

Inestabilidad del Terreno en un área al Este de Miramar, León (Nicaragua)

POR:

TUPAK OBANDO R.

Ingeniero en Geología. Master y
Doctorado en Geología y Gestión
Ambiental de los Recursos Mineros
por la UNÍA (Huelva, España)

2008

Contenido

I. Introducción

1.1.- Introducción

1.2.- Antecedentes del Estudio

1.3.- Objetivos

II. Ámbito del Estudio

2.1.- Localización y acceso al sitio

2.2.- Ámbitos

III. Metodología de trabajo

3.1.- Etapa organizativa

3.2.- Etapa de campo

3.3.- Etapa procesamiento y análisis de la información

3.4.- Etapa de preparación de informe de campo

IV. Contexto Geológico

4.1.- Geología General

4.2.- Geología del área

V. Ambiente Sísmico

5.1.- Sismicidad General

5.2.- Sismicidad del área

VI. Situación Tectónica

6.1.- Tectónica General

6.2.- Contexto Estructural local

VII. Inestabilidad del terreno

7.1.-Zonas Potenciales

7.2.-Condiciones de estabilidad del terreno para caso nº 1 y caso nº 2

7.3.- Obras de mitigación

VIII. Conclusiones

IX. Recomendaciones

X. Bibliografía

XI. Anexos

Anexo 11.1. Listado de lugares visitados y su posición cartográfica.

Anexo 11.2. Modelo estadístico de distribución de fracturas tectónicas en el área al este de miramar.

Anexo 11.3. Susceptibilidad a deslizamientos.

Anexo 11.4. Glosario de términos

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- Introducción

El presente Informe tiene objetivo evaluar el peligro que constituye la inestabilidad de laderas en un área al Este de Miramar (León), así como sus repercusiones a las obras de ingeniería construidas o en fase de construcción.

Por ello se realiza visita al sitio que resulta en la preparación de un documento técnico y anexos. El trabajo de campo se efectúa por veinte días consecutivos del año en curso.

La organización del Equipo Técnico estuvo conformada por geólogo Tupak Obando, Master y Doctoro en geología y gestión ambiental.

Este documento se enmarca en superficie de terreno de poco más o menos 1,700 manzanas de tierra en la región del Pacífico de Nicaragua.

Este trabajo contribuye con la ordenanza territorial de esa región del Pacífico, la gestión de Riesgo por multi-amenazas, la cultura de protección civil, la consolidación o actualización de conocimientos de provecho para sus interesados. Contribuye con proyecto de inversión económica vinculada, especialmente, con la industria de construcción de obras de ingeniería de mucha relevancia, entre otros.

1.2.- Antecedentes del Estudio

Por su ubicación geográfica la municipalidad de León está sujeta a diversos procesos geológicos que puede derivar en desastre, entre estos la influencia de la sismicidad, el vulcanismo, y las inestabilidades del terreno, siendo este último motivo de interés en el presente documento.

En la dinámica de la naturaleza de León la presencia de relieves empinados y la acción de las lluvias y temblores de tierra son factores siempre presentes.

En los últimos años eventos como movimientos de laderas han cobran importancia por su frecuencia, y los impactos a la vida humana e incluso a la infraestructura vial, testimonio visible en muchas regiones del Norte y Centro del país.

Un claro ejemplo de lo antes referido fue el colosal deslizamiento Volcán Casita en Chinandega luego de ocurrir el huracán Mitch en octubre de 1998.

Ante tal hecho, y en respeto a compromisos logrados, el autor de esta investigación realiza trabajos encaminado a la búsqueda de escenarios físicos de reales y potenciales movimientos en masas en área al Este de Miramar (León).

1.3.- Objetivos del Estudio

1.3.1.- General

Reconocer y caracterizar condiciones de inestabilidad del terreno al Este de Miramar para sustentar acciones de ingeniería, administrativas, estructurales, económicas, entre otras., con vista a la prevención y mitigación de desastres ante deslizamientos.

1.3.2.- Específico

1.3.2.1.- Localizar y reconocer condiciones inestables del terreno que originen o logren generar movimientos de rocas y suelos, factores físicos causales y datos de su potencialidad de ocurrencia.

1.3.2.2.- Contribuir a la consolidación de la cultura de protección civil en pro de la prevención de calamidades en obras civil propuesta con base en conocimientos ecuanimes.

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1.- Localización y acceso al sitio

Al lugar se llega desde la carretera que conecta los poblados de Managua con El Crucero pasando por San Rafael del Sur hasta llegar San Cayetano, continuar luego al Velero pasando por la Gloria hasta alcanzar la altura de Miramar. El sitio estudiado se localiza al Suroeste de la ciudad capital Managua, distante 150 km de esta. La vía de acceso tomada mantiene un estado físico aceptable que permite su transitabilidad hacia el lugar de interés.

La ruta se ilustra en la **Ilustración 1**.

