

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



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL  
ÁREA COMPRENDIDA ENTRE EL ESTRIBO NORTE DEL  
PUENTE ORINOQUÍA Y EL RÍO MAMO. MUNICIPIO  
INDEPENDENCIA. ESTADO ANZOATEGUI**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR LOS  
BACHILLERES SUAREZ  
AGUANES JESÚS Y  
NAVARRETE MORILLO,  
VANESSA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO  
GEÓLOGO.**

**CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO DE 2018.**

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



ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE EL ESTRIBO NORTE DEL PUENTE ORINOQUÍA Y EL RÍO MAMO. MUNICIPIO INDEPENDENCIA. ESTADO ANZOATEGUI”, presentado por los bachilleres, Suarez Aguanes, Jesús, titular de la cedula de identidad N° V- 25.362.316 y Navarrete Morillo, Vanessa titular de la cedula de identidad N° V- 25.321.207, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero geólogo, ha sido APROBADO de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Firma:

Profesor Enrique Acosta  
(Asesor)

Profesor Francisco Monteverde  
(Jurado)

Profesora Adriana Garbán  
(Jurado)

Profesor Javier Ramos Madrid  
Jefe de Departamento de  
Ingeniería Geológica

Profesor Francisco Monteverde  
Director de Escuela de  
Ciencias de la Tierra



En Ciudad Bolívar a los días 13 del mes de julio de 2018.

## **DEDICATORIA**

A Dios Jehová por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida, por este logro por ser mi guía y gracias a todos mis santos por las infinitas bendiciones.

A mis padres Anny Aguanes y Melecio Suarez por todo su amor, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su apoyo incondicional, por todo su esfuerzo para yo poder cumplir esta meta, por ser mi inspiración, mi ejemplo a seguir por enseñarme a creer en dios y que nunca hay que darse por vencido gracias mama y papa los amo con toda mi alma. A mi hermana Meleanny Suarez por su apoyo incondicional, su amor y estar siempre presente. A mi segunda madre Nancy Sotillo por su apoyo incondicional en este capítulo de mi vida. Y a todas aquellas personas que estuvieron presentes en cada paso de mi carrera, familiares, amigos y profesores.

**Jesús Suarez**

Todos los logros y las cosas que nos pasan son gracias a Dios, siempre le agradezco todas las metas cumplidas hasta ahora y sé que voy a seguir agradeciéndole por ser fortaleza, paz y todo lo bueno que es. A mis padres, porque son pilar fundamental para seguir adelante en esta etapa, por ser mi ejemplo para saber que si se puede todo lo que te propongas y tengas en mente, porque su apoyo es lo más que tengo y por hacerlos sentir orgullosos.

A mis hermanos, porque me inspiraron a ser ejemplo y motivación para ellos y para que sepan que en cualquier circunstancia se puede lograr lo que te propongas. A toda mi familia, en especial mi abuelita Luz que ahora es mi lucero que me cuida y guía desde el cielo, porque estuviste desde mi etapa más importante conmigo y te dedicaste a mí.

**Vanessa Navarrete**

## **AGRADECIMIENTOS**

Le doy gracias a dios Jehová por bendecirme hoy, mañana y siempre, por la gran bendición de haber culminado esta meta, por cada uno de mis triunfos y éxitos, por la salud y por las personas que coloco en mi camino, A mis padres Melecio Suarez y Anny Aguanes por su amor, apoyo, esfuerzo, dedicación, por los consejos y regaños, gracias a ellos hoy estoy cumpliendo este sueño, no hay manera de describir lo agradecido que estoy por todo lo que han hecho por mí.

A mi hermana, a mi segunda madre por estar siempre a mi lado apoyándome en cada paso de mi carrera y a mis familiares que me ayudaron, a mis amistades que hicieron mis días en la universidad más alegres, a mis mentores por su dedicación y mi tutor Enrique Acosta por su colaboración y por brindarnos conocimientos

**Jesús Suarez**

A Dios, y no me va a alcanzar la vida para agradecerle todas sus bendiciones, por estar siempre conmigo en todos los momentos ya sean buenos o no tan buenos, por siempre guiarme en el mejor camino. A mis padres, porque a pesar de que no estén cerca, los siento cerca ya que siempre están apoyándome en todo momento en lo que necesite y por siempre querer lo mejor para mí para seguir adelante.

A Mi tutor Enrique Acosta, por su ayuda y colaboración, gracias. A mis amigos, compañeros y familia de la universidad, por darme unos años de enseñanza y +recuerdos inolvidables. A Jesús, mi compañero y hermano que me regaló la universidad por estar siempre y ser único. A Laura, Miguel, Andrés y sus familias por estar para mí y brindarme su apoyo y por último a mis compañeros, porque también tienen parte fundamental porque ellos también me ayudaran a llegar hasta aquí.

**Vanessa Navarrete**

## RESUMEN

La región comprendida entre los estados Bolívar y Monagas, limitadas por el río Orinoco, se hizo una caracterización geológica y estructural del área comprendida entre el estribo norte del Puente Orinoquía y el río Mamo. Los afloramientos donde está asentado el estribo norte, que desde el punto de vista geológico, reviste gran importancia debido a su complejidad estructural y por esta razón se seleccionó esta región como base del estudio. El marco geológico encierra rocas pertenecientes a la Provincia Geológica de Imataca, Formación Mesa y los sedimentos del reciente. La metodología utilizada para la elaboración de este estudio consta básicamente de cuatro (4) etapas. La primera fue la etapa de oficina, la cual consistió en la recopilación de información cartográfica y bibliográfica del área de estudio. La segunda etapa fue de trabajo de campo en el cual se delimitó el área de estudio, se realizó el levantamiento geológico respectivo midiendo y anotando las estructuras presentes tales como pliegues, diaclasas y fallas geológicas de corrimientos, también se registraron las características físico-naturales, tales como suelo, geomorfología y vegetación. Durante esta etapa también se hizo la recolección y marcando de 5 muestra de rocas y una de sedimentos y su ubicación con GPS. En la tercera etapa o etapa de laboratorio, se seleccionaron 2 muestras para análisis petrográficos, los cuales fueron realizados en INGEOMIN, C.A y la muestra de sedimentos para ensayo granulométrico y morfoscópico, el cual se realizó en el laboratorio de GEOCIENCIAS. La cuarta etapa fue la discusión de los resultados. Desde el punto de vista petrográfico, el afloramiento donde está asentado el estribo norte, resultó ser básicamente un gneis granítico cataclástico de color gris claro y rosado, muy fracturado. Desde el punto de vista estructural, en la zona se observaron 2 regímenes de deformación. El primero y principal es compresivo, de dirección S20°W y se forman fallas de corrimientos de buzamiento alto y sistemas de pliegues, y el segundo es distensivo y se forman fallas normales

## CONTENIDO

	Página
<b>ACTA DE APROBACIÓN</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE ÁPNDICE</b> .....	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>17</b>
<b>SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	<b>17</b>
1.1 Situación objeto de estudio .....	17
1.2 Objetivos de la investigación .....	18
1.2.1 Objetivo general .....	18
1.2.2 Objetivos específicos .....	18
1.3 Justificación de la investigación.....	19
1.4 Alcance de la investigación.....	19
1.5 Limitaciones de la investigación.....	19
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>20</b>
<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>20</b>
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	20
2.2 Acceso al área de estudio .....	21
2.3 Características Físicos naturales del área de estudio.....	22
2.3.1 Clasificación Climatológica .....	23
2.3.2 Vegetación .....	23
2.3.2.1 Vegetación de sabanas arboladas .....	24

2.3.2.2	Vegetación secundaria .....	25
2.3.3	Drenaje .....	26
2.3.4	Geomorfología .....	26
2.3.4.1	Relieve de montaña .....	27
2.3.4.2	Relieve de planicie .....	27
2.3.5	Suelo.....	28
2.4	Geología Regional.....	29
2.4.1	Provincia Geológica de Imataca .....	30
2.4.2	Formación Mesa.....	32
	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>34</b>
	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>34</b>
3.1	Antecedentes de la investigación .....	34
3.2	Definición de básicos términos .....	35
3.2.1	Rocas ígneas.....	35
3.2.2	Texturas de las rocas ígneas .....	36
3.2.2.1	Textura fanerítica (grano grueso).....	36
3.2.2.2	Textura afanítica (grano fino) .....	37
3.2.2.3	Textura porfídica.....	37
3.2.2.4	Textura vítrea .....	37
3.2.2.5	Textura piroclástica.....	37
3.2.2.6	Textura pegmatítica.....	38
3.2.2.7	Textura poiquilítica .....	38
3.2.2.8	Textura ofítica .....	38
3.2.2.9	Textura rapakivi y antirapakivi .....	39
3.2.2.10	Modificación de las texturas de las rocas plutónicas .....	39
3.2.3	Granito .....	40
3.3	Bases teóricas .....	40
3.3.1	Tamaño de afloramiento .....	40
3.3.2	Color.....	41
3.3.3	Factores litológicos .....	41

3.3.4 Factores estructurales .....	42
3.3.5 Geología .....	42
3.3.6 Geología estructural .....	42
3.3.7 Roca .....	43
3.3.8 Buzamiento .....	43
3.3.9 Falla geológica .....	43
3.3.10 Fallas normales .....	43
3.3.11 Fallas inversas .....	43
3.3.12 Falla activa .....	44
3.3.13 Fallas oblicuas .....	44
3.3.14 Pliegues .....	44
3.3.15 Diaclasas .....	44
3.3.16 Geomorfología .....	45
3.3.17 Relieve terrestre .....	45
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>46</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>46</b>
4.1 Tipo de investigación .....	46
4.1.1 Investigación exploratoria .....	46
4.1.2 Investigación descriptiva.....	46
4.2 Diseño de la investigación .....	47
4.2.1 Investigación documental .....	47
4.2.2 Investigación de campo.....	47
4.3 Población de la investigación.....	48
4.4 Muestras de la investigación .....	48
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
4.5.1 Técnicas de recolección de datos .....	49
4.5.2 Instrumentos de recolección de datos .....	49
4.6 Etapas de la investigación .....	50
4.6.1 Etapa I Recopilación de la información.....	50

4.6.1.1 Etapa I Recopilación documental y bibliográfica .....	51
4.6.1.2 Recopilación cartográfica .....	51
4.6.2 Etapa II Trabajo de campo .....	51
4.6.2.1 Ubicación y reconocimiento del área de estudio.....	51
4.6.2.2 Levantamiento topográfico .....	52
4.6.2.3 Levantamiento geológico .....	52
4.6.2.4 Recolección de muestras de rocas .....	53
4.6.3 Etapa III Trabajo de laboratorio.....	55
4.6.3.1 Análisis petrográficos.....	55
4.6.3.2 Análisis morfoscópicos .....	55
4.6.3.3 Análisis granulométrico .....	56
4.6.4 Etapa IV Discusión de los resultados.....	57
4.6.4.1 Elaboración del mapa geológico .....	57
4.6.4.2 Interpretación de los datos .....	58
4.6.4.3 Conclusiones y recomendaciones .....	58
4.6.4.4 Redacción del informe final .....	58
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>59</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
5.1 Determinación de las litologías y estructuras, mediante el levantamiento geológico de superficie .....	59
5.1.1 Litologías .....	60
5.1.1.1 Rocas graníticas de la Provincia Geológica de Imataca.....	61
5.1.1.2 Descripción petrográfica de las muestras de gneis granítico .....	61
5.1.1.3 Cuarcitas ferruginosas .....	68
5.1.1.4 Formación Mesa.....	69
5.1.1.5 Sedimentos recientes.....	70
5.1.2 Estructuras presentes.....	73
5.1.2.1 Foliaciones .....	73
5.1.2.2 Sistemas de diaclasas .....	74
4.1.2.3 Deformaciones combinadas de fallas y pliegues .....	74

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
Conclusiones .....	78
Recomendaciones.....	79
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>80</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2. 1 Ubicación de la zona de estudio. Los puntos 5 y 4 corresponden a los estribos del puente Orinoquia. ....	20
2. 2 Vehículo rustico usado para visitar los distintos sitios del área de estudio. ....	21
2. 3 Vegetación presente, cerca del rio Mamo. ....	24
2. 4 Vegetación secundaria, que nace después de deforestar la vegetación original. .	25
2. 5 Tipos de relieves presentes en el área de estudio. ....	26
2. 6 Relieve de montaña, generado a partir de rocas graníticas y cuarcitas ferruginosas. ....	27
2. 7 Relieve de planicie, generalmente generado por la Formación Mesa. ....	28
2. 8 Suelo transportado por el Río Mamo y depositado a su orilla, producto de la desintegración física y química de las rocas circundantes. ....	29
2. 9 Extensión de Provincia Geológica de Imataca (Mendoza, V. 2005). ....	31
4.1 Etapas de la metodología del trabajo. ....	50
4.2 Reconocimiento de las áreas correspondientes al Río Mamo y un corte de carretera, cercano al estribo norte del puente Orinoquia. ....	52
4.3 Medición de un plano de fractura, en un corte de carretera, cercano al estribo norte del puente. ....	53
4.4 Obtención de las muestras de rocas mediante percusión. ....	54
4.5 Conteo de partículas de arena para determinar los rangos de redondez. ....	56
4.6 Preparación de las muestras para el tamizado mecánico. ....	56
5.1 Ubicación de las estaciones y puntos de muestreo, correspondiente a la zona de estudio. ....	60
5.2 Relación estratigráfica entre el gneis granítico y las cuarcitas ferruginosa del Complejo de Imataca. ....	61

5.3 Micrografía de la muestra PQM1 (NX) 10X/2X: se observa textura inequigranular xenomórfica cataclástica.....	62
5.4 Micrografía de la muestra PQM1 (NX) 10X/2X: se observa paquetes de cuarzo (Q). de tamaño grueso en paquetes policristalinos recristalizados y paquetes de feldespato (Fk) y agregados granulares de tamaño fino.....	64
5.5 Micrografía de la muestra PQM2 (NX) 10X/2X: se observa textura inequigranular xenomórfica, cataclástica.....	65
5.6 Micrografía de la muestra PQM2 (NX) 10X/4X: se observan paquetes de minerales opacos (Op), bordeados por biotita (Bi), anhedrales y en agregados aciculares.....	67
5.7 Ubicación estratigráfica y topográfica de las cuarcitas ferruginosas.....	68
5.8 Contacto geológico de la Formación Mesa (capas suprayacente de color mostaza) y el Complejo Imataca (infrayacente de color rosado pálido).....	69
5.9 Gráfico de barras correspondiente a las determinaciones de redondez de la estación M-1.....	71
5.10 Resultados del ensayo de tamizado mecánico.....	73
5.11 Intersección entre planos de fallas. Nótese que el evento de dirección N10°E, es cortado y desplazado por el evento de dirección N75°W.....	74
5.12 Falla Geológica.....	75
5.13 Mapa geológico-estructural del afloramiento del estribo Norte y sus alrededores.....	76
5.14 Interpretación cinemática de los desplazamientos de las rocas a causa de esfuerzos compresivos.....	77

## LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Puntos topográficos del área de estudio (Coordenadas UTM).....	21
2.2 Elaboración propia a partir de datos del MINAMB, CVG-EDELCA, CVG-TECMIN C.A., 2007.....	22
4.1 Ubicación de las muestras de rocas.....	54
5.1 Estaciones geológicas levantadas en el área comprendida entre el estribo norte del puente Orinoquia y Río Mamo.....	59
5.2 Porcentajes relativos de abundancia de los minerales presentes en la muestra PQM1.....	64
5.3 Porcentajes relativos de abundancia de los minerales presentes en la muestra PQM2.....	67
5.4 Resultado del ensayo de esfericidad y redondez de la muestra M-1.....	70
5.5 Resultado del ensayo y tamizado mecánico.....	72

## LISTA DE APÉNDICE

	Página
<b>A Análisis Petrográfico.....</b>	<b>85</b>
A.1 Resultados de los análisis petrográficos muestra PQM1.....	86
A.2 Resultados de los análisis petrográficos muestra PQM2.....	88

## **LISTA DE ANEXOS**

1 MAPA TOPOGRÁFICO DEL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE EL ESTRIBO NORTE DEL PUENTE ORINOQUIA Y EL RÍO MAMO. MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI

2 MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE EL ESTRIBO NORTE DEL PUENTE ORINOQUIA Y EL RÍO MAMO. MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como fundamento la interpretación y posteriormente, la verificación de campo para la elaboración de los mapas geológico-estructural y geomorfológico, adyacente al Rio Orinoco, en los cuales se ilustren los relieves característicos del área, así como también los rasgos geológico-estructurales, con la finalidad de construir el modelado en 3D.

Debido a la composición a la mineralógica, petrográfica y a su complejidad estructural de las rocas de la región sur oriental del país, específicamente los estados Bolívar y Monagas, ubicada, en su mayoría en la Provincia Geológica de Imataca.

