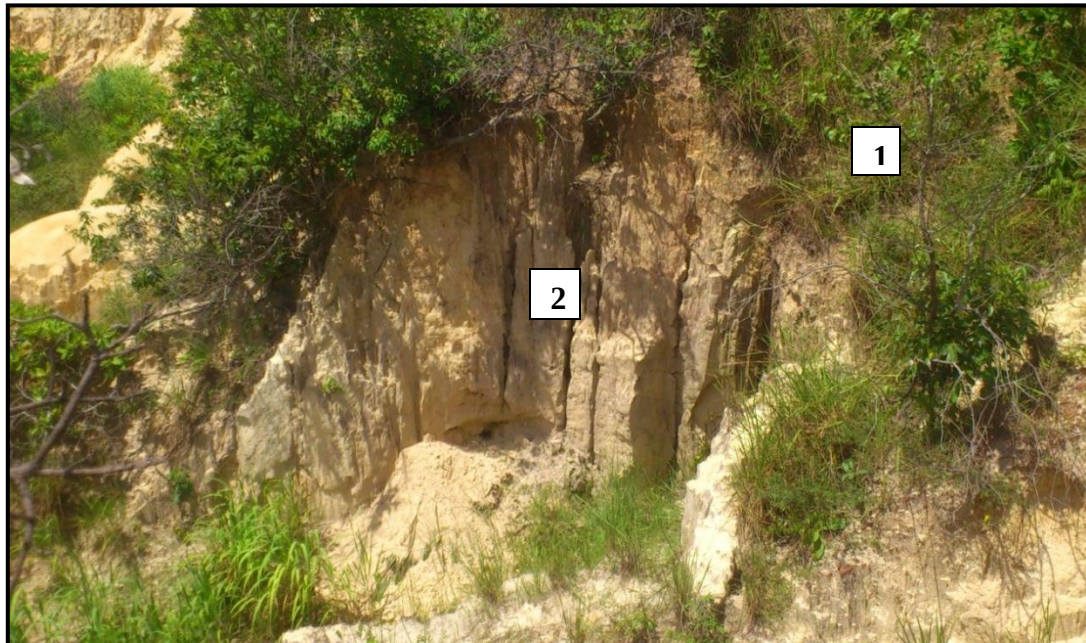


Figura 5.3 Rasgos geomorfológicos que definen el área estudiada 1) Topes de mesas
2) Surcos.

5.4 Elaboración del plano topográfico de la zona de estudio

En la Figura 5.4, se muestra un levantamiento topográfico cuyos datos se pueden observar en el Apéndice A, este abarco una longitud de 250 metros de tope y base de la cárcava, con una altura de 30 metros aproximadamente entre las cuales pasan 14 curvas de nivel con separación de 2,5 metros cada una. Se estableció usar una escala de 1:500 generando así un plano topográfico en el cual se reflejan los puntos de muestreo, ubicados por sus respectivas coordenadas U.T.M., así como también los cambios de pendientes a lo largo del tramo (a mayor pendiente menor separación entre curvas y viceversa). Se observa menor pendiente hacia el norte y sur del tramo con una pendiente 90% de respectivamente, mientras que en el NE del tramo central de la cárcava se observa menor pendiente de 50% y 70% aproximadamente, producto de una topografía más accidentada y vertical, afectada por la intensa erosión.

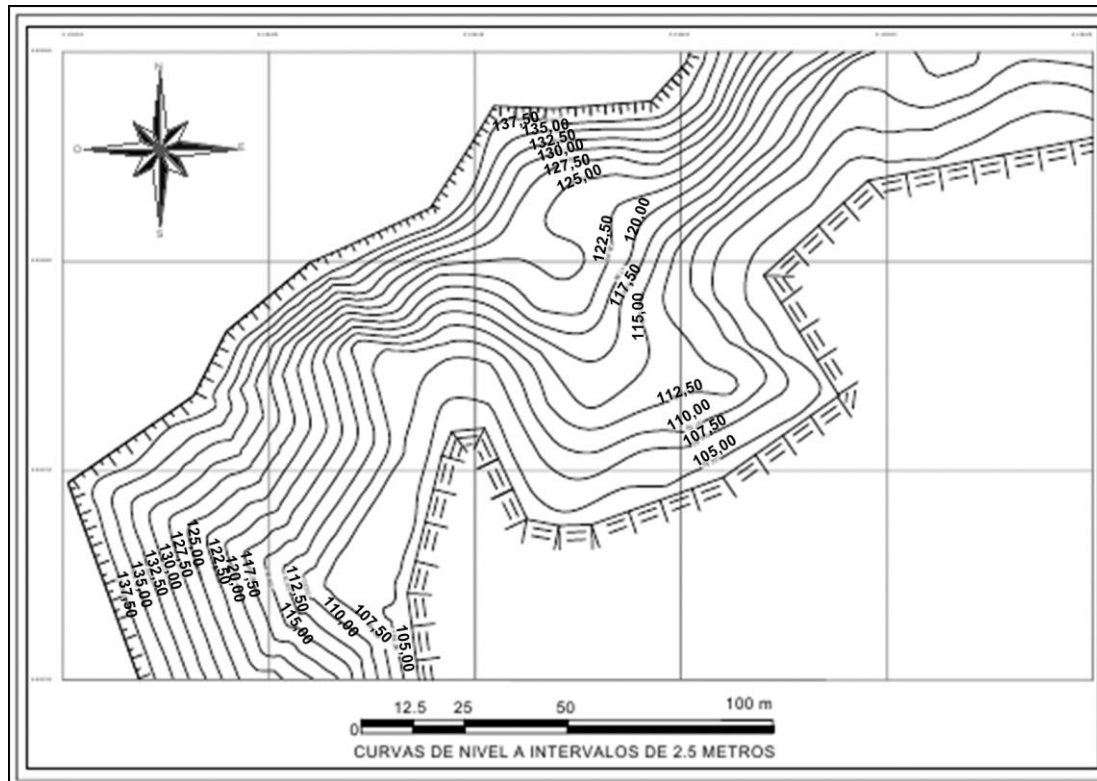


Figura 5.4 Plano topográfico de la zona en estudio.

5.5 Determinación de las características geotécnicas de los suelos

Una vez sometidas las 9 muestras de suelo obtenidas en campo a los ensayos de laboratorio, estas arrojaron los siguientes resultados para cada uno de los diferentes ensayos:

5.5.1 Densidad “in situ” y Humedad Natural

En la tabla 5.1 se pueden observar los resultados de los ensayos de densidad “in situ” realizados por el método del cilindro y en la tabla 5.2 se reflejan los contenidos de humedad que presentan cada muestra analizada (Apéndice B).

Tabla 5.1 Resultados de los ensayos de densidad “in situ”.

Densidad in situ		
Calicatas	Densidad húmeda (gr/cm³)	Densidad seca (gr/cm³)
1	1,75	1,73
2	1,57	1,53
3	1,90	1,87
4	1,39	1,36
5	1,58	1,32
6	1,83	1,79
7	1,64	1,63
8	1,53	1,50
9	1,87	1,84

Los resultados obtenidos mediante el ensayo de densidad arrojaron valores comprendidos entre 1,57 gr/cm³ y 1,90 gr/cm³, esto es característico de suelos arenosos con presencia de finos equivalente a suelos macroporosos que permiten un rápido flujo de agua, pero con muy baja capacidad para retenerla, por ende son menos compactadas.

Tabla 5.2 Contenido de humedad natural de las muestras de suelo.

Contenido de humedad natural	
Calicatas	% de humedad promedio
1	2,33%
2	1,66%
3	1,33%
4	3,66%
5	4,66%

Los contenidos de humedad varían entre 1,33% y 4,66 %, la muestra de mayor contenido de humedad es una arena mal gradada con limo que se encuentra en el medio de la cárcava. Los resultados obtenidos muestran humedades bajas indicando poca cantidad de agua retenida en el suelo, esto es característico de suelos arenosos

con poca presencia de finos, por su capacidad para permitir el paso de agua entre los poros con facilidad.

5.5.2 Análisis granulométricos

A continuación se presenta los resultados obtenidos del análisis granulométrico correspondiente a las 9 muestras obtenidas en campo, en las cuales se obtuvieron arenas en su mayoría mal gradadas con poca presencia de finos (Tabla 5.3, Apéndice C).

Tabla 5.3 Resultados de los análisis granulométricos.