Ilustración 1. Ruta de acceso al sitio



2.2.- Ámbitos

El área constituye un llano sedimentario natural plano y bajo menor a 3° de pendiente, en donde se visualizan, también, promontorios rocosos de considerable elongación superficial paralela a la Costa del Pacífico de Nicaragua. A su vez, es resaltante la densa vegetación de exigua altura situada en suelos de uso pecuario, y en algunos casos terrenos baldíos.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.- Etapa organizativa

Se recopila y revisa la información gráfica y escrita, disponible en los archivos de INETER, geología, sismología, mapas topográficos y geológicos, además de tres fotografías aéreas, a escala 1:40,000 del año 1996 que cubre el área. Las hojas topográficas y geológicas estudiadas son El Transito 2852-II, Miramar 2852-III Nagarote 2852-I y Puerto Sandino 2852-IV de Ineter, escala 1:50,000 de 1988. La bibliografía consultada está disponible en base de datos de instituciones especializadas nacionales.

En las fotografías se reconocieron características del terreno que permite su correlación con los tipos de rocas, rasgos lineales, y sectores en las laderas de Loma San José de Limón sin indicaciones de ocurrencia de procesos de inestabilidades de ladera anteriores. Con esta información se preparó un mapa, en el cual se localizan sitios susceptibles a caídas de rocas. (Figura 1)

Por último se obtuvo mapa geológico local a partir de fuente de datos recogidos en la cartografía presentada por CATASTRO 1972. De ello, se derivó la litología superficial afectada por potenciales procesos inestables del terreno.

3.2.- Etapa de campo

Se consultó a pobladores del lugar sobre anteriores movimientos de rocas y suelos en este territorio, desconociéndose testimonio alguno. Los esfuerzos enfocados en la evaluación de las condiciones inestable del terreno en la generación de derrumbes y/o deslizamientos con vista a prever daños físicos de futuras instalaciones en el área para efecto del ordenamiento territorial de esa zona. Los puntos de observación (**Anexo 11.1**) se geo-localizan con GPS manual, modelo Garmin III Plus en coordenadas con unidades UTM y datum WGS 84 para su ubicación en mapa topográfico ampliada a la escala detalle y de otros lugares de interés con potenciales y reales inestabilidades del terreno. La precisión de las mediciones fue ± 7 metros. Para ello, se elaboró y uso ficha de inventario de inestabilidad del terreno para plasmar consideraciones técnicas, y evidencia físicas superficiales del estado estructural (**Anexo 11.2**) y condiciones proclives al desarrollo de movimientos de masas puntuales, y su ilustración a través de recursos fotográficos.

3.3.- Etapa procesamiento y análisis de la información

Se aplican conceptos de Sistema de Información Geográfica con ayuda del Software ArcGis 9,0 para ubicación de sitios inestables del terreno. Se establecen atributos vinculados con el área en km², simbología y descripción basada en criterios del especialista geólogo sobre la base de las observaciones e señales de campo. A su vez, los datos obtenidos en el terreno, se procesaron en red estereográfica, utilizando el programa **STEREONET**. EL Método usado es el de la rosa de dirección, que esencialmente consiste en determinar cuáles son los sistemas de grietas más desarrollados (en cuanto a cantidad de fracturas) utilizando como información básica el rumbo de estas. El número mínimo de puntos de observación debe ser de 83. Primeramente, se calcula la cantidad de grietas medidas, en diferentes direcciones. Al final, de forma gráfica, se construye la rosa de dirección que muestra las relaciones mutuas de los sistemas de fracturados más desarrollados. Más adelante del presente documento, aparece rosas de dirección que corresponde al procesamiento de 83 puntos de documentación del área estudiada. De forma gráfica se presenta los resultados obtenidos de la elaboración de la información de campo. El sistema más desarrollado es el de rumbo 20 grado (NO), le sigue en orden el sistema 30

grados (NO). El resto de las fracturas prácticamente no constituyen sistemas y se distribuyen uniformemente en todas direcciones.

3.3.1 – Sobre programa informático **STEREONET**

Este programa de computador, constituyó herramienta informática para el análisis de datos geométricos (rumbos y buzamientos) de fracturas tectónicas (Véase **Anexo 11.4**) en ambiente Windows apoyado de computadora con capacidad de memoria necesaria para su ejecución.

Algunas características del **STEREONET**, es su amplia utilización en instituciones universitarias, centro de investigación u organización de trabajo en Nicaragua; su disponibilidad en versión español, su posibilidad de actualización y descarga en ON LINE (sitio en Internet: <http://www.ingenieriageologica.com/>); o si éste llega a cambiar, con la palabra clave “STEREONET” podemos encontrarla en un directorio o mediante un motor de búsqueda como Google, Yahoo u otro. La disponibilidad en Web permitió la obtención en línea de textos o manuales acorde con las nuevas versiones de este software.

