

# Estado estructural actual del Área de Miramar (León, Nicaragua)

Por:

Tupak E. Obando Rivera\*

\*Ingeniero en Geología. Doctorado, y Master en Geología, y Gestión Ambiental por la Universidad Internacional de Andalucía UNÍA (Huelva, España)

---

## I.- Introducción

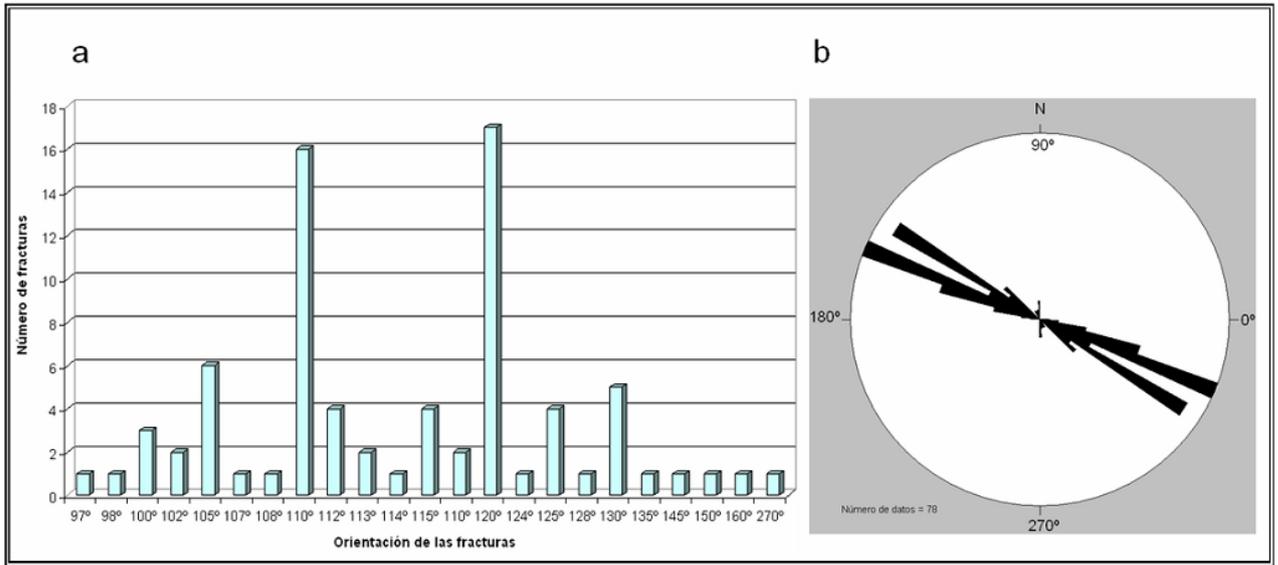
El estado de fracturación de los materiales geológicos presentes en el área de Miramar tiene su origen en los esfuerzos tectónicos regionales que generan las Placas Cocos y Caribe. Ellos determinan la orientación de fracturas tectónicas vistas en superficie y su desarrollo preferente en los materiales geológicos.

Sin embargo, la distribución y/o surgimiento del conjunto de fracturas aquí evaluadas para áreas relativamente amplias como Tiscuco, La Cruz, San Antonio, San José de Limón y Ojo de Agua están en función de la litología presente, su resistencia mecánica y condición física, descritas más adelante.

## II.- ¿En qué se fundamenta un estudio de fracturas tectónicas?

En el estudio de la orientación de dichas fracturas se recurrió a histogramas, diagramas de rosas (permitió representar un gran número de medida de orientación de forma cuantitativa) y proyecciones esféricas como se ilustra en la **Ilustración N° 1**. Se tomaron 83 datos de rumbos y buzamientos, en las diferentes fracturas tectónicas, las cuales se graficaron en la red estereográfica (Ilustración 9), donde se observan dos

máximos estadísticos muy claros, 110 y 120 grados con orientaciones preferenciales Noroeste y Sureste.



**Ilustración N° 1.** Gráficos utilizados para mostrar la distribución estadística de las orientaciones de las fracturas en polígono estudiado. a) Histograma de frecuencias; b) Estadística en el Diagrama de rosas de direcciones de fracturas tectónicas, mostrando dos trazos de los 2 máximos. Se utilizó el programa informático STERONET.

En la Tabla (**Ilustración N° 2**) se resume el total de 83 fracturas tectónicas, la mayoría de ellas con carácter lineal y tendencia Noroeste, visibles en campo. Las mayores cantidades de fracturas se ubican en las localidades, La Cuitanga y Ojo de Agua en las coordenadas N1346630 – E530781 y N1344000 – E531450 respectivamente.

