



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

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS
AFLORAMIENTOS UBICADOS EN LA MARGEN DERECHA DEL
RÍO ORINOCO, EN EL SECTOR CLUB NÁUTICO, PARROQUIA
CATEDRAL, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO,
ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR EL
BACHILLER HABANERO C.,
MIGUEL E. PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE 2022



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS UBICADOS EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO ORINOCO, EN EL SECTOR CLUB NAUTICO, PARROQUIA CATEDRAL, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**, presentado por el bachiller: **MIGUEL EDUARDO HABANERO CARREÑO**, Cédula de Identidad N° 26.655.272, como requisito parcial para optar por el título de **GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:	Firma:
Prof. Rosario Rivadulla _____ (Asesor Académico)	_____
Prof. Carlos Boscarello _____ (Jurado)	_____
Prof. José Simón Gonzalez _____ (Jurado)	_____
_____ Prof. Rosario Rivadulla Jefe del Departamento de Geología	_____ Prof. Francisco Monteverde Director de Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 14 días del mes de Noviembre de 202

DEDICATORIA

Primeramente dedico este trabajo de grado a Dios que estuvo conmigo durante todo mi camino universitario y me dio la sabiduría, constancia y fundamento para afrontar todo los obstáculos durante mi camino universitario.

A mis padres Delvalle de Habanero y Héctor Habanero que con su esfuerzo y dedicación me enseñaron todos los valores que me hicieron la persona soy ahora y por sus consejos que de una forma u otra me han podido ayudar a cumplir esta gran meta.

A mis hermanos Hecmari Delvalle y Héctor Miguel los cuales a pesar de la distancia me han aconsejado y han estado presente en todo mi camino universitario y me han brindado su apoyo incondicional. A mi sobrina Francia Camila para que este trabajo la inspire a superarse cada día más y que las metas con esfuerzo y dedicación se pueden cumplir

A mi tutora Rosario Rivadulla quien ha sido muy importante en mi camino universitario y en este trabajo de grado la cual estuvo muy presente con sus consejos y enseñanzas y es un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Agradecido con dios por permitirme ser un profesional, siempre estar conmigo en todo momento y por darme vida y salud para culminar mi trayecto universitario.

A mi padres Delvalle de Habanero, Héctor Habanero por todo su esfuerzo, amor y cariño que me han brindado, a mis hermanos Hecmari y Héctor Miguel que a pesar de están fuera del país me han apoyado mucho y a mi primo Joaquín Núñez por todo su apoyo.

A mis abuelos Diego Carreño, Armando Obdola y Ligia de Obdola por sus consejos, apoyo y cariño incondicional.

A mi tutora de tesis la Profesora Rosario Rivadulla, quien con mucha amabilidad y dedicación me su dio apoyó en todo momento, al Ing. Anthony Lascano por la ayuda que me dio en este trabajo de grado.

Y por último, pero no menos importante a mis amigos y hermanos que me ha regalado la universidad Juan Itriago, Elianyelis Carmona y Carlos Garcias los cuales han compartido conmigo todo este trayecto de universidad y me han ayudado y apoyado en todo momento, también a mi amiga y compañera de trabajo Tania Pacheco por toda su ayuda y consejos que me ha brindado, al igual que Miguel Girón por su apoyo y buenos consejos.

RESUMEN

En este trabajo se planteó como objetivo general “Realizar la caracterización geológica y estructural de los afloramientos ubicados en la margen derecha del río Orinoco, en el sector del Club Náutico, parroquia Catedral, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar”. Esta investigación es de tipo descriptiva, pues se enfoca en la caracterización de las muestras obtenidas directamente de la zona de estudio, para su posterior análisis e interpretación, y el diseño es de campo, debido a que la recolección de datos se hizo directamente en el campo (área de estudio). La metodología consistió en descripciones geológicas y estructurales de afloramientos ubicados en la margen derecha del río Orinoco, donde mediante la inspección del área se pudo visualizar y clasificar las diferentes estructuras del área (Diaclasas, zona de falla y plegamiento) que se encontraron en los afloramientos del área de estudio, donde se recolectaron alrededor de 10 muestras pertenecientes a al Complejo de Imataca y se midieron rumbos solamente de los diferentes tipos de diaclasas presente en los afloramientos, con los datos de campo se digitalizaron y se construyó diagrama de rosas para determinar las tendencias estructurales predominantes, también se realizó un mapa geológico del área de estudio. Las rocas identificadas en los afloramientos son del Complejo de Imataca entre ellas tenemos gneis máfico cataclástico, granulita máfica con ligero bandeamiento, pegmatita de grano grueso y gneis granítico, del diagrama de Rosas se obtuvo que las diaclasas tienen azimuth preferencial entre el rango 341° - 350° , representando un 63.63%, y el 36.37% restante un azimuth entre el rango 70° - 295° - 340° .

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivo general.....	3
1.3 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación de la investigación	4
1.5 Alcance de la investigación	4
1.6 Limitaciones de la investigación.....	4
CAPÍTULO II	5
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	5
2.2 Acceso al área de estudio	5
2.3 Características climatológicas.....	6
2.3.1 Precipitaciones	6
2.3.2 Radiación solar.....	7
2.3.3 Insolación	7
2.3.4 Humedad relativa	7
2.3.5 Vientos	8
2.4 Geomorfología	8
2.4.1 Montañas	8
2.4.2 Lomerío	9
2.4.3 Peniplanicie	9

2.4.4 Planicie	10
2.5 Geología regional.....	10
2.5.1 Formación Mesa.....	13
2.6 Geología local	13
2.6.1 Unidad 11001	13
2.6.2 Análisis petrológico.....	14
2.6.3 Geología estructural	15
CAPÍTULO III	19
3.1 Antecedentes de la investigación	19
3.2 Fundamentos teóricos	20
3.2.1 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas	20
3.2.2 Diagrama de Rosas.....	21
3.2.3 Objetivo del uso de la Rosa de Diaclasa	22
3.2.4 Procedimiento para confeccionar una roseta.....	22
3.2.5 Rosas de diaclasas computacionales	23
3.3 Definición de términos básicos.....	24
3.3.1 Diaclasas.....	24
3.3.2 Diaclasa vertical	24
3.3.3 Diaclasa ortogonal.....	24
3.3.4 Diaclasa paralela	25
3.3.3 Falla geológica	25
3.3.4 Falla geológica normal.....	25
3.3.5 Falla geológica inversa y cabalgamientos.....	25
3.3.6 Rumbo y buzamiento	25
3.3.7 Análisis mineralógico.....	26
3.3.8 Petrología	26
3.3.9 Mapa geológico	26
3.3.10 Rocas metamórficas	26
3.3.11 Rocas ígneas.....	26
3.3.12 Foliación.....	27
CAPÍTULO IV.....	28
4.1 Tipo de investigación.....	28
4.2 Diseño de la investigación	28

4.3 Población de la investigación	28
4.4 Muestra de la investigación	29
4.5 Flujograma de la metodología de trabajo	29
4.5.1 Etapa I: revisión de información	29
4.5.2 Etapa II: trabajo de campo	31
4.5.3 Etapa III: análisis de laboratorio	32
4.5.4 Etapa IV: trabajo de oficina	32
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
4.6.1 Técnicas de recolección de datos	35
4.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	36
CAPITULO V	37
5.1 Características físico – naturales del área de estudio.....	37
5.2 Descripción macroscópica de las rocas aflorantes mediante inspección ocular ...	40
5.2.1 Muestra E ₂ M ₁	40
5.2.2 Muestra E ₃ M ₁	41
5.2.3 Muestra E ₄ M ₁	41
5.2.4 Muestra E ₅ M ₁	42
5.2.5 Muestra E ₆ M ₁	42
5.2.6 Muestra E ₈ M ₁	43
5.2.7 Muestra E ₉ M ₁	44
5.2.8 Muestra E ₁₀ M ₁	44
5.2.9 Muestra E ₁₃ M ₁	45
5.2.10 Muestra E ₁₃ M ₂	45
5.3 Clasificar las estructuras geológicas presentes en los afloramientos del sector del Club Náutico, tales como diaclasas, foliaciones y zonas de fallas, determinando sus direcciones y buzamientos, realizando mediciones de campo.....	47
5.4 Interpretación del Diagrama de Rosas	48
5.5 Análisis del mapa geológico	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
Recomendaciones	53

LISTA DE FIGURAS

	Paginas
2.1 Ubicación del club náutico.....	5
2.2 Ruta de acceso al club náutico.....	6
2.3 Orogenesis Pre–Transamazonica o Aroensis (Mendoza Vicente, 2012)...	12
3.1 Procedimiento de la confección de una rosa de diaclasa en forma "artesanal" en papel".	23
4.1 Flujograma de la metodología de trabajo	30
4.2 Diagrama de rosas de las estructuras	33
4.3 Mapa con delimitación del área Google Earth.....	34
4.4 Mapa con curvas de nivel Global Mapper.....	34
4.5 Cuadrícula UTM realizada en AutoCAD.....	35
5.1 Zona de cizalla y plegamiento (A), afloramientos rocosos (B), estructura boudinage (C), Afloramiento con diaclasa vertical (D) y Plegamiento (E).....	37
5.2 Domo y sills de pegmatita.....	38
5.3 Diaclasas verticales con dirección N-W.....	38
5.4 Gneis mafico cataclastico (A), Granulita mafica (B), Pegmatita (C).....	39
5.5 Diaclasas verticales y diaclasa ortogonal.....	39
5.6 Gneis mafico cataclastico.....	40
5.7 Gneis mafico cataclastico.....	41
5.8 Granulita mafica.....	41
5.9 Gneis mafico cataclastico.....	42
5.10 Gneis mafico cataclastico.....	43
5.11 Granulita mafica.....	43
5.12 Gneis mafico cataclastico.....	44
5.13 Pegmatita.....	45
5.14 Pegmatita.....	45
5.15 Gneis Granítico.....	46
5.16 Foliación (A), zona de falla (B) y zona de falla y plegamiento (C).....	48
5.17 Diagrama de Roseta con la representación de las diaclasas.....	49
5.18 Mapa geológico del club náutico.....	50

LISTA DE TABLAS

5.1	Mediciones de Rumbo y Buzamiento de Diaclasas.....	32
5.2	Coordenadas UTM de estaciones de muestreo de rocas.....	32
5.3	Mediciones de rumbo, azimut, buzamiento y clasificación de las estructura.....	33
5.4	Datos de poligonal.....	35

INTRODUCCIÓN

El complejo metamórfico de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan microcontinentes que por tectónica compresional o convergente chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos.

Este complejo consiste de una faja como rumbo este-noreste de gneises félsicos y maficos, intercalados con estratos de formaciones de hierro, granitos anfibolíticos y biotíticos, granulitas ácidas y básicas, y diques pegmatíticos.

Este trabajo muestra los resultados de la investigación geológica realizada en los afloramientos del complejo de Imataca, ubicados en el club náutico de Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar. En consecuencia, en este estudio se mostraran análisis de manera macroscópica de las muestras recolectadas en los afloramientos, la digitalización de las mediciones de actitud (rumbo, buzamiento y azimut) de las estructuras geológicas presentes en los afloramientos, así como también la digitalización de un mapa geológico, los resultados de esta investigación son de gran importancia porque ayuda anexar nueva información geológica de la zona ya que esta es muy escasa.

En el capítulo I de esta investigación se describe el por qué es importante estudiar la zona del club náutico y se estableció el objetivo general y los objetivos específicos de esta investigación.

En el capítulo II se especifica la ubicación del área de estudio y las características físico-naturales de la misma.

En el capítulo III se define una base teórica de la investigación realizada, con la finalidad de explicar ciertos términos de mucha importancia que permitirán una mejor comprensión del proyecto realizado.

El capítulo IV describe la metodología de investigación que se usó para realización de este proyecto.