Calicatas	N	E	Talud	Arenas %			Finos %	Clasificación
				Gruesa	Media	Fina		
P1	892727	439365	Tope	23	43.40	27.80	5,8	SP-SC
P2	892722	439398	Medio	9.00	72.60	18.00	0,4	SP
P3	892713	439432	Base	27.80	63.60	18.00	0,2	SP
P4	892813	439450	Tope	24,10	62,52	17,98	2,6	SP
P5	892778	439471	Medio	31,16	71,76	16,06	0,0	SP
P6	892746	439495	Base	27,70	68,64	12,72	0,5	SP
P7	892840	439501	Tope	24,56	62,42	17,34	2	SP
P8	892828	439518	Medio	24,80	63,66	18,16	1,8	SP
P9	892814	439536	Base	30,70	71,10	16,42	0	SP

Para la interpretación de los resultados de las muestras analizadas se utilizó el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (S.U.C.S).

Como menos del 50% de la muestra de suelo pasa por el tamiz N° 200 se tiene un tipo de suelo de grano grueso; y como más del 50% pasa por el tamiz N° 4 el suelo presente en la cárcava entra en la clasificación de una arena.

Las muestras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 son arenas mal gradadas con poco o nada de finos (SP) las cuales están distribuidas tanto en el tope, medio y base del talud, y presentan un tamaño de grano en su mayoría de media a fina; y la muestra 1 es una

arena arcillosa o mezcla de arenas y arcillas mal gradadas (SP-SC) que se encuentra en el tope del talud.

De todos los resultados anteriormente expuestos se obtiene que la cárcava objeto de estudio presenta en su mayoría una distribución homogénea de los suelos, pues en su mayoría se trata de arenas mal gradadas (SP), en las que se tiene arenas bien gradadas con pocos finos y la muestra 1 la cual es una mezcla de arena y arcilla mal gradadas (SP-SC).

El rasgo característico es que en todas las muestras menos del 6% pasa por el tamiz 200, lo que nos indica poca cantidad de finos presentes, siendo estos responsables de la cohesión de los sedimentos, por ello, al tener poca cantidad de finos la cohesión es muy baja, haciendo los taludes de los barrancos más susceptibles al corte, una vez que ocurre la socavación de su base, lo cual favorece al crecimiento de la cárcava.

5.5.3 Límites de Atterberg

Obtenidos los resultados de laboratorio, los límites de consistencia solo se presentan en la calicata 1, 4, 7, ubicadas en el tope del talud, las cuales arrojaron valores de límite líquido de 29%, límite plástico entre 18% y 14%, un índice de plasticidad de 11% y 4%, la clasificación por los valores de Atterberg señala que estamos en presencia de suelos medianamente plásticos (Tabla 5.4, Apéndice C).

Tabla 5.4 Límites de Atterberg.

Calicata	Límite líquido	Límite plástico	IP (%)
1	29%	18%	11%
2	No presenta	No presenta	No presenta
3	No presenta	No presenta	No presenta
4	29%	14%	4%
5	No presenta	No presenta	No presenta
6	No presenta	No presenta	No presenta
7	29%	14%	4%
8	No presenta	No presenta	No presenta
9	No presenta	No presenta	No presenta

Definidos los resultados de las 9 calicatas, se puede observar que las calicatas 2, 3, 5, 6, 8 y 9 no presentan límites de consistencia, esto se debe a que estamos en presencia de suelos no cohesivos, es decir suelos granulares que no presentaron fracción fina o muy poco porcentaje de ella.

5.6 Análisis del mapa geotécnico del área de estudio

En la figura 5.5, en el mapa se observan delimitadas las unidades geológicas presentes en el área de estudio, la ubicación geográfica de las calicatas utilizadas en campo y la distribución de los tipos de suelos presentes en el área, las cuales fueron identificadas con colores y símbolos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (S.U.C.S).

La unidad geológica identificada en el tramo de estudio está estructurada por la Formación Mesa de edad Plioceno-pleistoceno, conformada principalmente por arenas no consolidadas (areno-arcillosas) de color rojizo y blanco amarillentas de granos que van de gruesos a medio y de medio a finos en su mayoría.

Se determinó que desde la zona media al tope es más estable de acuerdo a las características geotécnicas de los suelos. Según los resultados de los análisis

granulométricos el tope y medio de la cárcava posee mayor porcentaje de finos que van de (0,2% a 5,80%) permitiendo que el terreno sea menos permeable y menos erosionable por su composición areno-arcillosa a diferencia que en la base que van de (0 % a 0,2%) de esta forma se deduce que los planos de debilidad en el tramo de estudio se encuentran en la base de la cárcava considerándose esta inestable y fácilmente erosionable por su composición netamente arenosa generando así un peligro de colapso por socavamiento desde dicha base.

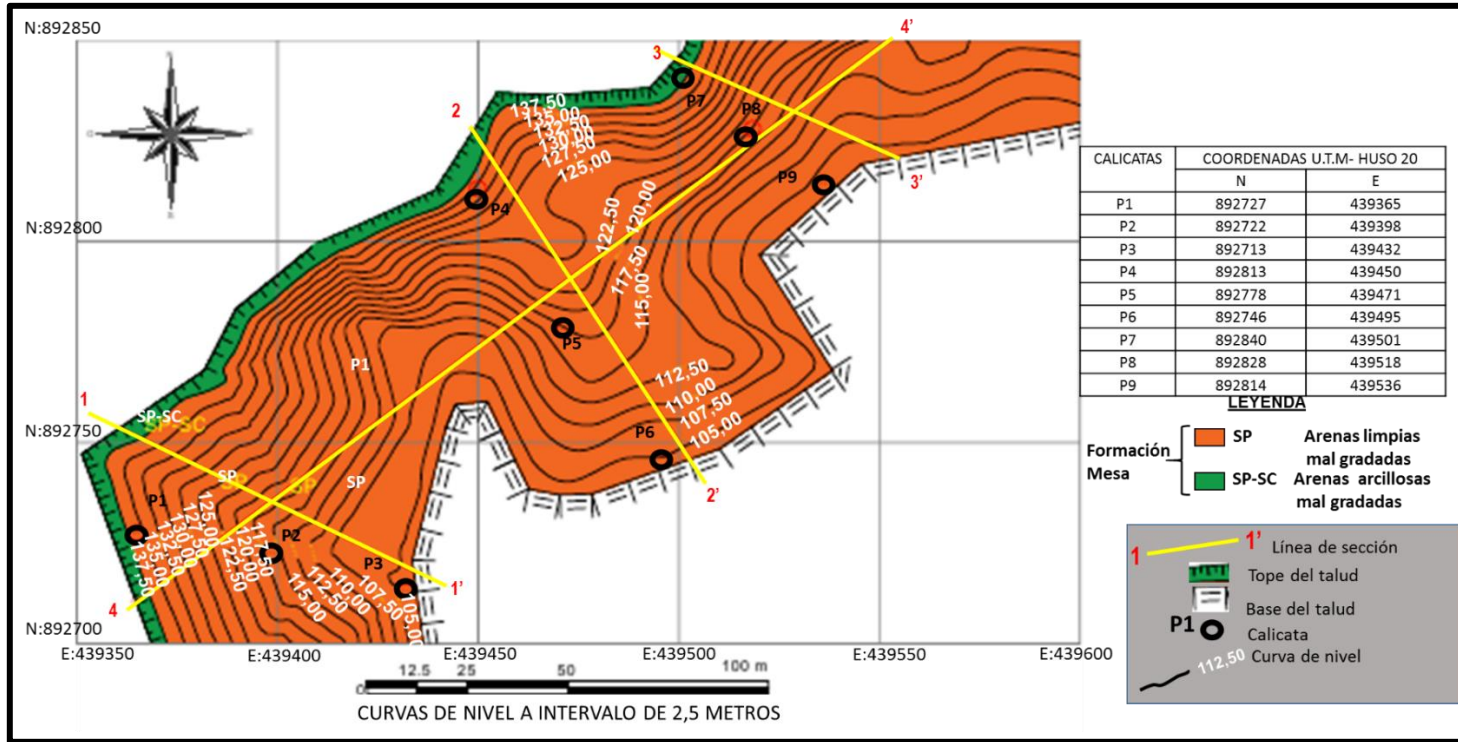
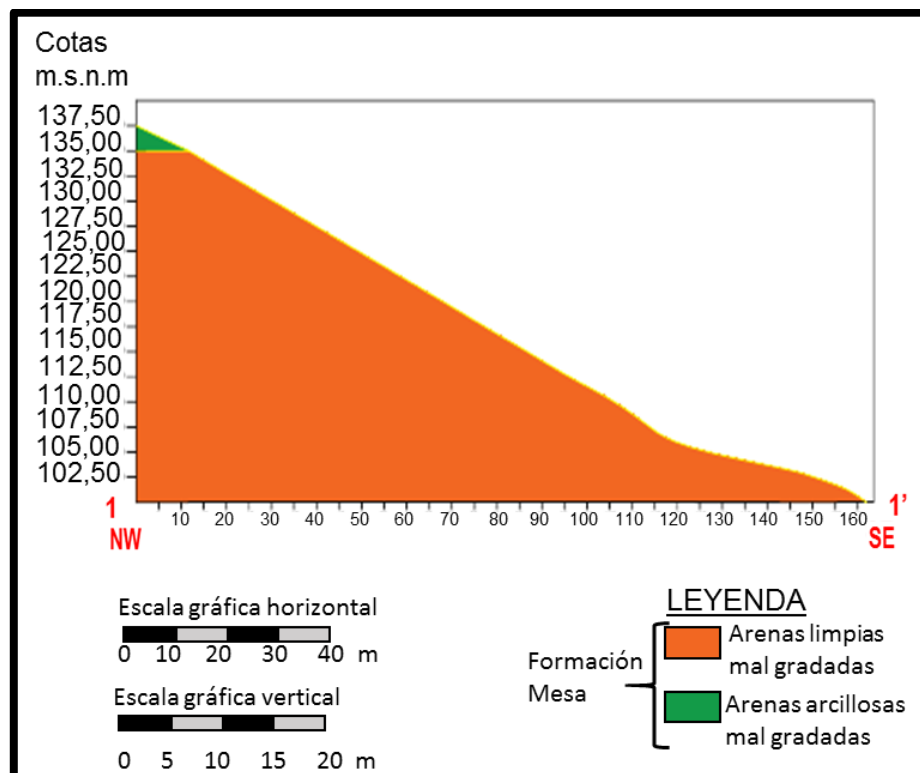