Este programa de cómputo contuvo dos partes importantes que a continuación se presenta:

- a) Vista de variables (para la definiciones de las variables y consecuentemente de los datos)
 - b) Vista de los datos (matriz de datos), conteniendo los comandos para operar en su parte superior. En la **Ilustración 2** se muestra vista de los datos SPSS.
-

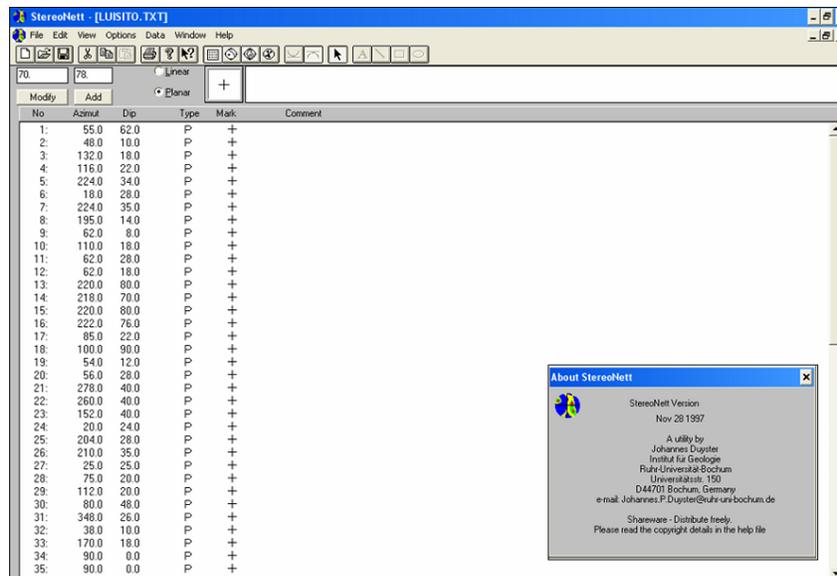


Ilustración 2. Vista de Datos en STERIONET

3.1. 1 Tratamiento Estadístico de Datos en **STERIONET**

Con la ejecución de este programa informático en ambiente Windows se crearon base de datos, que permitió la selección de opciones apropiada para el análisis de datos estadísticos accediendo a través de comandos específicos. Algunos de estas tuvieron funciones importantes, que se emplearon en el presente trabajo, como son:

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 **Estereograma de Densidad**, y **Diagrama de Roseta** similares a los que se muestra en la Ilustración 3.

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.

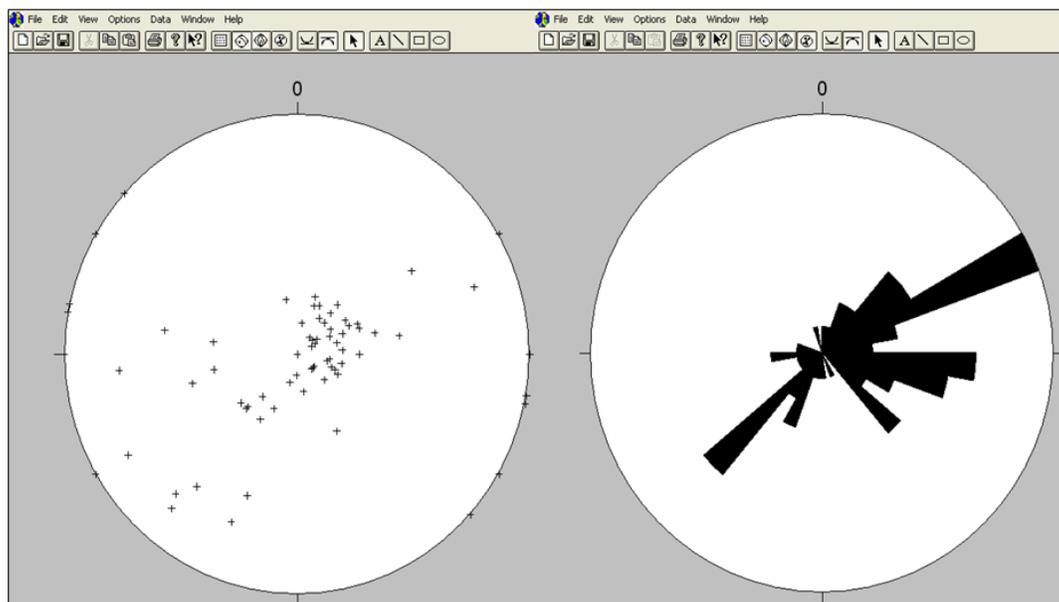


Ilustración 3. Presentación de Datos en STEREO.NET:

(A la izquierda): Estereograma de densidad

(A la Derecha): Estereograma de Roseta

3.4.- Etapa de preparación de informe de campo

El informe final es resultado de la obtención de datos y sus análisis. Se introducen en el programa ArcGIS 9,0 con la cual se realiza figuras y anexos gráficos (Anexos No 11.3) y de terminología (No 11.4). Los datos obtenidos se integran a base de datos del Sistema de Información Geográfica del SIG-Georiesgos de Ineter, que se ha preparado para este efecto. Los datos obtenidos en la oficina fueron organizados y correlacionado con la levantada durante los recorridos de campo para preparar documento Final de la actividad. Los datos originales tomados en el terreno son transformados junto con el mapa de campo al datum WGS 84 para mantener iguales referencias.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO

4.1.- Geología General

El lugar estudiado con una elevación no superior a los 150 msnm, constituye una zona de planicie, y montículos superficiales de suave inclinación no mayor a 50° tal como figura en la **Ilustración 4** (Mapa geológico a escala 1:50,000) el cual se evidencia a través del trazado o achurado continuo de curvas de nivel en el interior del plano. La Ilustración hace referencia a terrenos compuestos por aluviales, coluviales, y material volcánico como ignimbritas, tobas, y fragmentarios de caída (arenas y gravas) técnicamente conocidos por las letras **Qal**, **Qc**, **Tmtm** y **Tmf** respectivamente. Los aspectos geológicos de esta parte del territorio del Municipio de León fue publicado por Catastro, en 1971, en la hoja El Transito 2852-II, Miramar 2852-III, Nagarote 2852-I y Puerto Sandino 2852-IV, a escala 1:50,000.