Respetivamente en el capítulo V se mostrarán los análisis e interpretación de los resultados, a partir de los datos que obtuvimos mediante la toma de muestras y realización de trabajo de campo.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La zona propuesta para este trabajo de grado son los afloramientos ubicados en la margen derecha del río Orinoco en el sector del Club Náutico, parroquia Catedral, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar. En vista que de esa zona la información geológica existente es escasa, a nivel de detalle, se plantea estudiarla y aportar nuevos datos. Para ello se realizará la inspección y el levantamiento del área para determinar las estructuras geológicas presentes; así como también la descripción geológica de los afloramientos rocosos.

1.2 Objetivo general

Realizar la caracterización geológica y estructural de los afloramientos ubicados en la margen derecha del río Orinoco, en el sector del Club Náutico, parroquia Catedral, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.

1.3 Objetivos específicos

1. Describir las características geológicas generales del sector del Club Náutico de Ciudad Bolívar, mediante el levantamiento geológico de superficie.

2. Clasificar petrográficamente las rocas pertenecientes a los afloramientos mediante análisis macroscópico.

3. Clasificar las estructuras geológicas presentes en los afloramientos del sector del Club Náutico, tales como diaclasas, foliaciones y zonas de fallas, determinando sus direcciones y buzamientos, realizando mediciones de campo.

4. Realizar análisis geoestadístico de las mediciones de las actitudes geológicas de las estructuras, elaborando el Diagrama de Rosas.

5. Representar en un mapa geológico de superficie las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en campo.

1.4 Justificación de la investigación

Con la realización de esta investigación se pudo identificar las unidades estratigráficas y las estructuras geológicas que presenta el área de estudio; también las texturas y composición mineralógicas de las rocas que se encuentra en la superficie del área de estudio, para así poder describir a mayor detalle las características geológicas y estructurales que presentan los afloramientos de zona en el sector del Club Náutico.

Mediante el estudio que se realizó en esta zona, es posible incrementar la información geológica, con el propósito de fortalecer las investigaciones regionales ya hechas por diferentes autores y con los aportes de datos de otros trabajos.

1.5 Alcance de la investigación

En esta investigación se clasificaron las estructuras geológicas macroscópicamente, las rocas pertenecientes a los afloramientos, el análisis de diagrama de rosas de las estructuras geológicas, y se elaboró un mapa geológico de superficie con las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras observadas en campo.

1.6 Limitaciones de la investigación

1. Disponer de un vehículo de transporte hacia la zona de estudio, debido a la problemática para el suministro de combustible (gasolina).

2. Por otra parte, la falta de información geológica a nivel de detalle, de la zona a estudiar.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El club náutico de Ciudad Bolívar se encuentra ubicado en el sector de la Carioca, Parroquia Catedral, cuyas coordenadas geográficas son: 8°8'53" de latitud Norte y 63°32'2" de latitud Oeste (Figura 2.1)



Figura 2.1 Ubicación del club náutico. (Google Maps, 2022)

2.2 Acceso al área de estudio

Para acceder al área del club náutico se debe tomar primeramente como punto de partida la Avenida Libertador, luego cruzar y tomar la avenida Andrés Bello y cruzar a la Calle Flores Bello, por ultimo tomar la avenida 19 de abril para después cruzar a la calle del paseo Orinoco, este es un recorrido de aproximadamente 10.7 km (Figura 2.2).

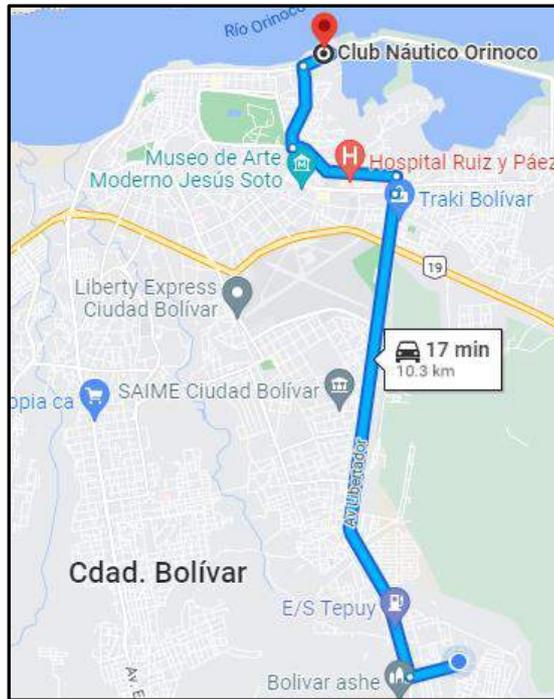


Figura 2.2 Ruta de acceso al club náutico (Google Maps, 2022).

2.3 Características climatológicas

2.3.1 Precipitaciones

El área de estudio cubierta por las hojas NC – 20 – 14 y NB – 20 – 02 recibe una precipitación total anual en promedio de 1400mm.

El área de estudio está caracterizada por un régimen unimodal, es decir, presenta un solo máximo durante el año

En la parte norte del área, la temporada de lluvias comienza a partir del mes de mayo y terminan en octubre. Junio es el mes más lluvioso con 160 mm en promedio, pero en la estación Moitaco la máxima pluviosidad ocurre en el mes de julio (aproximadamente 230 mm). El volumen de precipitación registra en la época de lluvias es más o menos el 80% del total anual. (C.V.G –TECMIN, 1991).

La época de sequía abarca los meses de noviembre hasta abril siendo febrero y marzo los meses más secos del año.

2.3.2 Radiación solar

La radiación solar media anual estimada para el área de estudio es de 380 cal/cm día.

Según la curva de radiación solar media anual, existen dos épocas durante el año donde se registran los máximos valores.

De acuerdo a estación Ciudad Bolívar, la variación anual de la radiación solar es muy pequeña. El primer máximo se registra en el mes de marzo y el segundo en los meses de agosto y septiembre. Por otra parte, en los meses de diciembre y junio ocurren los valores más bajos de radiación solar mensual (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.3.3 Insolación

En el área de estudio cubierta por las hojas NC – 20 – 14 y NB – 20 – 02 recibe una insolación media anual de 7.4 horas, aproximadamente.

En líneas generales, la insolación disminuye desde un centro de 7.8 horas ubicado en la parte norte del área (Hoja NC – 20 – 14) entre Moitaco y Ciudad Bolívar, hasta 6.6 horas en el sector suroccidental del área cubierta por la hoja NB – 20 – 02 (mapa isolíneas de insolación Hojas NC – 20 – 14 y NB – 20 – 02) (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.3.4 Humedad relativa

La humedad relativa media anual para esta zona es de aproximadamente 73%.

Los máximos valores de humedad relativa se registran durante la época de junio – julio y en el mes de diciembre.

Los valores más bajos de humedad relativa ocurren en las temporadas de marzo – abril y octubre – noviembre (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.3.5 Vientos

El régimen de vientos en el área de estudio cubierta por las hojas NB – 20 – 02 y NC – 20- 14 está determinado por los alisios, la convergencia intertropical (I.T.C.), los efectos orográficos locales y el efecto producido por la presencia del lago de Gurí.

En la estación Ciudad Bolívar, los valores más altos de velocidad del viento se observa en la época de enero a mayo, siendo marzo el mes que registra el valor más alto (15.5 km/h). A partir de junio hasta septiembre, la velocidad del viento disminuye, ocurriendo el menor valor (8.4 km/h) en este último mes; luego la velocidad vuelve a aumentar en la temporada de diciembre (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.4 Geomorfología

2.4.1 Montañas

Es un tipo de paisaje de bajas alturas en comparación con las montañas del resto del país, por ejemplo, las andinas. Esto significa que en el escudo de Guayana las montañas existentes son siempre bajas, en cuanto a altitud, pero altas en función de la altura relativa relacionada con las unidades circunvecinas (C.V.G –TECMIN, 1991).

Topográficamente está constituido por los relieves accidentados, con cresta generalmente bien definidas, y está limitado por vertientes más o menos pronunciadas (pendiente entre 30% y 60%), dependiendo de la profundidad de los entalles.

2.4.2 Lomerío

Representan un paisaje de disección en el cual los procesos erosivos han actuado de manera intensa, conformando un relieve escarpado, con pendientes que oscilan entre 8% y 60%, intermedio entre paisajes más conservados, como las montañas y las altiplanicies. Se caracteriza por estar constituido por lomas, las cuales presentan una cierta orientación siguiendo los “trends” estructurales que dominan el área o el diaclasamiento que afecta a algunas rocas. (C.V.G –TECMIN, 1991).

Estas formas se han moldeado sobre diferentes clases de rocas, incluyendo ígneo – metamórficas y meta – sedimentarias, estas las cuales se destacan: gneises, cuarcitas ferruginosas, gabro, metagabro y diabasa. (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.4.3 Peniplanicie

Conforma una extensión caso plana por rebajamiento del nivel original; sin embargo, aunque la peniplanación generalizada es el elemento que destaca, presenta todavía desniveles en los relieves de colinas y vegas alternas, que le dan en algunos casos aspecto multiconvexo, con pendientes suavemente onduladas a onduladas (4% - 8% y 8% - 16%, respectivamente) (C.V.G –TECMIN, 1991).

Las rocas más representativas donde se desarrolla este tipo de paisajes son las graníticas, las que constituyen amplias extensiones; sin embargo, también pueden generarse sobre rocas metavolcánicas, metasedimentaria y, en menor proporción, sobre ignimbritas. El drenaje, en líneas generales, establece un patrón dendrítico poco denso a denso (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.4.4 Planicie

En este tipo de paisaje en común una superficie plana de pendientes suaves, generalmente de 0 a 4%, lo que trae como consecuencia perfiles rectilíneos, plano – cóncavos y plano – convexo, en especial, para los lugares donde no hay mayores efectos de disección y perfiles irregulares donde la acción de las aguas ha entallado considerablemente la superficie. El origen de las planicies puede ser en unos casos deposicional, mientras que en otros es residual, o también es una combinación de ambos aspectos. Por consiguiente, una planicie deposicional está formada por aluviones que en una época determinada allí se depositaron, como en el caso de la formación Mesa, del Plio – Plesistoceno, la cual se extendió al borde sur del Orinoco, por sobre el basamento cristalino del complejo de Imataca; dichos sedimentos se originaron a partir de condiciones climáticas extremas, supuestamente con altos promedios de precipitaciones, cuya energía colmó el cauce del Orinoco, para que este luego volviera a discurrir por el basamento rocoso. Los aluviones recientes de dicho río, convexos al lecho, son sometidos a frecuentes inundaciones de acuerdo a las épocas de máximos caudales (C.V.G – TECMIN, 1991).

En otras circunstancias, en la planicie de origen residual, la meteorización y la erosión han conseguido una peniplanación casi perfecta, a costa de los intensos embates de un clima tropical, siendo los productos de la alteración los que recubren la superficie, la cual exhibe regularmente afloramientos rocosos. Las rocas más asociadas a la formación de las planicies residuales son las graníticas, las cuales conforman el basamento de grandes extensiones. El patrón de drenaje de estas unidades es dendrítico poco denso a denso. Cabe señalar que en general se ubica a poca altura con respecto al nivel del mar (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.5 Geología regional

Según Vicente Mendoza (2012), Litológicamente la PI está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfíbolitas 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, 2012)

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 Gurí, con anfibolitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650°C-700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 km de espesor de rocas). Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan (Mendoza, 1975) como evolucionados primitivos CRV y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar las facies anfibolita y granulita, en la colisión de microcontinentes y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado, registrando toda la historia evolutiva del escudo.

Intrusiones de granitos sódicos en Imataca (Granito de La Encrucijada o El Elefante, etc.) Rocas TTG de Supamo también intrusionaron al Complejo de Imataca en 2.22 Ga en La Esperanza.

Al final de la orogénesis Transamazónica o Evento Orocaima: 1.98 Ga-1.88 Ga, FEV, rocas graníticas intrusivas del NO Estados Bolívar y Amazonas. Evento tectonotermal suave que no afectó casi al Complejo metamórfico de Imataca, aunque intrusiones de granitos más jóvenes de este evento, también cortaron al Complejo metamórfico de Imataca.

La Provincia Imataca registra seis o más dominios tectónicos o microterrenos, 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 N 60° - 70° E que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la Falla de Gurí.