Esta investigación determina los tipos litológicos mediante el estudio petrográfico de las muestras de rocas extraídas del afloramiento, dando una certidumbre mayor en cuanto a la caracterización de los tipos de rocas presentes en el área. Esto, aunado a los análisis granulométricos y morfoscopico de los sedimentos recientes, generó información acerca de la secuencia de event<sup>2</sup> geológicos ocurridos en el área.

La presente investigación está diseñada de la siguiente forma: Capítulo I: destaca la situación a investigar y los objetivos que permitieron llevar a cabo la investigación; Capítulo II, donde se describen las generalidades y características físico-naturales del área de estudio, además de darse un bosquejo general de la geología reinante en la zona; Capítulo III, donde se encuentra un compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la indagación a realizar; Capítulo IV, en el cual se detalla el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo la indagación y el Capítulo V, donde se muestran los resultados obtenidos de la investigación, los cuales son reflejados en las conclusiones.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Situación objeto de estudio

El problema planteado en la presente investigación es caracterizar desde los puntos de vista petrográfico, litológico y estructural, el sector comprendido entre el estribo Norte del puente Orinoquia y el Río Mamo. En este sector afloran rocas tan antiguas como Gneises graníticos del Complejo de Imataca, y tan jóvenes como la Formación Mesa y los sedimentos recientes. Sobre los gneises graníticos del Complejo de Imataca, descansa el estribo Norte del puente atirantado Orinoquia. En este sector, se observan estructuras de deformación geológica, las cuales no comprometen la integridad física de la obra; pero es bueno tenerla en cuenta. En esa parte, el río Orinoco presenta un tramo rectilíneo, lo que indica un control tectónico.

La intención final de dicho estudio se basa en la realización de un levantamiento estructural y petrográfico, donde se presentan muestras, mediciones de rumbo y buzamiento de fracturas, diaclasas. Seguidamente se hará una interpretación estructural, con la finalidad de obtener datos para conocer la dirección de los esfuerzos, que generaron los pliegues, fracturas, fallas, cizallamiento y de qué manera pueden afectar las estructuras del puente.

Hacia el Noroeste, el paisaje es plano y se nota la presencia de la Formación Mesa. La cuenca del Río Mamo, es plana y con pocos accidentes geológicos. El tipo de sedimentos que deposita este río son arenas gruesas.

Para dar respuesta a este problema, se plantea realizar actividades de campo, conjuntamente con las de oficina. En campo, se realizarán visitas para efectuar

mediciones, secciones y recolección de muestras. En oficina, se indagará sobre la información del área y trabajos previos.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Caracterizar geológica y estructural, del área comprendida entre el estribo Norte del puente Orinoquia y el Río Mamo. Municipio Independencia. Estado Anzoátegui.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Identificar las unidades litológicas y estructuras presentes entre el estribo Norte del Puente Orinoquía y el Río Mamo, mediante el levamiento geológico de superficie.

2. Verificar las unidades litológicas interpretadas, entre el estribo Norte del puente Orinoquía y el Río Mamo, a través de la comprobación de campo y ensayos granulométricos, morfoscópicos y petrográficos.

3. Medir las estructuras, en los cortes de carreteras realizados en la zona de estudio, para la determinación de las tendencias preferenciales de fracturamiento.

4. Cartografiar las estructuras y litologías presentes entre el estribo Norte del Puente Orinoquía y el Río Mamo, mediante el mapa geológico a escala 1:5.000.

### **1.3 Justificación de la investigación**

La presente investigación se fundamenta en caracterizar los afloramientos del Complejo de Imataca, desde los puntos de vista petrográfico y tectónico, donde están asentadas las bases del estribo Norte del puente Orinoquia. También se revisaran, las rocas sedimentarias, suprayacentes al complejo de Imataca, ubicadas hacia el Noroeste. Las características petrográficas y estructurales que este afloramiento, donde se fundó el estribo Norte, pueda tener, se consideran de interés geológico.

También, con este proyecto de investigación, se pretende aportar información geológica, petrográfica y estructural, tanto de las masas rocosas que pertenecen al Complejo Geológico de Imataca, como de los sedimentos recientes

### **1.4 Alcance de la investigación**

Este proyecto de investigación permitirá actualizar la geología regional, conocer la petrografía de las rocas y las principales deformaciones y eventos ocurridos en la zona.

### **1.5 Limitaciones de la investigación**

1. Difícil acceso al sitio de interés debido a lo apartado y peligroso del mismo.
2. La falta de financiamiento para resolver los problemas logísticos de traslado y análisis de las muestras.

## CAPÍTULO II GENERALIDADES

### 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada entre la Autopista Simón Bolívar, que une a los centros poblados de Ciudad Bolívar y Puerto Ordaz y el Río Orinoco (Figuras 2.1).



Figura 2. 1 Ubicación de la zona de estudio. Los puntos 5 y 4 corresponden a los estribos del puente Orinoquia.

La zona de estudio abarca un área de 266 km<sup>2</sup>, correspondiente a la Provincia Geológica de Imataca, delimitada por cuatro 4 puntos topográficos (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> y P<sub>4</sub>), cuyas coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) son las siguientes (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Puntos topográficos del área de estudio (Coordenadas UTM).

PUNTOS	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
P <sub>1</sub>	470.000	940.000
P <sub>2</sub>	535.000	940.000
P <sub>3</sub>	535.000	900.000
P <sub>4</sub>	470.000	900.000

## 2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al área de estudio, se realiza vía terrestre, a través de la Autopista Simón Bolívar, hasta llegar al km 76, donde se toma el distribuidor La Ceiba que conduce al Puente Orinoquia.

Para acceder al río Mamo, se pasa el puente y se sigue al norte, unos 10 km, hasta llegar a la orilla del Río.



Figura 2. 2 Vehículo rustico usado para visitar los distintos sitios del área de estudio.

### 2.3 Características Físicos naturales del área de estudio

Se realizó la revisión de la información climatológica que reportan varios organismos encargados de llevar a cabo los registros en diferentes estaciones meteorológicas. Estos organismos son el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB), la Fuerza Aérea y CVG-EDELCA. Además, se consultó la bibliografía concerniente a estudios ambientales previos que han generado información climática, como lo es la base de datos de CVG-TECMIN C.A.

Las estaciones seleccionadas para el análisis climatológico son las siguientes: Uputa (serial N° 3994), La lucha (Serial N° 4906), ubicadas en el Estado Bolívar y con radio de acción en el área de estudio.

La Tabla 2.2 muestra las características de las estaciones climatológicas que se seleccionaron para el análisis de los diferentes parámetros registrados por las mismas, por ejemplo, todas las estaciones llevan registros de precipitación, evaporación, temperatura y humedad. Insolación es registrada solamente por las estaciones de Uputa y El Palmar.

Por otra parte, se realiza con los análisis de datos que corresponden a diferentes periodos de registro, los cuales oscilan entre 19 y 30 años.

Tabla 2.2 Elaboración propia a partir de datos del MINAMB, CVG-EDELCA, CVG-TECMIN C.A., 2007

ESTACIONES	SERIAL	COORDENADAS		ALTITUD (msnm)	PARAMETROS REGISTRADOS (*)
		Latitud Norte	Longitud Oeste		
Uputa	3.994	08°01'	62° 23''	327	P, E, T, H, I
La Lucha	3.931	08° 02' 55''	61° 57' 30''	N/D	P, E, T, H
El palmar	4.906	08° 02' 40''	61° 44' 30''	292	P, E, T, H, I

(\*) P= Precipitación, E= Evaporación, T= Temperaturas, H= Humedad Relativa, I= Insolación, R= Radiación, N= Nubosidad, V= Vientos, N/D= Dato no Disponible

### **2.3.1 Clasificación Climatológica**

El clima según Köppen es el cálido lluvioso tropical de sabanas y de bosques húmedos, con temperatura media anual de 26° C en las altitudes inferiores a los 800 msnm y 21° C en las superiores, mientras que la precipitación anual varía entre 1.200 y 2.400 mm.

La formación vegetal dominante es un bosque trópico subhúmedo (Aw), clima cálido y lluvioso, acompañado de un máximo de precipitación anual. La estación lluviosa se prolonga hasta finales del mes de septiembre con una duración aproximada de cinco meses.

La clasificación climática del área de estudio, de acuerdo con Holdridge, es que la zona pertenece a un bosque seco tropical (Bs – T), provincia de humedad Subhúmedo con predominancia de una precipitación media anual variable entre 1.000 y 1.400 mm y una temperatura de una precipitación media anual variable entre 1.000 y 1.400 mm y una temperatura media anual mayor de 24° C, aunque hacia los sectores más altos (por encima de los 600msnm), las temperaturas medias anuales pueden ser menores de 24° C, desarrollándose en consecuencia la zona de vida de Bosque Húmedo Premontano (Bh – P).

### **2.3.2 Vegetación**

En el área de estudio se distinguen dos tipos de formaciones vegetales: sabanas arboladas y áreas con vegetación secundaria.

### 2.3.2.1 Vegetación de sabanas arboladas

Constituye una extensa formación localizada en el sector de los Jabillos. Se caracteriza por un estrato herbáceo y un estrato arbóreo compuesto por arboles aislados o formando grupos.

En algunas áreas de la zona prevalecen condiciones edáficas que no permiten el establecimiento de una vegetación de mayor densidad, correspondiendo de esa manera a la vegetación original. En otras áreas el continuo uso del suelo a dado lugar a la sustitución de áreas bajo bosque a fisonomías de sabana arboladas, con la presencia especies propias del bosque natural. Estos sectores se encuentran actualmente bajo un uso agrícola de subsistencia, ganadería bajo pasto natural y/o establecido (Figura 2.3).

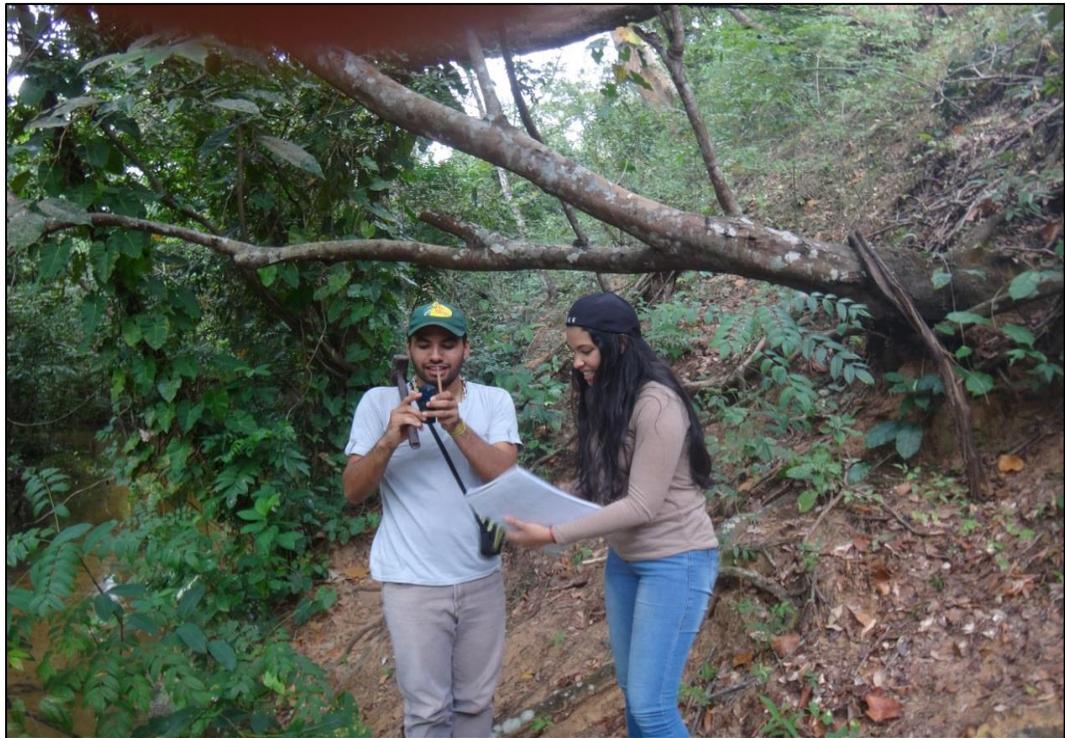


Figura 2. 3 Vegetación presente, cerca del rio Mamo.

### 2.3.2.2 Vegetación secundaria

Bajo esta denominación se agrupan una serie de tipos de vegetación en forma de mosaico constituyendo una matriz heterogénea de distintos tipos de coberturas (Matorrales secundarios, barbechos y/o rastrojos, bosques fuertemente intervenidos, herbazales secundarios, etc.).

Estas áreas se encuentran asociadas con zonas deforestadas para dar paso a los trabajos de ingeniería para la construcción del puente Orinokia. Ocupando una gran extensión dentro del área (Figura 2.4).



Figura 2. 4 Vegetación secundaria, que nace después de deforestar la vegetación original.

### 2.3.3 Drenaje

El drenaje que predomina en la zona principalmente el río Orinoco y sus afluentes. El Rio Mamo es también los cuales formado por un sistema dendrítico de densidad permanente en toda la cuenca (C.V.G. TECMIN, 1991).

### 2.3.4 Geomorfología

La zona de estudio forma parte de un paisaje fisiográfico de origen estructural tipo lomerío, el cual, a nivel general, está conformado por patrones repetitivos de cerros alargados, o filas, (hierro de la Provincia Geológica de Imataca). Este tipo de paisaje, a su vez, está rodeado por otro de menor altura relativa, tipo planicie, desarrollado a partir de sedimentos mal consolidados de la Formación Mesa (Figura 2.5).

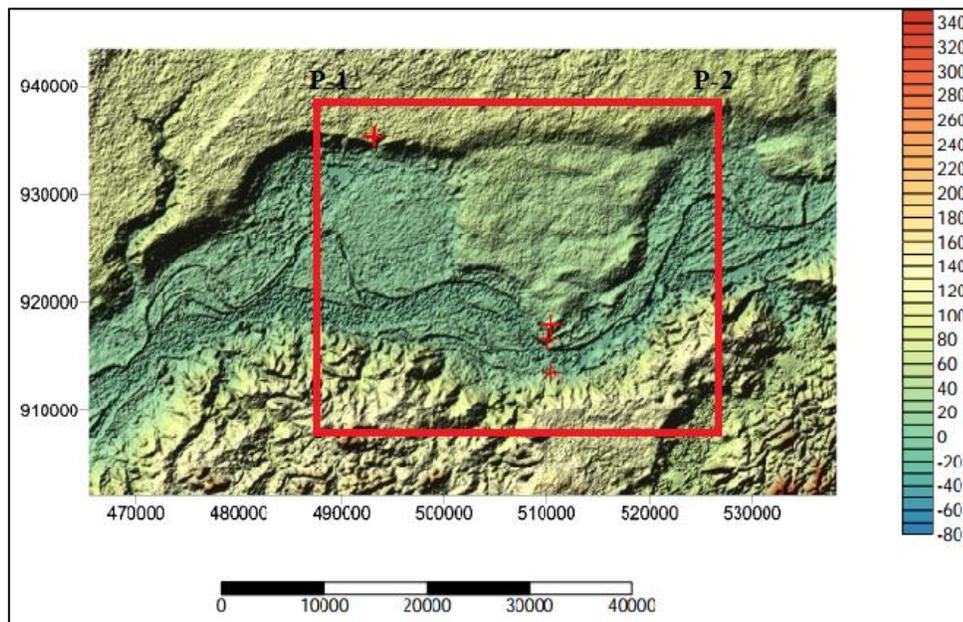


Figura 2. 5 Tipos de relieves presentes en el área de estudio.

#### **2.3.4.1 Relieve de montaña**

El relieve de montaña comprende alturas comprendidas entre 220 y 242 metros sobre el nivel del mar (msnm). Concretamente el afloramiento cerro La Cueva es de forma plutónica, presenta su superficie cubierta con una pátina de color negro, su altura máxima alcanza los 220 msnm y su mínima (contacto con la sabana) se midió en 160 msnm (Figuras 2.6).



Figura 2. 6 Relieve de montaña, generado a partir de rocas graníticas y cuarcitas ferruginosas.

#### **2.3.4.2 Relieve de planicie**

La zona se caracteriza por un relieve de planicie de origen deposicional formadas por aluviones que en una época se depositaron como en el caso de la Formación Mesa (Plio-Pleistoceno) sobre el basamento del Complejo de la Provincia de Imataca.

Estos se formaron a partir de condiciones climáticas particulares y sus consiguientes efectos erosivos y arrastres considerable de sedimentos, que han sido transportados y acumulados por los cuerpos de agua aumentados de caudal para la época dando origen a formas topográficas tales como; conos de derrubios, terrazas aluvionales y farallones; propios de una topografía de tierras malas o blandas, producto de la acción erosiva sobre las rocas sedimentarias de esta formación.

