

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**INFORME FINAL DE TRABAJO FINAL DE CAMPO
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: ANÁLISIS
CINEMÁTICO Y GEOMÉTRICO DE UN ÁREA DE 20 KM²
CARTOGRAFIADA A ESCALA 1:25 000 EN LOS ALREDEDORES
DE LAS ALDEAS LLANO DE JESÚS Y PIEDRAS BLANCAS, SAN
AGUSTÍN Y SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLÁN.**

HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE

COBÁN, ALTA VERAPAZ, MAYO DE 2017

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE CAMPO, GEOLOGÍA
ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y
GEOMETRICO DE UN ÁREA DE 20 KM² CARTOGRAFIADA A
ESCALA 1:25 000 EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS LLANO
DE JESÚS Y PIEDRAS BLANCAS, SAN AGUSTÍN Y SAN
CRISTÓBAL ACASAGUASTLÁN.

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR:
HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE
2008 42191

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO DE TÉCNICO EN
GEOLOGÍA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, MAYO DE 2017

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. admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: Br. Fredy Enrique Gereda Milián
PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Lic. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

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

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Lic. Marvin Aníbal Cuz Cuckling

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

ASESOR:

Ing. Geól. Luis Gustavo Chiquín Marroquín

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-378/2015
13 de octubre de 2015

**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 **HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE**, carné No. **200842191**, titulado: **“GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y GEOMÉTRICO DE UN ÁREA DE 20 KM² CARTOGRAFIADA A ESCALA 1:25 000 EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS LLANO DE JESÚS Y PIEDRAS BLANCAS, SAN AGUSTÍN Y SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLÁN”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Geol. Luis Gustavo Chiquín Marroquín
Docente Asesor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-120/2017
24 de abril de 2017

**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 **HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE**, carné No. **200842191**, titulado: **“GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y GEOMÉTRICO DE UN ÁREA DE 20 KM² CARTOGRAFIADA A ESCALA 1:25 000 EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS LLANO DE JESÚS Y PIEDRAS BLANCAS, SAN AGUSTÍN Y SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLÁN”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Geól. Sergio David Morán Ical
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR – USAC



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-157/2017
16 de mayo de 2017

**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

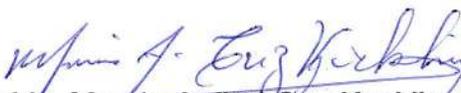
Respetables Señores:

Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y GEOMÉTRICO DE UN ÁREA DE 20 KM² CARTOGRAFIADA A ESCALA 1:25 000 EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS LLANO DE JESÚS Y PIEDRAS BLANCAS, SAN AGUSTÍN Y SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLÁN”**, del estudiante **HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE**, carné n.º **200842191**, 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


Lc. Marvin Anibal Cuz Kuckling
Docente Carrera Geología
CUNOR



c.c. Archivo.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por el estatus de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y GEOMETRICO DE UN ÁREA DE 20 KM² CARTOGRAFIADA A ESCALA 1:25 000 EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS LLANO DE JESÚS Y PIEDRAS BLANCAS, SAN AGUSTÍN Y SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLÁN, como requisito a optar el título profesional de Técnico en Geología.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Hugo Eduardo Rosales Droege', with a stylized flourish at the end.

Hugo Eduardo Rosales Droege
2008 42191

RESPONSABILIDAD

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

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

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Por darme Soplo de vida, sabiduría, gozo y fortaleza para saber enfrentar cada uno de los retos que he tenido para lograr las metas que me propuse y por los momentos buenos y malos a lo largo de toda mi vida universitaria ya que de todos me llevo una enseñanza.

A TI:

Elsa Patricia Droege García, que siempre has sido mi fuente de inspiración y lucha, dándome las fuerzas para nunca rendirme y luchar hasta el final, sin tus palabras y apoyo esto no sería posible TE AMO

AGRADECIMIENTOS

- A MIS PADRES** Eduardo y Paty por su amor, guía y consejos este logro es para ustedes.
- A MIS ABUELOS** Papachiquito y Mamachiquita, mis padres con sus consejos, apoyo y amor.
- A MIS HERMANOS** Josué y Pablo por ser mis compañeros de vida, que sigamos cosechando éxitos para honrar a Dios y a nuestros padres.
- A MIS SOBRINOS** Nicole, David, Monserrath y Katheryn, que son la fuente de mi inspiración para seguir a delante y ser un ejemplo para ustedes.
- A TI** Andrea Fetzer Leal, que has sido una parte importante en mi vida; gracias por ser mi apoyo y motivación cada día sin ti esto no sería posible, a seguir cosechando éxitos juntos. Te amo.
- A MIS TIOS** Hugo, Karla, Esther y en especial Lili que siempre has sido un apoyo incondicional en mi vida.
- A MIS PRIMOS** Karlita, Katherine, Liliann, Kristel, en especial a Hannaly, Ivonne, Yuma, Ann Elise, Daris, son parte importante en mi vida, mis hermanos.
- A MIS AMIGOS** En especial a Pablo, Dulce y José, gracias por compartir y brindarme su amistad. A TH Pancho, Chay, Alex, Otto, Renato, Marco, Eduardo, Eliud, Emilio, Alejandra y Karen, por la grata experiencia vivida.
- A LAS MUNICIPALIDADES** San Cristóbal y San Agustín Acasaguastlán por el apoyo brindado en la etapa de campo.
- A LA CARRERA DE GEOLOGÍA** Por mi formación y conocimiento adquirido durante mi carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	viii
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
MARCO CONCEPTUAL	
1.1 Antecedentes del Problema	3
1.2 Planteamiento del Problema	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 General	4
1.3.2 Específicos	5
1.4 Hipótesis	5
1.5 Justificación	5
CAPÍTULO 2	
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA	
2.1 Localización Geográfica	7
2.2 Vías de Acceso	9
2.3 Geología Regional	11
2.3.1 Estratigrafía Regional	11
2.3.2 Tectónica Regional	17
2.3.3 Geomorfología Regional	25
a. Hidrología	25
b. Clima y vegetación	27
c. Erosión	28
d. Suelo	28
e. Relieve	31
f. Meteorización	31
g. Fisiografía	33

CAPÍTULO 3		
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS		
3.1	Marco Metodológico	35
3.1.1	Pasos de la metodología y explicación	35
a.	Fase de Planificación	35
b.	Fase de Campo	36
c.	Fase de Laboratorio	37
d.	Fase de Gabinete	38
CAPÍTULO 4		
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		
4.1	Litostratigrafía Local	39
4.2	Geología Estructural Local	56
4.3	Geomorfología Local	84
CAPÍTULO 5		
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		
5.1	Análisis Litoestratigráfico Local	95
5.2	Análisis Estructural Local	97
5.3	Análisis Geomorfológico Local	132
	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES	135
	BIBLIOGRAFÍA	137
	ANEXOS	139
Anexo I	Mapa Geológico	141
Anexo II	Perfil Geológico de A – A'	142
Anexo III	Mapa Geomorfológico	143
Anexo IV	Mapa de muestras de mano	144
Anexo V	Análisis Macro y Microscópico de Muestras de Mano	145
Anexo VI	Base de Datos	169

ÍNDICE DE TABLAS

	Contenido	Página
1	Coordenadas UTM del Polígono de Trabajo	7
2	Escala de Meteorización según D.G. Moyle	32
3	Regiones Fisiográficas	33
4	Porcentaje de minerales de muestra ED-013	43
5	Porcentaje de minerales de muestra ED-008	45
6	Porcentaje de minerales de muestra ED-029	47
7	Porcentaje de Minerales de muestra ED-038	49
8	Porcentaje de Minerales de muestra ED-034 y ED-40	50
9	Porcentaje de Minerales de muestra ED-43	53
10	Falla Normal Pura	77
11	Normal Dextral en Esquistos	77
12	Normal Sinistral en Esquistos	78
13	Normal Sinistral en Gneis Milonítico	78
14	Normal Sinistral en Peridotita Serpentinizada	79
15	Inversa Dextral en Esquistos	79
16	Inversa Sinistral en Esquistos	80
17	Inversa Sinistral en Gneis Milonítico	80
18	Sinistral Normal en Esquistos	81
19	Sinistral Inversa en Esquistos	81
20	Sinistral Inversa en Gneis Milonítico	82
21	Sinistral Inversa en Peridotita Serpentinizada	82
22	Dextral Inversa en Esquistos	82
23	Dextral Inversa en Gneis Milonítico	83
24	Grados de inclinaciones de Laderas	89
25	Dinámica de esfuerzos principales para familias de Foliación S_1 en Esquistos	99
26	Dinámica de esfuerzos principales de Polos de Plano Axial S_2 en Esquistos	100
27	Dinámica de esfuerzos principales de Ejes de Pliegue en Esquistos	101
28	Dinámica de esfuerzos principales de Ejes de Boudinage en Esquistos	102
29	Dinámica de esfuerzos principales para las de Foliación S_1 en Gneis Milonítico	103
30	Dinámica de esfuerzos principales de Foliación S_1 en Peridotita Serpentinizada	104
31	Dinámica de esfuerzos principales de Polos de Plano Axial S_2 en Peridotita Serpentinizada	105
32	Dinámica de Esfuerzos Principales de Ejes de Pliegue en Peridotita Serpentinizada	106

33	Dinámica de esfuerzos principales para Polos de Planos de Grietas de Tensión en Esquistos	107
34	Dinámica de esfuerzos de Polos de Planos de Grietas de Tensión en Gneis Milonítico	108
35	Dinámica de esfuerzos de Polos de Planos de Grietas de Tensión en Peridotita Serpentinizada	109
36	Fallas Normal Pura	110
37	Fallas Normal Dextral	111
38	Fallas Normal Sinestral	112
39	Interpretación de Esfuerzos de Fallas Normales en Esquistos	113
40	Fallas Inversa Dextral	113
41	Fallas Inversa Sinestral	114
42	Interpretación de Esfuerzos de Fallas Inversas en Esquistos	115
43	Fallas Sinestral Normal	115
44	Fallas Dextral Inversa	116
45	Falla Sinestral Inversa	117
46	Interpretación de Esfuerzos de Fallas de Rumbo en Esquistos	118
47	Fallas Normal Sinestral	118
48	Interpretación de Esfuerzos de Fallas Normales en Gneis Milonítico	119
49	Falla Inversa Sinestral	120
50	Interpretación de Esfuerzos de Fallas Inversas en Gneis Milonítico	120
51	Fallas Dextral Inversa	121
52	Falla Sinestral Inversa	122
53	Interpretación de Esfuerzos de Fallas de Rumbo en Gneis Milonítico	123
54	Fallas Normal Sinestral	123
55	Interpretación de Esfuerzos de Fallas Normales en Peridotita Serpentinizada	124
56	Fallas Sinestral Inversa	125
57	Interpretación de Esfuerzos de Fallas de Rumbo en Peridotita Serpentinizada	126
58	Dinámica de Esfuerzos para Estructuras del Dominio Dúctil Dextral	126
59	Dinámica de Esfuerzos para Estructuras del Dominio Dúctil Sinestral	127
60	Dinámica de Esfuerzos para Estructuras del Dominio Dúctil	127

61	Dinámica de Esfuerzos para Estructuras del Dominio Frágil Dextral	128
62	Dinámica de Esfuerzos para Estructuras del Dominio Frágil Sinestral	129
63	Dinámica de Esfuerzos para Estructuras del Dominio Frágil	129
64	Dinámica de Elipse de Deformación Local	131

ÍNDICE DE FIGURAS

	Contenido	Página
1	Mapa de localización del área de estudio, en su contexto regional y local	8
2	Mapa de vías de acceso al área de estudio	10
3	Secuencia Lito-estratigráfica regional	16
4	Zona de subducción de Guatemala	17
5	Mapa índice que muestra el desplazamiento adyacente a la falla Polochic y estructuras asociadas en Guatemala	19
6	Elipse de deformación para movimiento sinestral	19
7	Elipse de deformación (modelo teórico falla Motagua)	21
8	Elipse de deformación para movimiento dextral	22
9	Elipse de deformación para la formación de un graven	23
10	Mapa índice de Centro América Norte mostrando rasgos tectónicos regionales	24
11	Mapa red de drenaje local	26
12	Mapa Fisiográfico de Guatemala	34
13	Familia S ₁ en Esquistos Granatífero y Moscovítico	58
14	Familia S ₁ en Gneis Milonítico	59
15	Familia S ₁ en Peridotita Serpentinizada	60
16	Familia S ₂ (Plano Axial) en Esquistos	62
17	Ejes de Pliegue en Esquistos	64
18	Ejes de Pliegue en Peridotita Serpentinizada	65
19	Eje de Boudinage en Esquistos	67
20	Familia en Fracturas en Esquistos	69
21	Familia de Fracturas en Gneis Milonítico	70
22	Fracturas en Peridotita Serpentinizada	71
23	Polos de Planos de Grietas de Tensión en Esquistos	73
24	Polos de Planos de Grietas de Tensión en Gneis Milonítico	74
25	Polos de Planos de Grietas de Tensión en Peridotitas Serpentinizadas	75

26	Mapa de Pendientes Local	90
27	Columna Litoestratigráfica Local	97
28	Familia de Foliación S_1 en Esquistos	98
29	Familia S_2 (Plano Axial) en Esquistos	99
30	Ejes de Pliegue en Esquistos	100
31	Familia de Ejes de Boudinage	101
32	Familia S_1 en Gneis Milonítico	102
33	Familia S_1 en Peridotita Serpentinizada	104
34	Familia de Polos de Foliación S_2 en Peridotita Sp	105
35	Familia de Ejes de Pliegue	106
36	Familia de Grietas de Tensión en Esquistos	107
37	Familia de Grietas de Tensión en Gneis Milonítico	108
38	Familia de Grietas de Tensión en Peridotita Serpentinizada	109
39	Normal Pura	111
40	Normal Dextral	111
41	Normal Sinistral F1	112
42	Normal Sinistral F2	112
43	Inversas Dextral	113
44	Inversa Sinistral	114
45	Familia Sinistral Normal	115
46	Familia Dextral Inversa	116
47	Familia Sinistral Inversa	117
48	Familia Normal Sinistral	119
49	Familia Inversa Sinistral	120
50	Falla Dextral Inversa	121
51	Falla Sinistral Inversa	122
52	Familia Normal Sinistral	124
53	Familia Sinistral Inversa	125
54	Elipse de Deformación Local para Dominio Dúctil	128
55	Elipse de Deformación Local para Dominio Frágil	130
56	Modelo Dinámico de Elipse de Deformación Local	131

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Contenido	Página
1	Unidad de Esquisto Granatífero, aldea Las Mesas al Norte del área.	40
2	Estructuras en la Unidad de Esquistos	41
3	Muestra de Mano ED-013.	42
4	Idioblasto de granate, aumento 4x vista PPL.	42
5	Sección delgada ED-013, vista XPL (A y C) Vista PPL (B)	43
6	Unidad de Esquisto Moscovítico, en la aldea Llano de Jesús al Noreste del área.	44
7	Muestra de mano ED-008	45
8	Muestra sección delgada ED-008	46
9	Lente de mármol en la Unidad de Esquisto Moscovítico	46
10	Muestra sección delgada ED-029, vista XPL (A) Vista PPL (B), con 4x de aumento.	47
11	Unidad de Gneis Milonítico al extremo Este, vereda de la aldea Magdalena	48
12	Sección delgada ED-038	50
13	Sección delgada ED-034	51
14	Sección delgada ED-040	51
15	Unidad de Peridotita Serpentinizada, al Sur	52
16	A y B sección ED-043	53
17	Unidad de Coluvión, sobre la carretera hacia la Finca El Guineo	54
18	Unidad de Aluvión, al sureste del área sobre la quebrada Saca Sangre	55
19	Foliaciones S_1	57
20	Foliación S_2 Plano axial de Crenulación	61
21	Ejes de Pliegue	63
22	Boudinage	66
23	Fracturas afectando principales litologías	68
24	Grietas de Tensión	72
25	Fallas Observadas	76
26	Colinas y Lomas al Noreste del área sobre la aldea Las Mesas	86
27	Crestas al Noroeste del área sobre la aldea Las Vigas	87
28	Laderas, al Noreste del área sobre la quebrada El Zanjón.	89
29	Movimiento de Masa en la aldea Llano de Jesús, debajo de la cantera.	91
30	Cantera en la parte central del área, quebrada El Chupadero.	92
31	Valle en la aldea Llano de Jesús.	93

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

Abreviatura	Denominación
Anf.	Anfíboles
Bio.	Biotita
C.A.	Centroamérica
Cl.	Clorita
Col.	Colina
Crs.	Crestas
Qz.	Cuarzo
Dip/Dir.	Dirección de Inclinación
Ep.	Epidota
Esc.	Escala
Gr.	Granate
Kms.	Kilómetros
Mt.	Metros
Msnm.	Metros sobre el nivel del mar
Mm.	Milímetros
Mosc.	Moscovita
NE.	Noreste
NW.	Noroeste
N.	Norte
No.	Número
Op.	Opacos
Opx.	Ortopiroxeno
Plg.	Plagioclasa
Serp.	Serpentina

Ca	Canteras
Col	Colinas y lomas
La	Laderas
MMs	Movimientos Masales
VPa	Valles o planicie aluvial
Cr	Crestas
TFC	Trabajo Final de Campo
Ual	Unidad de Aluvión
Ucol	Unidad de Coluvión
Uem	Unidad de Esquisto Micáceo
Ueg	Unidad de Esquisto Granatífero
Ugm	Unidad de Gneis Milonítico
Ups	Unidad de Peridotita Serpentinizada
UTM.	Universal Transversal Mercator

RESUMEN

La cartografía de superficie fue realizada al este del departamento de El Progreso. Se basó en el tema de investigación titulado: **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE EL PROGRESO**: “Análisis cinemático y geométrico de un área de 20 kilómetros cuadrados cartografiada a escala 1:25 000 en los alrededores de las aldeas Llano de Jesús y Piedras Blancas, San Agustín y San Cristóbal Acasaguastlán”.

Se determinó y definieron siete unidades de litológicas, dispuestas litoestratigráficamente de la siguiente manera: Unidad de Esquisto Granatífero en la base, sobreyacido por las unidades de Esquisto Moscovítico, *Gneis* Milonítico y Peridotita Serpentinizada respectivamente, cubiertas por depósitos coluviales y aluviales principalmente en el extremo sur.

Estructuralmente las rocas evidencian una zona dúctil, afectada por el fallamiento que provoca la falla del Motagua con movimiento lateral izquierdo. En efecto, un evento de deformación con cinemática sinistral fue demostrada en base al análisis realizado concordando geoméricamente con estructuras como ejes de pliegue tanto antiformes como sinformes, desarrollados sobre una foliación S_1 y S_2 , marcando un segundo evento de deformación. Las fallas inversas poseen una dirección preferencial NW-SE los cuales dan una dirección de fuerza (σ_1) NE-SW.

Evidencias estructurales con respecto al dominio dúctil y la geometría relacionada a ejes de pliegue, foliación S_1 y S_2 y ejes de boudinage señalan que se generaron a partir de un esfuerzo principal (σ_1) a N044 y (σ_3) a N314.

Las estructuras del dominio frágil como grietas de tensión, fracturas y fallas poseen un esfuerzo principal (σ_1) a N053 y (σ_3) a N323.

INTRODUCCIÓN

La investigación geológica regional y local de Guatemala no es sólo una herramienta técnica para el estudio de las ciencias de la tierra, sino también se ha vuelto indispensable para contribuir al desarrollo de la población a través de la ejecución de proyectos por parte de organizaciones públicas y privadas.

El siguiente trabajo tuvo como objetivo determinar la cinemática y geometría de un área de 20 kilómetros cuadrados, compuesta en su mayoría por una litología metamórfica de la cual partió un estudio de delimitación y recolección de datos para los cuales se llevaron a cabo las siguientes etapas: de recopilación bibliográfica, de campo, de laboratorio y de gabinete.

Por ello, a continuación, se describirá la caracterización general del área y parte del diagnóstico, la metodología utilizada en la etapa de campo en base a la guía de observación de campo en la que fue de importancia la medición y descripción de las principales estructuras dados los objetivos propuestos. Así también la etapa de laboratorio para aportar la información acerca de las características mineralógicas y microestructuras.

Por último, la etapa de gabinete en la cual se resume toda la investigación y pretende dar respuesta al problema planteado a manera de

identificar los rasgos estructurales evidentes en el área, para demostrar la influencia que tiene la zona de falla del Motagua con la dinámica del área.

La ejecución de dichas etapas, tuvo lugar en un período de tiempo comprendido del 1 de febrero de 2013 a 30 de enero de 2014.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El área estudio localizada al noroeste del municipio de San Cristóbal Acasaguastlán y al este de San Agustín Acasaguastlán; ha estado sujeta a diversas investigaciones que se detallarán de acuerdo a su cronología:

McBirney (1963) describió por primera vez en detalle la secuencia de rocas metamórficas y ultrabásicas que conforman en general la Sierra de las Minas, las cuales comprenden el área.

Williams, McBirney y Dengo (1964), incluye parte del área en un estudio de reconocimiento del sureste de Guatemala describiendo un granito y una secuencia de rocas verdes al sur del valle de del Motagua.

Burkart (1965), Crane (1965), Clemons (1966) y otros miembros de la Universidad de Rice realizaron un levantamiento topográfico que incluye la hoja topográfica San Agustín 2260IV a escala 1: 50 000.

Carvalho (1967) ejecutó un estudio sobre jadeíta en el cuadrángulo de San Agustín Acasaguastlán.

Morán (1993) elaboró la investigación al Norte de San Cristóbal Acasaguastlán, en la cual se afirma que las unidades aflorantes en el sitio son: Rocas Ultramáficas, Formación el Tambor, compuesta de filitas y Formación San Agustín representada por esquistos milonítico y milonita: las cuales están siendo afectadas por dos fallas de empuje con orientaciones al *NW*.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Geológicamente el área de trabajo no ha sido estudiada a detalle, sólo estudios regionales, por lo que el trabajo de mapeo que se realizará en San Agustín Acasaguastlán es de importancia para la geología del departamento de El Progreso, Guatemala. A través del presente estudio geológico, se pretende dar respuesta al siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la relación de la cinemática y geometría de las estructuras presentes en el área de estudio con la dinámica de la zona de falla del Motagua?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Análisis de la dinámica estructural local en un área de 20 km² al noreste de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, a escala 1:25 000.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- a. Describir la geomorfología y litoestratigrafía local del área.

- b. Interpretar los datos estructurales mediante análisis estereográfico para determinar la cinemática y geometría local.
- c. Proponer un modelo dinámico que demuestre la geología estructural del área, en base a datos de campo.

1.4 HIPÓTESIS

El área de investigación se encuentra en las cercanías a la zona de Falla del Motagua que posee un movimiento rumbo sinistral con orientación NE-SW, lo cual puede afectar la geología estructural del área, presentando una dirección preferencial de esfuerzos que están orientados a la misma dirección del dicho sistema de falla.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Existen aspectos fundamentales para la elaboración de la cartografía geológica, los cuales incluyen además de las características litológicas de las unidades; la geología estructural, geomorfología, mineralogía, etc. Además dependiendo del área de aplicación, estos rasgos son de utilidad para aportar criterios en el desarrollo de proyectos científicos y/o aspectos sociales como deslizamientos e inundaciones, y económicos en la prospección minera.

Así prevalece la importancia de un estudio estructural en el área dada su cercanía a la zona de falla del Motagua, ya que representa una alerta latente en cuanto amenaza sísmica debido los antecedentes, además representa un buen escenario para el estudio de la zona de cizalla lo que permite determinar el alcance y el grado de afectación evaluando la cinemática y dinámica.

Para Guatemala es importante y necesario contar con estudios que ayuden a conocer los ambientes geológicos, tanto local como regionalmente con el fin de mejorar el conocimiento de la geología del país. El estudio que se realizó es de beneficio para representar la disposición real y espacial de las unidades litológicas así como las estructuras geológicas presentes.

Asimismo, la información recabada servirá para ampliar la base de datos de la carrera de Geología del Centro Universitario del Norte, además de contribuir al desarrollo de trabajos de investigación posteriores.

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA

2.1 Localización Geográfica

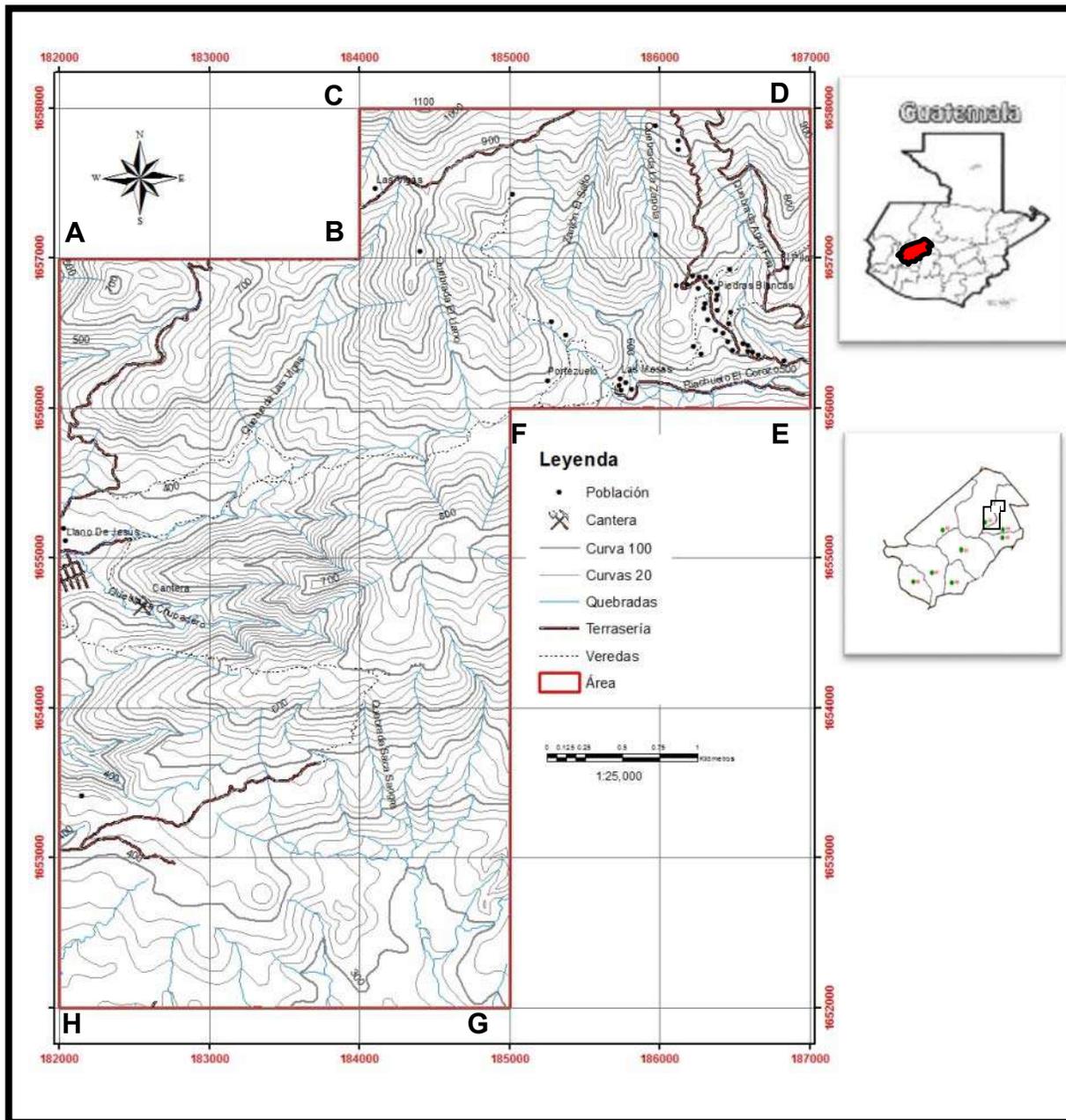
El área se encuentra localizada en el departamento de El Progreso, Guatemala, en jurisdicción de la aldea Piedras Blancas del municipio de San Cristóbal Acasaguastlán y la Aldea Llano de Jesús del municipio de San Agustín Acasaguastlán, cubriendo 20 kilómetros cuadrados (Figura 1), ubicados en la hoja topográfica San Agustín Acasaguastlán No. 2260 IV a escala 1: 50 000. Se encuentra delimitada por las siguientes coordenadas UTM del polígono (Tabla 1):

**TABLA 1
COORDENADAS UTM DEL POLÍGONO DE TRABAJO**

COORDENADAS UTM, WGS84 CENTRAL ZONA 16		
VERTICE	ESTE	NORTE
A	¹ 82000	¹⁶ 57000
B	¹ 84000	¹⁶ 57000
C	¹ 84000	¹⁶ 58000
D	¹ 87000	¹⁶ 58000
E	¹ 87000	¹⁶ 56000
F	¹ 85000	¹⁶ 56000
G	¹ 85000	¹⁶ 52000
H	¹ 82000	¹⁶ 52000

Fuente: Hoja Topográfica San Agustín Acasaguastlán 2260 IV, 1:50 000.

FIGURA 1
MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO, EN SU
CONTEXTO REGIONAL Y LOCAL



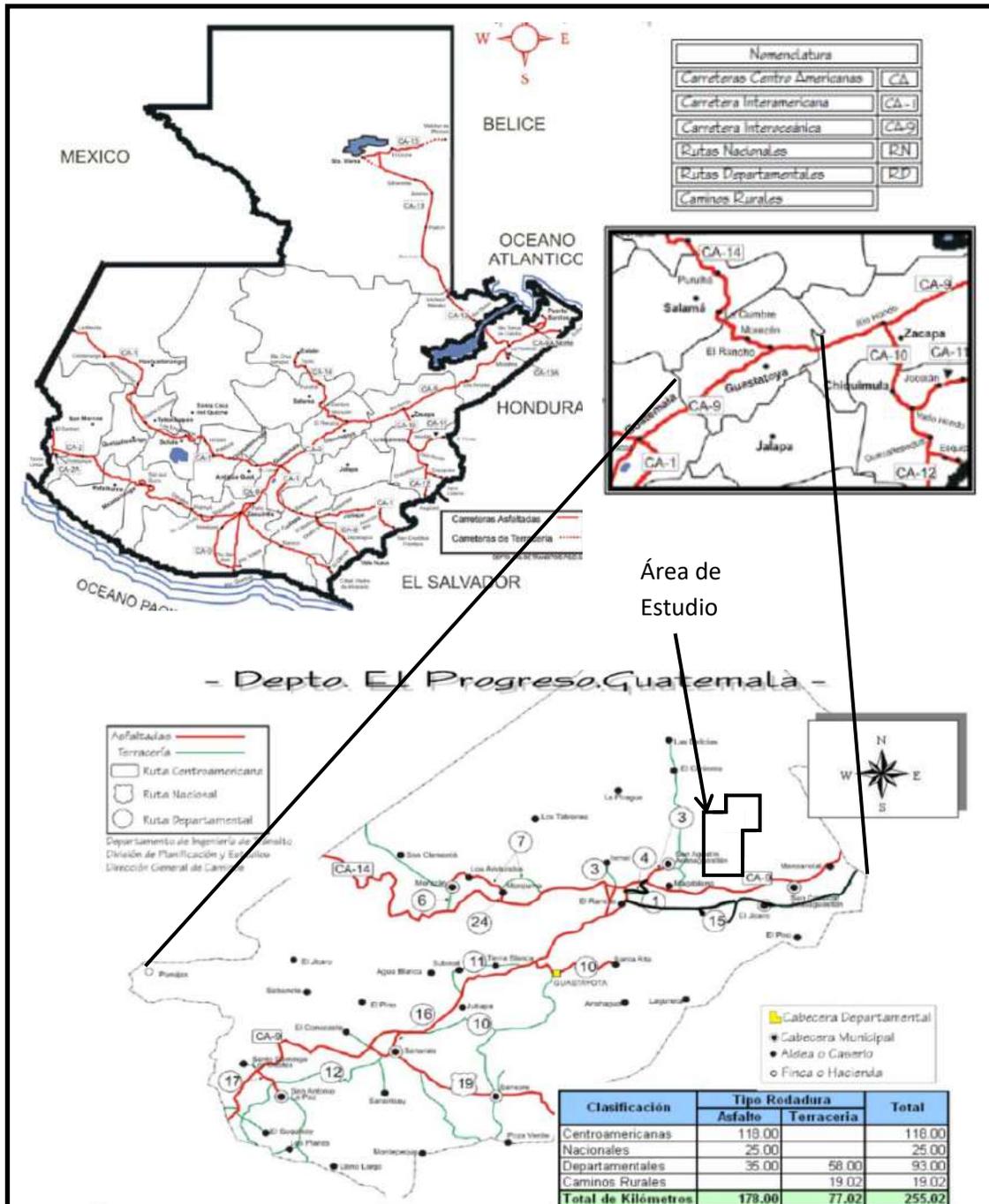
Fuente: investigación de campo 2013; modificado de la Hoja Topográfica San Agustín Acasaguastlán 2260 IV, escala 1: 50,000.

2.2 Vías de acceso

Accediendo por la carretera asfaltada Jacobo Arbenz Guzmán (CA-9N), 94 kilómetros es la distancia desde la ciudad capital de Guatemala hacia el municipio de San Cristóbal Acasaguastlán; y la distancia de la ciudad de Cobán A.V., es de 132 km, conduciendo por la carretera asfaltada CA-14.

Los accesos al área son propiamente por veredas y carreteras de terracerías hechas por los poblados cercanos al área. Figura 2.

FIGURA 2
MAPA DE VIAS DE ACCESO AL AREA DE ESTUDIO



Fuente: Mapa modificada de Proyecto de Graduación por EPS de Ana Elizabeth Rabanales Bravo, año 2007, Facultad de Arquitectura USAC.

2.3 Geología Regional

2.3.1 Estratigrafía Regional

Las diferentes unidades litológicas aflorantes han sido estudiadas por autores desde diferentes épocas lo que ha permitido una constante descripción y actualización de la información. De este modo se puede mencionar trabajos realizados en el Cuadrángulo Sanarate, elaborado por la Universidad de Nueva York - Binghamton (1.968-69); el Cuadrángulo San Agustín Acasaguastlán por la Universidad de Rice (1.968-69), el Cuadrángulo Zacapa elaborado por la Universidad de Nueva York - Binghamton (1.969-70) y el Cuadrángulo El Progreso, compilado por Carlos H. Arias.

Las unidades estratigráficas reconocidas se presentan y describen a continuación, en orden cronológico inverso (de más antiguas a más recientes) en la secuencia estratigráfica siguiente:

a. Estratigrafía del Paleozoico

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** (McBirney, 1963), La **Formación San Agustín** (Bosc 1971), La **Formación Jones** (Newcomb, 1975).¹

Existen dos unidades de rocas sedimentarias principales del Paleozoico Tardío en el bloque Maya (Fig. 3), una unidad clástica

¹ Donnelly, T; Home, GS; Finch, RC; Ramos, El. 1990. Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks. US. Trad. Chiquin, M The Geological of America pag. 4-5

inferior, llamada Grupo Santa Rosa Dollfus y de Montserrat (1868), y una caliza superior llamada Caliza Chóchal.²

1) Grupo Chuacús

“El término Serie Chuacús fue propuesto por McBirney (1.963) para agrupar una secuencia de rocas metasedimentarias que se extienden a todo lo largo de la Cordillera Central de Guatemala, al norte del Sistema Motagua. Esta Serie, que otros autores prefieren denominar Grupo (Kessler, 1 970, van de Boom, 1 972), incluye esquistos, gneises, anfibolitas y mármoles. Su espesor es desconocido y su edad fue fijada bajo la Formación Santa Rosa, del Pensilvánico.

La localidad tipo se encuentra en la Sierra de Chuacús, en cuya secuencia van de Boom (1971-1972) estableció tres zonas metamórficas: a) zona clorita sericita, b) zona de biotita y c) zona de granate. Con base a la paragénesis mineral y la distribución del tamaño de grano, el autor considera que las rocas originales fueron predominantemente lodolitas y grauwacas, con arenas, margas y calizas asociadas. En el área, estas rocas se encuentran en la parte norte de San Agustín Acasaguastlán. Trabajos anteriores han diferenciado dos unidades: una compuesta por esquistos, gneises, meta-dioritas y anfibolitas (Lpch) y otra predominantemente por mármoles (Lpch-m).³

2) Formación San Agustín

“Newcomb (1975) describe la Formación San Agustín como un miembro del Grupo Chuacús. El autor la caracteriza como un grupo de gneises cataclásticos y en menor término migmatitas.

² Ibid. pag 8

³ Empresa Propietaria de la red página visitada 12/03/2013 pag. 81-85 <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/Documento%20final%206a1.pdf>

Bosc (1.971) las describe como unas rocas esquistas miloníticas, gris claro a café claro de grano medio a fino. Su espesor observado alcanza los 150 metros, sin embargo, no se muestra su contacto inferior, mientras sobre esta unidad descansan disconformemente tanto serpentinitas dislocadas como capas rojas, esquistos verdes y anfibolitas. En el área aparecen como una banda alineada, paralela a la Falla Motagua y su litología es distintiva por su fuerte foliación y constantes plegamientos.”⁴

3) Peridotitas

En la parte central y norte del área se presentan extensamente afloramientos de peridotitas con diferente grado de serpentización. Estas se diferencian claramente en el campo por un pobre desarrollo de suelos, por lo que no son aptas para cultivos. En ocasiones, cuando se encuentran afloramientos frescos, sin serpentización o no afectadas por las estructuras, las rocas presentan un color verde oscuro o negro, opacas y de textura granular gruesa. Cuando están serpentizadas su color cambia a verde claro translúcido.

Cuando están afectadas por fracturas, estas presentan abundantes venas de magnesita pulverulenta y silica opalina, confiriéndole una estructura de stockwork. De acuerdo a Bosc (op. cit.), estas rocas están constituidas de hasta 80 % por olivino granular xenomórfico. Ensteatita es el segundo mineral más abundante, con cristales más definidos y de mayor tamaño que el olivino.”⁵

⁴ ibíd.

⁵ Ibíd.

4) Serpentinitas

Esta unidad se caracteriza por encontrarse siempre en contacto por falla, principalmente con rocas del Grupo Chuacús y migmatitas de Las Ovejas. En general está relacionada con las expresiones mayores del Sistema de Fallas Motagua. Se trata en casi su totalidad de rocas de composición peridotítica, las cuales en áreas de cizallamiento se encuentran completamente serpentinizadas. Las rocas ultramáficas son masivas, de color verde oscuro. Newcomb (op. cit.) citando a McBirney (1.967) menciona que están incluidas entre las rocas ultramáficas se encuentran cuerpos exóticos de dunita y jadeíta.

b. Estratigrafía del Mesozoico

Se desconoce la historia estratigráfica entre el Pérmico medio y Jurásico para el bloque Maya, debido a que la mayoría del área probablemente estuvo emergida durante este tiempo.