**Ilustración N° 2.** Inventario de fracturas tectónicas locales

ITEMS	NÚMERO DE FRACTURAS IMPORTANTES VISIBLES	ESTILO	COORDENADAS UTM		ORIENTACIÓN	LUGAR DE OCURRENCIA
			XUTM	YUTM		
1	3	PLANAR	1348106	528269	Noroeste	VERTEDERO MUNICIPAL DE PUERTO SANDINO
2	3	PLANAR	1345947	527400	Noroeste	LOMA SAN JOSÉ DE LIMÓN
3	2	PLANAR	1345252	528173	Noroeste	SAN JOSÉ DE LIMÓN
4	10	LINEAL	1342900	530900	Noroeste	RÍO SAN JOSÉ DE LIMÓN
5	10	LINEAL	1343877	531337	Noroeste	SECTOR SUROESTE DE LA CUITANGA
6	13	LINEAL	1344000	531370	Noroeste	SECTOR NOROESTE DE LA CUITANGA
7	7	LINEAL	13441	531450	Noroeste	EL POTRERO

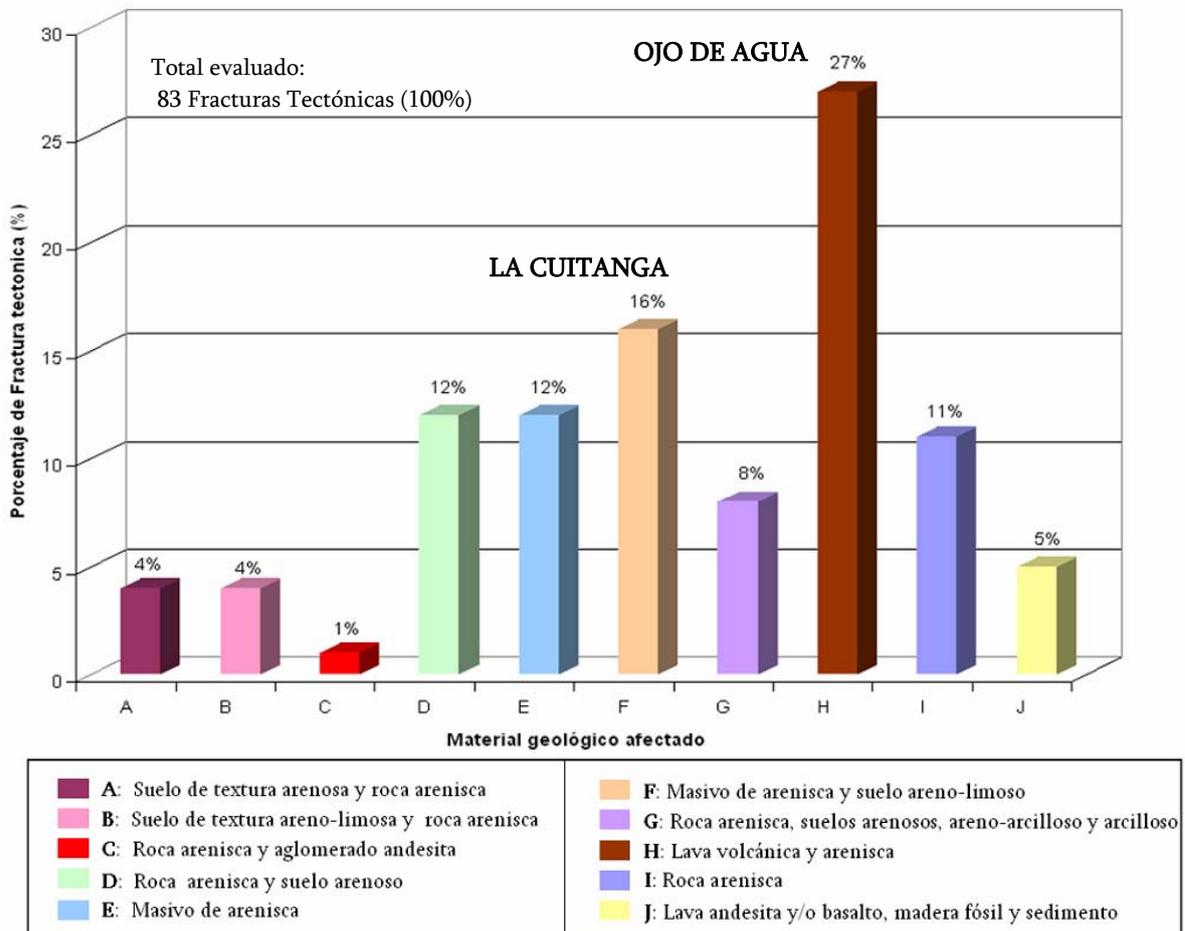
			60			
8	22	LINEAL	13466 30	530781	Noroeste	OJO DE AGUA
9	9	LINEAL	13468 50	529130	Noroeste	QUEBRADA EL TISCUCO –EL BRASIL HACIA SAN LUIS
10	4	LINEAL	13454 90	529213	Noroeste	COLINA TISCUCO
TOTAL	<b>83</b>	----- -----				

Nota: Durante campaña de campo no se visualizó rasgos importantes indicativos de las fallas geológicas,