Este relieve presenta pendientes suaves, que varían de 0 a 4%, generalmente son superficies planas, como llanuras de erosión, de inundación, aluvial y vegas, que pueden contener ciertas elevaciones residuales de poco desnivel (C.V.G. TECMIN, 1991) (Figura 2.7).



Figura 2. 7 Relieve de planicie, generalmente generado por la Formación Mesa.

### **2.3.5 Suelo**

El suelo se presenta el área de estudio está constituido por diferentes capas de los cuales en un segundo lugar está el orden de los Inceltisoles reportándose en

ámbitos bioclimáticos particularmente en paisajes de lomeríos, pleniplanicie. Dichos suelos se han desarrollado en rocas de la Provincia de Imataca y sedimentos Aluvio – Coluviales muy lixiviados provenientes de la alteración de dichas rocas (C.V.G. TECMIN, 1991) (Figura 2.8).



Figura 2. 8 Suelo transportado por el Río Mamo y depositado a su orilla, producto de la desintegración física y química de las rocas circundantes.

## 2.4 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 Ga (granulitas y charnockitas del Complejo de Imataca) y tan jóvenes como 0.711 Ga (kimberlitaseclogíticas de Guaniamo), que registran en buena parte una evolución geotectónica similar a la de otros escudos precámbricos en el mundo, con al menos ruptura de supercontinentes en 2.4-2.3 Ga (Guayanensis), 1.6-1.5 Ga (Alántica-Caura), 0.8-0.7 Ga (Rodinia) y 0.2 Ga (Pangea).

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 precámbricos de Colombia y de Bolivia y estaba unido a África Occidental hasta la ruptura de la Pangea, hacen unos 200 Ma.

#### **2.4.1 Provincia Geológica de Imataca**

En Venezuela caracterizada por granulitas, anfibolitas y migmatitas se componen de granulitas y gneises félsicos hasta en un 60%; granulitas máficas y ultramáficas, hasta en un 20% y cantidades menores de anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, BIF, mármoles plataformales poco profundos con depósitos asociados de manganeso, charnockitas y anortositas ricas en cromo, gabros con níquel y cobre, equivalentes metamorizados de komatitas y/o peridotitas ricas en níquel, equivalentes de piroxenitas con níquel, cromo, platinoídes y rocas graníticas tonalíticas (Mendoza, V. 2005).

Estas granulitas han sido interpretadas como originadas por colisión de arcos y/o microcontinentes pre 2.7 Ga..rocas suprastrales e intrusivas dragadas rápidamente a gran profundidad donde alcanzaron facies anfibolita/granulita con intrusiones, cizallamientos y levantamientos isostáticos posteriores. En Barbeton, Sur Africa, y en otras zonas los CRV granitos sódicos, por antiguos que sean descansan casi siempre sobre granulitas y anfibolitas más antiguos (Glikson, 1976 en Mendoza, V. 2005).

Imataca con gneises anfibolíticos y granulitas, son consideradas por Cordani y otros (2000), Tassinari y otros (2000), en Mendoza, V. 2005; como alóctonos, bien sea en terrenos arqueozoicos o bien sea en áreas proterozoicas.

Litológicamente la PI está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes CRV-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona) (Mendoza, V. 2005) (Figura 2.9).

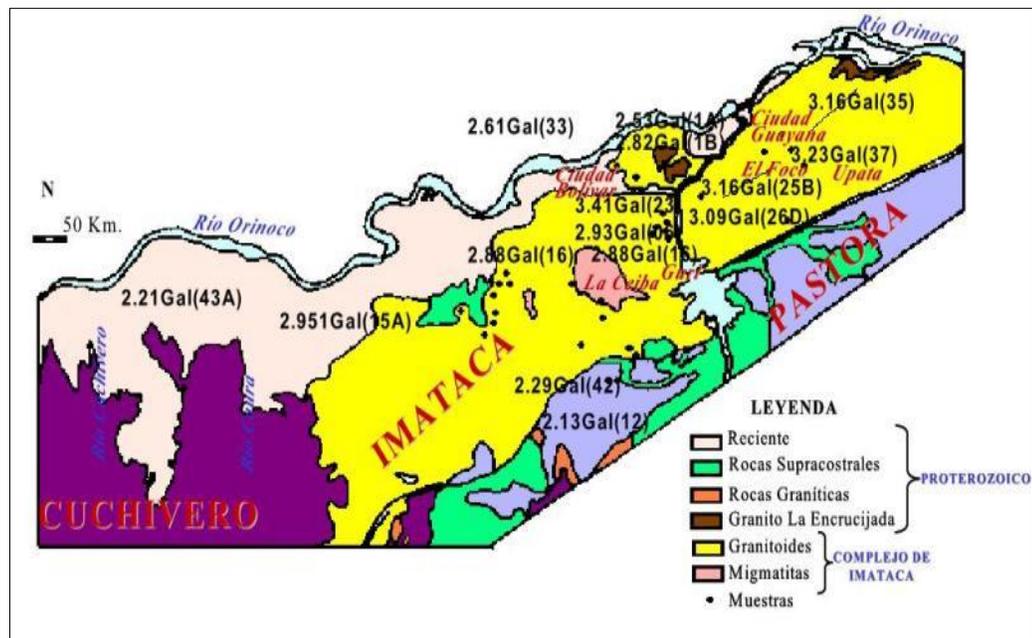


Figura 2. 9 Extensión de Provincia Geológica de Imataca (Mendoza, V. 2005).

El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de Hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750 °C-850 °C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbs, equivalentes a menos de 30 Km de presión de roca) , hacia la zona de Guri, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650°-700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 Kms de espesor de rocas).

Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan (Mendoza, V. 1974) como evolucionados primitivos CRV y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar las facies anfibolita y granulita y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado, registrando toda la historia evolutiva del escudo (Mendoza, V. 2005).

Mendoza, V. (2000), designa a la Provincia de Imataca con el nombre Provincia Estructural Bolívar e indica que aparece de nuevo hacia el sureste en las montañas de Kanakú, Guayana, en el río Saramaca, Suriname y en la isla de Cayana, Guyana Francesa. Además hace un recuento de todas las edades radiométricas en el Escudo de Guayana en Suramérica y reporta que la edad más antigua para el Complejo de Imataca es de 3500 - 3700 m.a., por el método U-Pb, mientras que las rocas más jóvenes son de composición granítica, las cuales arrojan edades entre 1200 - 800 m.a., determinado por el método potasio-argón

La Provincia de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos, internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte los pliegues tienen rumbo NW, mientras que en la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues es N60-70E el cual es predominante regionalmente, aproximadamente paralelas a la falla de Gurí (Mendoza, V. 2005).

#### **2.4.2 Formación Mesa**

La Formación Mesa consiste en arenas de granos gruesos y gravas con aglomerante ferruginoso, cementadas; y muy duras, conglomerados rojos a casi negro, arenas blanco amarillentas, roja purpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla arenosa y lentes de limolita. Es producto de una sedimentación fluviodeltaica y paludal, resultado de un extenso delta que

avanzaba hacia el Este en la misma forma que hoy avanza el delta del río Orinoco. El mayor relieve de las cuencas septentrionales desarrollo abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clástica de granos más grueso, mientras que desde el Sur el aporte principal era de arenas, por otro lado se postula que los sedimentos de la Formación representan depósitos torrenciales y aluviales, contemporáneo con el levantamiento con la serranía del interior (PDVSA-INTEVEP, 1997).

Se extiende por los llanos centro occidentales y orientales (estados, Guárico, Anzoátegui, Monagas) encontrándose algunos afloramientos en los estados Bolívar y Sucre inmediatamente al sur del río Orinoco, el espesor es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio deltaica que avanza de Oeste a Este por el avance de los sedimentos deltaicos (PDVSA-INTEVEP, 1997).

En Ciudad Bolívar los espesores de la Formación Mesa son muy variables y los máximos encontrados se encuentran en el hipódromo donde alcanza 120 metros, parte de este espesor corresponde a la Formación Guanipa encima de la formación Mesa y por debajo correspondiente a sedimentos del reciente lo cual ha sido detectado por métodos geofísicos (PDVSA-INTEVEP, 1997).

## **CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO**

### **3.1 Antecedentes de la investigación**

Rodríguez, E. (1986) destacó los tipos de rocas graníticas, charnockíticas y migmatíticas asociadas a cada una de las fajas denominadas de Ascanio. Estas fajas tectónicas y su importancia en usos ornamentales e industriales.

De este trabajo de investigación se consideraron los análisis petrográficos y mineralógicos usados para diferenciar cada faja.

Afanador, C. y Lereico, G. (2012) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMECÁNICA DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS DEL COMPLEJO DE IMATACA Y FORMACIÓN MESA QUE AFLORAN EN LA ZONA NORTE DEL SECTOR TENTEDURO KM 61 CON UNA EXTENSIÓN DE 5000 HAS CON FINES DE APROVECHAMIENTO DE LOS MINERALES NO METÁLICOS MUNICIPIO HERES. ESTADO BOLÍVAR.** Tesis de grado. Venezuela: Universidad de Oriente.

Sotillo, Z. y Carrillo, N. (2012) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMECÁNICA CON FINES ORNAMENTALES DEL AFLORAMIENTO CERRÓ “SAN JUAN”, CARRETERA PUERTO ORDAZ-CIUDAD PIAR. MUNICIPIO ANGOSTURA. ESTADO BOLÍVAR.**

De estos dos últimos trabajos de caracterización, se siguió la metodología de muestreo y cartografía de unidades geológicas, en campo; así como las técnicas de descripción macroscópica de los afloramientos.

## **3.2 Definición de básicos términos**

### **3.2.1 Rocas ígneas**

Son rocas cristalinas o vítreas que se forman a partir del enfriamiento y solidificación del magma, proceso que puede ocurrir debajo de la superficie terrestre o después de una erupción volcánica en la superficie. En cualquier caso las rocas resultantes se denomina rocas ígneas (Méndez, J. 2006).

Las rocas ígneas se originan a partir de un volumen de roca fundida en profundidad, incluyendo gases disueltos, volátiles como el agua y cristales, que experimentan enfriamiento en las zonas internas de la corteza o al ser expelido como lava, dando como resultado a las rocas ígneas (Méndez, J. 2006). Las rocas ígneas se dividen en dos grupos, dependiendo del lugar donde se formaron:

#### **3.2.1.1 Rocas intrusivas o plutónicas**

Formadas a partir de un magma que se solidifico debajo de la superficie de la tierra. Estas rocas se forman cuando el magma penetra un bolsillo o una recamara subterránea que se encuentra relativamente fría y que se solidifica en forma de cristales, debido a que se enfrían lentamente, y genera rocas que contienen cristales. Entre las rocas ígneas intrusivas o plutónicas más comunes son el gabro, diorita, y granito, etc. (Méndez, J. 2006).

#### **3.2.1.2 Rocas ígneas extrusivas o volcánicas**

Formadas por el magma cuando sale a la superficie como lava. Estas rocas están fundamentalmente compuestas por silicato, las cuales están constituidas mayoritariamente por Silicio (Si) Y Oxigeno (O). Estos dos elementos junto con el

Aluminio (Al), Calcio (Ca), Sodio (Na), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Hierro (Fe), constituyen más del 98% en peso de la mayoría de los magmas que al solidificarse forman rocas ígneas. Además los magmas contienen pequeñas cantidades de muchos elementos como Azufre (S), Oro (Au), Plata (Ag), Uranio (U), tierras raras gases en disolución, etc. Entre las rocas ígneas extrusivas o volcánicas más comunes se encuentran el basalto, andesita y riolita entre otras, etc (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

Los diferentes silicatos que constituyen las rocas ígneas, cristalizan en un orden determinado que está condicionado por la temperatura. La serie de cristalización de Bowen (1928), nos muestra el orden de cristalización de los distintos silicatos conforme disminuye la temperatura (Méndez, J. 2006).

La clasificación de las rocas ígneas se basa en la composición mineralógica y en las texturas; estas últimas nos permiten establecer si nos encontramos con rocas plutónicas, volcánicas y filonianas (Méndez, J. 2006).

### **3.2.2 Texturas de las rocas ígneas**

El termino textura se utiliza para describir el aspecto general de la roca en función del tamaño, forma y ordenamiento de los cristales, la textura nos permite conocer el origen, ambiente en el cual se formó la roca. Entre los tipos de textura de las rocas ígneas se encuentran las siguientes: (Méndez, J. 2006).

#### **3.2.2.1 Textura fanerítica (grano grueso)**

Texturas de rocas de origen intrusivo. Textura de grano grueso, visible a simple vista, desarrollada en rocas ígneas, derivadas de magmas con cristalización y solidificación lenta en el interior de la corteza terrestre (Méndez, J. 2006).

### **3.2.2.2 Textura afanítica (grano fino)**

La textura de rocas de origen extrusivo. Rocas ígneas de grano fino que forman en la superficie de la tierra directamente por emisión de la lava volcánica o dentro de la corteza superior donde el enfriamiento es relativamente rápido (Méndez, J. 2006).

### **3.2.2.3 Textura porfídica**

Texturas de las rocas ígneas caracterizada por dos tamaños de cristales claramente diferentes. Los cristales más grandes se denominan fenocristales, mientras que la matriz de cristales más pequeños se denomina pasta. Esta textura se origina cuando las grandes masas de magmas se localizan muy profundamente y la solidificación es muy lenta (Méndez, J. 2006).

### **3.2.2.4 Textura vítrea**

Se forma cuando la lava derivada de las erupciones volcánicas es enfriada rápidamente, con lo cual, iones se agrupan desordenadamente y no producen una estructura cristalina ordenada, tomando la apariencia de un vidrio o textura vítrea. Sin embargo, el enfriamiento rápido no es el único mecanismo para la formación de la textura. Los magmas con alto contenido de sílice tienden a formar estructuras largas y en cadena antes de que la cristalización se complete (Méndez, J. 2006).

### **3.2.2.5 Textura piroclástica**

Se forma por la consolidación de fragmentos de rocas individuales, que son expulsados durante las erupciones volcánicas. Las partículas expulsadas pueden ser cenizas muy finas, gotas fundidas o grandes bloques de rocas angulares arrancadas de las paredes de la chimenea volcánica durante la erupción (Méndez, J. 2006).

Como las rocas piroclásticas están compuestas de partículas o fragmentos individuales, antes que de cristales interconectados, la textura suele ser parecida a las rocas sedimentarias (Méndez, J. 2006).

#### **3.2.2.6 Textura pegmatítica**

Son rocas ígneas de granos especialmente gruesos, compuestos por cristales interconectados mayores de un 1 cm de diámetro. La mayoría de las pegmatitas se forman en venas cerca de los bordes de los cuerpos magmáticos durante la última etapa de la cristalización. Como el agua y otros volátiles no cristalizan dentro de un cuerpo magmático, los fluidos constituyen en elevado porcentaje del fluido final (porción líquida del magma una vez excluidos los componentes sólidos) (Méndez, J. 2006).

#### **3.2.2.7 Textura poiquilítica**

Inclusiones de pequeños cristales dentro de pórfidos (fenocristales). Generalmente los fenocristales son de feldespato potásico de rocas graníticas. Las inclusiones cristalizan primero que el pórfido (Méndez, J. 2006).

#### **3.2.2.8 Textura ofítica**

Es una clase de roca dentro de la textura porfídica. Es característica de las rocas maficas. Con crecimiento de cristales de plagioclasa dentro de cristales de piroxenos. Mientras en la textura sub ofítica hay crecimientos de cristales de plagioclasas en la periferia de cristales de piroxeno (Méndez, J. 2006).

### **3.2.2.9 Textura rapakivi y antirapakivi**

Fenocristales ovoides de feldespatos alcalinos encerrados por una corteza de plagioclasas (oligoclasa) indican textura rapakivi. A la inversa es la textura antirapakivi. La mezcla de magmas de diferentes composiciones es uno de los mecanismos compuestos (Méndez, J. 2006).

Los factores que afectan la textura de las rocas ígneas son las siguientes:

1. Velocidad de enfriamiento.
2. Cantidad de sílice presente.
3. Cantidad de gases disueltos en el magma.

### **3.2.2.10 Modificación de las texturas de las rocas plutónicas**

Muchas veces en relación con su ubicación geotectónica, los batolitos o intrusión de granitos pueden estar afectados por grandes movimientos tectónicos, que pueden estar acompañados por temperatura y presión, de manera que la roca toma una elasticidad para responder a diferentes esfuerzos, resultando una orientación y cristalización de la fase mineralógica, la roca toma una textura gnéisica, que influyen para una orientación privilegiada para los minerales (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

El metamorfismo es el proceso en el sub suelo profundo, por medio del cual, las rocas sedimentarias e ígneas son cambiadas mediante la acción de la temperatura, la presión y los fluidos. Los minerales nuevos crecen y una roca metamórfica es el producto del cambio (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

La fusión de las rocas enterradas profundamente genera un magma nuevo y el ciclo termina. Los materiales subiendo en la tierra, generan un levantamiento que a su vez, promueve la erosión de tal manera que el ciclo, impulsado por el calentamiento radioactivo es auto sostenido por varios miles de millones de años (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.2.3 Granito**

El granito es una roca intrusiva magmática, con un alto contenido de silíceo que se caracteriza por una textura holocristalina, generalmente por ortoclasa, cuarzo y mica. Algunos granitos pueden contener feldespatos sódicos- cálcicos, piroxenos, micas y anfíboles y como elementos accesorios, apatito, magnetita, turmalina, circón, ilmenita y esfena (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

Algunos granitos presentan una buena resistencia a los agentes atmosféricos, se encuentran difundidos por la corteza terrestre y se utilizan como material de construcción y revestimiento (Todogeologia, 2002).