Iniciando en el Jurásico Tardío, se acumuló una secuencia de capas rojas (Formación Todos Santos). Esta es conglomerática cerca de la base, pero consiste predominantemente en capas rojas y, especialmente hacia el tope, incluye lutitas grises y verdes, calizas y yeso. El contacto inferior, donde se expone, es invariablemente una discordancia bien marcada. Cuando las unidades superiores son carbonatos, el contacto comúnmente es gradual.⁶

Una asociación ofiolítica desmembrada, llamada "**Grupo El Tambor**" McBirney y Bass (1.969), se extiende en el centro de Guatemala. La mayoría de las ocurrencias están dentro de la zona de sutura del Motagua, pero cuerpos alóctonos grandes también se localizan cerca de 20 km al sur y 50 km al norte de la zona. La litología dominante es

⁶ Ibíd. pág. 11

serpentinita, pero son abundantes las grauwacas, así como lavas en almohadillas y fragmentos de diques de diabasa.⁷

1) Grupo El Tambor

Es un grupo de rocas clásticas, que incluye por igual rocas sedimentarias carbonáticas milonitizadas y rocas metamórficas (filitas y anfibolitas). Por lo general se le asigna una edad Cretácica.

La denominación El Tambor fue utilizada por primera vez por McBirney y Bass (1.969) para describir una secuencia de “rocas verdes” y rocas metamorfozados de eugeosinclinal que afloran a lo largo del Río El Tambor.

La mayoría de los afloramientos de esta formación se presentan en forma de cinturón al sur de las migmatitas de Las Ovejas y al sur están en contacto fallado con un cuerpo de peridotitas serpentinizadas. Macroscópicamente se trata de metavolcánicos densos de color verde claro a oscuro. Los fragmentos volcánicos son holocristalinos con texturas diabásicas e intergranular, con fenocristales de hornblenda y andesina u oligoclasa. Otros tipos de rocas presentes en esta formación son grauwacas, chert, esquistos grafiticos y pizarras negras.”⁸

c. Estratigrafía del Cenozoico

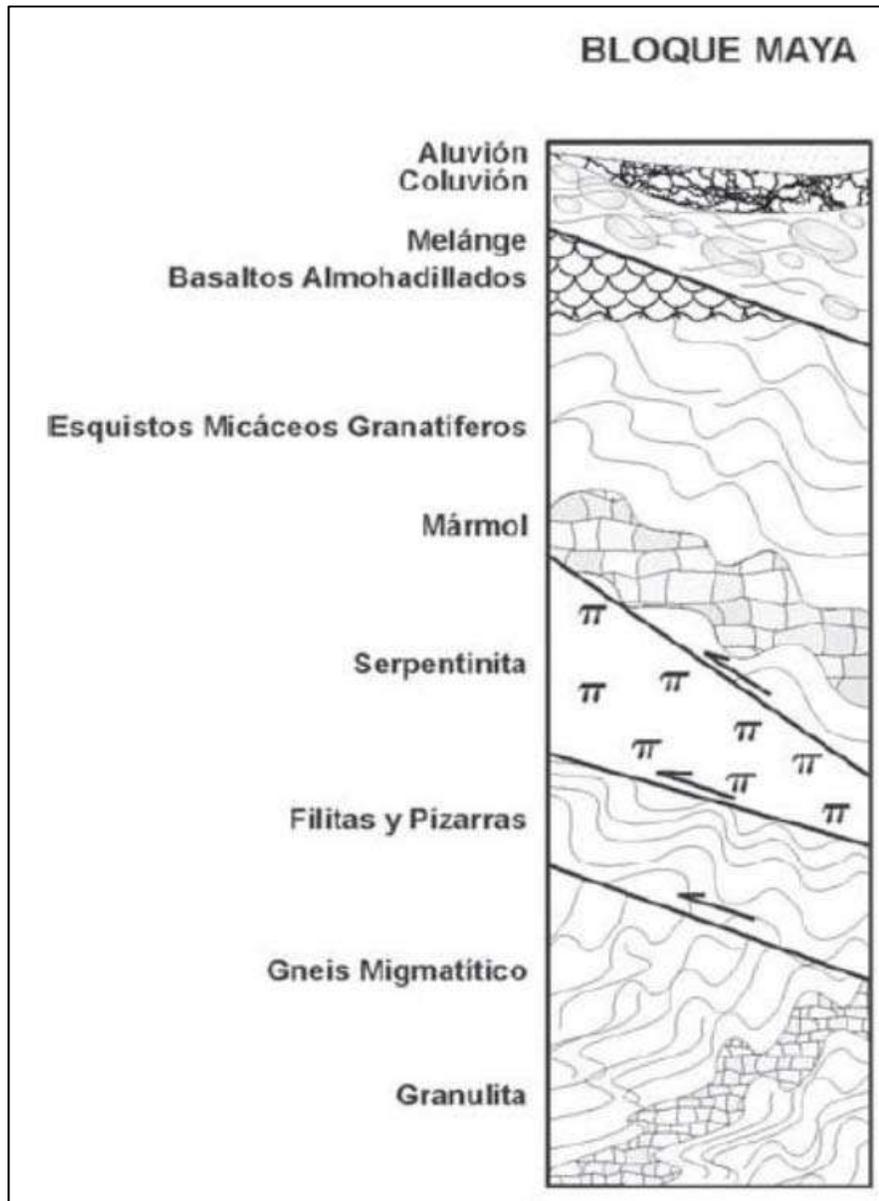
El Cenozoico medio y tardío del bloque Maya fue un período de emergencia y acumulación local de depósitos terrestres gruesos, especialmente a lo largo de la zona de sutura del valle Motagua. Depósitos marinos se ven sólo a lo largo de la costa caribeña y en el norte de Guatemala, adyacente a Yucatán.

⁷ Ibíd. Pág. 14

⁸ Ibíd.

Según la geología regional descrita anteriormente, define la base litoestratigráfica regional y la predisposición en la que deberían de encontrarse las rocas para poder definir una secuencia local. Figura 3.

FIGURA 3
SECUENCIA LITOESTRATIGRÁFICA REGIONAL



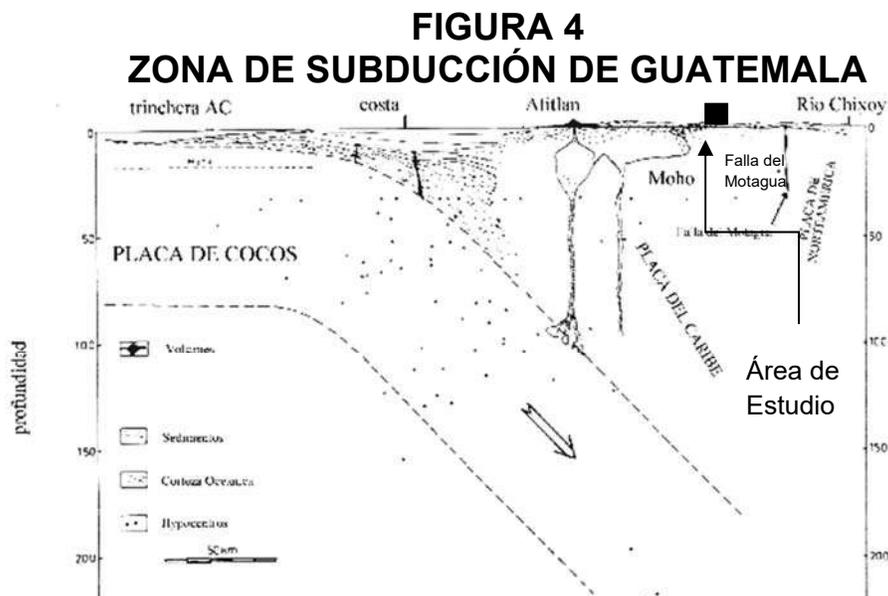
Fuente: Modificado de Mauricio Chiquin Y., Cartografía geología del cuadrángulo El Progreso escala 1: 50,000.

2.3.2 Tectónica Regional

a. Zona de Subducción

En el Suroeste del país la placa de Cocos subduce la placa del Caribe, desarrollándose una zona de subducción en el margen del pacifico produciendo la cadena volcánica hacia el continente. Esto condujo a la formación del Arco Volcánico Centroamericano, es una importante fuente de actividad sísmica en alta mar.

“El contacto entre las placas de Cocos y del Caribe es de tipo convergente, en el cual, la Placa de Cocos se sumerge debajo de la Placa del Caribe (fenómeno conocido como subducción). Este proceso da origen a una gran cantidad de temblores y formación de volcanes. El contacto entre estas dos placas está aproximadamente a 50 Km. frente a las costas del Océano Pacífico. Figura 4.



Fuente: Disponible en: <http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/programa.htm>. Fecha de consulta: 11 de Marzo de 2013.

b. Falla Cuilco-Chixoy-Polochic

La falla de Chixoy-Polochic, también conocido como falla de Cuilco-Chixoy-Polochic, es una de las principales zonas de falla en Guatemala. Descorre en un ligero arco desde la costa este de Guatemala hacia Chiapas en el Suroeste de México, siguiendo los profundos valles de los ríos Polochic, Chixoy y Cuilco.

La falla de Chixoy-Polochic corre paralela a la falla de Motagua situado unos 80 km al Sur. Ambas zonas de fallas son extensiones terrestres de la fosa de las Caimán en el mar Caribe, que marca el límite tectónico entre la placa del Caribe y la placa Norteamericana.

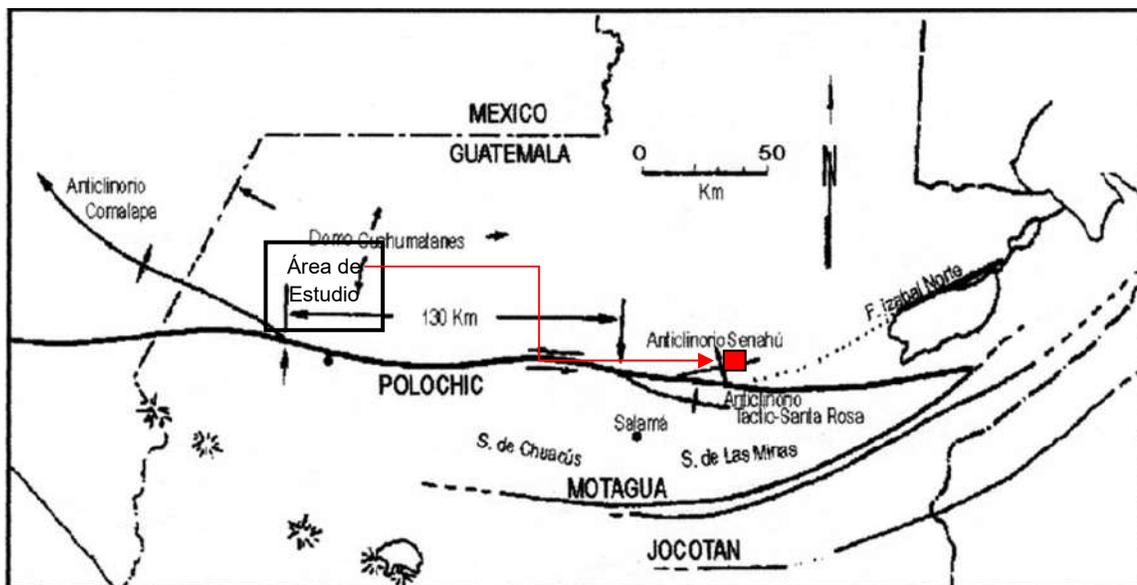
Forma también la separación geológica entre las rocas cristalinas de la sierra de Chuacús, la sierra de las Minas al Sur, las rocas sedimentarias de la Sierra de los Cuchumatanes y la Sierra de Chamá al Norte. La falla de Chixoy-Polochic fue especialmente activa durante la orogenia Laramide que se produjo durante el Terciario temprano. Si bien la actividad sísmica reciente es más prominente en la falla de Motagua, algunos estudios sugieren que la falla de Chixoy-Polochic es todavía capaz de producir terremotos mayores, como por ejemplo el terremoto de 1816 con una magnitud estimada de 7.5 a 7.8 Mw.⁹

Desplazamiento de la falla Polochic y las estructuras asociadas a esta debido a la deformación que forma. Figura 5.

La falla Cuilco-Chixoy-Polochic es de tipo sinistral siguiendo el modelo ideal. Figura 6.

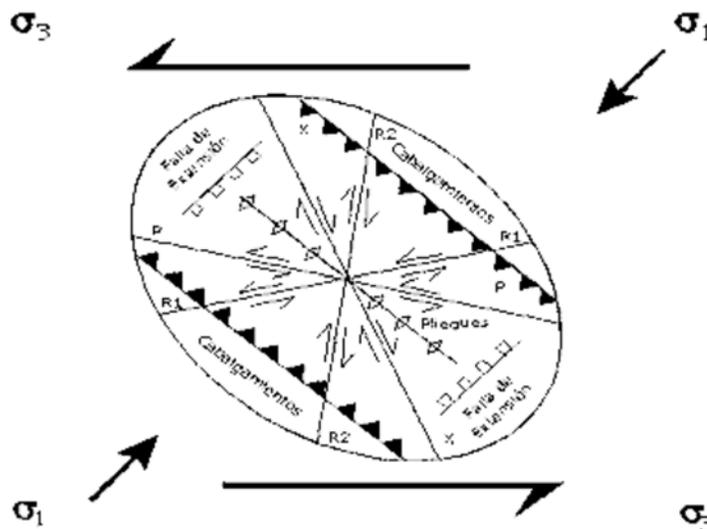
⁹ *Falla de Chixoy-Polochic*. Wikipedia enciclopedia libre. Página web consultada http://es.wikipedia.org/wiki/Falla_de_Chixoy-Polochic visitado 10/03/2013

FIGURA 5
MAPA ÍNDICE MOSTRANDO UN DESPLAZAMIENTO ADYACENTE
A LA FALLA POLOCHIC Y ESTRUCTURAS ASOCIADAS



Fuente: Modificado de Bukart, 1980.¹⁰

FIGURA 6
ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA MOVIMIENTO
SINISTRAL



Fuente: McClay, K. (1987) El mapeo geológico de estructuras, Sociedad geológica de Londres. Serie de manuales; Jhon Wiley & Sons; New York. Toronto.

¹⁰Castillo Moeschler, Ing. MSc. Geo. Bernie Gamaliel, "Evaluación de la Amenaza por Inundación en la Parte Alta de la Cuenca del río Chabón", Maestría en Gestión para la Reducción de Riesgos, Guatemala, 2009 Pag. 50-53

c. Falla del Motagua

Esta es una falla transformante en Guatemala que sigue el curso del río Motagua desde la costa del mar Caribe hasta Chichicastenango en el departamento de El Quiché. Tiene un movimiento de rumbo lateral izquierdo, haciendo parte del sistema de fallas que forman el límite entre la placa Norteamericana y la placa del Caribe. Esta falla divide dos terrenos muy diferentes: el Bloque Maya al Norte y el bloque Chortí al sur.

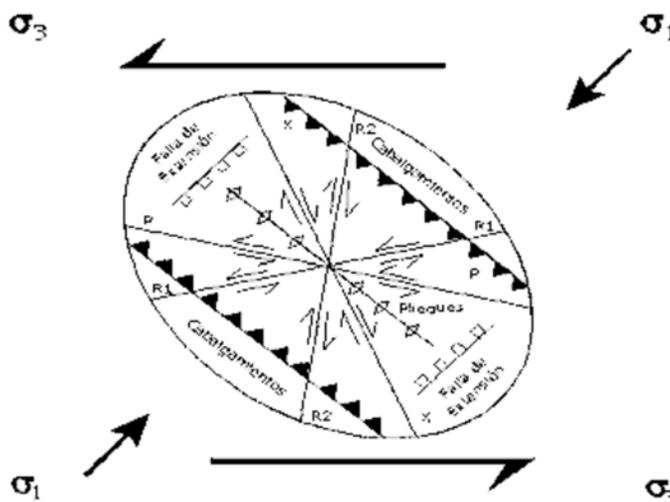
El desplazamiento de rumbo total a lo largo de la falla de Chixoy-Polochic es cercano a los 130 km (Burkart, 1978), y ha ocurrido en los últimos 10.3 millones de años. Con base en estos valores, esta falla tiene una tasa de desplazamiento (promedio sobre largo periodo) de 13 mm por año.

Poco se conoce sobre el desplazamiento de la falla de Motagua, sin embargo, el desplazamiento de depósitos sedimentarios recientes sugiere un desplazamiento entre 6 y 10 mm por año. Esta falla se formó a lo largo de una zona de sutura hace 70 a 65 millones de años. Antes de esta sutura (desde 120 millones de años, en el Cretácico medio) se piensa que constituía un límite de subducción.¹¹

Descripción gráfica del movimiento preferencial de la Falla Motagua que es de tipo sinestral. Figura 7.

¹¹ Falla de Motagua. Wikipedia enciclopedia libre. Página web consultada 10/3/2013 http://es.wikipedia.org/wiki/Falla_de_Motagua

FIGURA 7
ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA MOVIMIENTO
SINISTRAL (MODELO TEÓRICO FALLA MOTAGUA)



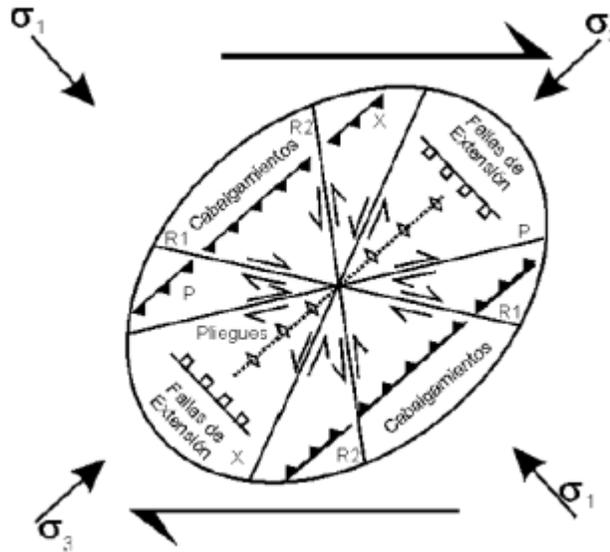
Fuente: McClay, K. (1987) El mapeo geológico de estructuras, Sociedad geológica de Londres. Serie de manuales; Jhon Wiley & Sons; New York. Toronto.

d. Falla de Jalpatagua

Carr (1976) asigna la falla Jalpatagua como dextral y propuso que las estructuras neógenas habían sido compensadas por un máximo de 9 km en sentido lateral derecho. Aproximadamente en la frontera entre Guatemala y El Salvador, la falla de Jalpatagua se extingue y la línea de origen volcánico está dividida por una fisura importante intra-arco, la depresión Central América volcánica.

La zona de falla Jalpatagua delimita al sur con el Graben de Guatemala y al norte con la pared de la caldera de Amatitlán. La falla parece constar de dos segmentos principales, la más occidental se extiende hasta el noroeste de la caldera Atitlán. El movimiento de la falla Jalpatagua que es de tipo dextral. Figura 8.

FIGURA 8
ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA MOVIMIENTO
DEXTRAL



Fuente: McClay, K. (1987) El mapeo geológico de estructuras, Sociedad geológica de Londres. Serie de manuales; Jhon Wiley & Sons; New York. Toronto.

e. Graben de Guatemala e Ipala

Los sistemas de graben y falla N-S: se refieren a sistemas de fallas normales y a grabens tales como el graben de la ciudad de Guatemala y el graben de Ipala. Estas fallas N-S se consideran estructuras de tensión provenientes de movimientos horizontales.

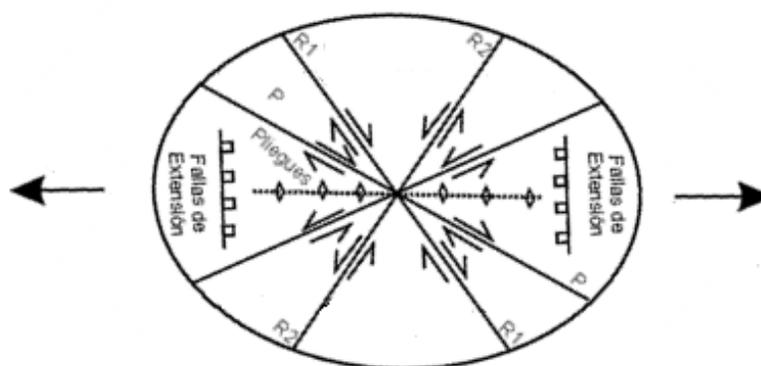
La estructura del valle de la ciudad de Guatemala es una depresión de origen tectónico tipo graben, delimitada por las fallas de Mixco y Pínula (Weyl 1980; Plafker, 1978; Bonis 1978 y 1993) acuerdo al relieve actual, el desnivel entre los bloques levantados y el graben, donde se encuentra el valle es de 500 m.

En la interpretación de la estructura del graben de la Ciudad de Guatemala, las fallas de Mixco y Pínula, son fallas normales de gran ángulo, aproximadamente paralelas de 20 kilómetros de largo, con una

orientación norte a noreste, que por su actividad han provocado la depresión tectónica que se ha rellenado por materiales procedentes de una serie de eventos de flujos de piroclastos. El graben se encuentra delimitado en el norte por rocas intrusivas y metamórficas del Cretácico, al sur de la falla del Motagua; al sur lo limita la cordillera volcánica del Cuaternario, específicamente por los volcanes de Agua y Pacaya.

El graben de Ipala está situado al sureste de Guatemala y al noroeste de El Salvador. Un estudio pionero del graben fue realizado por William et al (1964). Destacaron la alineación norte-sur de formas volcánicas. Deformación de un graben demostrada gráficamente. Figura 9.

FIGURA 9
ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA LA FORMACIÓN DE UN GRABEN



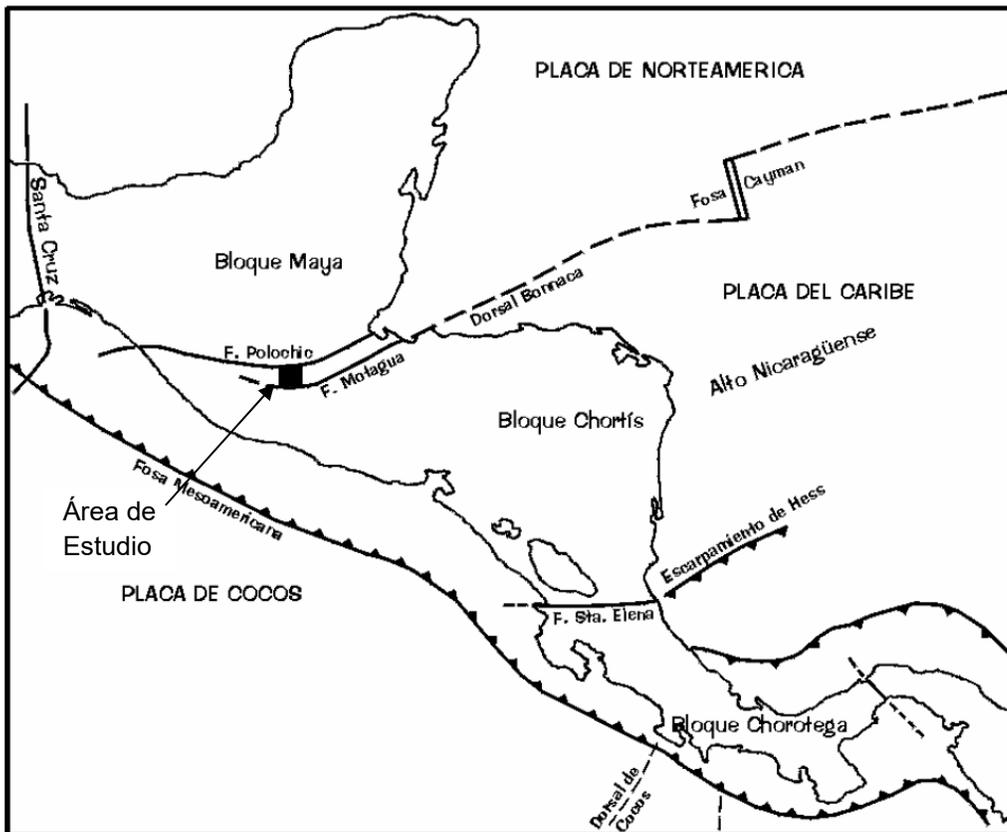
Fuente: McClay, K. (1987) El mapeo geológico de estructuras, Sociedad geológica de Londres. Serie de manuales; Jhon Wiley & Sons; New York. Toronto.

f. Mapa Tectónico Regional

Centro América Norte (nuclear) está dividido convenientemente en los bloques maya (algunas veces llamado Yucatán) y Chortís (Figura 10). La división entre los dos bloques es la zona de sutura Motagua, que sigue el río Motagua en el Este y Centro de Guatemala, pero cuya extensión oeste está cubierta por rocas volcánicas Terciarias del Oeste.

El bloque Maya incluye parte de Guatemala al Norte de la zona de sutura Motagua, Belice, la península de Yucatán, y México al Oeste del Istmo de Tehuantepec. El bloque Chortís consiste en la parte Sur de Guatemala, El Salvador, Honduras, una parte indeterminada del Norte de Nicaragua, y el Alto Nicaragüense cubierto por agua. El límite entre estos bloques a lo largo de la zona de sutura Motagua del centro de Guatemala marca la localización de la sutura entre bloques en el Cretácico tardío”.¹²

FIGURA 10
MAPA ÍNDICE DE CENTRO AMÉRICA NORTE
MOSTRANDO RASGOS TECTÓNICOS REGIONALES



Fuente: Modificado de Donnelly, et al. 1990.¹³

¹² Donnelly, T; Home, GS; Finch, RC; Ramos, EI. 1990. Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks. US. Trad. Chiquin, M The Geological of America

¹³ Ibíd

2.3.3 Geomorfología Regional

a. Hidrología

Océano: Atlántico

Mar: Caribe

Río Principal: Río Grande o Motagua

Tributario del Río Principal: Río Lato

Quebradas:

- La zapata
- El Llano
- Las Vigas
- Chupadero
- Maraguila
- Saco Sangre

El cuerpo hídrico más sobresaliente de la zona es el Río Motagua. Esta corriente es la segunda en longitud en el país, el cual atraviesa la parte central con una orientación E-W

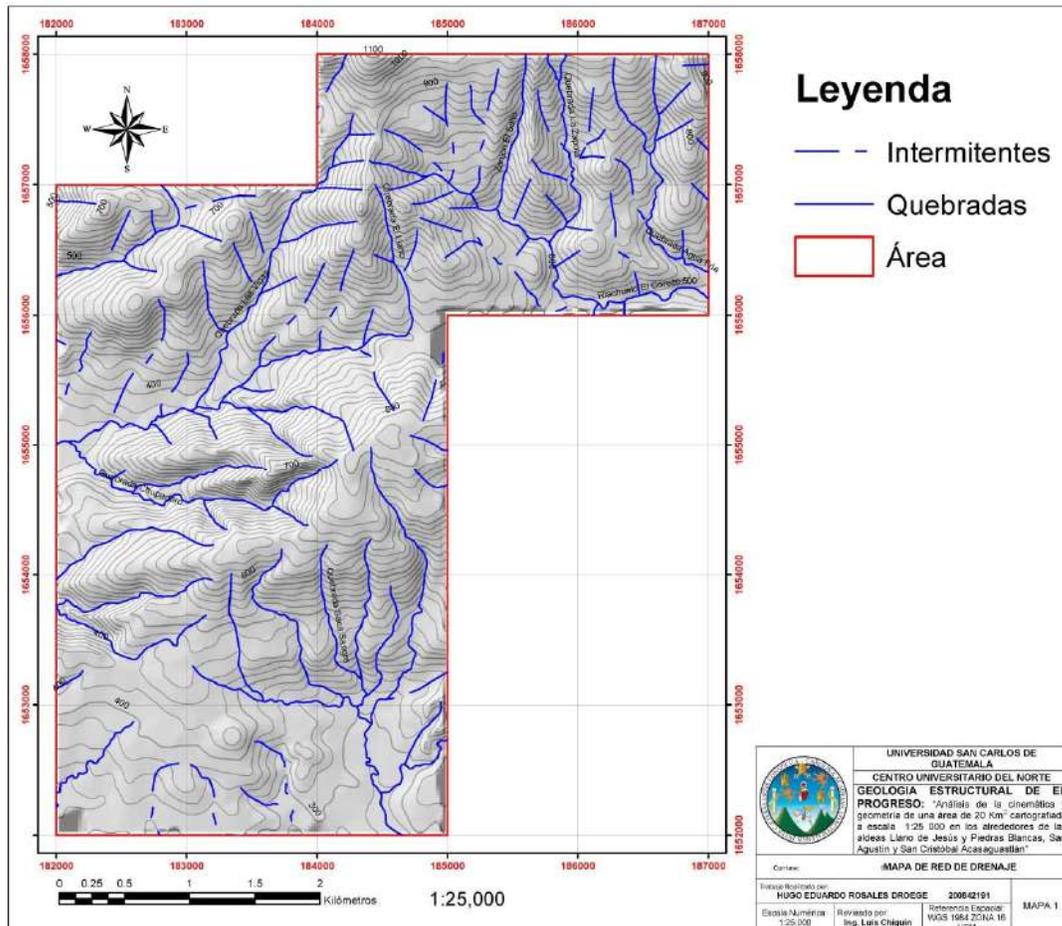
El Río Motagua nace en el Municipio de Chichicastenango. Los principales afluentes son el Río Pixcayá, Río Los Plátanos, Río Pasabien, Río Camotán, Río El Hato, Río Panajax, Río Guastatoya y Río Teculután.

Debido a la forma alargada y en general estrecha de su valle (con un ancho promedio de 52 Km. en su parte media), posee una respuesta lenta a lluvias fuertes. La mayor parte del área de la cuenca presenta una alta susceptibilidad a la erosión, sobre todo debido a la deforestación y mal manejo de los suelos. La parte media del río está caracterizada por una fuerte depresión de origen

tectónico y en su parte baja forma amplias llanuras de inundación, presentando un patrón meándrico.

Este sistema hidrográfico puede considerarse como una red de drenaje joven, de tipo dendrítico, el cual muestra fuertes pendientes en cabecera de la cuenca y relativamente bajas en los tramos cortos de confluencia. El mismo patrón se observa en las redes de drenaje locales. Figura 11.

FIGURA 11
MAPA RED DE DRENAJE LOCAL



Fuente: Elaboración propia con datos de campo. 2013, Software Arcgis 10.

b. Clima y Vegetación

En el municipio de San Agustín Acasaguastlán el clima general siempre ha sido cálido seco. La cabecera municipal tiene una precipitación pluvial de 582,80 mm al año, aproximadamente; con una temperatura promedio de 30 °C. En el municipio existen varios cerros deforestados, y otros, con abundante vegetación. También cuenta con la Sierra de las Minas que lo atraviesa por la parte Norte.¹⁴

El municipio San Cristóbal Acasaguastlán cuenta con una elevación entre 250 msnm y 2,110 msnm. Su nivel de afluencia pluvial es mínimo, su temperatura mínima oscila entre los 22 grados centígrados y como máxima 40 grados centígrados.¹⁵

En los municipios de San Agustín y San Cristóbal Acasaguastlán se presentan 3 zonas de vida las cuales se describen de la siguiente forma.

- **La región cálida** presenta: zona cálida muy seca semiárida, con vegetación de monte espinoso; zona cálida seca sub-húmeda, con vegetación de monte espinoso subtropical; zona cálida húmeda con vegetación de bosque subtropical; zona cálida pluvial húmeda, con vegetación de bosque tropical.
- **La región templada**, presenta: zona templada húmeda con vegetación de bosque tropical húmedo.
- **La región templada fría**, presenta: zona templada fría húmeda con vegetación de bosque húmedo montañosa bajo-subtropical; zona

¹⁴ Cita web <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/Documento%20final%206b.pdf> pag. 179

¹⁵ <http://www.deguate.com/municipios/pages/el-progreso/san-cristobal-acasaguastlan/recursos-naturales.php#.Us2DldJ5OSp>

templada fría pluvial, con vegetación de bosque pluvial, montañoso bajo.

c. Erosión

Según Edin Coy¹⁶, *“La meteorización afectada el área provoca que las rocas se vuelvan más suaves y por tal razón sean fácilmente erosionadas. La actividad humana, principalmente la explotación incontrolada del recurso bosque en años anteriores y aun en la actualidad (especialmente en las partes altas), ha contribuido para que la erosión haya progresado rápidamente, a tal grado que en algunas partes del área de estudio, especialmente en la unidad de mármol, el suelo haya desaparecido casi en su totalidad, dejando a la roca aflorando en superficie, algunas veces cubierta únicamente de alguna maleza y pequeños arbustos aislados.”*

d. Suelos

C. S. Simmons, Tarano y Pinto (1959) elaboraron un mapa de suelos a escala 1:250 000, el cual representa las series de suelos de la república de Guatemala, cuya clasificación era referida específicamente a la fertilidad de los suelos, peligro de erosión, capacidad de producir cosechas y su uso potencial. De acuerdo a la definición presentada por ellos: “Grupo de suelos que son semejantes en todos sus horizontes genéticos menos en la capa superior o arable del terreno y que tienen un material madre similar.”

De acuerdo a esta clasificación, en el área a investigar se presentan las siguientes unidades de suelo:

¹⁶ *Íbid.*

1) Suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios o metamórficos

Los suelos en este grupo comprenden más de tres cuartas partes del área de los suelos de este departamento. En su mayoría ocupan pendientes inclinadas que no son adaptables al cultivo, pero algunos de ellos son los más productivos de la región. En general son apropiados exclusivamente para gastos permanentes, cultivos ocasionales, o bosques; algunas áreas son buenas para café.¹⁷

En el Subgrupo A: Suelos profundo, están los suelos **Civija y Marajuma**. Se encuentran a mayor altitud, donde reciben más humedad que la mayoría de los suelos de El Progreso. En estos pueden cultivarse el café con éxito a elevaciones menores de los 1,600 metros sobre el nivel de mar.

- **Serie Marajuma (Entisol):** Estos suelos son también derivados de rocas metamórficas de bajo grado, mayormente esquistos, su color es café oscuro en superficie gradando a café rojizo a amarillo rojizo, con textura superior media y franco limoso a arcilla micácea a profundidad; posee un pH ácido (5,78), con buen drenaje y un alto riesgo de erosión debido a su escarpado relieve.

En el subgrupo B: Suelos poco profundos sobre esquisto y serpentina, están los suelos **Acasaguastlán, Chol, Chuarrancho y Sholanimá**. Están en las pendientes muy inclinadas y no son aptos para los cultivos. Casi toda el área esta en bosques o en pastos y malezas. La especie principal es el pino, pero también hay robles intermezclados en el bosque.

¹⁷ Charles S Simmons, Et. Al., Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala (Guatemala: Editorial del Ministerio de Educación Pública "José de Pineda Ibarra", 1959) pag. 107

- **Serie Acasaguastlán (Entisol):** Suelos derivados de la meteorización de rocas ultrabásicas (serpentinitas), poseen textura moderadamente fina, arcillosa o franco arcillosa, color café rojizo o café rojizo oscuro, su pH es neutro, con buen drenaje, alto riesgo de erosión y de relieve ondulado a inclinado.
- **Serie El Chol (Entisol):** Originados de rocas esquistosas, presentan un color café, café grisáceo a café amarillento, con una textura superior moderadamente fina, graduando a franco arcillosa gravosa a profundidad; su drenaje es excesivo y su pH muy ácido (4,75); presentan alto riesgo de erosión debido a su relieve muy inclinado.
- **Serie Chuarrancho (Entisol):** Son originados en rocas esquistosas (pH ácido), sobre relieves escarpados. De color café a café claro, con buen drenaje interno; su textura es arcillosa a franco-arcillosa; poseen un alto riesgo a la erosión y un potencial de fertilidad de regular a bajo.
- **Serie Sholonimá (Entisol):** Suelos derivados de rocas ultrabásicas, específicamente serpentinitas en relieves inclinados con textura arcillosa color café muy oscuro y buen drenaje interior; su pH es neutro con un potencial de erosión y un potencial de fertilidad regular a alto.

En el subgrupo C. Suelos poco profundos sobre piedra caliza y esquisto arcilloso están los suelos **Sansare y Subinal**. Ocupan pendientes inclinadas al sur del río Motagua y no son buenos para los cultivos limpios, pero como son fértiles y carecen de piedras grandes, gran parte del área se usa para la producción de maíz con labor manual. La erosión es seria en muchas partes.

- **Serie Sansare (Entisol):** Suelos derivados de esquistos arcillosos calcáreos, originados en áreas con declives inclinados, color gris oscuro y buen drenaje interior. Su textura superior es franco-arcilloesquistosa o gravosa. Poseen un pH neutro, su potencial de erosión es alto y su potencial de fertilidad es regular.
- **Serie Subinal (Entisol):** Suelos de color café muy oscuro y textura arcillosa muy fina, derivados de rocas sedimentarias carbonatadas (calizas). Su drenaje es excesivo y su pH alcalino (7,90); poseen un alto riesgo de erosión por su declive muy alto.

e. **Relieve**

La parte norte del área se encuentra más accidentada con inclinaciones de hasta 45 grados y en la parte sur se han identificado más planicies con ligeros cambios de 10 a 15 grados; en análisis de alturas se tiene una cota más baja de 270 y la más alta la 1100, la diferencia de altura aproximada es 830 metros. En las áreas inundables, los factores que intervienen son altas pendientes y las condiciones climáticas de esos efectos que al interactuar producen las precipitaciones orográficas. Las tierras sin cobertura boscosa, provocan las áreas de inundación, debido a las abruptas pendientes del relieve.

f. **Meteorización**

Según Edin Coy¹⁸, *“Se puede considerar que el grado de meteorización, especialmente química, que ha afectado a las rocas, es alta, lo anterior puede corroborarse por la oxidación que*

¹⁸ Coy Macz, Edin Andres. TFC, “ESTUDIO GEOLOGICO PARA DETERMINAR LA EXPLOTABILIDAD DE MARMOL EN LA ALDEA VADO ANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO”, Trabajo Final de Campo, Cobán, Alta Verapaz, 1997, Pág. 7.

presentan las rocas principalmente la serpentina y los esquistos micáceos, debido a la presencia de minerales ferromagnesianos que se han oxidado de tal manera que han pigmentado los suelos de color rojizo muy característico para cada unidad.”

Clasificación según el grado de meteorización de las rocas presentes, según D.G. Moyle. Tabla 2.

TABLA 2
ESCALA DE METEORIZACIÓN SEGÚN D.G. MOYLE

Grado de Meteorización	Denominación	Criterios de Reconocimiento
I	Sana	Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa.
II	Sana con juntas teñidas de óxidos	Las caras de las juntas estan manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre ellas mantiene el color y el lustre de la roca sana.
III	Moderadamente Meteorizada	Claramente meteorizada a travez de la petrofábrica reconociendose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variacion de color en toda la masa, generalmente a colores tipicos de oxidos de hierro, la resistencia de la roca puede variar desde muy analoga a la roca grado II a bastante mas baja, pero tal que trozos de 25 cm ² de seccion no pueden romperse en mano.
IV	Muy Meteorizada	Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse y romperse a mano, aunque sus elementos son perfectamente reconocibles.
V	Completamente Meteorizada	Material con aspecto de suelo, completamente descompuesto por meteorizacion “in-situ” , pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original. Los elementos constitutivos de la roca se encuentran diferenciados, aunque totalmente diferenciados.

Fuente: <http://unasam.edu.pe/facultades/minas/pdfs/8Trabajo.pdf>.

g. Fisiografía

Tierras Altas Cristalinas

El área de trabajo pertenece de acuerdo a la clasificación de las regiones fisiográficas a las *tierras altas cristalinas* (Tabla 3); caracterizada por altas pendientes y elevaciones de 1,500 a 3,000 metros sobre el nivel del mar (msnm), compuestas por un metamorfismo intermedio con dominancia de rocas serpentinas gneises y esquistos con pequeñas incrustaciones de material plutónico de granito, formando una región distinta volcánica del Sur, compuestas por un arco de forma convexa de este a Oeste del país y al Norte del departamento (Figura 12).