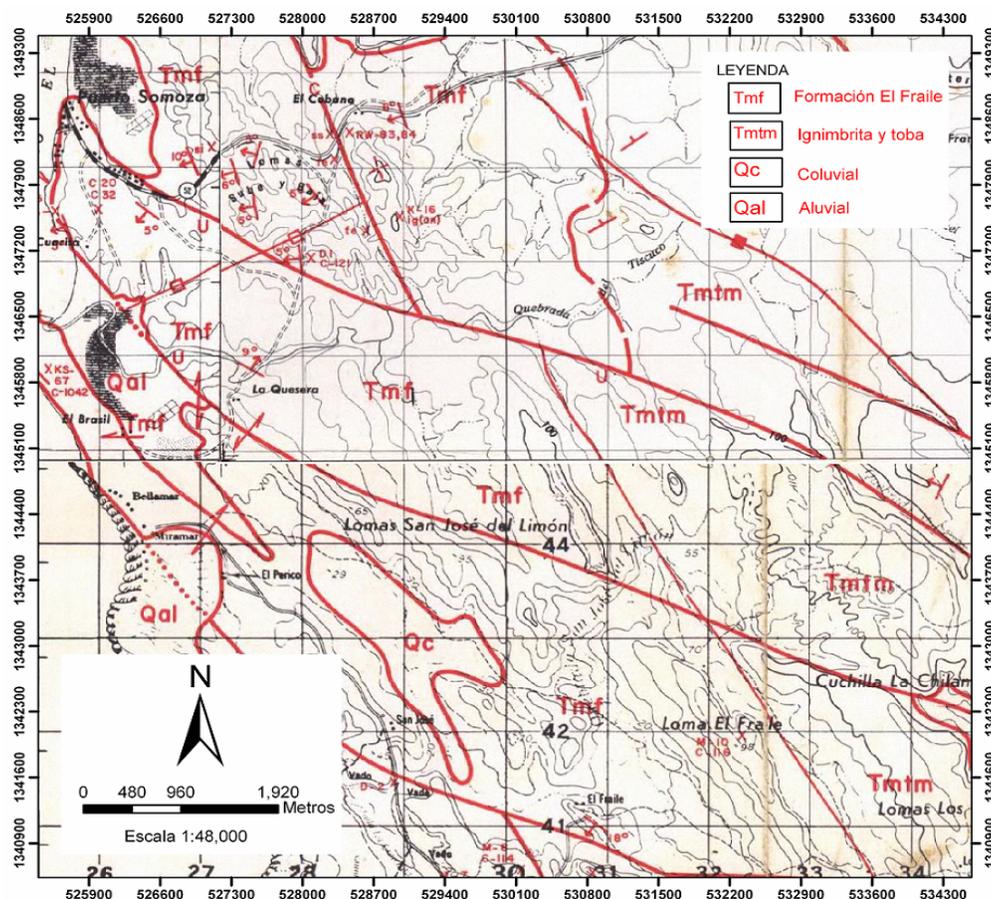


Ilustración 4. Contexto geológico del área de interés, a escala ampliada 1:48,000. Catastro e Inventario de Recursos Naturales, 1972.

4.2.- Geología del Área

En esta sección se plasman las observaciones y mediciones geológicas realizadas en campo, en donde se obtienen informaciones geográficas, cartográficas, litológicas, mecánicas, estructurales, geométricas y otras impresas en rocas y suelos presentes en cortes de camino y terrazas fluviales del lugar investigado. Para efecto de conservar un orden numérico y diferenciación entre las descripciones efectuadas, se designan a los lugares visitados las palabras de, **ESTACIÓN** y **AFLORAMIENTO ROCOSO**. Es preciso mencionar, que una misma Estación puede contener más de un afloramiento rocoso, siendo otra razón más para la selección de los términos referidos, por lo cual muchos de puntos cartográficos que se detallan en la **Tabla N° 1** están contenida en más de una de las Estaciones descrita siguiendo las similitudes en sus características temáticas. Estas se presentan a continuación:

4.2.1.- ESTACIÓN N° 1. VERTEDERO DE PUERTO SANDINO (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 1)

Descripción: Se expone en corte de camino material arenoso medio de 2.5 metros de espesor subyacente por horizonte de roca arenisca fracturada, deleznable y meteorizado hasta alcanzar en profundidad capa de arena fina color amarillento erosionable, suelta y deleznable.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en San José de Limón en el Noreste de Miramar (p.ej. N1348094 – E528263)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Se presenta en la superficie del material de arenisca dos grietas principales casi lineales, sin rellenos y sinuosas una con rumbo N6°O y buzamiento de 6°, y otra con rumbo de N15°O y buzamiento de 6°

4.2.2.- ESTACIÓN N° 2. VERTEDERO DE PUERTO SANDINO (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 2)

Descripción: Se expone en corte de camino roca material de arenisca color grisáceo, masivo, compacto y fracturado de 2 m de potencia.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en Lomas Sube y Baja al Noroeste de San Antonio (p.ej. N1347671 – E528227)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Se presenta elementos lineales con grietas en suelos y roca con direcciones preferenciales de N15°O y buzamientos medidos en 6°.