Rodríguez (1997) destacó los tipos de rocas graníticas, charnockíticas y migmatíticas asociadas a cada una de estas fajas tectónicas y su importancia en usos ornamentales e industriales.

Ascanio (1975) postulo que parte, al menos, del complejo metamórfico de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan microcontinentes que por tectónica compresional o convergente chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre si por varios corrimientos (Figura 2.3) (Mendoza Vicente, 2012).

Ascanio denominó estas fajas, como de La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar. Esto que ocurrió a escala local, también se produjo en gran escala regional y mundial como parte de la agregación o acreción convergente del supercontinente Kenorlandia, hacia 2.7-2.6 Ga (Mendoza Vicente, 2012).

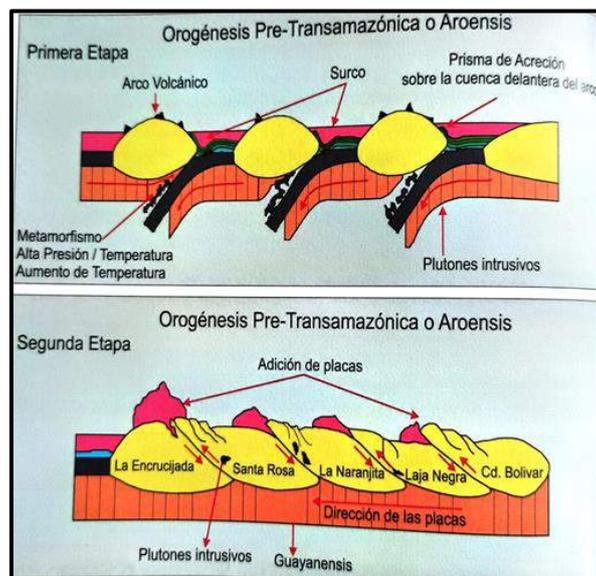


Figura 2.3 Orogénesis Pre-Transamazónica o Aroensis (Mendoza Vicente, 2012).

2.5.1 Formación Mesa

Según Falliokoaki (1965), la formación mesa alcanza un espesor mayor y textura más gruesa hacia el este de la cuenca al sur del Orinoco se observan remanentes de esta formación, en forma de área irregular sobre el complejo de Imataca, el mismo que aparece en forma de lomas de gneis y cuarcita que se elevan por encima de la formación mesa cerca del río Orinoco y hacia el sur a kilómetros de Ciudad Bolívar. (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.6 Geología local

2.6.1 Unidad 11001

La unidad comprende rocas del complejo de Imataca. Este complejo consiste de una faja como rumbo este-noreste de gneises félsicos y maficos, intercalados con estratos de formaciones de hierro, granitos anfibolíticos y biotíticos, granulitas ácidas y básicas, y diques pegmatíticos. Dougan (1972), considera que las granulitas félsicas de Imataca representan rocas ígneas calcoalcalinas. (C.V.G –TECMIN, 1991).

A 1.5 km antes del río Guaimire en la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz se observan sedimentos de la formación mesa sobre el Complejo de Imataca.

Aproximadamente a 10 km al suroeste del Cerro el Trueno se encuentran diques de diabasa a unos de 4 m de ancho, intrusionando gneises y protomilonitas de granito.

Hacia el este de la hoja NC 20-14 se encuentra afloramientos de gneises cuarzo feldespático de grano fino a medio, de color gris pardusco, con excelente meteorización esferoidal y foliación N60°W, vertical; granitos anfibolíticos de grano medio, con buena lineación y de color gris verdoso oscuro y grano medio, con veta de pegmatita de colores rosado y gris verdoso.

Al sureste de Ciudad Bolívar, en las proximidades de las quebradas de Manacal y Buen Vista, se Observaron cortes de carreteras con afloramientos de rocas graníticas y granulitas de colores rosado y verde respectivamente, de grano medio, equigranulares y masivas.

Kalliokoski (op. cit.), describe una zona problemática de gneises cuarzo feldespático en el área del río Carapo y Santa Bárbara, al norte de Santa Bárbara, hasta el área al sur de la Flor; también reporta una zona de gneis feldespático – granatífero – muscovítico – turmalinífero – cuarífero, a unos 13 km al sur de la Flor.

Short y Steenken (1960), describen un mármol dolomítico de color gris en la parte alta del cerro Hacha y al sur del río Claro entre el río Caroní y la carretera de Ciudad Piar.

Dougan (1972), presenta dos isogradas cartografiables en el Complejo Imataca. Una isograda de la muscovita separa los gneises migmatíticos y no migmatíticos, y una isograda del piroxeno que separa los gneises graníticos biotíticos, con laminación gnéisica y anfibolitas intercaladas sin piroxeno, de las granulitas félsicas y granulitas máficas piroxenicas.

2.6.2 Análisis petrológico

Esta unidad está formada casi en su totalidad por gneises entre los cuales se diferencian gneises miloníticos, cuarzo – feldespático – biotíticos; gneises cuarzo – feldespático – biotíticos tipo flaser y gneises granatífero, granulitas félsicas y máficas, anfibolitas de grano medio, granito y protomilonitas de granodiorita.

Los gneises generalmente presentan textura granoblástica y mineralógicamente se observa predominio de la plagioclasa (oligoclasa) sobre el feldespato potásico, los

minerales maficos son biotita y hornblenda en menor proporción, los minerales accesorios más comunes son apatito, circón, rutilo y magnetita, generalmente con alteración a hematita. De acuerdo a las estructuras que se observan microscópicamente se deduce que estas rocas han sido afectadas por diversos procesos metamórficos, tales como metamorfismo dinámico evidenciado por cataclasis, estructuras de mortero y metamorfismo regional, mediante la foliación, lineación y bandeamiento; el conjunto mineral corresponde a la facie de la anfibolita, un metamorfismo regional de alto grado, con paragénesis mineral cuarzo – plagioclasa – microclina – biotita – hornblenda. Las rocas granulíticas incluidas en esta unidad varían en composición desde granulita acidas, con un alto porcentaje de microclina y solo trazas de biotita, hasta granulitas básicas con predominio de plagioclasa y minerales maficos tales como hornblenda, piroxeno, y biotita; apatito, circón y magnetita son minerales accesorios comunes. Las facies metamórficas varían desde la anfibolita con paragénesis mineral cuarzo – plagioclasa – microclina – biotita, hasta la facie de la granulita (granulitas intermedias a básicas) con paragénesis cuarzo – plagioclasa – piroxeno. (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.6.3 Geología estructural

Desde el punto de vista estructural, las rocas del Complejo de Imataca se extiende como una gran faja de rumbo NE y de extensión superior a los 65 km, las laminaciones (fallas, ejes de pliegues, diaclasas, etc.) presenta una dirección preferencial NE y en menor grado NW.

La falla de Gurí o Gurí – Ciudad Piar, así como también la falla de Santa Bárbara sirven de lindero entre la Provincia de Imataca y la Provincia de Pastora, mientras que al oeste Imataca está separada del supergrupo Cedeño por el frente tectónico del Caura (Mendoza, 1972) (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.6.3.1 Provincia geológica de Imataca

❖ Estructuras mayores

Falla de Gurí: Se extiende desde el Territorio Federal Delta Amacuro hasta aproximadamente unos 8 km de San Francisco con rumbo N70°E.

Según Chase (1965) la falla de Gurí esta demarcada por una zona de milonitas y cataclasitas de 4 km de anchura. La falla parece ser transcurrente y de ángulo alto, con movimiento horizontal – dextral, y al mismo tiempo parece haber tenido un componente de movimiento vertical secundario. Este autor sugiere tentativamente que el complejo de Imataca pudo haber sido levantado, probablemente a lo largo de un plano vertical contra el bloque de la anfibolita de Panamo.

En el borde norte, la falla trunca a los anticlinales de Corona y Socorro hacia el norte y la trondjemita intrusiva de Mundo Nuevo al sur. Dentro de la zona de falla, la foliación tiene buzamiento vertical o fuertemente inclinado hacia el norte o sur, con muy poco buzamiento de 32° norte y 50° al sur.

En esta zona las rocas cataclásticas se derivan de la trituración de anfibolitas, trondjemita, pegmatitas, cuarcita o vetas de cuarzo, formación de hierro, granito o granulita, y roca calco – silicatadas.

Falla de rio Carapo: Controla estructuralmente las aguas del rio Carapo, y se extiende con rumbo aproximadamente E – W hasta interceptar la falla de Guri, afectando la falda norte del cerro Bolívar.

Falla de Santa Bárbara: También rumbo aproximado E – W de extensión superior a los 80 km, se intercepta con la falla de Gurí, a unos 5 km de la población Laja Negra. Esta falla parece controlar las aguas del rio Santa Bárbara, por espacio de unos 8 – 9 km, al SE de la población del mismo nombre.

Esta falla es inversa, constituye el límite principal entre los terrenos de Imataca y Carichapo al sur de Ciudad Piar, Killiokoski (1965).

Falla de río Claro: Se extiende en dirección E – W aproximadamente, al sur del puente de río Claro, cortando la carretera de Ciudad Piar y la vía ferroviaria. Presenta una zona de rocas trituradas que incluye milonitas, de unos 100 m de ancho.

Extiende otro grupo de fallas de rumbo NE a NW, que afectan en menor grado a la Provincia de Imataca.

Pliegues: En la provincia de Imataca los pliegues principales son estructuras cerradas, donde ha sido posible el transporte lateral; la mayoría son anticlinales alargados, donde las componentes horizontales del esfuerzo han sido uniforme; las estructuras resultantes son de ovaladas a redondeadas.

Domos: Son estructuras desarrolladas por intrusivas graníticas que originan plutones concordantes, dando origen a un doble declive (domo alargado) en las cresta de los anticlinales.

❖ Estructuras menores

Las estructuras menores de la zona están conformadas por foliaciones, diaclasas y pliegues menores.

Pliegues menores y foliaciones: Al sur del cerro Buenos Aires y La Puri, se observa buenos ejemplos de pliegues con longitudes de onda de orden de los 100 m. La foliación es paralela a los ejes de los anticlinales. En las proximidades del cerro La Puri, una zona

de esquistos corta a través de capas de granulitas félsicas y máficas en las crestas de los pliegues menores.

Fractura: Estas presentan que van desde cortas hasta largas, con direcciones preferenciales NE y NW. Una gran mayoría presenta rumbo aproximadamente parecido a la falla de Gurí y a los ejes de los anticlinales predominantes en la zona. Se presentan abundantes lineaciones las cuales se pueden observar en las localidades de río Claro, Buenos Aires, Tocomá, San Juan de Tocomá – Truito, cerro Toribio, cerro Tambor, cerro Guajillal, Moitaco, cerro Carareno, cerro Paraguacito, Agua Blanca, Río Caño del Medio y Entrada del Cristo entre otros.

Diques: Se presentan dos ejemplares de diques de diabasa, separados aparentemente por la falla de río Claro. El primero, se presenta con un rumbo N30°W, afectando un área de aproximadamente 260 km, ubicada a unos 14 km al noreste de cerro Bolívar. El segundo enjambre está ubicado a unos 221 km al suroeste de cerro Bolívar, con rumbo N40°W aproximadamente, ocupando un área de unos 38 km.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de la zona de estudio son muy escasos a nivel de detalle, así que se consideran antecedentes de otras zonas a los fines de obtener información general y sobre la metodología a utilizar.

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G) - Técnica Minera C.A. (TECMIN). (1989). PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA. Informes de Avance. Clima, Geología, Geomorfología, Suelos, Vegetación. Este trabajo se utilizará para recopilar información sobre geología, hidrología, clima y vegetación.