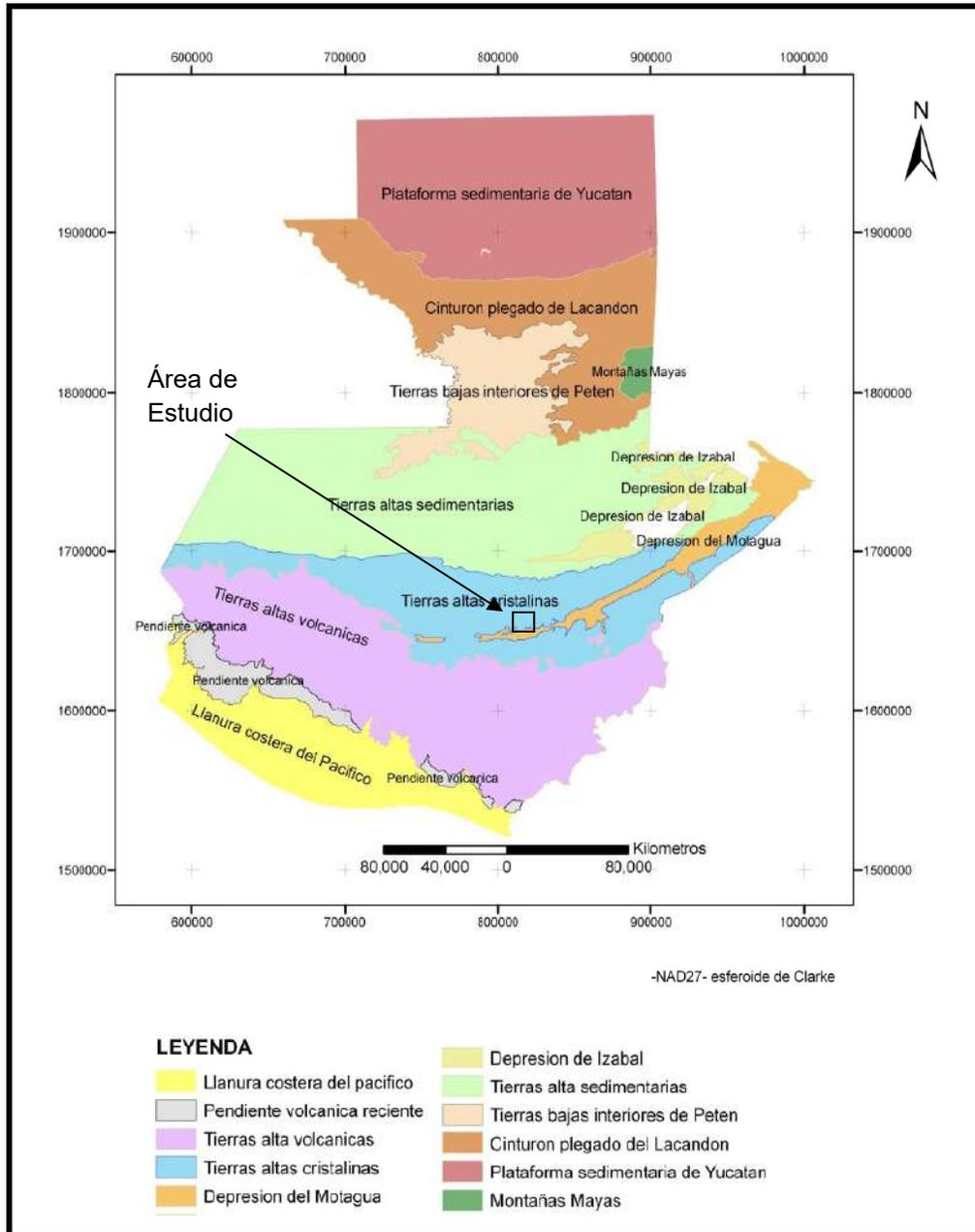
El Altiplano de la Cordillera Central se ubica entre dos sistemas de fallas de rocas dislocadas, desde el Paleozoico con rocas metamórficas.

TABLA 3
REGIONES FISIAGRÁFICAS

No .	Región Fisiográfica	Gran paisaje	Sub paisaje	Sub paisaje
1	Tierras Altas Cristalinas	Altiplano Occidental	Valle Intercolinar	Montañas o colinas
2	Tierras Altas o Cadena Volcánica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conos Volcánicos ▪ Montañas o Colinas ▪ Valles Intercolinares 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conos ▪ Faldas Volcánicas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montañas o colinas ligeramente escarpadas ▪ Montañas o colinas moderadamente escarpadas ▪ Montañas o colinas fuertemente escarpadas
3	Pendiente Volcánica Reciente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pie de Monte ▪ Abanicos Aluviales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parte Apical ▪ Parte Distal 	
4	Llanura Costera del Pacífico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planicie Costera ▪ Áreas Inundables 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terraza Alta ▪ Terraza 	

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) 2000.

FIGURA 12
MAPA FISIOGRAFICO DE GUATEMALA



Fuente: Modificado de presentación de mapa Metalogenético de la Cordillera Central del Norte de Guatemala. Ing. Msc. Bernie Castillo Moeschler.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 Marco Metodológico

3.1.1. Pasos de la metodología y explicación

La técnica utilizada para la recolección de datos de campo fue la lista de chequeo. Para el análisis de datos obtenidos en el campo fueron realizados conteos estadísticos de estructuras (por medio de programas como Excel, software Rockware, etc., los cuales se detallan en la fase de gabinete).

La metodología Cuantitativa-Cualitativa, fue la ejecutada. Con la cuantitativa se realizó un examen de los datos de manera numérica, especialmente por medio de estadística; además de la investigación cualitativa que trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones y su estructura dinámica.

La investigación se dividió en 4 fases fundamentales, los cuales son: recopilación bibliográfica, fase de campo, fase de laboratorio y fase de gabinete, que definen de la siguiente manera:

a. Fase de Planificación

Duración y lapso de tiempo: Un mes aproximadamente, del 18 de marzo al 23 de abril del 2013.

Se refiere a la colección y consulta de información bibliográfica necesaria y relacionada con el área, además se incluyen investigaciones climáticas, hidrológicas, geológicas previas, relacionada con su geología, topografía y población. Así también información cartográfica del sector y mapas temáticos. En esta etapa se incluyó mapas topográficos, geológicos, así como publicaciones relacionadas con la región.

b. Fase de Campo

Duración y lapso de tiempo: Un mes y quince días (1 de junio al 15 de Julio de 2013).

Para la ejecución de la fase de campo se contó con transporte para llegar a las aldeas Piedras Blancas y las Mesas proporcionado por la municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán, este fue solicitado el 27 de febrero de 2013 durante una reunión con el consejo municipal.

Las técnicas topográficas o de ubicación en el campo: Se contó con un mapa topográfico base del área a escala 1:10,000. En esta etapa se procedió a realizar una exploración y análisis geológico; con el método de caminamiento y afloramiento, este se utilizó para definir los contactos y ordenar todos los rasgos estructurales y litológicos presentes en el área para cumplir con los objetivos del problema.

Así mismo se utilizó una guía de observación estructurada de campo de acuerdo a la recolección de datos (geológicos), tanto litológicos como estructurales. Los métodos de estudio que se llevaron a cabo en fase de campo consisten en:

b.1 Topográficos: caminamientos con GPS para la orientación con coordenadas específicas, con un mapa base para la ubicación y

marcación del punto, con una brújula para la medición de datos estructurales y demás, el método que se utilizó fue el caminamiento y afloramiento.

b.2 Geológicos: se realizó un estudio geológico para localizar, describir y analizar las unidades litológicas con base a sus características texturales y mineralógicas; describir contactos y medir las principales estructuras geológicas. Se recolectaron muestras de roca representativas de los diferentes afloramientos para su posterior análisis microscópico en la fase de laboratorio.

La Guía de observación de campo estructurada se clasificó y estructuró en base a las rocas metamórficas ya que son las que afloran y predominan en el área, describiendo los diferentes afloramientos y las estructuras encontradas.

c. Fase de Laboratorio

Duración y lapso de tiempo: Un mes (1 de agosto al 15 de septiembre del 2013).

Al concluir con la fase de campo se procedió a realizar secciones delgadas de las muestras de roca recolectadas en los afloramientos de la fase de campo con el fin de describirlas, identificarlas y clasificarlas con base a su contenido mineralógico y textural. Las secciones delgadas de rocas metamórficas estuvieron orientadas de manera que se conozcan direcciones de esfuerzo. Las descripciones anteriores se realizaron según la Guía de observación de laboratorio estructurada, realizada en el laboratorio de la Carrera de Geología, del Centro Universitario del Norte (CUNOR).

d. Fase de Gabinete

Duración y lapso de tiempo: tres meses, quince días (16 de septiembre al 30 de noviembre de 2013).

Esta fase inició inmediatamente después de la etapa de campo y terminó con la entrega del informe final. Comprendió el análisis e interpretación de datos de campo y laboratorio para resolver la problemática planteada. Para ello se realizó un mapa geológico y una columna litoestratigráfica local, elaboración de cortes geológicos, análisis de resultados de laboratorio, análisis e interpretación de estereofalsillas y rosetas de datos estructurales, análisis e interpretación de datos litológicos y elaboración de un informe escrito geológico final. Además fue elaborado el mapa geológico, a escala de trabajo (1:25 000), con curvas de nivel caracterizadas por una equidistancia de 100 m con su respectiva leyenda (estratigrafía) y simbología. Cortes geológicos a escala y columna lito-estratigráfica.

CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se describen las principales características de lo referente a la investigación geológica descrita a partir de las unidades litológicas, la conformación del relieve del área partiendo de las unidades y subunidades geomorfológicas, además del análisis de las principales estructuras geológicas observadas durante la exploración.

4.1 Litoestratigrafía Local

Mediante el levantamiento geológico fueron determinadas cinco unidades, las cuales se encuentran expuestas en los alrededores de las aldeas Llano de Jesús, Las Mesas, Magdalena y las Vigas.

Las unidades que abarcan el área se han caracterizado como: Unidad de Esquisto Granatífero (Ueg), Unidad de Esquisto Micáceo (Uem), Unidad de Gneis Milonítico (Ugm), Unidad de Peridotita Serpentinizada (Ups), Unidad de Coluvión (Ucol) y Unidad de Aluvión (Ual).

4.1.1 Unidad de Esquisto Granatífero (Ueg)

Esta unidad aflora en la parte noreste, abarcando una zona de 3.22 km², con pendientes que varían de 40° a 65°, sobre una altitud de 660 a 900 msnm. La masa rocosa tiene una dirección de noreste hacia el suroeste sobre las aldeas de Piedras Blancas y las Mesas del Municipio de San Cristóbal y en la aldea las Vigas de San Agustín Acasaguastlán, así como quebradas cercanas a dichas aldeas.

La roca presenta una meteorización de grado II a III según la escala de meteorización según D.G. Moyle (ver página 32). Los esquistos poseen evidencia de erosión hídrica por las escorrentías.

A nivel de afloramiento presentan coloración gris claro a café y en ocasiones coloraciones rojizas por la oxidación. Fotografía 1.

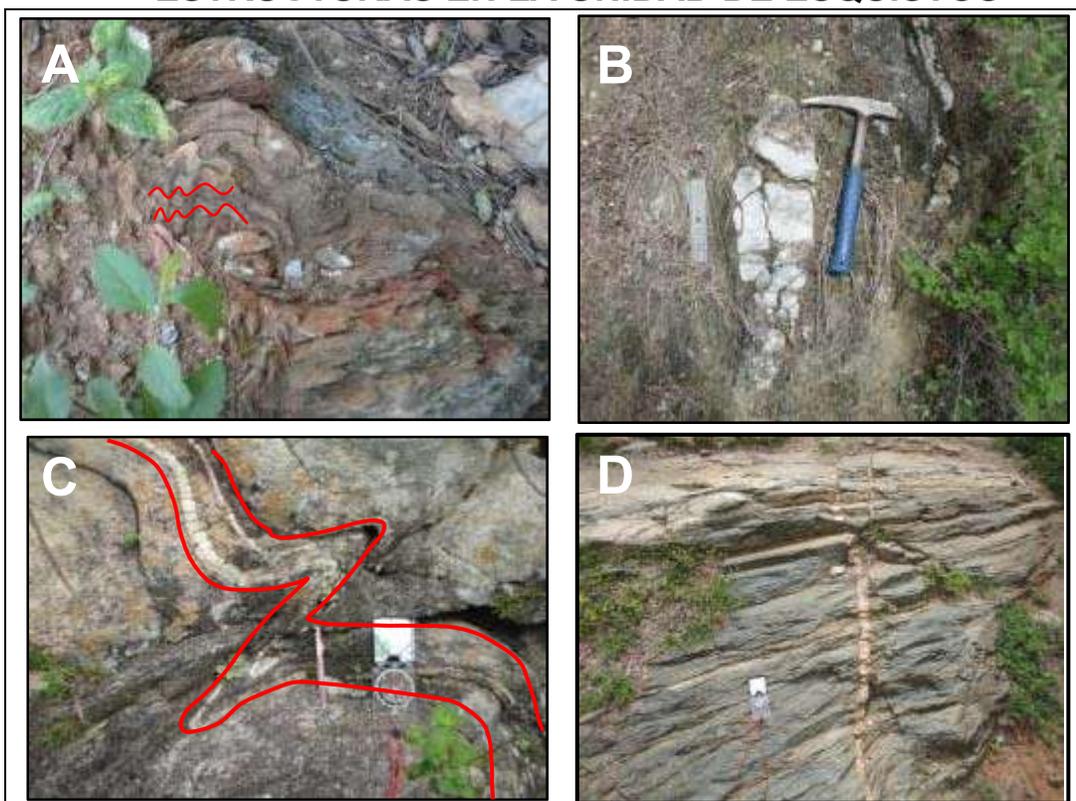
FOTOGRAFÍA 1 UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO, ALDEA LAS MESAS AL NORTE DEL AREA.



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

La unidad de roca está siendo afectada por foliación, pliegues, fracturas y fallas, además se presentan boudinage, grietas de tensión y pequeñas crenulaciones. Fotografía 2.

FOTOGRAFÍA 2 ESTRUCTURAS EN LA UNIDAD DE ESQUISTOS



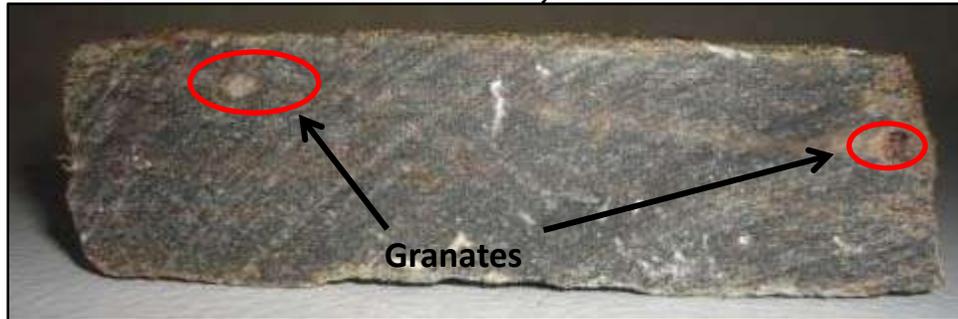
Fotografía 2: Estructuras geológicas en la unidad de esquistos Granatífero y esquistos Moscovítico, en la fotografía 2A se observa la crenulación en Esquistos Granatíferos. La fotografía 2B presenta una estructura de boudinage. En la fotografía 2C se puede apreciar un pliegue tipo Z (cizalla) en Esq. Moscovítico. Además de grietas de tensión perpendiculares a la foliación en fotografía 2D.

Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droegé. 2013.

Al extremo norte no existen evidencias de alguna estructura o falla que determinara algún contacto con la unidad de peridotita serpentinizada por lo que se definió como contacto discordante. Por otro lado al sur la unidad de esquistos granatíferos se encuentra en contacto tipo normal con respecto a la unidad de esquistos micáceos.

La roca presenta blastos de granates, con una matriz grisácea, poco alterada por la oxidación, con mineralogía de feldespatos en menor cantidad y micas. Fotografía 3.

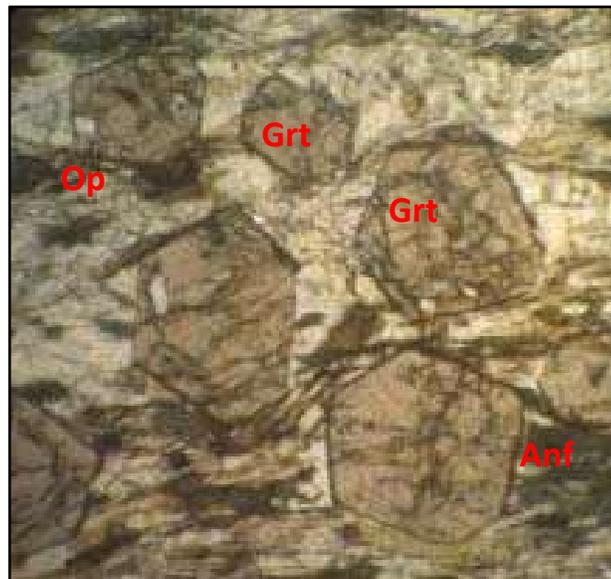
FOTOGRAFÍA 3 MUESTRA MANO ED-013
UTM: 16P ESTE186589, NORTE1657106



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

En (muestra ED-013) se observa un idioblasto de granate alrededor de micas, anfíboles y minerales opacos, el cual se presenta como un mineral post-tectónico. Fotografía 4.

FOTOGRAFÍA 4
IDIOBLASTO DE GRANATE, AUMENTO 4X VISTA PPL



Grt (Granate), Op (Opacos), Anf (Anfíboles)

Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

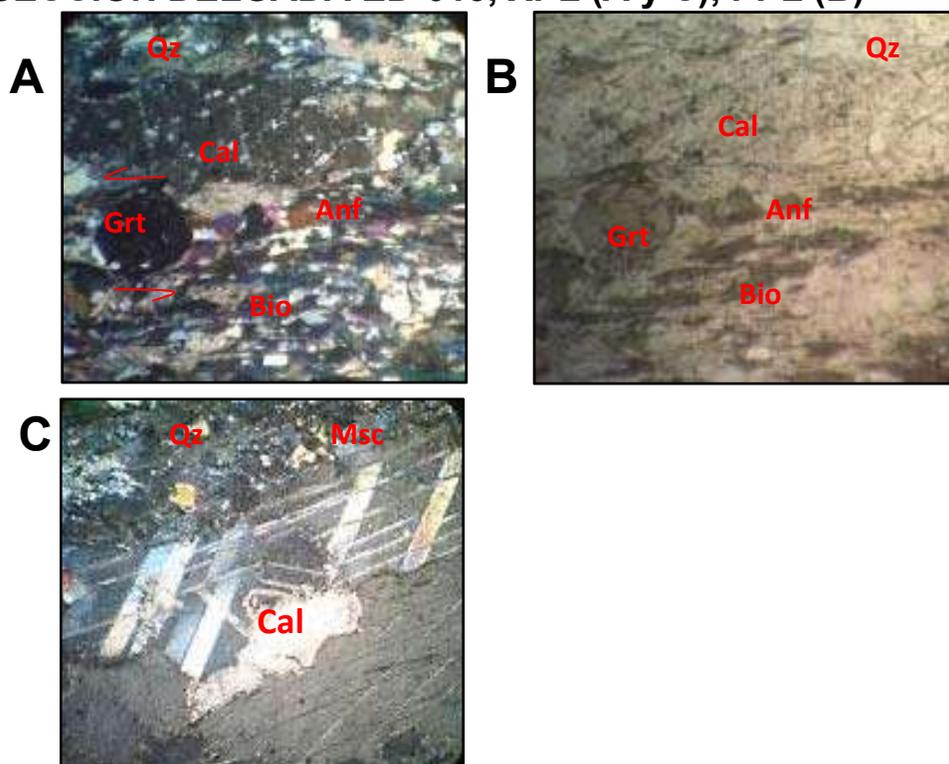
En la sección delgada ED-013 cuya muestra de mano fue localizada al norte del área sobre la finca el Guineo, fueron identificados granates (Grt) los cuales presentaban movimiento sinistral, pequeñas vetas de calcita (Cal) alineadas, pequeños blastos de cuarzo (Qz), moscovitas (Msc) y mayor porcentaje de anfíboles (Anf), (Tabla 4); los cuales demuestran una zona de alta presión, enmarcados sobre una textura Lepidoporfidoblástica. Fotografía 5.

TABLA 4
PORCENTAJE DE MINERALES DE MUESTRA ED-013

Mineral	Biotita	Moscovita	Cuarzo	Calcita	Granate	Anfíboles
Porcentaje	10%	10 %	25 %	15 %	15 %	25%

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FOTOGRAFÍA 5
SECCIÓN DELGADA ED-013, XPL (A y C), PPL (B)



Qz (Cuarzo), Cal (Calcita), Anf (Anfíboles), Grt (Granate), Bio (Biotita), Mosc (Moscovita)

Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

4.1.2 Unidad de Esquisto Moscovítico (Uem)

La unidad se encuentra aflorando en la parte noroeste del área, abarcando una zona de 5.65 km², con pendientes que varían de 35° a 55°, sobre 660 a 380 msnm. Se encuentra expuesta sobre una dirección de noreste hacia el suroeste a lo largo de las aldeas Llano de Jesús y las Vigas de San Agustín Acasaguastlán.

La roca se encuentra con una meteorización de grado II a IV según la escala de meteorización según D.G. Moyle. De la misma forma que la unidad anterior, esta litología presenta erosión hídrica por las escorrentías, coloraciones en muestra de mano café claro, y en partes se encuentra oxidada. Los afloramientos por lo general no pasan de 1-2 metros de altura y fueron observados sobre capas de suelo intemperizado. Fotografía 6.

FOTOGRAFÍA 6 UNIDAD DE ESQUISTO MOSCOVÍTICO, EN LA ALDEA LLANO DE JESÚS AL NORESTE DEL AREA



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Estratigráficamente se encuentra en contacto fallado tipo normal en la parte norte con el esquisto granatífero y en contacto fallado de tipo inverso con la peridotita serpentizada al extremo sur.

Estructuras como la foliación quedaron poco evidenciadas dado el grado de intemperismo como se mencionó con anterioridad; por el contrario, estructuras como fracturas y fallas pudieron ser medidas ya que se encontraban mejor expuestas. La roca presenta blastos de menor tamaño, se pueden observar micas a simple vista en su mayoría moscovitas, y pequeños clastos de cuarzo metamórficos. Fotografía 7.

**FOTOGRAFÍA 7 MUESTRA MANO ED-008
UTM: 16P Este 185194, Norte 1656042**



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Además, en sección delgada fueron identificados otros minerales como el granate, además de los siguientes porcentajes. Tabla 5.

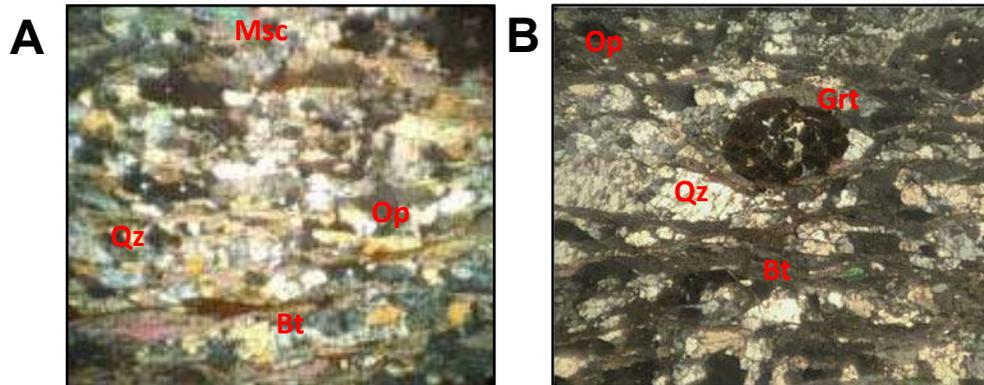
**TABLA 5
PORCENTAJE DE MINERALES DE MUESTRA ED-008**

Mineral	Cuarzo	Moscovita	Biotita	Opacos	Granate
Porcentaje	40 %	25 %	22 %	10%	3%

Fuente: Investigación de campo. 2013.

A continuación, se muestra la sección delgada de la muestra ED-008, con mayor porcentaje de micas (Biotita (Bt) y Moscovita (Msc)), Cuarzo (Qz). Fotografía 8.A Además minerales como el granate, en menor proporción. Fotografía 8.B

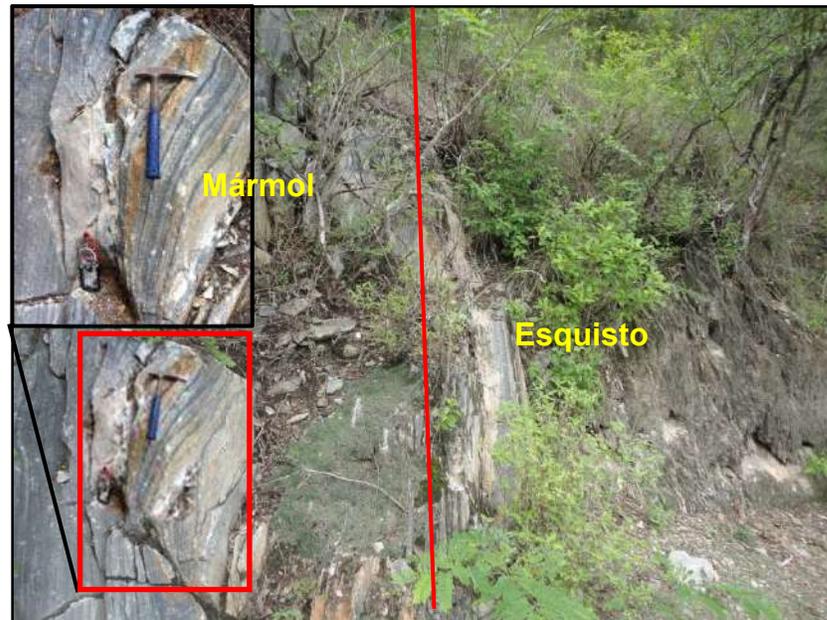
FOTOGRAFÍA 8 MUESTRA SECCIÓN DELGADA ED-008



Qz (Cuarzo), Msc (Moscovita), Op (Opaco), Bt (Biotita), Grt (Granate)
Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Dentro de estas unidades fueron evidenciados lentes de mármol, teniendo mayor ocurrencia en la unidad de Esquisto Moscovítico; que varían de 1m-7m de largo, ubicados en los alrededores de la aldea Llano de Jesús. Fotografía 9.

FOTOGRAFÍA 9 LENTE DE MÁRMOL EN LA UNIDAD DE ESQUISTO MOSCOVÍTICO



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Esta roca presenta una coloración grisácea con presencia de carbonato de calcio evidenciada con la reacción de muestra de mano al contacto con el ácido clorhídrico. En la parte noreste del área el mármol presentaba un patrón de foliación mientras que al noroeste se encontraba más masivo y sin foliación, dicha roca presenta un grado de meteorización I según D.G. Moyle.

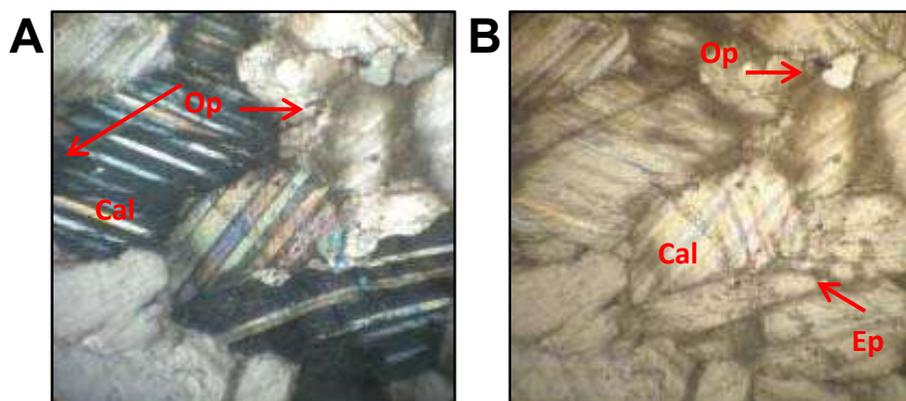
En la fotografía 10 se pueden observar los minerales de calcita (Cal) con su característico maclado polisintético, además de pequeñas inclusiones de epidota (Ep) la cual es indicadora baja temperatura y presión y minerales opacos (Op), con una textura granoblástica. Tabla 6.

TABLA 6
PORCENTAJE DE MINERALES DE MUESTRA ED-029

Mineral	Calcita	Minerales Opacos
Porcentaje	92 %	8 %

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FOTOGRAFÍA 10
MUESTRA SECCIÓN DELGADA ED-029, VISTA XPL (A),
VISTA PPL (B), CON 4X DE AUMENTO



Cal (Calcita), Op (Opaco), Ep (Epidota)

Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

4.1.3 Unidad de Gneis Milonítico (Ugm)

Esta se encuentra aflorando en la parte central del área con una dirección de este a oeste, el cual abarca un área de 3.28 km², con pendientes de 30° a 55°, sobre una altitud 800 a 400 msnm, su mejor exposición es en la vereda sobre la aldea Llano de Jesús. La roca presenta una meteorización de grado I a II según D.G. Moyle., con una dirección de NE hacia el NW. Presenta una coloración grisácea, y debido al intemperismo en ciertas zonas se presenta con una coloración rojiza o gris oscuro. Fotografía 11.

Está se encuentra en contacto con la unidad de peridotita serpentizada tanto en la parte sur como en la parte norte, en las cuales se encuentra fallado, en la parte norte con una falla normal y en la parte sur con falla inversa.

FOTOGRAFÍA 11 UNIDAD DE GNEIS MILONÍTICO AL EXTREMO ESTE, VEREDA DE LA ALDEA MAGDALENA



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Esta unidad se encuentra en partes levemente milonitizada clasificada como una roca protomilonítica evidenciada por la presencia de pequeños minerales de cuarzo rotados producto de la cizalla, además minerales con tamaño de grado reducido y porfídoclastos sobre una matriz más fina. A continuación, se describen las secciones.

En la sección delgada ED-038 se observó en su mayoría cuarzo en ocasiones presentando zonación, minerales opacos en poco porcentaje, así como relictos de micas de difícil identificación dado su grado de alteración, enmarcados sobre una textura granolepidoematoblástica. Fotografía 12. La tabla 7, muestra los porcentajes minerales. (anexo IV mapa de ubicación de muestras de mano).

TABLA 7
PORCENTAJE DE MINERALES DE MUESTRA ED-038

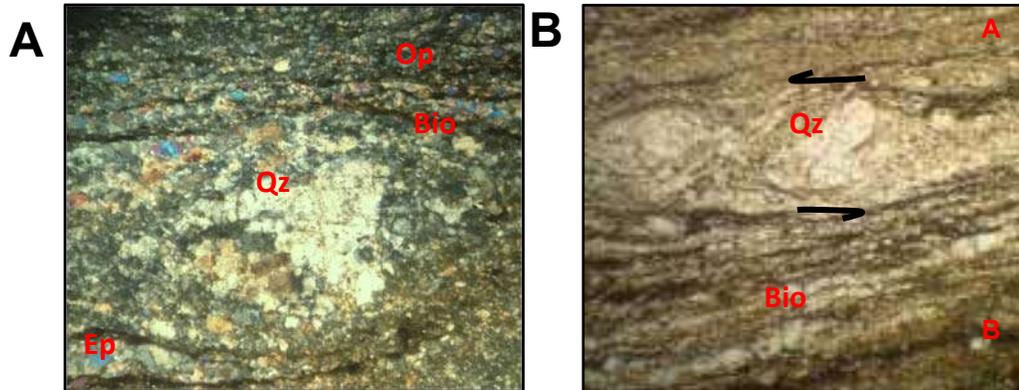
Mineral	Cuarzo	Biotita	Minerales Opacos	Epidota
Porcentaje	55 %	30 %	10 %	5%

Fuente: Investigación de campo, 2013.

En la sección delgada ED-038 fue identificado indicadores cinemáticos, un cuarzo deformado, además porfídoclastos de ese mismo mineral prevaleciente sobre una matriz más fina, acompañado de micas, epidota y otros opacos. Fotografía 12.A

En la fotografía 12.B se muestra un mineral de cuarzo evidenciando un sentido dextral. En la fotografía se muestra la orientación de la muestra con un corte perpendicular.

FOTOGRAFÍA 12 SECCIÓN DELGADA ED-038



Qz (Cuarzo), Bio (Biotita), Op (Opaco), Ep (Epidota)

Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Las secciones ED-034 y ED-40 poseen características similares dado que muestran un grado de milonitización que afecta la unidad en ciertos sectores, debido a que muestra el tamaño de grano por la recristalización del cuarzo; en la sección ED-034 además del cuarzo fueron identificados otros minerales como biotita y otros opacos, que forman una textura granoblástica, y en la sección ED-40 se muestra menor porcentaje de moscovita y opacos. Tabla 8.

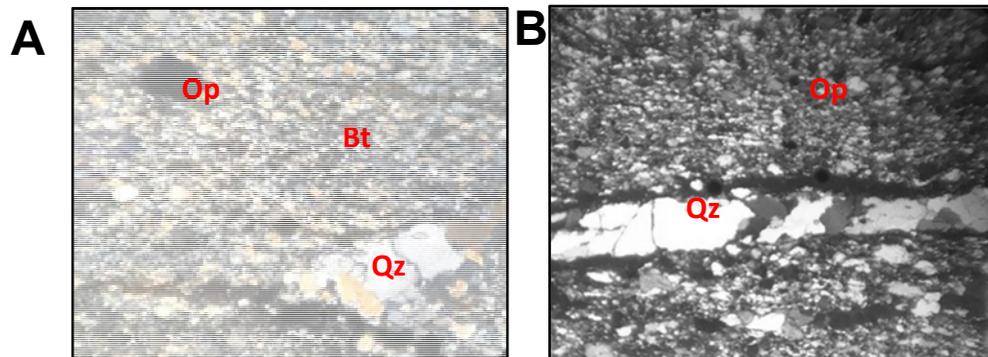
**TABLA 8
PORCENTAJE DE
MINERALES DE MUESTRA ED-034 y ED-40**

Muestra ED-34			
Mineral	Cuarzo	Biotita	Minerales Opacos
Porcentaje	70 %	25 %	5%
Muestra ED-40			
Mineral	Cuarzo	Micas	Minerales Opacos
Porcentaje	90%	5%	5%

Fuente: Investigación de campo. 2013.

En la fotografía 13 se muestra cuarzo en mayor proporción seguido de las micas (biotita) menos evidentes, y minerales opacos.

FOTOGRAFÍA 13 SECCIÓN DELGADA ED-034

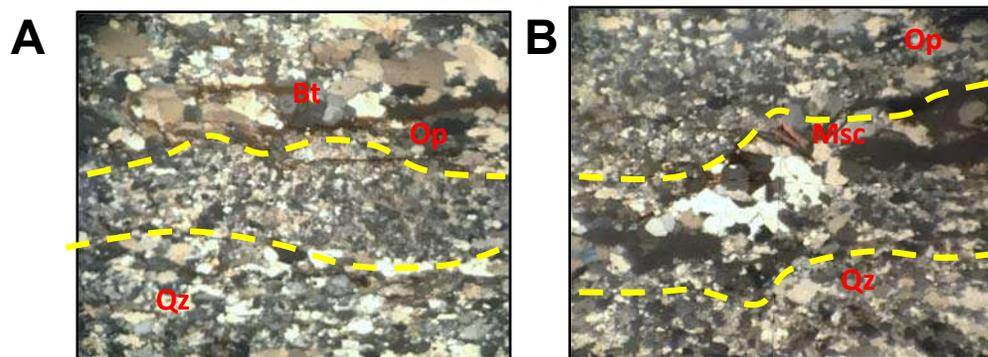


Qz (Cuarzo), Bt (Biotita), Op (Opacos)

Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Asimismo, la sección delgada ED-040 muestra las mismas características de una recrystalización de cuarzo que cubre casi el 90% en la muestra sólo seguido de alguna moscovita y opacos, creando una especie de corte distinguiendo la diferencia de tamaño de grano producto de la cizalla. La fotografía 14.A representa una banda de tamaño de grano fino y la fotografía 14.B una de tamaño más grueso sobre una matriz más reducida.

FOTOGRAFÍA 14 SECCIÓN DELGADA ED-40



Qz (Cuarzo), Ms (Moscovita), Bt (Biotita), Op (Opacos)

Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

4.1.4 Unidad de Peridotita Serpentinizada (Ups)

Esta unidad es la de mayor extensión cubriendo un aproximado de 6.83 km² de área con pendientes de 20° a 35° y una altitud 280 a 1000 msnm, se encuentra mejor expuesta sobre la aldea Magdalena y la quebrada Llano de Jesús.

En el extremo sur, la roca se observó como peridotita masiva con una mineralogía compuesta por serpentina y piroxeno, con un grado de III a IV de meteorización. Fotografía 15.

FOTOGRAFÍA 15 UNIDAD DE PERIDOTITA SERPENTINIZADA, AL SUR



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Hacia el norte aumenta el grado de serpentización en afloramientos de menor tamaño donde fue posible encontrar una roca con más evidencias de metamorfismo a partir de minerales como la serpentina, caracterizado por la textura sedosa que resulta de minerales como el talco.

Esta se encuentra en contacto fallado de tipo inversa al norte con el esquisto moscovítico e inferido con el esquisto granatífero, en la parte central está en contacto fallado de tipo normal y de tipo inversa con el gneis milonítico, y en contacto discordante con la unidad de Aluvión, el cual se encuentra expuesto a lo largo de la quebrada Saca Sangre. Su mineralogía microscópica se presenta a continuación. Tabla 9.

TABLA 9
PORCENTAJE DE MINERALES DE MUESTRA ED-043

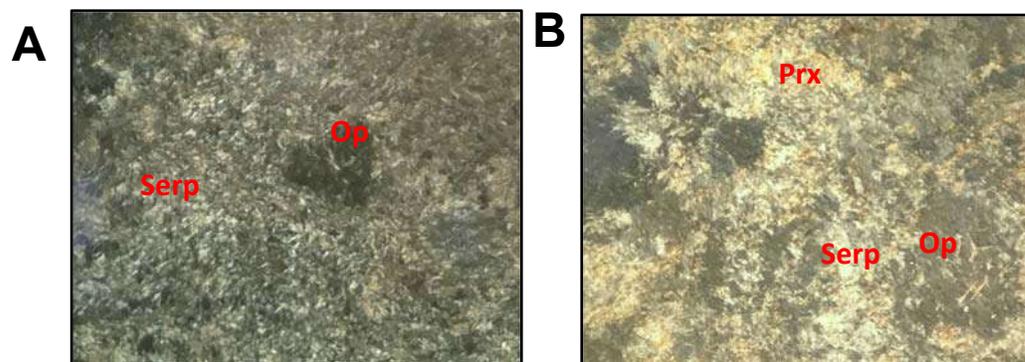
Mineral	Serpentina	Piroxeno	Opacos
Porcentaje	60 %	20 %	20 %

Fuente: Investigación de campo. 2013.

