

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE GEOLOGÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



INFORME FINAL DEL TRABAJO FINAL DE CAMPO

**GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y
MAPEO GEOLÓGICO DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS EN UN
ÁREA DE 9 Km² A ESCALA 1:5000 EN LOS ALREDEDORES DE LA
ALDEA LAS LIMAS DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ.**

LUIS ALEJANDRO RENÉ GRAJEDA MICHEO

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE GEOLOGÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

INFORME FINAL DEL TRABAJO FINAL DE CAMPO

GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y
MAPEO GEOLÓGICO DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS EN UN
ÁREA DE 9 Km² A ESCALA 1:5000 EN LOS ALREDEDORES DE LA
ALDEA LAS LIMAS DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ.

PRESENTANDO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR:

LUIS ALEJANDRO RENÉ GRAJEDA MICHEO

CARNÉ: 200840407

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO A NIVEL
INTERMEDIO DE TÉCNICO EN GEOLOGÍA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE 2016

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIO:	Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DOCENTES:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj
REPRESENTANTE EGRESADOS:	Lic. en admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES:	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Lic. Zoot. Erwin Fernando Monterroso Trujillo

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJO FINAL DE CAMPO

COORDINADOR:	Ing. Geól. Sergio David Morán Ical
SECRETARIO:	Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
VOCAL:	Ing. Geól. Luis Gustavo Chiquín Marroquín

REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Geól. Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Inga. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro

ASESOR

Inga. Geól. Silvia Frine Cortez Bendfeldt

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-63/2016
22 de febrero de 2016

**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE – CUNOR –
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
E-mail: geologiausac@gmail.com

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel técnico, del estudiante **LUIS ALEJANDRO RENE GRAJEDA MICHEO**, carné No. **200840407**, titulado: **“GEOLOGÍA DE BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS Y MAPEO GEOLÓGICO DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS EN UN ÁREA DE 9 KM² A ESCALA 1:5,000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS LIMAS DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. Geol. Silvia Frine Cortez Bendfeldt
Docente Asesora
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-253/2016
25 de agosto de 2016

CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
c. e.: geologiausac@gmail.com

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel intermedio, del estudiante **LUIS ALEJANDRO RENE GRAJEDA MICHEO**, carné n.º **200840407**, titulado: **“GEOLOGÍA DE BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS Y MAPEO GEOLÓGICO DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS EN UN ÁREA DE 9 KM² A ESCALA 1:5,000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS LIMAS DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Claudia Muñoz'.

Inga. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro
Docente Revisora
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



Ref. 15-CG-276/2016
30 de septiembre de 2016

**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
c. e.: geologiausac@gmail.com

Señores Miembros
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

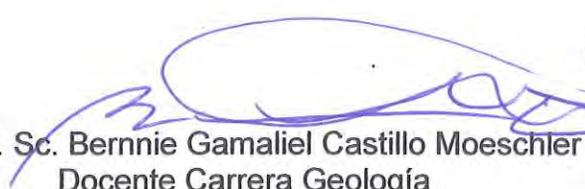
Respetables Señores:

Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“GEOLOGÍA DE BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS Y MAPEO GEOLÓGICO DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS EN UN ÁREA DE 9 km² A ESCALA 1:5000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS LIMAS DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ”**, del estudiante **LUIS ALEJANDRO RENE GRAJEDA MICHEO**, carné n.º **200840407**, el cual ya fue revisado como miembro de la Comisión de Redacción y Estilo de la Carrera de Geología, quien considera llena los requisitos establecidos para su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Comisión de Redacción y Estilo
Carrera Geología

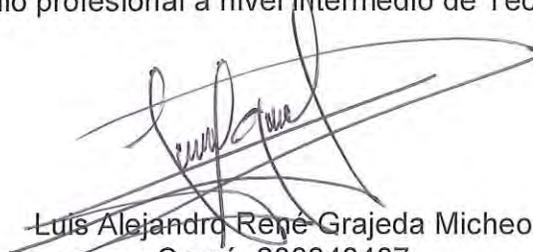

Ing. M. Sc. Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler
Docente Carrera Geología
CUNOR



c.c. Archivo.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: **GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ:** Análisis petrográfico y mapeo geológico de las unidades litológicas en un área de 9 Km² a escala 1:5000 en los alrededores de la aldea Las Limas del municipio de Salamá, como requisito previo a optar el título profesional a nivel intermedio de Técnico en Geología.



Luis Alejandro René Grajeda Micheo
Carné: 200840407

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; de la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4 subinciso, 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria del Consejo Directivo de fecha 18 de junio de 2012.

DEDICATORIA

A:

MIS PADRES

Luis Alfredo Grajeda Aldana y Patricia Elizabeth Micheo de Grajeda, por brindarme su apoyo, confianza y amor incondicional en cada momento de mi vida; esta meta alcanzada es para ustedes.

MIS HERMANOS

Juan Luis, Luis Roberto y Luis Alfredo por estar siempre a mi lado, apoyándome y demostrándome su cariño, sin importar la distancia.

A MI HIJA

María Renné Grajeda Ramírez, por ser mi principal motivación para culminar esta etapa en mi vida.

A MI NOVIA

Anita Mishell Ramírez Quiroa por estar siempre a mi lado apoyándome y demostrándome su amor.

AGRADECIMIENTO

A:

MI FAMILIA

Por su amor y cariño

MIS AMIGOS

Que siempre estuvieron a mí lado apoyando y animándome en todo momento. Por su paciencia, tolerancia, confianza, respeto y cariño; sobre todo a los de TH.

Municipalidad y COCODES de la aldea Las Limas, Salamá. Al señor Alfredo Girón. Por la hospitalidad brindada durante mi estancia en dicha localidad.

TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Principalmente al Centro Universitario del Norte y la Carrera de Geología. En especial a todos los ingenieros, licenciados y personal administrativo por su valiosa colaboración en mi formación como profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	vii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1	Antecedentes del problema	3
1.2	Planteamiento del problema	4
1.3	Objetivos	5
	1.3.1 General	5
	1.3.2 Específicos	5
1.4	Hipótesis	5

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1	Localización geográfica	7
2.2	Vías de acceso	8
2.3	Geología Regional	10
	2.3.1 Litoestratigrafía	10
	a. Chuacús Central	11
	b. Chuacús Este	11
	c. Chuacús Oeste	13
	2.3.2 Tectónica	14
	2.3.3 Geomorfología	15
	a. Hidrología	17
	b. Clima y vegetación	18
	c. Suelos	18
	d. Relieve	20

CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1	Métodos y técnicas de investigación	23
	3.1.1 fase de planificación	23
	3.1.2 Fase de campo	23

	a.	Topográficos	24
	b.	Geológicos	24
3.1.3		Fase de laboratorio	25
3.1.4		Fase de gabinete	25
3.2		Técnicas a utilizar en el proceso de investigación	25
	3.2.1	instrumentos para descripción, medición y registros de campo	25
	3.2.2	Recolección de datos y muestreo	26
	a.	Topográficos	26
	b.	Geológicos	26
3.2.3		Análisis de datos	27
	a.	Lito-estratigrafía y geomorfología	27
	b.	Geología estructural	27
	c.	Geología histórica local	27
3.2.4		Análisis de facies metamórficas	28

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1		Estratigrafía local	31
	4.1.1	Unidades de rocas	31
	a.	Unidad de Esquisto Biotítico	31
	b.	Unidad de Esquisto Moscovítico	34
	c.	Unidad de Esquisto Granatífero	37
	d.	Unidad de Esquisto Micáceo con Clorita	40
	e.	Unidad de Cuarzita	43
	f.	Unidad de Coluvión	45
4.2		Geología estructural	46
	4.2.1	Rasgos estructurales	47
	4.2.2	Foliación	49
	a.	Foliación S1	49
	b.	Foliación S2	51
	4.2.3	Pliegues	52
	4.2.4	Lineaciones	54
	a.	Lineación mineral	54
	b.	Ejes de crenulación	56
	c.	Ejes de <i>boudines</i>	57
	4.2.5	Zona de cizalla	59
	4.2.6	Fallas	59
	a.	Fallas Normales puras	60
	b.	Fallas Inversas Sinestrales	62
	c.	Fallas de Rumbo	63
		1) Fallas Dextrales	64
		2) Fallas Sinestrales	65
	d.	Diaclasas	67
	e.	Grietas de Tensión	69

4.3	Geomorfología local	70
4.3.1	Unidades de origen denudacional	71
	a. Cima estructural	72
	b. Escarpe de falla	72
	c. Lomos estructurales	72
4.3.2	Geoformas de origen denudacional	73
	a. laderas subhorizontales a poco inclinadas	74
	b. Laderas moderadamente inclinadas	74
	c. Laderas inclinadas	75
	1) Escarpes	75
	d. Crestas	76
	e. Movimientos en masa y erosión	77
	1) Flujos de escombros	77
	2) Caída de roca	78
	3) Deslizamiento de tipo rotacional	79
4.3.3	Unidades de origen agradacional	80
4.3.4	Unidades de origen antrópica	80

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Litoestratigrafía	81
5.2	Facies metamórficas	83
5.3	Análisis estructural	87
5.4	Análisis geomorfológico	100
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA	107
	ANEXOS	109

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Localización del área de estudio	8
2	Acceso al área desde la ciudad capital de Guatemala	9
3	Acceso al área de estudio desde Cobán, Alta Verapaz	10
4	Mapa fisiográfico de Guatemala / área de estudio seleccionada	16
5	Mapa de relieve Las Limas	21
6	Mapa de lineamientos del Área de estudio	48

ÍNDICE DE TABLAS

1	Coordenadas del área de estudio	7
---	---------------------------------	---

2	Descripción mineralógica en sección delgada de unidad de Esquisto Biotítico	34
3	Descripción mineralógica de sección delgada de unidad de Esquisto Moscovítico	37
4	Descripción mineralógica de sección delgada de unidad de Esquisto Granatífero	40
5	Descripción mineralógica de unidad de Esquisto Micáceo con Clorita en sección delgada	42
6	Descripción de secciones delgadas de unidad de Cuarzita	45
7	Fallas normales puras (datos tomados en DIP/DIR)	62
8	Falla Inversa Sinestral (datos tomados en DIP/DIR)	63
9	Fallas Dextrales (datos tomados en DIP/DIR)	65
10	Fallas Sinestrales (datos tomados en DIP/DIR)	66
11	Relaciones de las unidades geomorfológicas, subunidades y geoformas	70
12	Caídas de roca en el área	79
13	Deslizamientos rotacionales	80
14	Contenido mineral y facies mineral a la que corresponden las rocas en el área de estudio	84
15	Variaciones en las facies de Esquistos verdes	85
16	Estructuras de dominio dúctil con una dinámica dextral	97
17	Estructuras de dominio dúctil con una dinámica sinestral	97
18	Estructuras de dominio frágil con una dinámica dextral	98
19	Estructuras de dominio frágil con una dinámica sinestral	99

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Horizontes del suelo	20
2	Afloramiento de roca de unidad de Esquisto Biotítico que presentan foliación S1 y crenulación (coordenadas UTM/WGGS84, E0794222/N1657460)	33
3	Sección delgada de unidad de Esquisto Biotítico, muestra LG-M15 (coordenadas UTM/WGGS84, E0794222/N1657460)	33
4	Afloramiento de unidad de Esquisto Moscovítico con fracturas (coordenadas UTM/WGGS84, E0794075/N1659133)	36
5	Sección delgada de unidad de Esquisto Moscovítico, muestra LG-M10 (0794075/1659133)	36
6	Afloramiento de unidad de Esquisto Granatífero (coordenadas UTM/WGGS84, E0795918/N1657481)	39
7	Sección delgada de unidad de Esquisto Granatífero, muestra LG-M6	39
8	Afloramiento de unidad de Esquisto Micáceo con Clorita en corte de carretera CA-14 (coordenadas UTM/WGGS84, E0794807/N1659195)	41

9	Sección delgada de unidad de Esquistos Micáceos con Clorita A) muestra LG-M8 B) muestra LG-M11	42
10	Afloramiento de unidad de Cuarzita (coordenadas UTM/WGGS84, E0793486/N1659748)	44
11	Sección delgada unidad de Cuarzita, A) muestra LG-M3 B) muestra LG-M4	44
12	Unidad de Coluvión de Esquistos (coordenadas UTM/WGGS84, E0794732/N1658230)	46
13	Foliación S_1 en la unidad de Esquisto Granatífero (coordenadas UTM/WGGS84, E0794154/N1659435)	50
14	Foliación S_2 en la unidad de Esquisto Granatífero (coordenadas UTM/WGGS84, E0794083/N1659742)	51
15	Pliegue tipo M en la unidad de Cuarzita (coordenadas UTM/WGGS84, E0793013/N1659874)	53
16	Lineación mineral en la unidad de Cuarzita (coordenadas UTM/WGGS84, E0793047/N1659910)	55
17	Crenulación en la unidad de Esquisto Granatífero (coordenadas UTM/WGGS84, E0794083/N1659742)	56
18	Boudinage en la unidad de Esquisto Granatífero (coordenadas UTM/WGGS84, E0794080/N1659752)	58
19	Zona de cizalla en la unidad de Esquisto Micáceo con Clorita	59
20	Falla normal en la unidad de Cuarzita (coordenadas UTM/WGGS84, E0795756/N1659835)	61
21	Escarpe de falla Inversa Sinistral en la unidad de Esquisto Biotítico (coordenadas UTM/WGGS84, E0794389/N1657540)	63
22	Falla Dextral con tectoglifos y escalones en la unidad de Esquisto Granatífero (coordenadas UTM/WGGS84, E0794803/N1659189)	64
23	Falla Sinistral en la unidad de Esquisto Moscovítico (coordenadas UTM/WGGS84, E0795960/N1657700)	66
24	Diaclasas en la unidad de Esquisto Granatífero	68
25	Cresta que forma un parte aguas (coordenadas UTM/WGGS84, E0794083/N1658731)	73
26	Laderas poco inclinadas	74
27	Laderas moderadamente inclinadas	75
28	Escarpe en la unidad de Esquisto Biotítico	76
29	Cresta en la parte norte del área	77
30	Caída de rocas en el costado de la carretera CA-14	78
31	Deslizamiento tipo rotacional en el borde de la carretera de terracería de la finca Salamanca	79

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1	Roseta de direcciones de lineamientos	48
---	---------------------------------------	----

2	Representación de roseta y estereofalsilla de Foliación S1	50
3	Representación en roseta y estereofalsilla de foliación S2	52
4	Estereofalsilla de ejes de pliegue	53
5	Estereofalsilla de lineación mineral	55
6	Estereofalsilla de ejes de crenulación	57
7	Estereofalsilla de ejes de <i>boudines</i>	58
8	Estereofalsilla de fallas normales	61
9	Estereofalsilla de Fallas Dextrales	65
10	Estereofalsilla de Fallas Sinestrales	67
11	Roseta de rumbos de Diaclasas	69
12	Roseta de las proyecciones de Grietas de tensión	70
13	Columna lito-estratigráfica local	83
14	Representación esquemática de la ubicación de las facies metamórficas	86
15	Representación de análisis de foliación S ₁	87
16	Representación de análisis de ejes de pliegues	88
17	Representación de análisis de <i>boudines</i>	89
18	Representación de análisis de foliación S ₂	90
19	Representación de análisis de lineación mineral	91
20	Roseta de planos de diaclasas	92
21	Roseta de los planos de grietas de tensiones	92
22	Estereofalsilla de los planos de fallas normales	93
23	Estereofalsilla de los planos de fallas dextrales	94
24	Estereofalsillas de los planos de fallas sinestrales	95
25	Elipse de deformación de estructuras de dominio dúctil	98
26	Elipse de deformación de las estructuras de dominio frágil	99
27	Elipse de deformación local	100

ABREVIATURAS

Albita	Alb
Biotita	Bio
Caída de rocas	CRx
Cima estructural	Ec
Clorita	Clr
Coluvión	QCol
Cuarcita	Cta
Cuarzo	Qtz
Deslizamiento de tipo rotacional	DRot
Ejes de Boudinage	Lb
Ejes de crenulación	Lc
Epidota	Ept
Escarpe de falla	Ef
Escarpes	De
Esquisto Biotítico	EsqB
Esquisto Granatífero	EsqG
Esquisto Micáceo con Clorita	EsqCl
Esquisto Moscovítico	EsqM
Este	E
Flujos de escombros	Dfe
Granates	Grt
kilometro	Km
Laderas inclinadas	Dli
Laderas moderadamente inclinadas	Dlm
Laderas subhorizontales a poco inclinadas	Dls
Lineación mineral	Lm
Lomos estructurales	El
Metros Sobre el Nivel del Mar	msnm
Moscovita	Mscv
Norte	N
Numero	No
Presión	P
Sur	S
Temperatura	T
Titanita	Tit
West (Oeste)	W

SIGLAS

Carretera Atlántico	CA
<i>Global Positioning System</i> (Sistema de posicionamiento global)	GPS
Instituto Geográfico Nacional	IGN

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología,
Meteorología e Hidrología
Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas
transversal de Mercator)
World Geodetic System (sistema geodésico mundial)

INSIVUMEH

UTM
WGS

RESUMEN

El área de investigación se encuentra constituida por cinco unidades litodémicas de la más antigua a la más reciente: Esquistos Biotíticos (EsqB), Esquistos Moscovíticos (EsqM), Esquistos Granatíferos (EsqG), Esquistos Micáceos con Clorita (EsqMCI), Cuarcita (Cta) y Coluvión (QCol).

Esta área está influenciada principalmente por la erosión fluvial, que sumado con la baja cubierta vegetal ha permitido la erosión del suelo y posteriormente de la roca, generando unidades agradacionales (Coluvión), y denudacionales (crestas, lomos, laderas, deslizamientos). Los deslizamientos presentes en el área son debido al alto nivel de meteorización y erosión de la roca, por laderas inclinadas y por la filtración del agua.

En el área se encuentran diques de cuarzo en la Unidad de Esquisto Granatífero y Esquistos Micáceos con Clorita, en la parte central y Norte de la unidad de Esquistos Micáceos con Clorita se observa una zona de cizalla, la cual permitió que se formaran los granates.

En la Unidad de Esquistos Micáceos con Clorita, el granate está siendo sustituido por la clorita, que es un mineral de más bajo grado metamórfico. Esto nos indica que existe un metamorfismo retrogrado por la disminución de metamorfismo.

Se determinó que el área está en un plegamiento tipo regional, es notorio por el cambio de dirección de las foliaciones. En la parte Sur del área la foliación

está buzando al Sur y en la parte Norte del área la foliación está buzando al Noreste, quedando de Este a Oeste el eje de pliegue.

Las unidades litológicas del área se analizaron microscópicamente y se clasificaron en tres asociaciones minerales que son: clorita, moscovita, biotita, albita; granate, clorita, moscovita, biotita, albita; y moscovita, biotita, clorita. Estas asociaciones de minerales indican que las rocas que afloran en el área pertenecen a una facies de esquistos verdes.

Se analizaron todos los datos estructurales obtenidos en campo con estereofalsillas y rosetas, estos se dividieron en frágiles y dúctiles. En ambas estructuras se determinó que el área pertenece a una dinámica sinistral como lo es la falla del Motagua y la falla Chixoy-Polochic que son las más cercanas relativamente.

INTRODUCCIÓN

La investigación denominada geología en Baja Verapaz: Análisis petrográfico y mapeo geológico de las unidades litológicas en un área de 9Km² en los alrededores de la aldea Las Limas del municipio de Salamá. Se expone en cinco capítulos, donde se describe y analiza la información geológica-estructural, geomorfológica y mineralógica.

En dicho informe se encuentra: la metodología y recopilación bibliográfica, el producto de la información recolectada en el campo y gabinete, y también contiene la interpretación y análisis de resultados.

En el marco conceptual, se observan los antecedentes del problema, el planteamiento del problema y los objetivos de la investigación, tanto el general como los específicos y también se incluye una hipótesis de dicho problema planteado.

La descripción general de las unidades de la práctica, se basan en la localización geográfica del área de estudio, las vías de acceso para llegar al área y la geología regional, que abarca la litoestratigrafía, la tectónica y la geomorfología; esta última incluye la red hidrológica, el clima y la vegetación, los suelos y el relieve.

En la descripción de las actividades se identifican los materiales y la metodología que fue empleada en cada una de las etapas que son: Fase de planificación, Fase de campo, Fase de laboratorio y Fase de gabinete.

En el desarrollo de la investigación, se explica ampliamente el tema de investigación, la información de apoyo, la obtención de datos, cómo se procesaron y sistematizaron los datos para analizarlos y así llegar a las conclusiones.

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en campo acerca de la geología local. Las unidades litológicas que se describen macroscópicamente y microscópicamente, la geología estructural dentro del área de investigación con los métodos de interpretación y análisis respectivos, y así determinar la geomorfología y la dinámica de las estructuras geológicas presente en el área.

En el análisis y discusión de resultados, se explican y contrastan los resultados obtenidos en el área de estudio, los cuales son litológicos, estructurales, geomorfológicos y mineralógicos.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación, se explican los resultados basados en el análisis efectuado; y se proponen las recomendaciones para resolver parcial o totalmente los problemas que no se llegaron a resolver. También contiene la bibliografía utilizada durante toda la investigación al igual que se anexan las listas de chequeo y los mapas finales.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del problema

Los primeros en describir las rocas metamórficas que forman el Grupo Chuacús, fueron Dollfus en 1868 y después, Sapper en 1889. McBirney en 1963 propuso el término de “Serie Chuacús” para un grupo de rocas metasedimentarias con espesor desconocido y estructuralmente complejo, que incluyen esquistos, gneis, anfibolitas y mármoles.¹

La Misión Geológica Alemana, en colaboración con el Instituto Geográfico Nacional (IGN), realizaron el estudio titulado “Mapeo Geológico General de Baja Verapaz y parte Sur de Alta Verapaz” entre 1967 a 1969. En el mapa se puede observar la litología identificada, la cual son metasedimentos clasificados del Grupo Chuacús.²

Josey Kesler y Collins en 1970 describieron metasedimentos similares como Grupo Chuacús Oeste y en base al alto contenido de K₂O y a la presencia abundante de cuarzo consideraron que el área de suministro era un cratón rico en potasa como la Península de Yucatán o los Árcas Precámbricos del Noreste de Oaxaca en México.³

¹ Donnelly, TW, Et.Al. *Northern Central America: The maya and Chortis blocks*. The Caribbean Region: United States of America. The Geological Society of America, 1 990.

² Ibídem

³ Ibídem

Van Den Boom en 1972, pudo dividir el antiguo basamento metamórfico montañoso en una zona Clorítica-Sericita, una zona de Biotita y una zona de Granate como subfacies de la facies de esquistos verde del tipo Barrow y supuso que el área de suministro estaba constituida por grauwacas y rocas arcillosas arenosas, margosas y cálcicas.⁴

De acuerdo a los últimos estudios realizados, se ha comprobado la existencia de diques pegmatíticos, según Jaime Requena en 1990, en su estudio titulado “Levantamiento Geológico y Ubicación de Diques Pegmatíticos Granados, Baja Verapaz”, observo que la zona está afectada directamente por la actividad de la falla del Motagua; además determino que los diques pegmatíticos existentes en el área, no tienen ninguna relación con las rocas encajantes y que la mayoría de los mismos muestran zonación.⁵

En 1993 Carlos Enrique Chiquin realizó el trabajo de “Mapeo Geológico y Zonación de Dique Pegmatítico, San José Súcnel, Granados, Baja Verapaz”, en el que además de reafirmar las conclusiones hechas por Requena en 1990, encontró que la orientación general de los diques es más o menos perpendicular al sistema de falla Motagua y que posiblemente el tipo de intrusión fue por desplazamiento forzado.⁶

1.2 Planteamiento del problema

¿Cuál es la mineralogía presente en las unidades litológicas, que pueden sugerir la facies a la que pertenecen las rocas metamórficas que afloran en el área de estudio?

⁴ Donnelly, TW, Et.Al. *Northern Central America: The maya and Chortis blocks*. The Caribbean Region: United States of America. The Geological Society of America, 1 990.

⁵ Ibídem

⁶ Ibídem

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Caracterizar la mineralogía principal que indican las facies metamórficas en el complejo Chuacús en los alrededores de la aldea Las Limas, del municipio de Salamá, Baja Verapaz.

1.3.2 Específicos

- Analizar las rocas petrográficamente para determinar los minerales principales que indiquen la facies metamórfica.
- Identificar las asociaciones minerales que presentan las rocas para establecer el grado de metamorfismo y a qué facies pertenece.
- Proponer un modelo teórico de las facies metamórficas según el contenido mineralógico que contienen las rocas presentes en el área.

1.4 Hipótesis

En el área de estudio afloran rocas metamórficas del complejo Chuacús, estas se encuentran afectadas por un metamorfismo tipo retrogrado debido al reemplazamiento de los granates por la clorita.

Según las características petrográficas las unidades corresponden a esquistos, y la mineralogía que se encuentra como lo son los feldespatos-moscovita-clorita, son indicadores principales que el área pertenece a una facies de esquistos verdes, según la clasificación de Eskola.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización Geográfica

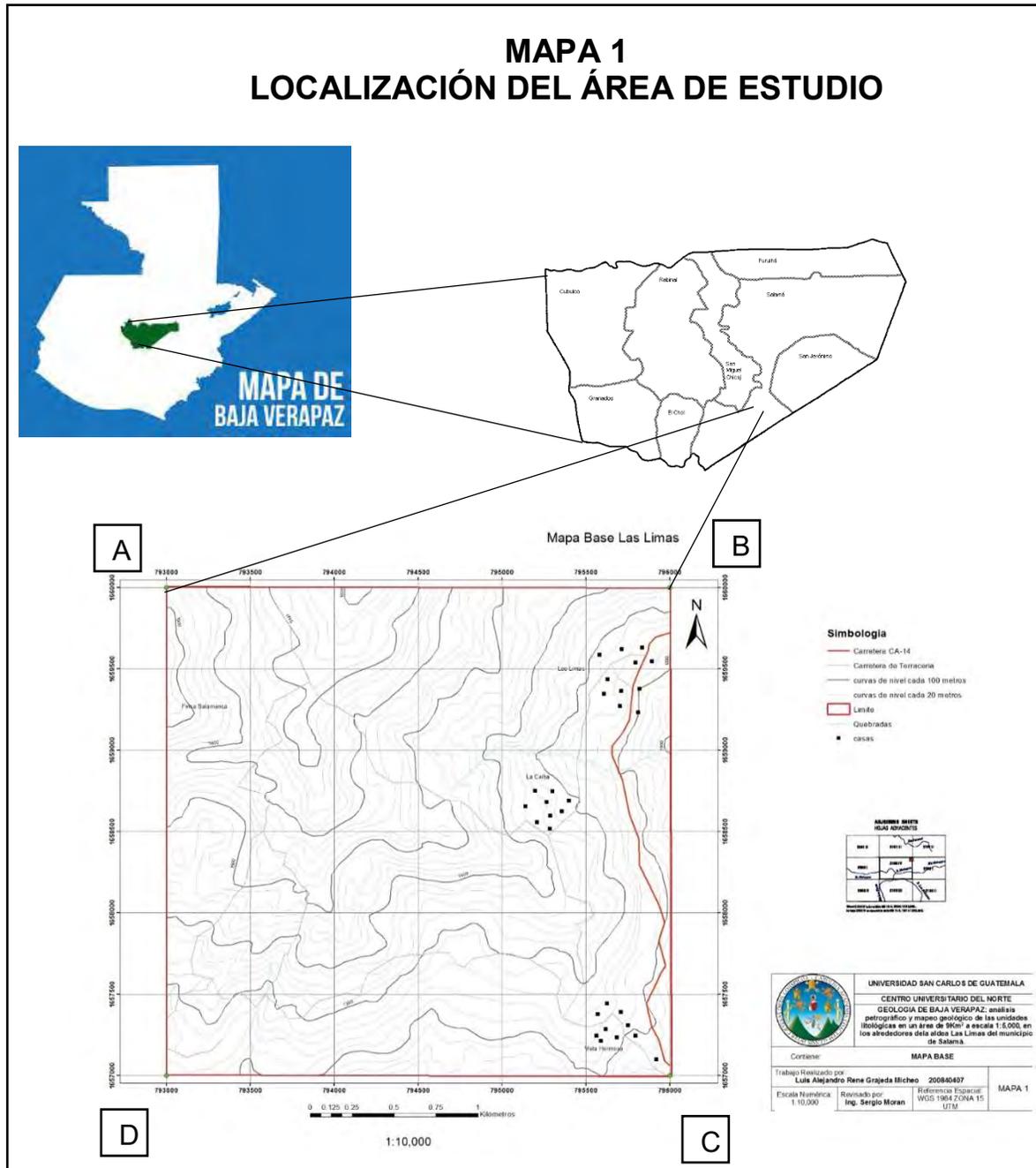
El área a estudiar comprende 9 km², ubicada en los alrededores de la aldea Las Limas del municipio de Salamá, Baja Verapaz como se observa en el mapa 1. También abarca las aldeas de La Ceiba y Vista Hermosa. Se localiza en la hoja cartográfica El Chol 2160 IV E754 Edición 2-NIMA IGN, a escala 1:50 000.