Marcano Astrid y Marin Yemifer (2015). CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO MARCELA, SECTOR RÍO MARCELA, PARROQUIA ORINOCO, MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR. Los resultados arrojaron que la mayor parte del área de estudio está representada por un relieve de peniplanicies suavemente onduladas, con lomas alineadas en dirección E-W y SE-NW. Los afloramientos rocosos del Fundo Marcela, están compuestos de cuarcitas y gneises cuarzo-feldespáticos en contacto discordante con la Formación Mesa, los cuales son controlados por un sistema de fallas de tipo inversa. Así mismo, fue posible identificar otras estructuras como fallas, sills, diques pegmatíticos, boudinage, y sistemas de diaclasas tiene una orientación NW-NE. Este trabajo se utilizará como apoyo para la metodología.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas

La nomenclatura recomendada por la Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Metamórficas (SSRM). Que es de la IUGS. En este sentido la SSRM recomienda el uso de solo tres nombres raíz: esquisto, gneis y granoblastita (schist, gneiss y grano fels). Al mismo tiempo recomienda el uso de cinco criterios para precisar la terminología (Castro, 2015).

Estos son:

1. La asociación mineral dominante,
2. La estructura de la roca.
3. El tipo de protolito.
4. Las condiciones de metamorfismo
5. la composición química de la roca.

Los dos primeros son los más relevantes en cuanto que son los más directamente observables en el estudio petrográfico preliminar de la roca, incluso en una descripción de campo sin ayuda del microscopio. Un hecho relevante es la implicación de connotaciones genéticas en la terminología usada para las rocas metamórficas. Por lo que es preciso agregar un sexto criterio a los antes mencionados: el grado metamórfico. Por ejemplo, el término esquisto está restringido para rocas de grado muy bajo a medio, De igual modo una roca de grado bajo compuesta por anfíbol y plagioclasa, no podría llamarse anfibolita sino esquisto anfibólico (Castro, 2015).

3.2.1.1 Clasificación basada en el protolito

El proceso metamórfico no siempre borra totalmente los rasgos texturales y microestructurales de la roca original, o protolito. En estos casos puede respetarse la terminología del protolito anteponiendo el prefijo meta al nombre ígneo o sedimentario.

Las rocas que han sido afectadas por dos procesos metamórficos se dice que son polifásicas y que el metamorfismo es polifásico, pero no se les aplica el prefijo meta- en ningún caso. Es común en la literatura geológica el uso de términos como metagabro, metagranito, metadolerita, metabasalto metagrauvaca, entre otros.

El uso del prefijo meta, también se usa para hacer referencia a rocas metamórficas de formaciones geológicas bien estudiadas de las que se sabe su procedencia ígnea o sedimentaria.

Otra forma de hacer referencia al protolito en las clasificaciones es usar los prefijos para u otro para distinguir entre protolitos de procedencia ígnea o sedimentaria respectivamente Se aplican exclusivamente para gneises y anfibolitas, ejemplos: orto para gneis y anfibolitas: paragneis, ortogneis, paraanfibolita, ortoanfibolita (Castro, 2015).

3.2.1.2 Clasificación basada en criterios de composición, estructura y grado metamórfico

Estos tres criterios. Composición, mineralogía, estructura y grado de metamorfismo son esenciales para clasificar cualquier roca metamórfica. El problema que se presenta es que una misma roca puede ser denominada con varios nombres distintos según el criterio empleado. El tipo de estudio geológico y la finalidad de las denominaciones son, entre otros, los factores que condicionan el uso de uno u otro criterio. Por ejemplo, un esquisto derivado de un protolito sedimentario puede ser denominado como metagrauvaca según la composición del protolito, como esquisto de grado medio, según la paragénesis mineral o simplemente esquisto siguiendo el criterio estructural.

3.2.2 Diagrama de Rosas

Se define como un diagrama sencillo para visualizar las direcciones de los rumbos generales de estructuras tabulares (diques, vetas) y de planos tectónicos (diaclasas, fallas). En este tipo de diagrama no hay información sobre el manto o la dirección de inclinación. En conclusión se puede describir este diagrama como un histograma de forma

redondo. Significa los rangos de rumbo se ubican al margen del círculo desde arriba (Norte o 0°) hacia abajo (Sur o 180°) en sentido de reloj (Bustos D., 2015).

3.2.3 Objetivo del uso de la Rosa de Diaclasa

Una roseta de diaclasas es un diagrama sencillo para visualizar las direcciones de los rumbos generales de estructuras tabulares (diques, vetas) y de planos tectónicos (diaclasas, fallas). En este tipo de diagrama no hay información sobre el manteo o la dirección de inclinación. En conclusión se puede describir este diagrama como un histograma de forma redonda. Significa los rangos de rumbo se ubican al margen del círculo desde arriba (Norte o 0°) hacia abajo (Sur o 180°) en sentido de reloj. La cantidad de los datos a respecto de un rango se encuentra en el eje desde el centro (como 0%) hacia al margen (como 100%). Solamente es necesario calcular la mitad de los rangos (el medio círculo) porque el rumbo es un elemento bidireccional y automáticamente cubre el rango opuesto es decir el rango de diferencia de 180° (lado opuesto) se marca igualmente. (W. Griem, 2020).

3.2.4 Procedimiento para confeccionar una roseta

Para confeccionar una roseta se necesita una base de datos tectónicos (alrededor de 200 datos). Además existen programas computacionales que calculan este tipo de diagrama automáticamente. Pero sería mejor siempre verificar los resultados porque existen varios tipos diferentes de este tipo de diagramas. Además existen tres tipos de notaciones para datos tectónicos. Lo mejor sería para verificar que tipos de datos espera el computador y que tipo de roseta va a confeccionar. Para eliminar errores graves se recomienda la confección de una roseta gráficamente y comparar los resultados. (W. Griem, 2020).

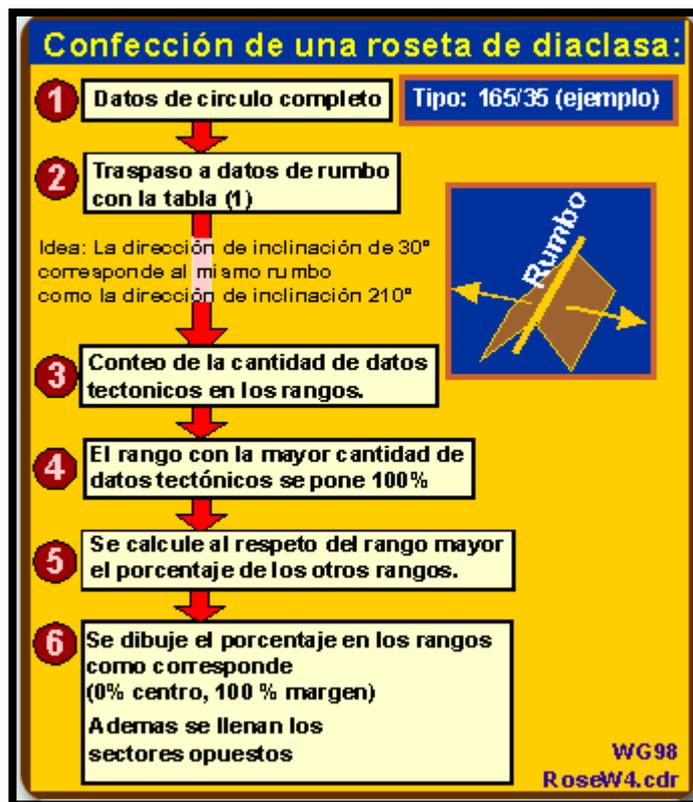


Figura 3.1 Procedimiento de la confección de una rosa de diaclasa en forma "artesanal" en papel”
(W. Griem, 2020).

3.2.5 Rosas de diaclasas computacionales

Mucho más fácil es realizar la rosa de diaclasa con un programa computacional. Por supuesto con todas las preocupaciones, es muy recomendable verificar los resultados. Por la gran cantidad de diferentes tipos de rosas hay que siempre mencionar en el texto descriptivo el tipo de la rosa y la cantidad de datos usados. Como la rosa es un diagrama de las estructuras verticales o semi-verticales sería mejor eliminar todos los elementos de un manteo (o buzamiento) menor de 20°. Nunca jamás de usen elementos con un valor del manteo menor de 10°. La razón es que planos casi horizontales marcan una gran variedad en el rumbo - una pequeña irregularidad cambia fuertemente el rumbo. Por eso las estructuras casi horizontales "ensucian" el diagrama. La mayoría de las programas tienen filtros propios para excluir estos datos no deseados. Sí no es así hay que eliminarlo manualmente. (W. Griem, 2020)

En situaciones no tan complejas es relativamente fácil para comprobar los resultados: En la rosa de diaclasa (del rumbo) los elementos tectónicos siempre aparecen perpendicular a los polos correspondientes de la red de Schmidt.

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Diaclasas

Son fracturas a lo largo de las cuales no se ha producido desplazamiento apreciable. Suelen aparecer en grupos con orientaciones aproximadamente paralelas y son consecuencia de la fracturación frágil de rocas localizadas en la corteza más externa (Tarbuck, E. y Lutgens, F., 2005).

3.3.2 Diaclasa vertical

Diaclasa vertical: Se forman cuando las rocas ígneas se enfrían y se desarrollan fracturas de retracción que producen columnas alargadas en forma de pilares. También recordemos que el alejamiento produce un modelo de diaclasas suavemente curvadas que se desarrollan más o menos en paralelo a la superficie de los grandes cuerpos ígneos, como los batolitos. En estos casos, la formación de diaclasas es consecuencia de la expansión gradual que se produce cuando la erosión elimina la carga suprayacente. En rocas sedimentarias las diaclasas se forman debido a presiones de sobrecargas cuando estratos suprayacentes tienden a fracturar la roca (Ramsay J. (1987)).

3.3.3 Diaclasa ortogonal

Las diaclasas son las superficies planas que dividen a las rocas en bloques, prácticamente no hay desplazamiento. Aunque pueden tener un cierto movimiento perpendicular a su superficie, dando lugar a las diaclasas abiertas. Las diaclasas ortogonales es el conjunto de familias de diaclasas que afectan el mismo volumen de

rocas y se intersectan formando ángulos de 90° , más o menos constantes, y geométrico (Macias, 2018).

3.3.4 Diaclasa paralela

Diaclasas paralelas: Las diaclasas tienen distintas direcciones y buzamiento, por lo tanto se cortan en determinados puntos. En el caso más común cuando existen dos o más familias de diaclasas que se intersectan formando ángulos más o menos constantes entre 30 y 60 grados, se denominan sistema de diaclasas (Ramsay J. (1987)).

3.3.3 Falla geológica

Una falla es una discontinuidad a lo largo de la cual bloques en lados opuestos de la fractura se mueven paralelamente a la superficie (Reed, W. y James, M., 1999).

3.3.4 Falla geológica normal

Las fallas con desplazamiento vertical se clasifican como falla normal cuando el bloque de techo se desplaza hacia abajo en relación con el bloque de muro. La mayoría de las fallas normales tienen buzamientos de unos 60° , que tienden a disminuir con la profundidad (Tarbuck, E. y Lutgens, F., 2005).

3.3.5 Falla geológica inversa y cabalgamientos

Una inversa se distingue fácilmente de las normales, porque el bloque del techo se mueve hacia arriba en relación con el bloque, y que los cabalgamientos tienen buzamientos inferiores a 45° (Tarbuck, E. y Lutgens, F., 2005). (Reed, W. y James, M., 1999).

3.3.6 Rumbo y buzamiento

El rumbo es la dirección de una línea formada por la intersección de un plano horizontal con uno inclinado, como una capa de roca. El buzamiento es el ángulo de

inclinación máximo de un inclinado respecto de la horizontal, de modo que debe medirse perpendicularmente a la dirección del rumbo. (Reed, W. y James, M., 1999).

3.3.7 Análisis mineralógico

El análisis mineralógico es una técnica de investigación geológica de laboratorio, comprometido a la obtención de datos mineralógicos necesarios para la evaluación y aprovechamiento de las materias primas minerales (Pérez, J., 2015).

3.3.8 Petrología

La petrología es la rama de la geología que estudia las rocas, su origen, composición, propiedades físicas y químicas y distribución en la corteza planetaria. El término viene del prefijo petro= piedra y logos= estudio. (Castro, Mercedes. 17 de febrero de 2021).