Figura 5.5 Mapageotécnico.

5.6.1 Descripción de las secciones geológicas en los taludes afectados

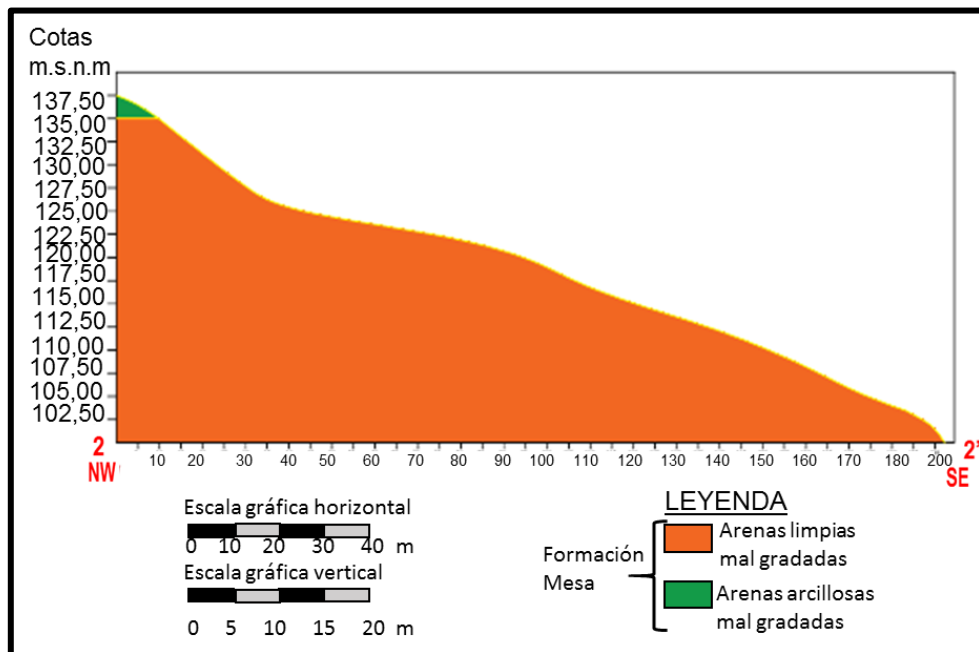
Las secciones geológicas se realizaron en áreas donde se observó la mayor intensidad de erosión, se elaboraron 3 perfiles transversales a una escala grafica para observar la deformación que se presentaba en dicha zona y un perfil longitudinal a esta misma escala, donde se detalla la morfología del terreno.

Se realizó la primera sección transversal con una dirección NW-SE, con una longitud de 160 m; en este corte se observa una capa de aproximadamente 30 metros de una arena de grano medio a grueso con poca presencia de grano fino, con una coloración marrón rojizo perteneciente a la Formación Mesa (Figura 5.6)



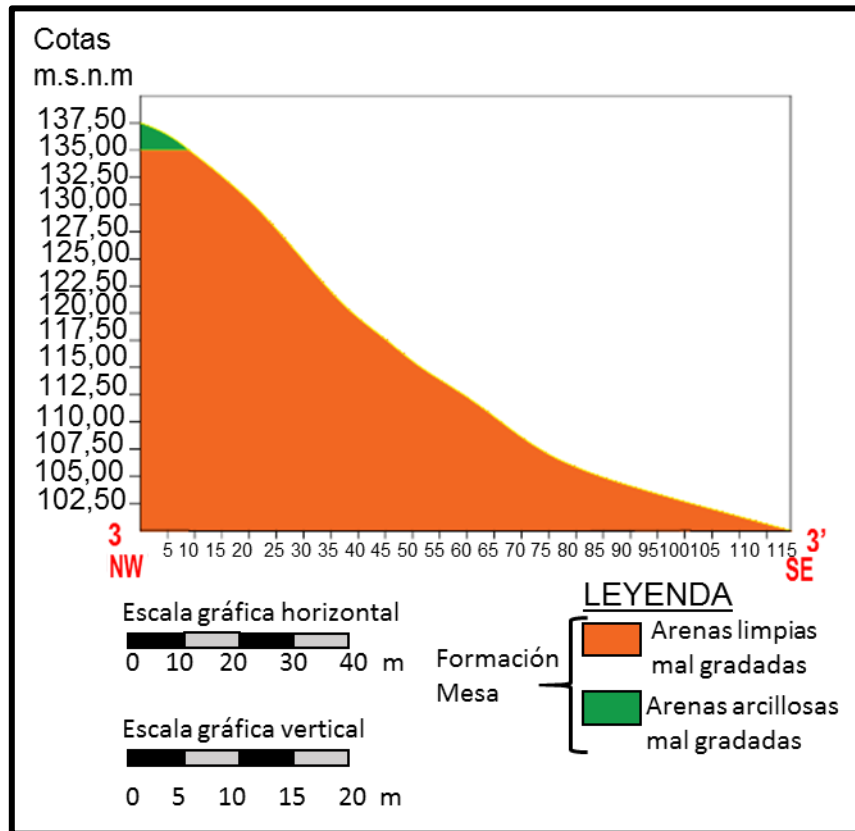
5.6 Sección Transversal 1-1'.

La segunda sección transversal (Figura 5.7) tiene una dirección NW-SE, con una longitud de 200 m se observa en la base una arena de grano grueso a medio con poca presencia de granos finos, que posee un espesor de 30 metros aproximadamente con una coloración marrón rojizo y al tope arenas arcillosas marrón rojizo de 2,5 m, característica de la Formación Mesa.



5.7 Sección Transversal 2-2'.

La tercera sección transversal tiene una dirección NW-SE, con una longitud de 115 m se observa en la base una arena de grano grueso a medio con poca presencia de granos finos, que posee un espesor de 30 metros aproximadamente con una coloración marrón rojizo y al tope arenas arcillosas marrón rojizo de 2,5 m, características de la Formación Mesa (Figura 5.8).