El área se encuentra enmarcada en las siguientes coordenadas UTM, WGS 84, como se muestra en la tabla 1:

TABLA 1
COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Coordenadas UTM, WGS 84.		
Vértice	Este	Norte
A	793 000	1660 000
B	796 000	1660 000
C	796 000	1657 000
D	793 000	1657 000

Fuente: Investigación de campo. 2014.



Fuente: Investigación de campo. 2014.

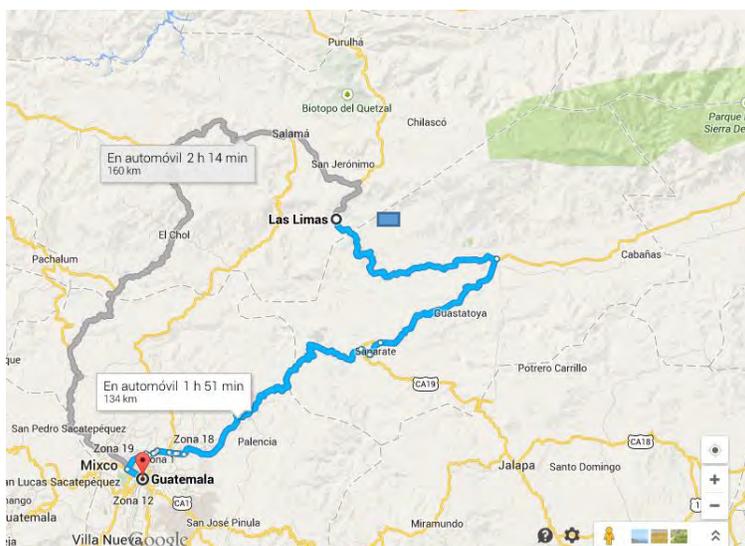
2.2 Vías de acceso

Partiendo de la ciudad capital de Guatemala hay dos rutas para llegar al área de estudio. Una opción es por la carretera RN-9 hasta llegar al cruce de la

cumbre, se vira al Este sobre la carretera CA-14 hasta llegar al Km 128; en la aldea Las Limas, se vira al Este. Siendo en total 160 Km, aproximadamente 2 horas con 15 minutos en automóvil.

La otra opción es la más accesible por el tiempo y distancia. Se toma la carretera CA-9 hasta llegar al rancho en el km 89; en esta intersección se toma el desvío hacia el Oeste por la carretera CA-14 hasta llegar al Km 128 se vira al Oeste en la aldea Las Limas. En total son 134 Km en un tiempo aproximado de 1 hora con 50 minutos en automóvil. Las dos opciones se observan en el mapa 2.

MAPA 2 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO DESDE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA

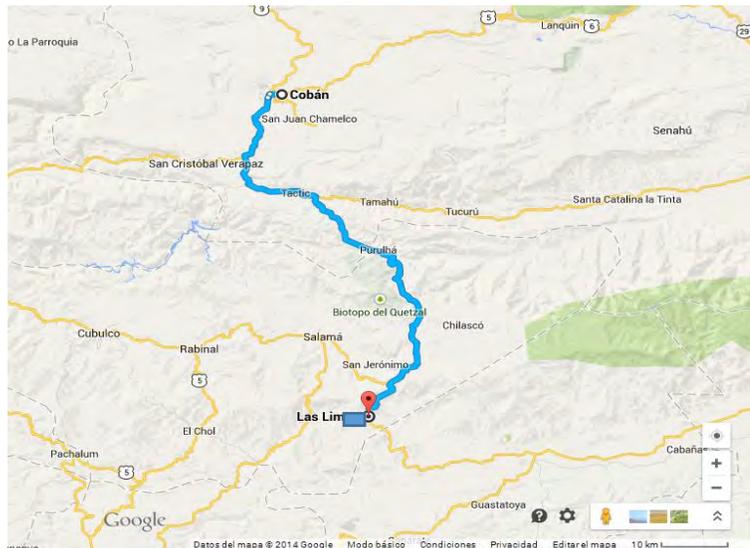


Fuente: Google maps. 2014.

Si se parte del municipio de Cobán, Alta Verapaz se toma la carretera CA-14 hasta llegar al Km 128 se vira al Este en la aldea Las Limas. (Mapa 3). En total son 90 km en un tiempo aproximado de 1 hora con 11 minutos en automóvil.

Desde la aldea Las Limas se toma el camino de terracería en el cual se puede llegar a los caseríos de La Ceiba y Vista Hermosa. Estos accesos se encuentran en mal estado y únicamente se puede llegar a dichas aldeas utilizando carro 4X4, se observan en el mapa base, en los anexos.

MAPA 3 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO DESDE COBÁN, ALTA VERAPAZ



Fuente: Google maps. 2014.

2.3 Geología Regional

2.3.1 Litoestratigrafía

Las rocas metamórficas más antiguas del bloque Maya afloran a lo largo del margen Sur del bloque y como basamento en varios pozos en el Norte de Guatemala, la Península de Yucatán de México, y Belice Norte. Estas constituyen el Grupo Chuacús, que forma una faja casi

continúa al Norte de la zona de sutura del Motagua por una distancia de casi 350 Km.

a. Chuacús central

McBirney es el primero en cartografiar rocas metamórficas que iban de anfibolitas, esquistos micáceos, gneis principalmente, aunque también identificó unidades menores de mármol y capas delgadas de cuarcita y metavolcánicas.

Las anfibolitas descritas por McBirney actualmente son consideradas como parte del Complejo ofiolítico. Clasificó a las rocas de lo que nombró “la serie Chuacús” basado en las asociaciones minerales que encontró dentro de los siguientes grupos principales:⁷

- (A) esquistos de cuarzo-albita-epidota-moscovita-clorita
- (B) esquistos de cuarzo-albita-epidota-moscovita-biotita-clorita
- (C) esquistos de cuarzo-albita-epidota-moscovita-biotita-granate
- (D) gneises de cuarzo-albita-epidota-biotita-hornblenda-granate
- (E) gneises de estaurolita-cianita-almandino
- (F) migmatitas de microclina-albita-epidota-clorita

b. Chuacús Este

La Serie Chuacús original de McBirney incluía anfibolitas, muchas de las cuales son ahora atribuidas a la alóctona

⁷ Donnelly, TW, Et.Al. *Northern Central America: The maya and Chortis blocks*. The Caribbean Region: United States of America. The Geological Society of America, 1 990.

Formación El Tambor, que es una ofiolita Cretácica. El resto de la Chuacús es predominantemente esquisto micáceo y gneis, y unidades menores mapeables de mármol y capas delgadas de cuarcita y metavolcánicas.

Van den Boom resumió la Serie Chuacús en el área Salamá, incluyendo dentro de éste, algunas rocas aquí incluidas con el Grupo Santa Rosa del Paleozoico tardío.⁸

Él concluyó que estas rocas representan una serie barroviana de rocas con metamorfismo incrementante, graduando de esquisto clorítico a una roca granitizada. La idea actual es que su "esquisto clorítico" es una lutita del Pensilvaniano - Pérmico ligeramente metamorfoseada de la Formación Tactic, la roca granitizada es el granito Rabinal.

En el área Este (San Agustín a Los Amates) el Grupo Chuacús está menos metamorfoseado que en el área Salamá, donde originalmente lo describió McBirney. Aquí existen dos unidades ampliamente reconocibles y fácilmente separables. La Formación San Agustín y La Formación Jones

Newcomb sugirió que el Grupo Chuacús de McBirney y las Formaciones San Agustín, Jones, y San Lorenzo podrían no ser completamente correlativos. El mayor grado de metamorfismo en el área de McBirney alrededor de Salamá y el extenso fallamiento

⁸ Donnelly, TW, Et.Al. *Northern Central America: The maya and Chortis blocks*. The Caribbean Region: United States of America. The Geological Society of America, 1 990.

inverso del Cretácico Tardío del cinturón metamórfico hicieron tales relaciones tenues, aunque las litologías son similares.

c. Chuacús Oeste

En el extremo Oeste de la sierra de las minas Roper definió cuatro miembros, que podrían pertenecer a lo que denominaremos complejo Chuacús Oeste, siendo estos miembros:⁹

ESQUISTO MUSCOVÍTICO Y CUARCITA MICÁCEA (Facies de esquistos verdes)

ESQUISTO MICÁCEO Y GNEIS CON UN HORIZONTE CARBONÁTICO (Facies de esquistos verdes)

ESQUISTO Y GNEIS MICÁCEO MIGMATIZADO (Facies de anfibolita)

GNEIS HORNBLÉNDICO

En el Oeste de Guatemala, rocas metamórficas similares han sido descritas por Anderson, Kesler y otros, y G. Dengo. Kesler y otros correlacionaron estas rocas con el Grupo Chuacús, y sus descripciones parecen encajar la parte metasedimentaria de ese grupo. El Mármol Pucal parece ocupar una posición similar a

⁹ Donnelly, TW, Et.Al. *Northern Central America: The maya and Chortis blocks*. The Caribbean Region: United States of America. The Geological Society of America, 1 990.

la de la Formación San Lorenzo al Este, pero los esquistos grafiticos hallados en esta formación no se hallan en el Este.¹⁰

De las descripciones no queda claro que exista hacia el Oeste un equivalente del metagranitoide Formación San Agustín. G. Dengore marcó que las texturas de las rocas en el área Oeste muestran una fuerte sobreimpresión de deformación posterior, incluyendo cizallamiento muy joven asociado con la zona de falla Polochic.

2.3.2 Tectónica

La zona de falla del Motagua (ZFM) y el valle del Motagua definen una sutura a lo largo de la cual bloques corticales con diferentes historias geológicas están ahora unidas. Al Norte de esta zona, las altas montañas de la Sierra de Chuacús y Sierra de Las Minas están compuestas de un complejo de rocas metasedimentarias, metavolcánicas y metaintrusivas denominadas Grupo Chuacús.

Estas rocas, las cuales representan un arco volcánico antiguo, están entre las más antiguas de Guatemala y tienen al menos 385 millones de años (Devónico). El bloque de corteza ubicado al Sur de la ZFM está compuesto por el Complejo Las Ovejas y la Filitas San Diego. El complejo las Ovejas representa un arco volcánico metamorfizado y las Filitas San Diego representan depósitos de una amplia plataforma

¹⁰ Donnelly, TW, Et.Al. *Northern Central America: The maya and Chortis blocks*. The Caribbean Region: United States of America. The Geological Society of America, 1 990.

continental. Su edad se atribuye al Pensilvánico-Pérmico. (Schwartz, P., and Donnelly, T., 1978).¹¹

Durante el Cretácico/Terciario tuvo lugar una colisión entre las placas actuales de América del Norte y Caribe. Esta colisión está marcada ahora por la zona de sutura de Motagua, probablemente producto de un movimiento transpresivo, dando origen de la obducción de la corteza oceánica de la Cuenca Proto-Caribe. Los cuerpos ofiolíticos observados en la zona de sutura evidencian la obducción y representan las reliquias de un dominio oceánico Proto- Caribe que se situó, en el Jurásico y el Cretácico, entre los bloques Maya y Chortís.

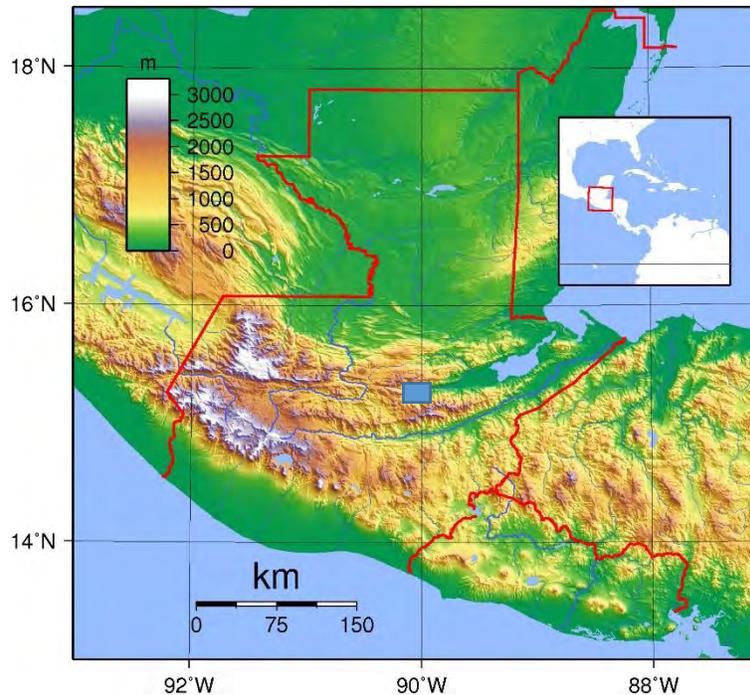
2.3.3 Geomorfología

El área de estudio según la clasificación de las regiones fisiográficas de Guatemala se encuentra en tierras altas cristalinas. (Mapa 4).

Esta región se encuentra situada en la parte central de Guatemala, se extienden de Oeste a Este, desde la frontera con México en Huehuetenango, hasta el Sur del Lago de Izabal en el departamento de Izabal.

¹¹ Donnelly, TW, Et.Al. *Northern Central America: The maya and Chortis blocks*. The Caribbean Region: United States of America. The Geological Society of America, 1 990.

MAPA 4 MAPA FISIAGRÁFICO DE GUATEMALA / ÁREA DE ESTUDIO SELECCIONADA



Fuente: Mapa físico de Guatemala. <http://www.zonu.com/fullsize/2011-11-16-14907/Mapa-fsico-de-Guatemala-2007.html>

Las sierras que componen las Tierras Altas Cristalinas son: Los Cuchumatanes que tienen una extensión en superficie de 16 350 Km² y se ubica en Huehuetenango y Quiché, Chuacús se ubica en Quiché y Baja Verapaz, y Las Minas tiene una extensión superficial de 2 408 Km² que se ubica entre Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa e Izabal.

Según el IGN (1972), está constituida por serpentinitas, gneises metamórficos y esquistos, apareciendo algunas pequeñas áreas de material

plutónico, principalmente granito, que forman una región distinta tanto de los estratos sedimentarios del Norte, como las regiones volcánicas del Sur.¹²

Las tierras altas cristalinas se caracterizan por estar compuestas de rocas metamórficas; de esquistos principalmente, como las micas, feldespatos, cuarzos y otros.

a. Hidrología

Desde el punto de vista hidrológico, el territorio de Guatemala, se puede dividir en tres grandes vertientes, de acuerdo al punto donde desembocan finalmente todos los ríos que atraviesan y/o nacen en el territorio nacional.¹³

El área de estudio se encuentra en la Vertiente del Atlántico, en la cuenca del río Motagua, el área de la cuenca del Río Motagua es de 12,670 Km². El área se encuentra en la parte Norte de la cuenca, que es una parte montañosa donde las quebradas desembocan en el río Motagua, hacen surcos y barrancas.

En el área no se encuentran ríos, solo existen quebradas y efímeras, que son corrientes de aguas intermitentes, es decir que no son permanentes y solo en invierno o en épocas de lluvia por ahí desciende el agua.

¹² Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-. Programa de emergencias por desastres naturales.

¹³ <http://www.insivumeh.gob.gt/riosdeguatemala.html> (fecha 19 de octubre de 2014).

b. Clima y vegetación

El clima en Las Limas varía conforme a los meses del año, pero en general, es una región muy húmeda. Durante los últimos y primeros meses del año (noviembre a febrero) se siente un clima fresco y húmedo que puede pasar de templado a frío, con temperaturas que rara vez bajan de los 5° centígrados.¹⁴

En los meses de marzo a mayo la humedad baja un poco y las temperaturas más altas se dejan sentir, pero es muy raro cuando estas temperaturas sobrepasan los 30° centígrados, y más siendo esta una región muy húmeda. De junio a octubre se dan los niveles más altos de lluvia siendo en esta región verdaderamente altas.

c. Suelos

Se denomina así a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos.¹⁵

Los suelos en el área se encuentran desarrollados sobre rocas metamórficas; principalmente sobre material de la unidad de Esquistos Micáceos con Clorita y la unidad de Esquistos Granatíferos. En la parte Norte del área se encuentran suelos profundos y en la parte Sur se encuentran suelos poco profundos. Presentan una textura superior fina a franco arcilloso y gravoso en profundidad.

¹⁴ <http://www.insivumeh.gob.gt/riosdeguatemala.html> (fecha 19 de octubre de 2014).

¹⁵ Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5ª edición página 18. Mexico. Editorial Limusa, S.A.

Durante la formación del suelo, se van desarrollando en distintas capas llamadas horizontes, aproximadamente paralelas a la superficie del terreno y distinguibles entre sí por su color y contenido de materia orgánica.

Los horizontes principales más frecuentes en los suelos del área son de tres tipos: A, B y C. (Fotografía 1) El horizonte A, o parte superficial del suelo, se caracteriza por contener más materia orgánica y ser más blando y oscuro que los horizontes subyacentes. El horizonte B se forma debajo del horizonte A por evolución durante bastante tiempo (al menos cientos de años).

El horizonte C está constituido por material no consolidado y poco afectado por otros procesos de formación del suelo (este horizonte representa, frecuentemente, el material de partida del suelo, una vez disgregado) Las capas de roca continua y dura que constituyen muchas veces el substrato de los suelos se designan con la letra R. de regolito.

En la parte Norte del área se observan tres horizontes del suelo, el de materia orgánica que es el horizonte A mide 0.08 m, el horizonte B mide 0.50 m y el horizonte C, del regolito mide 0.52 m y la roca madre mide 0.63 m. El suelo es utilizado para la agricultura, siembra de cultivos, principalmente para maizal y siembra de árboles de pino (*pinus*).

FOTOGRAFÍA 1 HORIZONTES DEL SUELO

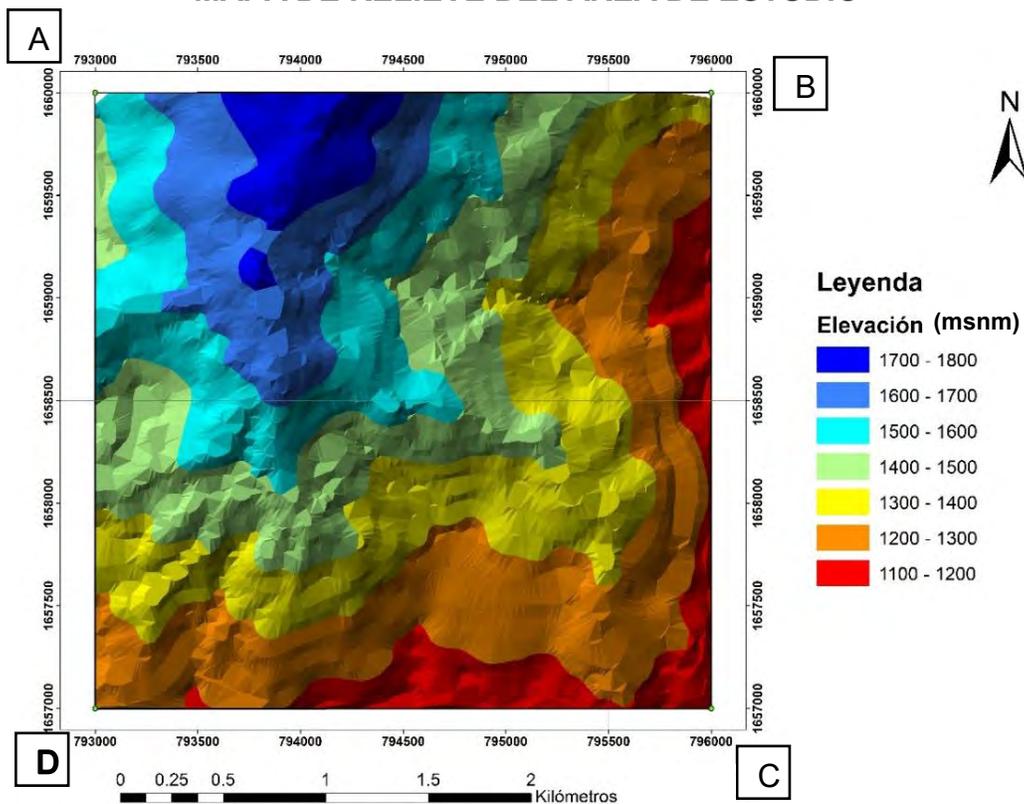


Tomado por: Grajeda Micheo. 2014.

d. Relieve

El área de estudio se encuentra en una altura que oscila entre la cota topográfica más baja que es de 1 200 metros sobre el nivel del mar (msnm) en la parte Sur y la cota topográfica más alta es de 1 800 msnm en la parte Norte. (Mapa 5).

MAPA 5 MAPA DE RELIEVE DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Investigación de campo. 2014.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 Métodos y técnicas de investigación

3.1.1 Fase de planificación

Es la fase que se ejecutó con la revisión bibliográfica y recopilación de datos para poder establecer y delimitar lo que se investigó sobre la mineralogía de las rocas que puedan sugerir la facies de las rocas metamórficas que afloran en el área de estudio. Con la combinación de lo anterior se elaboró el anteproyecto.

3.1.2 Fase de campo

Tuvo una duración de un mes y quince días, del 1 de julio al 15 de agosto del 2014. Se utilizó un mapa topográfico base del área y la recolección de datos lito-estratigráficos, estructurales y geomorfológicos se anotaron en la libreta de campo.

Se tomaron muestras de rocas orientadas colocando un código (se utilizaron iniciales del primer nombre y apellido, y el número correlativo) y las coordenadas en UTM/WGS84.

Se realizó un mapa de las muestras para obtener una ubicación espacial de las mismas. La cantidad de muestras por unidad litológica se determinó por el cambio de contenido mineralógico y textural, dependiendo de la complejidad de la unidad. Debido al problema planteado se tomaron muestras de esquistos, cada vez que la roca presentaba un cambio mineralógico.

a. Topográficos

Se ubicó en el campo, los datos y gráficos estructurales y geomorfológicos tomados en campo, y se trasladaron al mapa topográfico base a escala 1:5 000, por medio de mapa y GPS.

b. Geológicos

Se realizó la geología de superficie a lo largo de afloramientos, cortes de carretera, veredas y quebradas. Los datos tomados en DIP/DIR se graficaron en un mapa topográfico base y se anotaron las descripciones macroscópicas de las diferentes Unidades litológicas encontrados, basándose en la textura y mineralogía de la roca.

Los tipos de contactos y los indicadores de las estructuras encontradas en los diferentes afloramientos se colocaron en la libreta de campo.

3.1.3 Fase de laboratorio

Se elaboraron secciones delgadas de los distintos tipos de litología para el análisis petrográfico, para poder observar y analizar los minerales y los porcentajes que presentaron las rocas con lo cual se especificó el nombre de la roca y se determinó a qué facies metamórfica pertenecen.

3.1.4 Fase de gabinete

Se analizaron e interpretaron los datos de campo para la realización del mapa geológico, se elaboró un corte geológico longitudinal y otro corte geológico transversal para obtener una columna lito-estratigráfica local. Se analizaron los minerales de las unidades litológicas, para determinar la facies metamórfica, según las distintas gráficas de facies metamórficas.

Se realizaron y analizaron las estereofalsillas y rosetas de datos estructurales para poder realizar la elipse de deformación local. Al igual que las estructuras y elementos geomorfológicos para realizar el mapa geomorfológico y, por último, se analizaron e interpretaron todos los resultados obtenidos para la interpretación de la historia geológica local hasta el relieve actual, y la elaboración de este informe geológico.

3.2 Técnicas a utilizar en el proceso de investigación

3.2.1 Instrumentos para descripción, medición y registro de campo

Se utilizó un mapa topográfico base, y GPS para ubicarse en el área, una brújula para tomar mediciones, martillo para la

obtención de muestras de rocas, lupa para observar los minerales macroscópicamente, guías para la descripción de muestras, portaminas y crayones de varios colores para hacer las anotaciones y bosquejos en la libreta de campo.

3.2.2 Recolección de datos y muestreo

Se utilizaron técnicas topográficas y geológicas.

a. Topográficos

Se realizaron caminamientos con GPS, por vías de accesos como carreteras, veredas y quebradas, utilizando el mapa base de campo.

En estos lugares se encontraron afloramientos de las rocas in situ y se buscaron las rocas más sanas, que no presentan mucha meteorización para poder hacer un buen análisis microscópico en el laboratorio.

b. Geológicos

Se describieron los minerales indicadores de la facies metamórfica y se tomaron datos estructurales de afloramientos en el campo, como fallas, fracturas, pliegues, foliación, entre otros.

Se detallaron microscópicamente las secciones delgadas en el laboratorio. Se observaron los minerales que abundan en la roca, como la clorita, feldespatos, moscovita,

biotita y granates; los cuales son indicadores de facies de esquistos verdes.

3.2.3 Análisis de datos

a. Lito-estratigrafía y geomorfología

Se utilizaron los mapas de caminamientos, los cortes o perfiles geológicos, las secciones delgadas de rocas, y los diagramas de facies metamórficas.

b. Geología estructural

Se analizaron los datos obtenidos en el campo por medio de estereofalsillas utilizando el programa geoplot, rosetas con el programa Rozeta y las fallas con el programa *FaultKin Win*.

c. Geología histórica local

Se utilizaron los dos métodos antes mencionados. Para el análisis de los datos de campo y laboratorio, se manejó un diseño de estudio de caso, y para el análisis de la geología estructural local se utilizó un diseño estadístico. Se realizó una interpretación de resultados y se manejó un diseño de historia geológica regional para el contraste de la historia geológica local.

3.2.4 Análisis de facies metamórficas

El concepto de facies fue definido por Eskola (1920), “Una facies metamórfica es un grupo de rocas caracterizadas por un conjunto definido de minerales que, bajo las condiciones de su formación, alcanzaron el equilibrio perfecto entre ellos”.¹⁶

La IUGS define las facies metamórficas, siguiendo a Eskola y otros autores, como: “Una facies metamórfica es un conjunto de asociaciones minerales repetidamente asociadas en el tiempo y el espacio y que muestran una relación regular entre composición mineral y composición química global, de forma que diferentes facies metamórficas (conjunto de asociaciones minerales) se relacionan con las condiciones metamórficas, en particular temperatura y presión”.¹⁷

Eskola definió 8 facies: esquistos verdes, anfibolitas con epidota, anfibolitas, corneanas piroxénicas, sanidinitas, granulitas, esquistos con glaucofana (o esquistos azules, como ahora se las denomina), y eclogitas.

Coombs et al. (1959) añadió las facies de las zeolitas, y una zona de prehnita-pumpellyita, que Turner (1968) llamó facies de las metagrauvas con prehnita-pumpellyita.¹⁸

Miyashiro (1973) usó las diez facies anteriores, aunque renombró la última como facies de prehnita-pumpellyita (que se ha

¹⁶ Smulikowski, Witold, Et. Al. Propuesta de la subcomisión sobre sistematica de rocas metamórficas de la IUGS. <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/IUGS/tipos.htm> (20 de octubre de 2014).

¹⁷ Ibídem

¹⁸ Ibídem

subdividido en facies de prehnita-pumpellyita, prehnita-actinolita, y pumpellyita-actinolita, aunque colectivamente se agrupan bajo el término facies sub-esquistos verdes).

Las facies metamórficas se encuentran en distintas secuencias regulares. Esto da lugar al concepto de series de facies metamórficas definido por Miyashiro (1961) como: “una secuencia de facies metamórficas desarrolladas bajo el mismo rango de razones P/T, y por tanto representables como sectores radiales en un diagrama P-T”.¹⁹

Para analizar las facies metamórficas en el área se realizó un mapeo geológico, haciendo énfasis en los minerales que presentan las rocas, ya que, si presentaban minerales como los feldespatos, micas, clorita y granate, pertenecen a una facies de esquistos verdes.

Se tomó en cuenta dónde existen las zonas que afloran los minerales principales de cada facies que se estudia; y así mismo se pudieron determinar los límites de dichas zonas. Ya que estos límites no siempre son los mismos que los límites litológicos del área.

Se realizó un mapa de las zonas de la mineralogía que presentaron las rocas metamórficas del área que se está estudiando (Anexos). Ya teniendo delimitadas las zonas de mineralización del área, se procedió a analizar a qué facies metamórficas pertenece, y con las asociaciones minerales establecidas se pudo determinar el grado de metamorfismo del área.