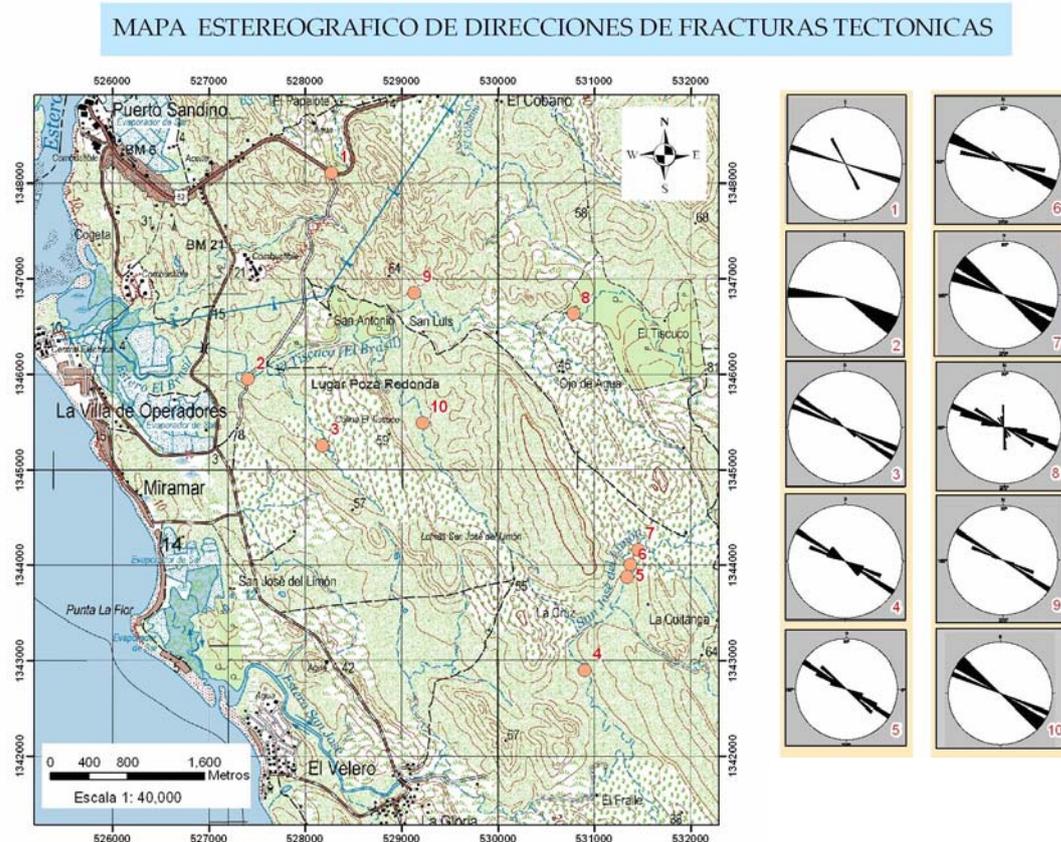
### III.- ¿Qué obtenemos de un análisis de fracturas superficiales?

En el Gráfica (**Ilustración N° 3**), se presenta la relación de la litología afectada y abundancia de fracturas superficiales locales. Sugiriendo mayores puntaje (27%) del total evaluado para lava volcánica y areniscas (recuadro color café) con buenos afloramientos en la localidad de Ojo de Agua.

**Ilustración N° 3.** Desarrollo preferente de la fracturas en ciertos materiales geológicos vistos



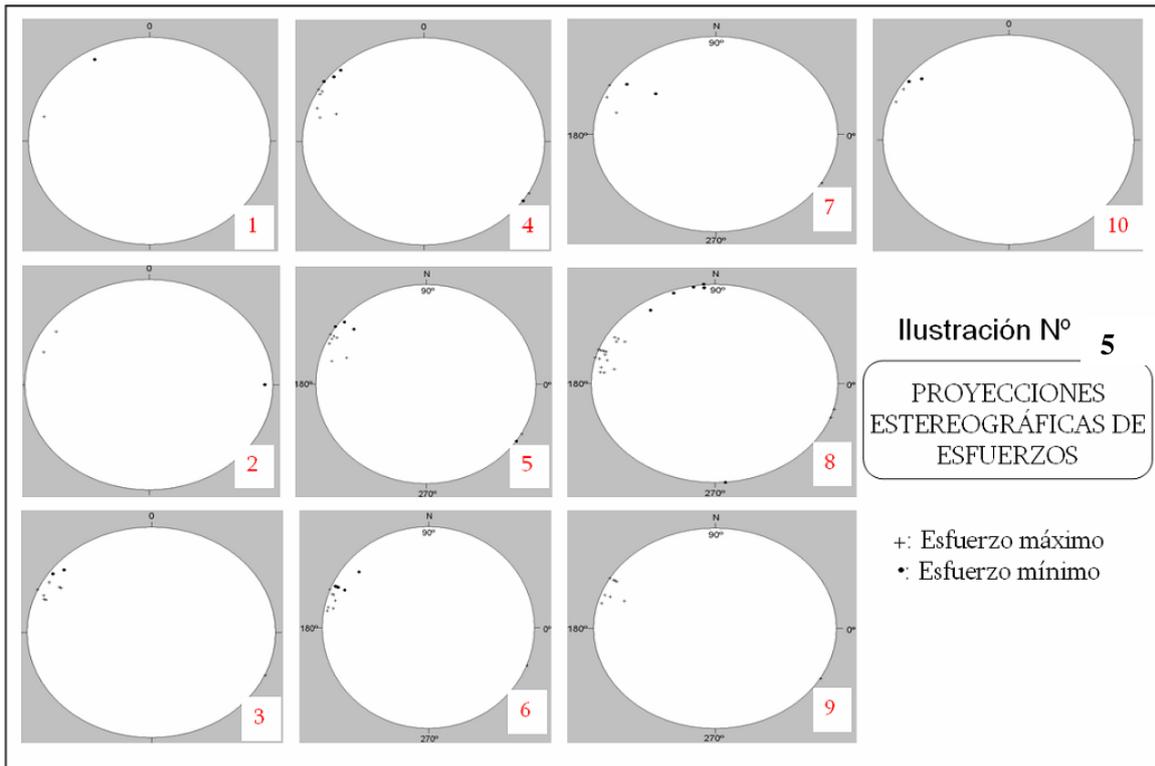
En el Mapa (**Ilustración N° 4**), se presenta distribución de puntos con importante densidad de fracturas tectónicas con orientación preferencial Noroeste y Sureste de carácter lineal, continua, espaciadas, sin relleno de material en su interior, y dimensiones diversas.