3.3.9 Mapa geológico

Un mapa que muestra el tipo y la distribución espacial de las rocas en la superficie terrestre. Las formaciones de rocas se encuentran codificadas con colores y los símbolos correspondientes a las estructuras geológicas también se indican, de modo que las relaciones de las edades resultan claras (Schumberger, 2019).

3.3.10 Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas constituyen el tercer grupo más importante de rocas. Resultan de la transformación de otras rocas por procesos metamórficos que suelen tener lugar bajo la superficie de la tierra. (Reed, W. y James, M., 1999).

3.3.11 Rocas ígneas

Las rocas ígneas se forman cuando el magma se enfría y cristaliza o cuando la materia piroclástica, como cenizas volcánicas, se consolidan. El magma expulsado a la superficie como lava y materia piroclástica forma rocas ígneas extrusivas o volcánicas,

mientras el magma que se cristaliza dentro de la corteza forma rocas ígneas intrusivas o plutónicas. (Reed, W. y James, M., 1999).

3.3.12 Foliación

En las rocas sólidas existen varios tipos de planos. Planos de origen sedimentario, magmático (enfriamiento) o planos de origen tectónico. Este último tipo de plano se puede definir como testigo de las fuerzas tectónicas. Es decir, que antes de la litificación se forman las foliaciones primarias. Las fuerzas tectónicas afectan las rocas después de la litificación. Además, en varios sectores del mundo se encuentran más de una fase tectónica. Significa que los planos secundarios (Diaclasas, Fallas, esquistosidad) tienen su origen después de la litificación, pero puede ser que eso ocurrió en distintas épocas. (Griem, W., 2020).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Arias, F. (2012) clasifica a los tipos de investigación según su nivel, en exploratoria, descriptiva y explicativa. El autor considera la investigación descriptiva como “la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos”.

Con base en lo anterior, esta investigación sería de tipo descriptiva, pues se enfoca en la caracterización de las muestras obtenidas directamente de la zona de estudio, y en las estructuras geológicas, para su posterior análisis e interpretación.

4.2 Diseño de la investigación

Arias, F. (2012) considera que “el diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental”.

El autor describe la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurre los hechos sin manipular o controlar variables algunas”. En base a lo anterior nuestro diseño de investigación será de campo, debido a que la recolección de datos se hará directamente en el campo (área de estudio).

4.3 Población de la investigación

Arias, F. (2012) “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales

serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”.

La población de esta investigación fueron los afloramientos del sector del Club Náutico, en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco.

4.4 Muestra de la investigación

Arias, F. (2012), establece que “la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

Para este estudio se recolectaron 10 muestras de rocas, de los afloramientos en el sector del Club Náutico, para realizarles análisis macroscópicos.

4.5 Flujograma de la metodología de trabajo

Para realizar la caracterización geológica y estructural del área de estudio y poder cumplir con los objetivos de la investigación, se diseñó un cronograma de trabajo, el cual se basó en IV etapas (Figura 5.1).

4.5.1 Etapa I: revisión de información

4.5.1.1 Revisión bibliográfica

Esta actividad consistió en reunir toda la información sobre el tema de estudio. Para ello se consultaron páginas web, trabajos de grado y textos académicos relacionados con la investigación.

4.5.1.2 Revisión cartográfica

La herramienta cartográfica utilizada en este trabajo fue la hoja cartográfica NB 20-2 de CVG Técnica Minera (1991).

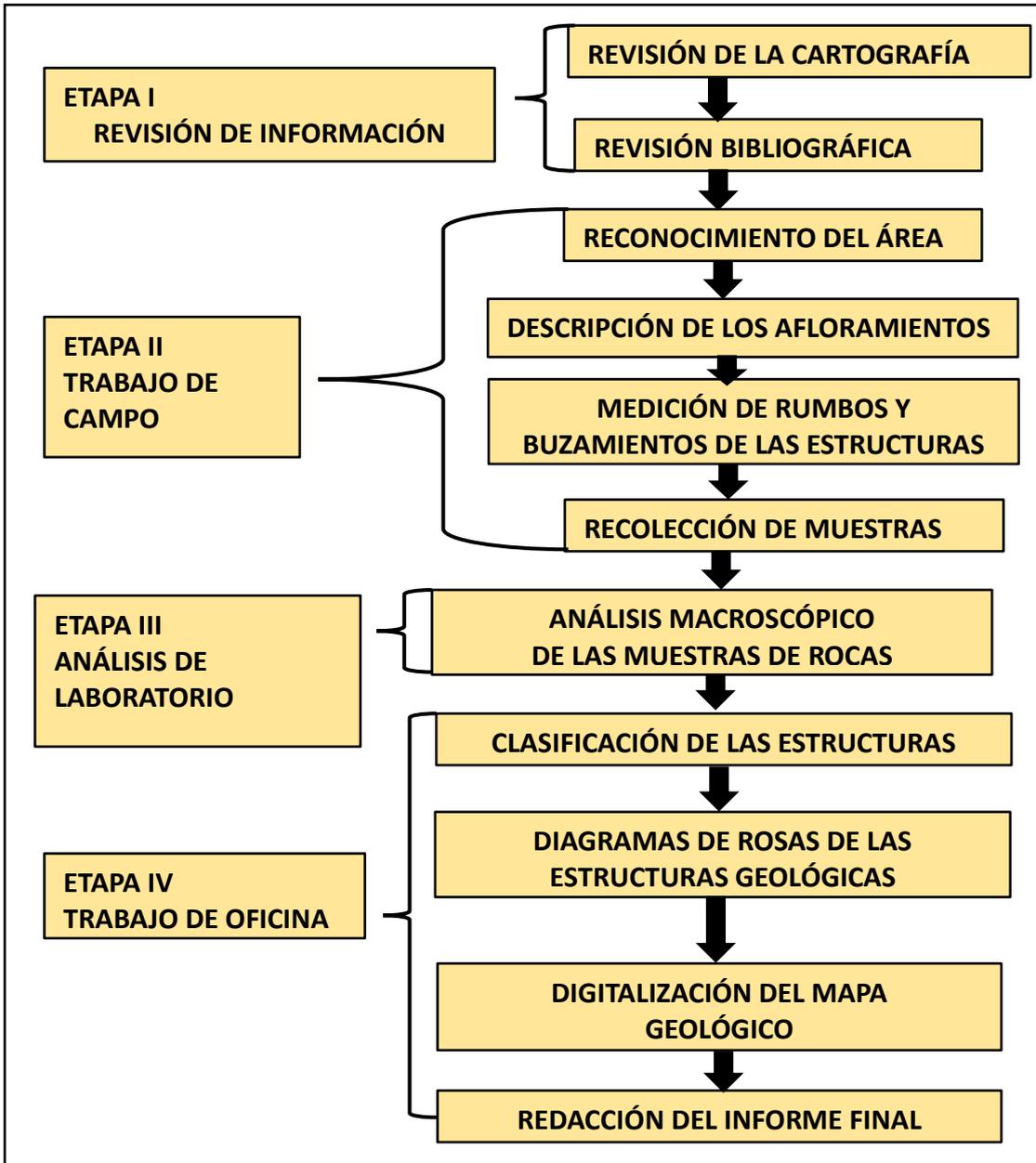


Figura 4.1. Flujograma de la metodología de trabajo.

4.5.2 Etapa II: trabajo de campo

4.5.2.1 Reconocimiento del área

Esta actividad fue realizada mediante caminatas expeditivas, la cual permitió identificar los aspectos geológicos y estructurales de los afloramientos. Así como también se delimito el área y se posicionaron los afloramientos utilizando GPS y brújula. Además de ubicar los puntos de muestreo de rocas.

4.5.2.2 Descripción de los afloramientos

Se procedió a la descripción visual de cada uno de los afloramientos del área de estudio para identificar los tipos de estructuras como fueron diaclasas verticales, diaclasas ortogonales, pliegues, zona de cizalla, sills y estructuras tipo boudinage.

4.5.2.3 Medición de rumbos y buzamientos

Durante la etapa de exploración de campo se procedió a la medición de rumbos y buzamientos de las estructuras presentes en los afloramientos ubicados de cada estación con la ayuda de la brújula.

4.5.2.4 Recolección de muestras

Durante esta etapa se recolectaron en cada estación muestras de rocas que obtuvimos con la ayuda de una mandarina las cuales fueron empaquetadas, identificadas y posicionadas con la ayuda del GPS, en total se recolectaron 10 muestras en 9 estaciones.

4.5.3 Etapa III: análisis de laboratorio

4.5.3.1 Análisis macroscópico de las muestra de roca

Esta actividad se realizó con el objetivo de identificar las características de manera macroscópica de cada una de las muestras recolectadas en cada estación para así darles nombre a cada una de las rocas analizadas, esta actividad se pudo llevar acabo con la ayuda de una lupa de mano de aumento 10X para observar con más detalles los minerales de las rocas.

4.5.4 Etapa IV: trabajo de oficina

4.5.4.1 Clasificación de las estructuras

En esta etapa se procedió a clasificar las estructuras encontradas en las estaciones, con la información de rumbo, buzamiento y azimut, y luego con estos datos se elaboró el diagrama de rosas.

4.5.4.2 Diagrama de rosas de las estructuras geológicas

Para realizar este diagrama se utilizó la aplicación llamada Stereonet donde con la ayuda de los datos recopilados en campo de rumbo y transformados en azimut, se elaboró el diagrama de rosas (Figura 4.2).

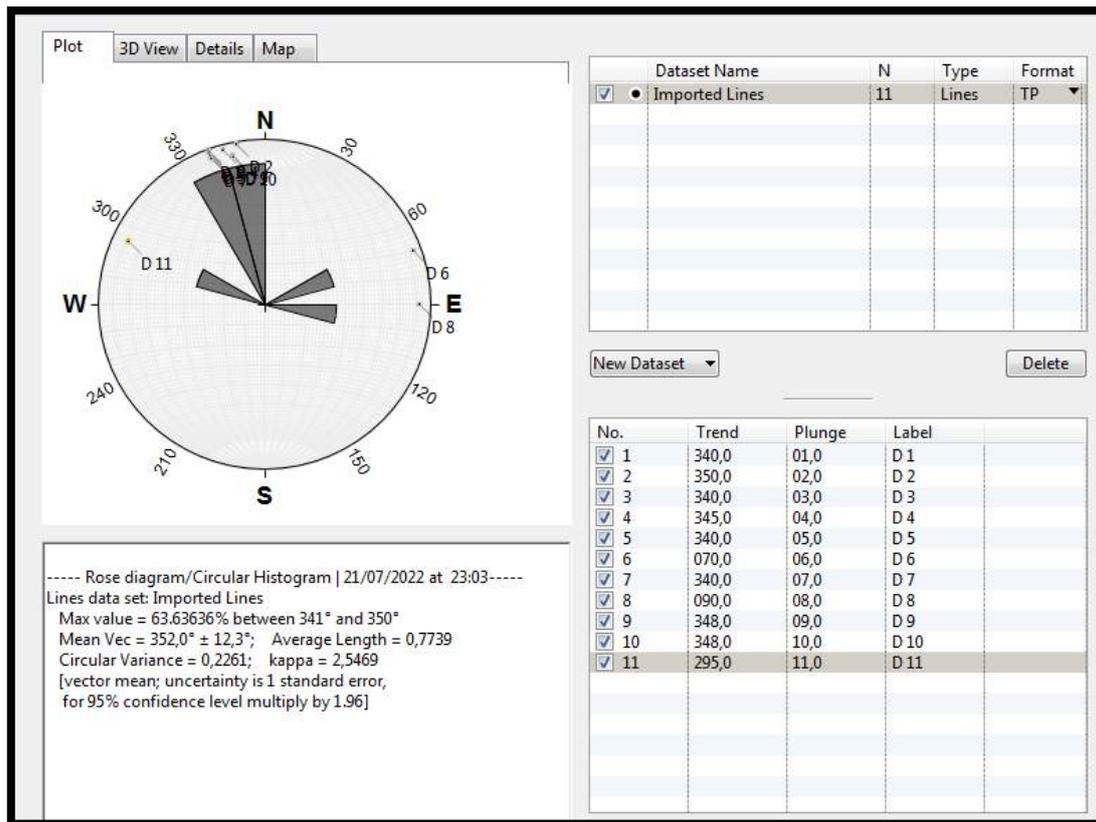


Figura 4.2. Diagrama de rosas de las estructuras

4.5.4.3 Digitalización de mapa geológico

Para la realización del mapa geológico fueron necesarias las coordenadas UTM de todas las estaciones del área de estudio, y con la aplicación de Google Earth se procedió a ubicar la zona de estudio y luego se ubicaron esos puntos con las coordenadas norte y este, y se exportaron al programa Global mapper para obtener las curvas de nivel. Posteriormente se pasaron al programa AutoCAD para obtener la cuadrícula de las coordenadas U.T.M.; y por último se utilizó la aplicación PowerPoint de Office, para proceder a la digitalización del mapa geológico (Figuras 4.3, 4.4 y 4.5).