¹⁹ Smulikowski, Witold, Et. Al. Propuesta de la subcomisión sobre sistematica de rocas metamórficas de la IUGS. <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/IUGS/tipos.htm> (20 de octubre de 2014).

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Estratigrafía local

4.1.1 Unidades de rocas

Dentro de las unidades litológicas que se encuentran en el área, se pueden mencionar en secuencia litodémica de más antigua a más reciente: Esquisto Biotítico (EsqB), Esquisto Moscovítico (EsqM), Esquisto Granatífero (EsqG), Esquisto Micáceo con Clorita (EsqMCI), Cuarcita (Cta) y Coluvión (QCol).

a. Unidad de Esquisto Biotítico (EsqB)

Tiene una extensión espacial aproximada de 1.08 km² y se encuentra expuesta en la parte Suroeste del área, principalmente en cortes de la carretera de terracería que conduce a la Finca Chuacus.

Presenta pendientes inclinadas o suaves a moderadas, las alturas van de 1200 msnm a 1500 msnm. Estas están relacionadas con las unidades de origen denudacional, se observa un escarpe. Esta unidad posee un grado moderado-alto de meteorización.

Se definió el contacto gradual al Norte con la unidad de Esquistos Moscovíticos, al Noroeste con la unidad de Esquistos Micáceos con Clorita y al Este con la unidad de Esquistos Granatíferos es inferido, por la unidad de Coluvión, no fue posible observarlo en campo.

Dentro de esta unidad litológica se observó una zona de Cuarzita que se encuentra como lentes de 6 m a 10 m aproximadamente.

Estructuralmente se observan foliaciones S_1 que va en dirección $30^\circ/N190^\circ$, S_2 en dirección $20^\circ/N280^\circ$ formando crenulación, presentan fracturas, lineación de minerales, grietas de tensión, fallas sinestrales en dirección $52^\circ/N322^\circ$ y falla inversa en dirección $88^\circ/N068^\circ$.

Mineralógicamente, en muestra de mano es posible observar que la roca contiene 35% de biotita, 25% moscovita, 30% cuarzo y 10% feldespatos. Esta roca presenta una textura esquistosa por su característica forma de escamas, con coloración grisácea y café claro, (fotografía 2).

Se analizó microscópicamente una muestra en sección delgada, se determinó que son rocas metamórficas de Esquistos Biotíticos con microtextura granolepidoblastica. (Fotografía 3). Las rocas presentan minerales que se describen en la tabla 2.

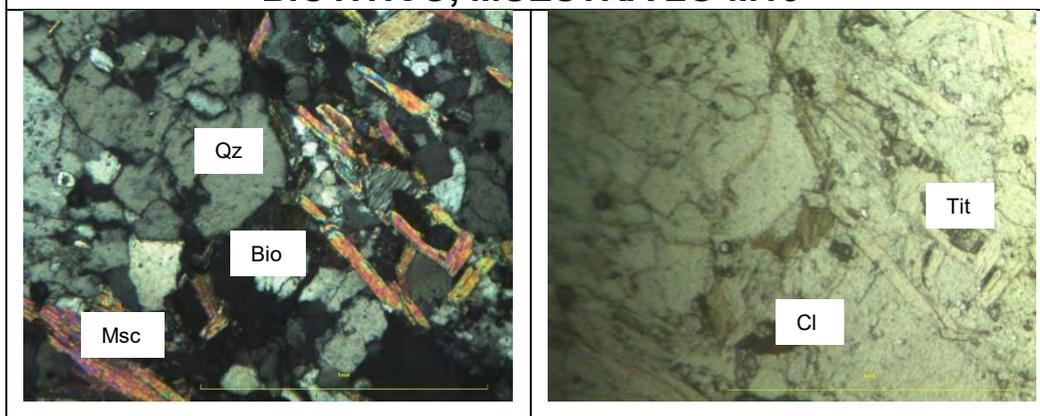
FOTOGRAFÍA 2
AFLORAMIENTO DE ROCA DE UNIDAD DE ESQUISTO
BIOTÍTICO QUE PRESENTA FOLIACIÓN S_1 Y CRENULACIÓN.
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794222/N1657460)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

FOTOGRAFÍA 3

SECCIÓN DELGADA DE UNIDAD DE ESQUISTO
BIOTÍTICO, MUESTRA LG-M15



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

TABLA 2
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA EN SECCIÓN DELGADA DE
UNIDAD DE ESQUISTO BIOTÍTICO

No. Muestra	Qtz.	Mscv.	Bio.	Tit.	Opacos	Coordenadas UTM	
						WGS84	
						Este	Norte
LG-M15	40	20	30	5	5	0794222	1657460

Fuente: Investigación de campo. 2014.

b. Unidad de Esquisto Moscovítico (EsqM)

Esta unidad cuenta con una extensión en la parte Oeste de 1.42 km² y al Noreste con una extensión de 0.41 km². En su mayoría presentan una meteorización moderada-alta y en algunas zonas moderada-baja.

En la parte Oeste, esta unidad litológica está aflorando en laderas moderadas desde los 1500 msnm a los 1700 msnm. Se pueden observar en los cortes de carretera de la finca Salamanca.

Está en contacto gradual al Este con la unidad de Esquistos Micáceos con Clorita y al Noroeste presentan un contacto fallado con la unidad de Esquistos Granatíferos y con la unidad de Cuarzita.

Estructuralmente presentan foliación en dirección 40°/N025°. Presentan fracturas que cortan la foliación, grietas de tensión en dirección 30°/N090°, *boudines* y lineación mineral que van hacia el Noreste.

En la parte Noreste afloran también en laderas moderadas que van desde los 1200 msnm a los 1500 msnm. Se pueden observar en los cortes de carretera CA-14.

Están en contacto fallado con la unidad de Esquistos Micáceos con Clorita al Sur y al Oeste presentan un contacto inferido con la unidad de Esquistos Granatíferos, debido a la unidad de Coluvión.

Presentan foliación con dirección $35^{\circ}/N035^{\circ}$. Presentan fracturas que cortan la foliación, *boudines* en dirección $40^{\circ}/N020^{\circ}$, lineación mineral hacia el Sureste, grietas de tensión y fallas con un movimiento dextral en dirección $30^{\circ}/N170^{\circ}$ y sinistral en dirección $28^{\circ}/N068^{\circ}$.

A nivel de afloramiento y muestra de mano se pudo observar que presentaba minerales con 35% moscovita, 20% biotita, 25% cuarzo, y 20% feldespatos, estas presentan una textura esquistosa con color beige a café, (Fotografía 4).

Microscópicamente se analizó una muestra en sección delgada de la unidad de Esquistos Moscovíticos, presenta una microtextura granolepidoblastica (Fotografía 5). Esta se describe en porcentaje de minerales en la tabla 3.

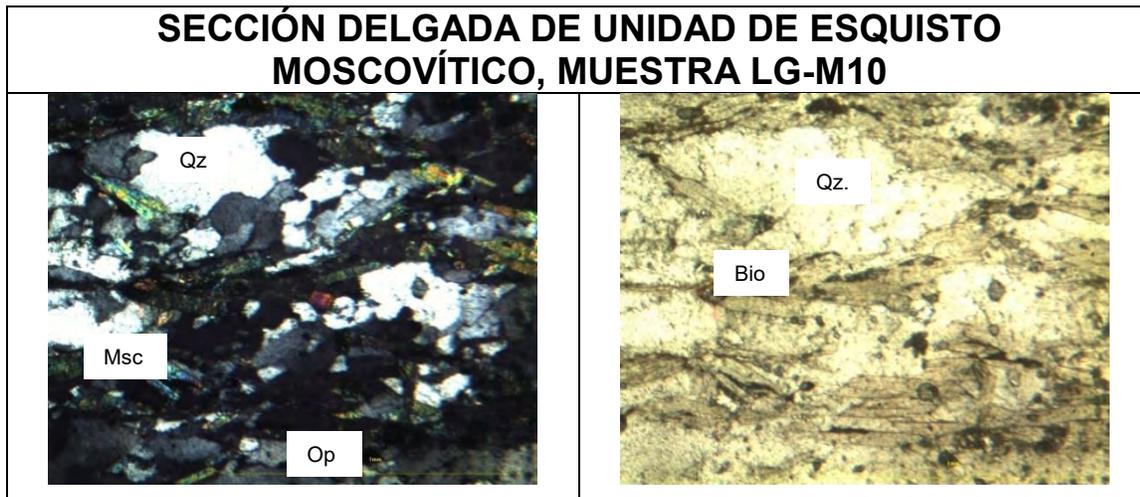
FOTOGRAFÍA 4
AFLORAMIENTO DE UNIDAD DE ESQUISTO MOSCOVÍTICO
CON FRACTURAS
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794075/N1659133)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

FOTOGRAFÍA 5

SECCIÓN DELGADA DE UNIDAD DE ESQUISTO
MOSCOVÍTICO, MUESTRA LG-M10



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

TABLA 3
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA DE SECCIÓN DELGADA DE
UNIDAD DE ESQUISTO MOSCOVÍTICO

No. Muestra	Qtz.	Mscv.	Bio.	Tit.	Opacos	Coordenadas UTM	
						WGS84	
						Este	Norte
LG-M10	30	35	20	10	5	0794075	1659133

Fuente: Grajeda Micheo, 2014.

c. Unidad de Esquisto Granatífero (EsqG)

Esta unidad litológica en la parte Norte tiene una extensión de 0.95 km² y al Sureste tiene 0.34 km². En su mayoría presentan una meteorización moderada-alta y en algunos sectores moderada-baja.

En la parte Sureste aflora en los cortes de carretera CA-14, en caminos de terracería de la finca Salamanca y en la aldea Vista Hermosa. Presenta foliación S₁ con dirección 40/N160.

Está en contacto gradual al Norte con la unidad de Esquisto Micáceo con Clorita y al Oeste con un contacto inferido con la unidad de Esquisto Biotítico, por la unidad de Coluvión.

En la parte Norte afloran en cortes de carretera CA-14 y en la aldea Las Limas. Presenta una foliación S₁ con dirección 45°/N025°.

Está en contacto discordante al Oeste con la Unidad de Cuarcita, un contacto fallado al Sur con la Unidad de Esquisto

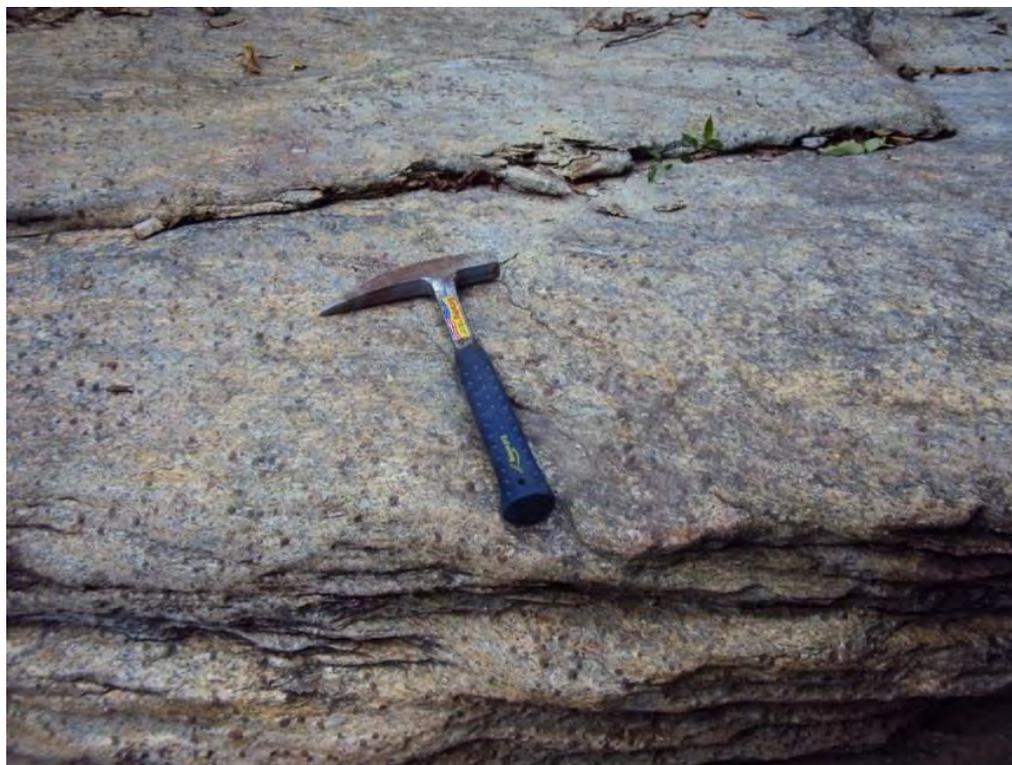
Micáceo con Clorita y al Este por contacto inferido, debido a la unidad de Coluvión, con la unidad de Esquisto Moscovítico.

También presenta otras estructuras como fracturas, lineación mineral, *boudines* con dirección hacia el Noreste, en algunos sectores crenulación y grietas de tensión. Se observaron fallas dextrales en dirección $52^{\circ}/N180^{\circ}$ y sinestrales en dirección $75^{\circ}/N140^{\circ}$.

Esta unidad se define por sus características que presenta una textura esquistosa de color café a café anaranjado, se analizaron estas rocas macroscópicamente y se observó que presentan 30% de moscovita, 30% granates, 25% cuarzos, 10% feldespatos, y 5% biotita (Fotografía 6).

Microscópicamente se analizó una muestra en sección delgada, estas rocas presentan una microtextura porfidolepidoblastica y granolepidoblastica, los minerales que presenta esta unidad se describen a continuación, (Tabla 4), y se muestran en la Fotografía 7.

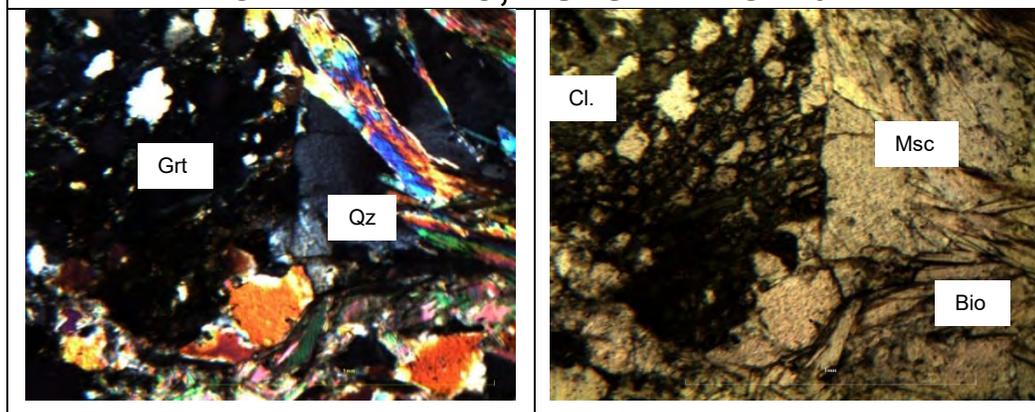
FOTOGRAFÍA 6
AFLORAMIENTO DE UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0795918/N1657481)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

FOTOGRAFÍA 7

SECCIÓN DELGADA DE UNIDAD DE ESQUISTO
GRANATÍFERO, MUESTRA LG-M6



Tomada por: Grajeda Micheo, 2014.

TABLA 4
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA DE SECCIÓN DELGADA DE
UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO

No. Muestra	Qtz.	Grt.	Mscv.	Opacos	Coordenadas UTM WGS84	
					Este	Norte
LG-M6	15	40	40	5	0795918	1657481

Fuente: Investigación de campo. 2014.

d. Unidad de Esquisto Micáceo con Clorita (EsqMCI)

Esta unidad se encuentra en la parte Este y central del área con una extensión espacial de 2.77 km², siendo la unidad con mayor extensión del área. Los afloramientos de esta unidad se pueden observar en los cortes de carretera CA-14 y en la aldea La Ceiba.

En esta zona las pendientes de las laderas van de 1600 msnm a 1100 msnm con pendientes inclinadas a subhorizontales. La roca se encuentra con una meteorización de moderada a moderada-alta.

Estas rocas están en contacto fallado al Norte con la unidad de Esquisto Moscovítico y la unidad de Esquisto Granatífero, en contacto gradual al Oeste con la unidad de Esquisto Moscovítico, al Suroeste con la unidad de Esquisto Biotítico y al Sur con la unidad de Esquisto Granatífero.

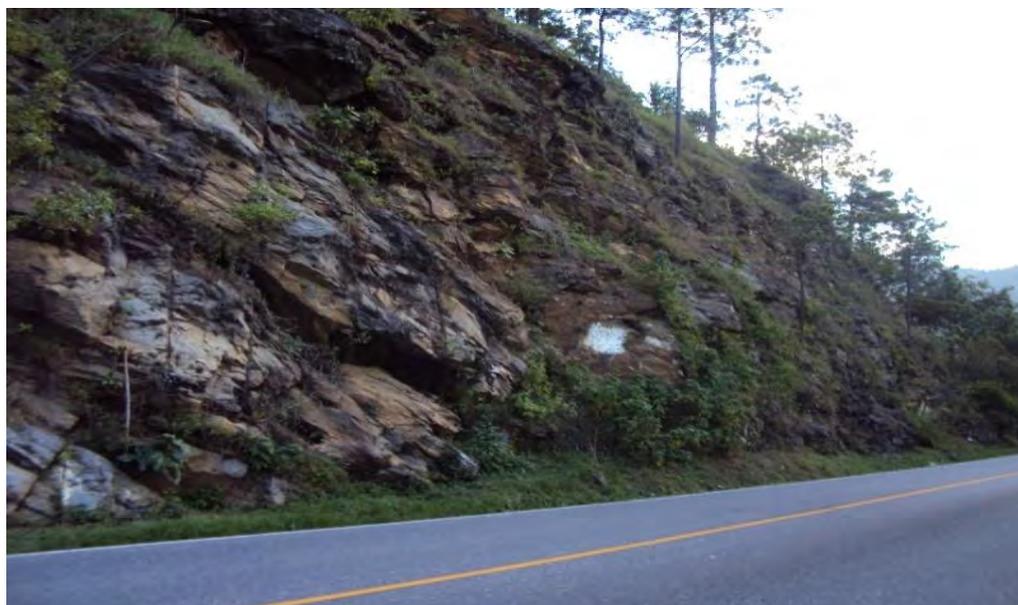
La foliación S₁ está en dirección 30°/N025°. También presentan foliación S₂ con dirección perpendicular con respecto a la S₁ en un sector de la carretera CA-14, presenta fracturas,

boudines, lineación mineral en dirección paralela a la foliación S_1 y fallas de rumbo sinistral en dirección $62^\circ/N030^\circ$. Se observa en distintos puntos diques de cuarzo de aproximadamente 6 metros de ancho con una dirección preferencial de $35^\circ/N300^\circ$.

Estas rocas presentan un color café anaranjado a café verdoso, macroscópicamente se observa que contienen 30% de moscovita, 25% clorita, 25% cuarzo, 10% biotita y 10% feldespatos (Fotografía 8).

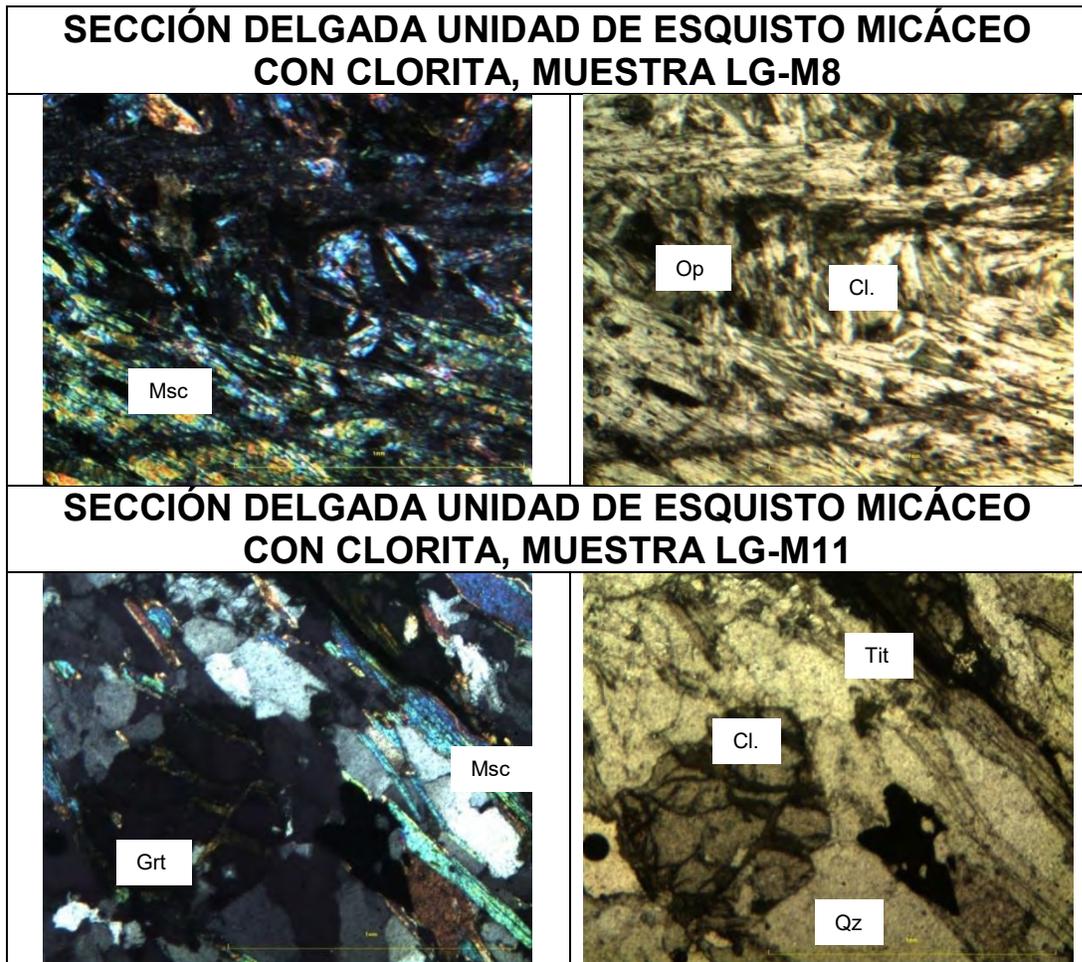
Microscópicamente se analizaron seis muestras, estas rocas presentan una microtextura lepidoblastica y granolepidoblastica, las cuales se describen en la tabla 5 y se muestran a continuación (Fotografía 9).

FOTOGRAFÍA 8
AFLORAMIENTO DE UNIDAD DE ESQUISTO MICÁCEO CON
CLORITA EN CORTE DE CARRETERA CA-14
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794807/N1659195)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

FOTOGRAFÍA 9



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

**TABLA 5
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA DE UNIDAD DE ESQUISTO
MICÁCEO CON CLORITA EN SECCIÓN DELGADA**

No. Muestra	Qtz.	Grt.	Mscv.	Alb.	Clr.	Tit.	Opacos	Coordenadas UTM WGS84	
								Este	Norte
LG-M8	8	--	60	--	30	--	2	0794807	1659195
LG-M11	35	20	20	--	20	5	--	0795328	1657760
LG-M13	30	--	30	8	25	5	2	0794384	1657545

LG-M17	15	30	30	--	20	--	5	0793740	1658256
LG-M18	25	20	30	--	20	--	5	0795474	1659213
LG-M21	34	15	20	1	20	--	10	0794152	1658367

Fuente: Investigación de campo. 2014.

e. Unidad de Cuarzita (Cta)

Tiene una extensión espacial de 0.28 km² y se encuentra aflorando en la parte Noroeste del área. Se observa únicamente en una quebrada al Noroeste, la cual no posee ningún nombre, aquí las rocas presentan una meteorización muy baja.

En los alrededores existe mucha vegetación y es un lugar muy húmedo, es por eso que no se observa de buena manera. Está en contacto fallado al Sur con la Unidad de Esquisto Moscovítico y al Este en contacto discordante con la unidad de Esquisto Granatífero.

Se encuentran laderas moderadamente inclinadas que pertenecen a la unidad geomorfológica de origen denudacional, que van desde los 1460 msnm a los 1660 msnm.

En esta unidad litológica la foliación S_1 tiene una dirección 35°/N030°, también presentan fracturas, lineación de mineral paralelas a la foliación S_1 y *boudines*. Además, presenta fallas normales en dirección 70°/150° con movimientos dextrales.

Macroscópicamente la roca presenta bandeamiento de cuarzos, tiene una textura gnéisica y se observan minerales con 55% de cuarzo, 10% feldespatos, 20% moscovita, y 15% biotita. La roca es de color gris claro, (Fotografía 10).

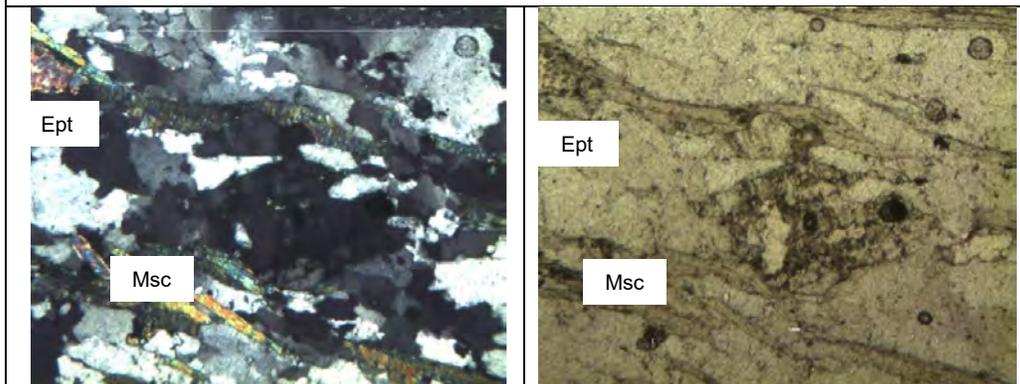
Microscópicamente las muestras presentan una microtextura lepidoporfidoblastica y granoblástica equigranular. Esta unidad se describió con el análisis de dos muestras (Fotografía 11), los minerales que contiene se describen en porcentajes en la tabla 6.

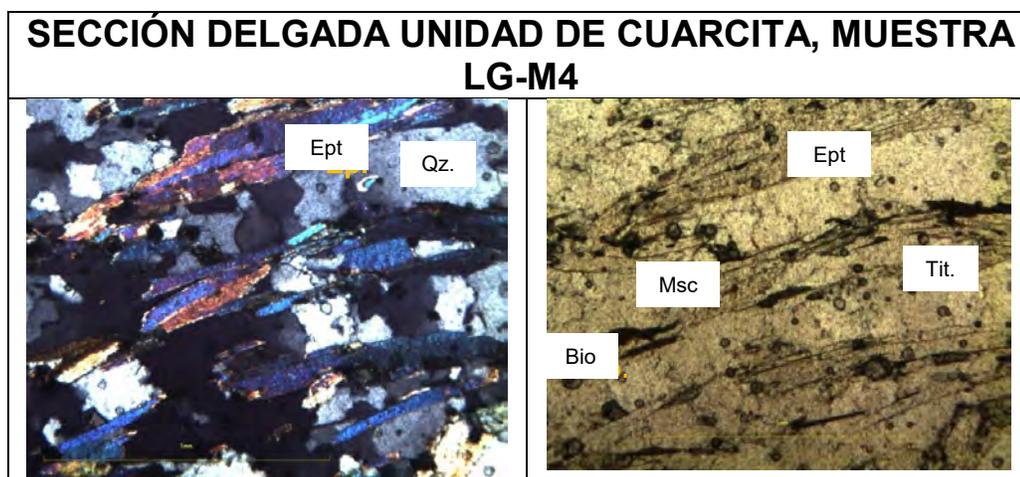
FOTOGRAFÍA 10
AFLORAMIENTO DE UNIDAD DE CUARCITA
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0793486/N1659748)



Tomada por: Grajeda Micheo, 2014.

FOTOGRAFÍA 11
SECCIÓN DELGADA UNIDAD DE CUARCITA, MUESTRA
LG-M3





Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

TABLA 6
DESCRIPCIÓN DE SECCIONES DELGADAS DE LA UNIDAD DE CUARCITA

No. Muestra	Qtz.	Grt.	Mscv.	Bio.	Ept.	Opacos	Coordenadas UTM WGS84	
							Este	Norte
LG-M3	75	--	20	--	5	--	0793489	1659409
LG-M4	57	10	15	10	5	3	0793489	1659475

Fuente: Investigación de campo. 2014

f. Unidad de Coluvión (QCol)

El coluvión típico es una mezcla de fragmentos angulares y materiales finos. Esta unidad de roca no consolidada se localiza en la parte Sur y Este del área, en la parte Este se puede observar en la carretera CA-14 y en la parte Sur en la carretera de terracería que conduce hacia la Finca Chuacús. En total esta unidad tiene una extensión de 1.75 km².