Gráficamente se observa en la sección ED-043 una matriz compuesta principalmente de minerales aciculares de serpentina que cubren la mayor parte de la muestra analizada, además de minerales opacos de mayor tamaño. Fotografía 16.

Por otro lado, se evidenció en esa misma muestra la alteración de piroxenos en transición a serpentinas. Fotografía 16.

FOTOGRAFÍA 16
A y B SECCIÓN ED-043 EN ppl



Serp (Serpentina), Prx (Piroxeno), Op (Opacos)

Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

4.1.5 Unidad de Coluvión (Ucol)

Esta se localiza en la parte noreste, representado por un sólo depósito el cual se ubica sobre la carretera que conduce a la finca El Guineo.

El origen de estos depósitos se da por acumulación de clastos y cuerpos rocosos al pie de las laderas producto de la erosión y meteorización que afecta las partes altas que son transportados y depositados por gravedad.

En este depósito reciente fueron observados algunos rasgos antrópicos como la siembra de milpa, además están compuestos por rocas esquistosas y mármol de tamaño medio. Fotografía 17.

FOTOGRAFÍA 17 UNIDAD DE COLUVIÓN, SOBRE LA CARRETERA HACIA LA FINCA EL GUINEO



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

4.1.6 Unidad de Aluvión (Ual)

Esta unidad aflora en la parte oeste y sureste del área sobre la quebrada Saca Sangre donde prevalecen algunas planicies de inundación.

Se caracteriza por ser un depósito cuaternario, el cual consiste en sedimentos y fragmentos de roca transportadas por la corriente del río y posteriormente depositados en las partes más bajas.

En la parte sur esta se observan bloques de tamaño grande a medio. Fotografía 18

FOTOGRAFÍA 18 UNIDAD DE ALUVIÓN, AL SURESTE DEL ÁREA SOBRE LA QUEBRADA SACA SANGRE



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droegge. 2013.

4.2 Geología Estructural Local

Con la ayuda de los datos tomados en campo, se estudiaron las relaciones estructurales entre cada una de las unidades litológicas ya descritas en la geología local. En este capítulo se describen las principales estructuras para el dominio dúctil y frágil con el fin de determinar la geometría y cinemática.

Tectónicamente el área se encuentra al norte de la zona de falla del Motagua que es de movimiento rumbo sinistral con orientación NE-SW, lo que a cierto grado afecta a la geología estructural local. Además, se encuentra al noroeste de la falla Jalpatagua la cual tiene un movimiento dextral con una orientación NW-SE.

La geología estructural estudia la geometría y las deformaciones que han sufrido los cuerpos rocosos que aparecen en la superficie producto de esfuerzos que dan lugar a estructuras del dominio frágil y dúctil.

Mediante el mapeo geológico se logró establecer las estructuras geológicas presentes: fallas, fracturas, grietas de tensión del dominio frágil que son causadas por desplazamientos de cizalla, así como lineamientos. Los rasgos estructurales más representativos que se recolectaron en campo, fueron analizados estadísticamente e interpretados con base a diagrama de rosetas y estereofalsillas con la ayuda de programas especiales como *Geoplot* (fallas) y *RockWorks 15* (fracturas, grietas de tensión, foliaciones, pliegues y crenulación).

Todas las estructuras que se describen a continuación, fueron medidos en dirección de inclinación (*DIP/DIR*).

4.2.1 Estructuras del dominio dúctil

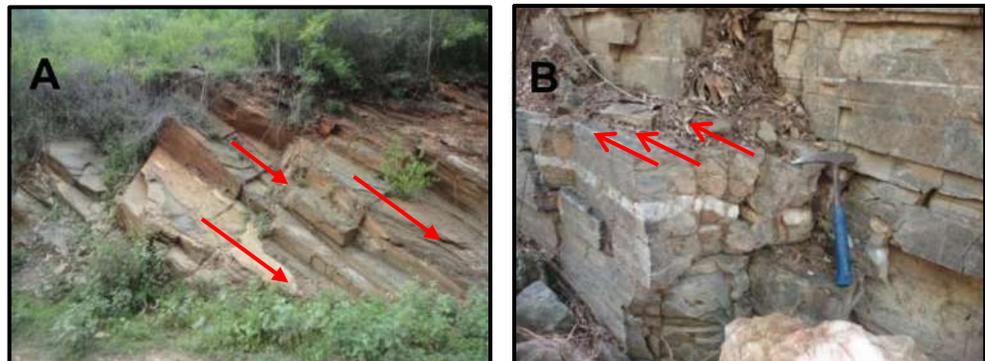
a. Foliación

Los planos de foliaciones son perpendiculares al esfuerzo principal, la foliación se forma cuando la roca es sometida a grandes esfuerzos, lo que genera una geometría en forma planar que determina diferentes eventos de deformación.

Estas estructuras fueron medidas sobre las unidades de esquistos granatífero, esquistos moscovíticos, gneis milonítico y peridotita serpentinizada. Fotografía 19.

La lineación de la S_2 también fue evidenciada y marcada por los ejes de crenulación.

FOTOGRAFÍA 19 FOLIACIONES S_1



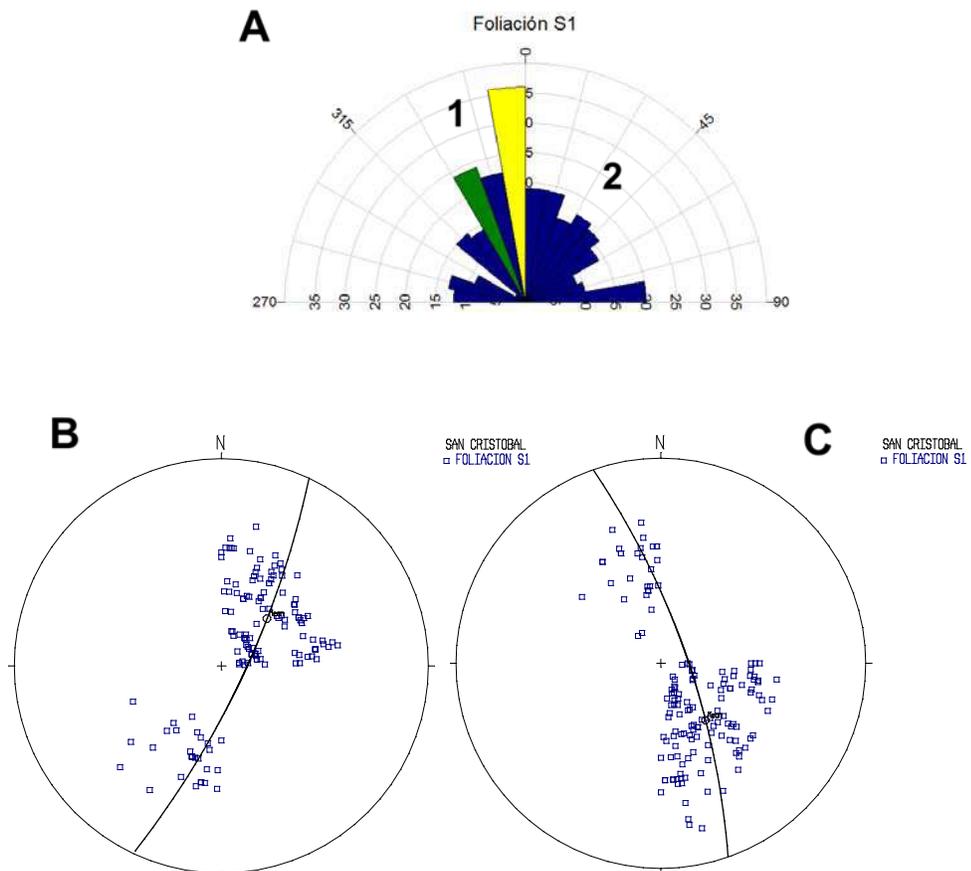
Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

En la fotografía 19 se puede observar las direcciones preferenciales de la foliación S_1 (línea roja) tanto en esquistos (fotografía 19 A) y gneis milonítico (fotografía 19 B) así como grietas de tensión en los gneis.

1) Foliación S₁ en esquistos granatífero y moscovítico

En la unidad de esquistos que aflora en la parte norte del área fueron identificadas 2 familias, en la figura 13.B se puede observar la dirección preferencial que es de N025; en la figura 13.C la dirección preferencial es de N150; en la roseta se identifican 2 familias. (Figura 13)

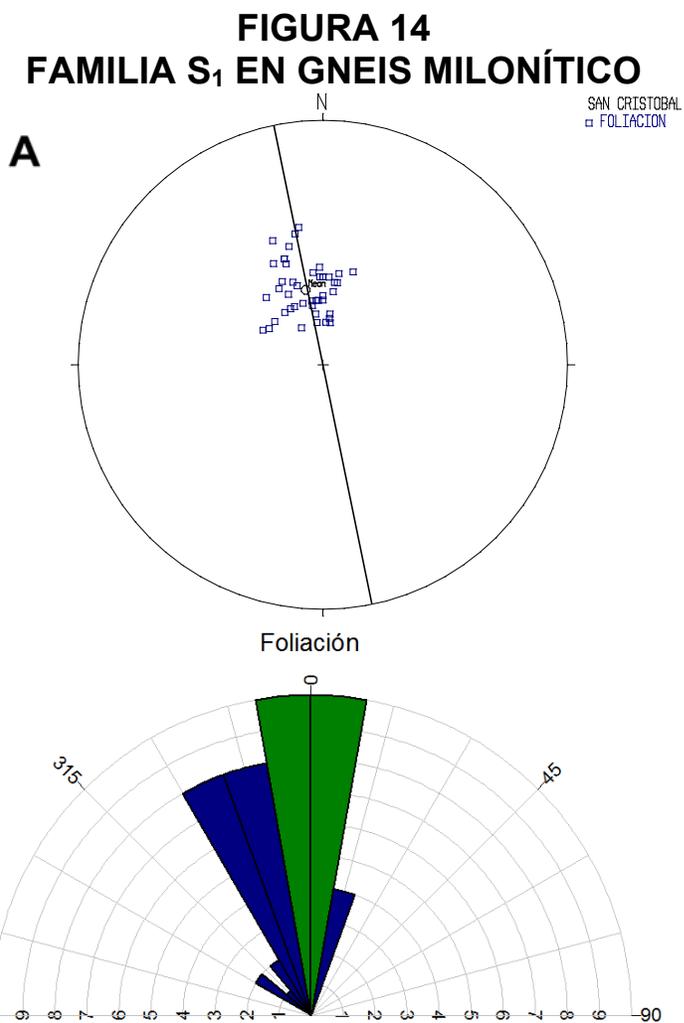
FIGURA 13
FOLIACIÓN S₁ EN
ESQUISTO GRANATÍFERO Y MOSCOVÍTICO



Fuente: Investigación de campo. 2013.

2) Foliación S₁ en gneis milonítico

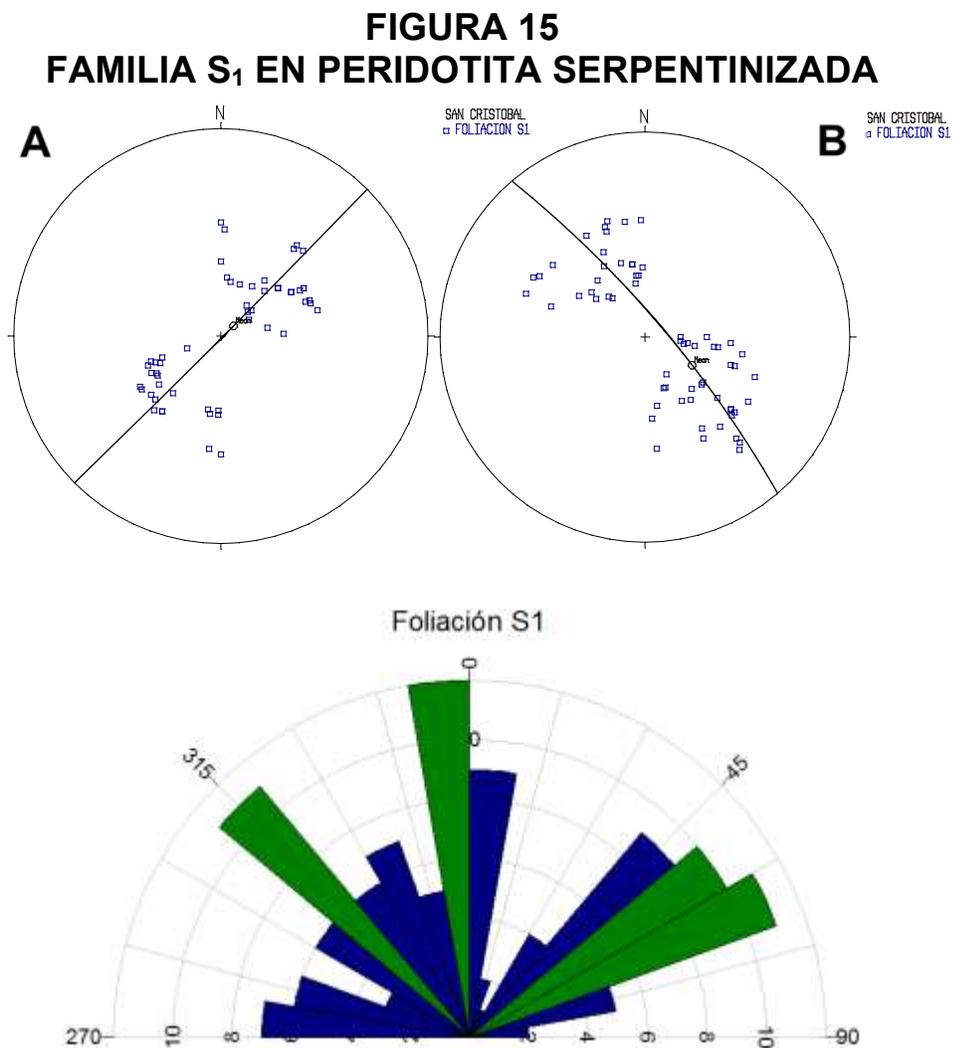
La unidad de gneis milonítico aflora en la parte media del area con dirección W-E, en esta sólo se identifico una familia: la cual posee una dirección de N350 (Figura 14).



Fuente: Investigación de campo, 2013.

3) Foliación S₁ en peridotitas serpentinizadas

La unidad de peridotita tiene mayor porcentaje en el área la cual aflora en parte norte, media y sur del polígono. Se elaboraron y analizaron estereofalsillas, separandolas con base a la dirección preferencial, por lo que se obtuvieron 2 familias, en la figura A la dirección de la familia 1 es de N50 al sur del area; en la figura B la dirección familia 2 es de N320 en la parte central (Figura 15).



Fuente: Investigación de campo. 2013.

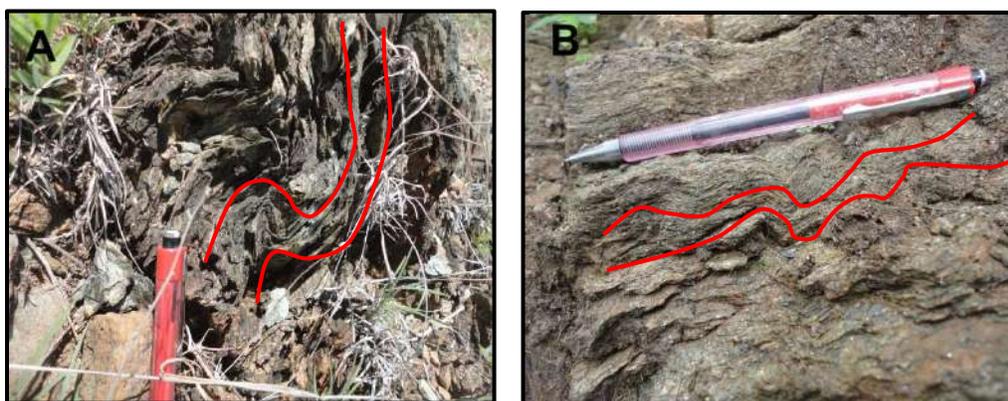
b. Foliación S_2 plano axial de crenulación

Se desarrolla en rocas donde ya existe una fábrica mineral o anisotropía preexistente y se toma como un segundo evento sobre la foliación S_1 .

Este tipo de foliación S_2 se observaron y midieron en las unidades de esquistos y peridotita serpentinizada, (Fotografía 20).

La base de datos de las líneas de los planos axiales de crenulación se encuentra en el anexo VI.

FOTOGRAFÍA 20 FOLIACIÓN S_2 PLANO AXIAL DE CRENLACIÓN



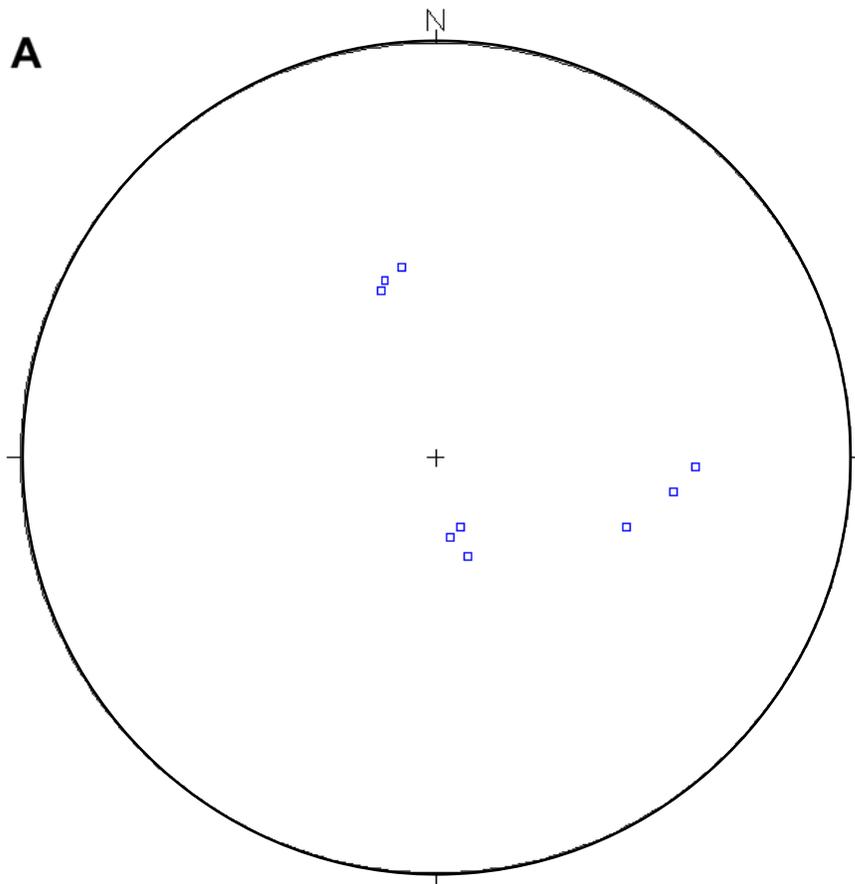
Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

En la Fotografía 20 se observa la foliación S_2 (línea roja) tanto en peridotita serpentinizada (fotografía A) y esquistos (fotografía B); éstas se forman cuando un esfuerzo deforma la foliación S_1 dando como resultado lo visto arriba.

1) Foliación S_2 en esquistos

La unidad de esquistos aflora en parte norte, con base al análisis se separaron en base a la dirección preferencial, por lo que se obtuvieron dos familias, la dirección de la familia es de N320; (Figura 16).

FIGURA 16
FAMILIAS S_2 (PLANO AXIAL) EN ESQUISTOS



Fuente: Investigación de campo. 2013.

c. Ejes de pliegue

Los pliegues se originan por esfuerzos de compresión sobre las rocas que no llegan a romperlas demostrando un dominio dúctil.

Esta deformación de la roca se observó en dos tipos de litología como es el esquisto en la parte norte y la peridotita serpentinizada en la parte media y sur. Los ejes de pliegue son importantes ya que se encuentra perpendicular al esfuerzo principal. La base de datos se puede ver en el Anexo VI. Estos son líneas del eje de pliegue. Fotografía 21.

FOTOGRAFÍA 21 EJES DE PLIEGUE



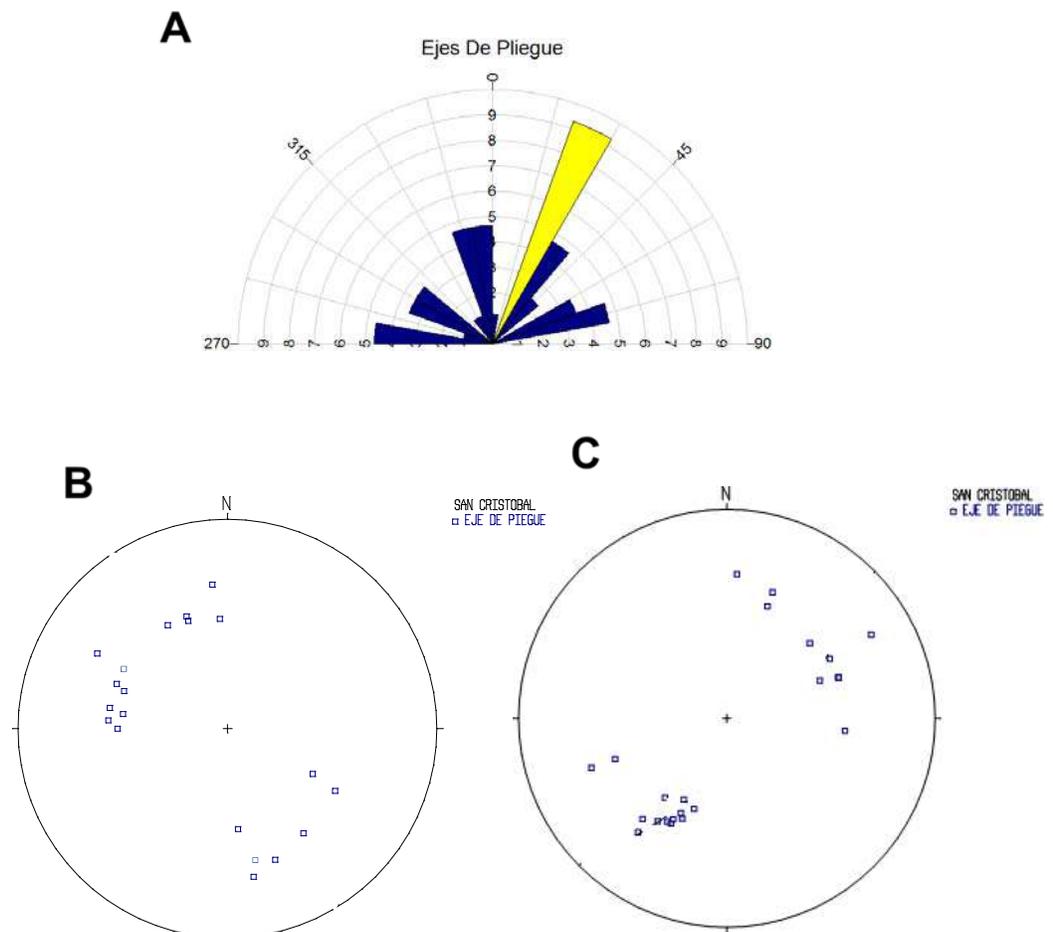
Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Las direcciones y la forma que tomaron los pliegues al ser afectados por los esfuerzos, en la fotografía 21A se puede apreciar un pliegue en Z en la unidad esquisto; en la fotografía 21B se observa que la unidad de peridotita serpentinizada se encuentra plegada.

1) Ejes de pliegue en esquisto

La figura 17A muestra una roseta con todos los ejes de pliegue medidos en esta unidad, estos se clasificaron con base a su dirección, por lo que se obtuvieron 2 de familias, en la figura B la dirección de la familia 1 es de N330; en la figura C la dirección familia 2 es de N220.

**FIGURA 17
EJES DE PLIEGUE EN ESQUISTOS**

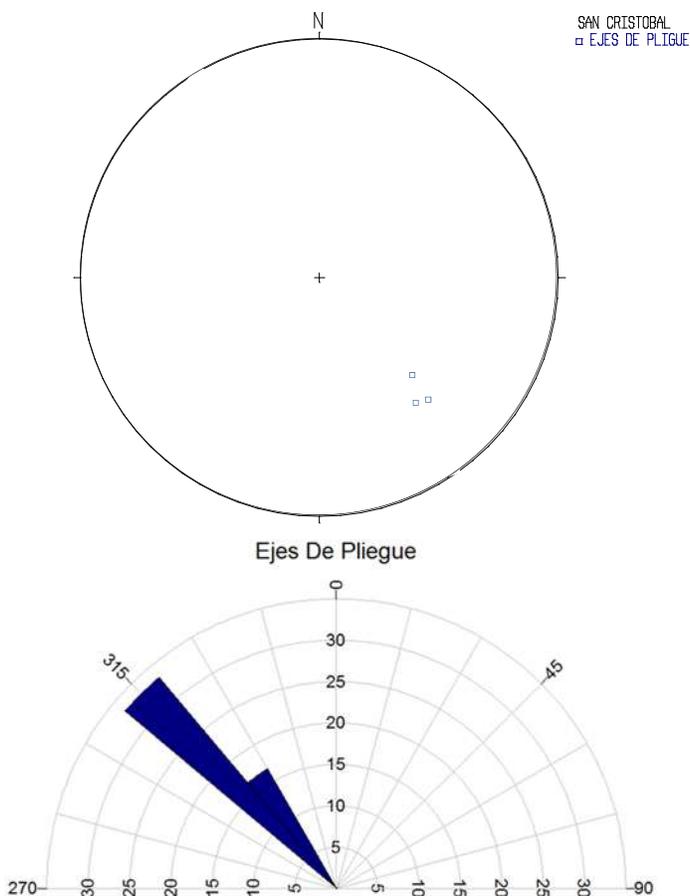


Fuente: Investigación de campo. 2013.

2) Ejes de pliegue en peridotita serpentinizada

Se observan los ejes de pliegue medidos en la unidad con una sola dirección N150. Figura 18.

FIGURA 18 EJES DE PLIEGUE EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA



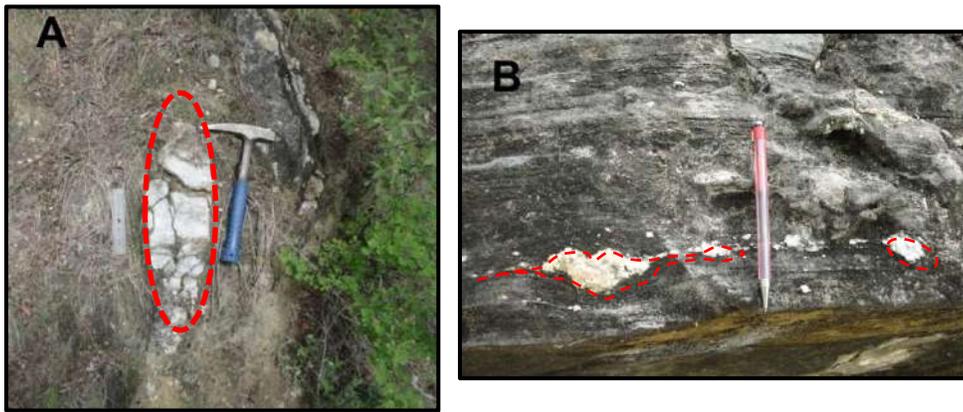
Fuente: Investigación de campo. 2013.

d. Boudinage

Estructura menor debido a esfuerzos tensionales y que se desarrollan por alargamiento de una capa competente a lo largo de planos de estratificación dando lugar a estructuras de separación a grietas de tensión que pueden rellenarse por el material incompetente adyacente. Esta subunidad de deformación se observó y midió solamente en la unidad de esquistos, en la parte norte. Fotografía 22.

Los boudines son importantes ya que se encuentran perpendicular a la deformación. La base de datos se puede ver en el Anexo VI.

FOTOGRAFÍA 22 BOUDINAGE



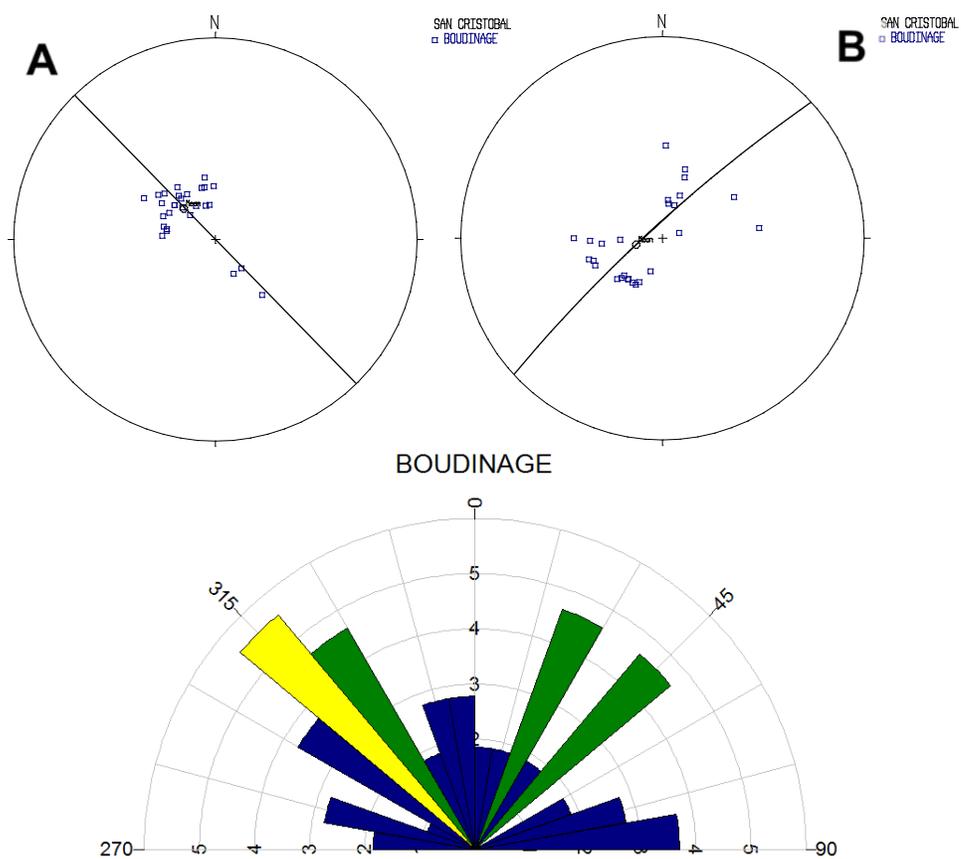
Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

En la fotografía 22 se observan budines medidos en la unidad de esquisto, en la fotografía 22A se aprecia que el tamaño del budín es de un tamaño considerable el cual se encuentra fracturado, y en la fotografía 22B se observa que el budín sufrió una deformación mucho más fuerte.

1) Boudinage en esquisto

Sobre la unidad de Esquisto fueron medidas estas estructuras en las que se obtuvieron 2 de familias, en la figura A la dirección de la familia 1 es de N310; y en la figura B la dirección de la familia 2 es de N230. Figura 19.

FIGURA 19 EJE DE BOUDINAGE EN ESQUISTOS



Fuente: Investigación de campo. 2013.

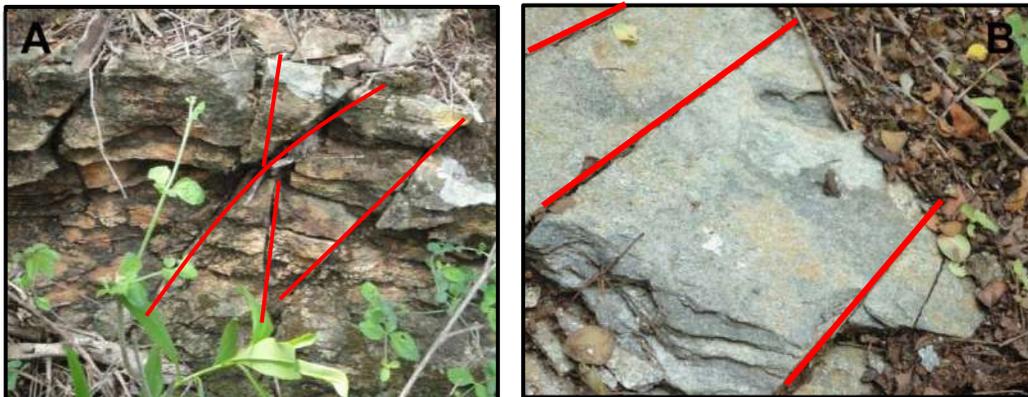
4.2.2 Estructuras del dominio frágil

a. Fracturas

Las fracturas en las rocas están ligadas a esfuerzos deformacionales debido a los eventos tectónicos que estas sufren, como el fallamiento en el cual se encuentra el área, las rocas se encuentran afectadas por la meteorización y por lo cual en algunos afloramientos fue difícil diferenciar la dirección de las fracturas.

Las unidades litológicas en el área se encuentran afectadas por varios patrones de fracturamiento los cuales se describen a continuación por medio de rosetas, las unidades afectadas principalmente son los esquistos, gneis milonítico y peridotita serpentinizada. Fotografía 23.

FOTOGRAFÍA 23 FRACTURAS AFECTANDO PRINCIPALES LITOLOGÍAS



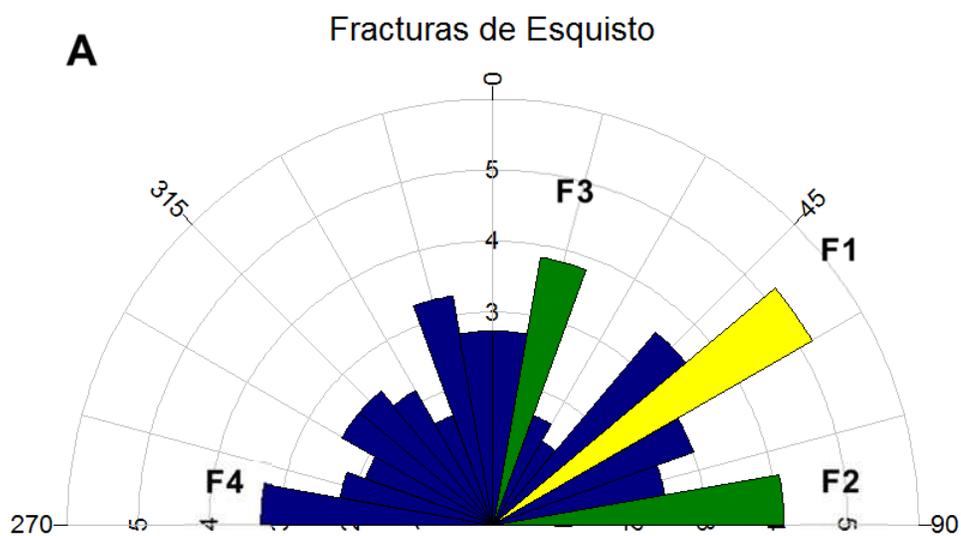
Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

En la fotografía 23 se observan las direcciones (línea roja) que tomaron las fracturas al sufrir la deformación por los esfuerzos, en la imagen A se observa en la unidad de peridotita y en la imagen B en la unidad de esquistos.

1) Fracturas en esquistos

Se obtuvieron 4 familias (figura A), las la dirección de la familia 1 es de N050; la dirección familia 2 es de N090; la direcccion de la familia 3 es de N015 y la direccion de la familia 4 es de N280. Figura 20.

FIGURA 20
FAMILIA DE FRACTURAS EN ESQUISTOS

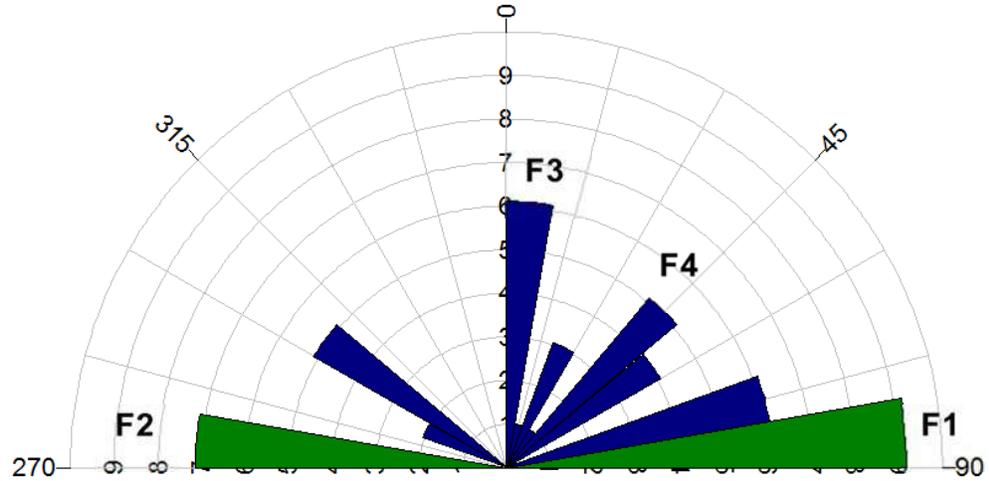


Fuente: Investigación de campo. 2013.

2) Fracturas en gneis milonítico

En base al análisis se obtuvieron 4 familias, la dirección familia 1 es N090, la dirección de la familia 2 N275, la dirección de la familia 3 N010 y la direccion de la famlia 4 es de N045. Figura 21.

FIGURA 21
FAMILIA DE FRACTURAS EN GNEIS MILONITICO



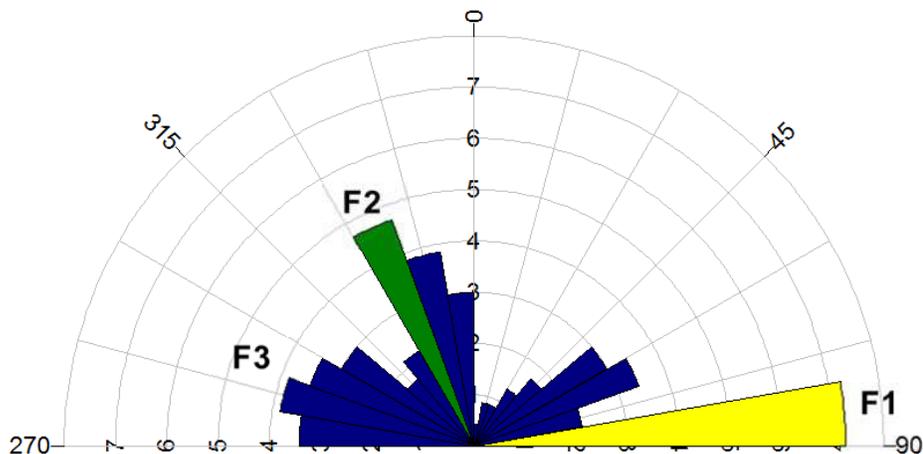
Fuente: Investigación de campo. 2013.

3) Fracturas en peridotita serpentizada

Fueron clasificadas 3 familias las cuales se observan en la siguiente figura, la familia 1 se aprecia la mayor cantidad de datos medidos en el campo de esta unidad la cual tiene una dirección de N090, la dirección de la familia 2 N335, la dirección de la familia 3 N285. Figura 22.

FIGURA 22 FRACTURAS EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA

Fracturas de Peridotita Sp



Fuente: Investigación de campo. 2013.

b. Grietas de tensión

Estructura que se forma debido a las fuerzas tensionales que actúan durante la deformación. Una de las características de estas es que rellenan espacios vacíos que son resultado del fracturamiento y fallamiento normal del área. El mineral de relleno de estas es cuarzo, el cual se da por el ascenso de fluidos mineralizantes a través de los espacios que deja el dominio frágil, donde precipita.