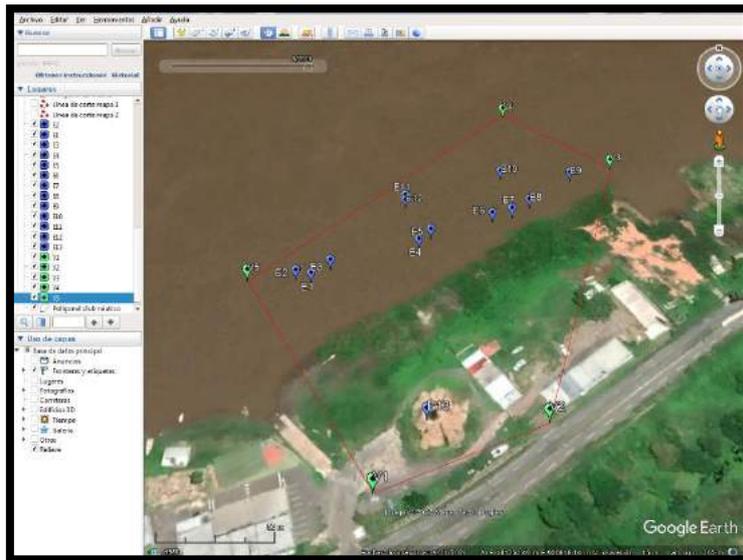


Figura 4.3 Mapa con delimitación del área Google Earth

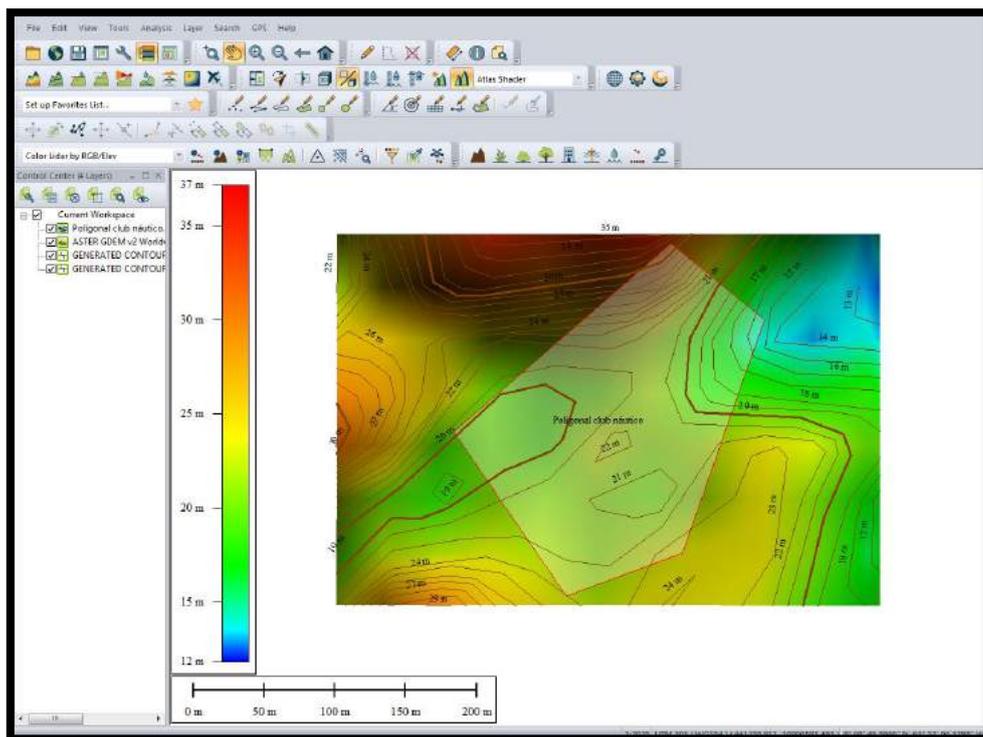


Figura 4.4 Mapa con curvas de nivel Global Mapper

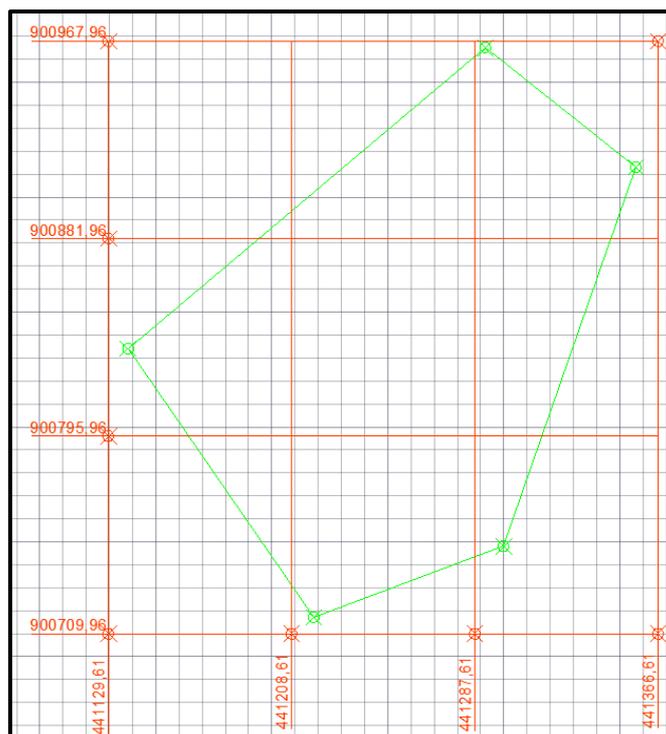


Figura 4.5 Cuadrícula UTM realizada en AutoCAD.

4.5.4.4 Redacción de informe final

Luego del cumplimiento de todas las etapas que se llevaron a cabo tanto en el área de estudio como la parte de oficina y el debido cumplimiento de los objetivos propuesto en este proyecto se procedió a la redacción del informe final, donde daremos nuestras conclusiones y recomendaciones sobre este proyecto realizado.

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1 Técnicas de recolección de datos

Arias, F. (2012) cita que “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario), la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido, etc.”.

“El análisis documental es un conjunto de operaciones encaminadas a representar un documento y su contenido bajo una forma diferente de su forma original, con la finalidad de posibilitar su recuperación posterior e identificarlo” (Castillo, L. 2005 en Arias, F. (2012)).

“La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (Arias, F. 2012).

La técnica de recolección de datos de esta investigación será por observación directa (porque visualizaremos y obtendremos los datos directamente en campo) y análisis documental. Por lo tanto, el análisis documental será implementado al extraer información de diferentes fuentes como: tesis, hojas cartográficas, mapas, manuales, textos, entre otros; además de la revisión bibliográfica hecha por medio del uso de la red de Internet y así tener la posibilidad de encontrar información relevante, que pueda servir de ayuda para el avance de la investigación.

4.6.2 Instrumentos de recolección de datos

Arias, F. (2012) “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

Nuestros instrumentos de recolección de datos fueron: Brújula, GPS, bolsas plásticas, pala, peinilla, piqueta, mandarria, cinta métrica, libretas de campo, mapas cartográficos, cámara fotográfica, entre otros.

CAPITULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

5.1 Características físico – naturales del área de estudio

La zona de estudio se caracteriza por tener en la parte sur – este afloramientos rocosos, pertenecientes al Complejo de Imataca, estos se encuentran dispersos por toda el área de estudio, estos presentan en su mayoría diaclasas de tipo ortogonal, subverticales y verticales, plegamientos suaves en algunos de los afloramientos, zonas de cizalla y estructuras tipo boudinage (Figura 5.1)

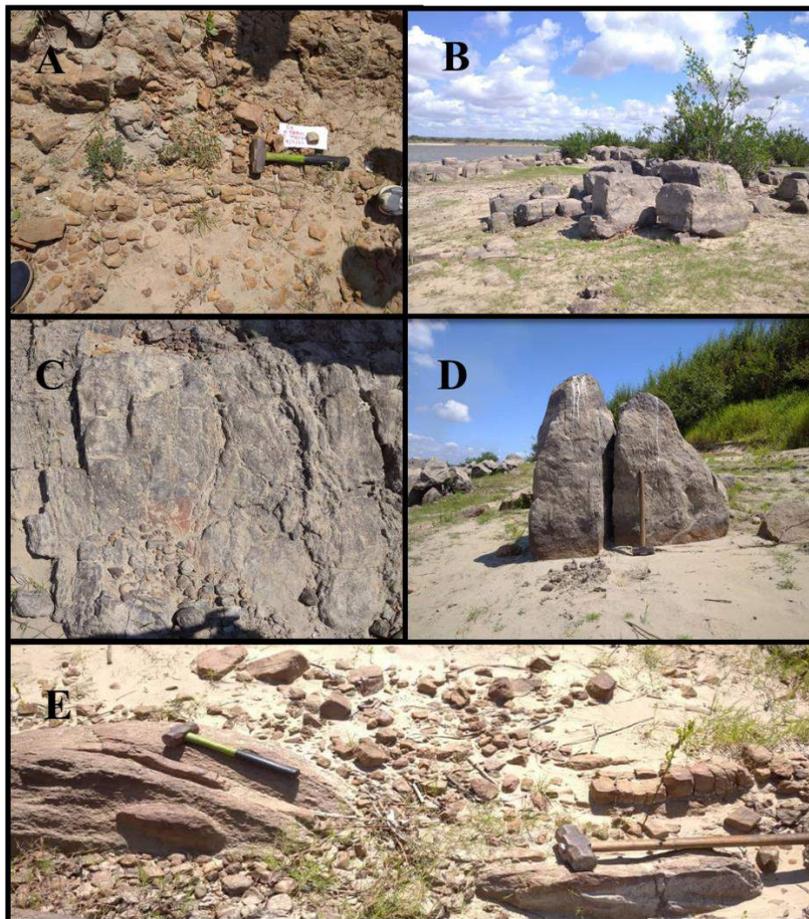


Figura 5.1 Zona de cizalla y plegamiento (A), afloramientos rocosos con diaclasas verticales (B), estructura tipo boudinage (C), afloramiento con diaclasa vertical (D). Plegamiento (E).