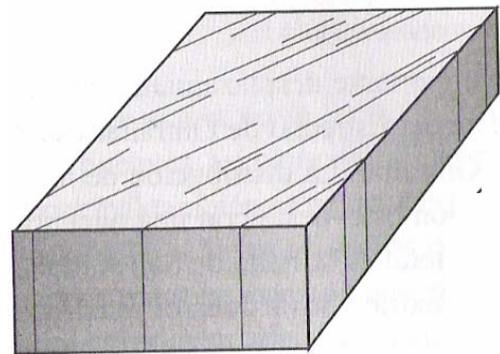
**Ilustración N° 4.** Áreas estereográficas (puntos naranjas del 1 al 10) para familias de fracturas tectónicas in situ apoyadas del Método de Roseta y proyecciones esféricas. Preparado por Tupak Obando

En proyecciones esféricas (**Ilustración N° 5**), se presentan 10 conjuntos estereográficos de fracturas tectónicas representadas a través del programa informático **STEREONET**. Sugiriendo concentraciones de esfuerzos máximos (signo tipo cruz), especialmente, en terrenos de La Cuitanga y Ojos de Agua al Sureste y Noreste de Miramar. Ello descubre la debilidad mecánica de los materiales geológicos encontrados debido a su origen, dureza, y estado real in situ.

La Ilustración N° 14 (**Estereogramas de densidad**) refiere a la orientación de los campos de esfuerzos aplicados vinculada con las fracturas superficiales descritas y la orientación de la misma. Es decir, el estado tensional o de esfuerzo en el área estudiada.



A su vez, se propone bloque diagrama que describe los rasgos típicos de las fracturas en los afloramientos rocosos (**Ilustraciones 6**). De los cuales se considera aquellos sitios afectados por fracturas como **JOINT SET (Conjunto de Fracturas)**, término que hace referencia a lote de fracturas que están próximas entre sí y tienen geometrías parecidas. En nuestro se contabilizan un total de 10 conjuntos de fracturas, las cuales se distribuye espacialmente en La Cuitanga, Lugar Poza Redonda, Tiscuco y San Antonio, siendo responsables del aspecto fragmentado que se presentan en los afloramientos.