Esta estructura se encuentra mayormente en la unidad de esquistos mostrando la dirección de los esfuerzos principales, además de la unidad de gneis milonítico. Fotografía 24.

FOTOGRAFÍA 24 GRIETAS DE TENSIÓN



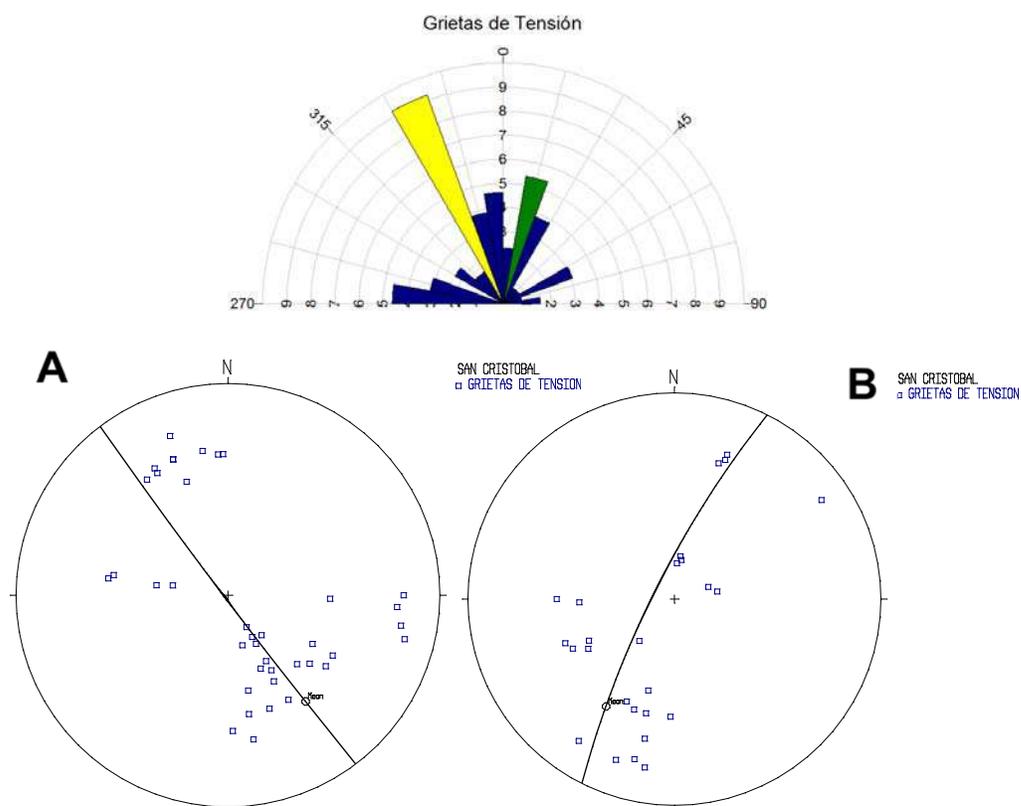
Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

En la fotografía 24 se pueden observar la dirección preferencial (color rojo) de las grietas de tensión presentes, en la fotografía 24A se puede apreciar en la unidad de esquistos de menor tamaño.

1) Grietas de tensión en esquistos

En la figura 23A se aprecia todas las grietas de tensión medidas en esta unidad, en la figura B la dirección de la familia 1 es de N140; en figura C la dirección familia 2 es de N210.

FIGURA 23 POLOS DE PLANOS DE GRIETAS DE TENSIÓN EN ESQUISTOS

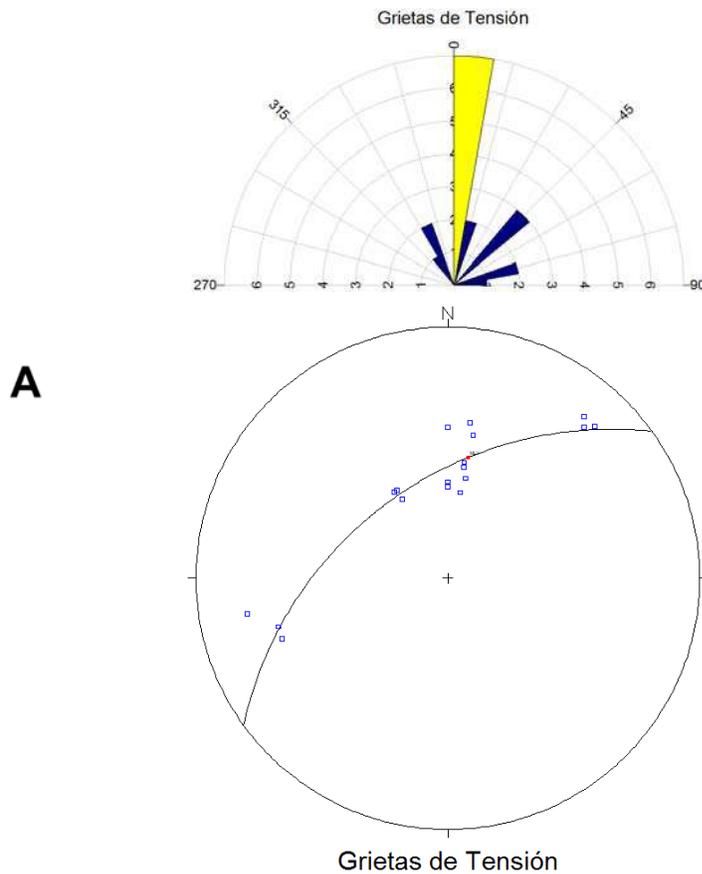


Fuente: Investigación de campo. 2013.

2) Grietas de tensión en gneis milonítico

Para esta unidad también fueron medidos los polos de los datos en el campo, la dirección familia es N050. Figura 24.

FIGURA 24
POLOS DE PLANOS DE GRIETAS
DE TENSIÓN EN GNEIS MILONITICO

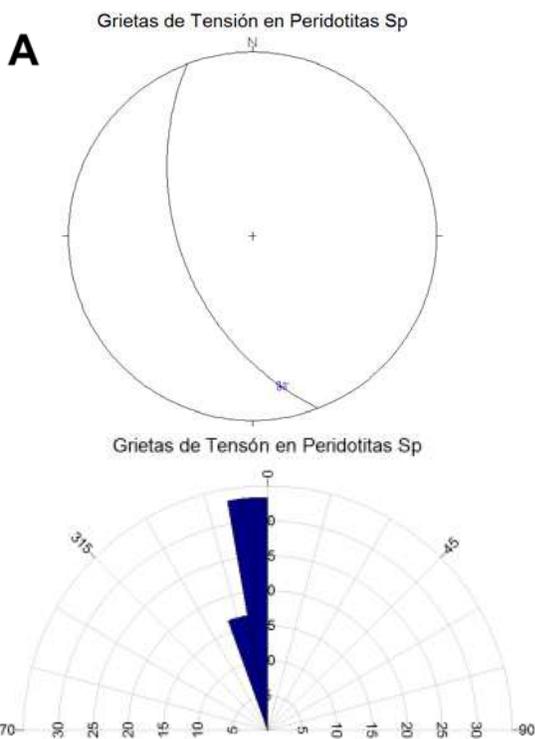


Fuente: Investigación de campo. 2013.

3) Grietas de tensión en peridotita serpentizada

Los datos de grietas de tensión son muy escasos, debido a ello de esta unidad sólo se obtuvo una clase de familia tal y como se aprecia en la figura A la cual tiene una dirección preferencial de N340. Figura 25.

FIGURA 25
POLOS DE PLANOS DE GRIETAS DE
TENSIÓN EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA



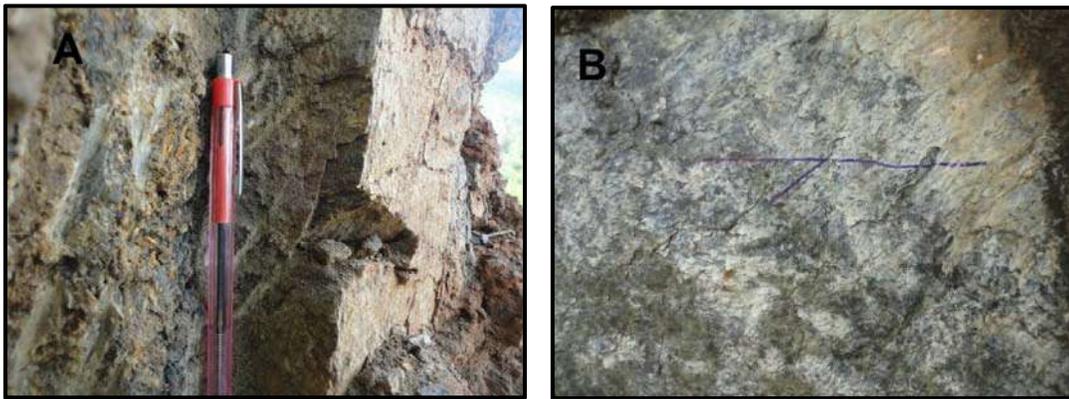
Fuente: Investigación de campo. 2013.

c. Fallas

Las fallas son estructuras geológicas que se forman a raíz de procesos tectónicos por consecuencia del desplazamiento entre dos cuerpos de roca.

Estas fueron medidas en las diferentes unidades litológicas a partir de indicadores cinemáticos como: tectoglifos y desfase de fracturas; además se consideró el ángulo de pitch con la finalidad de clasificarlas. Fotografía 25.

FOTOGRAFÍA 25 FALLAS OBSERVADAS



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Fotografía 25A, tectoglifos de una falla observado en la unidad de esquistos al Norte del área en la aldea Las Mesas, en la fotografía 25B se puede observar una falla de origen normal en la unidad de peridotita sobre la quebrada llano de Jesús, al igual se observa los tectoglifos.

Basado en el problema de investigación las fallas se dividieron de acuerdo a su ángulo de pitch, el fin de determinar la cinemática y dinámica de las estructuras.

1) Fallas normales

Estas fueron observadas en quebradas y veredas que conducen de la aldea las mesas hacia la aldea Llano de Jesús, las cuales obedecen a la misma orientación preferencial sobre la unidad de esquistos; en la parte central del área existen evidencias de este tipo sobre la unidad de gneis milonítico. La mayoría con una longitud máxima de un metro.

1.1) Falla normal pura

Se evidencian por el descenso del bloque techo con respecto al bloque piso con ángulos de pitch mayores o igual a 80°. Este tipo de falla es la menos frecuente dado a que solo afecta a la unidad de esquisto. Tabla 10.

**TABLA 10
FALLA NORMAL PURA**

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	82	354	84°	NW

Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.2) Normal dextral

Se caracterizan el movimiento en el que el bloque techo baja respecto con un pequeño desplazamiento hacia la derecha al bloque piso, el ángulo de pitch debe estar en un rango 45°-90°, las fallas medidas solamente afectan la unidad de esquisto. Tabla 11.

**TABLA 11
NORMAL DEXTRAL EN ESQUISTOS**

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	70	328	38	N
2	50	320	36	N

Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.3) Normal sinistral

Estas poseen un movimiento en el que bloque techo baja con un pequeño desplazamiento hacia la izquierda respecto al bloque piso, el ángulo de pitch debe ser mayor de 45° y menor de 90°. Para la unidad de esquisto se muestran los siguientes datos. Tabla 12.

TABLA 12
NORMAL SINISTRAL EN ESQUISTOS

Familia 1				
Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	70	350	72	W
2	40	350	58	W
3	64	348	70	W
4	60	342	56	W
5	64	340	50	W
6	74	200	30	E
7	76	210	48	S
Familia 2				
Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	50	274	45	W
2	68	244	60	SW

Fuente: Investigación de campo. 2013.

El gneis milonítico muestra sólo un ejemplar de este tipo. Tabla 13.

TABLA 13
NORMAL SINISTRAL EN GNEIS MILONÍTICO

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	80	280	45	W

Fuente: Investigación de campo. 2013.

Al norte, la peridotita serpentizada se encuentra afectada por las siguientes fallas. Tabla 14.

TABLA 14
NORMAL SINISTRAL
EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	55	330	56	SW
2	80	204	48	SW
3	80	104	60	NE

Fuente: Investigación de campo. 2013.

2) Fallas Inversas

Este tipo de estructuras son originadas por compresión. El movimiento es preferentemente horizontal y el plano de falla tiene típicamente un ángulo de 30 grados respecto a la horizontal. El bloque de techo se encuentra sobre el bloque de piso. Fueron identificadas en tres litologías de la siguiente manera.

3.1) Inversa dextral

Estas se caracterizan por presentar un mayor desplazamiento vertical; el ángulo de pitch debe ser mayor de 45° y menor de 90°, el movimiento que presentan es que bloque techo sube respecto al bloque piso, con un pequeño desplazamiento hacia la derecha. En la unidad de esquistos fueron identificadas las siguientes. Tabla 15.

TABLA 15
INVERSA DEXTRAL EN ESQUISTOS

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	80	60	55	NE
2	54	300	65	W

Fuente: Investigación de campo. 2013.

3.2) Inversa sinistral

Estas se caracterizan por presentar un mayor desplazamiento vertical; el ángulo de pitch se encuentra en el rango de 45°-90°, el movimiento que presentan es que bloque techo sube respecto al bloque piso, con un pequeño desplazamiento hacia la izquierda. Para el esquistos se determinaron tres de este tipo. Tabla 16.

TABLA 16
INVERSA SINISTRAL EN ESQUISTOS

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	80	178	70	S
2	85	160	20	SW
3	20	240	55	N

Fuente: Investigación de campo. 2013.

En el gneis milonítico se distingue una sola estructura con las características descritas. Tabla 17.

TABLA 17
INVERSA SINISTRAL EN GNEIS MILONÍTICO

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	60	190	60	W

Fuente: Investigación de campo. 2013.

3) Fallas de Rumbo

Son aquellas en las que ha existido un desplazamiento horizontal y paralelo al rumbo de la falla. Pueden ser, según el sentido de movimiento de los bloques sinistral o direccional izquierda y dextral o direccional derecha.

3.1) Sinistral normal

Poseen un ángulo de pitch entre 10° - 45°, ya que el bloque contrario se desliza hacia la izquierda con respecto

del bloque donde se encuentra el observador; con un pequeño desplazamiento vertical, se evidencia que el bloque techo baja respecto al bloque piso. Para la unidad de esquisto se muestran las siguientes fallas. Tabla 18.

TABLA 18
SINISTRAL NORMAL EN ESQUISTOS

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	74	200	30	SE
2	50	140	30	S

Fuente: Investigación de campo. 2013.

3.2) Sinistral inversa

Poseen un ángulo de pitch entre 10° - 45° , el bloque contrario se desplaza hacia la izquierda con respecto del bloque donde se encuentra el observador, con un pequeño desplazamiento vertical, se evidencia que el bloque techo sube respecto al bloque piso. Se muestran las que afectan la unidad de esquisto. Tabla 19.

TABLA 19
SINISTRAL INVERSA EN ESQUISTOS

Familia 1				
Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	40	184	40	N
2	74	198	40	N
3	80	180	20	SW

Fuente: Investigación de campo. 2013.

Rasgos estructurales para el gneis milonítico pertenecientes a fallas sinistral inversa. Tabla 20.

TABLA 20
SINISTRAL INVERSA EN GNEIS MILONÍTICO

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	18	184	30	N
2	76	160	38	W
3	80	152	32	W
4	75	145	35	NW

Fuente: Investigación de campo. 2013.

Por último, la peridotita serpentizada, también presenta estos rasgos. Tabla 21.

TABLA 21
SINISTRAL INVERSA
EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	76	186	28	W
2	78	182	42	NW
3	70	194	35	W
4	74	162	40	NW
5	68	158	32	N

Fuente: Investigación de campo. 2013.

3.3) Dextral inversa

Este tipo de fallas inversas poseen un ángulo de pitch entre 10° - 45° , con un desplazamiento hacia la derecha en el que se evidencia que el bloque techo sube respecto al bloque piso. Las unidades de esquisto (Tabla 22) y gneis milonítico (Tabla 23) se caracterizan por este tipo de fallas.

TABLA 22
DEXTRAL INVERSA EN ESQUISTOS

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	82	172	30	E
2	80	158	20	NE
3	68	130	42	NE
4	70	164	40	N
5	74	138	10	E

Fuente: Investigación de campo. 2013.

TABLA 23
DEXTRAL INVERSA EN GNEIS MILONÍTICO

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	70	140	35	E
2	78	320	35	W

Fuente: Investigación de campo. 2013.

4.3 Geomorfología Local

4.3.1 Unidades Geomorfológicas

El relieve presente en el área de estudio es muy diverso, presentando diversidad de formas geomorfológicas en la topografía terrestre desde zonas onduladas a laderas pronunciadas. Cada una de ellas es producto de una serie de factores muy diferentes a los de la tierra que han dado lugar a la formación de los paisajes.

La topografía montañosa se caracteriza por tener altitudes desde 300 m a 1100 m sobre el nivel del mar, el relieve es abrupto con laderas muy inclinadas con pendientes que van desde 35° a 65°, además de ríos y corrientes erosivas que van modificando el relieve.

Las unidades geomorfológicas se dividen según el tipo de origen: de origen denudacional en la que se encuentra la subunidad de colinas y lomas, subunidad de crestas, subunidad de laderas y subunidad de movimientos masales; de origen antrópico denudacional: subunidad de canteras y de origen agradacional dividiéndose en: unidad de llanura aluvial. (Ver mapa geomorfológico en anexo III).

a. Unidades de origen denudacional

Tienen que ver con el conjunto de procesos que han actuado y continúan actuando sobre el paisaje terrestre. Las unidades reconocidas en esta categoría son las siguientes:

1) Colinas y lomas (Col)

Esta se identificó por ser una elevación del terreno de poca altura, normalmente de forma redondeada que viene a ser el primer grado después de la llanura, provocada por las fuerzas tectónicas o bien por la erosión del terreno.

Esta unidad posee pendientes que van desde 20° a 40°, con un relieve extendido y poco accidentado, donde la parte superior es plana u ondulada con suelos de poco espesor.

La mejor exposición de esta unidad es en la parte norte del área, tiene una extensión variable aproximadamente de 30 m² a 90 m², la cual está conformada por rocas de origen metamórfico específicamente: en esquisto granatífero al noreste, esquisto moscovítico al noroeste, y peridotita serpentizada al suroeste.

Una característica de esta unidad es que los niveles son mayores a 1700 msnm, el suelo de color café claro, meteorizado, la erosión presente es hídrica, así también afectada por las escorrentías de las lluvias las cuales forman el relieve del terreno.

Loma localizada en la aldea Las Mesas al noreste del área en la unidad de esquisto, la cual presenta pendientes medias bajas en sus alrededores, abundante vegetación. Fotografía 26.

**FOTOGRAFÍA 26
COLINAS Y LOMAS AL
NORESTE DEL ÁREA SOBRE LA ALDEA LAS MESAS**



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

2) Crestas (Cr)

A esta se le considera la cumbre de una determinada estructura, provocada por las fuerzas tectónicas o bien por la erosión del terreno.

Esta unidad posee pendientes que van desde 25° a 50°, posee un relieve algo escarpado y poco accidentado, donde la parte superior es angulosa con suelos de poco espesor.

La mejor exposición de esta unidad es en la parte norte y oeste del área, posee una extensión aproximadamente de 20 m² a 80 m², la cual está conformada por rocas de origen metamórfico específicamente: en esquistos al noreste, gneis milonítico al oeste, y peridotita serpentinizada al noroeste.

En la imagen se observa la unidad de crestas localizada sobre la carretera que conduce hacia la aldea Las Vigas al noroeste en las unidades de esquistos y peridotita serpentinizada, la cual presenta pendientes medias altas en sus alrededores, abundante vegetación. Fotografía 27.

FOTOGRAFÍA 27
CRESTAS AL NOROESTE
DEL ÁREA SOBRE LA ALDEA LAS VIGAS



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

3) Laderas (La)

Las laderas son el producto de una serie de procesos producidos en las vertientes de las montañas que está relacionado a los movimientos en masa. La característica principal de esta unidad en el área de estudio son las pendientes altas e inclinadas de 35° a 55° , que fueron producidos por procesos orogénicos y tectónicos.

Se encuentra mayormente expuesta en la parte norte del área en la quebrada el Zanjón y la finca el Guineo, es posible que por el material que está expuesto puedan ocurrir movimientos masales ya que se observaban clastos caídos en algunas partes.

Las laderas altas fueron observadas principalmente al norte donde se identificaron elevaciones con base al mapa topográfico de 700 a 1100 msnm, las laderas medias se localizaron en las elevaciones de 400 a 700 msnm y por último las laderas bajas con elevaciones de 290 a 400 msnm, estas se ven afectadas por la erosión fluvial, debido al aporte de agua por las lluvias de invierno dando lugar a esta geoforma.

Las pendientes que presenta esta unidad y su funcionalidad reflejan la influencia de varios factores que la afectan los cuales están relacionados tales como: estructura geológica, tipo de roca, mecanismos de meteorización, procesos de erosión, transporte y depósito de sedimentos

Esta geoforma tiene una proporción del 38 % del área debido a que la parte norte del área se encuentra bastante quebrada. Y con mayor vegetación por lo cual los pobladores lo utilizan para realizar sus siembras. Para la clasificación de las laderas en base a los grados de inclinación que presentaba en el campo se utilizó la siguiente descripción. Tabla 24.

TABLA 24
GRADOS DE INCLINACIÓN DE LADERAS

INCLINACIÓN (grados)	DESCRIPCIÓN
$< 5^{\circ}$	Suavemente inclinada
$6^{\circ} - 10^{\circ}$	inclinada
$11^{\circ} - 15^{\circ}$	Muy inclinada
$16^{\circ} - 20^{\circ}$	Abrupta
$21^{\circ} - 30^{\circ}$	Muy Abrupta
$31^{\circ} - 45^{\circ}$	Escarpada
$> 45^{\circ}$	Muy Escarpada

Fuente: CORPORACION SUNA HISCA. Geomorfología, p 39.

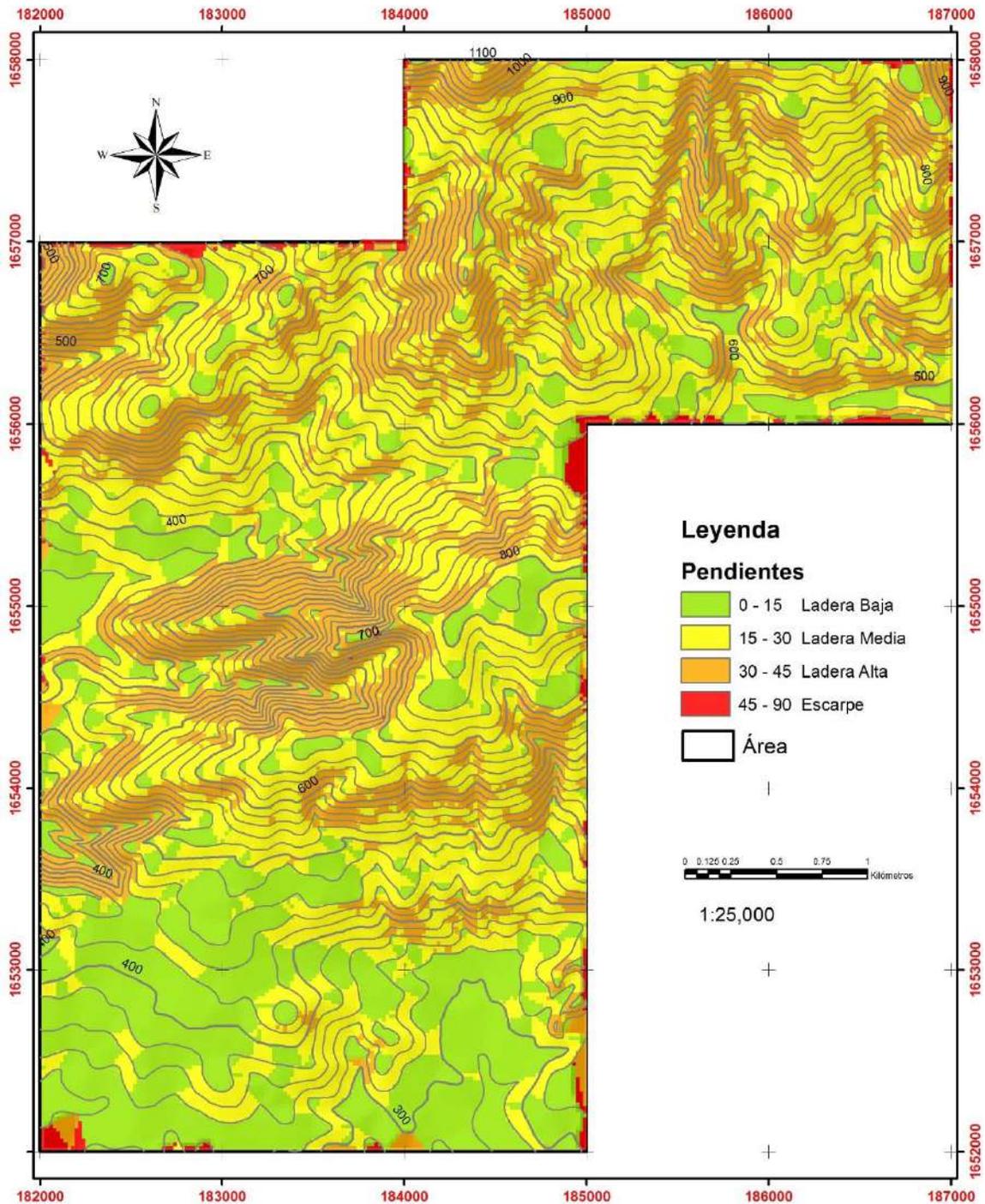
FOTOGRAFÍA 28
LADERAS, AL NORESTE
DEL AREA SOBRE LA QUEBRADA EL ZANJÓN



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

Se muestra el mapa de pendientes local del área, que presenta laderas escarpadas al norte, con ángulos mayores a 45° , aunque presentando variaciones; hacia sur demuestra planicies ya que se encuentra más cercana al valle del Río Motagua. Figura 27.

FIGURA 26
MAPA DE PENDIENTES LOCAL



Fuente: Investigación de campo. 2013. ARCGIS 10.

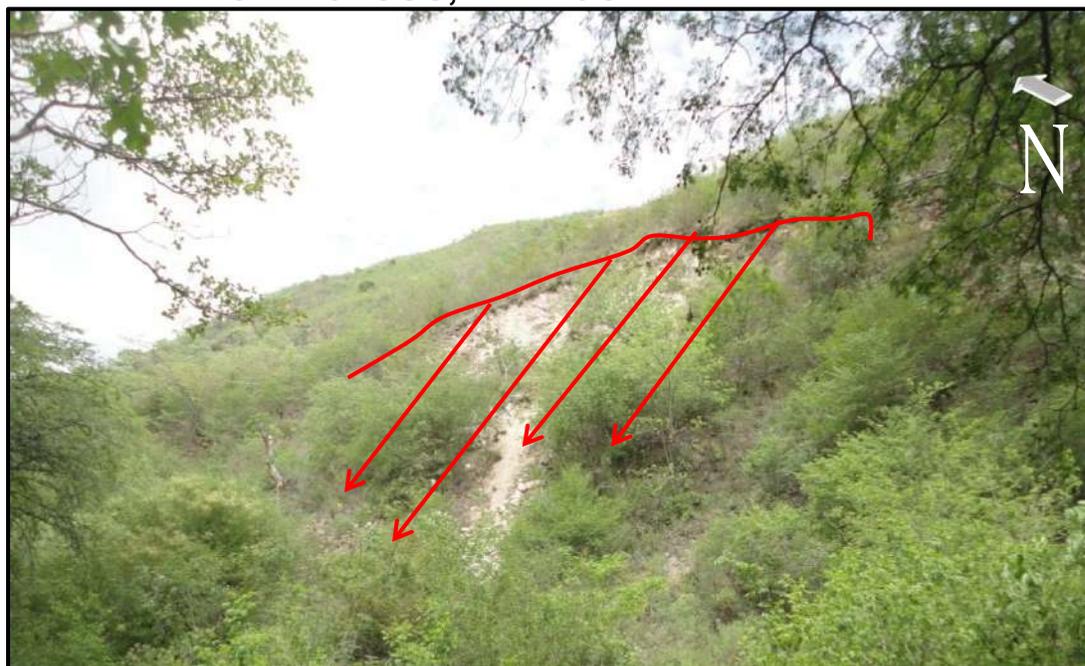
4) Movimientos masales (MMs)

Los movimientos de masales, son desplazamientos de masa de suelo causados por excesos de agua en el terreno y por efecto de la fuerza de gravedad. Los deslizamientos son un tipo de corriente o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud.

La combinación de factores naturales y la intervención del hombre predisponen el terreno a sufrir un deslizamiento. Con las lluvias este fenómeno cobra relevancia.

Estos fueron observados en la vereda que conduce de la aldea las Mesas hacia la aldea Llano de Jesús, con una dirección hacia el oeste, se encuentra ubicado justamente al final de la ladera debajo de la cantera, esta tiene un porcentaje del 2% del área. Fotografía 29.

FOTOGRAFÍA 29 MOVIMIENTO DE MASA EN LA ALDEA LLANO DE JESÚS, DEBAJO DE LA CANTERA



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

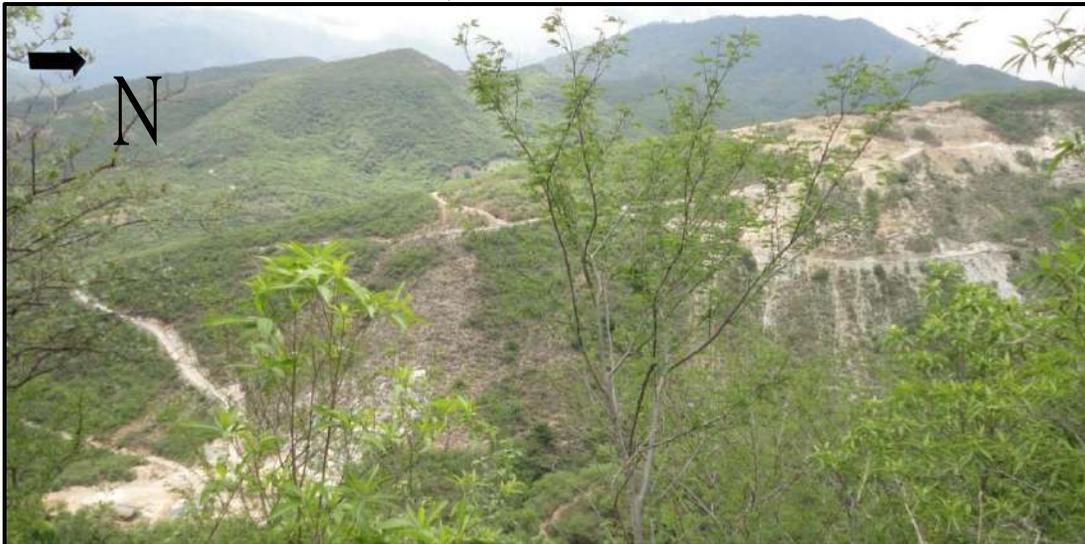
b. Unidad de origen antrópico-denudacional

1) Canteras (Ca)

Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridas. Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial.

Esta subunidad se encuentra en la parte central del área, al noreste de la quebrada el chupadero, el material explotado es magnesita, el cual se extrae en grandes cantidades. Abarca aproximadamente 600 metros cuadrados con una vía de acceso por transporte pesado, por donde es extraído, el material es utilizado para realizar cemento, este se exporta hacia la ciudad capital. Fotografía 30.

FOTOGRAFÍA 30 CANTERA EN LA PARTE CENTRAL DEL ÁREA, QUEBRADA EL CHUPADERO



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

c. Unidad de origen agradacional

1) Valles o planicie aluvial (VPa)

Un valle es una depresión de la superficie terrestre, entre dos vertientes, de forma alargada e inclinada hacia un lago, mar o cuenca endorreica, por donde habitualmente discurren las aguas de un río (valle fluvial).

En un relieve joven predominan los valles en V: las vertientes, poco modeladas por la erosión, convergen en un fondo muy estrecho. Por el contrario, un estado avanzado de la erosión de lugar a la de valles aluviales, de fondo plano y amplio, constituidos por depósitos aluviales entre los cuales puede divagar el curso de agua. Este se encuentra expuesto al oeste de la aldea Llano de Jesús. Fotografía 31. Ver mapa geomorfológico en anexo III.

FOTOGRAFÍA 31 VALLE EN LA ALDEA LLANO DE JESÚS



Tomada por: Hugo Eduardo Rosales Droege. 2013.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis Litoestratigráfico Local

Con base el estudio geológico realizado, a continuación se describe la influencia estructural que tiene la falla del Motagua para la formación del relieve creando la morfología de montañas y ladera, modificando la litología formando una unidad a la vez, hasta formar el relieve actual.

Con lo anterior se determinó que el área de estudio se encuentra constituida por las unidades litoestratigráficas de esquisto granatífero, esquisto moscovítico, gneis milonítico, peridotita serpentinizada, aluvión y coluvión que según Bosc pertenecen al: Grupo Chuacús, Formación San Agustín, Grupo El Tambor y unidades relacionadas a la Zona de Sutura del Motagua, respectivamente.

Las unidades litoestratigráficas del área se ordenaron del más antiguo al más reciente: la unidad de esquisto granatífero como la más antigua debido al contenido mineralógico principalmente por el contenido de granates que demuestran un metamorfismo de alta presión, que se encuentra en contacto fallado con la unidad de esquisto micáceo con contenido de biotitas y moscovitas en el cual se puede observar la gradación mineral entre los esquistos, ambas presentando lentes de mármol.

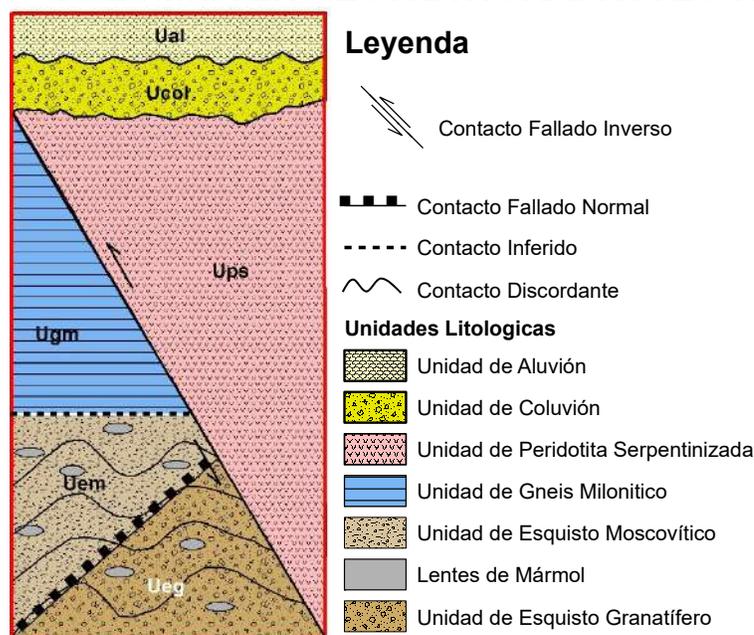
La unidad de esquistos micáceos presenta un contacto fallado de tipo inverso con la peridotita serpentizada, mostrando en la zona sur del área una roca masiva con mayor porcentaje de piroxenos y serpentina, conforme se avanza más al norte la gradación va cambiando de una roca foliada de un color verde más claro con mayor porcentaje de serpentina y ausencia de piroxenos. Esta tiene un contacto fallado de tipo normal en la parte central con el de gneis milonítico.

Posterior al esquistos micáceos se encuentra el gneis milonítico, debido al proceso de milonización que sufrió indica que fue afectada por la tectónica, tiene una dirección de NE-SW mostrando relictos de deformación como pequeños augens de cuarzo y la mineralogía clasificándola como una protomilonita, está delimitada en la parte central, presentando un contacto fallado de tipo inverso con la peridotita serpentizada al sur.

Lo anterior demuestra que el área de investigación se localiza en una zona de fallamiento constante y activa. Por último, existieron procesos de depositación de edad cuaternaria (aluvión y coluvión) que están regidos por la meteorización, erosión y alteraciones deformando el suelo con una coloración de rojiza-amarillenta.

Con lo antes expuesto se concluye con la siguiente columna litoestratigráfica local con las unidades predispuestas de la más antigua a la más reciente. Figura 27.

FIGURA 27
COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA LOCAL



Fuente: Investigación de campo. 2013.

5.2. Análisis Estructural Local

La dinámica a escala del globo ha provocado accidentes tectónicos que repercuten a nivel región al dando lugar a las deformaciones que constituyen los macizos que todos conocemos. Sus características dependen del nivel estructural en el que la roca se encuentre: en los niveles más superficiales el comportamiento es frágil, en el nivel medio, debido a las presiones a que están sometidos los materiales, se producen los pliegues y flexiones.

En el área de estudio se pudieron observar estructuras tanto del nivel dúctil como del nivel frágil, siendo los del dominio dúctil Foliación S_1 , Foliación S_2 (Ejes de crenulación), Ejes de Pliegue, Boudinage, estas se separaron por litologías; así como las estructuras del dominio frágil observadas y medidas son las siguientes, Grietas de Tensión estas también se separaron por litologías y por ultimo las Fallas, posteriormente para su análisis se utilizó el software *Rockworks 15* separándolas por familias en estereogramas y rosetas, y así poder realizar un buen análisis de ellas.

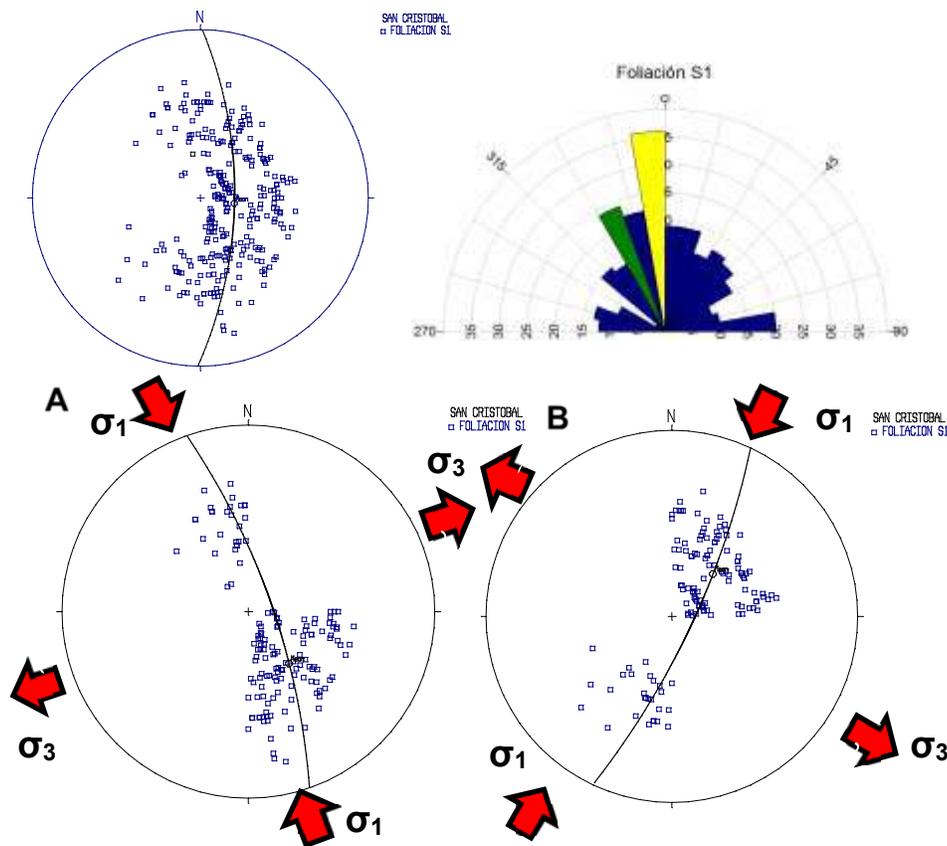
5.2.1 Análisis de estructuras del dominio dúctil

Para el análisis general se agrupó cada unidad con las estructuras medidas.

a. Unidad de esquisto

Para el análisis de la unidad de esquistos presenta 2 familias de foliaciones S_1 las cuales se analizaron por medio de estereogramas y rosetas. Figura 28.