En la parte sur del área de estudio se encuentra un domo de gneis granítico de color entre rosado claro y blanco con una textura granoblástica el mismo presenta diaclasas verticales de dirección NW-SE y presenta sills de pegmatita (Figura 5.2)

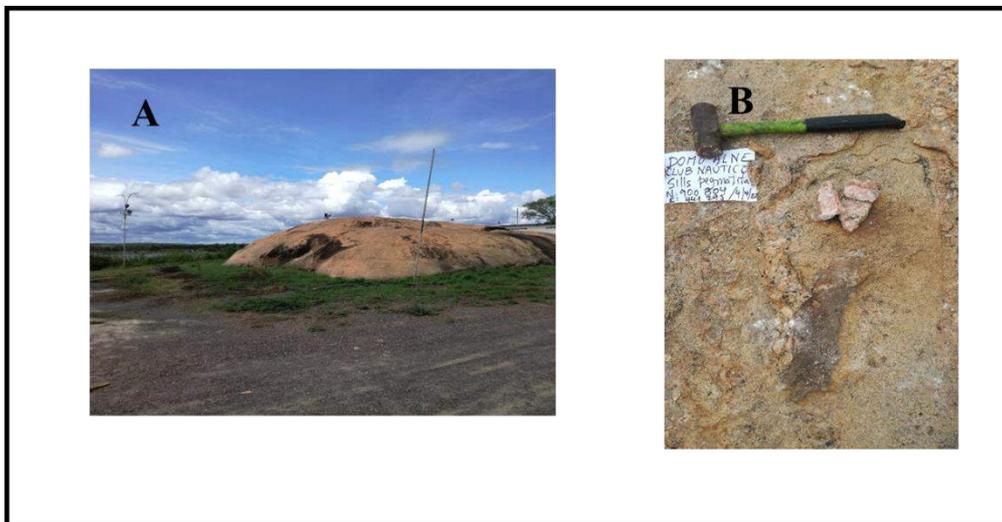


Figura 5.2 Domo (A) y sills de pegmatita (B)



Figura 5.3 Diaclasas verticales con dirección NW-SE

Los afloramientos estudiados presentan una composición representativa del Complejo de Imataca, ya que estos están compuestos por gneis máfico cataclástico y granulitas máficas, pero se pueden encontrar afloramientos de pegmatita en las cercanías del río Orinoco.

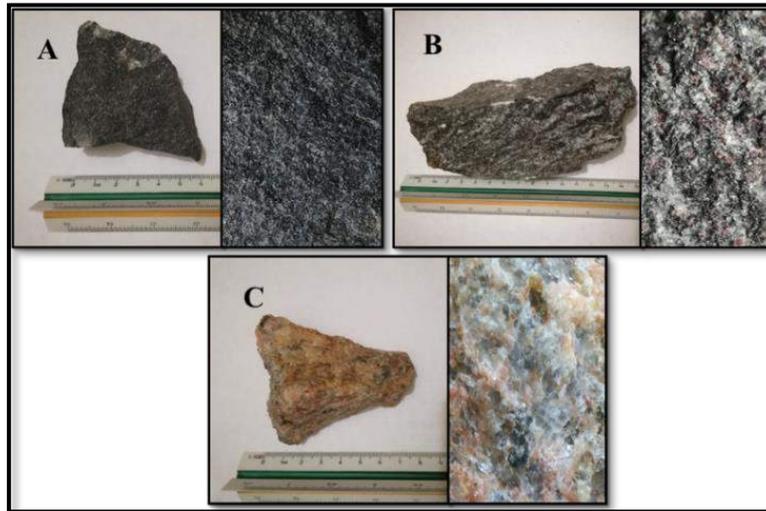


Figura 5.4. Gneis máfico cataclástico (A), Granulita máfica (B) y Pegmatita (C).

Los afloramientos estudiados presentan diaclasas verticales y ortogonales verticales (Figura 5.4).



Figura 5.5. Diaclasas subverticales y diaclasas ortogonales

5.2 Descripción macroscópica de las rocas aflorantes mediante inspección ocular

Se hizo la descripción de las 10 muestras de las rocas, recolectadas en afloramientos de 9 estaciones, del área de estudio (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Estaciones de muestro y coordenadas UTM.

ESTACION	MUESTRA	COORDENADAS UTM	
		NORTE	ESTE
2	E2M1	900834	441166
3	E3M1	900841	441185
4	E4M1	900854	441236
5	E5M1	900861	441243
6	E6M1	900872	441280
8	E8M1	900882	441303
9	E9M1	900903	441330
10	E10M1	900907	441287
13	E13M1	900750	441242
	E13M2		

5.2.1 Muestra E₂M₁

Gneis máfico cataclástico de textura granoblástica, formado a partir de un metamorfismo cataclástico, está compuesto por: Microclina 50%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 5%, Hornblenda 10% y Biotita 1% y la misma es de color negro en su mayoría (Figura 5.6)



Figura 5.6 Gneis máfico cataclástico

5.2.2 Muestra E3M1

Gneis máfico cataclástico de textura granoblástica, formado a partir de un metamorfismo cataclástico, está compuesto por: Microclina 50%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 5%, Hornblenda 10% y Biotita 1% y la misma es de color negro en su mayoría (Figura 5.7)



Figura 5.7 Gneis máfico cataclástico

5.2.3 Muestra E4M1

Granulita mafica de tamaño de grano grueso de textura granoblástica débilmente orientada, formada a partir de un metamorfismo de alto grado, está compuesta por: Plagioclasa 30%, Hornblenda 20%, Cuarzo 20%, Granate 30% la misma presenta color gris oscuro a negro (Figura 5.7).



Figura 5.8 Granulita mafica

5.2.4 Muestra E₅M₁

Gneis máfico cataclástico de textura granoblástica, formado a partir de un metamorfismo cataclástico, está compuesto por: Microclina 50%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 5%, Hornblenda 10% y Biotita 1% y la misma es de color negro en su mayoría (Figura 5.9).



Figura 5.9 Gneis máfico cataclástico.

5.2.5 Muestra E₆M₁

Gneis máfico cataclástico de textura granoblástica, formado a partir de un metamorfismo cataclástico, está compuesto por: Microclina 50%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 5%, Hornblenda 10% y Biotita 1% y la misma es de color negro en su mayoría (Figura 5.10).

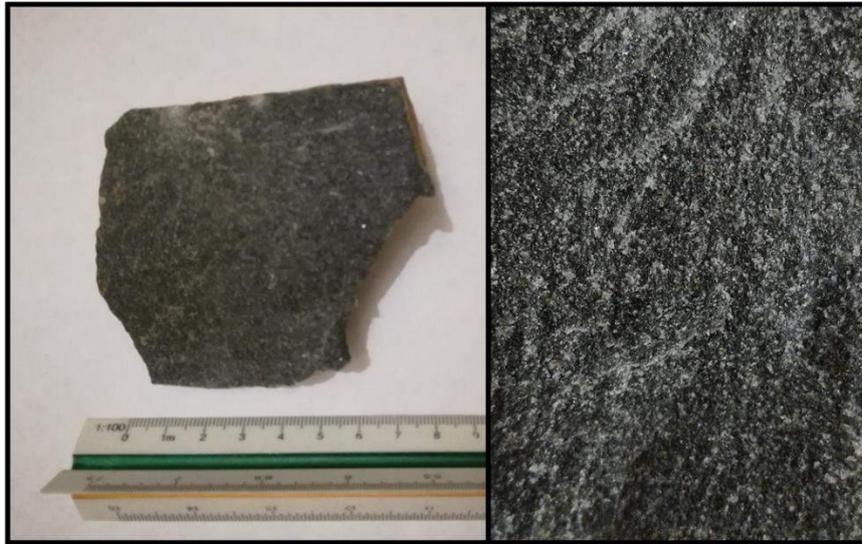


Figura 5.10 Gnesis máfico cataclástico.

5.2.6 Muestra E8M1

Granulita mafica de tamaño de grano grueso de textura granoblástica débilmente orientada, formada a partir de un metamorfismo de alto grado, está compuesta por: Plagioclasa 30%, Hornblenda 20%, Cuarzo 20%, Granate 30%, la misma presenta color gris oscuro a negro (Figura 5.11).



Figura 5.11 Granulita máfica.

5.2.7 Muestra E₉M₁

Gneis máfico cataclástico de textura granoblástica, formado a partir de un metamorfismo cataclástico, está compuesto por: Microclina 50%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 5%, Hornblenda 10% y Biotita 1% y la misma es de color negro en su mayoría (Figura 5.12).



Figura 5.12 Gneis máfico cataclástico.

5.2.8 Muestra E₁₀M₁

Pegmatita de textura pegmatítica de grano grueso formada a partir de un magma residual poco viscoso; está compuesta por: Microclina 45%, Feldespato potásico 20%, Plagioclasa 20%, Cuarzo 13%, Biotita 2%, la misma presenta color rosado claro (Figura 5.13)



Figura 5.13 Pegmatita.

5.2.9 Muestra E13M1

Pegmatita de textura pegmatítica de grano grueso formada a partir de un magma residual poco viscoso; está compuesta por: Microclina 45%, Feldespato potásico 20%, Plagioclasa 20%, Cuarzo 13%, Biotita 2% la misma presenta color rosado claro (Figura 5.14).



Figura 5.14 Pegmatita

5.2.10 Muestra E13M2

Gneis granítico de textura granoblástica con bandeamiento gnéisico formada a partir de un metamorfismo regional, está compuesta por: Plagioclasa 35%, Cuarzo 40%, Microclina 20%, Biotita 5%, la muestra presenta color blanquecino (Figura 5.15)



Figura 5.15 Gneis Granítico

De acuerdo a los análisis macroscópicos realizados a las muestras ubicadas en las estaciones 2, 3, 5, 6 y 9 estas muestras se identificaron como gneises máficos cataclásticos, caracterizado por sus color negro y cristales de menor tamaño muy finos producto de un metamorfismo cataclástico lo cual produjo cristales de reducido tamaño por efecto de la trituración y las fuerzas de cizalla que provocaron cambios en la textura de la roca.

Las muestras de las estaciones 4 y 8 de acuerdo al análisis macroscópico se identificó como granulita máfica de grano fino, esta posee en abundancia minerales oscuro, también presenta bandeamiento de cuarzo poco pronunciados, esta litología se encuentra repetida entre estas dos estaciones ya mencionadas.

A su vez la muestra E10M1 recolectada en la estación 10 dio un indicio de cambio de litología ya que de acuerdo al análisis macroscópico realizado a la muestra se llegó a la conclusión de que era una pegmatita, dicha muestra fue recolectada en un afloramiento en las cercanías al río Orinoco.

Por último tenemos las muestras E13M1 y E13M2 estas fueron recolectadas en la estación 13, esta estación está representada principalmente por un domo donde se tomó la muestra E13M1 que a partir de los análisis macroscópicos se pudo identificar la

muestra como un gneis granítico de acuerdo a su color y los minerales presentes en la muestra, esta estación está representada también por sills que están intrusionando el domo de gneis granítico, se tomó una muestra de este sills que tiene por nombre E13M2, se pudo identificar esta muestra de sills como pegmatita.

De acuerdo a los diferentes análisis realizados a las muestras obtenidas en las estaciones de muestreo se pudo confirmar que el área de estudio está ubicada en el Complejo ígneo-metamórfico de Imataca, esto se pudo determinar por la existencia de litología metamórfica e ígnea en el área.

5.3 Clasificar las estructuras geológicas presentes en los afloramientos del sector del Club Náutico, tales como diaclasas, foliaciones y zonas de fallas, determinando sus direcciones y buzamientos, realizando mediciones de campo

De acuerdo a lo observado en los afloramientos estudiados se pudieron clasificar las estructuras presentes en cada una de ellos, donde se pudieron encontrar diferentes tipos de diaclasas (Verticales, Subverticales y Ortogonales) las cuales se encuentran clasificadas de acuerdo al tipo de diaclasa, rumbo y buzamiento medidos en campo.

Tabla 5.1

Tabla 5.1 Mediciones de rumbo y buzamiento de las diaclasas.