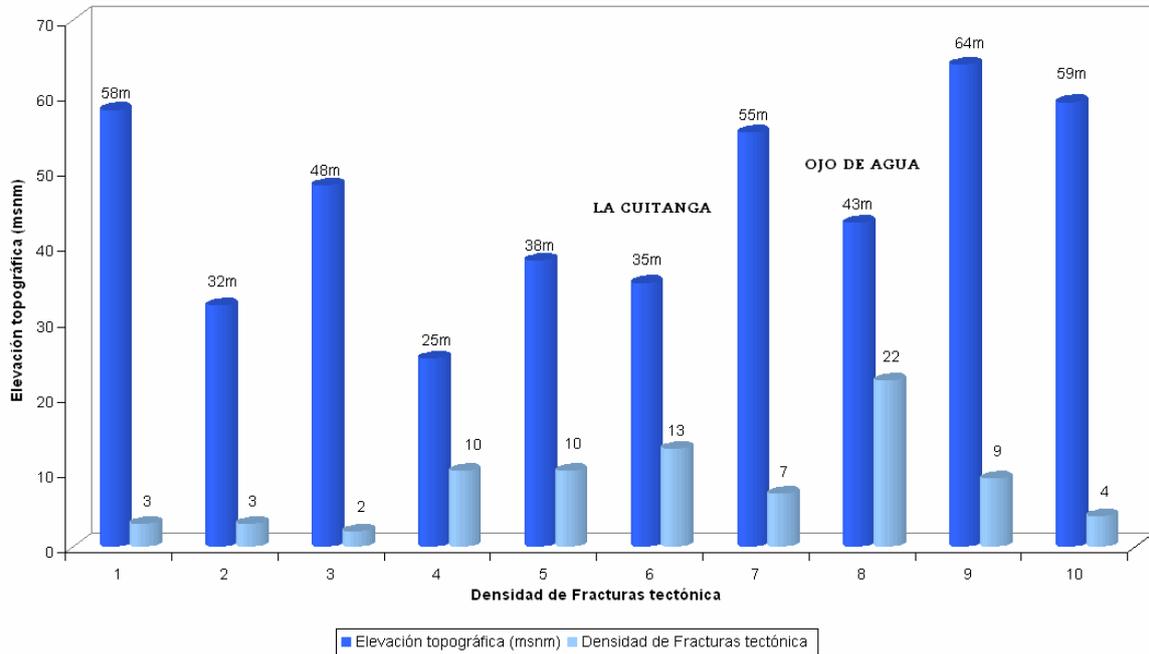


**Ilustración 6.** Visión general de familias y orientaciones de fracturas tectónicas.

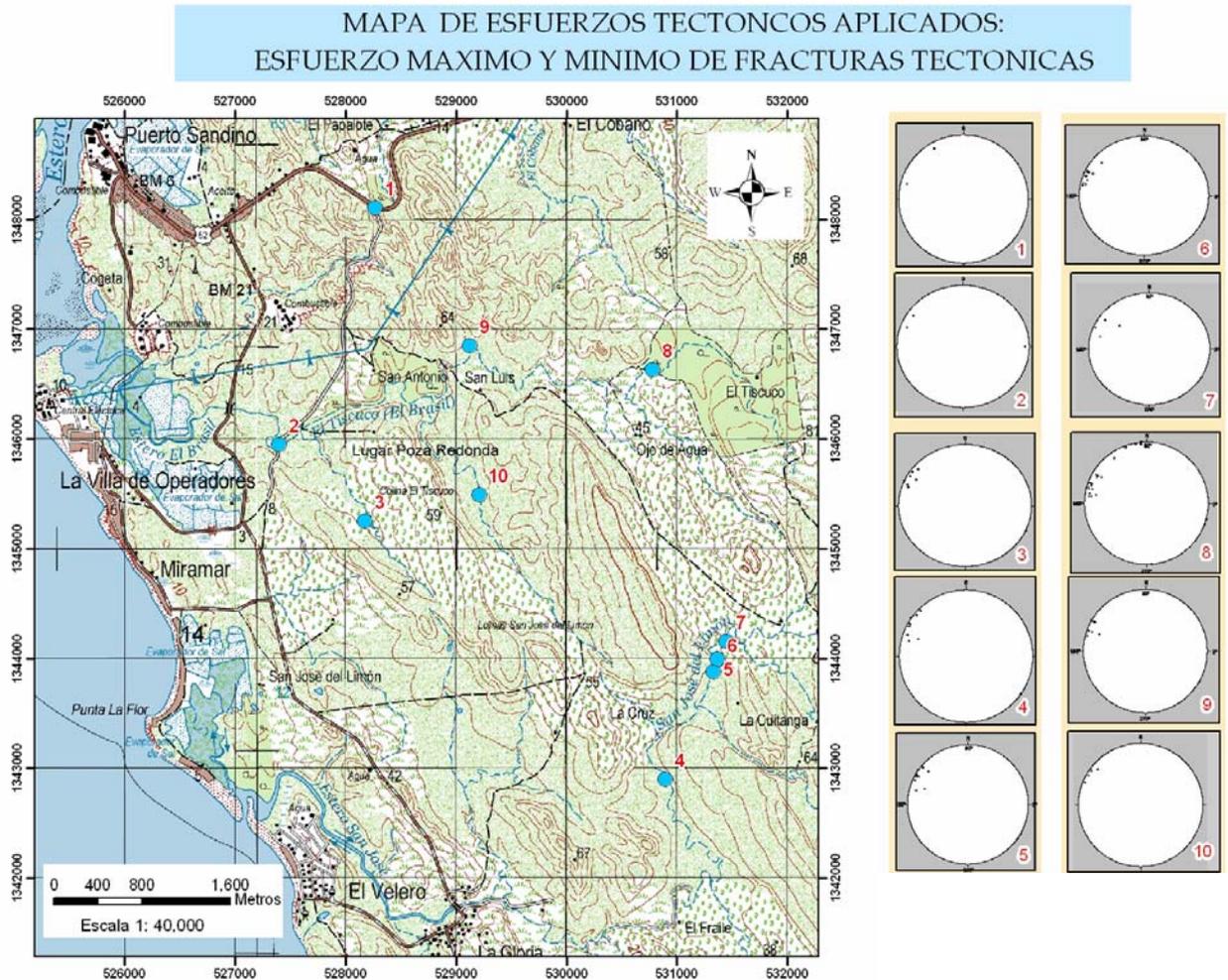
Fuente: Alonso et. al. (2,004)

Asimismo, en el modelo gráfico (**Ilustraciones 7**), se presenta relación de cota del terreno y abundancia de fracturas superficiales en suelos y rocas in situ. Sugiriendo que la cantidad de grietas en el suelo está determinada por la morfología del terreno (en función de la litología existente y su propiedad resistente), especialmente, en localidades La Cuitanga y Ojo de Agua

**Ilustración N° 8.** Desarrollo preferente de la fracturas a ciertas altura del terreno



Finalmente, en mapa (**Ilustración 9**) se presenta orientación de esfuerzos tectónicos existente in situ con tendencia Noroeste.