Se observan rocas que han sido desprendidas de los afloramientos por efectos de gravedad y erosión, que han sido

arrastradas por aguas fluviales desde las partes altas de las laderas. En la parte Sur principalmente son fragmentos de rocas de la unidad de Esquisto Granatífero y la unidad de Esquisto Micáceo con Clorita (Fotografía 12).

FOTOGRAFÍA 12
UNIDAD DE COLUVIÓN DE ESQUISTOS
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794732/N1658230)



Tomada por: Grajeda Micheo, 2014.

4.2 Geología estructural

La dinámica terrestre permite dividir los materiales que la constituyen en dos dominios: dominio frágil y dominio dúctil. El dominio dúctil se ubica en el nivel medio, este se representa por estructuras como la foliación, crenulación, pliegues, lineación de minerales y *boudines*.

El dominio frágil se ubica en el nivel superior, que presenta deformaciones en los materiales de tipo inelástico, los cuales son

reconocidos como estructuras de grietas de tensión, diaclasas y fallas; todas estas se describen a continuación.

Estas estructuras tanto del dominio dúctil como el frágil fueron observadas y medidas en la etapa de campo, y con la ayuda del análisis de las fotografías aéreas del Instituto Geográfico Nacional –IGN- para la elaboración del mapa geológico.

4.2.1 Rasgos estructurales (lineamientos)

Un lineamiento, constituye una flexión o rasgo físico mapeable en la superficie terrestre, de forma lineal, rectilínea o suavemente curvilínea según (O'Leary et al. 1976)²⁰.

Puede ser simple o compuesto en función de la expresión de su complejidad en el terreno, por lo tanto, constituyen discontinuidades estructurales naturales de la superficie del terreno y por lo general reflejan fenómenos estructurales de subsuelo según (Ohara T & Flores B., 1998).

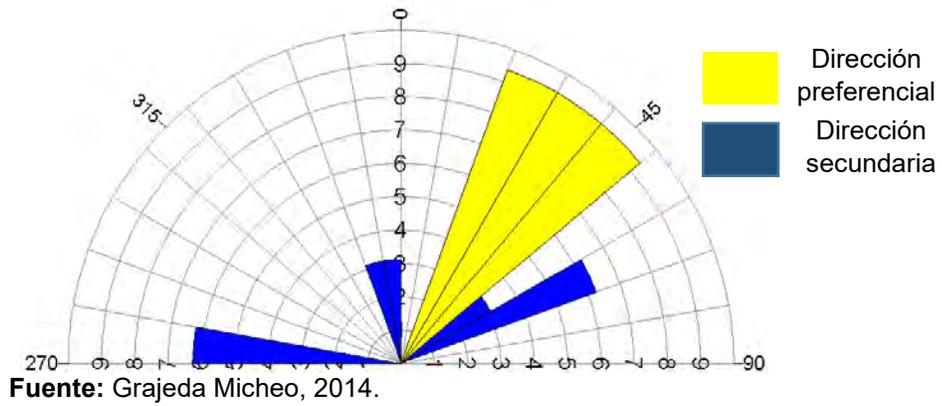
“Un sistema estructural catalogado como falla puede poseer dimensiones diversas, desde dislocamientos milimétricos hasta kilométricos e incluso hasta dimensiones continentales”²¹. (Mapa 6).

²⁰ <http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/interpretacion-de-lineamientos-estructurales-a-partir-del-mosaico-imagen-landsattm-e-informacion-radar-de-la-mision-srtm-shuttle-radar-topography-mission-para-la-definicion-de-areas-criticas-o-sen/>.

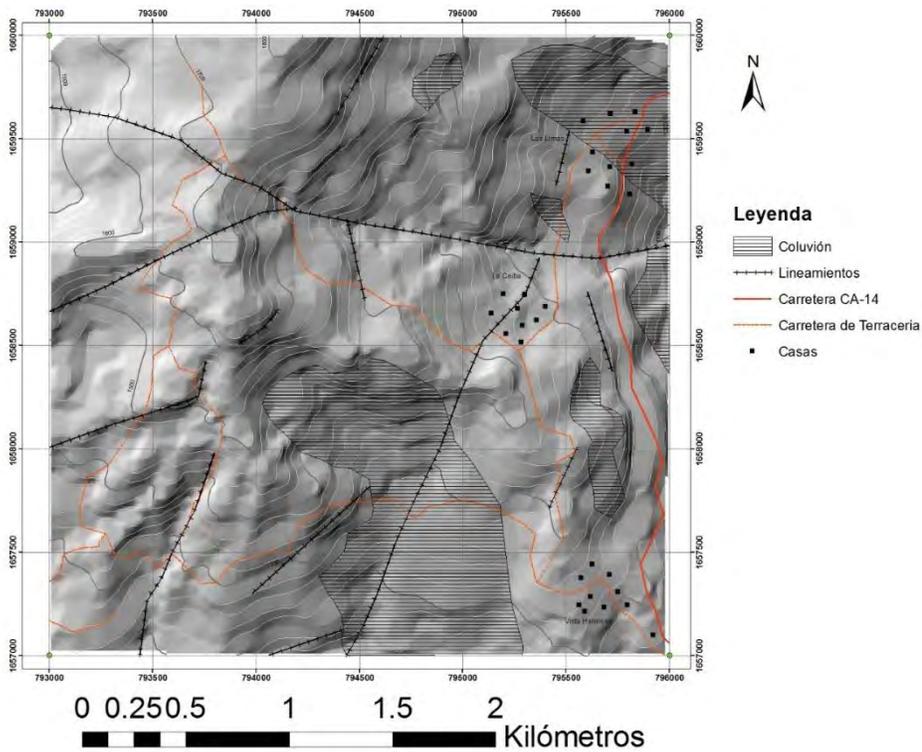
²¹ Ibídem

Los lineamientos del área se representaron en un gráfico de roseta para poder determinar la dirección preferencial de los mismos, siendo N040°, (Gráfica 1).

**GRÁFICA 1
ROSETA DE DIRECCIONES DE LINEAMIENTOS**



**MAPA 6
MAPA DE LINEAMIENTOS DEL ÁREA DE ESTUDIO**



Fuente: Grajeda Micheo, 2014.

4.2.2 Foliación

La foliación es la disposición laminar que toman las rocas al verse sometidas a grandes esfuerzos. Es una propiedad de las rocas según la cual se rompe a lo largo de superficies aproximadamente paralelas, según Mead (1940).

En el área se observó y se llegó a determinar dos tipos de foliación, la primaria que sería la foliación S_1 y la secundaria que sería la foliación S_2 . La foliación primaria que se observó en el campo, está desarrollada en todas las unidades litológicas presentes en el área de estudio.

La foliación secundaria se forma debido a la deformación posterior de la formación de la roca. En el área se observó en las unidades de Esquisto Micáceo con Clorita y en la unidad de Esquisto Granatífero.

a. Foliación S_1

Es el elemento estructural más observado y es principal en el área de estudio. Esta estructura se presenta en todas las unidades litodémicas del área. (Fotografía 13).

Se tomaron todos los datos posibles en la etapa de campo en Dip/Dir y se graficaron por medio de roseta y estereofalsilla (Gráfica 2).

Se observó en campo que la foliación tenía dos direcciones distintas. En la parte Sur la foliación tiene una

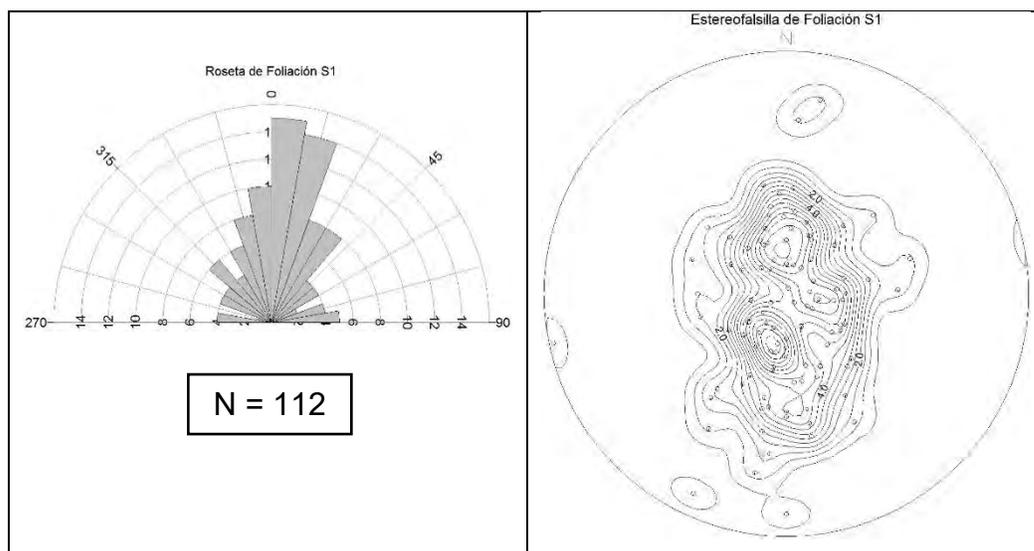
dirección de $30^\circ/N170^\circ$ en su mayoría y en la parte Norte una dirección de $25^\circ/N020^\circ$.

FOTOGRAFÍA 13 FOLIACIÓN S_1 EN LA UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO (COORDENADAS UTM/WGS84, E0794154/N1659435)



Tomada por: Grajeda Micheo 2014.

GRÁFICA 2 REPRESENTACIÓN DE ROSETA Y ESTEREOFALSILLA DE FOLIACIÓN S_1



Fuente: Investigación de campo. 2014.

b. Foliación S₂

Este tipo de foliación fue observada en algunos sectores de las unidades de Esquisto Biotítico, Esquisto Moscovítico, Esquisto Granatífero y Esquisto Micáceo con Clorita. Son pequeños pliegues que están contenidos en los planos de foliación S₁.

Esta se describe como el segundo evento de deformación de la roca. Esta foliación tiene una dirección perpendicular con respecto a la foliación S₁ (En la parte Sur tenía una dirección de 30°/N170° y en la parte Norte una dirección de 25°/N020°) con un ángulo de buzamiento de 40° (Fotografía 14).

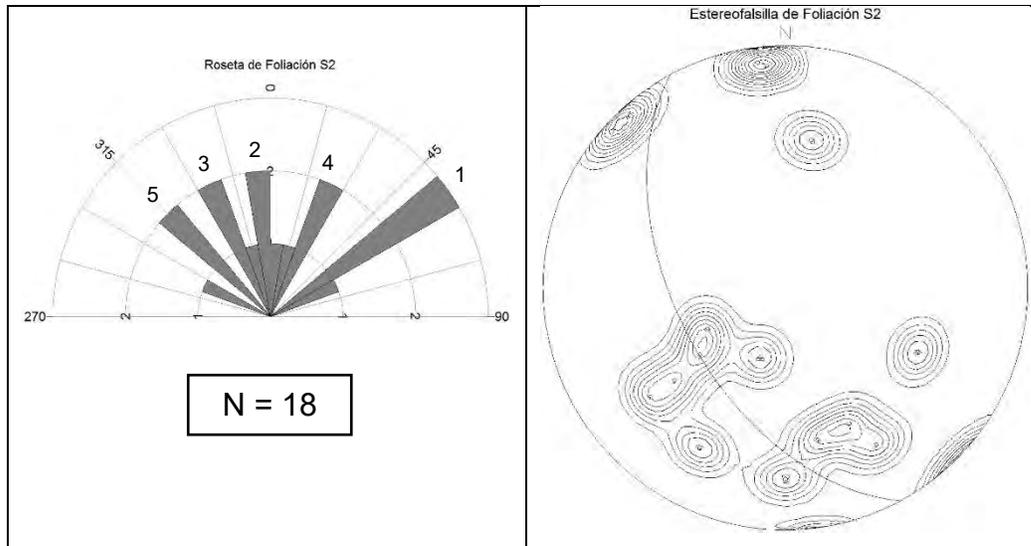
Todos los datos obtenidos en campo se representaron a continuación en roseta y estereofalsilla (Gráfica 3).

FOTOGRAFÍA 14 **FOLIACIÓN S₂ EN LA UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO** **(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794083/N1659742)**



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

GRÁFICA 3 REPRESENTACIÓN EN ROSETA Y ESTEREOFALSILLA DE FOLIACIÓN S₂



Fuente: investigación de campo. 2014.

4.2.3 Pliegues

Un pliegue es una curvatura producida en los materiales rocosos por la acción de las placas tectónicas. Son estructuras geológicas resultantes de la deformación de la roca generada por esfuerzos compresionales. Los materiales tienen cierto límite de plasticidad, dependiendo su composición, cuando la compresión de la corteza sobrepasa ese límite, las rocas se fracturan y luego aparece una falla.

En el área se han encontrado pliegues tipo antiformal con simetría S, Z y M (Fotografía 15). En campo se midieron los ejes del pliegue que es la línea central en la base del pliegue y a partir del cual los flancos buzan en direcciones opuestas; es paralelo a la charnela; y la vergencia, que es la inclinación que tiene el plano axial con respecto a la horizontal.

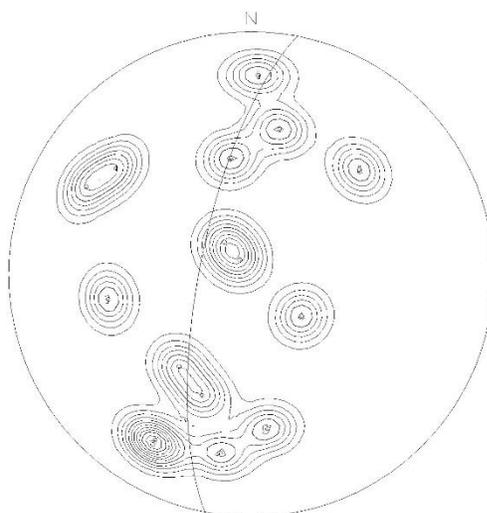
Todos los pliegues S y Z eran pliegues inclinados. Los datos obtenidos de los pliegues se representaron en estereofalsilla. (Gráfica 4).

FOTOGRAFÍA 15
PLIEGUE TIPO M EN LA UNIDAD DE CUARCITA
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0793013/N1659874)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

GRÁFICA 4
ESTEREOFALSILLA DE EJES DE PLIEGUE



Fuente: Investigación de campo. 2014.

4.2.4 Lineaciones

Las lineaciones son las líneas imaginarias que se producen por la intersección de dos planos. Dentro de estas lineaciones se encuentran: *boudines* y lineaciones minerales.

En el área se ha observado lineación mineral y *boudines* en las unidades de Esquisto Biotítico, Esquisto Moscovíticos, Esquisto Granatífero y en la unidad de Cuarzita.

a. Lineación mineral (Lm)

Las lineaciones minerales son fábricas lineales por minerales de tipo metamórfico, cristalizados o recrystalizados durante eventos de deformación, a causa de una deformación tectónica de la roca (Fotografía 16).

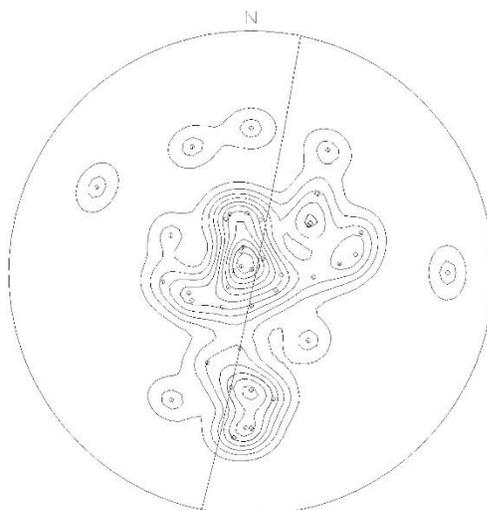
Las rocas del área presentan lineación mineral con direcciones paralelas a la foliación S1, en la parte Sur una dirección de 30°/N170° y en la parte Norte 25°/N020°, debido a la deformación tectónica sufrida. Estos datos fueron representados en una estereofalsilla (Gráfica 5).

FOTOGRAFÍA 16
LINEACIÓN MINERAL EN LA UNIDAD DE CUARCITA
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0793047/N1659910)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

GRÁFICA 5
ESTEREOFALSILLA DE LINEACIÓN MINERAL



Fuente: Investigación de campo. 2014.

b. Ejes de crenulación (Lc)

La crenulación es el replegamiento de la foliación, formando una pequeña línea imaginaria en su eje. Es la deformación de una superficie de estratificación o de esquistosidad por micropliegues apretados, paralelos entre sí, y frecuentemente agudos.

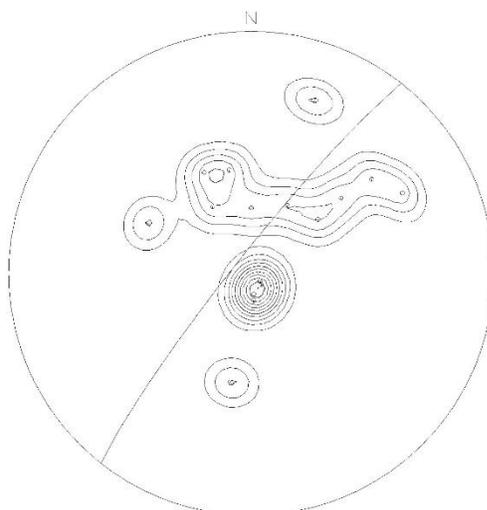
Esta fue observada en la unidad de Esquisto Biotítico, Esquisto Moscovítico y Esquistos Granatífero, fueron medidos en campo los ejes de los planos de la crenulación, estos tenían una dirección perpendicular con respecto a la dirección de la foliación S_1 (Fotografía 17). Estos datos se representaron gráficamente en una estereofalsilla (Gráfica 6).

FOTOGRAFÍA 17
CRENULACIÓN EN LA UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794083/N1659742)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

GRÁFICA 6 ESTEREOFALSILLA DE EJES DE CRENULACIÓN



Fuente: Investigación de campo. 2014.

c. Ejes de *boudines* (Lb)

Los *boudines* son aquellas estructuras producidas por tensión. Han sido desarrolladas por el alargamiento de una capa competente en planos de estratificación, tal es el caso de las bandas de cuarzo presentes tanto en las unidades de Cuarcita como en la unidad de Esquisto Moscovítico y en la unidad de Esquisto Granatífero (Fotografía 18).

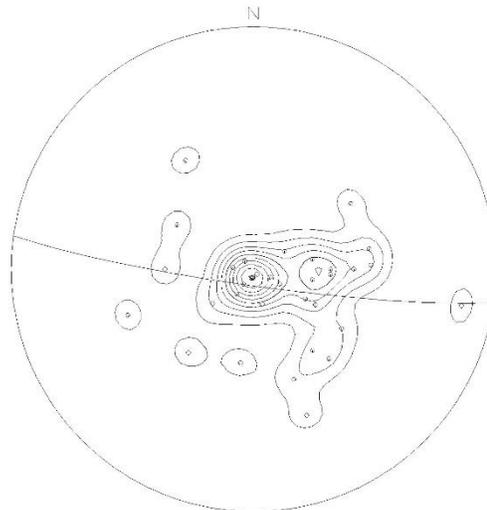
Los datos de los ejes de *boudines* van en dirección Este-Oeste al igual que el eje de pliegues, ya que estos se concentran en la parte de la charnela de los pliegues. Se representaron gráficamente en estereofalsilla (Gráfica 7).

FOTOGRAFÍA 18
BOUDINES EN LA UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794080/N1659752)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

GRÁFICA 7
ESTEREOFALSILLA DE EJES DE *BOUDINES*



Fuente: Investigación de campo. 2014.

4.2.5 Zona de cizalla

En el área de estudio en la parte central y Norte se ubica una zona de cizallamiento, en la unidad de Esquisto Micáceo con Clorita, la cual esta evidenciada por un alto índice de deformación que ha generado que la roca se desintegre y solo quedan restos de la roca que ha sufrido los esfuerzos en distintas direcciones.

Esta zona de cizalla se pudo observar en un sector de aproximadamente 12 metros de ancho, en una dirección N025. (Fotografía 19).

FOTOGRAFÍA 19 ZONA DE CIZALLA EN LA UNIDAD DE ESQUISTO MICÁCEO CON CLORITA



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

4.2.6 Fallas

Las fallas son estructuras geológicas de dominio frágil, que se originan por la presencia de esfuerzos de compresión,

distensión y transformantes, generando así el movimiento de dos cuerpos de roca.

Una falla es denominada como una ruptura en un estrato rocoso debido a un esfuerzo en el que se observa un desplazamiento²², en el área se muestran en distintas direcciones.

Las fallas fueron encontradas en las unidades metamórficas de Esquisto Biotítico, Esquisto Moscovítico, Esquisto Granatífero y en la unidad de Cuarcita, dichas estructuras fueron evidentes en base a la presencia de tectoglifos como escalones y estrías (fotografía 19), los cuales sirvieron para identificar el tipo de movimiento y otras en base al desplazamiento de estructuras secundarias como fracturas y vetas desplazadas.

Para el estudio de éstas estructuras se clasificaron según su ángulo de *pitch*, siendo esta clasificación de fallas como: normales, inversas sinestrales, fallas dextrales y fallas sinestrales.

a. Fallas Normales puras

Las fallas normales son generadas a través de esfuerzos de distensión. Estas estructuras se encontraron en la unidad de Cuarcita, se caracterizaron por la evidencia del descenso del bloque techo con respecto al bloque base (Fotografía 20).

Para un estudio más detallado se describen a continuación las dos fallas normales encontradas en campo, (Tabla 7) y se representaron en estereofalsilla (Gráfica 8).

²²

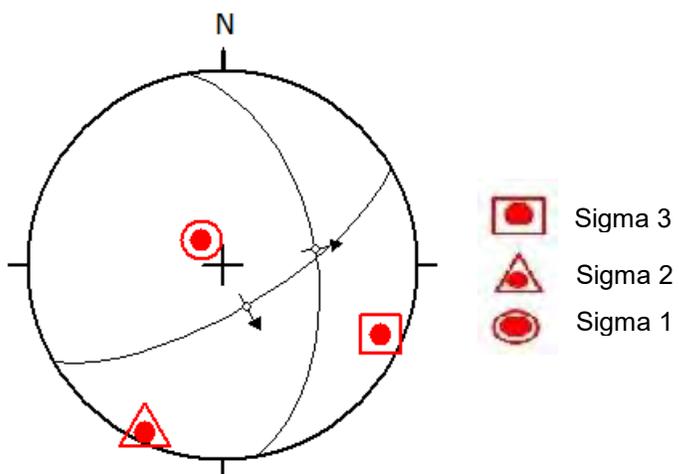
Modificado de: [http://enciclopedia.us.es/index.php/Falla_\(geolog%C3%ADa\)](http://enciclopedia.us.es/index.php/Falla_(geolog%C3%ADa)).

FOTOGRAFÍA 20
FALLA NORMAL EN LA UNIDAD DE CUARCITA
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0795756/N1659835)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

GRÁFICA 8
ESTEREOFALSILLA DE FALLAS NORMALES



Fuente: Investigación de campo. 2014.

TABLA 7
FALLAS NORMALES PURAS (DATOS TOMADOS EN DIP/DIR)

Datos De Fallas Normales					
DIP	DIR	PITCH	DIRECCIÓN	Coordenadas UTM WGS 84	
				Este	Norte
70°	N150°	90°	SE	0793171	1659779
50°	N080°	90°	SW	0794060	1659893

Fuente: Grajeda Micheo. 2014.

b. Fallas Inversas Sinestrales

Las fallas inversas son generadas a través de esfuerzos de compresión. En donde el bloque techo sube con respecto al bloque base. Esta estructura se observó en la unidad de Esquisto Biotítico. Las evidencias con las que cuentan son tectoglifos, desplazamiento de fracturas y vetas de alteración.

En el área de estudio se ha identificado un solo tipo de falla inversa, con movimiento sinestral (Fotografía 21). Se caracterizó por tener un sentido de movimiento inverso en la vertical y sinestral en la horizontal, se encontró una falla de este tipo la cual se describe en la tabla 8.

FOTOGRAFÍA 21
ESCARPE DE FALLA INVERSA SINISTRAL EN LA UNIDAD DE
ESQUISTO BIOTÍTICO
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794389/N1657540)



Fuente: Grajeda Micheo. 2014.

TABLA 8
FALLA INVERSA SINISTRAL (DATOS TOMADOS EN DIP/DIR)

Dato de falla inversa sinistral					
DIP	DIR	PITCH	DIRECCIÓN	Coordenadas UTM WGS 84	
				Este	Norte
53°	N294°	34°	NW	0794212	1657447

Fuente: Grajeda Micheo. 2014.

c. Fallas de rumbo

Las fallas de rumbo o transformantes son aquellas donde existe un movimiento lateral entre dos cuerpos de roca, en dicho movimiento los planos de falla son verticales y la dirección de movimiento es horizontal. Se clasifican

dependiendo la dirección del desplazamiento del bloque que se observa en frente²³.

1) Fallas Dextrales

Se caracterizaron por presentar evidencia de desplazamiento del bloque contrario hacia la derecha con respecto del frontal, (Fotografía 22), en el área se observaron dos fallas de este tipo las cuales se describen a continuación (Tabla 9) y se representan en estereofalsillas (Gráfica 9).

FOTOGRAFÍA 22 **FALLA DEXTRAL CON TECTOGLIFOS Y ESCALONES EN LA** **UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO** **(COORDENADAS UTM/WGS84, E0794803/N1659189)**



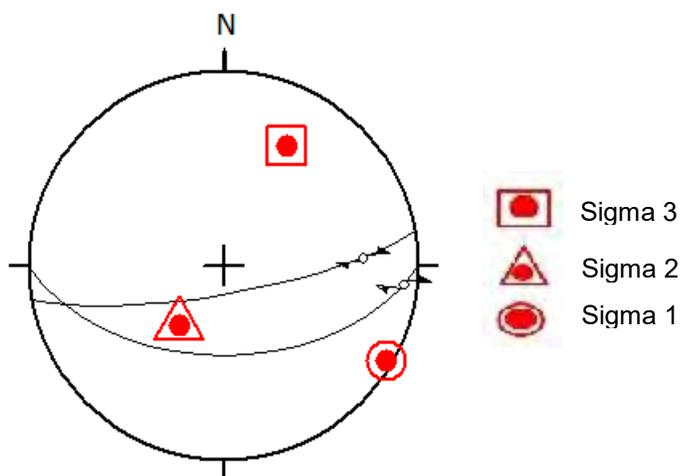
Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

TABLA 9
FALLAS DEXTRALES (DATOS TOMADOS EN DIP/DIR)

Datos De Fallas Dextrales					
DIP	DIR	PITCH	DIRECCIÓN	Coordenadas UTM WGS 84	
				Este	Norte
52°	N180°	10°	W	0794804	1659189
78°	N170°	30°	NE	0795759	1659200

Fuente: Grajeda Micheo. 2014.

GRÁFICA 9
ESTEREOFALSILLAS DE FALLAS DEXTRALES



Fuente: Grajeda Micheo, 2014.

2) Fallas Sinestrales

Este tipo de fallas se caracterizaron por tener un movimiento horizontal entre dos bloques, el bloque de enfrente hacia la izquierda con respecto al otro bloque (Fotografía 23).

En el área se encontraron siete fallas de este tipo las cuales se describen a continuación (Tabla 10). Se representaron en estereofalsillas (Gráfica 10).