MEDICIONES DE RUMBO, AZIMUT Y BUZAMIENTO					
ESTACIONES	ESTRUCTURA	RUMBO	AZIMUT	BUZAMIENTO	OBSERVACIONES
2	DIACLASA N°1	N 20° W	340º	86° NE	SUBVERTICAL
2	DIACLASA N°2	N 10° W	350º	84° NE	
3	DIACLASA N°3	N 20° W	340º	84° NE	
5	DIACLASA N°4	N 15° W	345º	80°NE	
5	DIACLASA N°5	N 20° W	340º	80°NE	
5	DIACLASA N°6	N 70° E	70º	82° NW	ORTOGONAL
6	DIACLASA N°7	N 20° W	340º	86° NE	
11	DIACLASA N°8	ESTE FRANCO	90º	84° NE	SUBVERTICAL
13	DIACLASA N°9	N 12° W	348º	90°	VERTICAL
13	DIACLASA N°10	N 12° W	348º	90°	
13	DIACLASA N°11	N 65° W	295º		SUBVERTICAL

También se pudo visualizar en los afloramientos las foliaciones de los mismos la cual va en dirección E-W, al igual entre la estaciones 5 y 6 se pudo observar la presencia de una zona de falla la cual también presenta plegamiento. (Figura 5.16)



Figura 5.16 Foliación (A), zona de falla (B) y zona de falla y plegamiento (C)

5.4 Interpretación del Diagrama de Rosas

El diagrama ilustrado en la Tabla 5.2 se presentan los lineamientos preferenciales de las diaclasas observadas en el área de estudio, para todas las estaciones de estudio, para la realización de este diagrama de rosas se contabilizaron todas las diaclasas presentes en cada estación de estudio, de acuerdo a los valores de rumbo y azimut obtenidos en campo (Tabla 5.2), el resultado fue el siguiente:

Se presentan los datos de rumbo y azimut de las diaclasas medidas en campo. Donde se observa que en la zona de la estación 2 se encuentra 2 diaclasas subverticales

(D1-D2), en la estación 3 se encuentra 1 diaclasa subverticales (D3), en la estación 5 está presentes 2 diaclasas subverticales (D4-D5) y 2 diaclasa ortogonal (D6-D7), en la estación 11 se encontró 1 diaclasa subvertical (D8), en la estación 13 esta estación se encuentra ubicada en el domo aquí se encontraron 2 diaclasas verticales (D9-D10) y 1 diaclasa subvertical (D11).

Tabla 5.2 datos de rumbo y azimut utilizados para elaboración de diagrama de rosas

ESTACIONES	ESTRUCTURA	RUMBO	AZIMUT	OBSERVACIONES
2	DIACLASA N°1	N 20° W	340°	SUBVERTICAL
2	DIACLASA N°2	N 10° W	350°	
3	DIACLASA N°3	N 20° W	340°	
5	DIACLASA N°4	N 15° W	345°	
5	DIACLASA N°5	N 20° W	340°	
5	DIACLASA N°6	N 70° E	70°	ORTOGONAL
5	DIACLASA N°7	N 20° W	340°	
11	DIACLASA N°8	ESTE FRANCO	90°	SUBVERTICAL
13	DIACLASA N°9	N 12° W	348°	VERTICAL
13	DIACLASA N°10	N 12° W	348°	
13	DIACLASA N°11	N 65° W	295°	SUBVERTICAL

Con los datos anteriores de azimut se utilizó el programa Stereonet, para representar en el Diagrama de Roseta las diferentes estructuras, con el propósito de determinar la tendencia estructural primaria en las rocas del Complejo Imataca del club náutico.

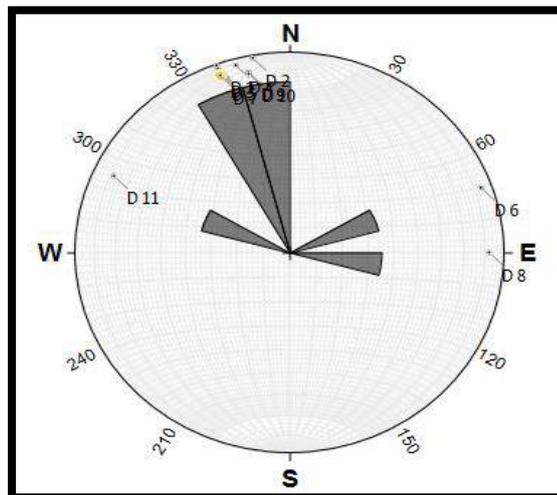


Figura 5.17 Diagrama de Rosas con la representación de las diaclasas.

Analizando el diagrama de roseta de la Figura 5.5 representa un sistema de diaclasas ortogonales (D6-D7), representan diaclasas subverticales (D1-D2-D3-D4-D5-D8 y D11), y además diaclasas verticales (D9-D10), el azimut del sistema de diaclasas ortogonales varía entre 70° - 340° representando un 36.37%, mientras que el azimut de las demás diaclasas verticales y subverticales varían entre $N 340^{\circ}$ - 350° y representan un 63.63%, llegando a la conclusión que las diaclasas subverticales son las predominantes en la mayor parte del área de estudio.

5.5 Análisis del mapa geológico

En la Figura 5.7 se presenta el mapa geológico, donde se puede observar que contamos con la presencia de dos unidades estratigráficas en el área del club náutico y estas unidades a su vez se encuentran en concordancia con el río Orinoco, las unidades presentes son las siguientes: arenas finas y limos arcillosos perteneciente a los Sedimentos del Reciente que fueron transportados y depositados por el río, y abarcan el 55% del mapa, la siguiente unidad estratigráfica es de edad Arqueano y está representada por el Complejo de Imataca que está conformada por los afloramientos de rocas las cuales son: Gneis mafico cataclastico, Granulita mafica, Pegmatitas y Gneis granítico, y abarcan un 15% del mapa, ya que posiblemente los demás afloramientos pudieron haber quedado cubiertos por los sedimentos recientes de arena fina y por último el río Orinoco.

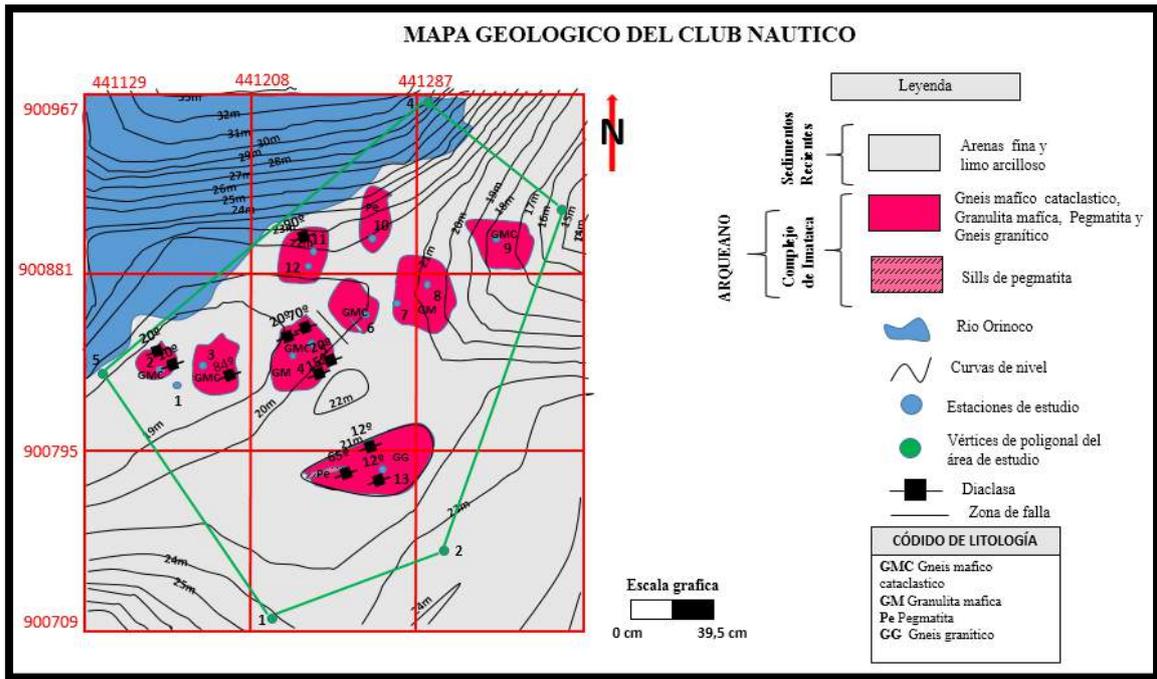


Figura 5.18 Mapa geológico del club náutico

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. De acuerdo a las inspecciones de campo y tomando cada una de las estaciones de estudio se pudo describir las características generales del área de estudio, donde pudimos identificar la litología la cual son provenientes de Complejo de Imataca y Sedimentos de Reciente

2. A partir de los análisis realizados de manera macroscópica se pudo clasificar cada una de las muestras recolectas en cada estación de estudio, de acuerdo al análisis se pudo llegar a la conclusión que estas muestras de rocas eran pertenecientes al complejo de Imataca, estas rocas fueron identificadas como: Gneis mafico cataclastico, Granulita mafica levemente bandeada y de grano grueso, Pegmatita de granos muy grueso y Gneis granítico.

3. Las estructuras geológicas observadas en el área de estudio tales como diaclasas estas son mayormente verticales en los afloramientos del área de estudio con poca presencia de diaclasas ortogonales, a las cuales se le determino su rumbo, buzamiento y azimut, esta con un intervalo de N 250°-350° para la diaclasas verticales y subverticales el intervalo de las diaclasa seria entre 70°-295°-340°

4. De acuerdo a los datos tomados en campo (rumbo, buzamiento y azimut) de las estructuras (diaclasas) encontradas en los afloramientos del área de estudio se procedió a realizar un diagrama de rosas para medir las actitudes de las estructuras (diaclasas), donde se llegó a la conclusión de que las diaclasas vertical y subverticales tienen un azimut que varía entre N 250°-350° representado un 63.63% del azimut presencial de las estructuras mientras 36.37% pertenece a las diaclasas ortogonales que su azimut varía entre 70°-295°-340°.

5. El mapa geológico está representado por dos unidades estratigráficas, las cuales son Sedimentos de Reciente, conformados por arenas finas y limos, la cual abarca un 55%, y afloramientos del Complejo de Imataca conformada por gneises máficos

cataclásticos, granulitas máficas, pegmatita y gneises graníticos, que abarcan un 15% y concordante a esta unidad estratigráfica se encuentra el río Orinoco que abarca 30%, también se representaron las diaclasas observadas en las estaciones 2, 3, 5, 6, 11 y 13 del área estudiada

Recomendaciones

1. Actualizar la información que existe geológica del club náutico a partir de este trabajo de investigación.
2. Realizar otros levantamientos geológicos cercanos al área estudiada para incrementar la información, debido a la poca existencia de las características geológica y estructural detallada de la zona.

REFERENCIAS

Arias, F. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela.

Bustos, D. (2015). **DIAGRAMAS DE ROSAS**. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petroleos y Ambiental. Ecuador.

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G)- Técnica Minera C.A. (TECMIN). (1989). **PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA Informes de Avance. Clima, Geología, Geomorfología, Suelos, Vegetación. Tomos I y II: Mapas a Escala 1: 250 000**. Ciudad Bolívar.

Marcano Astrid y Marin Yemifer (2015). **CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO MARCELA, SECTOR RÍO MARCELA, PARROQUIA ORINOCO, MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. 93 P. Ciudad Bolivar.

Pérez, J. (2015). **OBTENCIÓN DE MATERIALES**. StuDocu. Obtenido de: <https://www.studocu.com/en/document/instituto-politecnico-nacional/analisisquimico/practical/analisis-mineralogico-1/2550192/view>

Castro, Mercedes. (17 de febrero de 2021). **PETROLOGIA**. Lifeder. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/petrologia/>

Tarbuck, E. Lutgens, F. (2005) **CIENCIAS DE LA TIERRA, INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA**. Editorial Pearson Prentice hall. Madrid, España.

Reed, W. James S. Monroe (1999) **FUNDAMENTOS DE GEOLOGIA**. Editorial Thomson. México.

W. Griem (2020) **FOLIACION** geovirtual2. Recuperado de: <https://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/gestr02.htm#:~:text=En%20las%20rocas%20s%C3%B3lidas%20existen,se%20forman%20las%20foliaciones%20primarias.>

Castro Dorado, V. (2015) **PETROGRAFÍA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS**. Editorial Paraninfo, Madrid, España, pp 119-145.

W. Griem (2020) **ROSETA DE DIACLASAS** geovirtual2. Recuperado de: <https://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/prak03.htm#:~:text=Una%20roseta%20de%20diacclasas%20es,o%20la%20direcci%C3%B3n%20de%20inclinaci%C3%B3n.>

Ramsay, J. (1987). **MODERN STRUCTURAL GEOLOGY. VOL. 2: FOLDS AND FRACTURES**. Academic Press, London, pp 311.