## **3.3 Bases teóricas**

### **3.3.1 Tamaño de afloramiento**

El estudio de la morfología y el entorno pretende reconocer las características geométricas del macizo (límites superficiales, potencias, zonaciones litológicas), lo que resulta imprescindible para ser una primera valoración del potencial del macizo (Tarbuk, E. y Lutgens, F. 2005).

### **3.3.2 Color**

Con la disminución de la cantidad de cuarzo, este cambia y se pone oscuro hacia los gabros (Tarbuk, E. y Lutgens, F. 2005).

La presencia de biotita negra, da un color gris a negro. Los colores vivos vienen de los feldespatos con diferentes tintes, rojos o rosados con pigmentos de hematina (óxido de hierro), verde de lentejuelas de clorita en vía de alteración; azul por la presencia de óxido de cobre. El color más frecuente, es el gris azulado, claro o fuerte según los matices de los constituyentes. Algunas veces, los granitos con dos micas, muestran un color bronceado (oro viejo), como consecuencia del efecto del agua, la cual ha oxidado durante milenios, el hierro contenido en las micas negras (Tarbuk, E. y Lutgens, F. 2005).

### **3.3.3 Factores litológicos**

Tales como composición, textura, y tamaño de grano, grado de microfiguración inter e intragranular. Por otro lado, presencia y frecuencia de enclaves, diferenciaciones magmáticas, alteraciones hidrotermales, etc. El mayor o menor contenido influye en la posible aplicación de técnicas específicas de corte de canteras o fases de aserrado, corte y pulido, por su grado de abrasividad (Tarbuk, E. y Lutgens, F. 2005).

También influye el color de los minerales, especialmente de los feldespatos, transparencia de cuarzo, migmatización, la orientación de los mega cristales y la composición química (Tarbuk, E. y Lutgens, F. 2005).

### **3.3.4 Factores estructurales**

Todos aquellos que, superpuestos a las condiciones litológicas primarias, intervienen en la configuración espacial del yacimiento. Se pueden clasificar es: (Tarbuk, E. y Lutgens, F. 2005).

Estructuras magmáticas primarias, orientaciones de flujo, bandeadas, layering, etc, o cuerpos planares tales como diques, vetas, filones, etc.

Estructuras tectónicas, foliación, esquistosidad, cizallas, estriaciones, así como la red de diaclasas, estructuras S-C, milonitizaciones (recristalizadas/ no recristalizadas).

### **3.3.5 Geología**

Ciencia que trata de la forma exterior e interior del globo terrestre, de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen, y de la colocación que tienen en su actual estado (Griem, W. y Griem, S. 2003).

### **3.3.6 Geología estructural**

Es la rama de la geología que se dedica a estudiar la corteza terrestre, sus estructuras y la relación de las rocas que las forman. Estudia la geometría de las rocas y la posición en que aparecen en superficie. Interpreta y entiende la arquitectura de la corteza terrestre y su relación espacial, determinando las deformaciones que presenta y la geometría superficial de las estructuras rocosas (Ragan, D. 1980).

### **3.3.7 Roca**

Son agregados naturales duros y compuestos de partículas minerales con fuertes uniones cohesivas permanentes que habitualmente se consideran un sistema continuo. La proporción de diferentes minerales, la estructura granular, la textura el origen de la roca sirven para su clasificación geológica (González Vallejo, Ingeniera Geológica, 2006)

### **3.3.8 Buzamiento**

Ángulo que forma el plano de falla con la horizontal (Ragan, D. 1980).

### **3.3.9 Falla geológica**

Una fractura o zona de fractura en rocas a lo largo de la cual los dos lados se han desplazado, el uno con relación al otro, paralelamente a la fractura. El desplazamiento total puede variar desde centímetros a kilómetros (Ragan, D. 1980).

### **3.3.10 Fallas normales**

Las fallas normales se producen en áreas donde las rocas se están separando (fuerza tractiva), de manera que la corteza rocosa de un área específica es capaz de ocupar más espacio, las rocas de un lado de la falla se hunden con respecto a las rocas del otro lado (Ragan, D. 1980).

### **3.3.11 Fallas inversas**

Las fallas inversas ocurren en áreas donde las rocas se comprimen unas contra otras (fuerzas de compresión), de manera que la corteza rocosa de un área ocupe

menos espacio La roca de un lado de la falla asciende con respecto a la roca del otro lado, en una falla inversa, el área expuesta de la falla es frecuentemente un saliente. De manera que no se puede caminar sobre ella (Ragan, D. 1980).

### **3.3.12 Falla activa**

Falla geológica que en base a información histórica, sismológica o evidencias geológicas, está asociada a una probabilidad de generar un sismo. Generalmente se consideran activas aquellas fallas en las cuales se han constatado desplazamientos en los últimos 40 mil años (Ragan, D. 1980).

### **3.3.13 Fallas oblicuas**

En las que hay una componente de salto en dirección y otra de salto en buzamiento (Ragan, D. 1980).

### **3.3.14 Pliegues**

Son estructuras de deformación producto generalmente de esfuerzos compresivos. Se producen cuando las rocas se pliegan en condiciones de presión y temperatura altas, lo que les confiere la ductilidad necesaria para que se generen los pliegues (Ragan, D. 1980).

### **3.3.15 Diaclasas**

Son fracturas no visibles a simple vista. La diferencia entre falla y diaclasa reside en la escala de observación, ya que una falla a escala local puede resultar una diaclasa a escala regional. Un buen criterio es la búsqueda de los ornamentos típicos

de una diaclasa como son la estructura plumosa, las nervaduras y la orla. Existen tres tipos de diaclasas (Ragan, D. 1980).

### **3.3.16 Geomorfología**

Estudio de las características propias de la corteza terrestre (Griem, W. y Griem, S. 2003).

### **3.3.17 Relieve terrestre**

Hace referencia a las formas que tiene la corteza terrestre o litosfera en la superficie, tanto al referimos a las tierras emergidas, como al relieve submarino, es decir, al fondo del mar (Griem, W. y Griem, S. 2003).

## **CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo de investigación**

Este proyecto de investigación está enmarcado en una investigación del tipo exploratoria y descriptiva.

#### **4.1.1 Investigación exploratoria**

Según Arias, F. (2006), la investigación exploratoria “se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos”

Esta investigación se considera exploratoria porque brinda una visión general y aproximada del trabajo. Los datos se toman en campo, en el propio sitio, sin alterar la realidad.

Mediante las salidas a campo se identifican los tipos de rocas y se midieron las estructuras deformantes de las litologías. También se hace una descripción in situ de las características de la roca.

#### **4.1.2 Investigación descriptiva**

Según Arias, F. (2006), la investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

Tomando en cuenta los objetivos propuestos y el nivel de profundidad, la investigación a desarrollar es del tipo descriptiva, porque se describieron en campo la geología estructural mediante mediciones y se determinan las direcciones de los esfuerzos que causan las deformaciones en las rocas, mediante secciones longitudinales.

## **4.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la presente investigación se clasifica en documental y de campo

### **4.2.1 Investigación documental**

Según Arias, F. (2006), la investigación documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales”.

La presente investigación presenta un diseño documental, en el que se efectuó, en primer lugar una recopilación e interpretación de información bibliográfica basadas en los trabajos geológicos previos. En segundo lugar, la recopilación e interpretación de la información cartográfica, la cual es proporcionada por los mapas topográficos y geológicos existentes, la cual es necesaria para tener una visión espacial del área y evaluar las estructuras geológicas predominantes.

### **4.2.2 Investigación de campo**

Según Arias, F. (2006) “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes”.

Este tipo de investigación está caracterizada por la toma de muestras de roca fresca, así como el levantamiento geológico del afloramiento. Se indican las coordenadas de donde se realizó el muestreo, la codificación empleada para identificar las muestras de los afloramientos y el número de muestra tomada.

### **4.3 Población de la investigación**

Arias, F. (2006) define la población como “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”.

La población, para el siguiente trabajo de investigación, está referida a toda el área comprendida entre el estribo Norte del puente Orinokia y el Río Mamo.

### **4.4 Muestras de la investigación**

Según Arias, F. (2006) “una muestra, en un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población”.

En este proyecto, el muestreo se realizó en forma aleatoria, detallando donde el afloramiento presente cambios texturales o de coloración. Se tomaron cinco (5) muestras de rocas, de las cuales 1 corresponde a rocas sedimentarias y 4 a rocas duras.

La profundidad del muestro obedeció a la tenacidad de la roca y de su grado de meteorización. Todas las muestras graníticas recolectadas se describieron macroscópicamente y luego, se seleccionaron dos (2) de las muestras más representativas del afloramiento para la aplicación de los ensayos petrográfico

correspondientes. De igual forma, la muestra de sedimentos recolectada a orilla del Río Mamo, fue ensayada para su granulometría y morfoscopía.

#### **4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Arias, F. (2006) define la técnica como “Un instrumento de recolección de datos de cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

##### **4.5.1 Técnicas de recolección de datos**

Con lo citado anteriormente, se puede decir que la recolección de datos se realizó mediante la revisión bibliográfica, publicaciones en internet, reglamentos y normativas referentes al mismo, en formato digital, mediante la realización de mapas utilizando imágenes de satélites.

La Observación directa, permitió observar e identificar de forma física, mediciones y descripciones “in situ” de los eventos o factores geológicos presentes el área en estudio.

##### **4.5.2 Instrumentos de recolección de datos**

Dentro de los instrumentos que se emplearon están: lápiz, libreta de campo, mapas, cámara fotográfica de alta resolución, GPS Garmin 60 Csx, lupa de geólogo, vehículo rústico para transporte, e imagen Asterdem. Los mapas se elaboraron cartografiando los puntos GPS, sobre dicha imagen.

## 4.6 Etapas de la investigación

A fin de realizar la investigación con mayor eficiencia y cumplir con los objetivos propuestos para la elaboración del estudio geológico, se dividió el trabajo en cuatro (4) fases o etapas, tanto teóricas como prácticas, que, con la supervisión del tutor académico, se clasificó de manera sistemática de la siguiente manera (Figura 4.1)

### 4.6.1 Etapa I Recopilación de la información

Esta etapa comprende la recopilación y consulta de toda la información tanto bibliográfica como cartográfica existente del área de estudio, que sirve de base en la elaboración del proyecto.

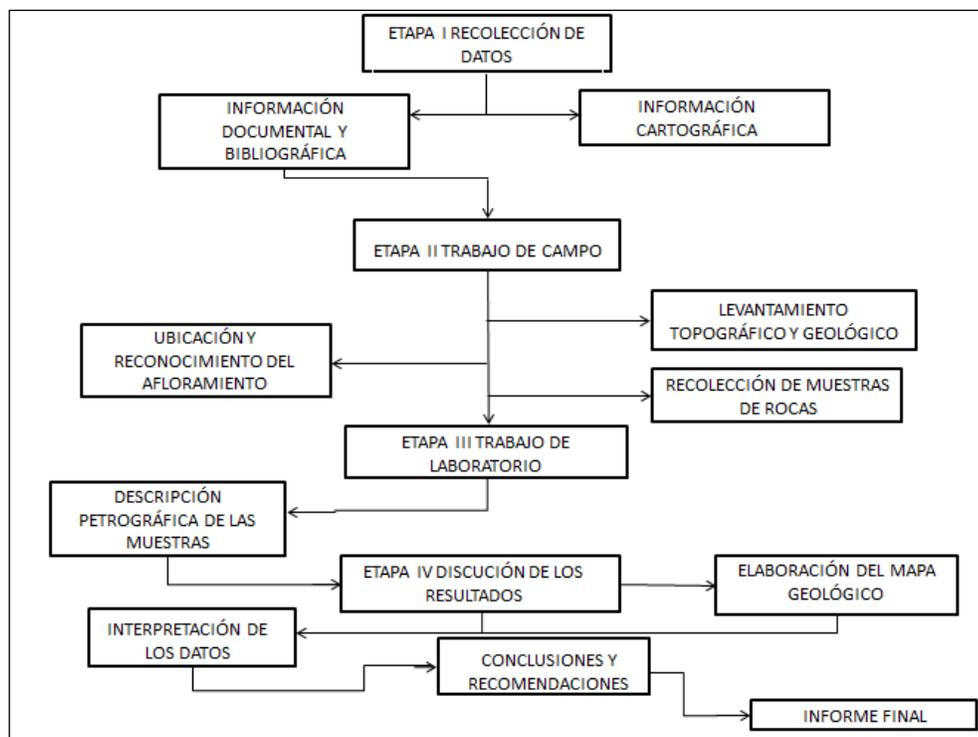


Figura 4.1 Etapas de la metodología del trabajo.

#### **4.6.1.1 Etapa I Recopilación documental y bibliográfica**

En la parte bibliográfica fueron revisados y analizados informes de avance técnicos de CVG TECMIN, C.A., textos académicos y trabajos de investigación recopilados en la Biblioteca de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

#### **4.6.1.2 Recopilación cartográfica**

En cuanto a la información cartografía se utilizaron las hojas cartográficas NB-20-2, mapa de geología regional perteneciente al Proyecto inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana, C.V.G Técnica Minera C.A del año 1991; a escala 1:250000 del año 1991, la hoja 7538 de Dirección de Cartografía Nacional a escala 1:100.000 del año 1970.

También se utilizó la ortoimagen de radar 7538-II, perteneciente al proyecto Cartosur II a escala 1:50000 año 2005, resolución a color y la imagen del software Google Earth 2016.

#### **4.6.2 Etapa II Trabajo de campo**

Son las actividades desarrolladas sobre el afloramiento donde está fundado el estribo y puntos cercanos. En esta fase también se describieron las características físico-naturales del área.

##### **4.6.2.1 Ubicación y reconocimiento del área de estudio**

La exploración se realizó primeramente con un reconocimiento geológico de la zona con la finalidad de determinar las unidades geológicas y las estructuras

presentes en el área, ubicación geográfica del afloramiento, además de tomar fotografías.

Para poder acceder a la zona de estudio se contó con el apoyo del asesor académico, y el transporte hasta el campamento base. El recorrido hasta el afloramiento, se hizo a campo travieso (Figura 4.2).



Figura 4.2 Reconocimiento de las áreas correspondientes al río Mamo y un corte de carretera, cercano al estribo norte del puente Orinoquia.

#### **4.6.2.2 Levantamiento topográfico**

Durante esta etapa, se realizó un levantamiento topográfico utilizando un Geoposicionador Satelital (GPS), de última generación, con el cual se geoposicionaron cinco (5) puntos, con coordenadas y sus respectivas elevaciones.

#### **4.6.2.3 Levantamiento geológico**

Durante los recorridos del afloramiento y zonas aledañas se observaron planos de diaclasas, fallas, pliegues y foliación gnéissica, a quienes se les midió rumbo y

buzamiento y posteriormente se cartografiaron para luego ser representados en el mapa geológico.

Para esta actividad fue utilizada una brújula profesional marca Bruntón (Figura 4.3).



Figura 4.3 Medición de un plano de fractura, en un corte de carretera, cercano al estribo norte del puente.

#### **4.6.2.4 Recolección de muestras de rocas**

La recolección de muestras se hizo usando el método de percusión, con una mandarina de 15 Kg. Se colectaron cinco (5) muestras de rocas. Las muestras extraídas fueron superficiales. Las muestras fueron descritas macroscópicamente en campo.

De igual forma, durante los recorridos de campo, se pudieron reconocer y diferenciar los cuatro (4) diferentes tipos de litologías presentes en el área (Figura 4.4).



Figura 4.4 Obtención de las muestras de rocas mediante percusión.

Seguidamente fueron rotuladas y etiquetadas con un numero; además, los puntos de muestreo fueron posicionados mediante un geoposicionador satelital (GPS) (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Ubicación de las muestras de rocas.

<b>MUESTRAS</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTAS (m)</b>
M-1	492995	915779	42
M-2	492067	915449	42
M-3	402050	915440	63
M-4	492726	915555	54
M-5	492608	915764	40

### **4.6.3 Etapa III Trabajo de laboratorio**

Consiste en toda las actividades relacionadas con la preparación física y etiquetados de muestras.

#### **4.6.3.1 Análisis petrográficos**

Se analizaron 2 muestras de rocas, en los laboratorios de la empresa INGEOMIN, C.A. Primeramente, se realizaron los cortes necesarios a las muestras para su análisis microscópico, posteriormente se elaboraron secciones finas a cada una para su análisis petrográficos.