FOTOGRAFÍA 23
FALLA SINISTRAL EN LA UNIDAD DE ESQUISTO
MOSCOVÍTICO
(COORDENADAS UTM/WGS84, E0795960/N1657700)



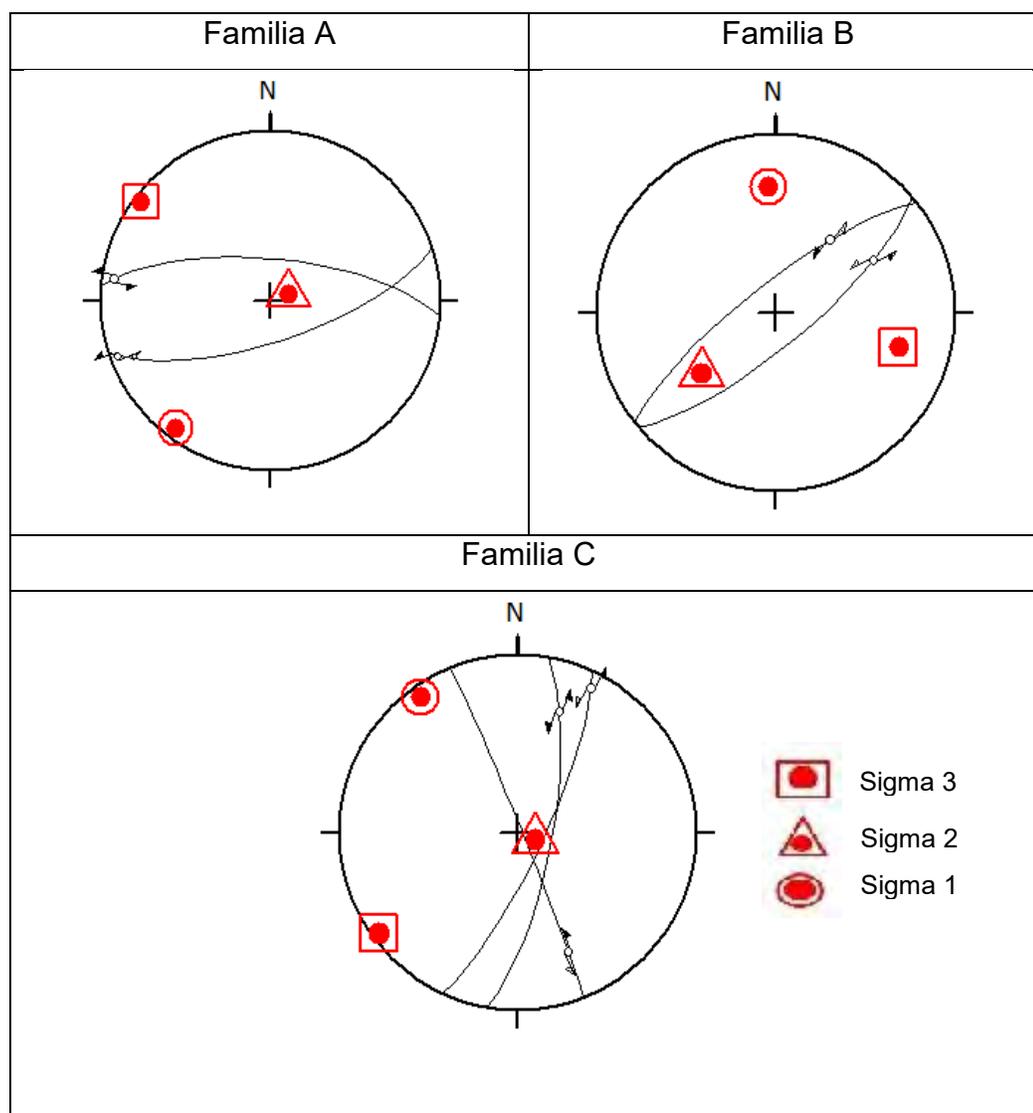
Tomada por: Grajeda Micheo, 2014.

TABLA 10
FALLAS SINISTRALES (DATOS TOMADOS EN DIP/DIR)

DIP	DIR	PITCH	DIRECCIÓN	Coordenadas UTM WGS 84		Familia
				Este	Norte	
70°	N005°	08°	W	0793100	1660105	A
70°	N162°	05°	W	0793123	1660100	
75°	N140°	40°	NE	0794473	1659211	B
77°	N322°	50°	NW	0794268	165753	
78°	N115°	10°	N	0795960	1657700	C
74°	N100°	30°	NE	0795750	1658780	
88°	N068°	28°	SE	0793227	1657287	

Fuente: Grajeda Micheo, 2014.

GRÁFICA 10 ESTEREOFALSILLA DE FALLAS SINISTRALES



Fuente: Grajeda Micheo, 2014.

d. Diaclasas

Las diaclasas son estructuras resultantes del comportamiento frágil de las diferentes unidades de roca, además que son el segundo tipo de estructuras con mayor presencia en el área de estudio.

Los datos recolectados de diaclasas, pertenecen a las unidades de: Esquisto Biotítico, Esquisto Moscovítico, Esquisto Granatífero y en la unidad de Cuarcita (Fotografía 24). Estos se representaron en una roseta (Gráfica 11).

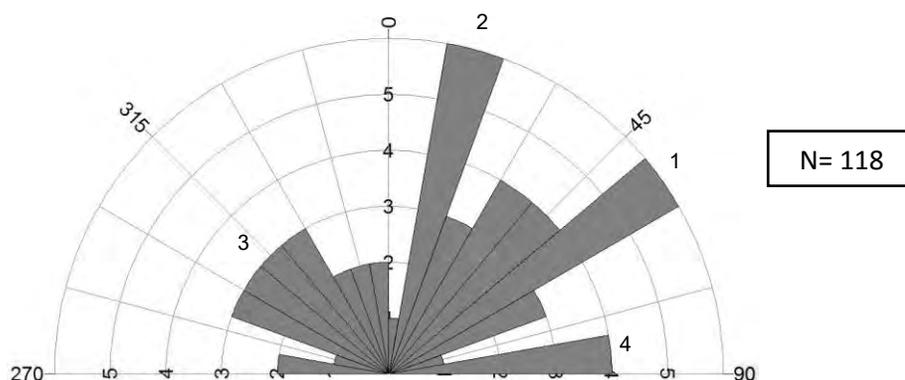
FOTOGRAFÍA 24

DIACLASAS EN LA UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

GRÁFICA 11 ROSETA DE RUMBOS DE DIACLASAS



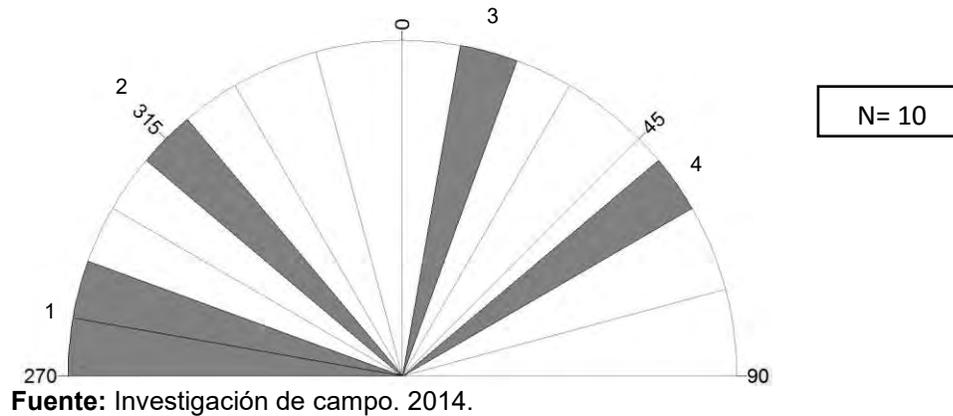
Fuente: Investigación de campo. 2014.

e. Grietas de tensión

Estas estructuras son formadas por esfuerzos tensionales que actúan durante la deformación, estos se encontraron en las unidades de Esquisto Biotítico, Esquisto Moscovítico y Esquisto Granatífero.

Se observa como en la roca debido a la deformación se crea un hueco que ha sido rellenado con el material más competente, principalmente de cuarzo. Estas se representaron en una roseta (Gráfica 12).

GRÁFICA 12 ROSETA DE LAS PROYECCIONES DE GRIETAS DE TENSIÓN



4.3 Geomorfología local

Las unidades geomorfológicas del área han sido clasificadas y delimitadas por aspectos como: la diferencia de altura y el ángulo de las pendientes, las cuales corresponden a las unidades de origen denudacional, antrópico denudacional y agradacional desarrollados por factores fluviales, pluviales y antrópicos.

Para la estimación de las unidades geomorfológicas se utilizó el cuadro de relaciones de unidades, subunidades y geo formas (Tabla 11).

**TABLA 11
RELACIONES DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS,
SUBUNIDADES Y GEOFORMAS**

Unidad Geomorfológica	Subunidad Geomorfológica	Geoformas
De origen denudacional	Cimas, lomos y escarpes	<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamientos • Cimas • Crestas • Montañas redondas

	Laderas	<ul style="list-style-type: none"> • Surcos • Erosión • Laderas erosionables • Escarpes • Laderas de acumulación
De origen agradacional	coluvión	
	Planicie de inundación	
De origen antrópico denudacional	Obras de ingeniería	

Fuente: Modificado de: Instituto colombiano de geología y minería Ingeominas. Amenazas geológicas y entorno ambiental. República de Colombia. Bogotá D.C.

4.3.1 Unidades de origen denudacional

Son aquellas geoformas generadas a partir de la combinación de procesos endógenos (internos) y exógenos (externos), los cuales crean cambios significativos sobre la superficie.

Sin las fuerzas internas la tierra tendría una superficie uniforme sin relieve, pero es el tectonismo el encargado de desarrollar las formas del relieve más relevantes, las cuales pueden ser clasificadas de acuerdo con la escala en la cual sus características son consideradas. Los aspectos que se relacionan con estas geoformas son la estratificación, fallas, pliegues, lineamientos, foliación.²⁴

²⁴ Instituto colombiano de geología y minería Ingeominas. Amenazas geológicas y entorno ambiental. República de Colombia. Bogotá D.C.

a. Cima estructural (Ec)

Lomo o abombamiento de la superficie del terreno generada por plegamiento. Corresponde a la parte alta de estructuras antiformes y las dimensiones varían fuertemente en una morfología de cerros y montañas. Se observaron en dos sectores del área en la parte Norte y central.²⁵

b. Escarpe de falla (Ef)

Son desniveles topográficos escarpados que se producen a lo largo de una falla, generados cuando se produce un desplazamiento. Inicialmente el escarpe puede corresponder al afloramiento del plano de falla, que se transforma en una superficie declinada por procesos de degradación y erosión.²⁶ Este se encontró en la parte Sur del área en la unidad de Esquisto Micáceo con Clorita.

c. Lomos estructurales (EI)

Corresponden a divisorias de aguas que presentan terminación en forma de crestas semiredondeadas, aplanadas e incluso llanas. Muchas de estas crestas son aprovechadas para la construcción de caminos.

La inclinación de sus pendientes es mayor a 10° y conforman pendientes rectas a levemente cóncavas. Se observa

²⁵ Instituto colombiano de geología y minería ingeominas. Amenazas geológicas y entorno ambiental. República de Colombia. Bogotá D.C.

²⁶ *Ibídem.*

en la parte Norte del área en la unidad de Esquisto Granatífero (Fotografía 25).

FOTOGRAFÍA 25
CRESTA QUE FORMA UN PARTE AGUAS
(COORDENADAS UTM /WGS84, E0794083/N1658731)



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

4.3.2 Geformas de origen denudacional

Estas geformas están relacionadas con los procesos denudacionales normales que se presentan en zonas de clima tropical; caracterizadas por erosión, depositación y movimientos en masa en geformas preexistentes. El agua en forma de lluvia, ríos y de escorrentía superficial es el agente principal en los procesos erosivos que se desarrollan.

Estas formas han sido subdivididas en 3 tipos: laderas Subhorizontales a poco inclinadas, moderadamente inclinadas, inclinadas y de Movimientos en Masa.

a. Laderas subhorizontales a poco inclinadas (DIs)

Son aquellas geoformas cuyas laderas presentan inclinación leve a poco inclinadas y en su gran mayoría se asocian a divisorias de aguas. Caracterizada por presentar pendientes menores a 20° . Estas se presentan en la parte Sur y Este del área, (Fotografía 26).

**FOTOGRAFÍA 26
LADERAS POCO INCLINADAS**



Tomada por: Grajeda Micheo, 2014.

b. Laderas moderadamente inclinadas (DIm)

Superficie natural del terreno, producto de procesos principalmente denudacionales, caracterizada por presentar pendientes onduladas con inclinaciones entre 20° y 40° . Estas zonas están en la parte central del área y presenta una buena cobertura vegetal. (Fotografía 27).

FOTOGRAFÍA 27

LADERAS MODERADAMENTE INCLINADAS



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

c. Laderas Inclinas (Dli)

Son aquellas geofomas cuyas laderas presentan inclinación moderada a alta y se asocian a vertientes y microcuencas denudadas²⁷. Se caracterizan por tener una pendiente mayor de 40°. Se observan en la parte Norte del área.

1) Escarpes (De)

Laderas cortas, verticales o semi-verticales (inclinación mayor a 70°) que se forman en macizos rocosos debido exclusivamente a procesos denudativos o de movimientos en masa, como se observa en la parte Sur del área, (Fotografía 28).

²⁷ Instituto colombiano de geología y minería ingeominas. Amenazas geológicas y entorno ambiental. República de Colombia. Bogotá D.C.

FOTOGRAFÍA 28 ESCARPE EN LA UNIDAD DE ESQUISTO BIOTÍTICO



Tomada por: Grajeda Micheo, 2014.

d. Crestas

Las crestas son definidas como unidades geomorfológicas características de la cumbre de formaciones orogénicas, estas son generadas por erosiones pluviales de las capas del suelo y unidades de roca²⁸.

En el área de estudio han sido caracterizadas por terminaciones orogénicas angulosas a subredondeadas, las cuales se encuentran cubiertas por vegetación en la parte Norte, (Fotografía 29), algunos flancos utilizados como zonas de siembra.

²⁸ Instituto colombiano de geología y minería ingeominas. Amenazas geológicas y entorno ambiental. República de Colombia. Bogotá D.C.

FOTOGRAFÍA 29 CRESTA EN LA PARTE NORTE DEL ÁREA



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

e. **Movimientos en masa y erosión**

Geoformas asociadas a procesos erosivos y a sectores inestables donde se han presentado desplazamientos del terreno a lo largo de superficies de ruptura.

1) **Flujos de escombros (Dfe)**

Son movimientos rápidos de detritos, escombros y grandes bloques y en su parte superior o corona se producen superficies de desgarre o pequeños escarpes irregulares o semicirculares. Por lo general el material desprendido no se acumula y casi todo es arrastrado, depositado en los cauces o lavado por las corrientes²⁹.

²⁹ Instituto colombiano de geología y minería ingeominas. Amenazas geológicas y entorno ambiental. República de Colombia. Bogotá D.C.

2) Caída de roca (CRx)

Son elementos geomorfológicos que han sido generados por desprendimientos en el talud de bloques, guijarros y granos de roca, que ante procesos de meteorización mecánica y gravedad son susceptibles a caer³⁰ (Fotografía 30).

A continuación, se describen las caídas de rocas presentes en el área, principalmente en los costados de la carretera CA-14, (Tabla 12).

FOTOGRAFÍA 30 CAÍDA DE ROCAS EN EL COSTADO DE LA CARRETERA CA-14



Tomada por: Grajeda Micheo, 2014.

³⁰ Instituto colombiano de geología y minería ingeominas. Amenazas geológicas y entorno ambiental. República de Colombia. Bogotá D.C.

**TABLA 12
CAÍDAS DE ROCA EN EL ÁREA**

Localización		Dirección
Este	Norte	
0795873	1658201	N090

Fuente: investigación de campo. 2014.

3) Deslizamiento de tipo rotacional (DRot)

Elemento geomorfológico que se caracteriza por desarrollar una superficie cóncava. Esta subunidad se ha observado en la unidad de laderas inclinadas y en cortes de carreteras. (Fotografía 31).

Está relacionada con la precipitación pluvial y la erosión. En la tabla 13, se observan los movimientos de este tipo, su dirección y su ubicación.

FOTOGRAFÍA 31 DESLIZAMIENTO TIPO ROTACIONAL EN EL BORDE DE LA CARRETERA DE TERRACERÍA DE LA FINCA SALAMANCA



Tomada por: Grajeda Micheo. 2014.

TABLA 13
DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES

Localización		Rumbos
Este	Norte	
0793348	1657746	N176
0793974	1658909	N105
0793874	1659739	N334
0793674	1659626	N354
0794931	1658809	N120

Fuente: investigación de campo. 2014.

4.3.3 Unidades de origen agradacional

Unidad geomorfológica resultante de la depositación y sedimentación de unidades de roca y capas del suelo generadas por la erosión de las aguas fluviales y pluviales de las unidades geológicas.

Contienen fragmentos de rocas transportados hasta el lugar por factores erosivos, así como a agentes fluviales regionales. Una unidad de origen agradacional muy importante es la unidad de Coluvión (página 47).

4.3.4 Unidades de origen antrópico

Esta Unidad tiene génesis de origen antrópico, es decir por la intervención del hombre, dichas acciones consisten en la realización de remociones de terreno, en el área de estudio existe debido a la tala de árboles, siembra de cosechas, construcciones de carreteras y de casas, entre otros.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Litoestratigrafía

El área de estudio se encuentra constituida por las unidades litológicas en orden de más antiguo a más reciente, Esquisto Biotítico, Esquisto Moscovítico, Esquisto Granatífero, Esquisto Micáceo con Clorita, unidad de Cuarzita y unidad de Coluvión. Se determinó el tipo de roca principalmente por su textura y su contenido mineralógico que se analizó microscópicamente en el laboratorio, las cuales pertenecen al complejo Chuacús.

El orden litológico del área es observado en la columna estratigráfica (gráfica 13). Que muestra la disposición de las unidades litológicas del área, mientras que los contactos son observados con mayor precisión en el Mapa Geológico del área de estudio (Anexo I), el cual describe la distribución espacial de las unidades litológicas observadas en campo.

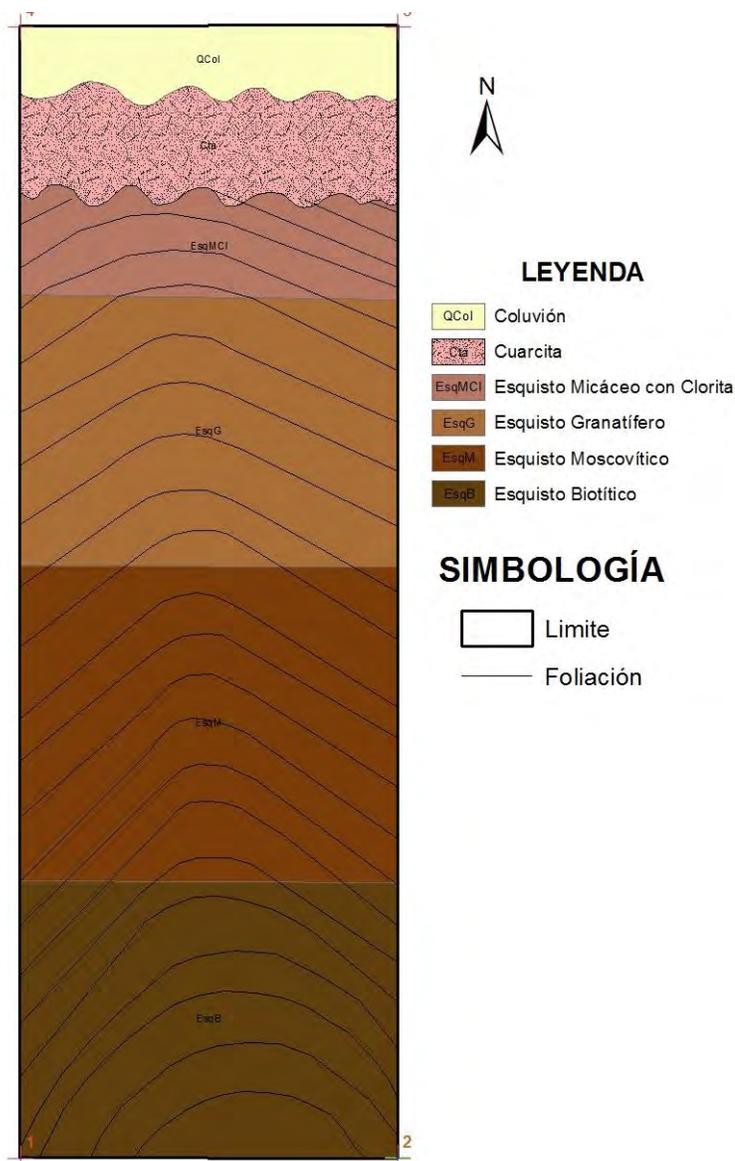
El área de estudio presenta dos direcciones de foliación S_1 , en la parte Sur con dirección $30^\circ/N170^\circ$ y en la parte Norte del área en dirección $25^\circ/N020^\circ$ dando como resultado un pliegue regional tipo antiformal, quedando el eje de pliegue regional en dirección de Este a Oeste. Esta estructura también se observó en las fotografías aéreas.

En la parte central del área se observó la unidad de Esquisto Micáceo con Clorita, en esta unidad la clorita está reemplazando al granate, esto nos indica que es una zona que está disminuyendo el grado metamórfico ya que la clorita que es de bajo metamorfismo reemplazo al granate que es de alto grado metamórfico. Por tal motivo se sabe que esta zona pertenece a un metamorfismo retrógrado.

El área pertenece a un sistema dinámico de deformación sinistral tanto en las estructuras dúctil y frágil, debido a los esfuerzos que influyen en el área al igual que la zona de falla del Motagua que esta al Sur y al Norte la falla de Chixoy-Polochic.

En las muestras de rocas de las distintas zonas del área se encontraron minerales indicadores como lo son: clorita, granate, moscovita, biotita y epidota. Los cuales nos indican que pertenecen a una zona de facies metamórficas de esquistos verdes.

GRÁFICA 13 COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA



Fuente: Investigación en campo. 2014.

5.2 Facies metamórficas

Las facies metamórficas existentes en el área corresponden a facies de esquistos verdes. Estas han sido determinadas según las asociaciones

mineralógicas propuestas por Miyashiro (1973)³¹, se identificaron según el análisis microscópico de las distintas secciones delgadas de las muestras extraídas en campo, (Anexo IV).

Como principal característica destaca la aparición de minerales de baja presión y baja temperatura, como la epidota, la biotita, la clorita y la moscovita de rocas metapelíticas como los esquistos, descrita en la serie barroviana.

En la localidad existe un descenso de temperatura y presión. Debido a que el granate está siendo sustituido por la clorita en la unidad de Esquisto Micáceos con Clorita. Las variaciones mineralógicas que presentan las rocas del área se analizaron en secciones delgadas y se describen en la siguiente tabla, (Tabla 14).

TABLA 14
CONTENIDO MINERAL Y FACIES MINERAL A LA QUE
CORRESPONDEN LAS ROCAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

No. Muestra	Cuarzo Qz.	Clorita Clr.	Granates Gra.	Biotita Bio.	Moscovita Msv.	Epidot Epi.	Albita Alb.	Titanita Tit.	Opacos	Facies Metamórfica
LG-M3	75	--	--	--	20	5	--	--	--	Esquistos Verdes
LG-M4	57	--	10	10	15	5	--	--	3	Esquistos Verdes
LG-M6	15	--	40	--	40	--	--	--	5	Esquistos Verdes
LG-M8	8	30	--	--	60	--	--	--	2	Esquistos Verdes
LG-M10	30	--	--	20	35	--	--	10	5	Esquistos Verdes

³¹ Witold Smulikowski, Jacqueline Desmons, Ben Harte, Francesco P. Sassi, Rolf Schmid, PROPUESTA DE LA SUBCOMISIÓN SOBRE SISTEMÁTICA DE ROCAS METAMÓRFICAS DE LA IUGS

LG-M11	35	20	20	--	20	--	--	5	--	Esquistos Verdes
LG-M13	30	25	--	--	30	--	8	5	2	Esquistos Verdes
LG-M15	40	--	--	30	20	--	--	5	5	Esquistos Verdes
LG-M17	15	20	30	--	30	--	--	--	5	Esquistos Verdes
LG-M18	25	20	20	--	30	--	--	--	5	Esquistos Verdes
LG-M21	34	20	15	--	20	1	--	--	10	Esquistos Verdes

Fuente: Investigación de campo. 2014.

Las secciones descritas en el cuadro anterior pertenecen a rocas metapelíticas, las cuales presentan minerales indicadores de presión y temperatura correspondiente a esta misma clasificación.

En la tabla 15 se observan las variaciones en las facies de esquistos verdes que existen en el área.

TABLA 15
VARIACIONES EN LAS FACIES DE ESQUISTOS VERDES

No.	Facies	Código de muestras	Asociación mineral
1	Esquistos Verdes	LG-M13	Clorita + moscovita + biotita + albita (zona de baja temperatura)
2	Esquistos Verdes	LG-M3, LG-M4, LG-M6, LG-M11, LG-M17, LG-M18, LG-M21	Granate + clorita + moscovita + biotita + albita (zona de más alta temperatura – alta presión)
3	Esquistos Verdes	LG-M8, LG-M10, LG-M15	Moscovita + biotita + clorita (zona de baja presión)

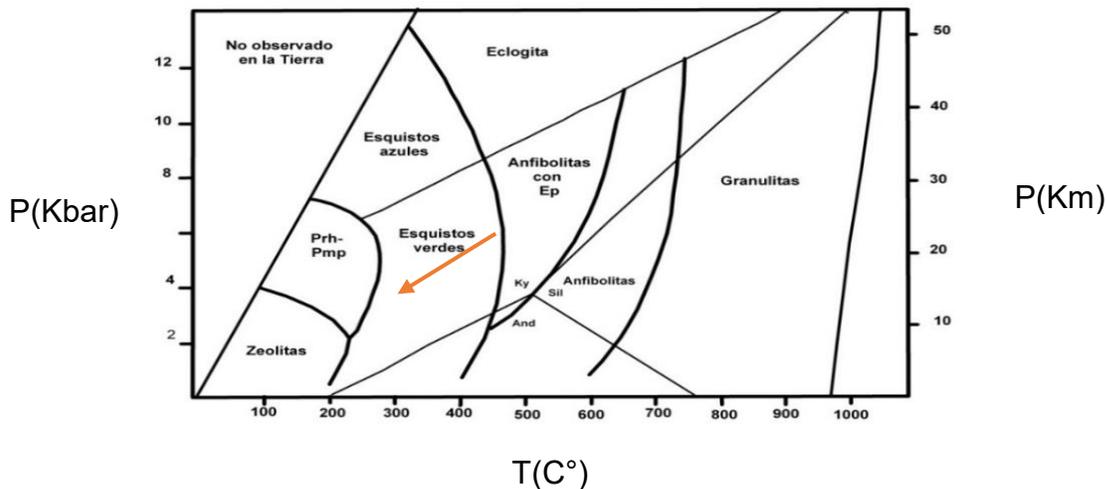
Fuente: Modificado de: Akiho Miyashiro. Metamorphism and metamorphic belts. London. George Allen & Unwin (12 de octubre de 2014).

Según Miyashiro las asociaciones minerales que él describe en este tipo de facies son: actinolita (anfíboles) + albita + clorita + epidota + cuarzo, formados en condiciones de temperaturas y presiones medias, que corresponden a asociaciones establecidas en el cuadro anterior.

En la tabla 15, en el inciso 2 muestra una asociación mineral de zona de alta temperatura y alta presión por la presencia de granates, en el inciso 1 se muestra un cambio de temperatura, ya que está disminuyendo por la presencia de clorita que está sustituyendo a los granates, y en el inciso 3 se muestra otro cambio a una zona de baja presión por la presencia de micas y clorita y la ausencia de albita y granates.

Lo que nos indica que la variación en la temperatura y la presión está disminuyendo hacia el Noreste por el reemplazamiento del granate por la clorita. Los minerales descritos anteriormente pertenecen a asociaciones minerales formadas en gradiente geométrico medio, que pertenecen a las facies de esquistos verdes, (Gráfica 14).

GRÁFICA 14 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA UBICACIÓN DE LAS FACIES METAMÓRFICAS



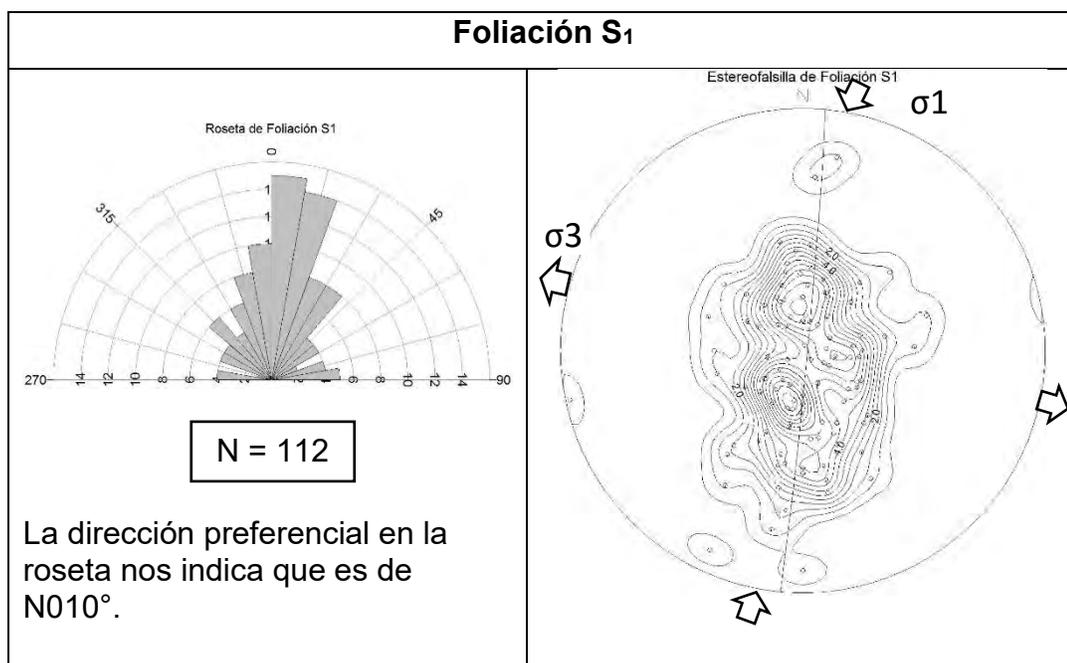
Fuente: Rocas metamórficas, Rojas Vidal, Marcelo Eduardo.