FIGURA 28
FAMILIA DE FOLIACIÓN S_1 EN ESQUISTOS



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 25.

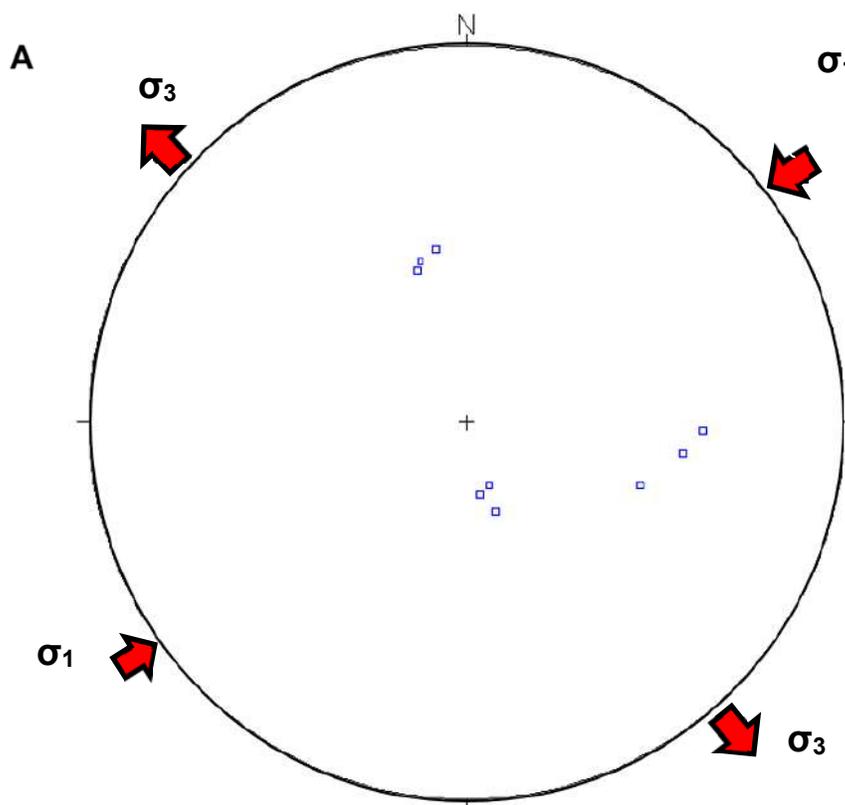
TABLA 25
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES
PARA FAMILIAS DE FOLIACION S₁ EN ESQUISTOS

Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N340
Sigma 3	N070
(B) FAMILIA 2	
Sigma 1	N025
Sigma 3	N295

Fuente: Investigación de campo. 2013.

En el nivel dúctil la unidad de esquistos presenta 2 familias de Polos de S₂ (Plano Axial) las cuales se analizaron por medio de estereogramas y rosetas. Figura 29.

FIGURA 29
FAMILIA S₂ (PLANO AXIAL) EN ESQUISTOS



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 26.

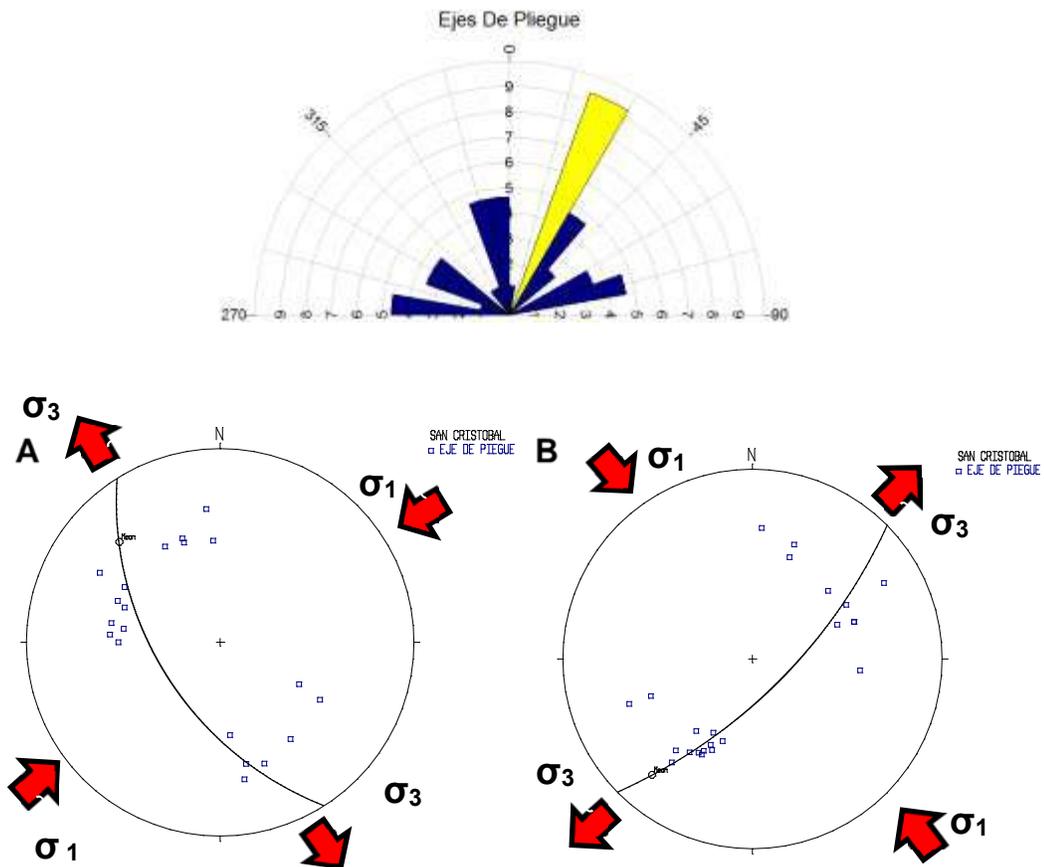
TABLA 26
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES
DE POLOS DE PLANO AXIAL S₂ EN ESQUISTOS

Esfuerzo	Azímüt
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N050
Sigma 3	N320

Fuente: Investigación de campo. 2013.

En los esquistos se observaron pliegues a los cuales se le midieron sus ejes, dando como resultado 2 familias. Figura 30.

FIGURA 30
EJES DE PLIEGUE EN ESQUISTOS



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 27.

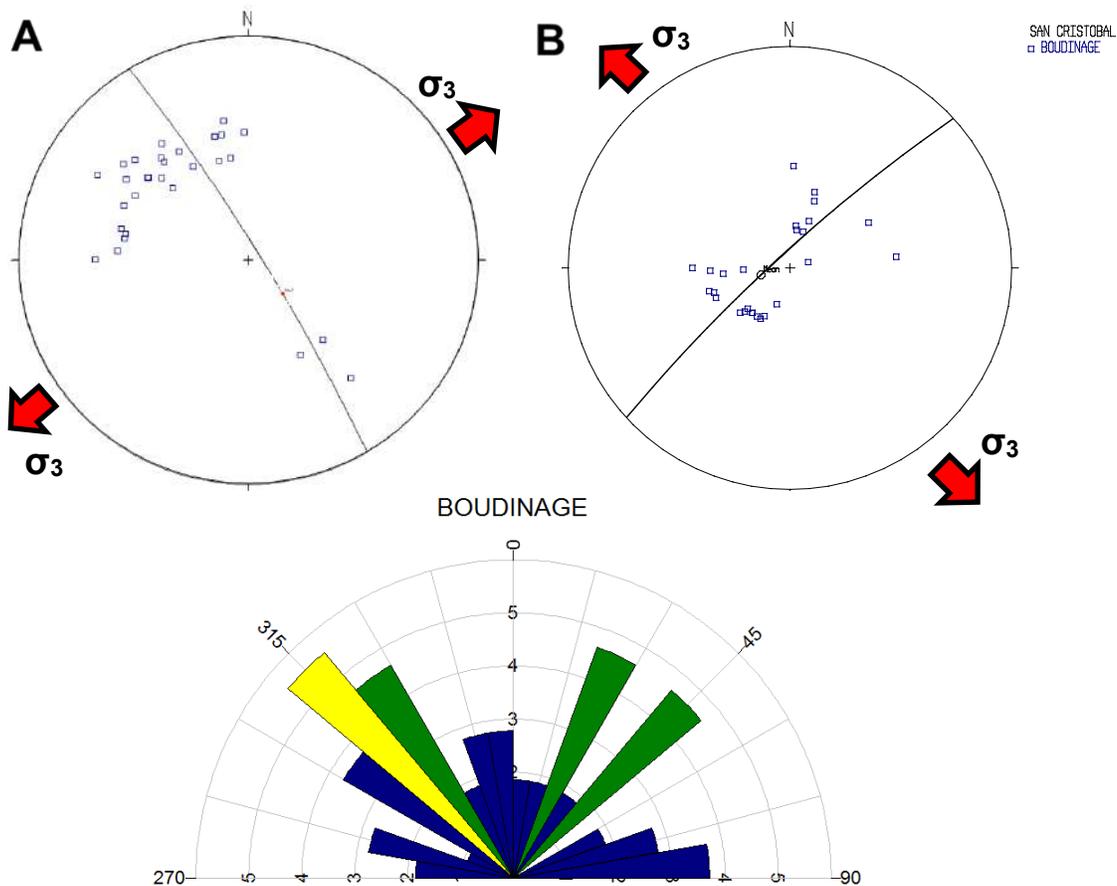
TABLA 27
DINÁMICA DE ESFUERZOS
PRINCIPALES DE EJES DE PLIEGUE EN ESQUISTOS

Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N060
Sigma 3	N330
(B) FAMILIA 2	
Sigma 1	N345
Sigma 3	N075

Fuente: Investigación de campo. 2013.

Del mismo modo se observaron estructuras de boudinage medidas por lineamientos. Figura 31

FIGURA 31
FAMILIA DE EJES DE BOUDINAJES



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 28.

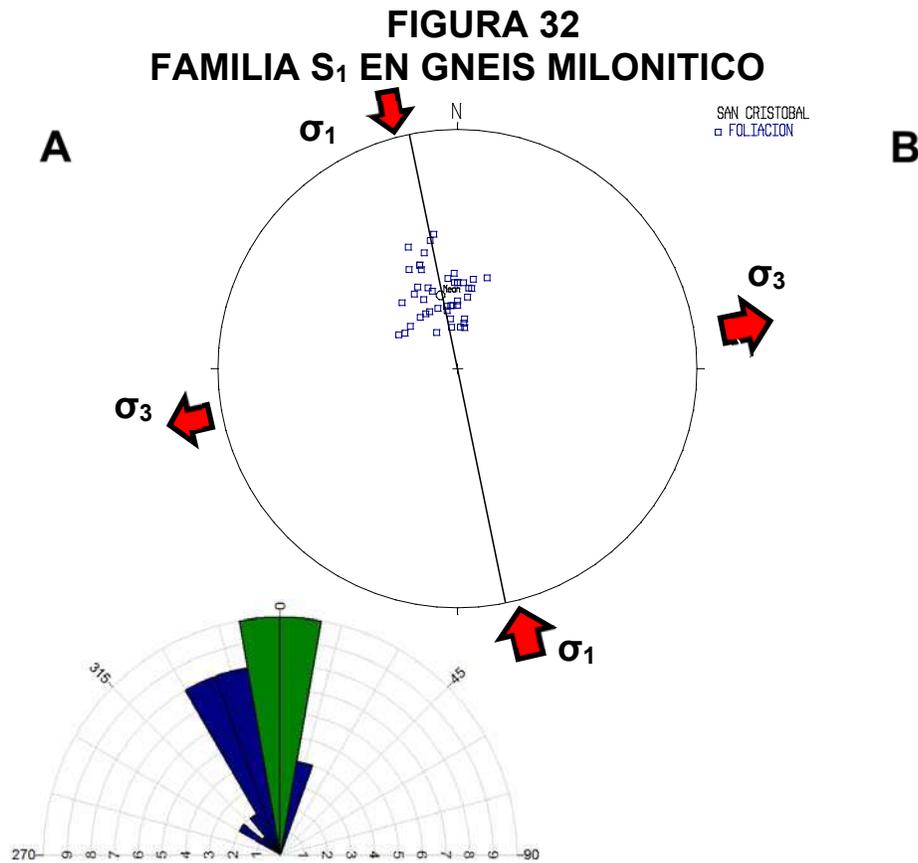
TABLA 28
DINÁMICA DE ESFUERZOS
PRINCIPALES DE EJES DE BOUDINAGE EN ESQUISTOS

Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N320
Sigma 3	N050
(B) FAMILIA 2	
Sigma 1	N060
Sigma 3	N330

Fuente: Investigación de campo. 2013.

b. Unidad de gneis milonítico

La unidad de gneis milonítico presenta 2 familias de foliaciones S_1 las cuales se analizaron por medio de estereogramas rosetas. Figura 32.



Fuente: Investigación de campo. 2013

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 29.

TABLA 29
DINÁMICA DE ESFUERZOS
PRINCIPALES DE FOLIACIÓN S₁ EN GNEIS MILONÍTICO

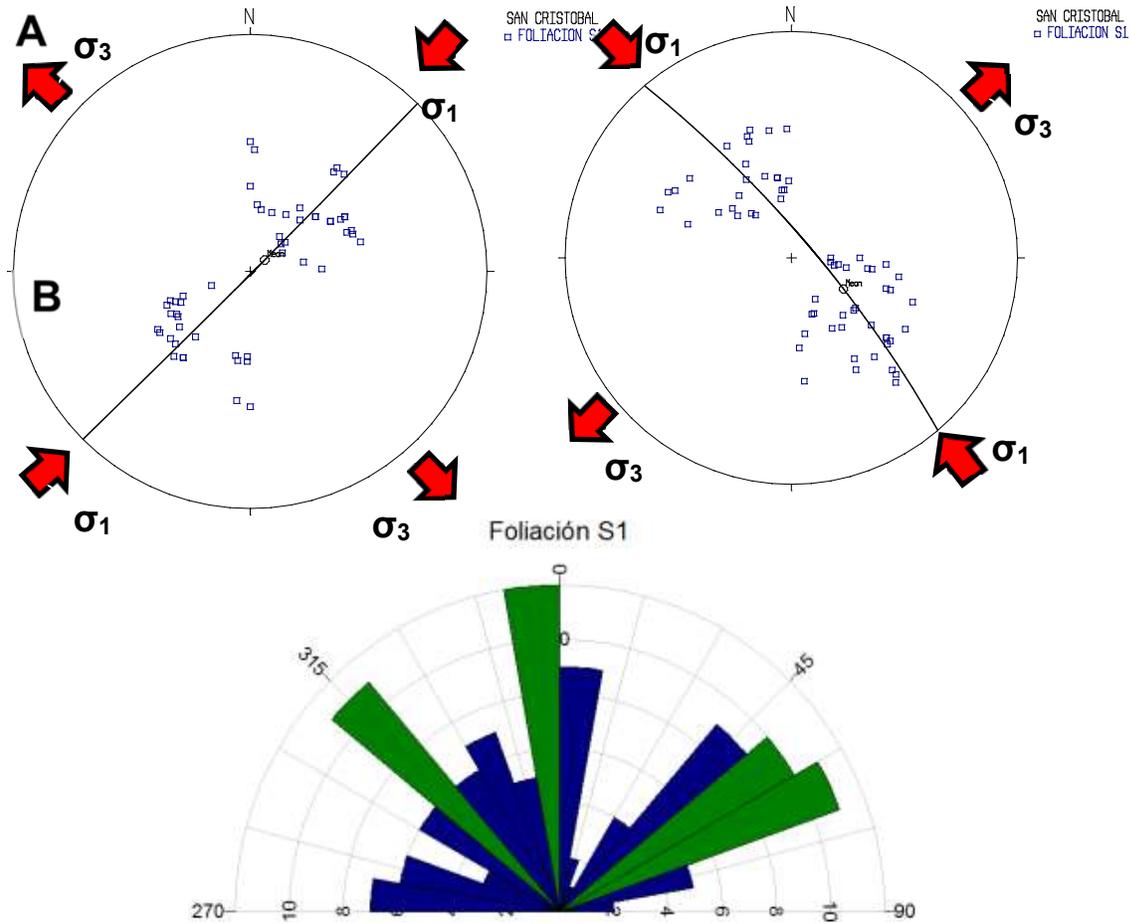
Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N350
Sigma 3	N080

Fuente: Investigación de campo. 2013.

c. Unidad de peridotita serpentinizada

En el nivel dúctil la unidad de peridotitas serpentinizadas presenta 2 familias de foliaciones S₁ analizadas por medio de estereogramas y rosetas como se muestra a continuación. Figura 33.

FIGURA 33
FAMILIA S₁ EN PERIDOTITAS SERPENTINIZADA



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra acontinuación. Tabla 30.

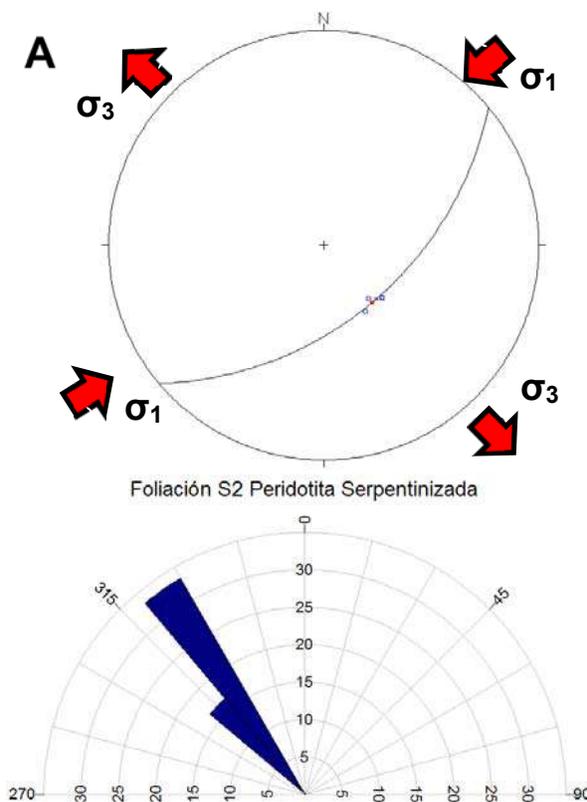
TABLA 30
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES
DE FOLIACIÓN S₁ EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA

Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N045
Sigma 3	N315
(B) FAMILIA 2	
Sigma 1	N320
Sigma 3	N050

Fuente: Investigación de campo. 2013.

La unidad de peridotitas serpentinizadas presenta una familia de foliación S_2 la cual se analizó por medio de estereograma y roseta. Figura 34.

FIGURA 34
FAMILIA DE POLOS DE
FOLIACIÓN S_2 EN PERIDOTITAS SP



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 31.

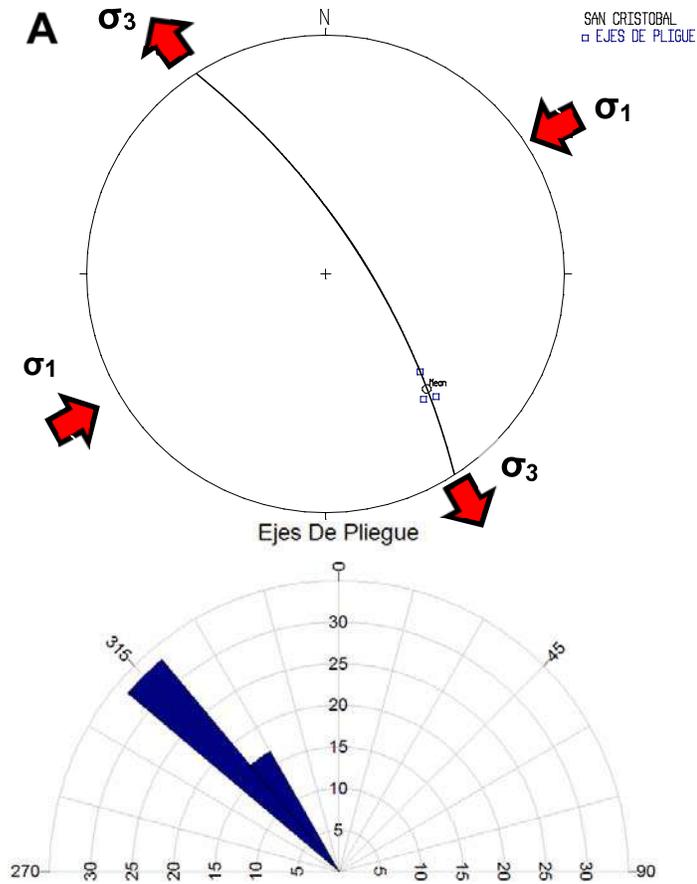
TABLA 31
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES DE POLOS
DE PLANO AXIAL S_2 EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA

Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N050
Sigma 3	N320

Fuente: Investigación de campo. 2013.

En la unidad de peridotita serpentizada se observaron pliegues, midiendo sus ejes de pliegue las cuales utilizaron para analizaron por medio de estereograma y roseta dando como resultado 1 sola familia. Figura 35.

**FIGURA 35
FAMILIA DE EJE DE PLIEGUE**



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 32.

**TABLA 32
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES EJES
DE PLIEGUE EN PERIDOTITA SERPERNTINIZADA**

Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N060
Sigma 3	N330

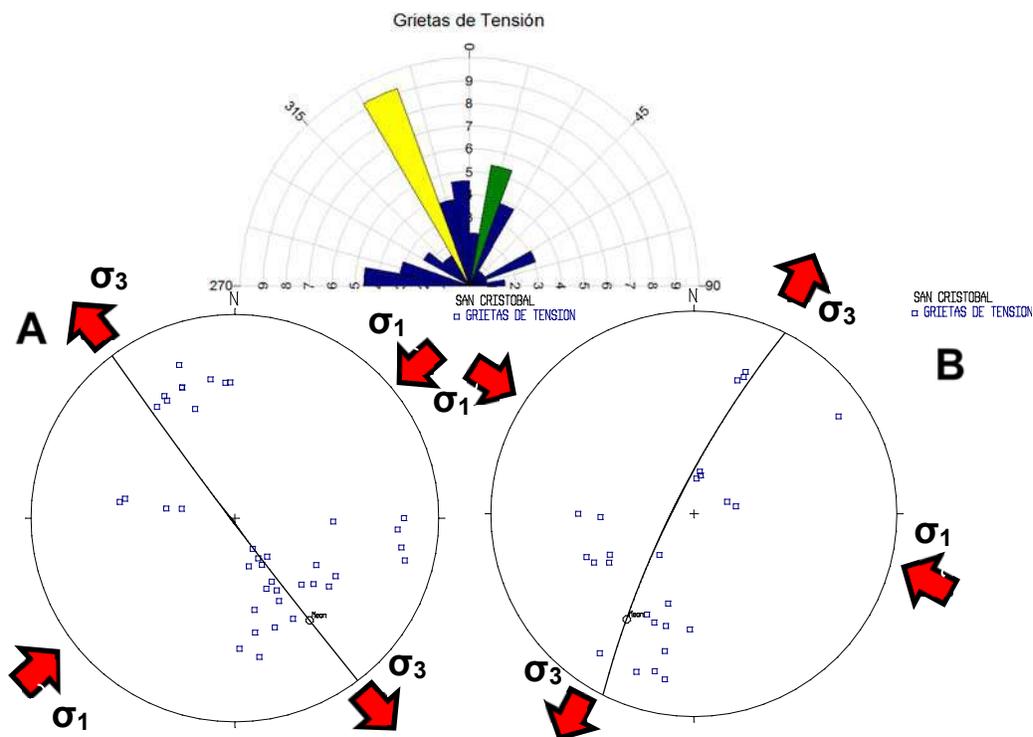
Fuente: Investigación de campo. 2013.

5.2.2 Análisis de estructuras del dominio frágil

a. Análisis de grietas de tensión

En la unidad de esquistos se observaron grietas de tensión midiendo la dirección de plano. Figura 36.

FIGURA 36
FAMILIA DE GRIETAS DE TENSIÓN EN ESQUISTOS



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 33.

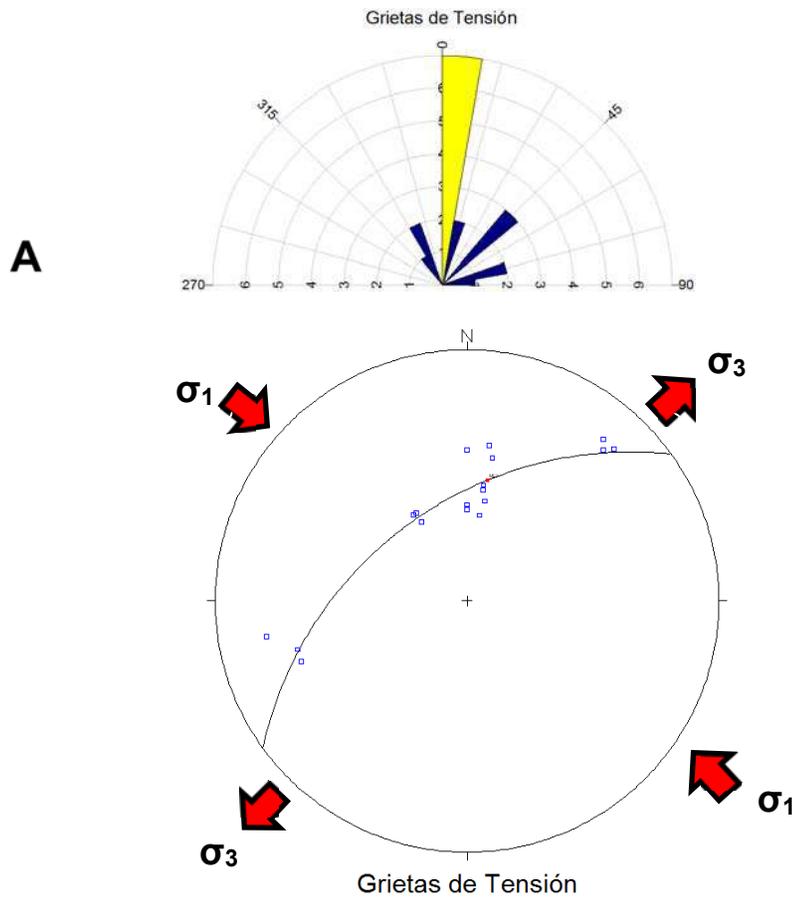
TABLA 33
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES DE POLOS DE PLANOS DE GRIETAS DE TENSIÓN EN ESQUISTOS

Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N050
Sigma 3	N320
(B) FAMILIA 2	
Sigma 1	N300
Sigma 3	N030

Fuente: Investigación de campo. 2013.

En la unidad de gneis milonítico se midieron grietas de los cuales se utilizaron para analizaron por medio de estereogramas y rosetas. Figura 37.

FIGURA 37
FAMILIA DE GRIETAS DE TENSIÓN EN GNEIS MILONÍTICO



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra acontinuación. Tabla 34.

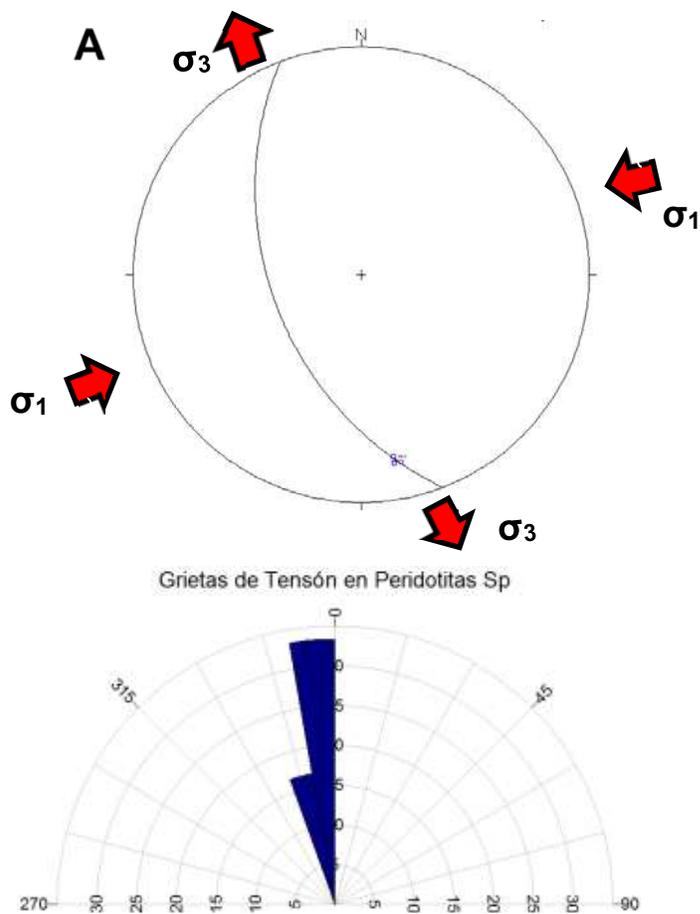
TABLA 34
DINÁMICA DE ESFUERZOS DE POLOS DE PLANOS DE GRIETAS DE TENSIÓN EN GNEIS MILONÍTICO

Esfuerzo	Azimut
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N320
Sigma 3	N050

Fuente: Investigación de campo. 2013.

En la unidad de peridotita serpentinizada se midieron planos de grietas de los cuales se analizaron por medio de estereogramas y rosetas dando como resultado una familia. Figura 38.

FIGURA 38
FAMILIA DE GRIETAS DE TENSIÓN
EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA



Fuente: Investigación de campo. 2013.

La dinámica de esfuerzos se muestra a continuación. Tabla 35.

TABLA 35
DINÁMICA DE ESFUERZOS DE POLOS DE PLANOS DE
GRIETAS DE TENSIÓN EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA

Esfuerzo	Azimuth
(A) FAMILIA 1	
Sigma 1	N070
Sigma 3	N340

Fuente: Investigación de campo. 2013.

b. Análisis de fallas

Las unidades litológicas en el polígono de investigación se encuentran afectadas por el dominio frágil evidenciado por las fallas observadas en el campo, estas presentaban distintas direcciones y disposiciones en el campo. Para determinar el tipo de falla se realizó por la medición de tectoglifos y estrillas.

Por la disposición del pitch en las fallas se dividieron en: normal pura, normales sinestrales, inversas dextrales, así como familia de fallas de rumbo como, dextral normal, sinistral normal, dextral inversa, sinistral inversa, todas estas se analizaron por medio de estereogramas con la ayuda del *software Geoplot*, las cuales se muestran a continuación.

1) Unidad de esquistos

Se midieron este tipo de estructuras en los dos tipos de litologías tanto para esquistos moscovíticos como para el esquistos granatífero, en los cuales se definieron fallas normales, fallas inversas y fallas de rumbo.

1.1) Fallas Normales

1.1.1) Normal Pura

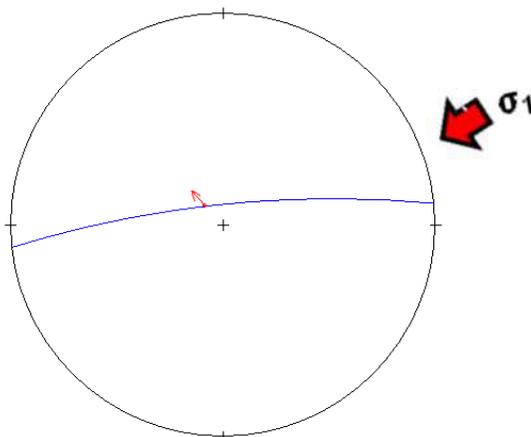
Dirección de falla normal pura. Tabla 36. Orientación de esfuerzos principales para la familia 1. Figura 39.

TABLA 36
FALLA NORMAL PURA

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	82	354	84°	NW

Fuente: Investigación de campo. 2013.

**FIGURA 39
NORMAL PURA**



Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.1.2) Normal Dextral

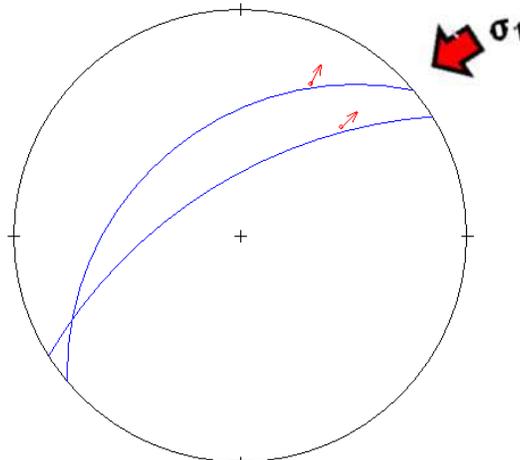
Dirección de fallas normal dextral. Tabla 37. Orientación de esfuerzos principales para la familia 1. Figura 40.

**TABLA 37
FALLAS NORMAL DEXTRAL**

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	70	328	38	N
2	50	320	36	N

Fuente: Investigación de campo. 2013.

**FIGURA 40
NORMAL DEXTRAL**



Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.1.3) Normal Sinistral

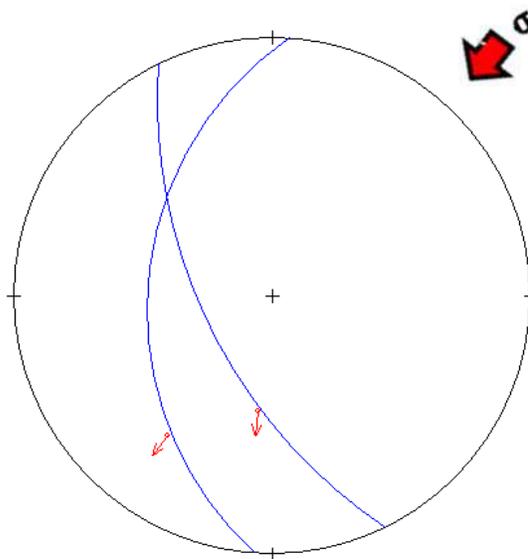
Direcciones de fallas normal sinistral. Tabla 38; y la orientación de esfuerzos principales para cada familia (Figuras 41-42).

TABLA 38
FALLAS NORMAL SINISTRAL

Familia 1				
Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	70	350	72	W
2	40	350	58	W
3	64	348	70	W
4	60	342	56	W
5	64	340	50	W
6	74	200	30	E
7	76	210	48	S
Familia 2				
Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	50	274	45	W
2	68	244	60	SW

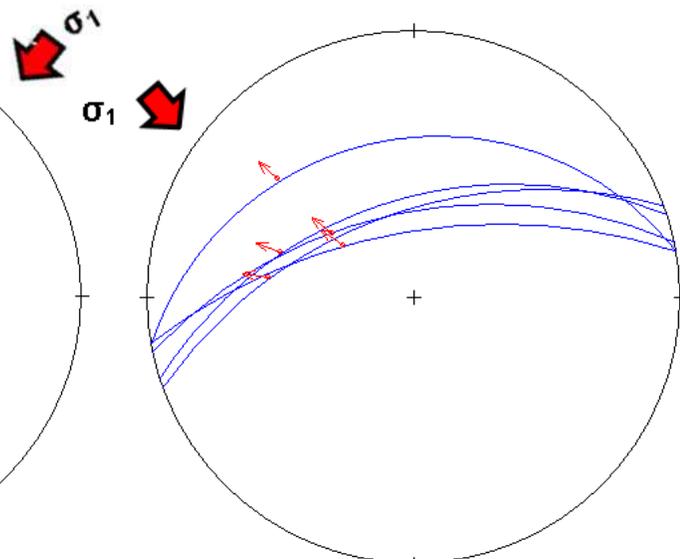
Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 41
NORMAL SINISTRAL F1



Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 42
NORMAL SINISTRAL F2



Fuente: Investigación de campo. 2013.

Con el análisis de las figuras 40 al 43 de las fallas normales se obtuvo la orientación tanto de los esfuerzos compresivos como de los esfuerzos distensivos. Tabla 39.

TABLA 39
INTERPRETACIÓN DE ESFUERZOS
DE FALLAS NORMALES EN ESQUISTOS

FALLAS NORMALES		
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Normal Pura (F1)	N060	N330
Normal Dextral (F1)	N040	N310
Normal Sinistral (F1)	N030	N300
Normal Sinistral (F2)	N290	N020

Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.2) Fallas Inversas

1.2.1) Inversa Dextral

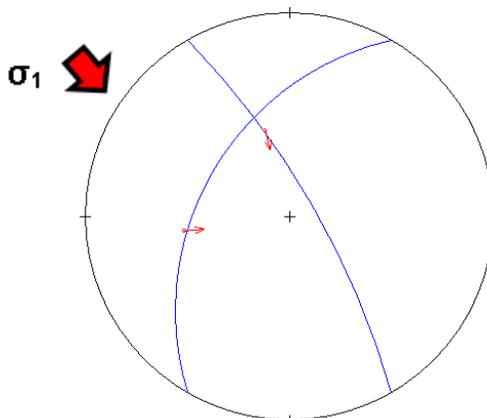
Direcciones de fallas inversa dextral. Tabla 40; y la orientación de esfuerzos principales. Figura 43.

TABLA 40
FALLAS INVERSA DEXTRAL

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	80	60	55	NE
2	54	300	65	W

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 43
INVERSAS DEXTRAL



Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.2.2) Inversa Sinistral

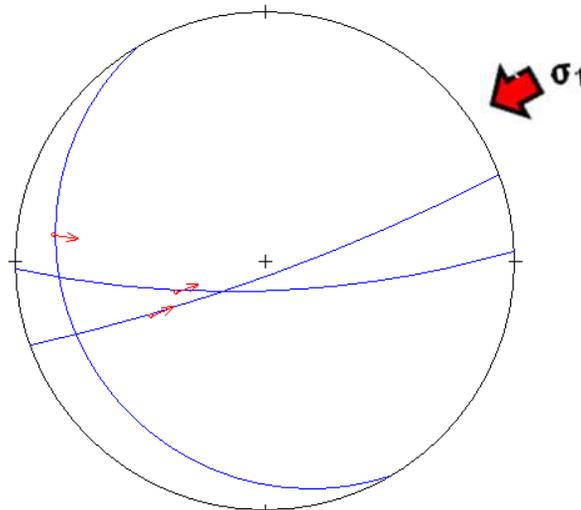
Direcciones de fallas inversa sinistral. Tabla 41; y la orientación de esfuerzos principales para cada familia. Figura 44.

TABLA 41
FALLAS INVERSA SINISTRAL

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	80	178	70	S
2	85	160	20	SW
	20	240	55	N

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 44
INVERSA SINISTRAL



Fuente: Investigación de campo. 2013.