#### **4.6.3.2 Análisis morfoscópicos**

Medir el grado de redondez de los granos de arena y grava de una forma práctica en el laboratorio, implica medidas sobre una proyección de la partícula sobre una superficie plana. Las partículas que va a estudiarse se colocan en una placa de vidrio y se agita ligeramente hasta que entre en reposo en su superficie más amplia.

Esto normalmente coloca a su diámetro menor en una posición vertical y a su diámetro máximo e intermedio en el plano de la placa. Así puede entonces ser fotografiada a la amplificación deseada o su imagen puede ser proyectada a una superficie (horizontal o vertical) para ser medidas.

Una vez proyectadas o medidas, se hacen las determinaciones correspondientes y se procede al conteo estadístico, para establecer la clase predominante. Mientras más redondeadas sean las partículas, habrán sufrido mayor transporte (Figura 4.5).



Figura 4.5 Conteo de partículas de arena para determinar los rangos de redondez.

#### 4.6.3.3 Análisis granulométrico

A las muestras de arenas tomadas del muestreo aleatorio de la parte plana, entre el puente Orinoquia y el Rio Mamo se le hicieron determinaciones granulométricas en los laboratorios de Geociencias de la Universidad de Oriente por el método mecánico del tamizado (Figura 4.6).



Figura 4.6 Preparación de las muestras para el tamizado mecánico.

#### **4.6.4 Etapa IV Discusión de los resultados**

Esta etapa permitió corroborar la existencia real de los datos colectados durante la etapa de recopilación bibliográfica y cartográfica, puesto que se mide cualitativamente y cuantitativamente los elementos analizados. Se recopiló valiosa información, la cual se utilizó para la corrección y elaboración del mapa geológico definitivo.

##### **4.6.4.1 Elaboración del mapa geológico**

Para elaborar el mapa geológico-estructural se tomó como base la hoja cartográfica NB-20-2 a escala 1:250000, la hoja 7538 a escala 1:100000. También se utilizó la ortoimagen de radar 7538-II a escala 1:50000 año 2005, para la digitalización del mapa geológico-estructural se utilizaron las herramientas tecnológicas; Global Mapper 17.0, AUTOCAD 2016, y Surfer 11.0.

A través del programa Global Mapper 17.0 se abrió la imagen 7538-II, donde se puede observar el relieve la textura, el color, la escala y sus respectivas coordenadas, luego se representó los puntos de la poligonal cerrada A, B, C y D, luego con el formato de Global Mapper se seleccionó el área estudiada y se exportó a Surfer en formato grip con la finalidad de suavizar las curvas de nivel generadas por dicho programa, después son exportadas a formato dxf con el cual trabaja AUTOCAD, seguidamente se abre el programa mencionado anteriormente y se dibuja la información obtenida de la interpretación geológica y los datos recolectados en campo.

#### **4.6.4.2 Interpretación de los datos**

Subsiguientemente, en esta fase se integró toda la información recopilada y generada en todas las etapas anteriores, del área comprendida entre el estribo norte del puente Orinoquia y zonas aledañas, llevando a cabo la evaluación de reservas del mencionado, así como también, las conclusiones, recomendaciones.

#### **4.6.4.3 Conclusiones y recomendaciones**

Una vez procesada, recopilada y analizada la información generada en base a los objetivos propuestos, se procedió a determinar todos los elementos característicos; documentales, de campo e interpretación de los resultados, se presentan las conclusiones y recomendaciones: conclusiones respectivas que se ha encontrado en la investigación, así como las recomendaciones a considerar a la hora de realizar trabajos similares.

#### **4.6.4.4 Redacción del informe final**

Una vez culminadas todas las etapas que conforman la metodología de trabajo, y luego de examinar los análisis de los resultados, cumpliendo con los objetivos establecidos, se llevó a cabo la organización del informe final, cumpliendo con las normas establecidas en el manual para la elaboración de trabajos de grado de la Universidad de Oriente.

## CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El propósito de este capítulo es conocer las características y propiedades de las rocas existente en el estribo Norte del puente Orinoquia y zonas aledañas, mediante la información de campo y los resultados obtenidos en los ensayos realizados.

### 5.1 Determinación de las litologías y estructuras, mediante el levantamiento geológico de superficie

Para determinar la litología y estructuras presentes en la zona de estudio, se hicieron cinco (5) estaciones geológicas, donde se recolectó información de campo (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Estaciones geológicas levantadas en el área comprendida entre el estribo norte del puente Orinoquia y río Mamo.

ESTACIÓN	COTA	COORDENADAS		OBSERVACIÓN
#1 Río Mamo	27 m	E 0493653	N 0934396	Orilla del Río Mamo, el cual drena de sur a oeste.
#2 Río Mamo	25 m	E 0493704	N 0934535	Orilla del Río Mamo, se tomola muestra M-5
#3 Estribo norte del puente Orinoquia	50 m	E 0511017	N 0915946	Cuarcitas ferruginosas muestra (M1). Rb: S57°W; Bz: 59°SE Gneis (M2) Plano de falla Rb: N80°W; Bz: 48NE (M- 2).
#4 Corte	18 m	E 0510700	N 0915673	Contacto geológico entre la Formación Mesa y el Complejo de Imataca (M-4).
#5 Corte	62mts	E 0511025	N 0912559	Contacto Geológico entre cuarcita ferruginosa y Genis. (M-3) Rb: S20°W; Bz: 40°NW

De igual forma, estos puntos de estaciones fueron cartografiados en el mapa base topográfica (Figura 5.1).

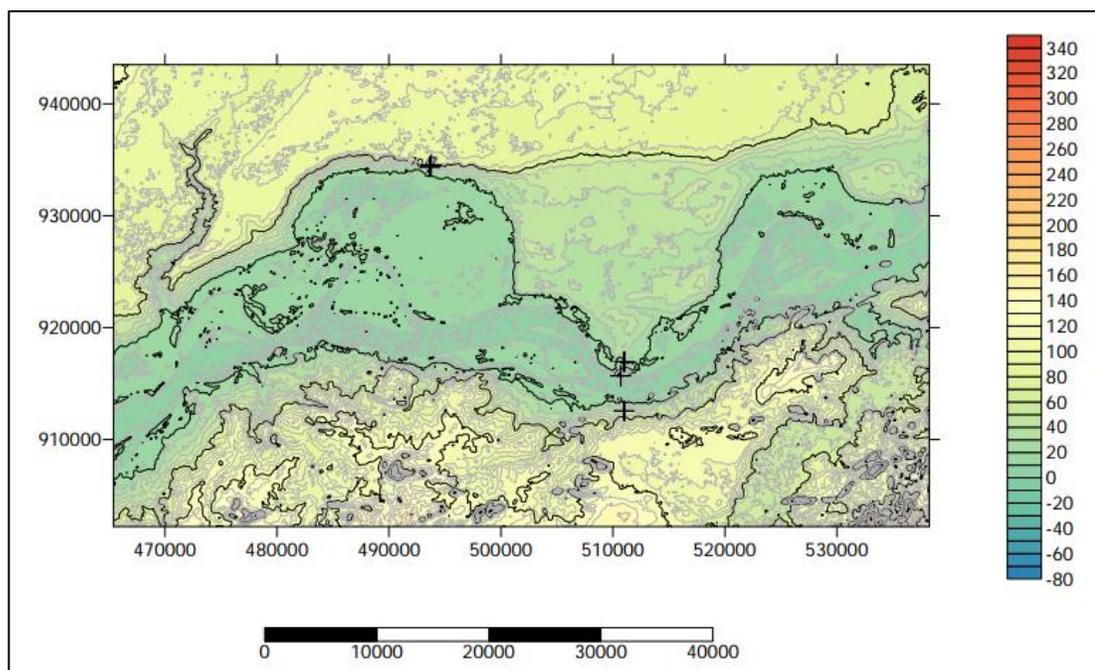


Figura 5.1 Ubicación de las estaciones y puntos de muestreo, correspondiente a la zona de estudio.

### 5.1.1 Litologías

El área de estudio abarca las unidades litológicas correspondientes a las rocas igneo-metamórficas del Escudo de Guayana, más específicamente de Provincia Geológica de Imataca y a rocas sedimentarias (Formación Mesa y aluviones del Cuaternario).

A continuación se describen en orden cronológico:

### 5.1.1.1 Rocas graníticas de la Provincia Geológica de Imataca

Se ubica en la parte sur, representan el 25 % del área de estudio, constituye la parte topográfica más elevada, con cotas que oscilan entre 30 msnm y 50 msnm, con relieve cóncavo. Hacia el sur, se pierde por debajo de los sedimentos de la Formación Mesa. (Figura 5.2).



Figura 5.2 Relación estratigráfica entre el gneis granítico y las cuarcitas ferruginosas del Complejo de Imataca.

### 5.1.1.2 Descripción petrográfica de las muestras de gneis granítico

Para describir la petrografía de las rocas gnéissicas presentes en la zona de estudio, analizaron 2 muestras. Estos análisis fueron realizados en INGEOMIN.

➤ Muestra N°1 PQM1: La descripción macroscópica de la muestra de mano indica que a simple vista es una roca, masiva, homogénea, de tamaño de grano grueso a medio, de color rosado claro con tonos crema y gris.

Al microscopio (NX 10X/2X), se observa textura inequigranular xenomórfica cataclástica, definida por cristales anhedrales de tamaño variable, donde los de mayor tamaño forman paquetes policristalinos recristalizados bordeados por agregados granulares de tamaño fino que han sido rotos, triturados y fracturados producto de disgregación mecánica sufrida. Hay Cuarzo (Q), plagioclasa (Pi) y feldespato (Fk) (Figura 5.3).

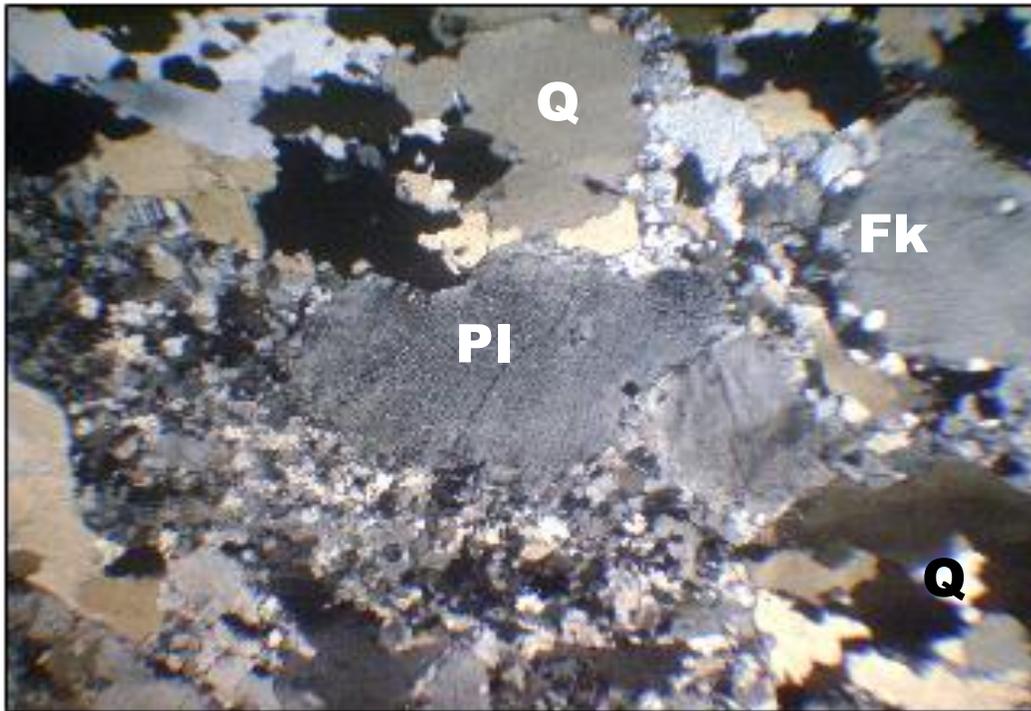


Figura 5.3 Micrografía de la muestra PQM1 (NX) 10X/2X: se observa textura inequigranular xenomórfica cataclástica.

➤ **Minerales en orden de abundancia decreciente:** Cuarzo (45 %) se presenta en cristales anhedrales de tamaño variable, los de mayor tamaño se observan en paquetes policristalinos en contacto suturado y están recristalizados, con lamelas de deformación, algunos alargados, con extinción ondulante, a veces fracturados y los de menor tamaño son monocristalinos y la mayoría forman agregados granulares junto con los cristales presentes.

**Feldespato (34 %)** en cristales anhedrales de tamaño variable, que van de fino hasta grueso, los de mayor tamaño se observan con desarrollo de textura de exsolución mesopertítica, de bordes irregulares y algunos deformados y flexurados, los de menor tamaño son tipo microclino y microclino pertítico, con disposición geométrica en parches, se presente en agregados granulares que a veces bordean a los de mayor tamaño.

**Plagioclasa (20 %)** probable tipo oligoclasa.andesina, de tamaño variable, anhedral, los de mayor tamaño se observan con desarrollo de textura de exsolución mesopertítica de bordes irregulares y algunos forman paquetes deformados y los cristales de menor tamaño presentan maclas polisintéticas tipo albita que forman agregados granulares junto con el cuarzo y feldespato.

**Accesorios (1 %)** se observan minerales opacos de tamaño de tamaño fino, xenoblástico, mayormente se observan en los bordes de algunos cuarzos; hay óxidos e hidróxidos de hierro de tamaño fino, algunos rellenan las fracturas otros son anhedrales junto con los opacos; hay circón de tamaño muy fino y granudo, por último hay rutilo tabular de tamaño fino (Figura 5.4).

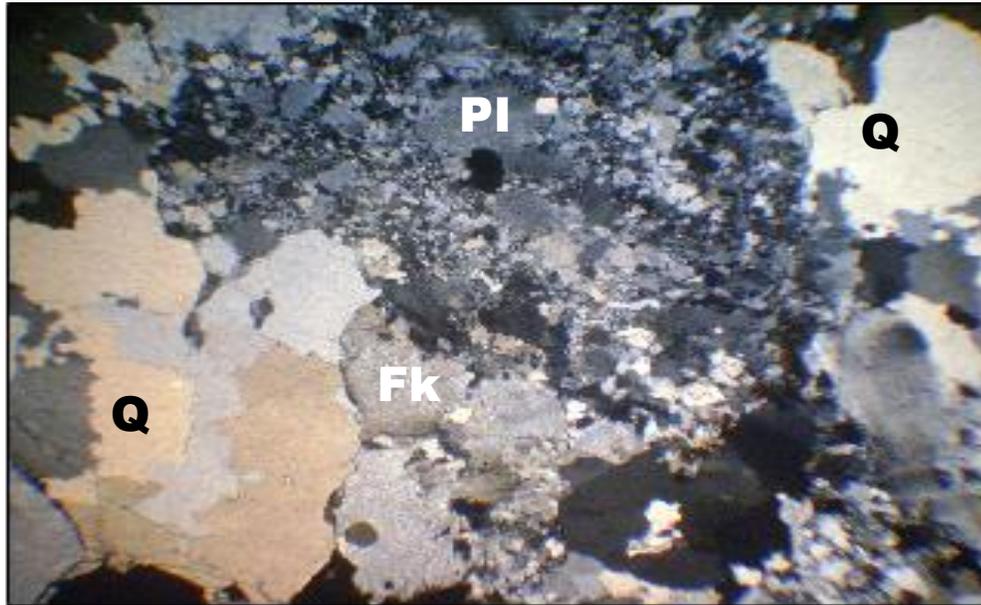


Figura 5.4 Micrografía de la muestra PQM1 (NX) 10X/2X: se observan paquetes de cuarzo (Q), de tamaño grueso en paquetes policristalinos recrystalizados y paquetes de feldespato (Fk) y agregados granulares de tamaño fino.

➤ Resumen mineralógico de la muestra PQM1: En la Tabla 5.2 se hace un resumen de la abundancia mineralógica, en orden decreciente de la muestra PQM1.

Tabla 5.2 Porcentajes relativos de abundancia de los minerales presentes en la muestra PQM1.

<b>Principales</b>	<b>(%)</b>	<b>Accesorios</b>	<b>(%)</b>	<b>Alteración</b>
Cuarzo	~45	Opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y biotita.	~1	Caolín.
Feldespato	~34			
Plagioclasa	~20			

En el informe de INGEOMIN, esta muestra se clasifica como Granito (Monzogranito), de origen ígneo.

➤ Muestra N°2 PQM2: Macroscópicamente la muestra a simple vista es una roca, masiva, homogénea, de tamaño de grano grueso a medio, de color rosado claro con tonos crema y grises, se observa una banda de ~5cm de ancho de color rosa oscuro probablemente enriquecido por feldespato potásico.