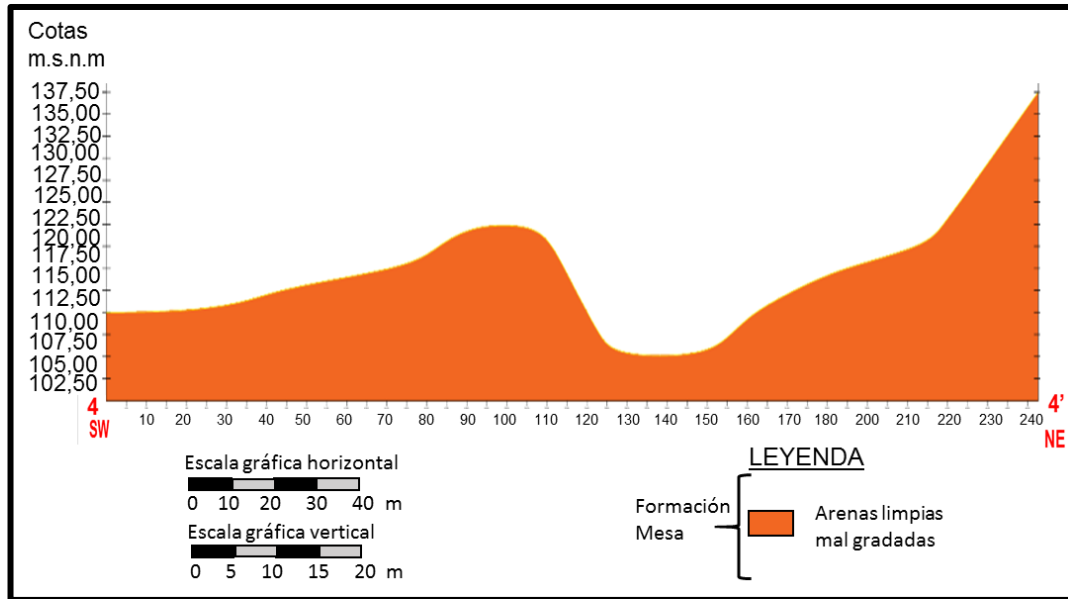


5.8 Sección Transversal 3-3'.

La sección longitudinal que se realizó previo para determinar la profundidad y desnivel de la cárcava, de esta manera observar las irregularidades que presenta el terreno de estudio (Figura 5.9).

Esta sección tiene una dirección SW-NE, con una longitud de 240 m; en este corte se evidencia 1 tipo de suelo, en la parte superior se tiene una arena de grano medio a grueso con poca presencia de finos de un color marrón rojizo de un espesor de aproximadamente 20 metros, el cual va aumentando hacia el NE del corte a la distancia 105 metros hasta un espesor de 10 m. Posteriormente comienza a aumentar hacia el NE del corte a la distancia 222,5 m, con un espesor de 29 metros, este suelo

es de grano grueso a medio con una coloración rojiza es típico de la formación mesa de edad Plioceno-Pleistoceno.



5.9 Sección longitudinal 4-4'.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El estudio realizado en la cárcava, arrojo como diagnostico una problemática que indica una cárcava activa asociada a mecanismos de erosión por las aguas de escorrentías, que en algunos lugares han sido intervenidas quedando desp`rovistas de vegetación aunado al tipo de sedimentos que en general son arenas, con muy escasa cantidad de sedimentos finos.

2. La zona de estudio se encuentra rodeada por un sistema de cárcavas que pone en riesgo el urbanismo presente, mostrando una erosión de tipo laminar por acción de las aguas de escorrentía

3. La geología local en el tramo de estudio está compuesta por sedimentos no consolidados pertenecientes a la Formación Mesa. El Complejo de Imataca no aflora en este tramo, pero se deduce que se encuentra en contacto metros de profundidad.

4. Los sedimentos de la Formación Mesa en la zona de estudio, son en su mayoría arenas de grano medio a fino con poca presencia de limo y arcilla siendo estas más comunes en el medio de la cárcava, y en menor proporción arenas gruesas a media con poca presencia de limo y arcillas, encontrándose estas en su mayoría en el tope y base del talud.

5. La coloración de las arenas es marrón rojizo con varias tonalidades, entre claro y oscuro en el tope y medio de talud; mientras que en la base se pudo observar

una coloración más clara entre amarillo pálido y blanco se presume que esto es debido a las aguas de escorrentía, surcos y drenajes encontrados en el área de estudio.

6. Las unidades litológicas presentes en el área de estudio corresponden en un 100% a la Formación Mesa.

7. El relieve del área de estudio es una planicie disectada, por los procesos erosivos; y Se pueden ubicar 3 zonas, las más altas y planas, el tope de mesa, las moderadamente inclinadas que preceden a los escarpes y en las zonas más bajas se encuentran micro terrazas y surcos.

8. La erosión laminar es la predominante en el área, y produce la remoción del suelo en delgadas capas o películas y aun en los lugares cubiertos de vegetación se hace presente.

9. Los bordes de las mesas, al ser intervenidas antrópicamente, son relieves muy susceptibles a los procesos de erosión hídrica, al modificarse sustancialmente los procesos naturales de infiltración y escorrentía.

10. Los procesos erosivos presentan mayor intensidad en aquellos sitios que se encuentran desprovistos de vegetación y donde las pendientes son abruptas.

11. El plano topográfico de la zona de estudio arroja que la geometría de la cárcava posee una longitud de 250 metros aproximadamente, con alturas que varían entre 25 y 30 metros.

12. El mapa topográfico realizado muestra las dimensiones y relieve del área estudiada; se evidencian que las zonas de mayor pendiente se encuentran en la parte central del mapa en dirección noroeste - sureste con una pendiente de 90%.

13. El ensayo de densidad arrojó valores comprendidos entre 1,57 gr/cm³ y 1,90 gr/cm³, esto es característico de suelos arenosos con presencia de finos equivalente a suelos macroporosos que permiten un rápido flujo de agua, pero con muy baja capacidad para retenerla, por ende son menos compactadas.

14. De las muestras analizadas, 1 se clasificó como SP-SC, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de los suelos (Mezcla de arenas y arcillas mal gradadas), su contenido de humedad es de 3%, una densidad húmeda de 1,57 gr/cm³, densidad seca 1,53 gr/cm³. Límite Líquido 29%, límite plástico 18% y un IP de 11%.

15. Dos de las muestras tomadas se clasificaron como SW, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de los suelos (arenas bien gradadas o arenas gravosas) y 6 de ellas como SP (Arenas mal gradadas) las cuales no tienen límites de consistencia por su poco % de finos.

16. En el Mapa Geotécnico se muestra una unidad litológica correspondiente a la Formación Mesa de edad Plioceno-Pleistoceno.

17. Las secciones geológicas presentaron una variedad de tamaño de granos en donde la secuencia más fina se encuentra en el tope de la cárcava y los granos más gruesos en el pie de la misma.

18. Se determinó que desde la zona media al tope de la cárcava es más estable de acuerdo a las características geotécnicas de los suelos, los planos de debilidad en el tramo de estudio se encuentran en la base de la cárcava considerándose esta inestable y fácilmente erosionable por su composición netamente arenosa generando así un peligro de colapso por socavamiento en la base.

Recomendaciones

1. Orientar y concientizar a los habitantes del sector El Mirador sobre la importancia del mantenimiento de la cobertura vegetal de los suelos para minimizar el impacto erosivo sobre las cárcavas.

2. Elaborar sistemas de desagüe estructuradamente, para disminuir los gastos de los procesos erosivos.

3. Brindar atención a aquellas zonas donde la erosión laminar es intensa y donde exista la presencia de surcos, mediante el relleno y revegetación, para prevenir el origen y desarrollo de nuevas cárcavas.

4. Elaborar sistemas de drenaje que canalicen las aguas servidas para evitar las caídas de los mismos hacia la cárcava.

5. Efectuar planes de reubicación y desalojo de los habitantes de la zona en objeto de estudio, dándole prioridad a aquellos residenciados en los bordes de la cárcava.

6. Promover programas de educación ambiental que permitan concientizar a la comunidad de las consecuencias que resultan al usar estas depresiones como vertederos de desechos.

REFERENCIAS

Agreda, M. y Ruiz, A. (2011) **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LAS CÁRCAVAS DE LA URBANIZACIÓN LAS BEATRICES TRAMO SE, MUNICIPIO HERES. CIUDAD BOLÍVAR- ESTADO BOLÍVAR”**. Trabajo de Grado.

Álvarez J. y Ameneiro R. (2004) **ESTUDIO GEOLÓGICO DEL SISTEMA DE CÁRCAVAS UBICADO EN EL SECTOR SANTA EDUVIGES EN CIUDAD BOLÍVAR Y PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, (pp. 1-168).

Ballestrini, M. (2006) **“COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN”**. BL Consultores asociados, Caracas, (pp. 120-135).

D’Arthenay, Y. y Moreno, O. (2012) **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LA CÁRCAVA TRAMO 6 (N32°E) UBICADA EN EL SECTOR LA LUCHITA II CALLEJÓN LA ESPERANZA, PARROQUIA LA SABANITA, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”**. Trabajo de Grado.

García, A. Rosique, M. Segado, F. (1996) **“TOPOGRAFÍA BÁSICA PARA INGENIEROS”**. Editorial de la Universidad de Murcia. P 4.

Gil, T., García, H. Castrillo, S. y Hernández, E. (2003) **“LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS EN EDIFICACIÓN”**. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, (pp. 4-153).