La facies de esquistos verdes se encontró en todas las unidades litológicas que se presentan en el área de estudio, con una disminución del grado metamórfico por el reemplazamiento de la clorita por el granate.

5.3 Análisis Estructural

En el dominio dúctil, en las unidades litológicas representa una dirección preferencial de Foliación S_1 las cuales se pueden observar en la siguiente gráfica, (Gráfica 15).

GRÁFICA 15
REPRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE FOLIACIÓN S_1

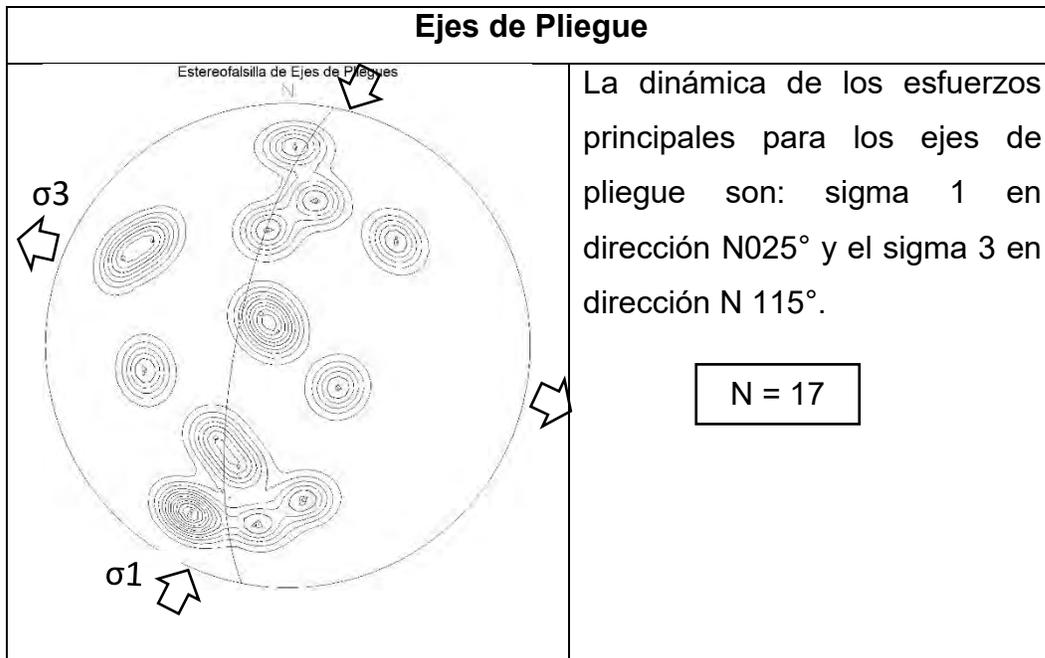


Fuente: Investigación de campo. 2014.

La dinámica de los esfuerzos principales para la foliación S_1 , como se observa en la estereofalsilla, nos muestra que la dirección de los esfuerzos son: sigma 1 en dirección $N010^\circ$ y sigma 3 en dirección $N100^\circ$. Esto nos indica que el área de estudio presenta un pliegue tipo antiformal regional cerrado. La dirección del sigma 3 nos indica el eje de pliegue.

En la siguiente gráfica se representan los ejes de pliegues tipo antiformal que se encontraron en el área. (Gráfica 16). Los esfuerzos de los ejes de pliegues coinciden con los esfuerzos de la foliación S₁.

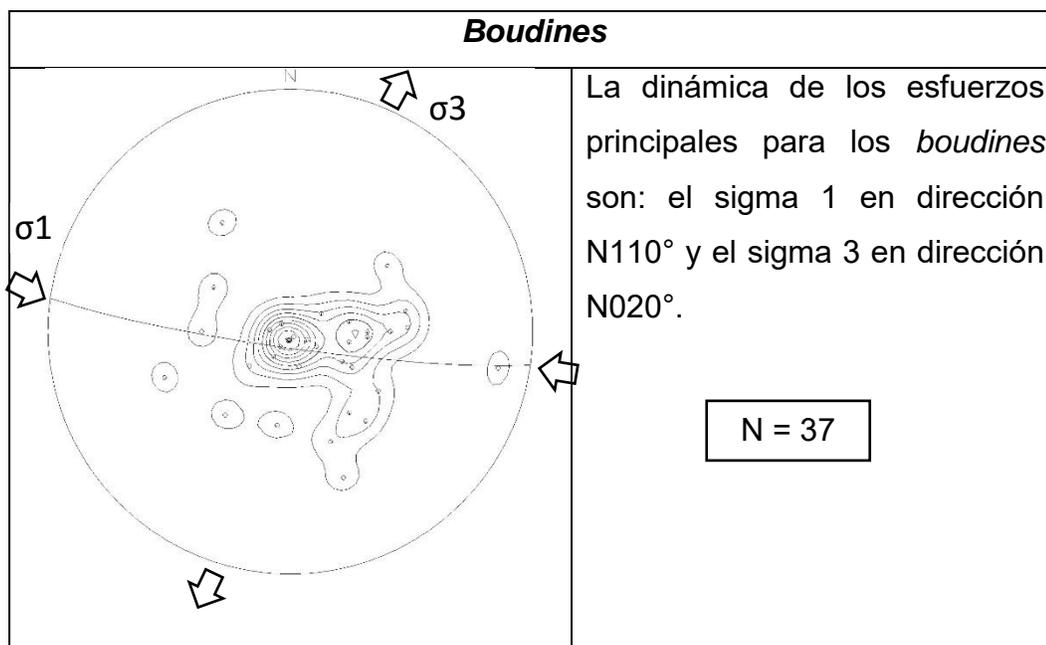
GRÁFICA 16 REPRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE EJES DE PLIEGUES



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Se analizaron y se representaron los *boudines* que presentan el área, los cuales presentan esfuerzos distintos a la foliación S₁, ya que estos *boudines* están cortando la dirección de los estratos, como se observa en la estereofalsilla de la gráfica 17.

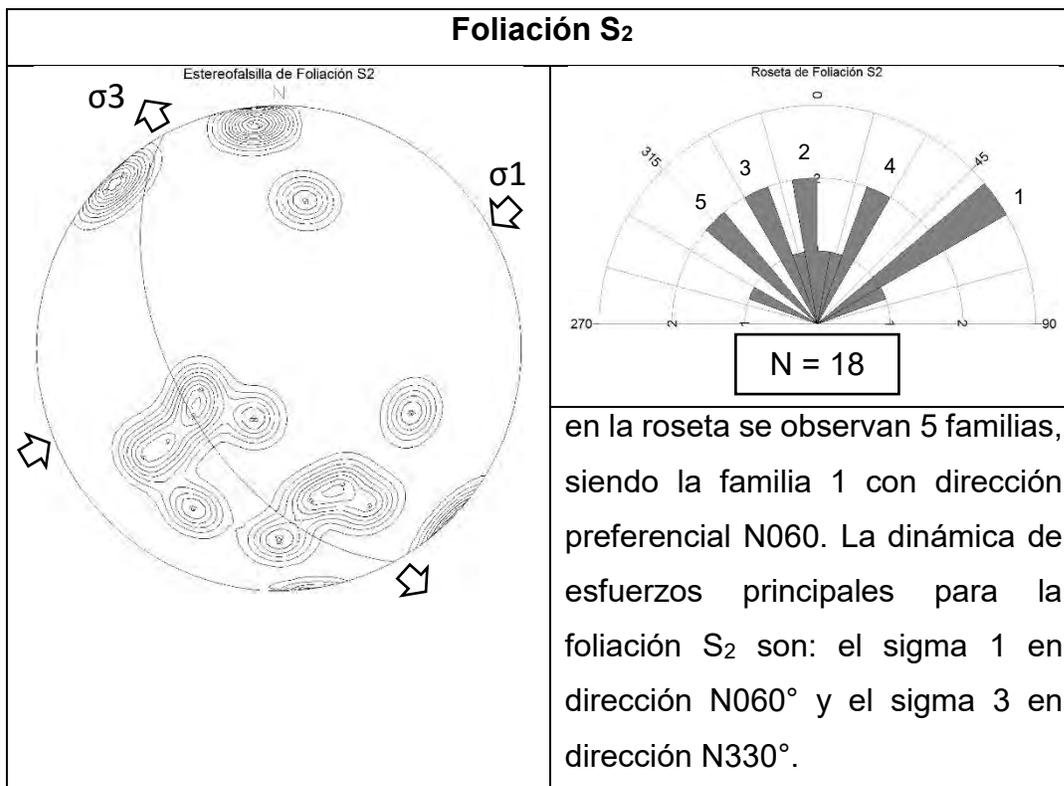
GRÁFICA 17 REPRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE *BOUDINES*



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Los planos de foliación S2 es el segundo evento de deformación del área y está en dirección opuesta a la foliación S1, se representaron utilizando polos en la siguiente roseta y estereofalsilla, (Gráfica 18).

GRÁFICA 18 REPRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE FOLIACIÓN S₂

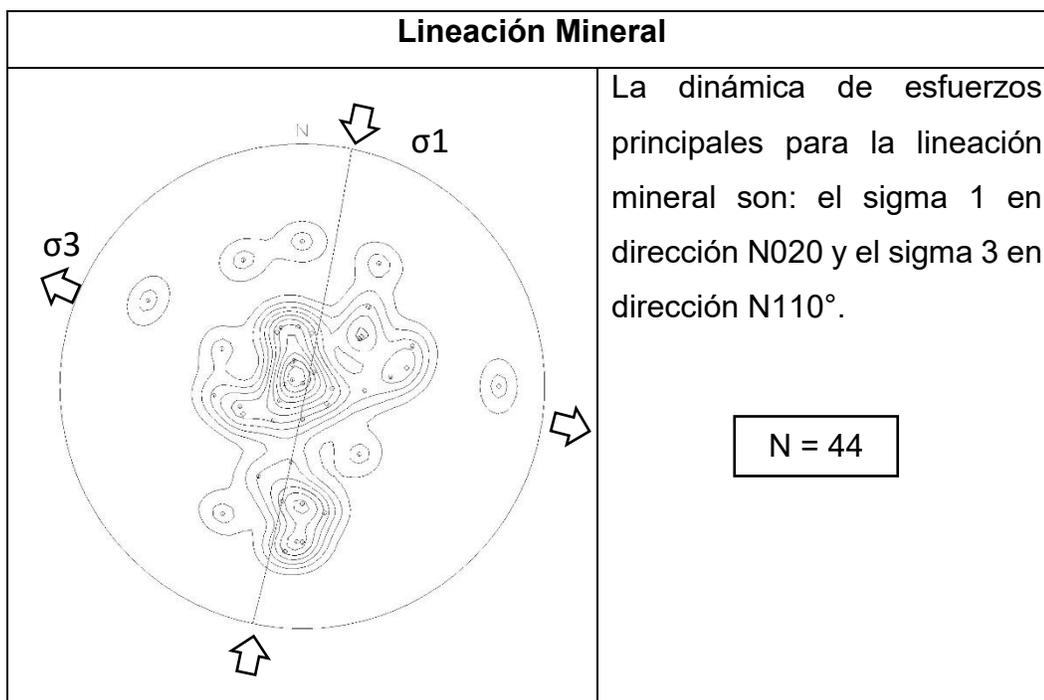


Fuente: Investigación de campo. 2014.

Existen varias familias de foliación S₂, la más importante sería la de dirección N060, seguida de las direcciones N360°, N330°, N030° y N315° respectivamente.

En las unidades litológicas se observaron Lineaciones minerales los cuales se representan en la siguiente gráfica, (Gráfica 19). Estas lineaciones minerales se encuentran paralelas a las foliaciones S₁.

GRÁFICA 19 REPRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE LINEACIÓN MINERAL

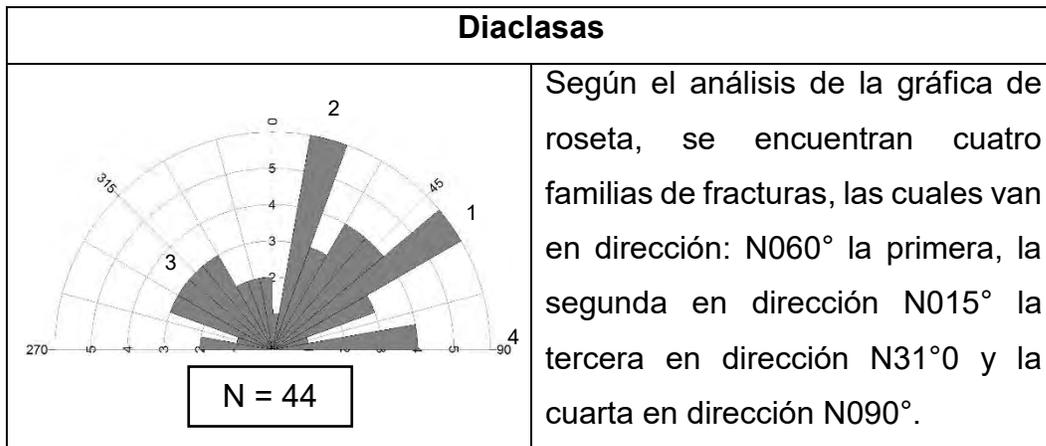


Fuente: Investigación de campo. 2014.

En el dominio frágil, en las unidades litológicas se observaron, diaclasas y fallas las cuales se describen a continuación: Se analizaron las diaclasas en la siguiente roseta, (Gráfica 20). Estas presentan 5 distintas familias que van principalmente en dirección N060°.

Las direcciones son muy variables ya que las rocas en dominio frágil tienden a romperse en varias direcciones dependiendo de las estructuras físicas y químicas constituyentes de la roca.

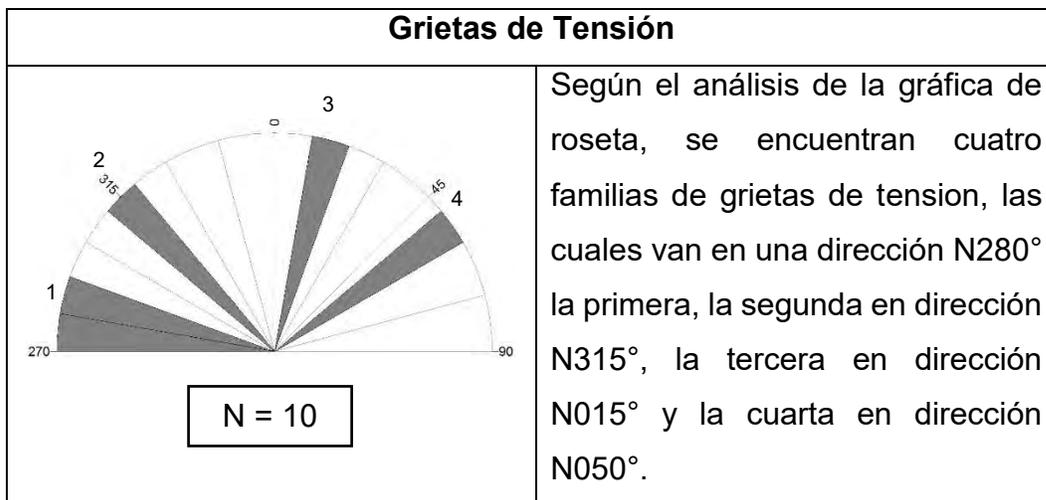
GRÁFICA 20 ROSETA DE PLANOS DE DIACLASAS



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Se analizaron las grietas de tensión en la siguiente roseta, (Gráfica 21). Estas presentan cuatro distintas clases de familias, siendo la más importante en dirección N280°.

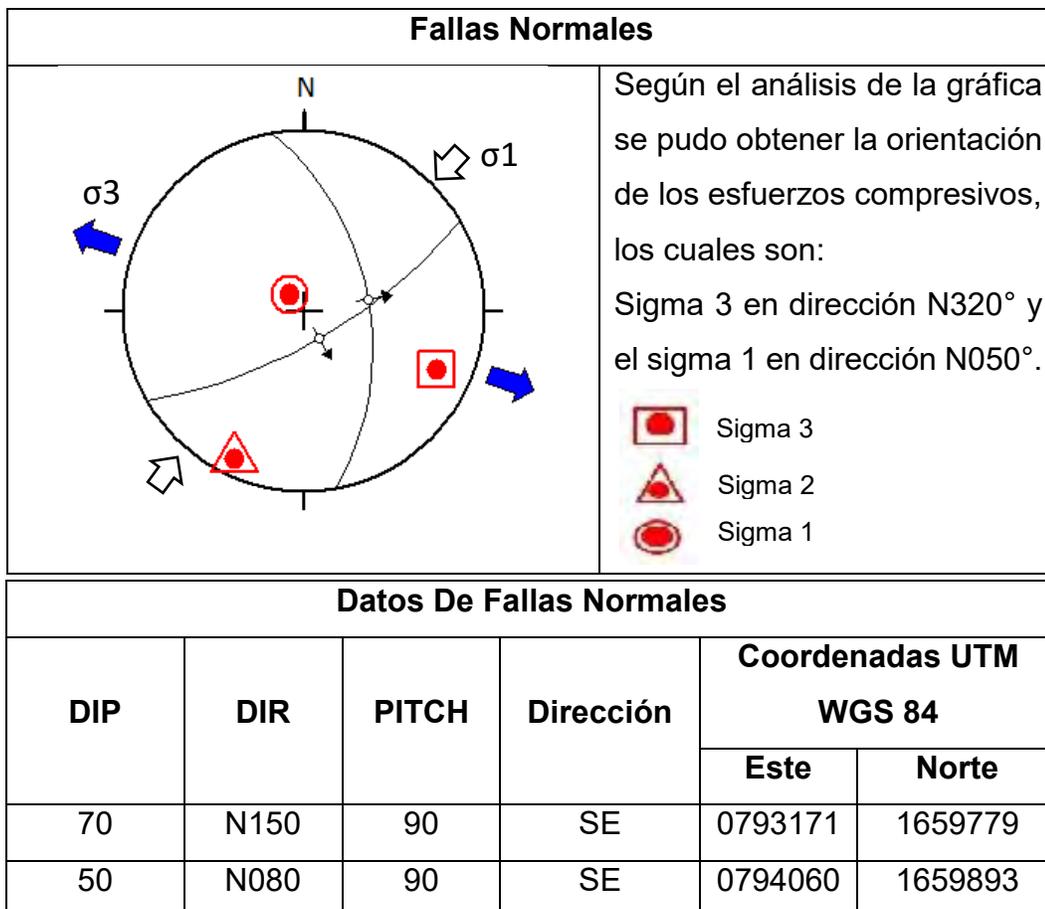
GRÁFICA 21 ROSETA DE LOS PLANOS DE GRIETAS DE TENSIONES



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Se analizaron las Fallas Normales en la siguiente gráfica utilizando el método de fallas conjugadas, para determinar la dirección de los esfuerzos compresivos en el área, (Gráfica 22).

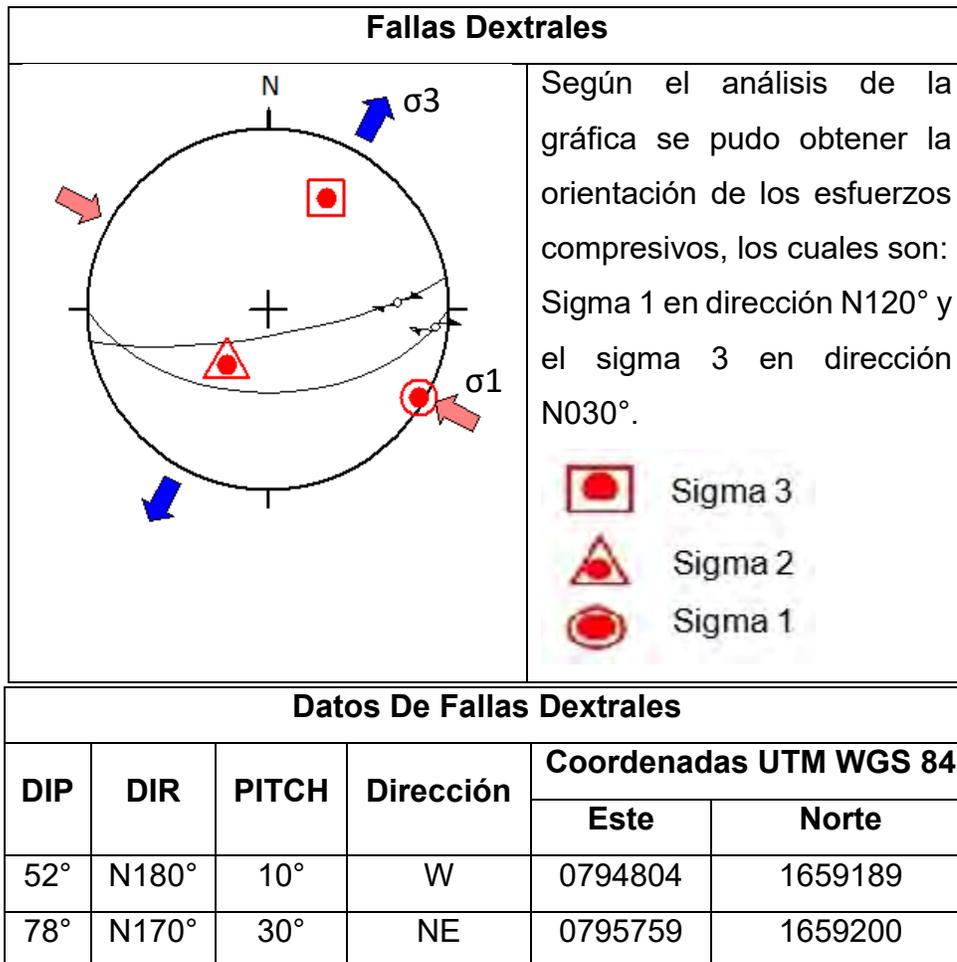
GRÁFICA 22
ESTEREOFALSILLA DE LOS PLANOS DE FALLAS NORMALES



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Se analizaron las fallas dextrales en la siguiente gráfica utilizando el método de fallas conjugadas. Para determinar los esfuerzos de compresión a los que son sometidos, (Gráfica 23).

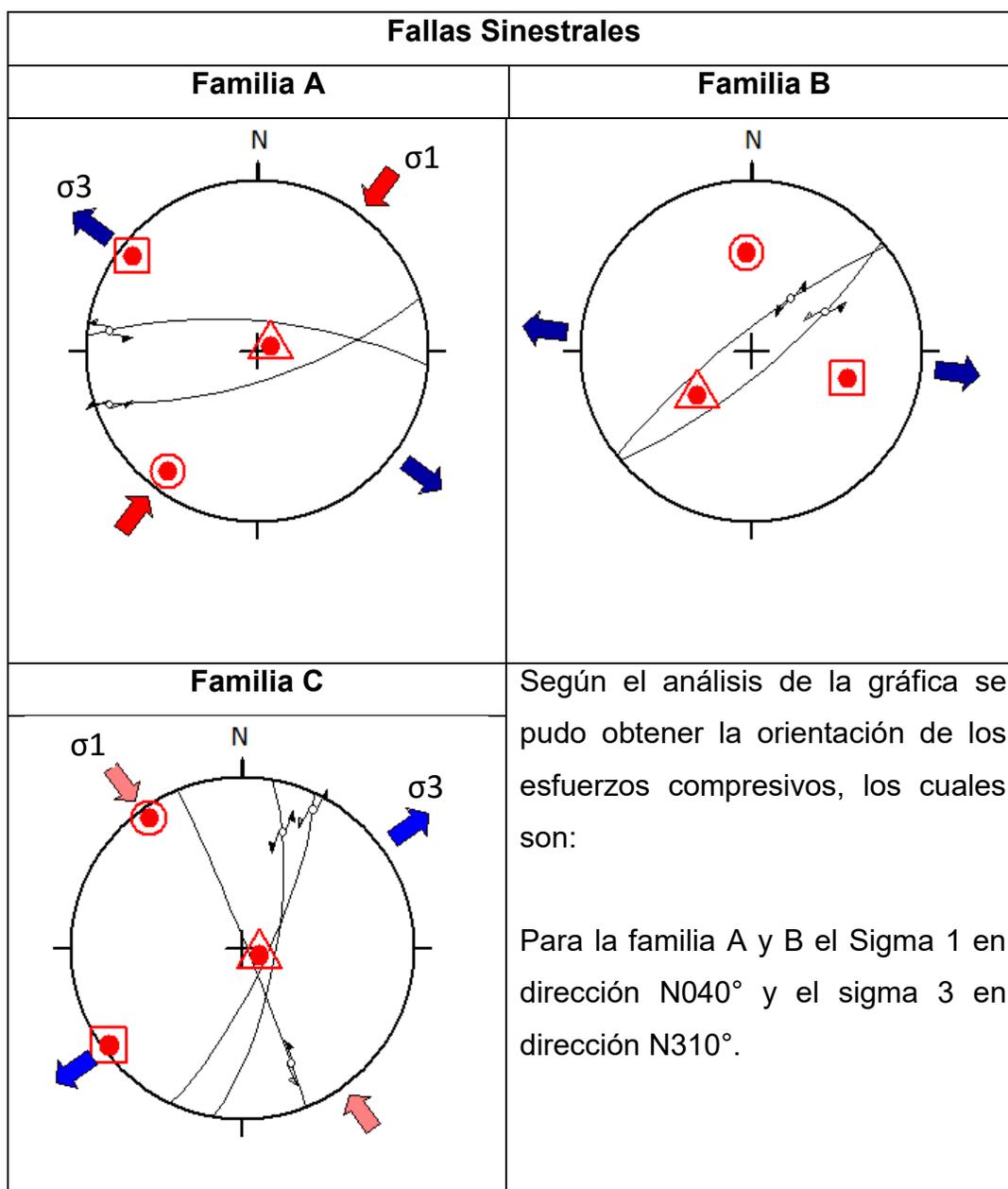
GRÁFICA 23 ESTEREOFALSILLA DE LOS PLANOS DE FALLAS DEXTRALES



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Se analizaron las fallas sinestrales en la siguiente gráfica utilizando el método de fallas conjugadas y separándolas en familias para poder hacer un análisis más específico y más exacto de los esfuerzos compresivos. (Gráfica 24).

GRÁFICA 24 ESTEREOFALSILLAS DE LOS PLANOS DE FALLAS SINISTRALES



	<p>Para la familia C el sigma 1 en dirección N310° y el sigma 3 en dirección N040°.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  Sigma 3 </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  Sigma 2 </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  Sigma 1 </div> </div>
--	---

Datos De Fallas Sinestrales						
DIP	DIR	PITCH	Dirección	Coordenadas UTM WGS 84		Familia
				Este	Norte	
70°	N005°	08°	W	0793100	1660105	A
70°	N162°	05°	W	0793123	1660100	
75°	N140°	40°	NE	0794473	1659211	B
77°	N322°	50°	NW	0794268	1657053	
78°	N115°	10°	N	0795960	1657700	C
74°	N100°	30°	NE	0795750	1658780	
88°	N068°	28°	SE	0793227	1657287	

Fuente: Investigación de campo. 2014.

Luego de analizar las estructuras geológicas encontradas en el área de estudio por medio de estereogramas y rosetas se dividieron en dominio dúctil y frágil para realizar un modelo dinámico local de cada dominio. (Tabla 16 y 17).

TABLA 16
ESTRUCTURAS DE DOMINIO DÚCTIL CON UNA DINÁMICA
DEXTRAL

DEXTRAL		
ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
<i>Boudines</i>	N110°	N020°

Fuente: Investigación de campo. 2014.