Con el análisis de las figuras 44 y 45 de las fallas inversas se obtuvo la orientación tanto de los esfuerzos compresivos como de los esfuerzos distensivos. Tabla 42.

TABLA 42
INTERPRETACIÓN DE
ESFUERZOS DE FALLAS INVERSAS EN ESQUISTOS

FALLAS INVERSAS		
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Inversa Dextral (F1)	N310	N040
Inversa Sinistral (F1)	N040	N310

Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.3) Fallas de Rumbo

1.3.1) Sinistral Normal

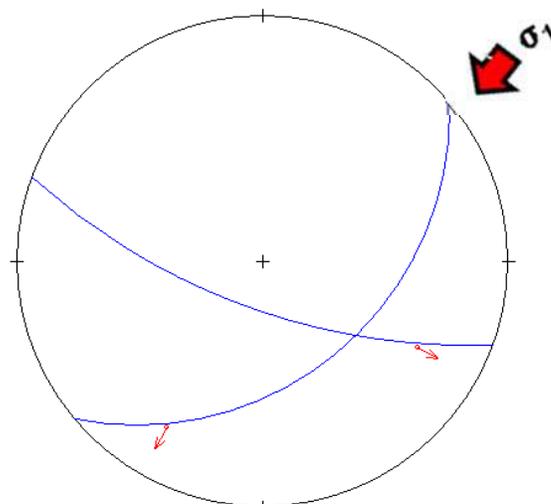
Direcciones de falla sinistral normal. Tabla 43; y la orientación de esfuerzos principales para la familia 1. Figura 45.

TABLA 43
FAMILIA SINISTRAL NORMAL

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	74	200	30	SE
2	50	140	30	S

Fuente: investigación de campo. 2013.

FIGURA 45
FAMILIA SINISTRAL NORMAL



Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.3.2) Dextral Inversa

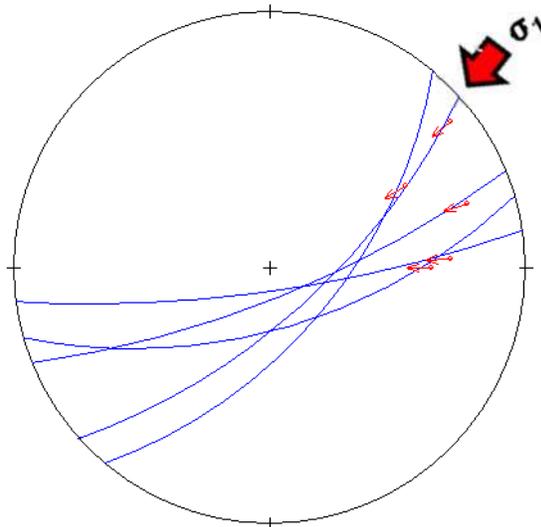
Direcciones de falla dextral inversa. Tabla No.44; y la orientación de esfuerzos principales para la familia 1. Figura 46.

TABLA 44
FALLAS DEXTRAL INVERSA

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	82	172	30	E
2	80	158	20	NE
3	68	130	42	NE
4	70	164	40	N
5	74	138	10	E

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 46
FAMILIA DEXTRAL INVERSA



Fuente: Investigación de campo. 2013.

1.3.3) Sinistral Inversa

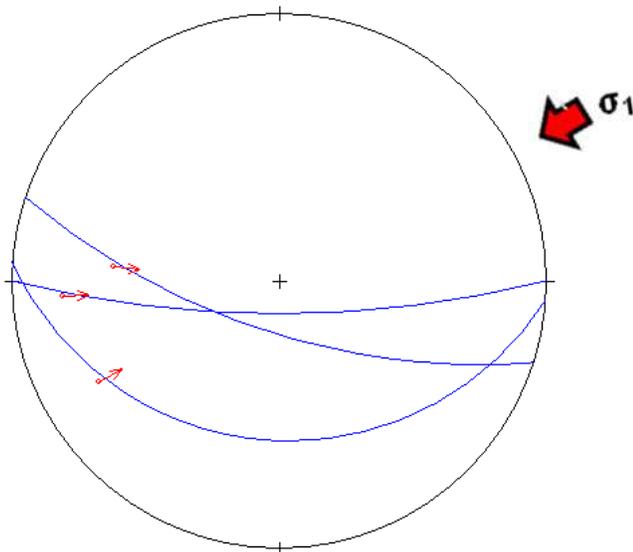
Direcciones de falla sinistral inversa. Tabla 44: y la orientación de esfuerzos principales cada familia 1. Figura 47.

TABLA 45
FALLAS SINISTRAL INVERSA

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	40	184	40	N
2	74	198	40	N
3	80	180	20	SW

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 47
FAMILIA SINISTRAL INVERSA



Fuente: Investigación de campo. 2013.

Con el análisis de las figuras 46-48 de las fallas de rumbo obtuvo la orientación tanto de los esfuerzos compresivos como de los esfuerzos distensivos. Tabla 46.

TABLA 46
INTERPRETACIÓN DE ESFUERZOS
DE FALLAS DE RUMBO EN ESQUISTOS

FALLAS DE RUMBO		
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Sinistral Normal	N030	N300
Dextral Inversa (F1)	N060	N330
Sinistral Inversa (F1)	N075	N345

Fuente: Investigación de campo. 2013.

2) Unidad de gneis milonítico

En esta unidad fue difícil observar fallas debido al intemperismo y que no presentaban rasgos o microrasgos estructurales. Dentro de las estructuras que se definieron están Fallas normales, inversas y de rumbo. Observándose únicamente en la parte central del área sobre la aldea Magdalena.

2.1) Fallas Normales

2.1.1) Normal Sinistral

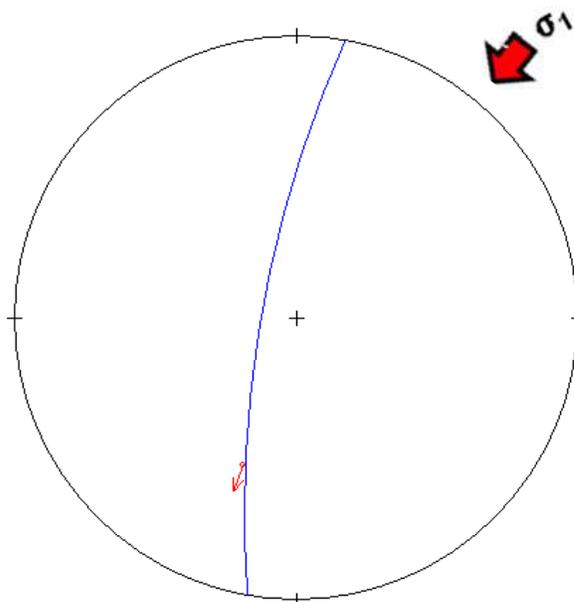
Direcciones de Falla Normal Sinistral. Tabla 47; y la Orientación de esfuerzos principales para la familia 1. Figura 48.

TABLA 47
FALLA NORMAL SINISTRAL

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	80	280	45	W

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 48
FAMILIA NORMAL SINETRAL



Fuente: Investigación de campo. 2013.

Con el análisis de la figura 49 de las fallas normales se obtuvo la orientación tanto de los esfuerzos compresivos como de los esfuerzos distensivos. Tabla 48.

TABLA 48
INTERPRETACIÓN DE ESFUERZOS
DE FALLAS NORMALES EN GNEIS MILONÍTICO

FALLAS NORMALES		
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Normal Sinistral (F1)	N030	N300

Fuente: Investigación de campo. 2013.

2.2) Fallas Inversas

2.3.1) Inversa Sinistral

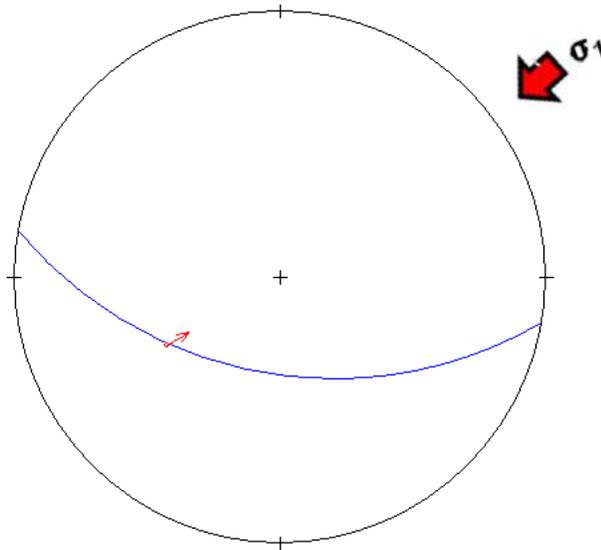
Direcciones de Falla Inversa Sinistral. Tabla 49; y la orientación de esfuerzos principales para la familia 1. Figura 49.

TABLA 49
FALLA INVERSA SINISTRAL

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	60	190	60	W

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 49
FAMILIA INVERSA SINISTRAL



Fuente: Investigación de campo. 2013.

Con el análisis de la figura 50 de las fallas inversas se obtuvo la orientación tanto de los esfuerzos compresivos como de los esfuerzos distensivos. Tabla 50.

TABLA 50
INTERPRETACIÓN DE ESFUERZOS
DE FALLAS INVERSAS EN GNEIS MILONÍTICO

FALLAS INVERSAS		
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Inversa Sinistral (F1)	N050	N320

Fuente: Investigación de campo. 2013.

2.3) Fallas de Rumbo

2.3.1) Dextral Inversa

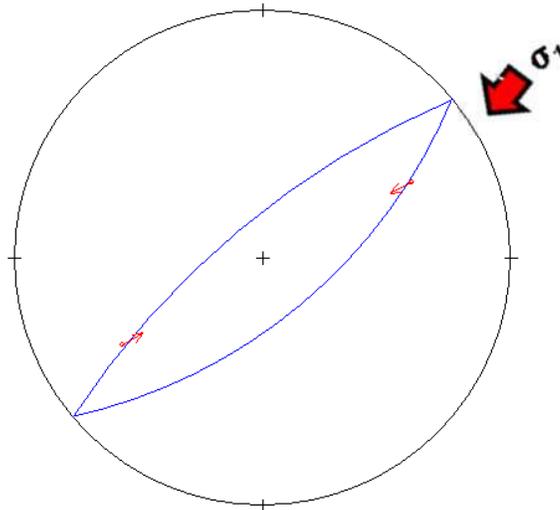
Direcciones de Falla Dextral Inversa. Tabla 51; y la orientación de esfuerzos principales cada familia. Figura 50.

TABLA 51
FALLAS DEXTRAL INVERSA

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	70	140	35	E
2	78	320	35	W

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 50
FAMILIA DEXTRAL INVERSA



Fuente: Investigación de campo. 2013.

2) Sinestral Inversa

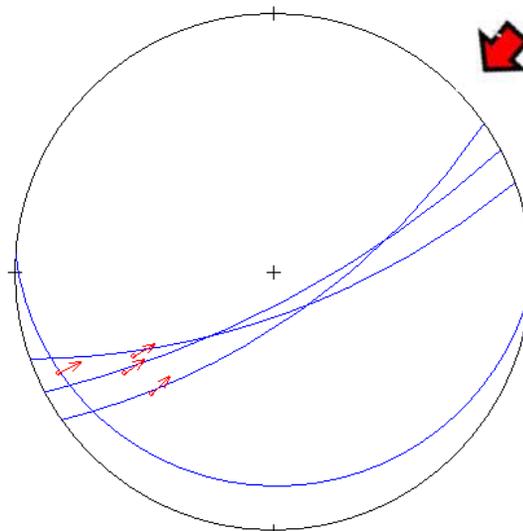
Direcciones de Falla Sinestral Inversa. Tabla 52; y la Orientación de esfuerzos principales para la familia 1. Figura 51.

TABLA 52
FALLAS SINISTRAL INVERSA

Familia 1				
Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	18	184	30	N
2	76	160	38	W
3	80	152	32	W
4	75	145	35	NW

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 51
FAMILIA SINISTRAL INVERSA



Fuente: Investigación de campo. 2013.

Con el análisis de las figuras 51 y 52 de las fallas de rumbo obtuvo la orientación tanto de los esfuerzos compresivos como de los esfuerzos distensivos. Tabla 53.

TABLA 53
INTERPRETACIÓN DE ESFUERZOS
DE FALLAS DE RUMBO EN GNEIS MILONÍTICO

FALLAS DE RUMBO		
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Dextral Inversa (F1)	N055	N325
Sinistral Inversa (F1)	N040	N310

Fuente: Investigación de campo. 2013.

3) Unidad de peridotita serpentizada

Para esta unidad se midieron fallas normales y de rumbo, cada una de estos con rasgos de movimientos laterales o componentes laterales.

3.1) Fallas Normales

3.1.1) Normal Sinistral

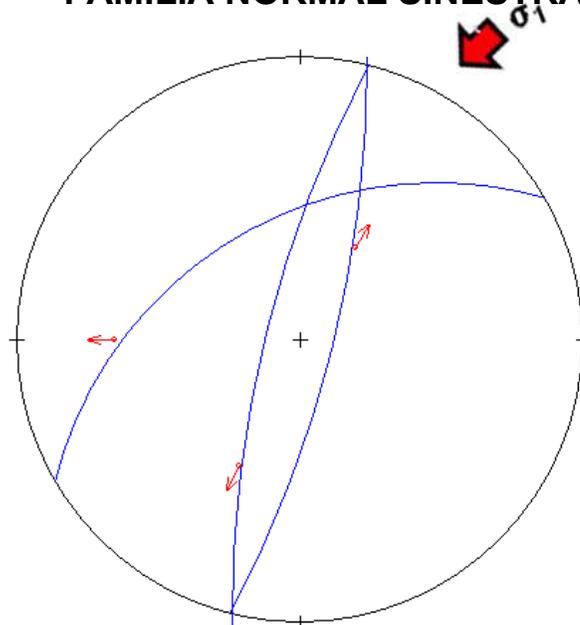
Direcciones de Falla Normal Sinistral. Tabla 54; y la orientación de esfuerzos para la familia 1. Figura 52.

TABLA 54
FALLAS NORMAL SINISTRAL

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	55	330	56	SW
2	80	204	48	SW
3	80	104	60	NE

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 52
FAMILIA NORMAL SINISTRAL



Fuente: Investigación de campo. 2013.

Con el análisis de la figura 52 de las fallas normales se obtuvo la orientación tanto de los esfuerzos compresivos como de los esfuerzos distensivos. Tabla 55.

TABLA 55
INTERPRETACIÓN DE ESFUERZOS EN FALLAS
NORMALES EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA

FALLAS NORMALES		
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Normal Sinistral (F1)	N025	N295

Fuente: Investigación de campo. 2013.

3.2) Fallas de Rumbo

3.2.1) Sinistral Inversa

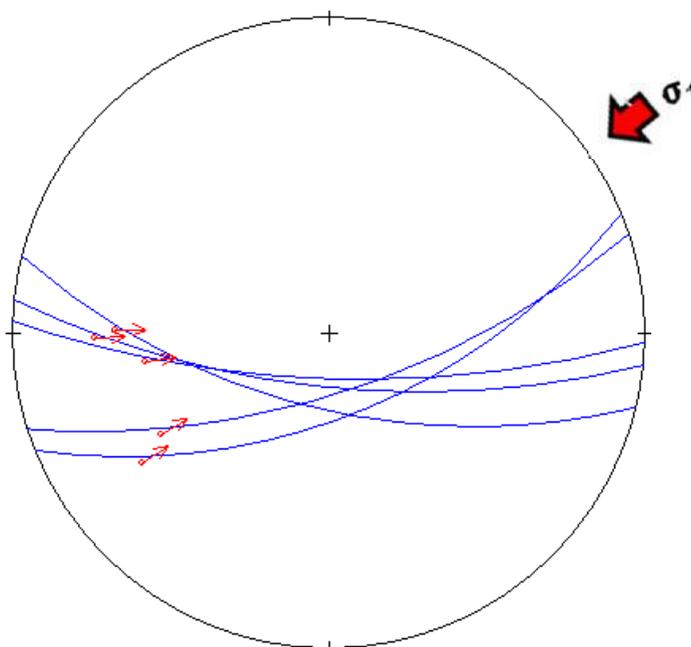
Direcciones de Falla Dextral Inversa. Tabla 56 y la orientación de esfuerzos principales cada Familia 1. Figuras 53.

TABLA 56
FALLAS SINISTRAL INVERSA

Cantidad	Dip	Dir	Pitch	Sentido
1	76	186	28	W
2	78	182	42	NW
3	70	194	35	W
4	74	162	40	NW
5	68	158	32	N

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 53
FAMILIA SINISTRAL INVERSA



Fuente: Investigación de campo. 2013.

Con el análisis de la figura 53 de las fallas de rumbo obtuvo la orientación tanto de los esfuerzos compresivos como de los esfuerzos distensivos. Tabla 57.

TABLA 57
INTERPRETACIÓN DE ESFUERZOS DE FALLAS
DE RUMBO EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA

FALLAS DE RUMBO		
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Sinistral Inversa (F1)	N065	N335

Fuente: Investigación de campo. TFC 2013.

5.2.3 Análisis Estructural General.

Luego de analizar las estructuras geológicas por medio de estereogramas y rosetas, estas se dividieron en dominio dúctil y frágil para elaborar un modelo dinámico local de cada dominio, como se muestra a continuación. Tabla 58.

a. Dominio dúctil

Se muestra la dinámica de esfuerzos para cada cinemática. Tabla 58-59.

TABLA 58
DINÁMICA DE ESFUERZOS PARA
ESTRUCTURAS DEL DOMINIO DÚCTIL DEXTRAL

DOMINIO DÚCTIL DEXTRAL			
LITOLOGÍA	ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
Esquistos	Foliación S ₁ F1	N340	N070
	Eje de Pliegue F2	N345	N075
	Eje de Boudinage F2	N320	N050
Gneis Milonítico	Foliación S ₁ F2	N350	N080
Peridotita Serpentinizada	Foliación S ₁ F2	N320	N050
PROMEDIO		N335	N065

Fuente: Investigación de campo. 2013.

TABLA 59
DINÁMICA DE ESFUERZOS PARA
ESTRUCTURAS DEL DOMINIO DÚCTIL SINISTRAL

DOMINIO DÚCTIL SINISTRAL			
LITOLOGÍA	ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
Esquistos	Foliación S ₁ F2	N025	N295
	S ₂ Polos de Plano Axial de Crenulación	N050	N320
	Eje de Pliegue F1	N060	N330
	Eje de Boudinage	N060	N330
Gneis Milonítico	Foliación S ₁ F1	N010	N280
Peridotita Serpentinizada	Foliación S ₁ F1	N045	N315
	S ₂ Polos de Plano Axial de Crenulación	N050	N320
	Eje de Pliegue F1	N060	N330
PROMEDIO		N045	N315

Fuente: Investigación de campo. 2013.

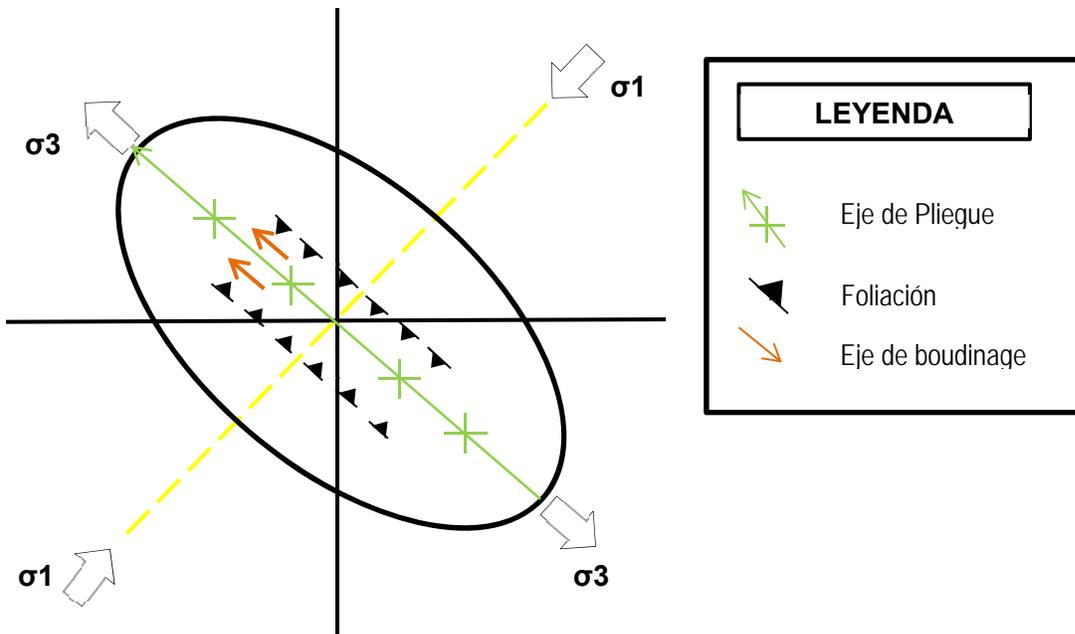
Luego de analizar las estructuras anteriores con respecto a la ubicación de los esfuerzos principales en los estereogramas del dominio dúctil, tiene relevancia una cinemática sinistral. Tabla 60; dando como resultado el modelo general al que se ajusta el área de estudio, que es una elipse de deformación de tipo sinistral. Figura 54.

TABLA 60
DINÁMICA DE ESFUERZOS
PARA ESTRUCTURAS DEL DOMINIO DÚCTIL

DOMINIO DÚCTIL CINEMATICA SINISTRAL	
SIGMA 1	SIGMA 3
N045	N315

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 54
ELIPSE DE DEFORMACIÓN LOCAL
PARA DOMINIO DÚCTIL



Fuente: Elaboración propia. 2013.

b. Dominio Frágil

Se muestra la dinámica de esfuerzos para cada cinemática.

Tabla 61-62.

TABLA 61
DINÁMICA DE ESFUERZOS PARA
ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL DEXTRAL

DOMINIO FRÁGIL DEXTRAL			
LITOLOGÍA	ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
Esquistos	Grietas de Tensión F2	N300	N030
	Falla Normal Sinestral F2	N290	N020
	Falla Inversa Dextral F1	N310	N040
Gneis Milonítico	Grietas de Tensión F2	N320	N050
PROMEDIO		N305	N035

Fuente: Investigación de campo. 2013.

TABLA 62
DINÁMICA DE ESFUERZOS PARA
ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL SINISTRAL

DOMINIO FRÁGIL SINISTRAL			
LITOLOGÍA	ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
Esquistos	Grietas de Tensión F1	N050	N320
	Falla Normal Pura F1	N060	N330
	Falla Normal Dextral F1	N060	N330
	Falla Normal Sinistral F1	N030	N300
	Falla Inversa Sinistral F1	N065	N335
	Falla Dextral Inversa F1	N060	N330
	Falla Sinistral Normal F1	N030	N300
	Falla Sinistral Inversa F1	N075	N345
Gneis Milonítico	Grietas de Tensión F1	N040	N310
	Falla Normal Sinistral F1	N030	N300
	Falla Inversa Sinistral F1	N050	N320
	Falla Dextral Inversa F1	N055	N325
	Falla Sinistral Inversa F1	N040	N310
Peridotita Serpentinizada	Grietas de Tensión F1	N070	N340
	Falla Normal Sinistral F1	N025	N295
	Falla Sinistral Inversa F1	N075	N345
PROMEDIO		N053	N323

Fuente: Investigación de campo. 2013.

Luego de analizar las estructuras anteriores con respecto a la ubicación de los esfuerzos principales en los estereogramas del dominio frágil tanto para la cinemática dextral y sinistral, se obtuvo como resultado el modelo general al que se ajusta el área de estudio, es una elipse de deformación de tipo sinistral. Figura 55.

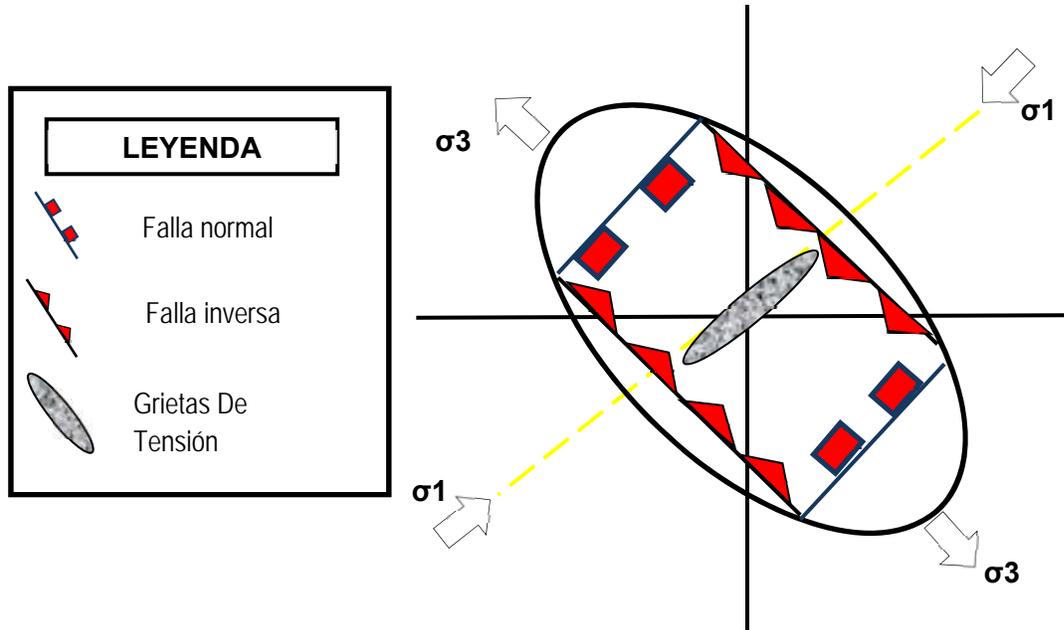
Se muestra la dinámica de esfuerzos, para la dinámica sinistral. Tabla 63.

TABLA 63
DINÁMICA DE ESFUERZOS
PARA ESTRUCTURAS DEL DOMINIO FRÁGIL

DOMINIO FRÁGIL CINEMATICA SINISTRAL	
SIGMA 1	SIGMA 3
N053	N323

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 55
ELIPSE DE DEFORMACIÓN LOCAL
PARA DOMINIO FRÁGIL



Fuente: Elaboración propia. 2013.

Luego de analizar las estructuras tanto del dominio dúctil como del frágil por medio de los esfuerzos principales que están presentes, se puede concluir que el modelo dinámico que se ajusta al área es una elipse de deformación es de tipo sinestral, donde la geometría se ajusta en ángulos de 90 grados respecto a las fallas normales e inversas, se demuestra con los ejes de pliegue se encuentra paralelo a los planos de falla inversas y perpendiculares a los planos de fallas normales.

Por tanto, el modelo local se acopla regionalmente a la falla más importante que la afecta la cual es la zona de falla del Motagua. Figura 56.

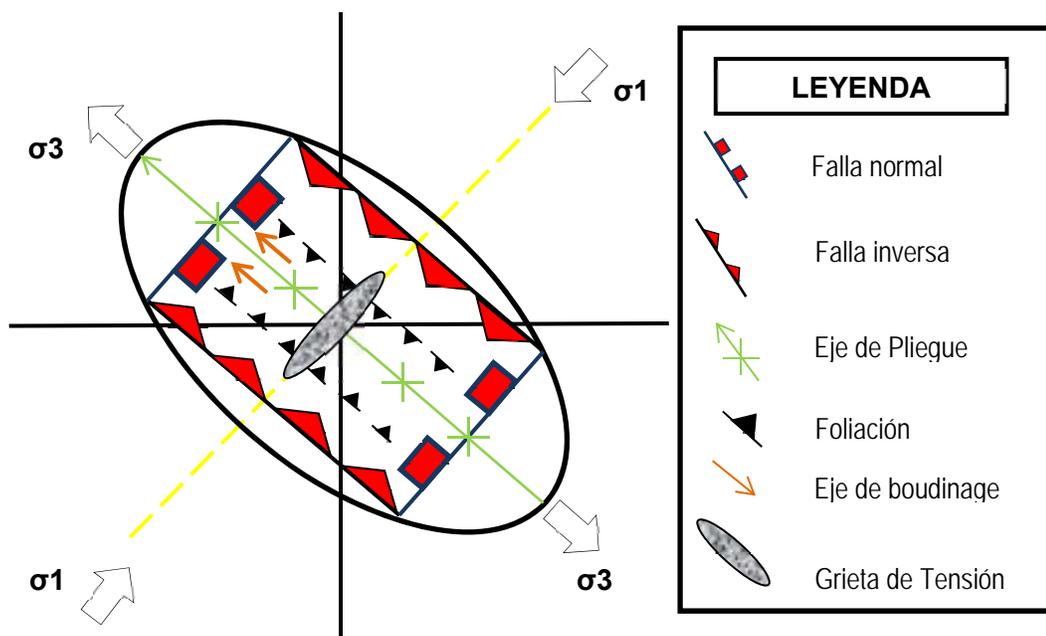
La dinámica de esfuerzos para la elipse de deformación local se muestra a continuación. Tabla 64.

TABLA 64
ELIPSE DEFORMACION LOCAL

DIRECCION DE ESFUERZOS PRINCIPALES	
SIGMA 1	SIGMA 3
N049	N319

Fuente: Investigación de campo. 2013.

FIGURA 56
MODELO DINÁMICO DE ELIPSE DEFORMACION LOCAL



Fuente: Elaboración propia. 2013.

5.3. Análisis Geomorfológico

La geomorfología se ve influenciada por la zona en la que se encuentra debido a que el área se ve afectada por la zona de falla del Motagua, lo cual es evidente por las geoformas que toma la topografía como colinas y lomas, crestas, laderas con pendientes inclinadas y muy inclinadas, etc., las cuales se clasificaron en base a las elevaciones del terreno y lo observado en el campo.

Al norte del polígono de investigación se encontró la unidad de colinas y lomas, al igual que el de crestas ya que se observaba que en lo más alto de los cerros se encontraban geoformas puntiagudas y esto demostraba algunas similitudes con las unidades litológicas. En la parte más baja más hacia el sur se observaron geoformas de planicies aluviales, así como las laderas que fueron divididas según la inclinación que presentaba la pendiente, las cuales se clasificaron en laderas bajas, medias y altas.

CONCLUSIONES

General

Con base al análisis de la geometría y cinemática del área, en el cual se estudiaron las estructuras tanto del nivel dúctil y frágil, siendo del nivel dúctil foliaciones, ejes de pliegue y boudinage, y el nivel frágil grietas de tensión y fallas, se obtuvo como resultado un modelo dinámico de movimiento sinistral que respaldado con la geometría de las estructuras, se ajustan a la dinámica que presenta la zona de falla del Motagua.

Específicas

- El área está siendo afectada por fallamiento, evidencia de ello son las geoformas generadas a partir de procesos endógenos y principalmente exógenos que han moldeado el terreno hasta su actual relieve, las que se identificaron en campo son: de origen denudacional, subunidad de colinas y lomas, subunidad de crestas, subunidad de laderas, subunidad de movimientos masales; de origen antrópico denudacional, subunidad de canteras; de origen agradacional, subunidad de valles o planicie aluvial.
- Las unidades que afloran en el área en orden litoestratigráfico de la más antigua a la más reciente son: unidad esquisto granatífero, esquisto micáceo, gneis milonítico, peridotita serpentizada, coluvión y aluvión. Separados en su mayoría por contactos fallados de tipo inverso, y en los esquistos contacto fallado de tipo normal.

- Se observaron estructuras geológicas tanto del nivel dúctil como del nivel frágil, del nivel dúctil fueron medidas ejes de pliegue y ejes de foliación S_2 (crenulación) con una dirección preferencial de NW-SE, planos de foliación S_1 hacia el NE-SW y, lineamientos de la dirección de los budines con cierta orientación hacia el Oeste.
- Del nivel frágil se midieron planos de fracturas, planos de dirección de las grietas de tensión los cuales nos indican la dirección del esfuerzo principal de NE-SW, así también fallas tanto inversas como normales los cuales se clasificaron en base al movimiento que presentaban y los indicadores cinemáticos (pitch, estrías y tectoglifos) dando mayormente una dirección Este-Oeste.
- Basado en el análisis de los esfuerzos principales de las estructuras geológicas tanto a nivel dúctil como frágil, por medio de estereogramas y rosetas, se propone una elipse de deformación de origen sinistral con una dirección de NE-SW, la cual se ajusta al modelo de deformación de la zona de falla del Motagua.
- La dirección del evento de deformación local (σ_1) es N049 y (σ_3) es N319.

RECOMENDACIONES

- Elaborar un plan de mitigación de riesgo sísmico en el área de investigación, para ayudar a las aldeas y pueblos cercanos al polígono debido a la zona de fallamiento en donde se encuentra y que en la parte Norte la topografía presenta laderas pronunciadas, las cuales son propensas a deslizamientos de rocas.
- Realizar un estudio radiométrico en base a circones mediante el método U-Th²³⁰ (Uranio-Torio) para la Unidad de Esquistos, para poder determinar con exactitud la edad de dichos cuerpos.

BIBLIOGRAFÍA

Castillo Moeschler, Bernnie Gamaliel, *Evaluación de la amenaza por inundación en la parte alta de la cuenca del río Cahabón*, Tesis de Maestría en Gestión para la Reducción de Riesgos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Arquitectura, 2009.

Chiquín Yoj, Mauricio. (Comp.) *Geología del cuadrángulo El Progreso*. http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/investigacio_files/INFO-RMES/PUIRNA/INF-2002-022.pdf (15 de febrero de 2010).

Coy Macz, Edin Andrés. *Estudio geológico para determinar la explotabilidad de mármol en la aldea Vado Ancho, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso*. Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 1997.

Donnelly T. W. and G.S. Horne, Et. Al. *Northern Central America; the Maya and Chortis Blocks*. Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, 1990.

Estudio de evaluación del impacto ambiental: Sistema de interconexión eléctrica de Centro América -Siepac-, En 230 Kv. <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/Documento%20final%206b.pdf> (12 de marzo de 2013).

Estudio de evaluación del impacto ambiental: Sistema de interconexión eléctrica de Centro América -Siepac-, En 230 Kv. <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/Documento%20final%206a1.pdf> (12 de marzo de 2013).

Falla de Chixoy-Polochic. http://es.wikipedia.org/wiki/Falla_de_Chixoy-Polochic (10 de marzo de 2013).

Falla de Motagua. http://es.wikipedia.org/wiki/Falla_de_Motagua (10 de marzo de 2013).

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH-. *Geofísica*. <http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/programa.htm> (10 de marzo de 2013).

McClay, K. *El mapeo geológico de estructuras*. London, England: Sociedad Geológica de Londres. John Wiley & Sons, 1987.

Rabanales Bravo, Ana Elizabeth. *Terminal de buses en el caserío las Champas de la aldea Santa Gertrudis, municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso*. Tesis Arquitecto- Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Arquitectura, 2007.

Recursos naturales de San Agustín Acasaguastlán. <http://www.deguate.com/municipios/pages/el-progreso/san-agustin-acasaguastlan/organizacion.php#.UUJMbxeEwWT> (18 de marzo de 2013).

Recursos Naturales de San Cristóbal Acasaguastlán. <http://www.deguate.com/municipios/pages/el-progreso/san-cristobal-acasaguastlan/recursos-naturales.php#.Us2DIdJ5OSp> (18 de marzo de 2013).

Simmons, Charles S, Et. Al. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*, Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, 1959.

Terremotos en Guatemala. http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Terremotos_en_Guatemala (10 de marzo de 2013).

Thompson, G., Et. Al. *earth, Past and Present*. Estados Unidos de America, Harcourt Brace College Publishers, 1995.

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 San Carlos de Guatemala, Cobán Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2007.