Guntermann, A. (2000) **“APUNTES SOBRE EL CONTROL DE EROSIÓN”**. Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. P 68.

Hernández, G. (2003). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Caracas, Venezuela.

Jouayed, K. y Rita, E. (1999) **“CONTROL DE LA EROSIÓN Y REVEGETACIÓN DE AREAS DE CÁRCAVAS EN LOS BARRIOS JERUSALEN, BRISAS DEL ESTE Y EL MIRADOR DE CIUDAD BOLÍVAR”**. Trabajo de Grado.

López, F. López, C. y Pérez, C. (2006) **“ELEMENTOS DE TOPOGRAFÍA Y CONSTRUCCIÓN”**. Editorial de la Universidad de Oviedo. (pp. 21-25)

Mujica, W. y Silveira, E. (2011) **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LA CÁRCAVA TRAMO 1 E-W, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”**. Trabajo de Grado.

Ortiz, F. (2004) **“METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. EL PROCESO Y SUS TÉCNICAS”**. México: Limusa. (pp. 15-30).

Pérez, V. (1998) **“SUELOS Y TIPOS DE SUELOS”**. México: Editorial Limusa. (pp. 16-35).

Santiago, J. (1990) **“GENERALIDADES DE LAS CARCAVAS”**. CVG-TECNICA MINERA. Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. P 47.

Tejada, G. (1994) **“VOCABULARIO GEOMORFOLÓGICO”**. Editorial AKAL. Madrid. (pp. 14-67).

APÉNDICES

APÉNDICE A

DATOS TOPOGRÁFICOS

A.1 Minuta de campo de topografía.

Coordenadas de inicio			N892806			E439401		
Cota			101Mts					

Est	PV	Az	Di (m)	Θ Ecli	DH (m)	DN (m)	Cota (m)	Observación
	A	0°	0	0°	0	0	101	Punto inicial
A	B	312°	8.40	3°	8.39	0.44	101.44	Borde de talud
B	C	278°	9	2°	8.99	0.31	101.31	Borde de talud
C	D	303°	5.40	-8°	5.35	-0.75	100.25	Borde de talud
D	E	3°	8	-3°	7.98	-0.42	100.58	Borde de talud
E	F	32°	12.46	-4°	12.42	-0.87	100.13	Borde de talud
F	G	10°	11.10	-2°	11.09	-0.39	100.61	Borde de talud
G	H	6°	6.16	1°	6.16	0.11	101.11	Borde de talud
H	I	315°	4.92	0°	4.92	0	101	Borde de talud
I	I`	37°	3.41	-18°	3.24	-1.05	99.95	Centro de talud
	I``	°	14.40	0°	14.40	0	101	Borde de talud
	J	31°	13.20	-33°	11.07	-7.18	93.85	Pie del Talud
	J`	62°	9.40	-31°	8.06	-4.84	96.16	Centro de talud
J	K	0°	14.14	30°	12.25	7.07	108.07	Borde de talud
B	B`	28°	5.40	-15°	5.22	-1.40	99.60	Centro de talud
B`	B``	41°	7.20	-19°	6.81	-2.34	98.66	Centro de talud
B``	B1	65°	8.50	-15°	8.21	-2.20	98.80	Centro de talud
F	F`	93°	5.90	-24°	5.34	-2.40	98.60	Centro de talud
F	F``	93°	16.90	-29°	14.78	-8.19	92.81	Pie del Talud
F``	F1	50°	14.70	-11°	14.43	-2.80	98.20	Centro de talud
F1	F2	128°	9.10	-22°	8.43	-3.41	97.59	Pie del Talud
F2	F3	74°	10.90	44°	7.84	7.57	108.57	Borde de talud
	F4	218°	8.40	42°	6.24	5.62	106.62	Centro de talud

Continuación apéndice A.1

Est	PV	Az	Di (m)	Θ Ecli	DH (m)	DN (m)	Cota (m)	Observación
F3	F5	193	14	43°	10.24	9.55	110.55	Borde de talud
F5	F6	67	13.70	5°	13.65	1.19	102.19	Borde de talud
F6	F6`	83	10.30	-15°	9.95	-2.67	98.33	Centro de talud
F6`	F6``	196	16.15	-43°	11.81	-11.01	89.99	Centro de talud
F6``	F7	193	12.50	34°	10.36	6.99	107.99	Borde de talud
F7	F7`	79	4.80	0°	4.80	0	101	Borde de talud
	F7``	115	10.50	-9°	10.37	-1.64	99.36	Borde de talud
	F8	140	12.10	-9°	11.95	-1.89	99.11	Borde de talud
F8	F8`	95	12.20	-43°	8.92	-8.32	92.68	Pie del Talud
F8`	F8``	226	7.10	-9°	7.01	-1.11	99.89	Pie del Talud
F8``	F9	248	8.30	44°	5.97	5.77	106.77	Centro de talud
A	A`	68	17.30	-25°	15.68	-7.31	93.69	Centro de talud
A	A``	71	39.70	-21°	37.06	-14.23	89.77	Centro de talud
	A1	354°	3,6	0°	3,6	0	101	Borde de talud
	A2	277°	11	2°	10,99	0,38	101.38	Borde de talud
	A3	291°	7	9°	6,91	1,09	102.09	Borde de talud
	A4	288°	8,70	0°	8,7	0	101	Centro de talud
	A5	262°	9,70	-5°	9,66	-0,84	100.16	Centro de talud
	A6	268°	10	-2°	9,99	-0,35	110,81	Centro de talud
	A7	29°	14,1	-4°	14.06	-0.98	100.07	Pie del Talud
	A8	273°	10,10	11°	9.91	1.93	99.07	Pie del Talud

APÉNDICE B

ENSAYO DE DENSIDAD “IN SITU” Y HUMEDAD NATURAL

B.1 Resultados de los ensayos de densidad in situ y contenido de humedad natural.



Universidad de Oriente

Núcleo Bolívar

Escuela Ciencias de la Tierra

Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Fecha: Mayo de 2016	Situación: Sector El Mirador
Tipo de Ensayo: Densidad "In situ" y humedad natural	

Calicata	Cilindro	vc	wc + wsh	wc	Ws _h	γ_h	wt	wsh + t	ws + t	ww	ws	W	γ_d
1	8b	109,93	354	170	18 4	1,67	99	153	14 9	4	18 0	0,02	1,64
1	9b	109,93	344	168	17 6	1,60	98	148	14 4	4	17 2	0,02	1,56
1	10b	109,93	319	162	15 7	1,43	10 1	156	15 1	5	15 2	0,03	1,38
2	1a	112,22	369	175	19 4	1,73	5	197	19 2	2	1,7 1	0,01	1,99
2	2a	114,04	364	168	19 6	1,72	5	197	19 2	4	1,6 8	0,02	201
2	3a	114,04	371	168	20 3	1,78	5	201	19 6	3	1,7 5	0,02	204
3	8b	109,93	369	170	19 9	1,81	99	147	14 5	2	19 7	0,01	1,79
3	9b	109,93	359	168	19 1	1,74	10 2	161	15 8	3	18 8	0,02	1,71
3	10b	109,93	349	162	18 7	1,70	97	147	14 5	2	18 5	0,01	1,68
4	1	76,03	233	121	13 2	1,74	10 1	232	22 7	5	12 6	0,04	1,66
4	2	77,55	246	104	14 4	1,86	10 2	246	24 1	5	13 9	0,04	1,79
4	3	79,07	220	126	12 0	1,51	10 0	220	21 6	4	11 6	0,03	1,47
5	1	76,03	231	121	13 0	1,71	10 1	231	22 4	7	12 3	0,06	1,61
5	2	77,55	248	104	14 6	1,88	10 2	248	24 1	7	13 9	0,05	1,79

Continuación de apéndice B.1

	Cilindro 8b	Cilindro 9b	Cilindro 10b	Cilindro 1a	Cilindro 2a	Cilindro 3a	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3
h	4,8	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	5	5,1	5,2
p	170	168	162	175	168	168	120	104	126
d	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	4,4	4,4	4,4
r	2,7	2,7	2,7	2,7	2,75	2,75	2,2	2,2	2,2

γ_d c3	γ_{dc4}	γ_{dc5}	γ_{dc6}	γ_d c7	γ_d c8	γ_d c9
1,73	180	1,61	1,87	1,67	1,62	1,61
wc3	w c4	w c5	w c6	w c7	w c8	w c9
1%	2%	4%	2%	2%	2%	2%
γ_{hc3}	γ_{hc4}	γ_h c5	γ_{hc6}	γ_{hc7}	γ_h c8	γ_{hc9}
1,75	1,84	1,68	1,90	1,71	1,66	1,64