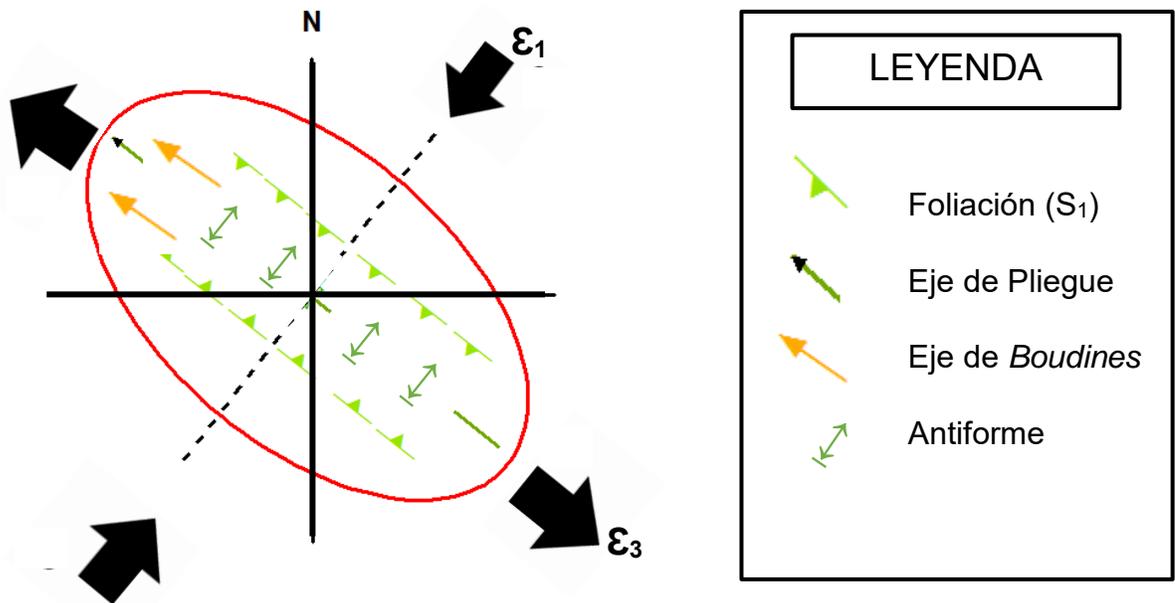
TABLA 17
ESTRUCTURAS DE DOMINIO DÚCTIL CON UNA DINÁMICA
SINISTRAL

ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
Foliación S ₁	N010°	N100°
Foliación S ₂	N060°	N150°
Ejes de Pliegue	N025°	N115°
Lineación Mineral	N020°	N110°

Fuente: Investigación de campo. 2014.

Luego de hacer un análisis de las estructuras respecto a la ubicación de los sigmas en los estereogramas del dominio dúctil tanto para la cinemática dextral y sinistral, se pudo concluir que en el área de estudio al modelo general que se ajusta, es una elipse de deformación tipo sinistral como se puede observar en la Gráfica 25, con dirección del sigma 1 en N029° y el sigma 3 en N119°.

GRÁFICA 25 ELIPSE DE DEFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS DE DOMINIO DÚCTIL



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Al igual que se analizaron las estructuras de dominio dúctil también se analizan las estructuras de dominio frágil en la dinámica dextral y sinistral, como se observa en la Tabla 18 y 19.

TABLA 18 ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL CON UNA DINÁMICA DEXTRAL

DEXTRAL		
ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
Fallas dextrales	N120°	N030°

Fuente: Investigación de campo. 2014.

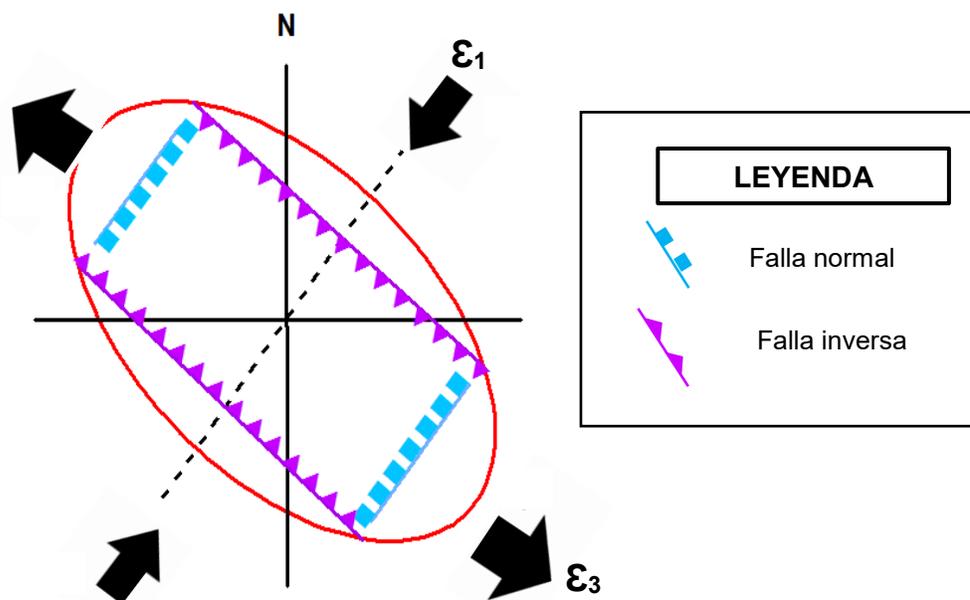
TABLA 19
ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL CON UNA DINÁMICA SINISTRAL

ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
Fallas Normales	N050°	N140°
Fallas Sinestrales	N040°	N130°

Fuente: Investigación de campo. 2014.

Luego de hacer un análisis de las estructuras respecto a la ubicación de los sigmas en los estereogramas del dominio frágil tanto para la cinemática dextral y sinistral, se pudo concluir que en el área de estudio al modelo general que se ajusta, es una elipse de deformación tipo sinistral con dirección de sigma 1 N045 y sigma 3 en dirección N135, (Gráfica 26).

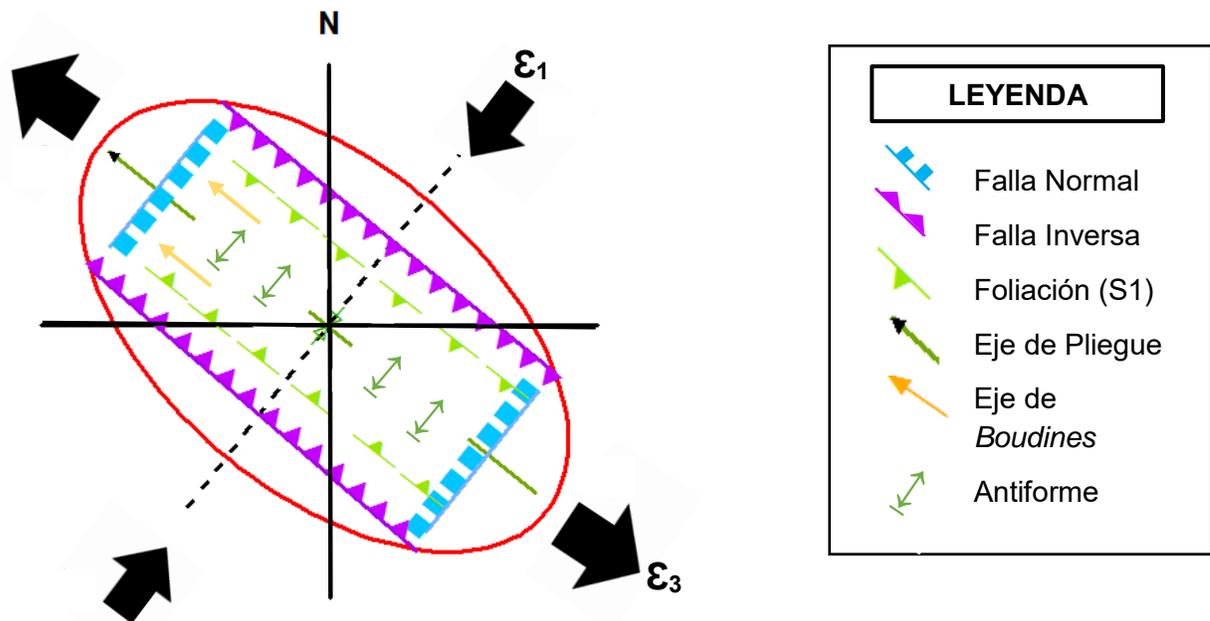
GRÁFICA 26
ELIPSE DE DEFORMACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Luego de analizar por separado las estructuras de origen ductil y las de origen frágil se puede crear la elipse de deformación local del área de estudio, con dirección promedio de sigma 1 a N037° y sigma 3 en dirección N127°, (Gráfica 27).

GRÁFICA 27
ELIPSE DE DEFORMACIÓN LOCAL



Fuente: Investigación de campo. 2014.

Por lo tanto, en el área predomina la dinámica sinistral siendo esta una dinámica regional como lo son la falla del Motagua y la de Chixoy-Polochic (ambas sinestrales) que son las fallas más cercanas y con mayor magnitud.

5.4 Análisis geomorfológico

En el área de estudio se definieron unidades geomorfológicas, las cuales se subdividen en unidades de origen denudacional que son las laderas, colinas, crestas y lomos. Estas subunidades son aquellas que se

forman por procesos exógenos como la meteorización y la erosión que afectan a las unidades litológicas.

Otra división geomorfológica es la unidad de origen agradacional que son aquellas subunidades de coluvión y zonas de inundación, estas se generan por depositación fluvial. Por último, se encuentra la unidad de origen antrópico, en la cual entra la intervención del hombre, como se observa en el mapa geomorfológico, (Anexos II).

CONCLUSIONES

Conclusión General

Se caracterizó la mineralogía principal que indican las facies metamórficas en el complejo Chuacús en los alrededores de la aldea Las Limas, del municipio de Salamá, Baja Verapaz, estos pertenecen a una asociación mineralógica que es: Clorita + moscovita + biotita + albita, Granate + clorita + moscovita + biotita + albita; y Moscovita + biotita + clorita.

Conclusiones Específicas

- Se analizaron petrográficamente las distintas unidades litológicas presentes en el área para llegar a determinar las siguientes asociaciones de minerales, Clorita + moscovita + biotita + albita, Granate + clorita + moscovita + biotita + albita; y Moscovita + biotita + clorita, las cuales son indicadores que el área pertenece a una facies de esquistos verdes.
- Se logró identificar las asociaciones de minerales que presentan las rocas en el área y con eso se determinó que pertenecen a una facies de esquistos verdes con un grado alto – medio de metamorfismo. Cabe mencionar que el área pertenece a un metamorfismo retrógrado.
- Se propone un modelo teórico de la facies metamórfica de esquistos verdes, según su contenido mineralógico y basado con la clasificación de Miyoshira: en una zona que pertenece a un alto grado de metamorfismo (presión y temperatura) estas rocas pueden sufrir algún otro evento

deformativo o por el simple hecho de estar en la superficie en un grado menor de metamorfismo.

Los minerales pueden ser deformados y/o sustituidos por otro mineral que sea de menor grado de metamorfismo. Por ejemplo, el granate o la biotita, que son de alto metamorfismo, pueden ser reemplazados por la clorita que es de menor grado metamórfico.

- Las unidades geomorfológicas en el área de estudio se clasificaron en: Unidades de origen denudacional y Unidades de origen agradacional. En las Unidades denudacionales se encontraron cimas estructurales, escarpes de falla y lomos estructurales, también existen geoformas de origen denudacional, como crestas y laderas, que se clasifican según su ángulo en: laderas subhorizontales, laderas moderadamente inclinadas, laderas inclinadas. Entre las geoformas denudacionales se encontraron movimientos de mesas los cuales se clasificaron en: flujos de escombros, caídas de rocas y deslizamientos de tipo rotacional.
- El área de estudio se encuentra directamente afectada por la falla del Motagua que se encuentra en el Sur y el sistema de fallas Chixoy-Polochic que está en el Norte, debido a que los resultados de la elipse de deformación estructural local, tanto frágil como dúctil resultaron en sentido sinistral.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio más a detalle de los deslizamientos que han ocurrido en el área y en sus alrededores, debido que esta zona presenta una unidad geomorfológica de laderas inclinadas en un rango de 15° a 30° de inclinación, la roca está muy meteorizada, el sector es muy húmedo y con alto índice de precipitación, por tal motivo está muy propenso a que sigan existiendo deslizamientos de laderas.

Esto podría ser una amenaza, ya que se encuentra la carretera CA-14 (que conduce de Guatemala a Cobán, Alta Verapaz), ésta ya presenta deslizamientos en otros tramos carreteros, también existen poblados y aldeas en el área como lo son la aldea Las Limas y La Ceiba.

- Implementar estudios de datación radiométrica para determinar la edad exacta de las unidades de rocas presentes en el área, las cuales son esquistos micáceos (moscovítico - biotítico), esquistos granatíferos y cuarcita.
- Clasificar la Unidad de Esquistos del Complejo Chuacús por su mineralogía, y definir la coloración para representarlos en un mapa geológico, ya que esta unidad aparece como esquistos no definidos en el mapa del IGN a escala 1:25 000, apareciendo de un mismo color.

BIBLIOGRAFÍA

- Agentes geológicos, meteorización y proyecto biosfera.* http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/3ESO/Agentes_1/contenidos.htm (28 de octubre de 2014).
- Best, Myron G. *Igneous and metamorphic petrology.* Brigham Young University. United States of America: Blackwell science Ltd, 1990.
- Donnelly, TW, Et. Al. *Northern Central America: The maya and Chortis blocks.* The Caribbean Region: United States of America. The Geological Society of America, 1990.
- Flores Naranjo, Gonzalo Bolivar. *Interpretación de lineamientos estructurales a partir del mosaico.* Mundo geo. United States of America. Geological Survey, 2008.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-. *Division hidrológica de Guatemala.* <http://www.insivumeh.gob.gt/riosdeguatemala.html> (fecha 19 de octubre de 2014)
- Mackenzie. WS. y C. Guilford. *Atlas of rock-forming minerals in thin section.* England: Longman, 1998.
- Petrología metamórfica.* Universidad de Granada. España: Departamento de mineralogía y petrología, 2004.
- Ragan, Donald M. *Geología estructural, una introducción a las técnicas de geometría.* Barcelona, España: Omega, 1980.
- Simmons, Charles. Et. Al. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala.* Guatemala: Editorial Piedra Santa, 1959.
- Tarbutck, Edward J. *Ciencias de la tierra, una introducción a la geología física.* Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España: Ciencias de la tierra, 2005.



Tiu Castro, Juan Ricardo. *Cartografía geológica en los alrededores de la finca Las Camelias en el límite sur de San Miguel Tucurú, A.V. y Norte de Purulhá B.V.* Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2008.

Smulikowski. Witold, Et. Al. *Propuesta de la subcomisión sobre sistemática de rocas metamórficas de la IUGS.* <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/IUGS/tipos.htm> (20 de octubre de 2014).

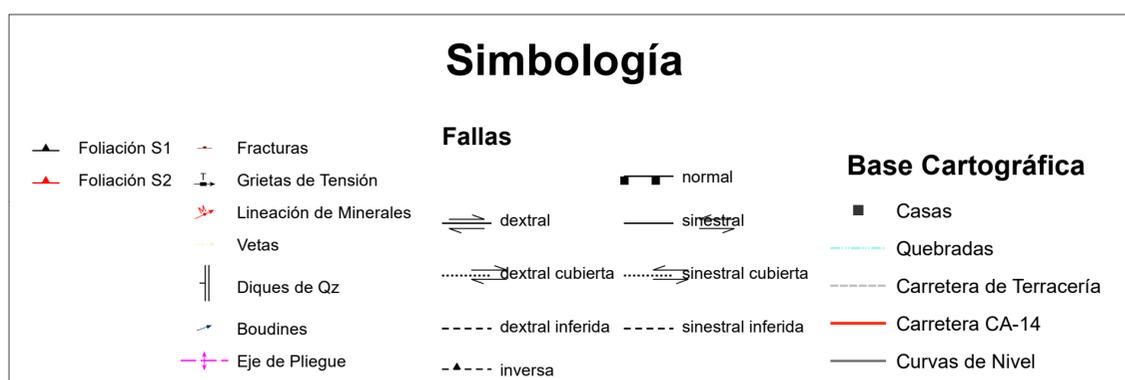
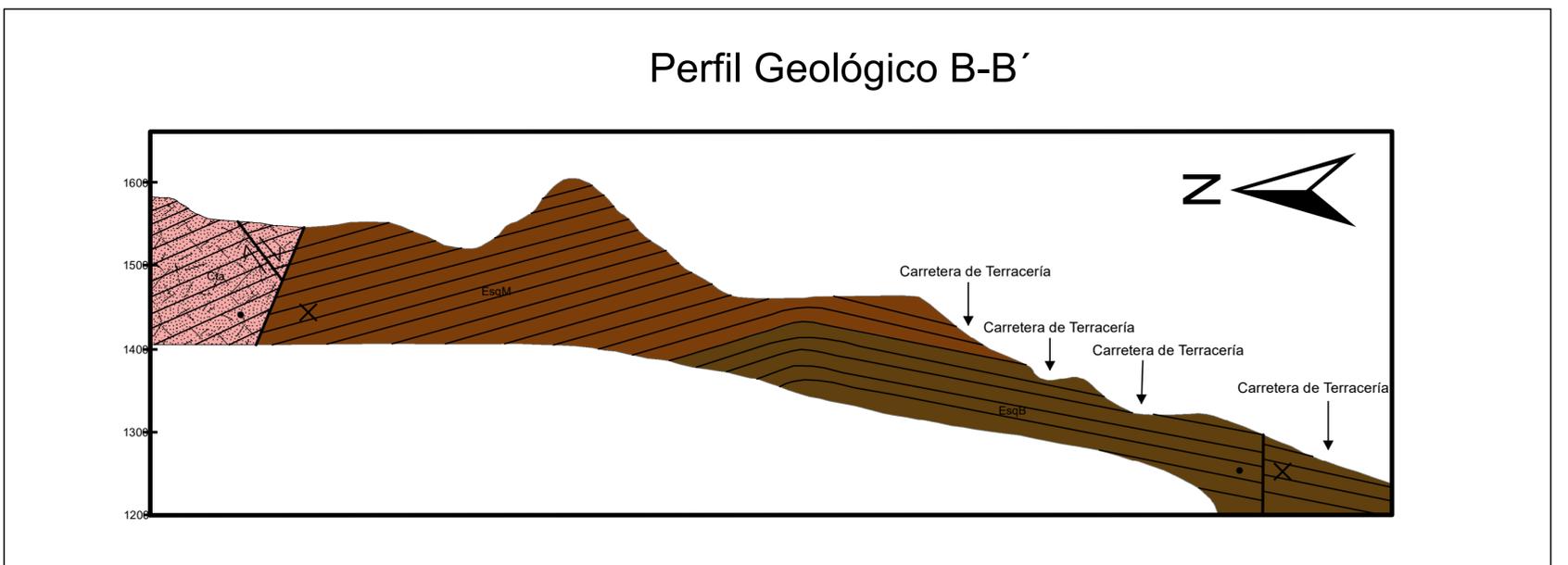
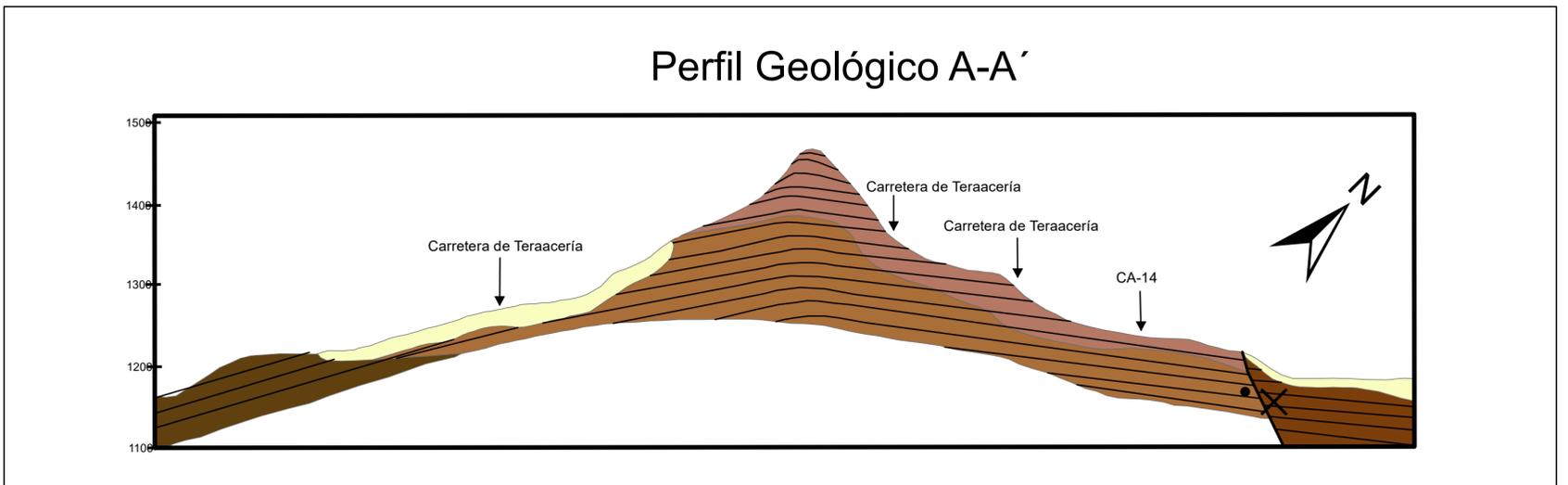
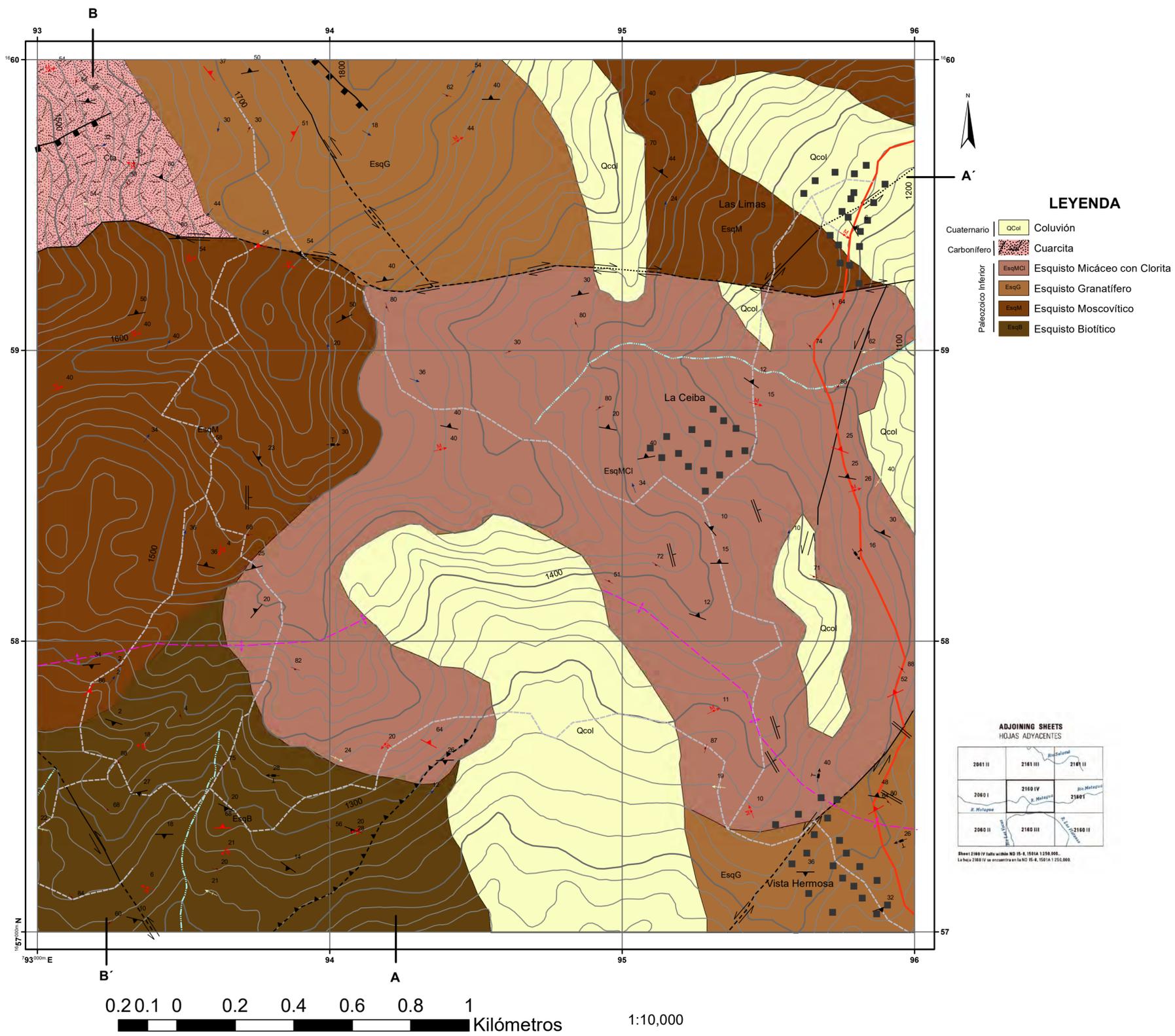


V^oB^o
Adán García Véliz

Adán García Véliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario



ANEXO I
MAPA Y PERFIL GEOLÓGICO



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
GEOLOGÍA DE BAJA VERAPAZ: análisis petrográfico y mapeo geológico de las unidades litológicas en un área de 9Km² a escala 1:5,000, en los alrededores de la aldea Las Limas del municipio de Salamá.

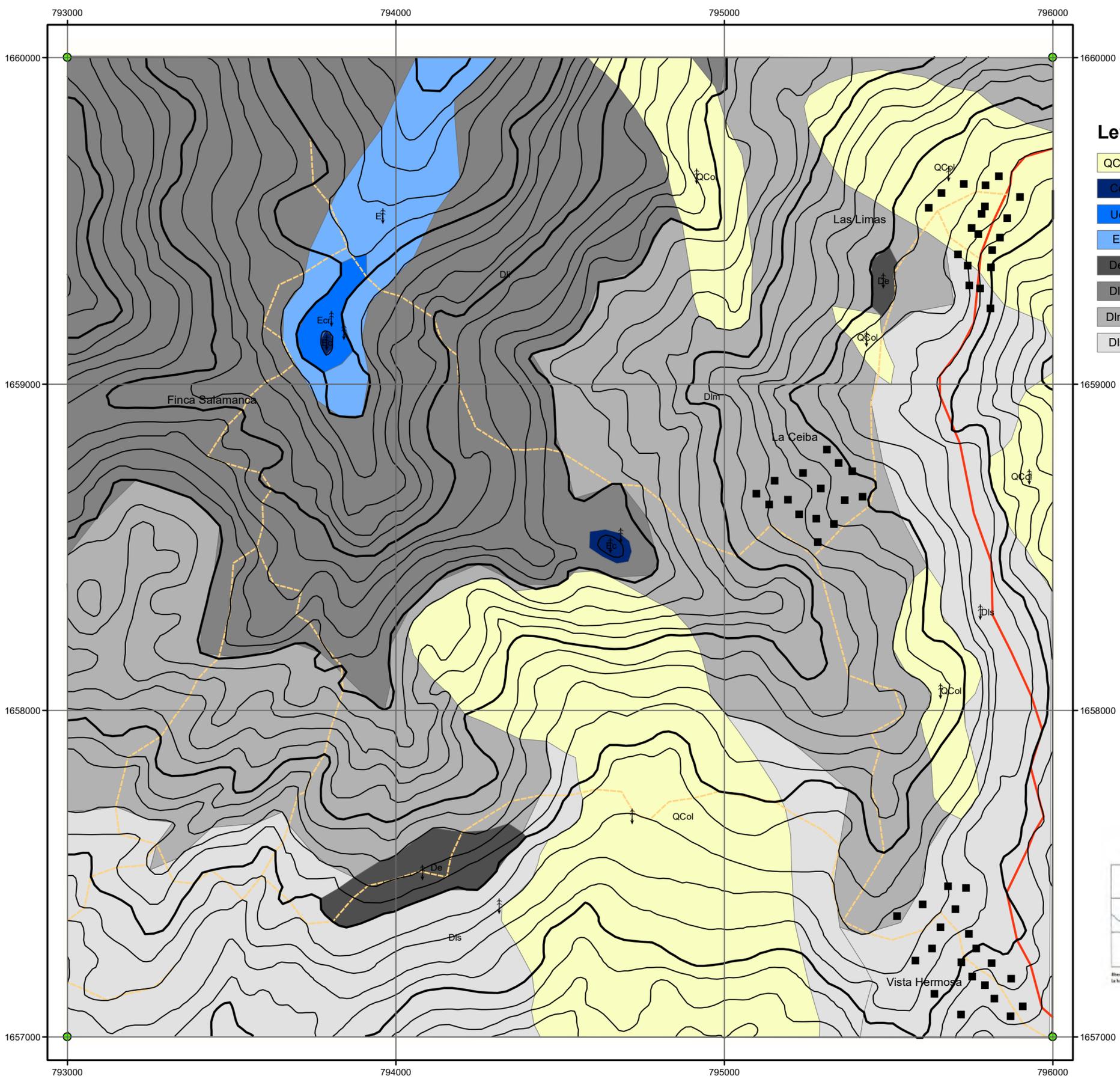
Contiene: **MAPA Y PERFIL GEOLÓGICO**

Trabajo Realizado por: **Luis Alejandro René Grajeda Micheo** 200840407

Escala Numérica: 1:10,000 Revisado por: **Ing. Silvia Cortez** Referencia Espacial: WGS 1984 ZONA 15 UTM

MAPA 1

ANEXO II
MAPA GEOMORFOLÓGICO

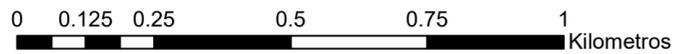


Legenda

- QCol Coluvion
- Cc Cima
- Uc Cresta
- El Loma
- De Escarpe
- Dli Laderas Inclinadas
- Dlm Laderas Moderadas
- Dls Laderas Subhorizontales



1:10,000



Simbologia

- ↓ Deslizamientos de Rocas
- ↕ Deslizamientos Rotacionales

Base Cartografica

- Casas
- - - Carretera de Terraceria
- Carretera CA-14



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

GEOLOGÍA DE BAJA VERAPAZ: análisis petrográfico y mapeo geológico de las unidades litológicas en un área de 9 Km² a escala 1:5,000, en los alrededores de la aldea Las Limas del municipio de Salamá.