4.2.3.- ESTACIÓN N° 3. VERTEDERO DE PUERTO SANDINO (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 3)

Descripción: Se expone en corte de terreno desde la base al techo capas de arenas de hasta 5 metros de potencia, seguido por horizonte de arenisca fracturada e intensamente meteorizada hasta culminar con capa potente de arena color grisáceo



Corte de terreno mostrando materiales geológicos locales
Cortesía de T. Obando

Localidades: Aflora al Norte de San Antonio (p.ej. N1347579 – E528130)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Sin indicación de presencia de fracturas tectónicas

4.2.4.- ESTACIÓN Nº 4. QUEBRADA TISCUCO – EL BRASIL (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 4)

Descripción: Se expone en corte de terraza fluvial material de arenisca color grisáceo y fracturado de 4 metros de potencia con evidencia de remoción de suelo areno-limoso café con inclusiones de rodados de areniscas. Este afloramiento alcanza los 6 metros de alto.

Localidades: Aflora en terraza fluvial de Quebrada Tiscuco –El Brasil al Noroeste de Lugar Poza Redonda (p.ej. N1345947 – E527400)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Se presenta rasgos no bien definido de falla geológica inversa por la baja esclarecimiento del basculamiento de estratos de areniscas. No obstante, se observan dos grietas principales una con rumbo medido de N34°O y buzamiento de capas de 6° y otra con rumbo N20°O y buzamiento de capas de 6°.

4.2.5.- ESTACIÓN Nº 5. LOMA SAN JOSÉ DE LIMÓN (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 5)

Descripción: Se expone en el terreno rodado de areniscas, y aglomerados volcánicos con inclusiones de fragmentos de andesitas ocupando pendientes de 50°. La textura granular es característica de estos aglomerados de andesitas acompañada de matriz arenosa. En sus inmediaciones se destaca un suelo arenoso suelto tapizado por extenso follaje vegetal.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en Loma San José de Limón (p.ej. N1344176 – E529568)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Se considera este sitio como zona propensa a derrumbe de rocas por la inclinación del terreno y condiciones físicas del material geológico.

4.2.6.- ESTACIÓN N° 6. LOMA DE SAN JOSÉ DE LIMÓN (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 6)

Descripción: Se expone en el terreno rodado de areniscas, y aglomerados volcánicos con inclusiones de fragmentos de andesitas. Todo ello porción de terreno con pendientes medida en 50°. La textura granular y matriz arenosa es característica de estos aglomerados de andesitas, en cuyas inmediaciones se destaca un suelo arenoso suelto tapizado por extenso follaje vegetal.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en Loma San José de Limón (p.ej. N1344200 – E529575)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Se considera este sitio como zona susceptible a derrumbe de rocas por la inclinación y condiciones físicas del material geológico.

4.2.7.- ESTACIÓN N° 7. LOMA DE SAN JOSÉ DE LIMÓN (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 7)

Descripción: Se expone en el terreno suelos arcillosos color café oscuro, suelto, seco y sin consolidar. Se observan grietas principales con rumbo medido de N15°O y buzamiento cuantificado en 22°.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en Loma San José de Limón (p.ej. N1344268 – E529912)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

4.2.8.- ESTACIÓN N° 8. LOMA SAN JOSÉ DE LIMÓN (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 8)

Descripción: Se expone en corte de terreno desde la base al techo material aluvial de 2 metros de potencia, seguido por horizonte de arenisca de 1 metro de potencia, fracturado y meteorizado con estratificación gradacional hasta culminar con otra capa de arenisca de 50 cm de espesor suprayacido por suelos residual de 30 cm de potencia.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en Loma San José de Limón (p.ej. N1344530 – E529869)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

4.2.9.- ESTACIÓN Nº 9. LOMA SAN JOSÉ DE LIMÓN (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 9)

Descripción: Se expone en el terreno arenisca color grisáceo, fracturado y compacto, masiva ocupando superficie suave del relieve, menor de 5 grados de pendiente.

Localidades: Aflora en Loma San José de Limón (p.ej. N1344740 – E529846)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Se observa grieta importante lineal, sin relleno en su interior y bien espaciada con rumbo de N30°O y buzamiento de capa de 0°. Se identificaron más lugares en donde la afloran arenisca grisácea con forma angulosa acompañada de arenas y limos. Algunos puntos de interés se localizan en la coordenadas UTM N1344937-E532005; N1345062 – E530340; y N1345700 – E529000.