Bajo el microscopio se observa una textura inequigranular xenomórfica cataclástica, definida por cristales anhedrales de tamaño variable, donde los de mayor tamaño forman paquetes policristalinos recristalizados bordeados por agregados granulares de tamaño fino que han sido rotos, triturados y fracturados producto de disgregación mecánica sufrida por la roca (Figura 5.5).

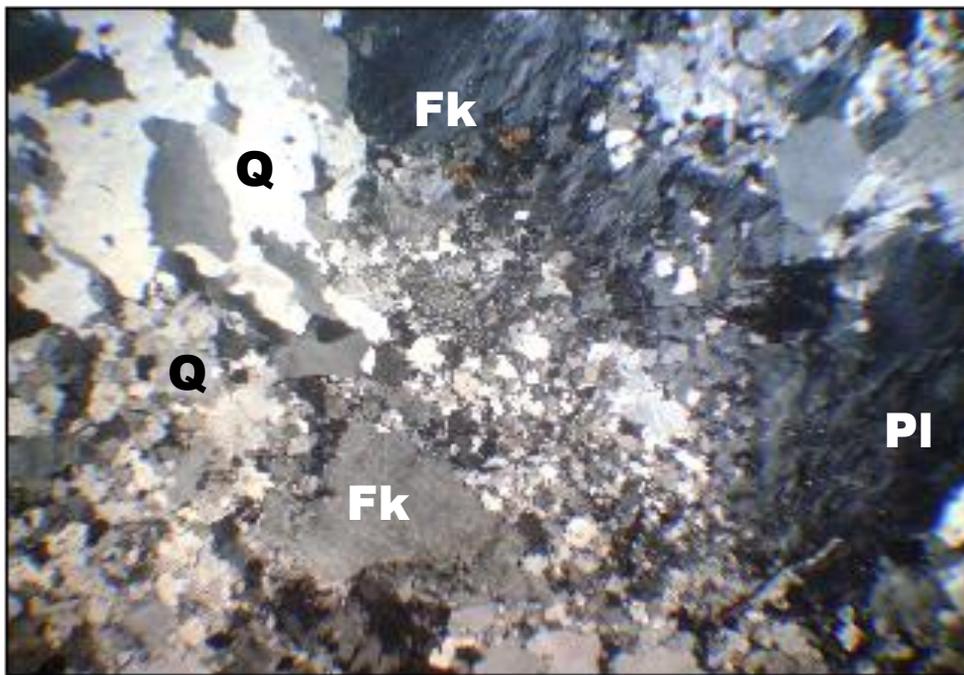


Figura 5.5 Micrografía de la muestra PQM2 (NX) 10X/2X: se observa textura inequigranular xenomórfica, cataclástica.

➤ **Minerales en orden de abundancia decreciente: Feldespato Potásico (45 %)** En cristales anhedrales de tamaño variable, que van de grueso a fino, los de mayor tamaño se observan con desarrollo de textura de exsolución mesopertítica, con disposición geométrica en venas, de bordes irregulares y se observan mayormente en paquetes deformados, los de menor tamaño son tipo microclino y microclino pertítico y forman agregados granulares junto con los cristales presentes que a veces bordean a los de mayor tamaño, en general están ligeramente caolinitizados y sericitizados.

**Cuarzo (34 %)** Se presenta en cristales anhedrales de tamaño variable, los de mayor tamaño se observan en paquetes policristalinos en contacto suturado y están recrystalizados, con lamelas de deformación, algunos alargados, con extinción ondulante, a veces fracturados y se observa recrystalización por migración de borde y los de menor tamaño son monocristalinos la mayoría forman agregados cristalinos que a veces bordean a los de mayor tamaño.

**Plagioclasa (20 %)** Probable tipo oligoclasa.andesina, de tamaño variable, anhedral, los de mayor tamaño se observan con desarrollo de textura de exsolución mesopertítica de bordes irregulares y algunos forman paquetes deformados y los cristales de menor tamaño presentan maclas polisintéticas tipo albita que forman agregados granulares junto con el cuarzo y feldespato.

**Accesorios (1 %)** Se observan paquetes de minerales opacos bordeados por biotita y con óxidos de hidróxidos de hierro, son anhedrales y algunos en agregados aciculares, de tamaño fino, a veces rellenan las fracturas y bordean a los cristales presentes.

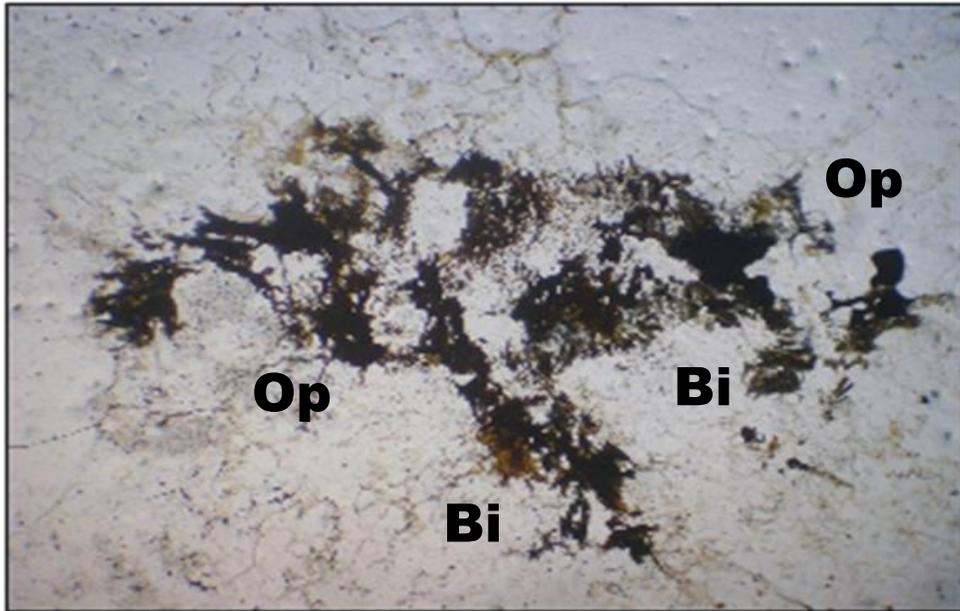


Figura 5.6 Micrografía de la muestra PQM2 (N//) 10X/4X: se observan paquetes de minerales opacos (Op), bordeados por biotita (Bi), anhedrales y en agregados aciculares.

➤ Resumen composicional de la muestra PQM2: En la Tabla 5.3 se hace un resumen de la composición mineralógica, en orden decreciente de la muestra PQM2.

Tabla 5.3 Porcentajes relativos de abundancia de los minerales presentes en la muestra PQM2.

<b>Principales</b>	<b>(%)</b>	<b>Accesorios</b>	<b>(%)</b>	<b>Alteración</b>
Feldespato	~45	Opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y biotita.	~1	Sericita y caolín.
Cuarzo	~34			
Plagioclasa	~20			

En el informe de INGEOMIN, esta muestra se clasifica como Granito (Sienogranito), de origen ígneo.

De acuerdo al análisis petrográfico, la muestra PQM1 y PQM2 se Clasifican como Granito (Sienogranito) cataclástico, de origen Ígneo (Plutónico), y Granito (Monzogranito), de origen ígneo, porque aún conserva relictos de la textura original y los minerales primarios del protolito de la roca original.

En discrepancia con esta clasificación, los autores proponen el nombre de Gneis cuarzo-feldespático cataclástico, de composición granítica.

### 5.1.1.3 Cuarzitas ferruginosas

Se ubica en la parte oeste, representan el 1 % del área de estudio, constituye la parte topográfica más alta, con cotas que oscilan entre 30 msnm y 50 msnm, con serranías alargadas. Hacia el sur, se pierde por debajo de los sedimentos de la Formación Mesa (Figura 5.7).

Macrosópicamente es una roca dura, densa, homogénea, de grano fino, en general de color gris oscuro parduzco, con finas bandas paralelas, orientadas y fuertemente magnéticas.



Figura 5.7 Ubicación estratigráfica y topográfica de las cuarcitas ferruginosas.

#### 5.1.1.4 Formación Mesa

Representa territorialmente el 24 % del área. Se ubica en el extremo SE. Es el área más elevada con cotas que oscilan entre 30 msnm y 60msnm, generando relieves planos.

En el área de estudio, la Formación Mesa se caracteriza por estar constituida por una secuencia de sedimentos no consolidados como arenas, limos, arcillas y facies mixtas (arenas limosas y arcillosas) que se disponen ligeramente inclinados a sub-horizontalmente y con relación interdigitada.

En campo, se pudo diferenciar en superficie por una capa de color generalmente rojizo, producto de la lixiviación del hierro y comprende una secuencia de arcillas limonitas y arenas bien estratificadas la cual presenta algunas veces concreciones de hierro (Figura 5.8).



Figura 5.8 Contacto geológico de la Formación Mesa (capas suprayacente de color mostaza) y el Complejo Imataca (infrayacente de color rosado pálido).

Hacia el Norte, la Formación Mesa se depositó discordantemente sobre las rocas Precámbricas del Complejo de Imataca y localmente sobre los gneises cataclástico.

#### 5.1.1.5 Sedimentos recientes

Representa el 50 % del área de estudio, conforma las áreas topográfica más bajas, Se forman por el transporte de sedimentos de los ríos Orinoco y Mamo, donde se denotan amplias zonas de inundación.

Para conocer su granulometría y procedencia, se procedió a hacer sobre los sedimentos del Río Mamo los análisis correspondientes

➤ **Análisis morfoscópico:** Se analizó morfoscópicamente una (1) muestra de sedimento recolectado en la estación de muestreo número 1 (muestra nr° 1 de sedimentos del río). El ensayo consistió en el conteo de 550 partículas de sedimentos. El resultado se muestra en la tabla 5.4 y se representa con un diagrama de barras de la figura 5.9.

Tabla 5.4 Resultado del ensayo de esfericidad y redondez de la muestra M- 1.

<b>FORMAS DE LAS PARTICULA</b>	<b>N° DE PARTICULAS</b>	<b>% DE CADA RANGO</b>
Muy angulosa (ma) / bien angulosa (ba)	0	0
Angulosa (a)	90	16.36
Sub-angulosa (sa)	136	24.72
Sub-redondeada (sr)	162	29.45
Redondeada ( r )	112	20.36

Continuación Tabla 5.4

Muy redondeada (mr) / bien redondeada (br)	50	9.09
<b>Total de partículas</b>	<b>550</b>	<b>99.98</b>

El conteo de partículas indicó que más del 74.53 % de las partículas observadas se ubican en el rango sub-angulosas-redondeadas y que los rangos extremos bien redondeadas-muy angulosas están ausentes. Esto quiere decir que las partículas han sufrido poco transporte y que la fuente de donde se originaron estos sedimentos está cerca de la fuente (Figura 5.9).

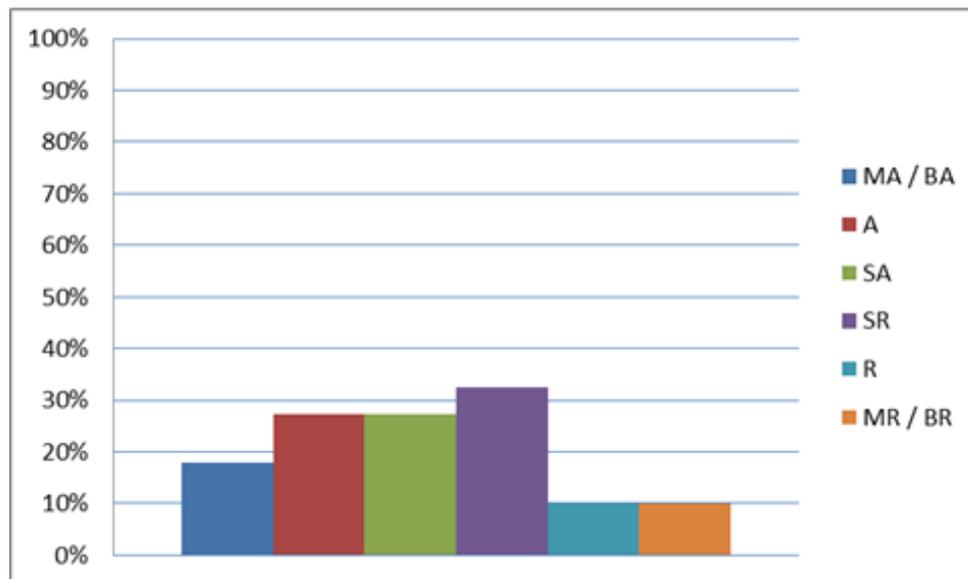


Figura 5.9 Gráfico de barras correspondiente las determinaciones de redondez de la estación M-1.

Todas las muestras tomadas en los puntos expuestos anteriormente representan de acuerdo al Sistema de Clasificación AASHTO: arenas gruesas de clasificación buena (poco o ningún fino); y de acuerdo al Sistema Unificado de Suelos: arenas mal gradadas (mezcla de arena y grava) con poco o ningún fino.

➤ **Análisis granulométrico:** En la tabla 5.5 y la figura 5.10, se muestran los resultados del ensayo de tamizado mecánico.

Se concluye que la muestra M-1 está constituida, en un 82.17 % de materiales de granulometría media a gruesa y 17.83 % por materiales de granulometría fina, como arcillas y limos.

Tabla 5.5 resultados del ensayo de tamizado mecánico.

Tamiz + material	Material Retenido	%Material retenido	%Material acumulado	%Material pasante
625,1	29,5	5,91	5,91	94,09
611,8	64,1	12,87	18,75	81,26
642,3	130,8	26,19	44,94	55,07
703	215,3	43,11	88,05	11,95
342,8	40,1	8,03	96,08	3,95
357,8	6,7	1,34	97,42	2,58
494,7	12,9	2,58	100	0
	499,4			

También, en la curva granulométrica se deduce que en el tamiz 18 (arena gruesa) se acumuló un 8.49 %; en los tamices 35, 60 y 120 se acumuló un 82,14 % del material, en el tamiz 200 (Materiales finos) se acumuló un 8 %) y en el pan se acumuló 1.37 % (Figura 5.10).

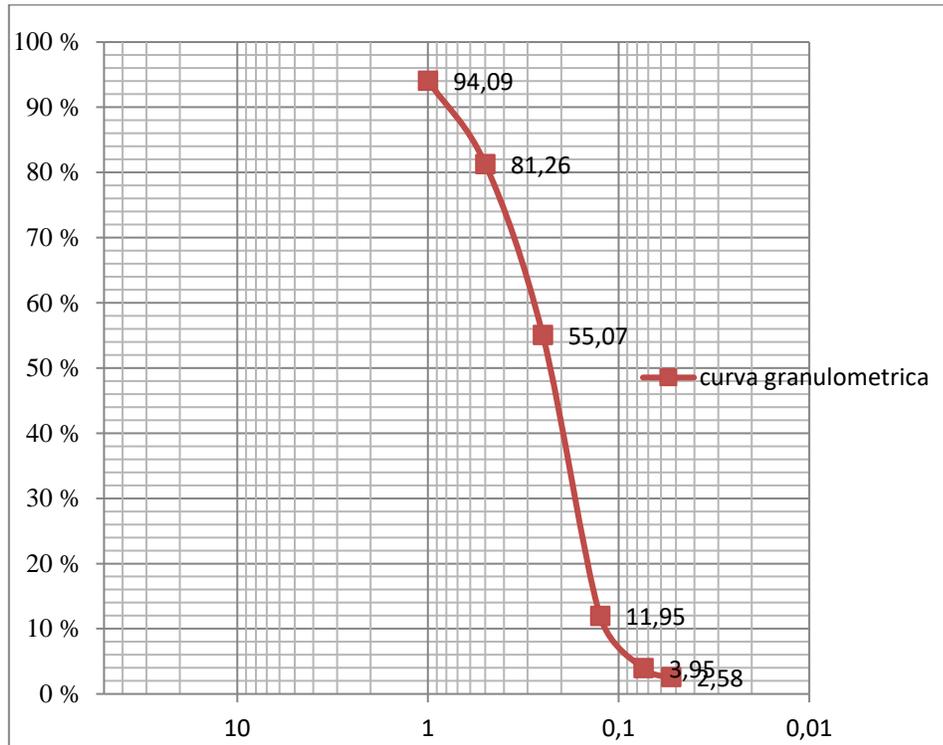


Figura 5.10 Resultados del ensayo de tamizado mecánico. El suelo se clasifica como arena media.

### 5.1.2 Estructuras presentes

De igual forma, durante el recorrido se observaron algunas estructuras geológicas, tales como: Foliaciones, sistemas de diaclasas, lineamientos mineralógicos y fallas.

#### 5.1.2.1 Foliaciones

Los planos de foliaciones se midieron en las paredes de un corte de carretera.

El rumbo predominante de éstos planos es S20°W, siguiendo la tendencia de las deformaciones predominantes.