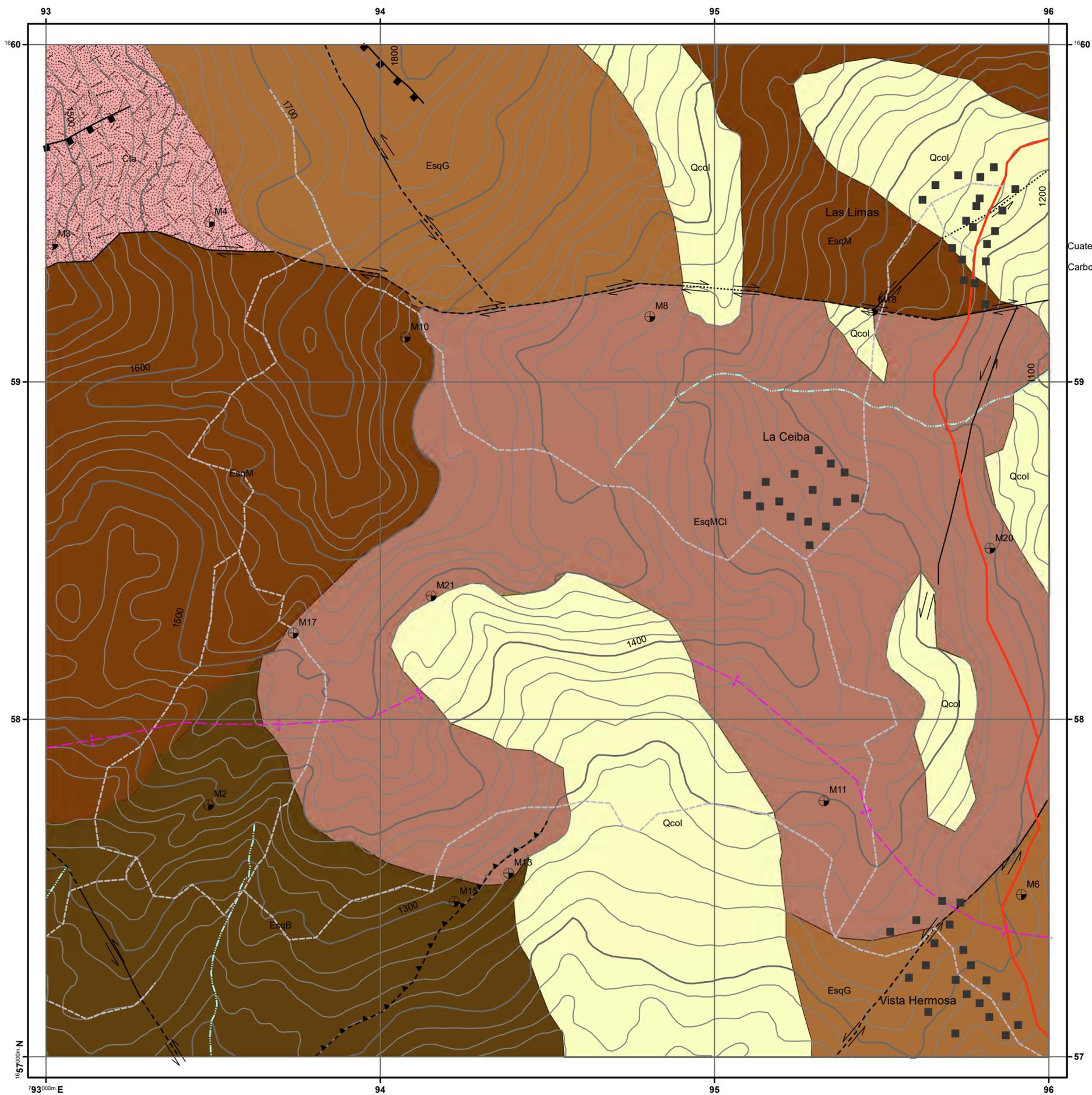
Contiene:

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Trabajo Realizado por: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo 200840407			MAPA 2
Escala Numérica: 1:10,000	Revisado por: Ing. Silvia Cortez	Referencia Espacial: WGS 1984 ZONA 15 UTM	

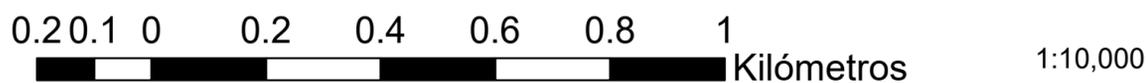
ANEXO III

MAPA CON MUESTRAS DE ROCAS



LEYENDA

Cuaternario	Qcol	Coluviación
Carbonífero	Cuarcita	
Paleozoico Inferior	EsqMCI	Esquisto Micáceo con Clorita
	EsqG	Esquisto Granatífero
	EsqM	Esquisto Moscovítico
	EsqB	Esquisto Biotítico



Simbología

- Casas
- ⊕ Muestras de Rocas
- Quebradas
- - - Carretera de Terracería
- Carretera CA-14
- Curvas de Nivel



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

GEOLOGÍA DE BAJA VERAPAZ: análisis petrográfico y mapeo geológico de las unidades litológicas en un área de 9Km² a escala 1:5,000, en los alrededores de la aldea Las Limas del municipio de Salamá.

Contiene: **MAPA CON MUESTRAS DE ROCAS**

Trabajo Realizado por:
Luis Alejandro René Grajeda Micheo 200840407

Escala Numérica:
1:10,000

Revisado por:
Ing. Silvia Cortez

Referencia Espacial:
WGS 1984 ZONA 15
UTM

MAPA 3

ANEXO IV

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DE ROCAS

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M3		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 01/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0793020	UTM_Norte: 1659409	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Finca salamanca			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural – composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		Quebrada Sin Nombre
	X					

VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:

Gnéisico, bandeamientos de cuarzo y micas.

CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento	(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa sinistral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)
Estratificación (So)	52	N351	
Foliación (S1, S2, etc):			
Lineaciones:	54	N002	
Pliegues:	71	N182	
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:			F2: F3:
Diaclasas: No persistente Persistente			
J1		X	54
J2			
J3			
J4			
Otras:			

Fotografía No. 1

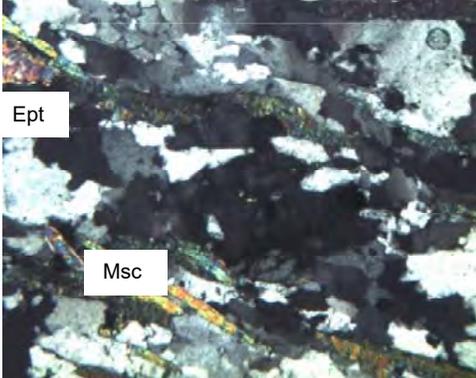
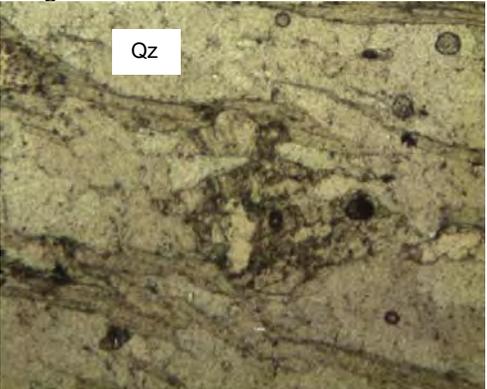


Fotografía No. 2



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
		X					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced) Bandeado				Continuo (Continuous)	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Cuarzo	60	Moscovita Biotita Distena	20 10 10				
TEXTURAS: Gnéisica							
TIPO DE ALTERACION: Epidotización							
OTROS DATOS:							
Fotografía No. 1 <div style="text-align: center;">  </div>							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
cuarzo	75	moscovita	20	epidota	5	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblastica equigranular Microtexturas de deformación: Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita y Cuarzo	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
				Anhedral	100-1000 (µm)	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Cuarzo arenita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Cuarcita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M4		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 04/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0793489	UTM_Norte: 1659475	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Finca Salamanca			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural - Composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)	Carretera de terracería finca Salamanca	
	X					

VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:

Gneisica

CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: <small>B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento</small>		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...).
Estratificación (So)		S1	30/N290	(I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)
Foliación S2		52	N190	
Lineaciones:		58	N180	
Pliegues:		70	N030	
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1: D		28	N290	F2: F3:
Diaclasas:	No persistente Persistente			
J1				
J2				
J3				
J4				
Otras: Boudinage		44	N148	

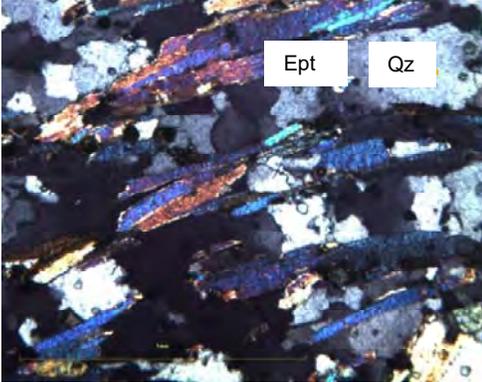
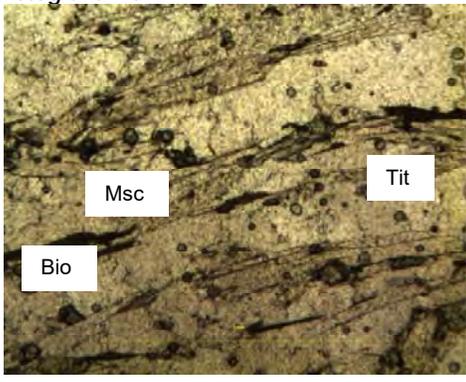
Fotografía No. 1

Pliegue tipo M donde se observan los planos axiales.



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
		X					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced) Bandeado					Continuo (Continuous)	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo	60	Biotita Moscovita Feldespatos		10 20 10			
TEXTURAS: Gneisica							
TIPO DE ALTERACION:							
OTROS DATOS:							
<p>Fotografía No. 1</p> 							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	3%
Cuarzo Moscovita	57 15	Granate Biotita	10 10	Epidota	5	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: lepidoporfidoblastica Microtexturas de deformación: Saturación de minerales, micas alineadas, extinción ondulante, granates deformados y fracturados. Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Cloritización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				granate, biotita, epidota, moscovita	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo	Anhedral	100-1000 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Cuarzo arenita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Cuarcita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M6		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS84	
FECHA: 08/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0795918	UTM_Norte: 1657481	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: CA - 14			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)	CA - 14	
X						

VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:

Esquistoso

CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento	(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...): (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)	
Estratificación (So)				
Foliación (S1, S2..etc):	34	N220		
Lineaciones:				
Pliegues:				
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1: D	84	N042	F2:	
Diaclasas:	No persistente	Persistente	F3:	
J1	X	80	N260	
J2	X	48	N196	
J3		X	80	N230
J4				
Otras: Grietas de Tensión	26	N160		

Fotografía No. 1

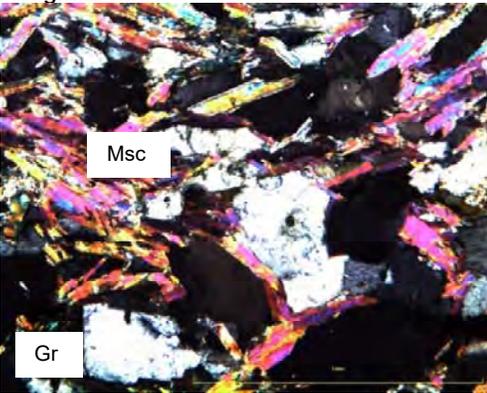
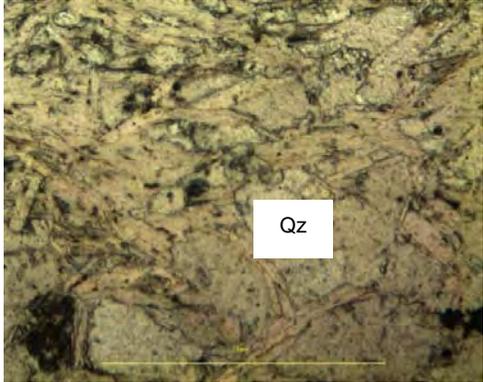


Fotografía No. 2



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) Esquistoso	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Moscovita Granate	40 30	Cuarzo Biotita Clorita	20 5 5				
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Cloritización							
OTROS DATOS:							
<p>Fotografía No. 1</p> 							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	5%
Moscovita	40					
Granates	40					
Cuarzo	15					
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: porfidolepidoblastica Microtexturas de deformación: Cuarzo ondulante, micas cruzadas, granates con bordes de clorita, biotita en deformación a clorita. Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Cloritización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, Granates, Biotita, Glaucofana	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo, Clorita	Anhedral	100-1000 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filitas		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Granatifero						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M8		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 10/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0794807	UTM_Norte: 1659195	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Finca Salamanca			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

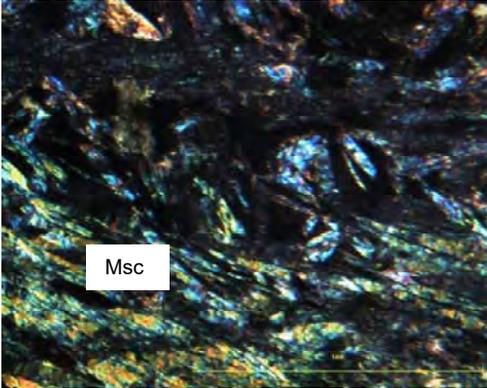
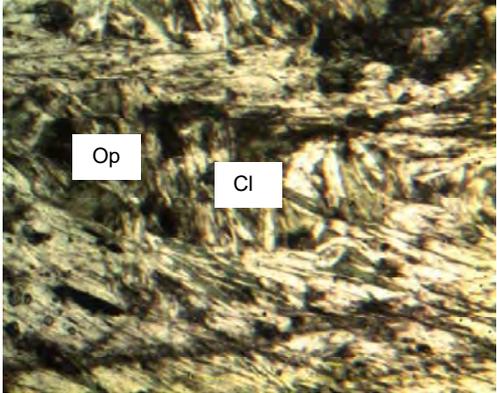
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	X					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:						
Esquistoso						
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...).		
Estratificación (So)				(I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Foliación (S1, S2..etc):		56	N352			
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:						F2:
Diaclasas:						F3:
	No persistente	Persistente				
J1		X	80	N100		
J2	X		82	N076		
J3						
J4						
Otras:						

Fotografía No. 1



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) Esquistoso	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Moscovita Cuarzo	40 20	biotita clorita feldespatos		20 10 10			
TEXTURAS: Esquistoso							
TIPO DE ALTERACION: Cloritización							
OTROS DATOS:							
Fotografía No. 1 							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	2%
Moscovita Clorita	60 30	Cuarzo	8			
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Lepidoblastica Microtexturas de deformación: Micas cruzadas, extinción oblicua. Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, Hornblenda, Biotita, Epidota	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo, Clorita	Anhedral	100-1000 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Moscovítico						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografia No. 1 				Fotografia No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M10		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 14/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0794075	UTM_Norte: 1659133	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Finca Salamanca			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

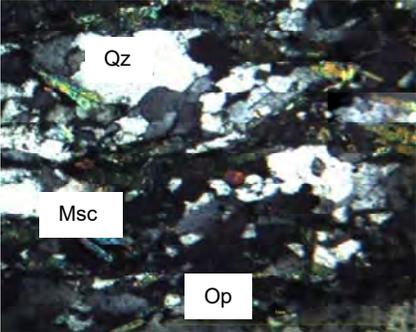
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)	Carretera de terracería Finca Salamanca	
	X					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:						
Esquistoso						
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa sinistral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		40	N350			
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo)		F1:		F2:		
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F3:		
J1		X	80	N250		
J2						
J3						
J4						
Otras:						

Fotografía No. 1



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) Esquistoso	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Moscovita	40	Biotita Cuarzo		30 30			
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Epidotización							
OTROS DATOS:							
Fotografía No. 1							
							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	5%
Cuarzo	30	Moscovita Biotita	35 20	Titanita	10	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblastica Microtexturas de deformación: Cuarzo ondulante, micas cruzadas. Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Epidotización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, Biotita, Titanita, Epidota	Euhedral	
					Subhedral	20-1000 (µm)
Cuarzo	Anhedral	100-500 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Moscovítico						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M11		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS84	
FECHA: 17/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0795328	UTM_Norte: 1657760	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Finca Salamanca			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

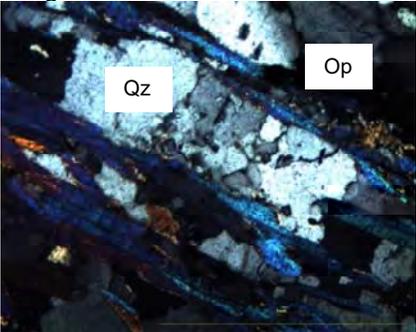
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	X					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:						
Esquistosa						
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinestral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinestral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		10	N245			
Lineaciones:		11	NF			
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2:		
Diaclasas: No persistente Persistente				F3:		
J1		X	87	N286		
J2						
J3						
J4						
Otras:						

Fotografía No. 1



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) Esquistoso	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo Moscovita	25 30	Granate Biotita Feldespato		20 10 10	Distena	5	
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Cloritización							
OTROS DATOS:							
Fotografía No. 1							
							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
cuarzo Moscovita	35 20	Granate Clorita	20 20	Titanita	5	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblástica Microtexturas de deformación: Cuarzo ondulante, Micas cruzadas y Granates con bordes de Clorita. Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Cloritización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, granate, Titanita	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo, Clorita	Anhedral	100-1000 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto micáceo con clorita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

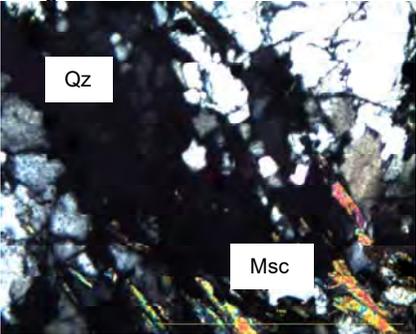
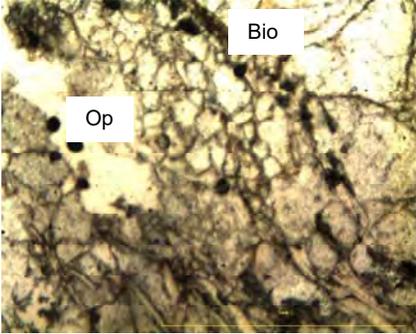
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M13		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 22/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0794384	UTM_Norte: 1657545	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Finca Salamanca			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	X					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:						
Esquistoso						
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinestral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinestral)		
Estratificación (So)		S1	26/N178			
Foliación S2		64	N028			
Lineaciones:		20	N155			
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2:		
Diaclasas: No persistente Persistente				F3:		
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						
Fotografía No.....			Fotografía No.....			

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous)	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
TEXTURAS:							
TIPO DE ALTERACION:							
OTROS DATOS:							
<p>Fotografía No. 1</p> 							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	2%
Cuarzo Moscovita Clorita	30 30 25	Albita	8	Titanita	5	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblastica Microtexturas de deformación: Cuarzo ondulante, Micas cruzadas, Retrogradación de la Biotita a Clorita Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Cloritización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, Albita, Titanita	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo, Clorita	Anhedral	100-500 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Micáceo con clorita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M15		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 24/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0794222	UTM_Norte: 1657460	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Finca Salamanca			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	X					

VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:

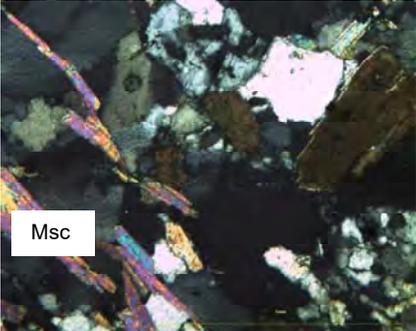
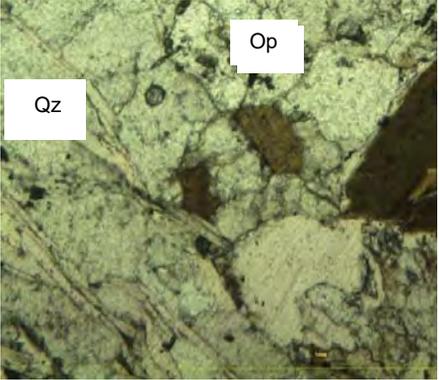
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento	(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...): (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinestral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinestral)	
Estratificación (So)				
Foliación (S1, S2..etc):	18	N160		
Lineaciones:	08	N155		
Pliegues:				
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:S	77	322		F2:
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F3:
J1	X		60	N225
J2		X	88	N062
J3				
J4				
Otras: Boudinage	12	N346		

Fotografía No.



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) Esquistoso	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo Moscovita	30 30	Biotita Clorita Distena		20 10 10			
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Cloritización							
OTROS DATOS:							
Fotografía No. 1							
							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	5%
Cuarzo Biotita Moscovita	40 30 20			Titanita	5	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblastica Microtexturas de deformación: Lamelas de deformación, micas cruzadas, alhoz de presión dentro del cuarzo. Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Epidotización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, Biotita, Titanita	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo,	Anhedral	100-1000 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Moscovítico						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M17		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 29/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0793740	UTM_Norte: 1658256	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Finca Salamanca			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

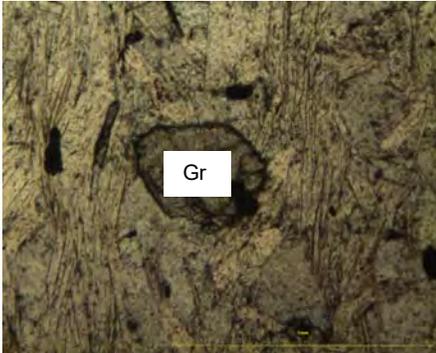
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)	Carretera de terracería Finca Salamanca	
	X					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:						
Esquistoso						
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinestral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa sinestral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinestral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		25	N345			
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo)		F1:		F2:		
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F3:		
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						

Fotografía No. 1



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)				Continuo (Continuous) Esquistoso	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Moscovita Granates	30 30	Cuarzo Biotita		20 20			
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Epidotización							
OTROS DATOS:							
<p>Fotografía No. 1</p> 							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	5%
Moscovita	30					
Granates	30					
Clorita	20					
Cuarzo	15					
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Lepidoporfidoblástica Microtexturas de deformación: Micas cruzadas, Lamelas de deformación, Granates fracturados Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Epidotización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, Granates	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo, Clorita	Anhedral	100-1000 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo: Alto - Medio		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto micáceo con clorita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M18		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 30/07/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0795474	UTM_Norte: 1659213	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Carretera de terracería que va de Las Limas a La Ceiba			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)	Carretera de terracería	
	X					

VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:

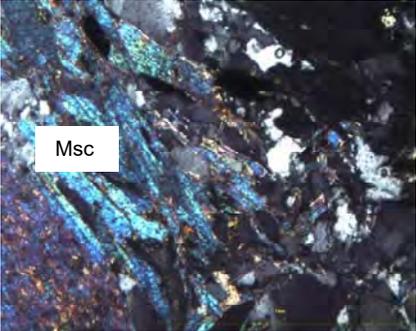
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinestral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinestral)
Estratificación (So)		23	N225	
Foliación S2.		30	N062	
Lineaciones:		25	N230	
Pliegues:				
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:S		75	N140	F2: F3:
Diaclasas:	No persistente	Persistente		
J1		X	74	N065
J2				
J3				
J4				
Otras:				

Fotografía No. 1



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) Esquistoso	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo Moscovita	30 30	Clorita Granate		20 20			
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Cloritización							
OTROS DATOS:							
Fotografía No. 1							
							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	5%
Cuarzo Moscovita Granates	25 30 20	Clorita	20			
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblastica Microtexturas de deformación: Lamelas de deformación, Micas cruzadas, Granates con bordes de Clorita Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Cloritización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, Granate	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo, Clorita	Anhedral	100-1000 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto micáceo con clorita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LG – M21		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 07/08/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0794152	UTM_Norte: 1658367	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: CA - 14			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol / El Progreso	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Luis Alejandro Rene Grajeda Micheo			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Complejo Chuacus
CLASIFICACION UTILIZADA: Textural / composicional

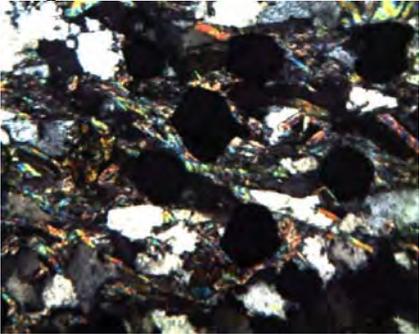
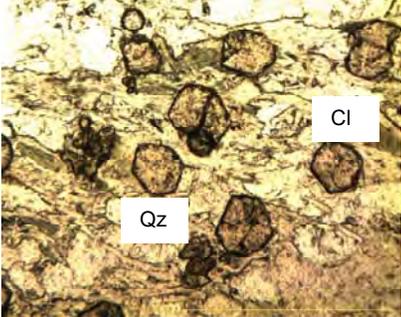
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)	Carretera CA - 14	
	X					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:						
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...): (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa sinistral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		28	N020			
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo)						
Diaclasas:						
	No persistente	Persistente				
J1	X		50	N140		
J2						
J3						
J4						
Otras:						

Fotografía No. 1



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) Esquistoso	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Moscovita cuarzo	35 25	Granates Clorita Distena		20 10 10			
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Cloritización							
OTROS DATOS:							
Fotografía No. 1							
							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	10 %
cuarzo moscovita clorita	34 20 20	Granates	15	Epidota	1	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblastica Microtexturas de deformación: Lamelas de deformación, Micas cruzadas y Granates fracturados. Microestructuras: Foliación S₁ Tipo de Alteración: Cloritización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita, Epidota; Granates	Euhedral	
					Subhedral	50-1000 (µm)
Cuarzo, Clorita	Anhedral	100-1000 (µm)				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo: Alto - Medio		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Filita		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto micáceo con clorita						
CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
Fotografía No. 1 				Fotografía No. 2 		

Otras observaciones complementarias:

No. 205-2016

USAC - CUNOR

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



El director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

TÉCNICO EN GEOLOGÍA

Al trabajo titulado:

INFORME TRABAJO FINAL DE CAMPO

PETROLOGÍA DE BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y MAPEO GEOLÓGICO DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS EN UN ÁREA DE 9 Km² A ESCALA 1:5000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS LIMAS DEL MUNICIPIO DE SALAMÁ

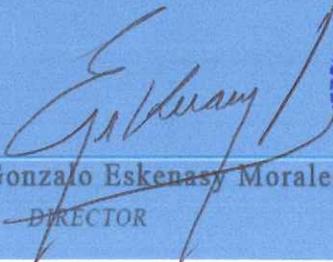
Presentado por el (la) estudiante:

LUIS ALEJANDRO RENÉ GRAJEDA MICHEO

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 06 de octubre de 2016


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