4.2.10.- ESTACIÓN Nº 10. OJO DE AGUA (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 10)

Descripción: Se expone en el terreno bloques de arenisca grisácea, superficialmente fracturada y compacta con forma angulosa en lo alto de relieve (a 122 metros de elevación) próximo a una antena de telecomunicaciones de más de 10 metros de alto

Localidades: Aflora en Ojo de Agua (p.ej. N1345720 – E530530)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: En las inmediaciones de esta parte del terreno se observa suelo de textura arenosa color café y deleznable, y suelos de textura arcillosa en zona cercana a llano aluvial de entre 43 y 66 metros de elevación. Se identificaron más lugares interés con similares materiales, ellos se localizan en la coordenadas UTM N1345072-E530530;

N1345089 – E530871; N1344876 – E531129; N1344535-E531465; N1344194-E531446;
y N1343870-E531428; N1343600 – E531270; N1343441 – E530940.

4.2.11.- ESTACIÓN Nº 11. LA GLORIA (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 11)

Descripción: Se expone en el terreno llano de ese sitio suelos de textura arenosa densamente poblada por vegetación arbustiva en una superficie de relieve de 25 metros de elevación.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en La Gloria (p.ej. N1341880 – E529067)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: En otro lugar próximo al descrito que se localiza en las coordenadas UTM N1342067-E529320 se observa suelos de textura areno-arcilla componiendo la superficie del terreno, preservándose la morfología de llanura aluvial.

4.2.12.- ESTACIÓN Nº 12. LA CRUZ (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 12)

Descripción: Se expone en el terreno bajo y plano fragmentos de areniscas acompañado de suelos de textura arenosa color café, deleznable, erosionable, sin consolidar y seco tapizado por densa cubierta vegetal.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Sureste de La Cruz (p.ej. N1343289 – E530793)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación Tmtm (Ignimbritas y Tobas)

4.2.13.- ESTACIÓN Nº 13. EL VELERO (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 13)

Descripción: Se expone al nivel del terreno (a 26 metros de elevación) masivo de arenisca color gris oscuro con forma sub angulosa y superficie irregular, compacta y ligeramente meteorizada roca arenisca.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Noreste de El Velero (p.ej. N1342273 – E529300)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación Tmtm (Ignimbritas y Tobas)

Aspectos específicos: Próximo al lugar referido, se observa suelos de textura arenosa color café cultivados con maíz. Estos sitios se geo-localizan en la coordenadas siguientes: N1342981-E529780; N1343586 – 530034; N1343695 – E529975; N1343726 – E530113.

4.2.14.- ESTACIÓN Nº 14. SAN JOSÉ DE LIMÓN (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 14)

Descripción: Se expone al nivel del terreno (a 53 metros de elevación) suelos de textura arenosa color café acompañado de fragmento de areniscas.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Noroeste de La Cruz (p.ej. N1344162 – E5303000)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Próximo al lugar referido, se presenta a 27 metros de elevación en la coordenadas UTM N1344369 – E529889 material aluvial constituido por conglomerados de forma sub angulosa color café, y suelos de textura arenosa.

4.2.15.- ESTACIÓN Nº 15. LA CRUZ (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 15)

Descripción: Se expone al nivel del terreno plano y bajo (a 38 metros de elevación) suelos de textura arenosa con exigua vegetación arbustiva.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Suroeste de La Cruz (p.ej. N1342612 – E530266)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Próximo al lugar referido, se presenta similares características físicas del terreno, y de los materiales en las coordenadas UTM N1342679 – E530600.

4.2.16.- ESTACIÓN Nº 16. RÍO DE SAN JOSÉ DE LIMÓN (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 16)

Descripción: Se expone en el terreno roca arenisca color blanquecino, compacto, masiva con forma sub-angulosa, superficialmente fracturada. Estas grietas son casi lineales, continuas, rellenas con arenas con espaciamiento de 2 metros.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Suroeste de La Cruz (p.ej. N1342900 – E530900)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación Tmtm (Ignimbritas y Tobas)

Aspectos específicos: Hay que destacar que este lugar las fracturas de carácter tectónico y lineal suman 11 con orientación noroeste cuyo valores promedios de rumbos es N25°O y buzamientos 5°, existiendo dos fracturas principales con 50 metros de longitud una con rumbos medido en N30°O y buzamientos de 10° y otra con rumbos de N20°O y buzamientos de 6°.

4.2.17.- ESTACIÓN Nº 17. LA CUITANGA (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 17)

Descripción: Se expone a 41 metros de elevación en un corte de terreno desde la base al techo roca arenisca de 2 metros de potencia, seguida de material aluvial de 1.5 metros de espesor y finalmente suelo de textura arenosa de 1 metro de potencia.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Suroeste de La Cuitanga (p.ej. N1343510 – E531015)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación Tmtm (Ignimbritas y Tobas)

4.2.18.- ESTACIÓN Nº 18. QUEBRADA SAN JOSÉ DE LIMÓN (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 18)

Descripción: Se expone a 41 metros de elevación en un corte de terreno desde la base al techo roca arenisca de 2 metros de potencia, seguida de material aluvial de 1.5 metros de espesor y finalmente suelo de textura arenosa de 1 metro de potencia.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Noroeste de La Cuitanga (p.ej. N1343877 – E531337)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación Tmtm (Ignimbritas y Tobas)

Aspectos específicos: Hay que destacar que este lugar las fracturas de carácter tectónico y lineal suman 10 con orientación noroeste cuyo valores promedios de rumbos es N30°O y buzamientos 4°, existiendo solamente una fractura principal con 3 metros de ancho y rumbos medido en N20°O y buzamientos de 4°.