Dónde:

vc = Volumen del cilindro

wc = Peso del cilindro

wsh = Peso del suelo húmedo

γ_h = Densidad húmeda

wt = Peso de la tara

t = Tara

ww = Peso del agua

ws = Peso del suelo seco

W = Contenido de humedad

γ_d = Densidad seca

h = Altura del cilindro

p = peso del cilindro

d = diámetro del cilindro

r = radio del cilindro

APÉNDICE C

ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA

C.1 Ensayo granulométrico muestra 1

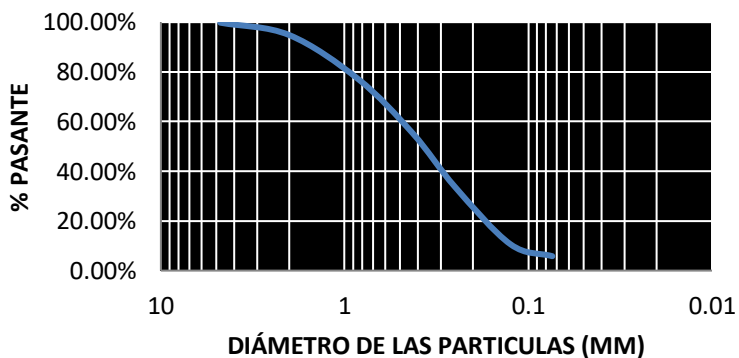


Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 1	Situación: Sector El Mirador
Procedencia: tope de la cárcava	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha: julio de 2015	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación: S.U.C.S: SP - SC

N° Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz + Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,75	432	433	1	0,20%	0,20%	99,80%
10	2	404	429	25	5,00%	5,20%	94,80%
20	0,84	353	442	89	17,80%	23,00%	77,00%
40	0,425	316	425	109	21,80%	44,80%	55,20%
60	0,25	542	650	108	21,60%	66,40%	33,60%
120	0,125	282	397	115	23,00%	89,40%	10,60%
200	0,074	497	521	24	4,80%	94,20%	5,80%
Pan	0	254	283	29	5,80%	100,00%	0,00%
				500	100%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cu= 4,17

Cc= 0,96

D10= 0,12

D30= 0,24

D60= 0,50

C.2 Ensayo granulométrico muestra 2

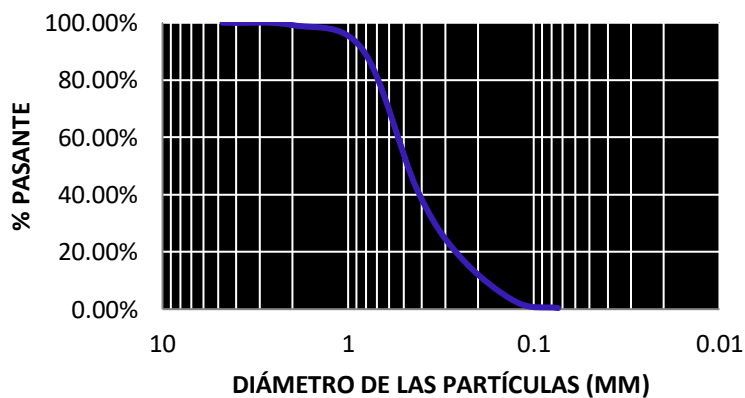


Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 2	Situación: Sector El Mirador
Procedencia: parte media de la cárcava	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha: julio de 2015	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación: S.U.C.S:SP

N° Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz + Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,75	432	432	0	0,00%	0,00%	100,00%
10	2	404	408	4	0,80%	0,80%	99,20%
20	0,84	352	394	42	8,38%	9,18%	90,82%
40	0,425	316	562	246	49,10%	58,28%	41,72%
60	0,25	285	402	117	23,35%	81,64%	18,36%
120	0,125	282	361	79	15,77%	97,41%	2,59%
200	0,074	497	508	11	2,20%	99,60%	0,40%
Pan	0	254	256	2	0,40%	100,00%	0,00%
				501	100%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cu=	0,60
Cc=	0,24

D10=	0,90
D30=	0,34
D60=	0,54

C.3 Ensayo granulométrico muestra 3

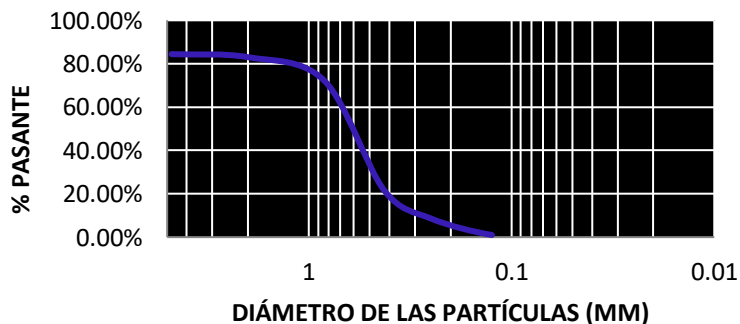


Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 3	Situación: Sector El Mirador
Procedencia: Base de la cárcava	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha: julio de 2015	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación S.U.C.S: SP

N° Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz +Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,75	432	510	78	15,60%	15,60%	84,40%
10	2	404	411	7	1,40%	17,00%	83,00%
20	0,84	353	407	54	10,80%	27,80%	72,20%
40	0,425	316	569	253	50,60%	78,40%	21,60%
60	0,25	285	350	65	13,00%	91,40%	8,60%
120	0,125	282	320	38	7,60%	99,00%	1,00%
200	0,074	497	501	4	0,80%	99,80%	0,20%
Pan	0	254	255	1	0,20%	100,00%	0,00%
				500	100%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cu= 2,41

Cc= 1,18

D10= 0,29

D30= 0,49

D60= 0,70

C.4 Ensayo de granulometría muestra 4

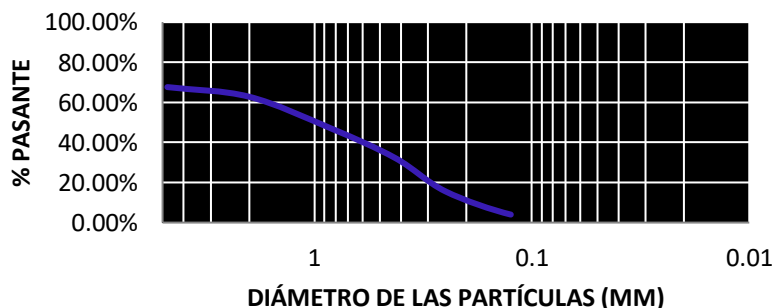


Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 4	Situación: Sector El Mirador
Procedencia:	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha:	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación S.U.C.S.:

Nº Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz +Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,7050	432,2	434,5	2,3	0,46%	0,46%	99,54%
10	2,000	404,8	420,5	15,7	3,14%	3,60%	96,40%
20	0,850	353,9	456,4	102,5	20,50%	24,10%	75,90%
40	0,425	317,6	509,7	192,1	38,42%	62,52%	37,48%
60	0,250	285,8	375,7	89,9	17,98%	80,50%	19,50%
120	0,125	282,1	346,4	64,3	12,86%	93,63%	6,64%
200	0,075	269,2	289,4	20,2	4,04%	97,36%	2,60%
Pan	0	254,1	26,7	12,9	2,58%	99,99%	0,01%
				499,9	100%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cu= 4,26

Cc= 1,22

D10= 0,15

D30= 0,34

D60= 0,64

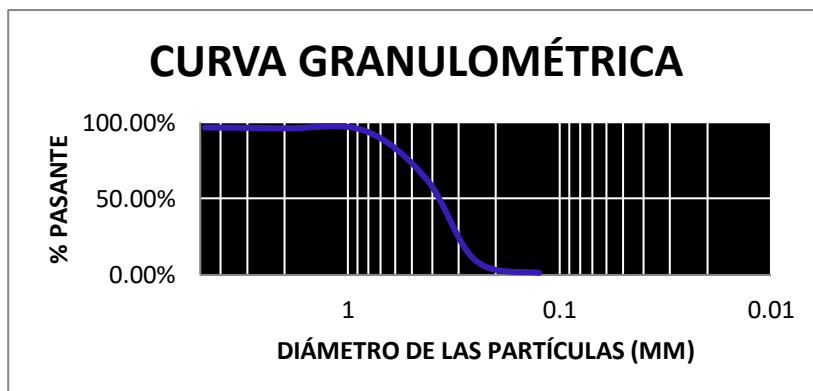
C.5 Ensayo granulométrico muestra 5



Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 5	Situación: Sector El Mirador
Procedencia:	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha:	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación S.U.C.S:

Nº Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz +Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,7050	432,2	440	7,8	1,56%	1,56%	98,44%
10	2,000	404,8	424,1	19,3	3,86%	5,42%	94,58%
20	0,850	353,9	482,6	128,7	25,74%	31,16%	68,84%
40	0,425	317,6	520,6	203	40,60%	71,76%	28,24%
60	0,250	285,8	366,1	80,3	16,06%	81,82%	18,18%
120	0,125	282,1	336,4	54,3	10,86%	98,68%	1,32%
200	0,075	269,2	275,6	6,4	1,28%	99,96%	0,04%
Pan	0	254,1	No retuvo	No retuvo	0,00%	0,00%	0,00%
				499,8	100%		



Cu=	4,09
Cc=	1,47

D10=	0,18
D30=	0,44
D60=	0,73

C.6 Ensayo granulométrico muestra 6

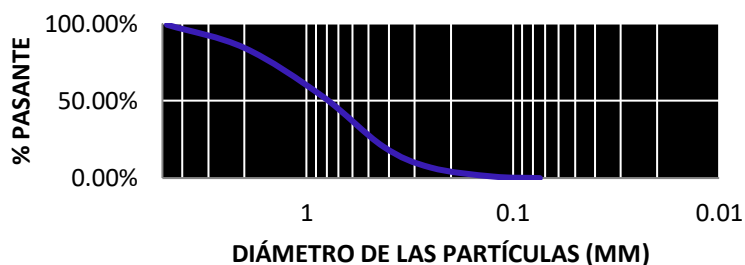


Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 6	Situación: Sector El Mirador
Procedencia:	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha:	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación S.U.C.S: SP

N° Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz +Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,7050	432,2	440	7,8	1,56%	1,56%	98,44%
10	2,000	404,8	424,1	19,3	3,86%	5,42%	94,58%
20	0,850	353,9	482,6	128,7	25,74%	31,16%	68,84%
40	0,425	317,6	520,6	203	40,60%	71,76%	28,24%
60	0,250	285,8	366,1	80,3	16,06%	81,82%	18,18%
120	0,125	282,1	336,4	54,3	10,86%	98,68%	1,32%
200	0,075	269,2	275,6	6,4	1,28%	99,96%	0,04%
Pan	0	254,1	No retuvo	No retuvo	0,00%	0,00%	0,00%
				500	100%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cu=	4,09
-----	------

Cc=	1,47
-----	------

D10=	0,18
------	------

D30=	0,44
------	------

D60=	0,73
------	------

C.7 Ensayo granulométrico muestra 7

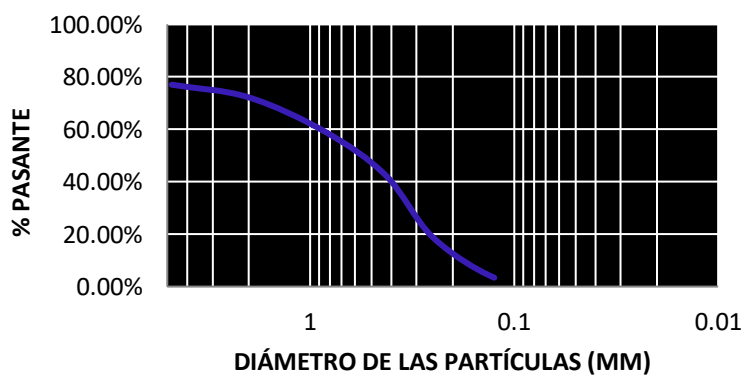


Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 7	Situación: Sector El Mirador
Procedencia:	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha:	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación S.U.C.S.:

Nº Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz +Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,7050	432,2	435,1	2,9	0,58%	0,58%	99,42%
10	2,000	404,8	419,9	15,1	3,04%	3,62%	96,38%
20	0,850	353,9	458,6	104,7	20,94%	24,56%	75,44%
40	0,425	317,6	506,9	189,3	37,86%	62,42%	37,58%
60	0,250	285,8	375,5	86,7	17,34%	79,76%	20,24%
120	0,125	282,1	347,5	65,4	13,08%	92,84%	7,02%
200	0,075	269,2	295,1	25,9	5,18%	98,02%	1,98%
Pan	0	254,1	264,1	10	2%	100%	0,00%
				500	100%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cu= 4,38

Cc= 1,21

D10= 0,15

D30= 0,34

D60= 0,64

C.8 Ensayo granulométrico muestra 8

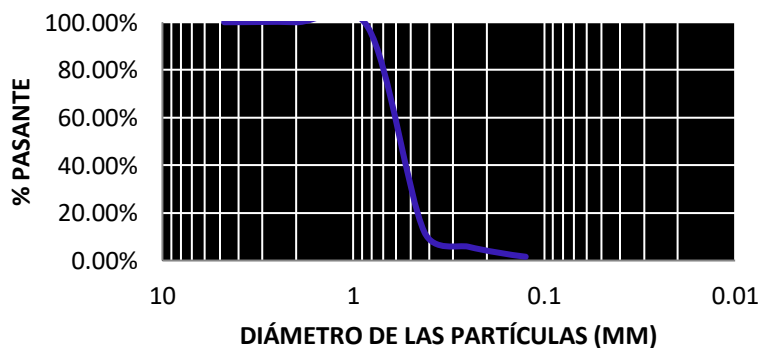


Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 8	Situación: Sector El Mirador
Procedencia: Medio de la cárcava	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha:	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación S.U.C.S: SP

N° Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz +Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,7050	432,2	434,9	2,7	0,54%	0,54%	99,46%
10	2,000	404,8	421,2	16,4	3,28%	3,82%	96,18%
20	0,850	353,9	458,8	104,9	20,98%	24,80%	75,20%
40	0,425	317,6	511,9	194,3	38,86%	63,66%	36,34%
60	0,250	285,8	376,6	90,8	18,16%	81,82%	18,18%
120	0,125	282,1	351,6	69,5	13,90%	95,72%	4,28%
200	0,075	269,2	281,4	12,2	2,44%	98,16%	1,84%
Pan	0	254,1	263,3	9,2	1,84%	100%	0,00%
				500	100%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cu=	3,90
Cc=	1,16

D10=	0,17
D30=	0,35
D60=	0,65

C.9 Ensayo granulométrico muestra 9

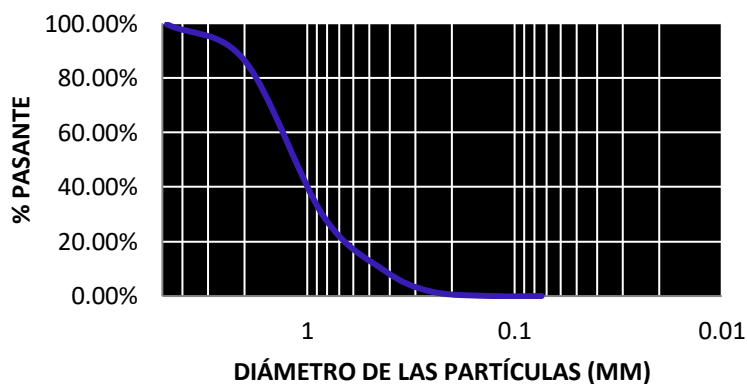


Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Trabajo de grado
Muestra: Calicata 9	Situación: Sector El Mirador
Procedencia:	Tipo de ensayo: Granulométrico
Fecha:	Norma: ASTM D-422
Observaciones:	Clasificación S.U.C.S: SP

Nº Tamiz	Diámetro de tamiz (mm)	Peso de tamiz (gr)	Tamiz + Material (gr)	Material Retenido (gr)	% Material retenido	% Material acumulado	% Material pasante
4	4,7050	432,2	441,1	8,9	1,78%	1,78%	98,22%
10	2,000	404,8	422,2	17,4	3,48%	5,26%	94,74%
20	0,850	353,9	481,1	127,2	25,44%	30,70%	69,30%
40	0,425	317,6	519,6	202	40,40%	71,10%	28,90%
60	0,250	285,8	367,9	82,1	16,42%	87,52%	12,48%
120	0,125	282,1	336	53,9	10,78%	98,30%	1,70%
200	0,075	269,2	277,5	8,3	1,66%	99,06%	0,04%
Pan	0	254,1	No retuvo	No retuvo	0,00%	0,00%	0,00%
				500	100%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cu= 3,40