### 5.1.2.2 Sistemas de diaclasas

En la zona se midieron varios sistemas de diaclasas conjugadas. Uno de estos sistemas se formó singenéticamente con la foliación.

De estos sistemas, el más antiguo es en dirección  $S20^{\circ}W$  y buzamiento, desde  $40^{\circ}W$ , a vertical y el más joven es en dirección  $S57^{\circ}W$ , con buzamiento  $59^{\circ}SE$  (Figura 5.11).



Figura 5.11 Mediciones de planos de diaclasas.

### 4.1.2.3 Deformaciones combinadas de fallas y pliegues

La delimitación de estas estructuras se interpretaron mediante el mapa topográfico, y mediciones de campo.

De acuerdo a las topografías del mapa topográfico del área de estudio, se interpretaron fallas, de cabalgamiento, de buzamiento alto, ocasionadas por esfuerzos

compresivos, los cuales, arquean y adelgazan las cuarcitas ferruginosas (más competentes), formando un sistema de pliegues anticlinal-sinclinal, actualmente seccionado durante el corte del tramo vial (Figura 5.12).



Figura 5.12 Fallas geológicas y pliegues interpretados.

En la figura, también se observa que de oeste a este, hay fallas de corrimiento de alto buzamiento; mientras que hacia el lado este, ocurren fallas normales. Esto indica que los esfuerzos principales se generaron de oeste hacia el este.

### **5.5 Cartografía de las estructuras y litologías presentes entre el estribo Norte del Puente Orinoquía y el Río Mamo, mediante el mapa geológico a escala 1:5.000**

Finalmente, con toda la información de campo y de laboratorio, el resultado final fue el mapa geológico del área correspondiente al estribo Norte y sus alrededores (Figura 5.13 y Anexo 2).

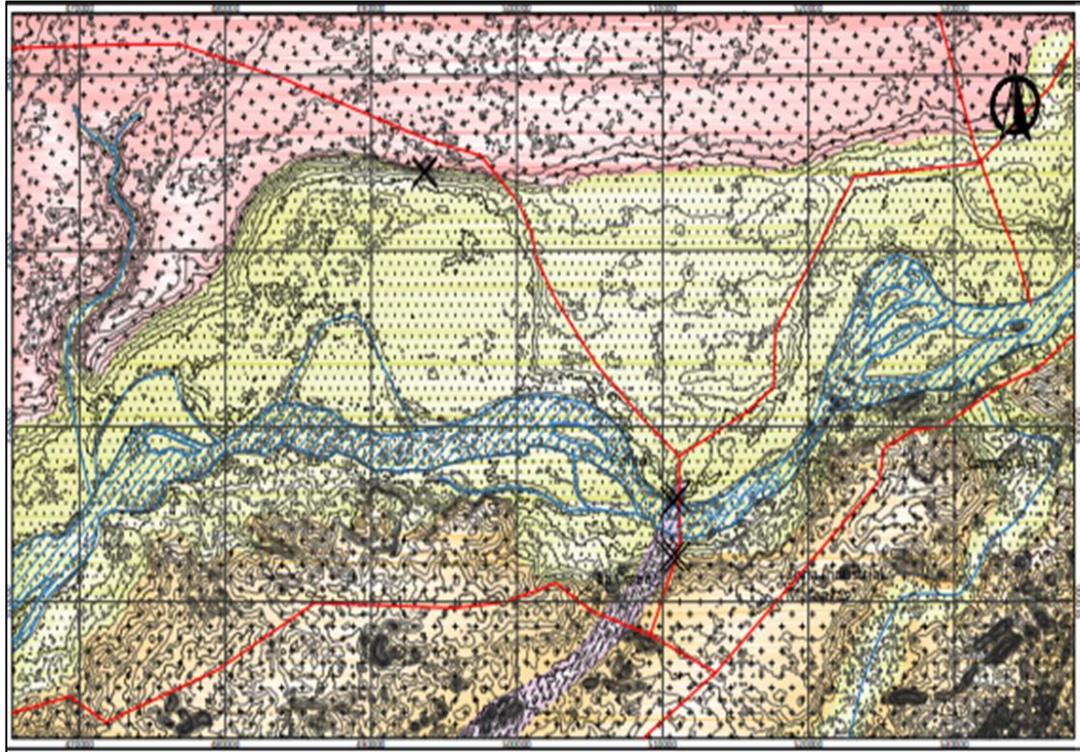


Figura 5.13 Mapa geológico-estructural del afloramiento del estribo Norte y sus alrededores.

La base del mapa geológico estructural de la zona, es Precámbrica y de acuerdo a los análisis petrográficos, su protolito son rocas graníticas, las cuales fueron fuertemente plegadas y cizalladas, generando estructuras de compresión, dislocando bloques; tales como pliegues muy apretados y comprimidos y fallas de cabalgamientos, de buzamiento alto, a tal punto que los gneises alcanzaron texturas cataclástica. Estas deformaciones se manifiestan mejor en las cuarcitas ferruginosas que en los gneises graníticos. Seguidamente se observa una larga discordancia, desde finales del Precámbrico, hasta el Cuaternario. A partir de esa era, comienza la depositación de la Formación Mesa y los sedimentos recientes.

En otro corte de carretera, cercano a la base, se observaron e interpretaron deformaciones causadas por esfuerzos compresivos sobre las rocas a tal punto que se desarrollaron pliegues volcados que virtualmente se empotraron dentro de los gneises cataclásticos, formando un intenso cizallamiento que desmembró los flancos de los pliegues (Figura 5.14).

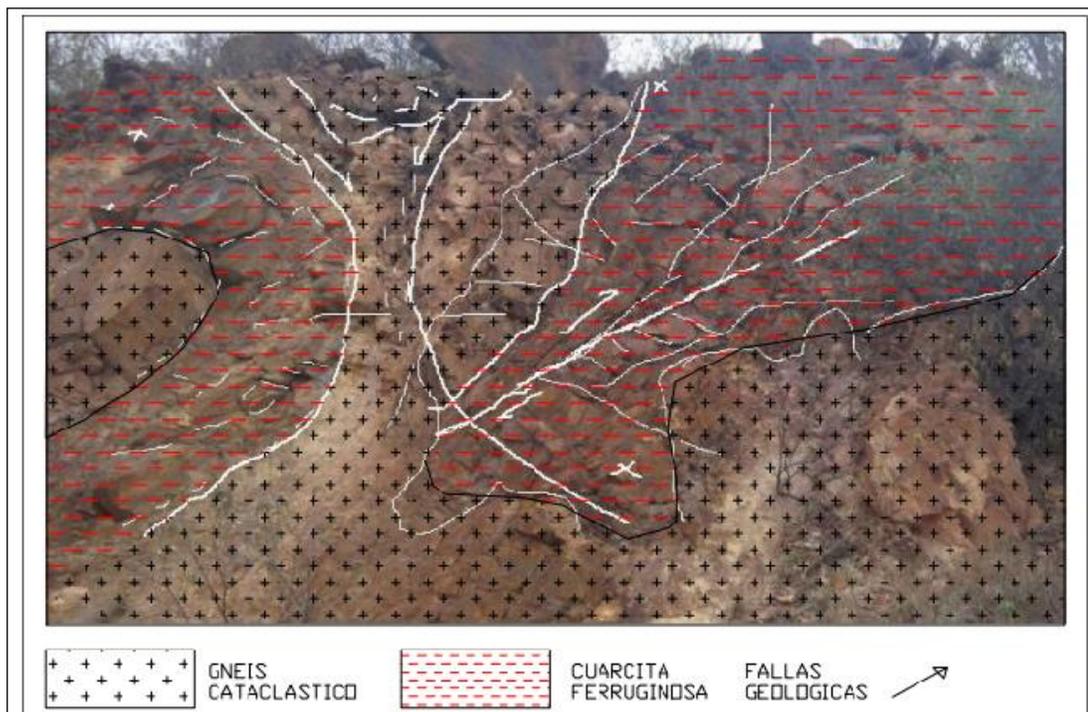


Figura 5.14 Interpretación cinemática de los desplazamientos de las rocas a causa de esfuerzos compresivos.

Estos mismos esfuerzos causaron zonas de debilidad, que posteriormente fue erosionado por el Río Orinoco, controlando su cauce, en dirección N20°E.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Mediante el levantamiento geológico de superficie y los ensayos realizados a las muestras del estribo norte y sus alrededores, se establecieron las litologías que conforman el área. De más antigua a más joven son: Gneis cuarzo-feldespático cataclástico, de la Provincia Geológica de Imataca, los cuales representan el 25 %. Suprayacente y en forma discordante, se depositaron las capas rojas, arcillo-limosas, mal cementadas de la Formación Mesa, los cuales representan territorialmente el 35 % y finalmente, producto de la erosión de ambas litologías, se están depositando actualmente los sedimentos recientes, tales como cantos, peñones, gravas, arenas, limos y arcillas los cuales cubren el 40 %.

2. Durante las actividades de campo, se pudieron determinar foliaciones, familias de diaclasas y se interpretó una falla principal. La familia de diaclasas, las foliaciones y la falla principal son contemporáneos y tienen dirección S20°W, y buzamiento alto, al SE; mientras que el evento NW es secundario.

3. Desde el punto de vista estructural, en la zona se observaron 2 regímenes de deformación. El primero es compresivo, de dirección oeste y el segundo es distensivo.

4. De acuerdo a las observaciones de campo las rocas graníticas que conforman al afloramiento, se presentan foliadas y diaclasadas en dos (2) direcciones, siendo la dirección preferencial de fracturamiento S30°W y la secundaria al NW.

5. Desde el punto de vista mineralógicos, los Gneis cuarzo-feldespático cataclástico están compuestos de cuarzo (45 % a 34 %), Feldespato entre (34 % a 45 %), 20 % de plagioclasa y 1 % de minerales accesorios.

6. De acuerdo al análisis granulométrico, los sedimentos recientes están constituidos por un 69.30 % de arena fina y 3.92 % de materiales finos (limos y arcillas).

7. El análisis morfooscópico indica que los sedimentos arenosos han sufrido poco transporte y que la fuente de donde se originaron estos sedimentos está cerca.

### **Recomendaciones**

1. Aumentar el número de muestras recolectadas y de mediciones de planos de fracturas en el área, para poseer una base de datos más detallada de referente a la tectónica de la zona.

2. Investigar el fracturamiento los cuerpos graníticos en el subsuelo, ya que la caracterización estructural de las muestras, hecha en la presente investigación fue muy superficial.

3. Hacer un levantamiento microtectónico de los alrededores de la base del estribo norte, para determinar las deformaciones inducidas por la carga de la estructura metálica sobre la roca, que puedan comprometer la estabilidad del puente.

## REFERENCIAS

Alves, I. y González, M. (2007) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMECÁNICA DE ROCAS GRANÍTICAS PARA FINES ORNAMENTALES PRESENTES EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL RÍO MARCELA Y QUEBRADA LA DANTA AL OESTE DE CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES. ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp 32-86.

Arias, F. (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** 3ra edición. Caracas: Editorial Episteme. ORAL EDICIONES. pp 12-44.

Ascanio, G. (1975) **EL COMPLEJO DE IMATACA EN LOS ALREDEDORES DEL CERRO BOLÍVAR, VENEZUELA.** En Conf. Geol. Interguiana. 10 th. Belem, Brasil. Mem. pp 181-197.

Bisconti, J. (2000) **ESTUDIO DE LA POTENCIALIDAD DE LAS ROCAS ORNAMENTALES DE LA ZONA DEL PARGUAZA, MUNICIPIO CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp 12-56

Corporación Venezolana de Guayana – Técnica Minera, (C.V.G – TECMIN, C.A.). (1994) **INFORME GEOLÓGICO DE AVANCE:** Hoja NB 19-4 y NB 19-8. Circulación interna.

Foucault, A. y Raoult, J. (1985) **DICCIONARIO DE GEOLOGÍA**. Editorial Masson, S.A. pp 315.

Fundación de Apoyo Ciencia y Tecnología (FUNDACITE) (Aragua). (2004) **ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS (CAPITULO 7)**. Ministerio de Ciencia y Tecnología. República Bolivariana de Venezuela. 20 de octubre de 2016, [www.funfacite.arg.gov.ve].

Funes, M. (1999) **ENSAYOS RECOMENDADOS EN LOS GRANITOS PARA SER USADOS COMO ROCAS ORNAMENTALES**. Geominas (27). Venezuela, Universidad de Oriente, pp 27-30.

Geominas. (1999) **ENSAYOS RECOMENDADOS A LOS GRANITOS PARA SER UTILIZADOS COMO ROCAS ORNAMENTALES: Boletín, N° 27**. Escuela Ciencias de la Tierra. Universidad De Oriente. Venezuela. pp 27 – 29.

Griem, W. y Griem, S. (2003) **APUNTES GEOLOGÍA GENERAL**. Universidad de Atacama. 30 de octubre de 2016, [http://plata.uda.cl/minas/].

Herrero, J. y Guilloux, L. (1999) **PROYECTO DE LABORATORIO DE GEOTÉCNIA (ENSAYOS DE ROCAS ORNAMENTALES)**. FUNDAGEOMINAS–UDO / IAMOT, Ciudad Bolívar.

Hidalgo, I. y Moreno, J. (2008) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMECAÍNICA CON FINES ORNAMENTALES DE LAS ROCAS AFLORANTES EN LA SERRANÍA EL OSO, UBICADA EN EL MUNICIPIO CEDEÑO, CAICARA DEL ORINOCO - ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp 22-52.

Hurtado, J. (2007) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA.** Editorial Episteme, Caracas. Quinta edición. pp 31- 89.

Lagrave, A. y Rivero, C. (2002) **CARACTERIZACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA PROVINCIA GEOLÓGICA DE IMATACA EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS INVENTARIOS Y PROSPECCIONES DESARROLLADOS POR C.V.G TECMIN C.A.** Universidad De Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp 4-27.

Martinot, R. y Rivas, O. (2008) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMECÁNICA DEL AFLORAMIENTO PEÑAS NEGRAS, UBICADO EN EL HATO PEÑAS NEGRAS, MUNICIPIO RAÚL LEÓN DEL ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp 51-90.

Mendoza, V. (2000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y DE LOS RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SURAMERICANO).** HECLA. Venezuela.

Mendoza, V. (2005) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA: TOMO I ESCUDO DE GUAYANA, ANDES VENEZOLANOS Y SISTEMA MONTAÑOSO DEL CARIBE.** Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Venezuela.

Rodríguez, E. (1986) **FAJAS COMERCIALES DE GRANITOS ORNAMENTALES EN BOLÍVAR NORCENTRAL, VENEZUELA.** Memorias

del VIII Congreso Geológico Venezolano, Sociedad Venezolana de Geólogos. Tomo II, pp. 331-334. Porlamar, Venezuela.

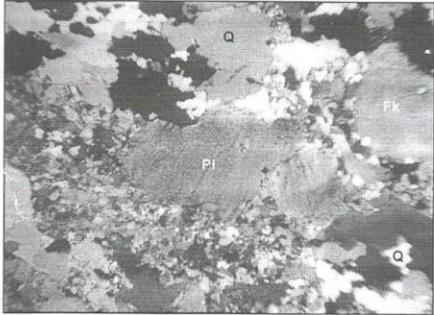
Shadmon, A. (2005) **PIEDRA**. 22 de julio de 2016, [[www.artifexbalear.org/piedra.htm](http://www.artifexbalear.org/piedra.htm)].

Unidad Autónoma de Madrid (UAM). (2007) **ROCAS METAMÓRFICAS**. 30 de octubre de 2016, [[www.uam.es](http://www.uam.es)].