**Ilustración N° 10.** Orientación de esfuerzos tectónicos aplicados en el área. Se indica con signo tipo Cruz (+) fuerte concentraciones de fracturas tectónicas.

Sumado a ello, se detallan 101 fracturas tectónicas en los alrededores del área estudiada teniendo carácter lineal y ligeramente continua con rumbos entre 10 y 80°, y buzamientos medidos entre 45 y 90° tal como se presenta en la **Ilustración 11**

Seguidamente, se ilustra en la Ilustración 11 a través de proyecciones esféricas basado en diagrama de rosas de viento tendencia preferencial de las fracturas Noreste – Suroeste

**Ilustración 11.** Inventario de Fracturas tectónica en área del Estudio

The image shows a screenshot of the StereoNett software interface. The window title is "StereoNett - [TUPAK.TXT]". The menu bar includes File, Edit, View, Options, Data, Window, and Help. Below the menu bar is a toolbar with various icons for file operations and data manipulation. The main interface has two input fields at the top: "13." and "90.". Below these are radio buttons for "Linear" (selected) and "Planar". There are "Modify" and "Add" buttons, and a "+" button. The main area is a table with the following data:

No	Azimut	Dip	Type	Mark	Comment
1:	20.0	47.0	L	+	
2:	70.0	47.0	L	+	
3:	20.0	47.0	L	+	
4:	15.0	47.0	L	+	
5:	20.0	47.0	L	+	
6:	30.0	47.0	L	+	
7:	40.0	47.0	L	+	
8:	30.0	47.0	L	+	
9:	50.0	47.0	L	+	
10:	20.0	85.0	L	+	
11:	50.0	85.0	L	+	
12:	40.0	85.0	L	+	
13:	45.0	70.0	L	+	
14:	15.0	70.0	L	+	
15:	30.0	70.0	L	+	
16:	70.0	70.0	L	+	
17:	50.0	70.0	L	+	
18:	80.0	70.0	L	+	
19:	25.0	70.0	L	+	
20:	65.0	70.0	L	+	
21:	30.0	70.0	L	+	
22:	20.0	70.0	L	+	
23:	70.0	70.0	L	+	
24:	30.0	54.0	L	+	
25:	65.0	54.0	L	+	
26:	56.0	54.0	L	+	
27:	29.0	54.0	L	+	
28:	87.0	54.0	L	+	
29:	25.0	54.0	L	+	
30:	82.0	80.0	L	+	
31:	20.0	80.0	L	+	
32:	25.0	80.0	L	+	
33:	10.0	80.0	L	+	
34:	50.0	58.0	L	+	
35:	45.0	58.0	L	+	

StereoNett - [TUPAK.TXT]