4.2.19.- ESTACIÓN Nº 19. SECTOR NOROESTE DE LA CUITANGA (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 19)

Descripción: Se expone en el terreno (a 35 metros de elevación) masivo de arenisca color grisáceo, fracturada, homogénea y compacto.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Noroeste de La Cuitanga (p.ej. N1343900 – E5314000)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación Tmtm (Ignimbritas y Tobas)

Aspectos específicos: Es preciso mencionar fracturas tectónico lineales, sin relleno, con abertura bien espaciada suman unas 13, siendo su orientación general Noroeste con valores promedios de rumbos medidos en N21°O y buzamientos 3°, existiendo únicamente una fractura principal de 20 cm de ancho y 2 cm de profundidad, sinuosa, continua y sin relleno en su interior, siendo su rumbo de N12°O y buzamiento de 5°.

Hay que destacar que en lugar próximo al referido se observa masivo de arenisca superficialmente fracturada acompañado de suelo arenoso, en donde se contabilizan 7 fracturas tectónicas en el terreno. Esto se logra ver en punto coordinado N1344160-E531450 a 55 metros de elevación. De acuerdo con mediciones realizadas, las fracturas presentan valores promedios rumbos N27°O y buzamientos de 10°. En este lugar aflora fractura principal de 70 metros de ancho con rumbo medido en N15°O y buzamientos de 10°. Otros sitios de interés con similares características se geo-localizan en las coordenadas UTM siguiente: N134215 – E531088 (Sector Suroeste de La Cuitanga); N1342885 – E531318; N1342685 – E531424 (El Potrero); 1342830 – E531400; N1341697-E529045; N1348045 – E527000 (Tiscuco); N1348768 – E530613; y N1348100 – E530765.

4.2.20.- ESTACIÓN Nº 20. MESETA EL TISCUCO (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN 20)

Descripción. Se expone en terreno plano y bajo (a 27 metros de elevación) suelos de textura arenosa color café y deleznable tapizado por denso follaje vegetal. En las inmediaciones se observa masivos de areniscas color rojizo con forma angulosa, compacta acompañada de suelos de textura arenosa, meteorizados y suelto. Esto último se logra ver en coordenadas UTM N1347595 – E530832 a 53 metros de elevación.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Sureste de El Cobano (p.ej. N1348164 – E530812)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

4.2.21.- ESTACIÓN Nº 21. MESETA EL TISCUCO (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 21)

Descripción: Se expone en el terreno rocas de arenisca color grisácea con forma angulosa y compacta acompañada de fragmento de arenas de tamaño fino a grueso.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en quebrada Ojo de Agua (p.ej. N1347400 – E530981)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Próximo al lugar, se observa suelos de textura arenosa color café a grisáceo con tamaño de grano de fino a medio, y la presencia también, de suelos de textura areno-arcillosos color oscuro. Ambos materiales son tapizado por vegetación arbustiva en donde se destaca cárcava de dimensiones varias en el terreno. Estos sitios se logran ver a

43 metros de elevación en puntos coordenados N1347291 – E531000; N1346998 – E531130.

4.2.22.- ESTACIÓN Nº 22. MESETA EL TISCUCO (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 22)

Descripción: Se expone a ras del terreno suelos de textura arcillosa color rojizo, deleznable y en estado seco.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Noroeste de Tiscuco (p.ej. N1347000 – E530946)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación Tmtm (Ignimbrita y Tobas)

Aspectos específicos: Próximo al lugar, se observa similares característica, particularmente en los puntos coordenados N1346987 – E530835; N134630-E530600; y N1346710 – E530730.

4.2.23.- ESTACIÓN Nº 23. OJO DE AGUA (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 23)

Descripción: Se expone a ras del terreno contacto entre flujo de lava volcánica y masivo de arenisca color rojiza, compacta y fracturada.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Noroeste de Tiscuco (p.ej. N1346630 – E530781)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación Tmtm (Ignimbrita y Tobas)

Aspectos específicos: Próximo al lugar, se observa similares característica, particularmente en los puntos coordenados N1346987 – E530835; N134630-E530600; y N1346710 – E530730. Es preciso mencionar 22 fracturas tectónicas irregulares, sin relleno y discontinua

con orientación general Noroeste con valores promedios de rumbos medidos en N28°O y buzamientos de 4°, existiendo dos fracturas principales, ambas con carácter irregular y discontinua, espaciada una de otro 12 metros de distancia. La primera fractura tiene rumbo N70°O y buzamiento de 2°, y la segunda exhibe rumbo medido en N20°O y 3 ° de buzamiento (punto directo del contacto litológico). Más sitios de interés con características iguales se ubican a 29 y 38 metros de elevación en las coordenadas UTM N1347034 – E527984; N1346775 – E528006; N1346630 – E528268 (localidad de San Antonio); y por último N1346717 – E528830.

4.2.24.- ESTACIÓN Nº 24. QUEBRADA DE TISCUCO – EL BRASIL HACIA SAN LUIS (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 24)

Descripción: Se expone a ras del terreno (a 47 metros de elevación) roca arenisca color rojizo, compacto y fracturado con forma angulosa. En la superficie de las areniscas se contabilizan 9 fracturas tectónicas importantes con orientación Noroeste con valores promedio de rumbos medido en N25°O y buzamiento de 5°, siendo la fractura más relevante N30°O y 0° de buzamiento.