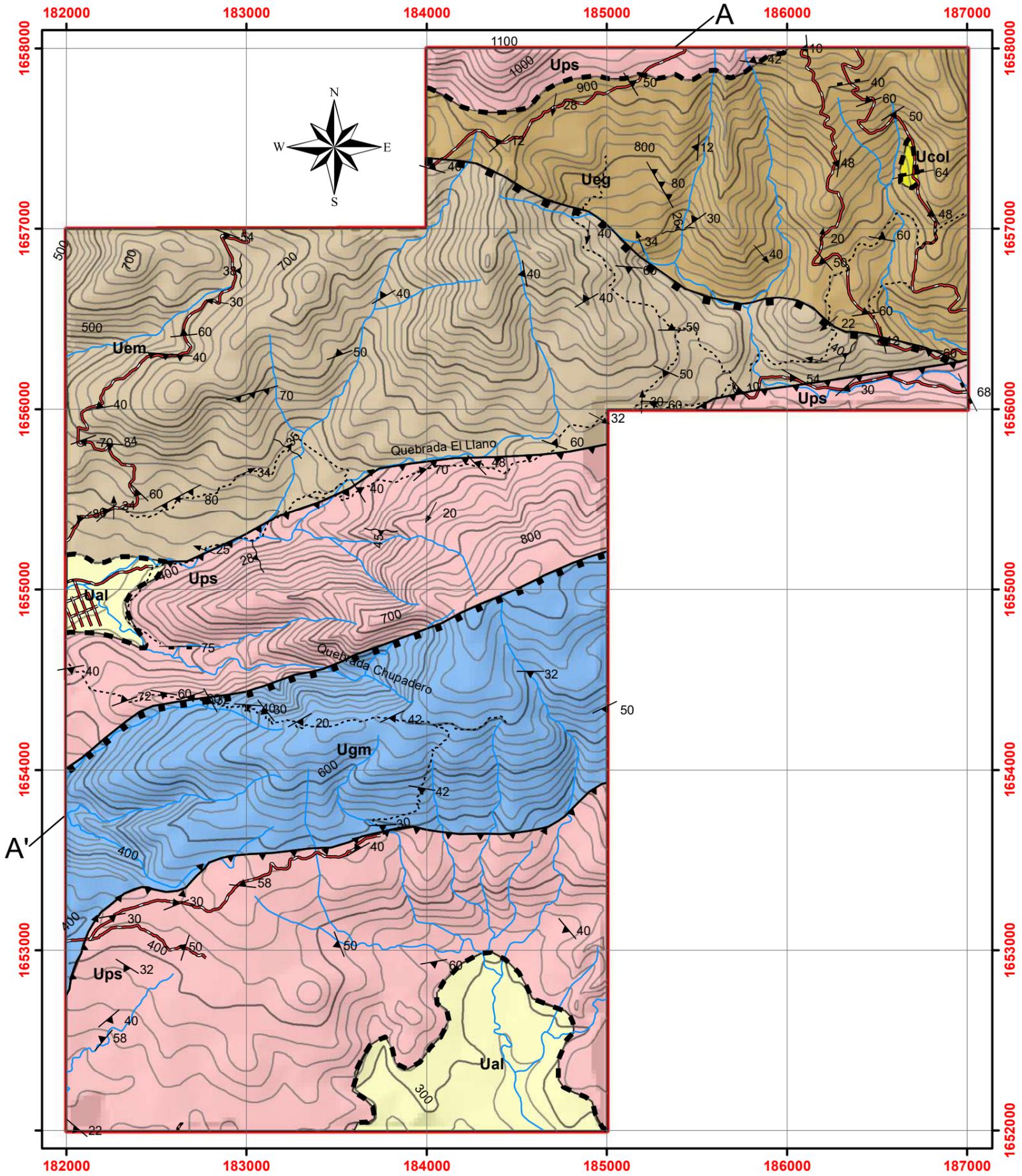


V.ºB.º
Adán García Véliz

Adán García Véliz
 Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
 BIBLIOTECARIO

ANEXOS

ANEXO I: MAPA GEOLÓGICO



Leyenda

- Ual Aluvión
- Ucol Coluvión
- Ups Peridotita Serpentinizada
- Ugm Gneis Milonítico
- Uem Esquisto Moscovítico
- Ueg Esquisto Granatífero

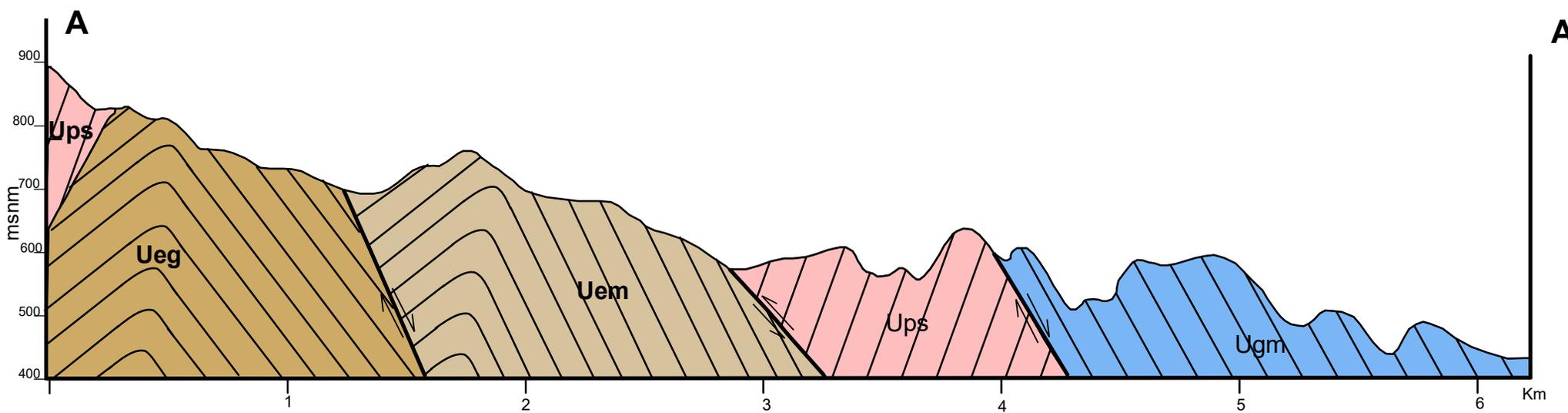
Simbología

- Foliación S1
- Foliación S2
- Eje de Pliegue
- Contacto Discordante
- Falla Normal
- Falla Inversa
- Veredas
- Terrasería
- Quebradas
- Área

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE	
	GEOLOGIA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: "Análisis cinemático y geométrico de un área de 20 Km ² en los alrededores de las aldeas Llano de Jesús y Piedras Blancas, San Agustín y San Cristóbal Acasaguastlán"	
Contiene: MAPA GEOLÓGICO		
Trabajo Realizado por: HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE 200842191		ANEXO I
Escala Numérica: 1:25,000	Revisado por: Ing. Luis Chiquín	Referencia Espacial: WGS 1984 ZONA 16 UTM

ANEXO II PERFIL GEOLÓGICO

PERFIL DE A - A' E.V. 2

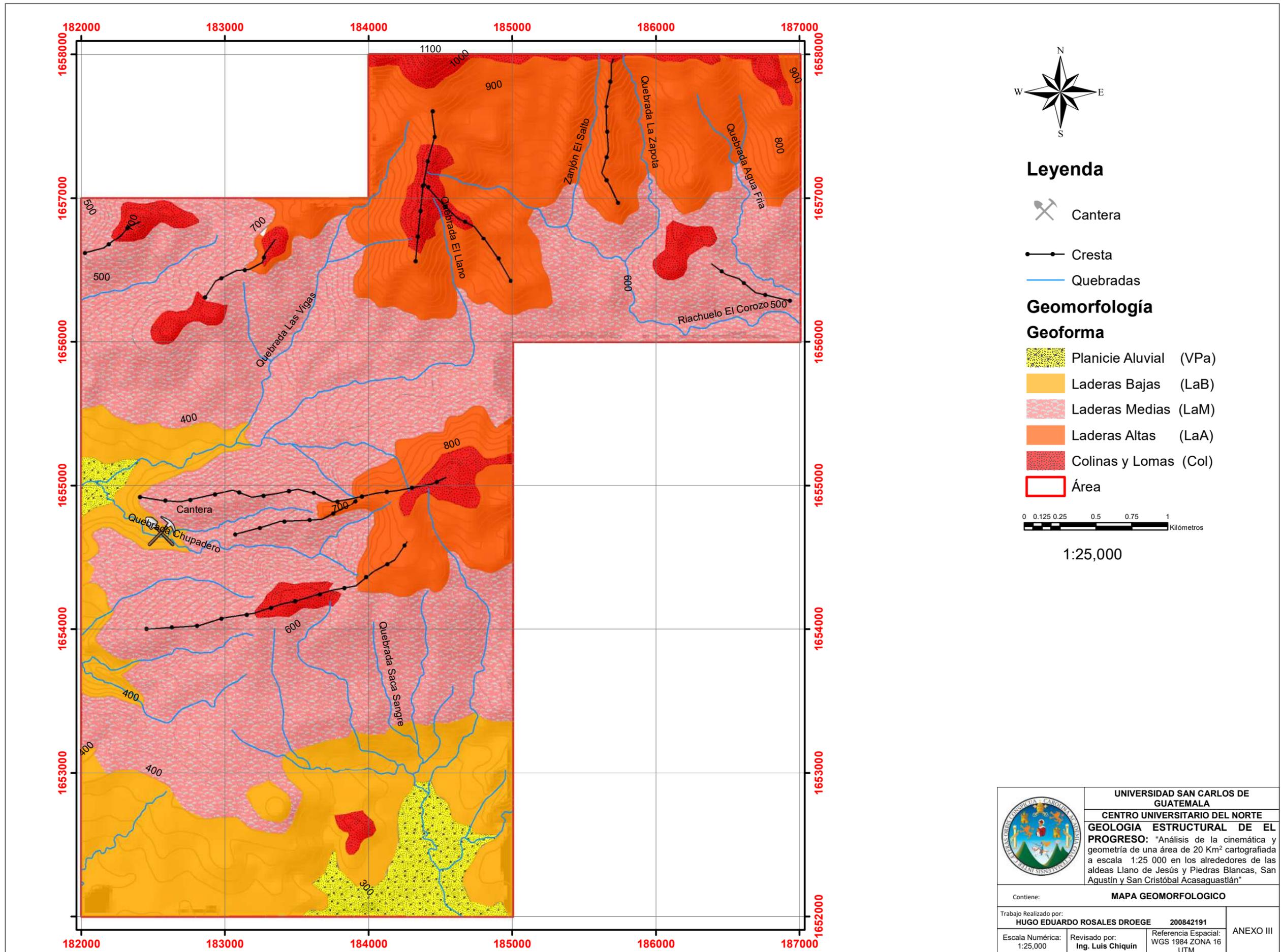


Escala Horizontal: 1:25,000
Escala Vertical 1:12,500

Leyenda	
	Unidad de Peridotita Serpentinizada
	Unidad de Gneis Milonítico
	Unidad de Esquisto Moscovítico
	Unidad de Esquisto Granatífero

Simbología	
	Falla Normal
	Falla Inversa
	Plegamiento

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ANEXO II
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE		
GEOLOGIA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: "Análisis cinemático y geométrico de un área de 20 km ² cartografiado a escala 1:25 000 en los alrededores de la aldeas Llano de Jesús y Piedras Blancas, San Agustín Acasaguastlán"			
PERFIL DE A - A'			
HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE		200842191	ANEXO II
Escala Numérica: 1:25 000	Revisado por: Ing. Luis Chiquin	Referencia Espacial: WGS 84 Z. 16 UTM	



Leyenda

-  Cantera
-  Cresta
-  Quebradas

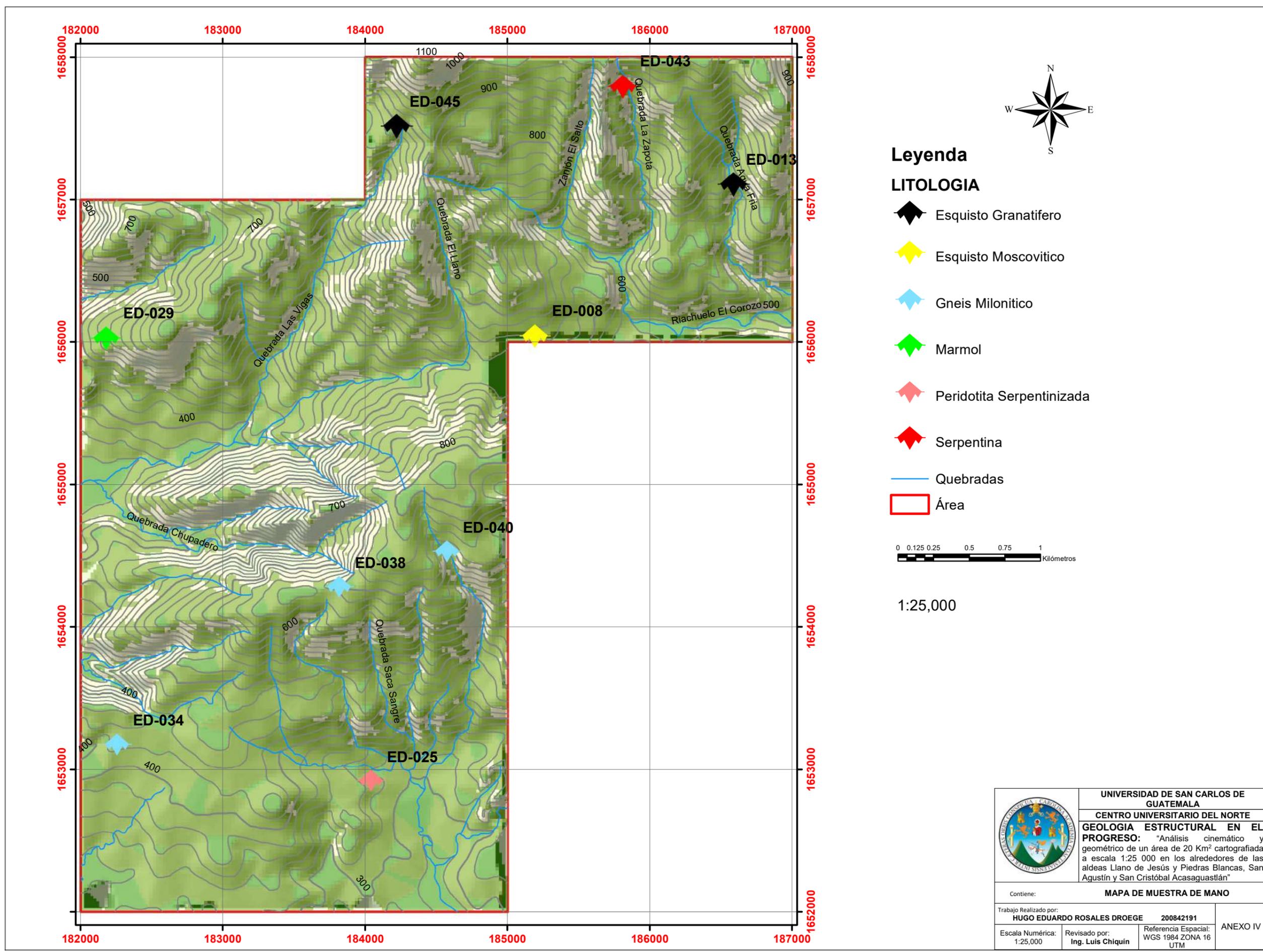
Geomorfología

- #### Geoforma
-  Planicie Aluvial (VPa)
 -  Laderas Bajas (LaB)
 -  Laderas Medias (LaM)
 -  Laderas Altas (LaA)
 -  Colinas y Lomas (Col)
 -  Área



1:25,000

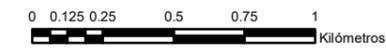
	UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE	
	GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE EL PROGRESO: "Análisis de la cinemática y geometría de una área de 20 Km ² cartografiada a escala 1:25 000 en los alrededores de las aldeas Llano de Jesús y Piedras Blancas, San Agustín y San Cristóbal Acasaguastlán"	
Contiene: MAPA GEOMORFOLOGICO		
Trabajo Realizado por: HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE 200842191		ANEXO III
Escala Numérica: 1:25,000	Revisado por: Ing. Luis Chiquín	Referencia Espacial: WGS 1984 ZONA 16 UTM



Leyenda

LITOLOGIA

-  Esquisto Granatífero
-  Esquisto Moscovítico
-  Gneis Milonítico
-  Marmol
-  Peridotita Serpentinizada
-  Serpentina
-  Quebradas
-  Área



1:25,000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ANEXO IV
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE		
GEOLOGIA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO:			ANEXO IV
"Análisis cinemático y geométrico de un área de 20 Km ² cartografiada a escala 1:25 000 en los alrededores de las aldeas Llano de Jesús y Piedras Blancas, San Agustín y San Cristóbal Acasaguastlán"			
Contiene:			MAPA DE MUESTRA DE MANO
Trabajo Realizado por:			ANEXO IV
HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE		200842191	ANEXO IV
Escala Numérica: 1:25,000	Revisado por: Ing. Luis Chiquin	Referencia Espacial: WGS 1984 ZONA 16 UTM	ANEXO IV

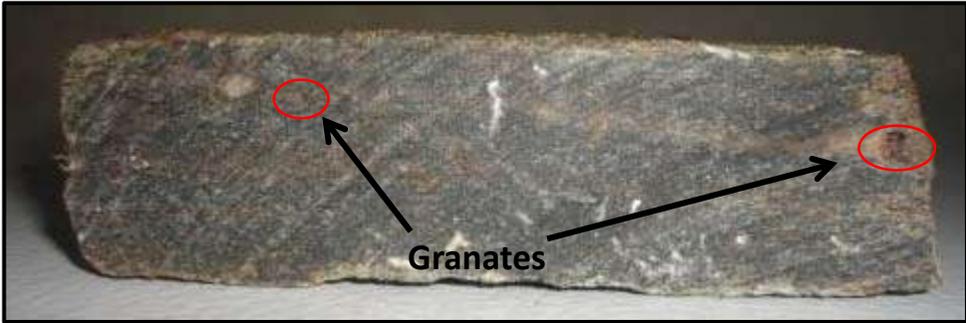
ANEXO V ANÁLISIS MACRO Y MICROSCÓPICO

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: ED-013		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): SCA-1657186	
FECHA:		PROYECTO: TFC 2013	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0186589	UTM_Norte: 1657106	UTM_Zona: 16
LOCALIDAD: El Guineo, San Cristóbal Acasaguastlán			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: San Agustín Acasaguastlán	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANALISÓ Y MUESTREO: Hugo Eduardo Rosales Droege			

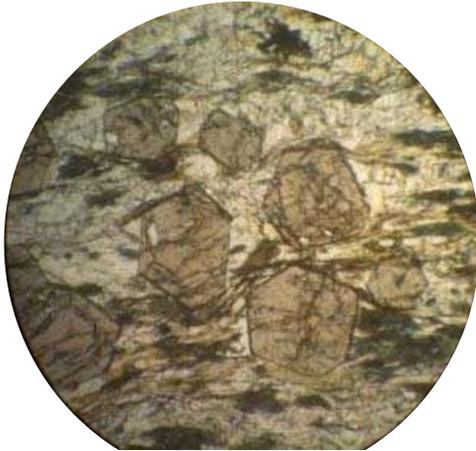
TIPO DE ROCA: METAMÓRFICA
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Esquistos
CLASIFICACION UTILIZADA: Propia

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: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):						
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) (F1.....)						
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F1: F2: F3: F4: F5: F6: F7:		
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Café-Rojizo Roca Fresca: Roca alterada:
			x				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Micas Anfiboles	25 25	Cuarzo		20	Granates Calcita	20 5	Minerales Opacos 5%
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Oxidación							
OTROS DATOS:							
							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	4%
Cuarzo Anfiboles	25 25	Granates Moscovita Calcita	17 15 13	Plagioclasa (Labradorita)	1	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Esquistosa Microtexturas de deformación: Lepidoporfidoblástica Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Granate	Euhedral	1,000
					Subhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Granatífero						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA						
						

Otras observaciones complementarias:

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: ED-045		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): SAA-1657184	
FECHA:		PROYECTO: TFC 2013	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0184223	UTM_Norte: 1657512	UTM_Zona: 16
LOCALIDAD: Las Vigas, San Agustín Acasaguastlán			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: San Agustín Acasaguastlán	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANALISÓ Y MUESTREO: Hugo Eduardo Rosales Droege			

TIPO DE ROCA: METAMÓRFICA
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Esquisto
CLASIFICACION UTILIZADA: Propia

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

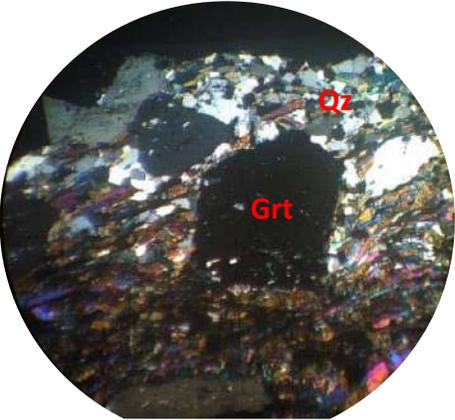
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:

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: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral
Estratificación (So)				
Foliación (S1, S2..etc):				
Lineaciones:				
Pliegues:				
Fallas: (orientación, pitch y tipo) (F1.....)				
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F1:
J1				F2:
J2				F3:
J3				F4:
J4				F5:
Otras:				F6:
				F7:



DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Café-Obscuro Roca Fresca: Roca alterada:
			x				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALOGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Anfiboles Micas	23 30	Cuarzo		10	Granate Feldespatos	22 15	
TEXTURAS: Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Oxidación							
OTROS DATOS:							
Fotografía No.....				Fotografía No.....			

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Anfíboles Moscovita	30 20	Cuarzo	10	Granate FsK (Ortosa) FsK (Sanidina)	20 15 5	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Esquistosa Microtexturas de deformación: Lepidoporfidoblástica Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Granate Sanidina Ortosa	Euhedral	1,000
					Subhedral	1,000
				Anhedral		
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Granatífero						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA						
						

Otras observaciones complementarias:

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: ED-008		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): SAA-1656185	
FECHA:		PROYECTO: TFC 2013	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0185194	UTM_Norte: 1656042	UTM_Zona: 16
LOCALIDAD: Llano de Jesús, San Agustín Acasaguastlán			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: San Agustín Acasaguastlán	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANALISÓ Y MUESTREO: Hugo Eduardo Rosales Droege			

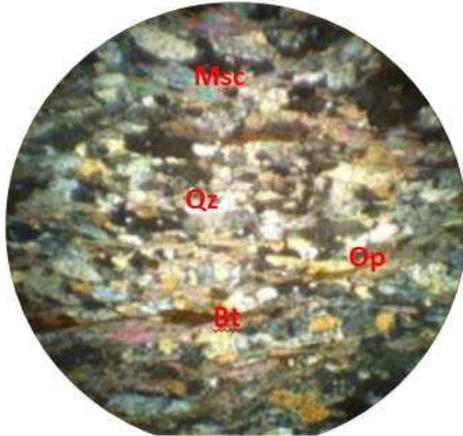
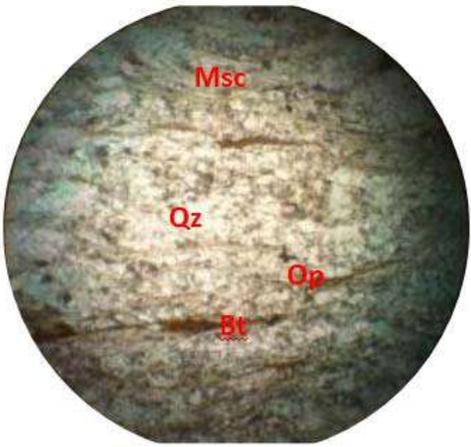
TIPO DE ROCA: METAMÓRFICA
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Esquisto
CLASIFICACION UTILIZADA: Propia

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: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):						
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) (F1.....)						
Diaclasas:	No persistente	Persistente			F1:	
J1					F2:	
J2					F3:	
J3					F4:	
J4					F5:	
Otras:					F6:	
					F7:	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Café-Claro Roca Fresca: Roca alterada:
			x				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo Micas	40 50				Granates	5	Opacos 5%
TEXTURAS: Granular-Esquistosa							
TIPO DE ALTERACION: Oxidación							
OTROS DATOS:							
							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Opacos 1%
Cuarzo	40			Granate	2	
Moscovita	35					
Biotita	22					
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granular Microtexturas de deformación: Granolepidoblástica Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
					Euhedral	
					Subhedral	
					Anhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Moscovítico						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA						
						

Otras observaciones complementarias:

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: ED-029		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): SAA- 1656182	
FECHA:		PROYECTO: TFC 2013	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0182181	UTM_Norte: 1656026	UTM_Zona: 16
LOCALIDAD: Las Vigas, San Agustín Acasaguastlán			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: San Agustín Acasaguastlán	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANALISÓ Y MUESTREO: Hugo Eduardo Rosales Droege			

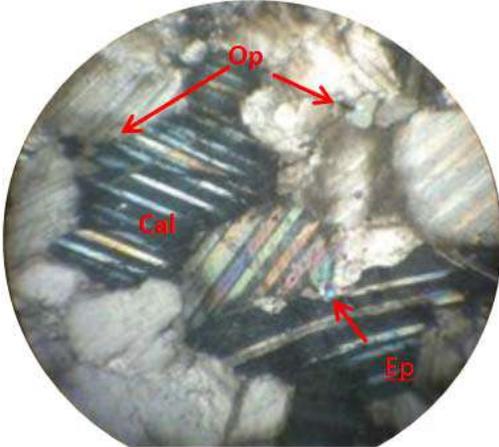
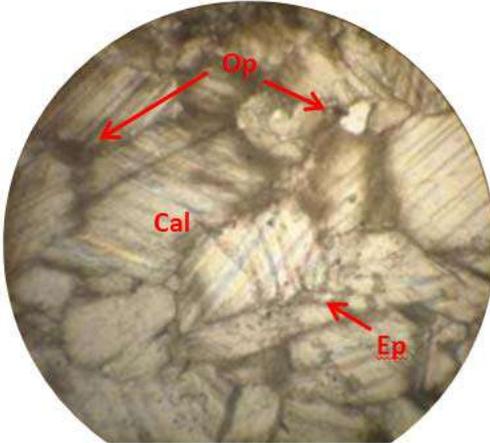
TIPO DE ROCA: METAMÓRFICA
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Mármol
CLASIFICACION UTILIZADA: Propia

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):						
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) (F1.....)						
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F1:		
J1				F2:		
J2				F3:		
J3				F4:		
J4				F5:		
Otras:				F6:		
				F7:		



DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Grisáceo Roca Fresca: Roca alterada:
			x				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALOGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Calcita	97						Opacos 3%
TEXTURAS: Granular							
TIPO DE ALTERACION:							
OTROS DATOS:							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	3%
Calcita	92			Epidota	5	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granular Microtexturas de deformación: Granoblástica Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
					Euhedral	
					Subhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA:						
MICROFOTOGRAFÍA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA						
						

Otras observaciones complementarias:

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: ED-043		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): SCA-1657185	
FECHA:		PROYECTO: TFC 2013	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0185812	UTM_Norte: 1657794	UTM_Zona: 16
LOCALIDAD: Aldea Piedras Blancas, San Cristóbal Acasaguastlán			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: San Agustín Acasaguastlán	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANALISÓ Y MUESTREO: Hugo Eduardo Rosales Droege			

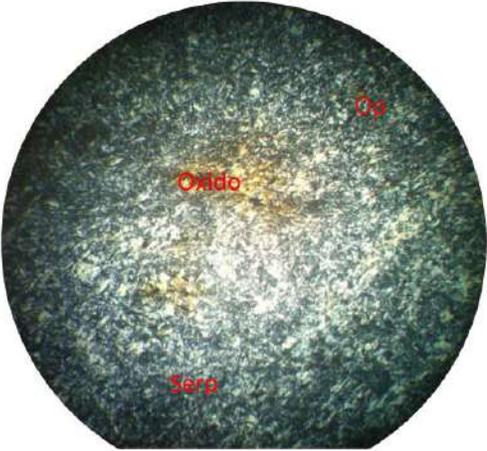
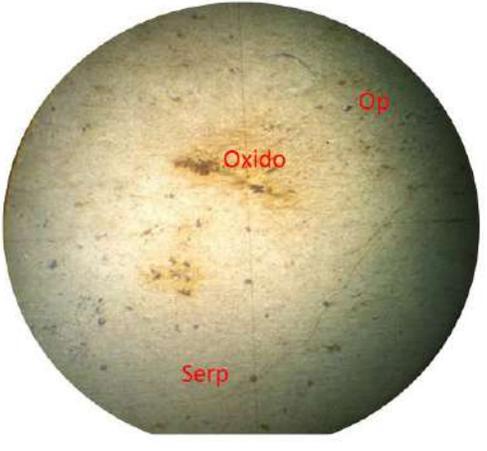
TIPO DE ROCA: METAMÓRFICA
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Serpentina
CLASIFICACION UTILIZADA: Propia

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):						
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) (F1.....)						
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F1:		
J1				F2:		
J2				F3:		
J3				F4:		
J4				F5:		
Otras:				F6:		
				F7:		



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Verde Pálido Roca Fresca: Roca alterada:
			x				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Serpentina	90						Opacos 10%
TEXTURAS:							
TIPO DE ALTERACION:							
OTROS DATOS:							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA							
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:	
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Óxidos	5%
Serpentina	95					Opacos	5%
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO			
Microtextura: Lepidoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)	
					Euhedral		
					Subhedral		
				Anhedral			
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:			
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo:			
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)			
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Serpentina							
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA							
							

Otras observaciones complementarias:

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: ED-025		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): SAA-1652184	
FECHA:		PROYECTO: TFC 2013	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0184043	UTM_Norte: 1652917	UTM_Zona: 16
LOCALIDAD: Aldea Los Chagüites, San Agustín Acasaguastlán			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: San Agustín Acasaguastlán	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANALISÓ Y MUESTREO: Hugo Eduardo Rosales Droege			

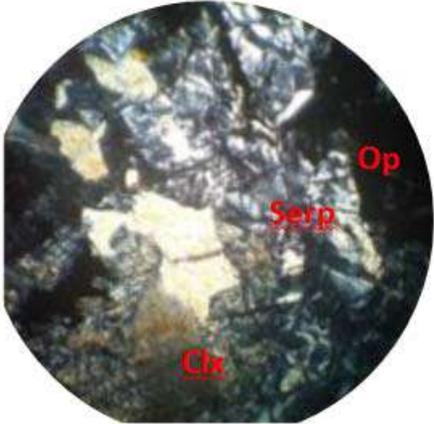
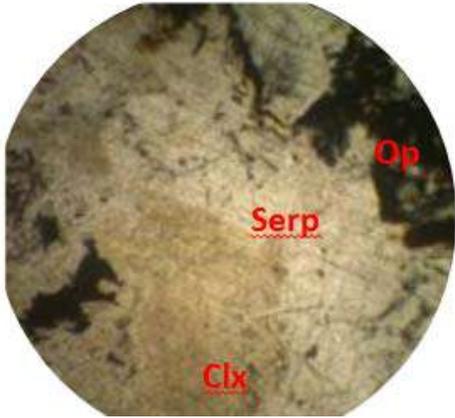
TIPO DE ROCA: METAMÓRFICA
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Peridotita
CLASIFICACION UTILIZADA: Propia

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: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):						
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) (F1.....)						
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F1:		
J1				F2:		
J2				F3:		
J3				F4:		
J4				F5:		
Otras:				F6:		
				F7:		



DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Verde Oscuro Roca Fresca: Roca alterada:
			x				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALOGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Piroxenos	40	Serpentina		60			
TEXTURAS:							
TIPO DE ALTERACION:							
OTROS DATOS:							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	30%
Serpentina	50	Piroxenos (Clinopiroxeno, Augita)	20			
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Nematoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
					Euhedral	
					Subhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Peridotita Serpentinizada						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA						
						

Otras observaciones complementarias:

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: ED-034		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): SAA-1653182	
FECHA:		PROYECTO: TFC 2013	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0182258	UTM_Norte: 1653174	UTM_Zona: 16
LOCALIDAD: Aldea Magdalena, San Agustín Acasaguastlán			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: San Agustín Acasaguastlán	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANALISÓ Y MUESTREO: Hugo Eduardo Rosales Droege			

TIPO DE ROCA: METAMÓRFICA
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: GNEIS
CLASIFICACION UTILIZADA: PROPIA

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

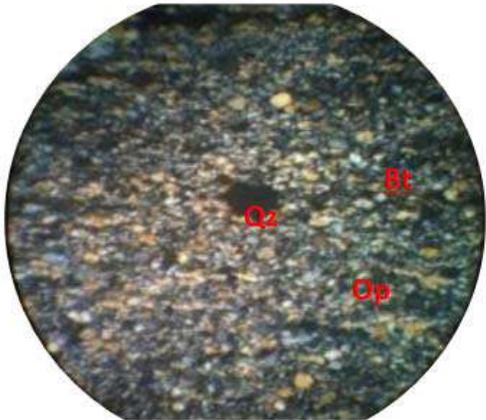
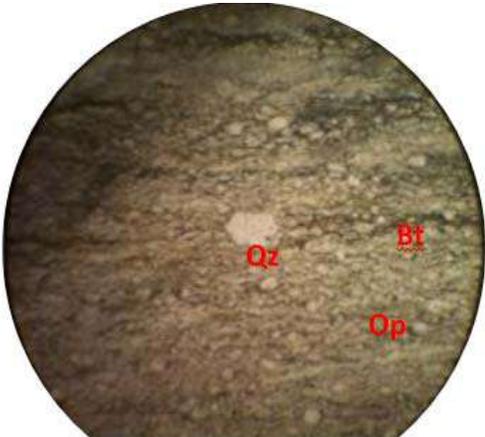
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO:

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):					
Lineaciones:					
Piegues:					
Fallas: (orientación, pitch y tipo) (F1.....)					
Diaclasas:	No persistente	Persistente			
J1					F1:
J2					F2:
J3					F3:
J4					F4:
					F5:
					F6:
Otras:					F7:



DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Grisaceo-Rojizo Roca Fresca: Roca alterada:
			x				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALOGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo Micas	65 35						
TEXTURAS:							
TIPO DE ALTERACION:							
OTROS DATOS:							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	5%
Cuarzo	70	Biotita	25			
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
					Euhedral	
					Subhedral	
					Anhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Gneis Milonítico						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA						
						

Otras observaciones complementarias:

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: ED-038		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): SAA-1654183	
FECHA:		PROYECTO: TFC 2013	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 0183817	UTM_Norte: 1654280	UTM_Zona: 16
LOCALIDAD: Aldea Magdalena, San Agustín Acasaguastlán			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: San Agustín Acasaguastlán	Serie: E754	Escala: 1:50,000
ANALISÓ Y MUESTREO: Hugo Eduardo Rosales Droege			

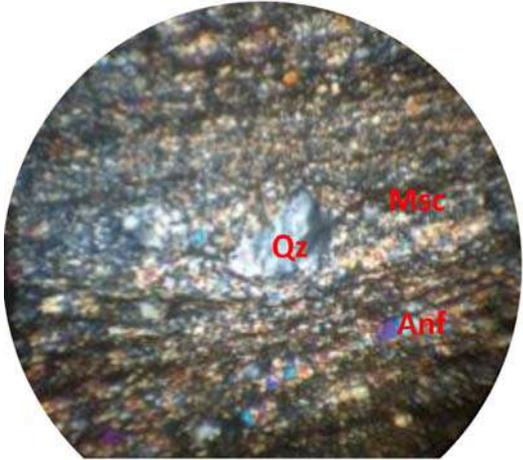
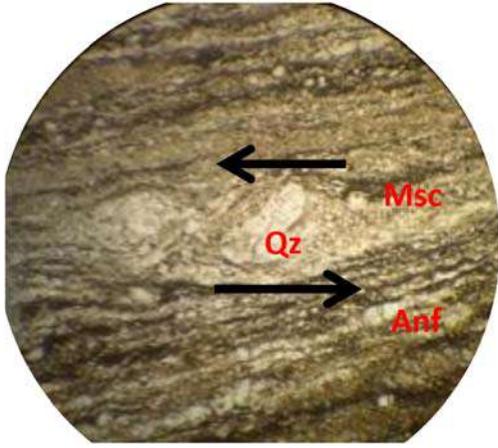
TIPO DE ROCA: METAMÓRFICA
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: GNEIS
CLASIFICACION UTILIZADA: PROPIA

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: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):						
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) (F1.....)						
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F1:		
J1				F2:		
J2				F3:		
J3				F4:		
J4				F5:		
Otras:				F6:		
				F7:		



DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Grisáceo-Rojiza Roca Fresca: Roca alterada:
			x				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALOGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo Micas	60 40						
TEXTURAS: Granular Fina							
TIPO DE ALTERACION:							
OTROS DATOS:							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	5%
Cuarzo Micas (Oxidadas)	55 30	Anfiboles	10			
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
					Euhedral	
					Subhedral	
					Anhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo:		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Gneis Milonítico						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA						
						

Otras observaciones complementarias:

ANEXO VI BASE DE DATOS BASE DE DATOS DE ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

DATOS DE FOLIACION S₁ EN ESQUISTOS

Dip	Dir														
10	265	20	224	22	334	40	342	20	240	30	184	12	274	40	268
15	264	22	226	18	336	60	340	18	238	30	170	18	282	34	278
15	270	20	220	30	352	56	334	54	210	20	140	20	220	40	280
13	268	20	198	60	318	60	10	50	200	20	148	18	230	40	276
10	260	18	202	62	320	60	354	52	210	50	260	50	174	50	320
16	272	20	210	61	315	50	18	40	170	54	258	56	170	44	320
60	350	54	200	56	316	50	16	40	186	46	250	48	160	44	316
65	360	60	210	66	324	50	310	60	358	50	260	40	150	40	330
62	350	58	208	20	250	52	310	62	2	50	254	30	330	38	324
60	348	38	198	12	228	48	312	60	8	54	256	30	328	38	332
62	352	40	200	18	234	42	268	58	350	38	300	26	326	18	340
70	350	40	202	20	220	48	264	22	260	40	310	48	242	16	338
45	210	62	206	22	218	45	285	24	268	44	310	40	230	16	330
40	238	58	200	50	204	60	294	20	260	50	340	42	230	20	350
52	240	50	210	48	200	60	288	42	35	52	344	30	220	40	358
48	238	36	288	50	210	56	290	45	40	45	350	50	230	22	248
48	278	40	290	60	220	40	170	50	68	40	330	48	238	18	248
50	280	36	294	40	192	42	172	70	30	44	334	40	228	20	298
52	270	60	354	20	196	38	168	40	182	40	330	50	148	42	262
50	240	40	318	30	190	40	330	42	178	60	358	54	130	50	260
42	234	60	310	50	360	44	338	45	184	48	20	60	150	78	350
48	242	60	308	54	2	40	334	42	170	50	14	60	10	50	278
50	270	40	290	50	354	50	330	56	214	40	210	62	12	52	281
50	266	30	294	24	346	46	324	58	212	42	210	50	18	48	270
48	274	36	284	28	350	60	150	60	182	38	216	54	8	46	264
50	230	40	350	22	340	60	160	60	178	12	320	60	20	58	258
48	234	38	348	40	40	62	160	56	180	10	318	70	45	56	260
48	240	42	356	32	30	45	8	60	185	15	330	60	50	60	260
60	352	70	172	40	220	40	0	60	184	24	342	55	40	40	260
50	350	60	178	42	210	42	10	64	172	20	330	80	346	60	278
54	348	64	184	44	190	50	312	60	170	25	338	70	334	50	286
12	258	70	160	38	198	60	320	70	194	40	16	68	340	54	288
20	260	60	160	50	230	54	318	50	288	38	20	76	350	30	324
18	250	58	168	52	228	60	194	52	280	50	18	20	290	20	254
60	186	40	344	50	220	55	208	54	178	30	340	18	284	20	250
58	180	42	338	20	296	52	200	60	176	38	334				

DATOS DE FOLIACION S1 EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA															
Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir
60	128	70	318	52	255	58	6	34	172	40	10	40	60	40	278
62	120	72	320	50	250	60	360	40	180	42	2	42	68	48	288
64	110	68	318	48	248	58	354	60	150	50	58	38	68	46	274
64	118	60	310	60	170	22	280	50	154	50	38	34	70	52	280
52	108	58	310	58	180	20	270	58	160	52	42	48	46	50	248
30	138	60	312	55	182	20	276	58	310	40	230	48	50	18	240
28	140	40	58	60	178	34	268	60	290	24	330	50	56	50	240
34	128	40	70	40	230	38	278	62	302	30	340	50	38	44	238
20	70	42	62	48	240	34	270	40	140	40	308	40	170	26	260
40	40	36	66	50	240	40	330	42	122	50	310	38	178	60	330
42	52	32	212	44	238	38	318	38	130	40	310	30	190	60	320
40	2	38	218	60	224	42	324	22	220	34	174	32	186	56	328
38	350	34	224	58	220	40	170	20	228	40	170	30	170	42	8
44	355	50	288	60	220	44	150	22	230	30	338	42	162	30	200
60	160	28	280	62	162	24	278								

DATOS DE FOLIACION S1 EN GNEIS MILONITICO															
Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir
30	170	30	150	20	172	32	120	30	154	34	188	60	170	40	160
24	172	20	150	30	176	40	184	38	162	50	154	58	168	32	180
28	170	30	144	20	190	40	180	36	154	50	160	30	162	30	174
40	178	30	132	24	188	44	178	30	124	54	164	38	190		
38	188	40	150	22	188	40	140	44	198	42	174	48	160		
30	180	58	158	20	184	42	190	50	160	42	154	40	180		

DATOS DE BOUDINAGE EN ESQUISTOS															
Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir	Dip	Dir
40	20	36	268	38	152	14	60	40	344	30	358	32	282	32	208
38	8	20	252	38	138	30	320	40	350	30	348	28	294	30	214
40	10	30	226	20	248	34	314	50	72	30	310	26	265	26	228
20	268	30	220	22	270	30	300	40	314	22	312	30	328	20	308
20	18	30	310	30	345	38	330	40	200	15	300	24	324	32	280
10	2	24	304	25	350	28	226	34	22	28	320	30	274	30	210
20	140	30	284	18	254	30	220	8	84	24	20				

No. 101-2017

**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 FINAL DE TRABAJO FINAL DE CAMPO GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN EL PROGRESO: ANALISIS CINEMÁTICO Y GEOMÉTRICO DE UN AREA DE 20 KM² CARTOGRAFIADA A ESCALA 1:25 000 EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS LLANO DE JESÚS Y PIEDRAS BLANCAS, SAN AGUSTÍN Y SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLAN.

Presentado por el (la) estudiante:

HUGO EDUARDO ROSALES DROEGE

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 19 de Mayo de 2017.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