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE A**  
**Análisis Petrográfico**

## A.1 Resultados de los análisis petrográficos

 <b>Gobierno Bolivariano de Venezuela</b>		Ministerio del Poder Popular de <b>Desarrollo Minero Ecológico</b>		Instituto Nacional de Geología <b>y Minería (INGEOMIN)</b>																	
<b>ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>																					
FORMATO: PRAC-MIC-002-1				Total Págs.: 04																	
<b>Solicitud de servicio:</b> SS-009-18 <b>Muestra N°1:</b> PQM1 <b>Fecha:</b> 15-05-2018 <b>Colector o solicitante:</b> Jesús Suarez <b>Analista:</b> Geól. Niya Murillo <b>Localidad o procedencia:</b> Estribor Norte del Puente Orinokia <b>Coordenadas:</b> <b>X:</b> 493704 <b>Y:</b> 934535																					
<b>Muestra PQM1 (NX) 10X/2X:</b> se observa textura inequigranular xenomórfica cataclástica, definida por cristales de tamaño variable, los de mayor tamaño forman paquetes policristalinos recristalizados bordeados por agregados granulares que han sido rotos, triturados y fracturados producto de la disgregación mecánica sufrida. Hay Cuarzo (Q), plagioclasa (PI) y feldespato (FK).																					
<b>Descripción macroscópica de la muestra de mano:</b> a simple vista es una roca dura, homogénea, de tamaño de grano grueso a medio, de color rosado claro con tonos crema y gris.																					
<b>Descripción microscópica de la sección delgada:</b> <b>Textura:</b> bajo el microscopio se observa una textura inequigranular xenomórfica cataclástica, definida por cristales anhedral de tamaño variable, donde los de mayor tamaño forman paquetes policristalinos recristalizados bordeados por agregados granulares de tamaño fino que han sido rotos, triturados y fracturados producto de la disgregación mecánica sufrida por la roca. <b>Estructura:</b> Masiva. <b>Minerales en orden de abundancia decreciente:</b>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Principales</th> <th>(%)</th> <th>Accesorios</th> <th>(%)</th> <th>Alteración</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cuarzo</td> <td>~45</td> <td rowspan="3">Opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y biotita.</td> <td rowspan="3">~1</td> <td rowspan="3">Caolín.</td> </tr> <tr> <td>Feldespato</td> <td>~34</td> </tr> <tr> <td>Plagioclasa</td> <td>~20</td> </tr> </tbody> </table>		Principales	(%)	Accesorios	(%)	Alteración	Cuarzo	~45	Opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y biotita.	~1	Caolín.	Feldespato	~34	Plagioclasa	~20						
Principales	(%)	Accesorios	(%)	Alteración																	
Cuarzo	~45	Opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y biotita.	~1	Caolín.																	
Feldespato	~34																				
Plagioclasa	~20																				
<b>Clasificación o tipo de roca:</b> Granito (Monzogranito). <b>Origen:</b> Ígneo.																					
<b>Descripción composicional:</b> <b>Cuarzo:</b> se presenta en cristales anhedral de tamaño variable, los de mayor tamaño se observan en paquetes policristalinos en contacto suturado y están recristalizados, con lamelas de deformación, algunos alargados, con extinción ondulante, a veces fracturados y los de menor tamaño son monocristalinos y la mayoría forman agregados granulares junto con los cristales presentes. <b>Feldespato:</b> en cristales anhedral de tamaño variable, que van de fino hasta grueso, los de mayor tamaño se observan con desarrollo de textura de exsolución mesopertítica, de bordes irregulares y algunos deformados y flexurados, los de menor tamaño son tipo microclino y microclino pertítico, con disposición																					
 INGEOMIN, Avenida Libertador, Ofic. 2100 INGEOMIN-MEM, Telefax: 0285-6519219 R. B. V. Q-20007369-3 www.ingeomin.gov.ve				1																	

## Continuación Apéndice A.1



Gobierno Bolivariano  
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular de  
Desarrollo Minero Ecológico

Instituto Nacional de Geología  
y Minería (INGEOMIN)



## ANÁLISIS PETROGRÁFICO

FORMATO: PRAC-MIC-002-1

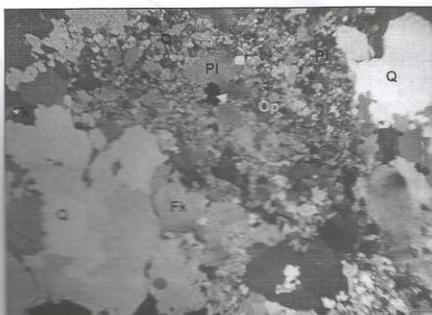
Total Págs.: 04

geométrica en parches, se presentan en agregados granulares que a veces bordean a los de mayor tamaño.

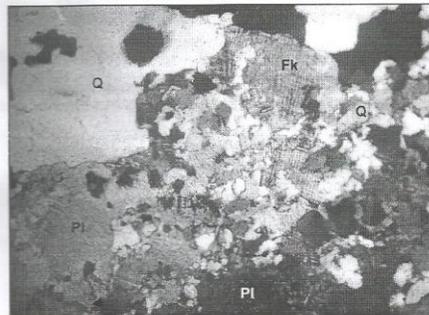
**Plagioclasa:** probable tipo oligoclasa-andesina, de tamaño variable, anhedral, los de mayor tamaño se observan con desarrollo de textura de exsolución mesoperítica de bordes irregulares y algunos forman paquetes deformados y los cristales de menor tamaño presentan maclas polisintéticas tipo albita que forman agregados granulares junto con el cuarzo y feldespato.

**Accesorios:** se observan minerales opacos de tamaño fino, xenoblástico, mayormente se observa en los bordes de algunos cuarzos; hay óxidos e hidróxidos de hierro de tamaño fino, algunos rellenan las fracturas otros son anhedrales junto con los opacos; le sigue biotita, se observa en restos esqueléticos de tamaño muy fino y está bordeando a los opacos; hay circón de tamaño muy fino y granudo, por último hay rutilo tabular de tamaño fino.

**Fotomicrografía muestra PQM1: Granito (Monzogranito).**



Muestra PQM1 (NX) 10X/2X: se observan paquetes de cuarzo (Q), de tamaño grueso en paquetes policristalinos recrystalizados y paquetes de feldespato (Fk) y agregados granulares de tamaño fino.



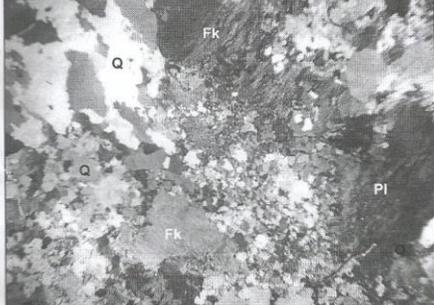
Muestra PQM1 (NX) 10X/4X: se observa los paquetes de cuarzo (Q), de tamaño grueso y feldespato potásico (Fk), tipo de microclino y microclino perítico, además plagioclasa (Pl) de tamaño fino.



INGEOMIN, Avenida Libertador, Edificio INGEOMIN-MEM, Telefax: 0285-6519219  
R. L.F.: G-20007969-3  
[www.ingeomin.gov.ve](http://www.ingeomin.gov.ve)

up

## A.2 Resultados de los análisis petrográficos

 <b>Gobierno Bolivariano de Venezuela</b>		Ministerio del Poder Popular de <b>Desarrollo Minero Ecológico</b>		Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN)		 <b>ZAMORA</b> UNIÓN CIVICO MILITAR															
<b>ANÁLISIS PETROGRÁFICO</b>																					
FORMATO: PRAC-MIC-002-1				Total Págs. : 04																	
<b>Solicitud de servicio:</b> SS-009-18 <b>Muestra N°2:</b> PQM2 <b>Fecha:</b> 15-05-2018 <b>Colector o solicitante:</b> Jesús Suarez <b>Analista:</b> Geól. Niya Murillo <b>Localidad o procedencia:</b> Estribor Norte del Puente Orinokia <b>Coordenadas:</b> <b>X:</b> 611017 <b>Y:</b> 915946																					
<p><b>Muestra PQM1 (NX) 10X/2X:</b> se observa textura inequigranular xenomórfica, cataclástica, definida por cristales de tamaños variables, los de mayor tamaño forman paquetes policristalinos recristalizados bordeados por agregados granulares que han sido rotos, triturados y fracturados producto de la disgregación mecánica sufrida. Hay Cuarzo (Q), plagioclasa (Pl) y feldespato (Fk).</p>																					
<p><b>Descripción macroscópica de la muestra de mano:</b> a simple vista es una roca dura, homogénea, de tamaño de grano grueso a medio, de color rosa claro con tonos crema y grises, se observa una banda de ~5 cm de ancho y de color rosa oscuro probablemente enriquecido por feldespato potásico.</p>																					
<p><b>Descripción microscópica de la sección delgada:</b></p> <p><b>Textura:</b> bajo el microscopio se observa una textura inequigranular xenomórfica cataclástica, definida por cristales anhedral de tamaño variable, los de mayor tamaño forman paquetes policristalinos recristalizados bordeados por agregados granulares de tamaño fino que han sido rotos, triturados y fracturados producto de la disgregación mecánica sufrida por la roca.</p> <p><b>Estructura:</b> Masiva.</p> <p><b>Minerales en orden de abundancia decreciente:</b></p>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Principales</th> <th>(%)</th> <th>Accesorios</th> <th>(%)</th> <th>Alteración</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Feldespato</td> <td>~45</td> <td rowspan="3">Opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y biotita.</td> <td rowspan="3">~1</td> <td rowspan="3">Sericita y caolín.</td> </tr> <tr> <td>Cuarzo</td> <td>~34</td> </tr> <tr> <td>Plagioclasa</td> <td>~20</td> </tr> </tbody> </table>								Principales	(%)	Accesorios	(%)	Alteración	Feldespato	~45	Opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y biotita.	~1	Sericita y caolín.	Cuarzo	~34	Plagioclasa	~20
Principales	(%)	Accesorios	(%)	Alteración																	
Feldespato	~45	Opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y biotita.	~1	Sericita y caolín.																	
Cuarzo	~34																				
Plagioclasa	~20																				
<p><b>Clasificación o tipo de roca:</b> Granito (Sienogranito).  <b>Origen:</b> Ígneo</p>																					
<p><b>Descripción composicional:</b></p> <p><b>Feldespato Potásico:</b> en cristales anhedral de tamaño variable, que van de grueso a fino, los de mayor tamaño se observan con desarrollo de textura de exolución peritítica y mesoperitítica, con disposición geométrica en venas, de bordes irregulares y se observan mayormente en paquetes deformados, los de menor tamaño son microclino y microclino peritítico y forman agregados granulares junto con los cristales presentes que a veces bordean a los de mayor tamaño, en general están ligeramente caolinitizados y sericitizados.</p>																					
 INGEOMIN <small>INGEOMIN MEMORIAL</small> INGEOMIN, Avenida Libertador, Edificio INGEOMIN-MEM, Telefax: 0285-6519219 R. I. F.: G-20007869-3 www.ingemin.gov.ve																					
3																					

## Continuación Apéndice A.2



Gobierno Bolivariano  
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular de  
Desarrollo Minero Ecológico

Instituto Nacional de Geología  
y Minería (INGEOMIN)



## ANÁLISIS PETROGRÁFICO

FORMATO: PRAC-MIC-002-1

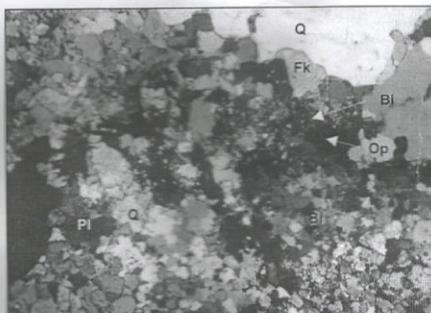
Total Págs. : 04

**Cuarzo:** se presenta en cristales anhedrales de tamaño variable, los de mayor tamaño se observan en paquetes policristalinos en contacto suturado y están recristalizados, con lamelas de deformación, algunos alargados, con extinción ondulante, a veces fracturados y se observa recristalización por migración de borde y los de menor tamaño son monocristalinos la mayoría forman agregados cristalinos que a veces bordean a los de mayor tamaño.

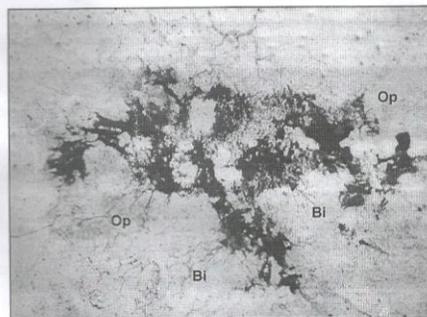
**Plagioclasa:** probable oligoclasa-andesina, de tamaño variable, anhedral, los de mayor tamaño se observan con desarrollo de textura de exsolución mesoperitítica de bordes irregulares y algunos forman paquetes deformados y los cristales de menor tamaño presentan maclas polisintéticas tipo albita, ligeramente sericitizada y forman agregados granulares junto con el cuarzo y feldespato.

**Accesorios:** se observan paquetes de minerales opacos bordeados por biotita y con óxidos e hidróxidos de hierro, son anhedrales y algunos en agregados aciculares, de tamaño fino, a veces rellenan las fracturas y bordean a los cristales presentes.

## Fotomicrografía muestra PQM2: Granito (Sienogranito).



Muestra PQM2 (NX) 10X/4X: se observan paquetes de minerales opacos (Op), bordeados por biotita (Bi), además agregados granulares de cuarzo (Q), plagioclasa (Pl) y feldespato (Fk).



Muestra PQM2 (N//) 10X/4X: se observan paquetes de minerales opacos (Op), bordeados por biotita (Bi), anhedrales y en agregados aciculares.

*[Signature]*  
MSc. Niya Murillo

Analista

*[Signature]*  
Geól. Yecxy Pomonti

Responsable de área/Analista

*[Signature]*  
MSc. Yuraidy Bravo

Coordinador Regional (E)



INGEOMIN, Avenida Libertador, Edificio INGEOMIN-MEM, Telefax: 0285-6519219  
R. I. F.: G-20007969-3  
www.ingemin.gub.ve

## **ANEXOS**

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE EL ESTRIBO NORTE DEL PUENTE ORINOQUÍA Y EL RÍO MAMO. MUNICIPIO INDEPENDENCIA. ESTADO ANZOATEGUI.
<b>Subtítulo</b>	

## Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
SUAREZ AGUANES JESÚS ANTONIO	<b>CVLAC</b>	25.362.316
	<b>e-mail</b>	suarezaguanes@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
NAVARRETE MORILLO VANESSA ANDREINA	<b>CVLAC</b>	25.321.207
	<b>e-mail</b>	vaneenm17@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

## Palabras o frases claves:

Falla
Plegamientos
Esfuerzos
Puente Orinoquia

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

## Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería Geológica	Geología

## Resumen (abstract):

---

La región comprendida entre los estados Bolívar y Monagas, limitadas por el río Orinoco, se hizo una caracterización geológica y estructural del área comprendida entre el estribo norte del Puente Orinoquía y el río Mamo. Los afloramientos donde está asentado el estribo norte, que desde el punto de vista geológico, reviste gran importancia debido a su complejidad estructural y por esta razón se seleccionó esta región como base del estudio. El marco geológico encierra rocas pertenecientes a la Provincia Geológica de Imataca, Formación Mesa y los sedimentos del reciente. La metodología utilizada para la elaboración de este estudio consta básicamente de cuatro (4) etapas. La primera fue la etapa de oficina, la cual consistió en la recopilación de información cartográfica y bibliográfica del área de estudio. La segunda etapa fue de trabajo de campo en el cual se delimitó el área de estudio, se realizó el levantamiento geológico respectivo midiendo y anotando las estructuras presentes tales como pliegues, diaclasas y fallas geológicas de corrimientos, también se registraron las características físico-naturales, tales como suelo, geomorfología y vegetación. Durante esta etapa también se hizo la recolección y marcando de 5 muestra de rocas y una de sedimentos y su ubicación con GPS. En la tercera etapa o etapa de laboratorio, se seleccionaron 2 muestras para análisis petrográficos, los cuales fueron realizados en INGEOMIN, C.A y la muestra de sedimentos para ensayo granulométrico y morfoscópico, el cual se realizó en el laboratorio de GEOCIENCIAS. La cuarta etapa fue la discusión de los resultados. Desde el punto de vista petrográfico, el afloramiento donde está asentado el estribo norte, resultó ser básicamente un gneis granítico cataclástico de color gris claro y rosado, muy fracturado. Desde el punto de vista estructural, en la zona se observaron 2 regímenes de deformación. El primero y principal es compresivo, de dirección S20°W y se forman fallas de corrimientos de buzamiento alto y sistemas de pliegues, y el segundo es distensivo y se forman fallas normales.

---

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

## Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Acosta, Enrique	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/>
	CVLA	5.082.874
	e-mail	acosta.enrique167@gmail.com
	e-mail	
Monteverde, Francisco	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA	12.192.676
	e-mail	monteverdefr@gmail.com
	e-mail	
Garbán, Adriana	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA	23.551.608
	e-mail	adrianagarban7@gmail.com
	e-mail	

## Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2018	07	13
------	----	----

Lenguaje Spa \_\_\_\_\_

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

**Archivo(s):**

Nombre de archivo
<b>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL ENTRE EL ESTRIBO NORTE DEL PUENTE ORINOQUIA Y EL RÍO MAMO</b>

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:** \_\_\_\_\_

**Temporal:** \_\_\_\_\_

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

Ingeniero Geólogo

**Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado**

Pregrado

**Área de Estudio:**

Geología

**Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:**

Universidad de Oriente

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



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"**.

Letdo 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.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR Martínez  
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

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

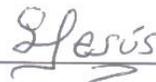
**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** “Loa Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización.”



**AUTOR**

**Vanessa Navarrete**

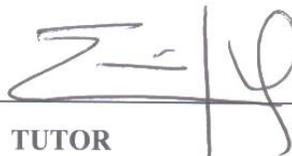
**C.I: 25.321.207**



**AUTOR**

**Jesús Suárez**

**C.I: 25.362.316**



**TUTOR**

**Profesor Enrique Acosta**

**C.I: 5.082.874**