Cc= 1,21

D10= 0,21

D30= 0,43

D60= 0,72

APÉNDICE D

LÍMITES DE CONSISTENCIA

D.1 Resultados de los ensayos de límites de consistencia, calicata 1



Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Tesis de grado
Muestra: Calicata 1	Situación: Sector El Mirador
Procedencia: Tope de la cárcava	Tipo de ensayo: Límites de consistencia
Fecha: julio de 2015	Norma: ASTM D – 423/ ASTM D -424

Límite líquido calicata 1			
TARA	6	4	5
TARA + SUELO HUMEDO	132,2	135,8	137,4
TARA + SUELO SECO	125,4	127,6	130,8
PESO DE TARA	103,9	99,7	105,5
PESO DE SUELO SECO	21,5	27,9	25,3
PESO DE AGUA	6,8	8,2	6,6
HUMEDAD %	32%	29%	26%
N° DE GOLPES	18	21	30
LIMITE LIQUIDO	29%		

Limite plástico calicata 1		
TARA	2	3
TARA + SUELO HUMEDO	107,5	108,5
TARA + SUELO SECO	106,3	107,1
PESO DE TARA	99,7	99,5
PESO DE SUELO SECO	6,6	7,6
PESO DE AGUA	1,2	1,4
HUMEDAD %	18%	18%
LIMITE PLASTICO	18%	

IP	11%
-----------	-----

Clasificación de materiales de Atterberg/ índice de plasticidad
Suelos medianamente plásticos

D.2 Resultados de los ensayos de límites de consistencia, calicata 4.



Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Tesis de grado
Muestra: Calicata 4	Situación: Sector El Mirador
Procedencia: Tope de la cárcava	Tipo de ensayo: Límites de consistencia
Fecha:	Norma: ASTM D – 423/ ASTM D -424

Límite liquido calicata 4			
TARA	1	2	3
TARA + SUELO HUMEDO	124.34	123.56	122.75
TARA +SUELO SECO	121.13	119.91	118.81
PESO DE TARA	105.32	104.31	102.94
PESO DE SUELO SECO	19.02	19.25	19.81
PESO DE AGUA	3.21	3.65	3.94
HUMEDAD %	17%	19%	20%
N° DE GOLPES	31	26	19
LIMITE LIQUIDO	14.19		

Limite plástico calicata 1		
TARA	1	2
TARA + SUELO HUMEDO	123.77	121.64
TARA + SUELO SECO	120.09	119.68
PESO DE TARA	106.12	105.17
PESO DE SUELO SECO	17.65	16.47
PESO DE AGUA	2.91	1.96
HUMEDAD %	16%	12%
LIMITE PLASTICO	4.34	

IP	4.34%
-----------	-------

Clasificación de materiales de Atterberg/ índice de plasticidad
Suelos medianamente plásticos

D.3 Resultados de los ensayos de límites de consistencia, calicata 7.



Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Escuela Ciencias de la Tierra
Laboratorio de Suelos

Empresa: UDO	Obra: Tesis de grado
Muestra: Calicata	Situación: Sector El Mirador
Procedencia: Tope de la cárcava	Tipo de ensayo: Límites de consistencia
Fecha:	Norma: ASTM D – 423/ ASTM D -424

Límite líquido calicata 7			
TARA	1	2	3
TARA + SUELO HUMEDO	124.10	123.04	120.27
TARA +SUELO SECO	120.71	119.68	116.95
PESO DE TARA	105.41	104.30	101.42
PESO DE SUELO SECO	18.69	18.74	18.85
PESO DE AGUA	3.39	3.36	3.32
HUMEDAD %	18%	18%	18%
N° DE GOLPES	16	26	34
LIMITE LIQUIDO	14.34		

Limite plástico calicata 7		
TARA	1	2
TARA + SUELO HUMEDO	122.97	124.49
TARA + SUELO SECO	120.15	122.04
PESO DE TARA	104.39	106.37
PESO DE SUELO SECO	18.58	18.12
PESO DE AGUA	2.82	2.45
HUMEDAD %	15%	14%
LIMITE PLASTICO	3.54	

IP	3.54%
-----------	-------

Clasificación de materiales de Atterberg/ índice de plasticidad
Suelos medianamente plásticos

Título	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CÁRCAVA UBICADA EN LA CALLE COLÓN EN EL SECTOR DE EL MIRADOR, PARROQUIA LA SABANITA, DEL MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
GUEVARA F. ROSA Y,	CVLAC	
	e-mail	Yoskely1989@gmail.com
	e-mail	
GUEVARA F. YAMIRKA L.	CVLAC	
	e-mail	Guefloyamiluž@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Cárcavas
Caracterización geotécnica
El Mirador, Parroquia La Sabanita
Sedimentos de la Formación Mesa
Límite Líquido
Índice de plasticidad
Límites de Atterberg
Mapa Geotécnico

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Geotecnia	Clasificación de Suelos

Resumen (abstract):

El área de estudio se ubica en el sector de El Mirador, Parroquia La Sabanita, del Municipio Angostura del Orinoco; Ciudad Bolívar – Estado Bolívar. Coordenadas UTM N 892806; E 439401. El objetivo general es caracterizar geológica y geotécnica la zona de las cárcavas del sector El Mirador. Primeramente se recopiló toda la información bibliográfica y cartográfica de la zona, para luego proceder al reconocimiento del área. En la etapa de campo se llevó a cabo una serie de ensayos “in situ”, densidad “in situ” y humedad natural, se recolectaron muestras de suelos para análisis de laboratorio: granulometría, compactación y límites de consistencia (líquido y plástico), se realizó un levantamiento topográfico, geológico y geomorfológico, para la confección de los mapas topográfico, geológico – geotécnico y secciones geológicas. La zona se encuentra rodeada por un sistema de cárcavas que pone en riesgo el urbanismo presente, mostrando erosión de tipo laminar por acción de las aguas de escorrentía. Los sedimentos de la Formación Mesa, son en su mayoría arenas de grano medio a fino con poca presencia de limo y arcilla siendo estas más comunes en el medio de la cárcava, y en menor proporción arenas gruesas a media con poca presencia de limo y arcillas, encontrándose estas en su mayoría en el tope y base del talud. Las arenas son marrón rojizo, entre claro y oscuro en el tope y medio de talud; y en la base amarillo pálido y blanco, se presume que esto es debido a las aguas de escorrentía. El relieve del área es una planicie disectada, por los procesos erosivos; donde se ubican 3 zonas, las más altas y planas, el tope de mesa, las moderadamente inclinadas que preceden a los escarpes y en las zonas más bajas se encuentran micro terrazas y surcos. Los bordes de las mesas, al ser intervenidas antrópicamente, son relieves muy susceptibles a los procesos de erosión hídrica, por los procesos naturales de infiltración y escorrentía. La cárcava tiene una longitud de 250 m, con alturas que varían entre 25 y 30 m, y las mayores pendientes están la parte central del área, con una pendiente de 90%. Las muestras de acuerdo al sistema unificado de clasificación de los suelos (Mezcla de arenas y arcillas mal gradadas), con humedad de 3%, densidad húmeda de 1,57 gr/cm³, densidad seca 1,53 gr/cm³. Limite Líquido 29%, limite plástico 18% y IP de 11%. La mayoría de las muestras (8/9) son suelos SP (Arenas mal gradadas), y 1 tipo SP-SC (Arenas arcillosas mal gradadas), esta última arrojando valores de los límites de Attenberg de: limite líquido 29%, limite plástico 18%, y el Índice de plasticidad (IP) 11%). Las secciones geológicas presentan una secuencia más fina en el tope de la cárcava y los granos más gruesos en el pie de la misma-

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL /	Código CVLAC /	e-mail
	ROL	CA AS TU JU	
	CVLAC		
	e-mail		
	e-mail		
	ROL	CA AS TU JU	
	CVLAC		
	e-mail		
	e-mail		
	ROL	CA AS TU JU	
	CVLAC		
	e-mail		
	e-mail		

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
13	04	2023

Lenguaje: spa

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-().doc	Aplication/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: **Ingeniero Geólogo** _____

Nivel Asociado con el Trabajo: **Pregrado** _____

Área de Estudio: **Geotecnia** _____

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: **Universidad de Oriente** _____



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

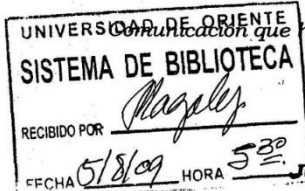
Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letido el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Derechos:

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado de Pregrado "Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario"

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.


AUTOR 1
AUTOR 2
Rosario Rivadulla
C.I: 3.825.175
Tutor Académico