File Edit View Options Data Window Help

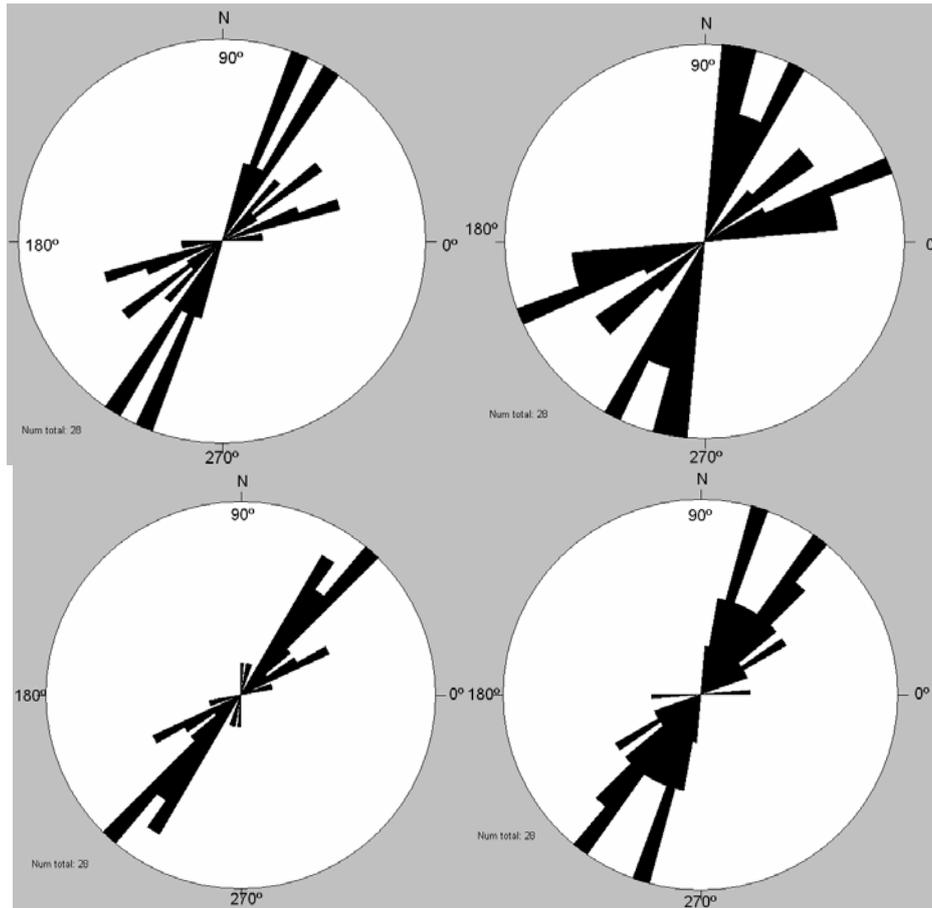
63. 90.  Linear  Planar +

Modify Add

No	Azimet	Dip	Type	Mark	Comment
36:	80.0	58.0	L	+	
37:	10.0	58.0	L	+	
38:	15.0	65.0	L	+	
39:	65.0	65.0	L	+	
40:	65.0	58.0	L	+	
41:	15.0	58.0	L	+	
42:	5.0	58.0	L	+	
43:	25.0	85.0	L	+	
44:	60.0	60.0	L	+	
45:	52.0	60.0	L	+	
46:	24.0	60.0	L	+	
47:	43.0	66.0	L	+	
48:	70.0	66.0	L	+	
49:	72.0	66.0	L	+	
50:	68.0	66.0	L	+	
51:	48.0	66.0	L	+	
52:	10.0	70.0	L	+	
53:	75.0	70.0	L	+	
54:	5.0	76.0	L	+	
55:	75.0	76.0	L	+	
56:	8.0	45.0	L	+	
57:	2.0	45.0	L	+	
58:	30.0	70.0	L	+	
59:	73.0	90.0	L	+	
60:	45.0	90.0	L	+	
61:	75.0	60.0	L	+	
62:	33.0	90.0	L	+	
63:	34.0	90.0	L	+	
64:	40.0	90.0	L	+	
65:	40.0	90.0	L	+	
66:	51.0	90.0	L	+	
67:	43.0	90.0	L	+	
68:	44.0	90.0	L	+	
69:	37.0	90.0	L	+	
70:	63.0	90.0	L	+	
71:	38.0	88.0	L	+	

No	Azimut	Dip	Type	Mark	Comment
68:	44.0	90.0	L	+	
69:	37.0	90.0	L	+	
70:	63.0	90.0	L	+	
71:	30.0	90.0	L	+	
72:	60.0	90.0	L	+	
73:	55.0	90.0	L	+	
74:	34.0	90.0	L	+	
75:	40.0	15.0	L	+	
76:	60.0	15.0	L	+	
77:	55.0	15.0	L	+	
78:	35.0	15.0	L	+	
79:	35.0	90.0	L	+	
80:	40.0	90.0	L	+	
81:	13.0	90.0	L	+	
82:	45.0	90.0	L	+	
83:	15.0	90.0	L	+	
84:	35.0	90.0	L	+	
85:	15.0	54.0	L	+	
86:	7.0	40.0	L	+	
87:	50.0	40.0	L	+	
88:	28.0	40.0	L	+	
89:	23.0	70.0	L	+	
90:	40.0	53.0	L	+	
91:	49.0	90.0	L	+	
92:	20.0	40.0	L	+	
93:	16.0	40.0	L	+	
94:	85.0	40.0	L	+	
95:	35.0	90.0	L	+	
96:	33.0	50.0	L	+	
97:	25.0	50.0	L	+	
98:	17.0	50.0	L	+	
99:	10.0	45.0	L	+	
100:	55.0	50.0	L	+	
101:	67.0	30.0	L	+	

Se muestran en la ilustración No 12, 4 sistemas de fracturas tectónicas espaciadas y radiales con orientación preferencial NE-SO. Ello sugiere debilidad estructural del material geológico al estar sujeto a esfuerzos tectónicos que expone densidad considerable de grietas en el terreno.



**Ilustración No 12.** Diagramas de fracturas superficiales en Miramar

IV.- ¿Cuál fue el procedimiento y las técnicas empleadas al respecto?

#### Método para análisis estructural de fracturas tectónicas

- 1) Se obtuvieron en el terreno 101 datos de rumbos y buzamientos tomados en fracturas tectónicas puntuales.
- 2) Se compiló y analizó información obtenida apoyado del programa informático STERONET (Ilustración No 13) para el diseño de proyecciones estereográficas y diagrama de rosas de viento.
- 3) Se construyó en computadora inventario de fracturas tectónicas para mejor vista de variables evaluadas.
- 4) Se determinaron grupos o sistemas de grietas de mayor desarrollo, su distribución y orientación preferencial.

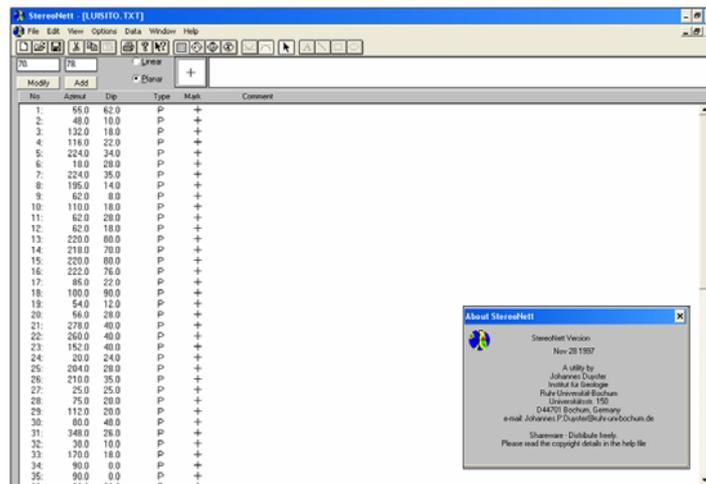
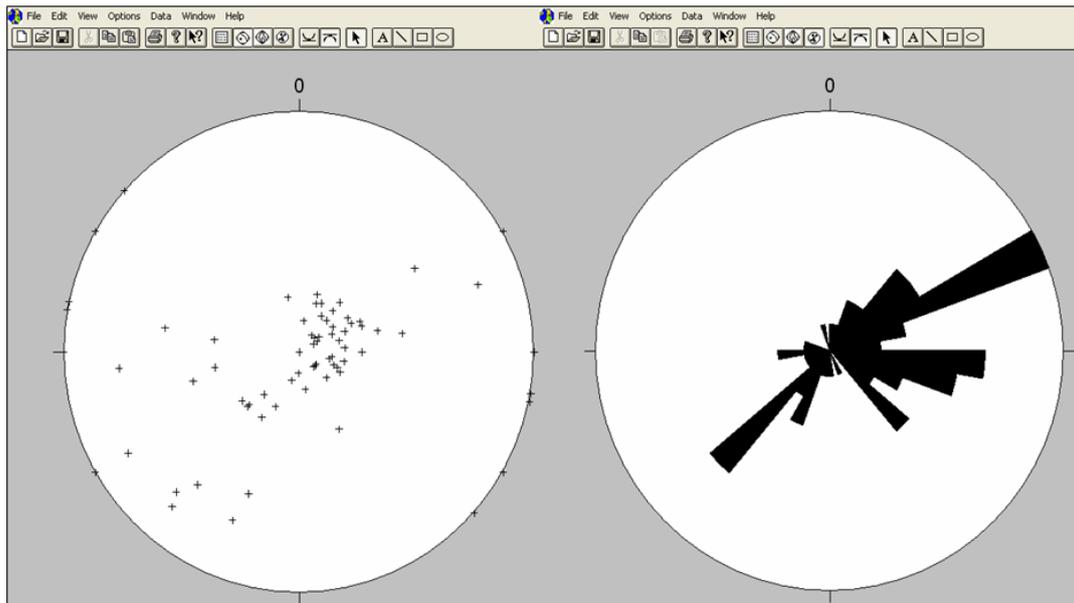


Ilustración 13. Vista de Datos en STEREOHIT

5) Se seleccionó de opciones apropiadas para el análisis de datos estadísticos (realización de histogramas de frecuencia), y su correspondiente salida gráfica apoyados de funciones importante de cómputo, tales como

- **View (Vista):** se ordenaron e insertaron variables geométricas en tabla de datos que emerge del **Icono Text**. Estos datos corresponden a rumbos y buzamientos medidos en 10 familias de fracturas tectónicas (83 elementos lineales en total). Y su posterior presentación a través de **Esterograma de Densidad**, y **Diagrama de Roseta** similares a los que se muestra en la Ilustración 14.
- **Options (Opciones):** Se presenta listado de determinaciones para acceder relativa al estilo de diagrama, forma de proyección (por área o ángulo), tipología de hemisferio escogido (superior o inferior), contorno de densidad, entre otros, útiles al momento de definir la modalidad o entrega final de los datos.
- **Data (Datos):** se presentaron listado de alternativa vinculadas con la simbología usada en gráficas obtenidas, estadísticas, rotación de la imagen, elementos de gráfico (texto, formas lineales, circulares, rectangular, y otros), sección de comentarios, entre otros.



**Ilustración 14.** Presentación de Datos en STEREO NET:  
(A la izquierda): Estereograma de densidad  
(A la Derecha): Estereograma de Roseta

## Referencias

- ✚ Datos aportados por estudio realizados cortesía de T. Obando, 2,008-2,009.
- ✚ Aplicación de programa de cómputo STEREO NET , y ArcGis 13.