Localidades: Buenos afloramientos se observan al Norte de San Antonio, y San Luis (p.ej. N1346850 – E529130)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: En las proximidades al sitio, se observa similares característica, particularmente en los puntos coordenados N1346830 – E529400; N1346890-E529620; N1346950 – E529750; N1346700 – E529777; y N1346642 – E529000.

4.2.25.- ESTACIÓN Nº 25. QUEBRADA DE TISCUCO – EL BRASIL HACIA SAN LUIS (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 25)

Descripción: Se expone en corte de terraza fluvial (a 23 metros de elevación) desde la base al techo roca arenisca de 7 metros de espesor, fracturada, meteorizada y humedecida. Este afloramiento tiene aproximadamente 85 metros de longitud.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en San Antonio (p.ej. N1346673 – E528847)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Algunos puntos con característica similares se geo-localizan en coordenadas UTM N1346000 – E529532; N1345386-E530142; N1345400 – E529430.

4.2.26.- ESTACIÓN Nº 26. COLINA TISCUCO (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 26)

Descripción. Se expone al nivel del terreno lava andesítica en contacto con material de arenisca dando origen a forma de montículos, irregulares, masivos y fracturados con inclusiones de madera silicificada en pretéritas episodios volcánicos.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en Colina Tiscuco (p.ej. N1345490 – E529213)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos. En este lugar se exhiben 4 fracturas tectónicas lineales y discontinuas tomando la misma dirección del flujo de lava. Los valores promedios de rumbos y buzamientos de las fracturas son N32°O y 3° respectivamente.

4.2.27.- ESTACIÓN Nº 27. QUEBRADA TISCUCO – EL BRASIL (PUNTO DE DOCUMENTACIÓN N 27)

Descripción: Se expone a ras del terreno suelos de textura arenosa y cantos rodados de areniscas, en cuyos alrededores se destaca la exuberante vegetación arbustiva. A su vez, se observan cercanos al lugar suelos de textura limo-arenoso acompañado de fragmentos posiblemente andesíticos. Se observa material arcilloso con potencia de 2.5 metros en cada ribera de la quebrada.

Localidades: Buenos afloramientos se observan en Colina Tiscuco al Sur de Lugar Poza Redonda (p.ej. N1345971 – E528731)

Relaciones estratigráficas: Se relacionan con la Formación El Fraile (Tmf)

Aspectos específicos: Algunos puntos con similares características se geo-localizan en las coordenadas UTM N1346330 – E528600; y N1346600 – E528370.

5. AMBIENTE SISMÍCO

5.1.- Sismicidad general

La fuente sísmica de mayor peligrosidad para Nicaragua, particularmente para Miramar (León) y sus alrededores es la zona de choque placas tectónicas a lo largo de la costa del Pacífico. La continua actividad produce la mayoría de los sismos que se sienten en esa región, y que podría generar sismos con magnitudes mayores que 4, en escala Richter, es decir sismos de considerable importancia.

Una segunda fuente generadora de sismos, está relacionada con el comportamiento de los volcanes de la Cordillera de Los Maribios, donde es posible esperar sismos intensos en cercanías de los centros volcánicos. La relativa lejanía del área, con el sitio de estudio disminuye el riesgo sísmico y la posibilidad de afectación por sismos destructivos.

Sin embargo, con la finalidad de disminuir la frecuencia de escenarios fatídicos, catástrofe y muerte en el país, el GSHAP (1999), programa de investigación sísmica logró encaminar esfuerzos en pro de la determinación de la amenaza sísmica en Nicaragua basado en el valor de aceleración máxima de la onda sísmica en roca, o valor PGA, (Peak Ground Acceleration, sus siglas en inglés) tal como se ilustra en la Ilustración N° 2.



Ilustración 5. Máximas aceleraciones de roca previsible aplicando fórmula desarrollada por Climent. Cortesía de GSHAP

En la Ilustración (**Figura 1**), se define para el área del Estudio (indicada con círculo azul) un PGA de 3 a 4 m/s² g (zona color naranja), valores que corresponden a grado de amenaza sísmica **ALTO**, para sismos asociados con la convergencia de placas Cocos y Caribe.

5.2.- Sismicidad del Área

A partir de registros sísmicos, se logró obtener información relevante sobre la situación de los temblores locales. Esto se sintetiza en la Ilustración N° 6

Ilustración N° 6. MEDICIONES SÍSMICAS HISTÓRICAS ESPECÍFICAS	
PERÍODO DE MEDICIÓN (AÑOS)	1975 - 2002
CANTIDAD DE SISMOS REGISTRADOS	30
PROFUNDIDAD DE OCURRENCIA (KM)	15 - 160
ENERGÍA SÍSMICA (GRADOS RITCHER)	2.3 - 4.1
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	IRREGULAR

Cortesía de T. Obando

Es necesario mencionar que el comportamiento sísmico histórico solicita ser, todavía más, investigado a la luz de los nuevos conocimientos de la Ingeniería Sísmica con vista a establecer su relación y manejo dentro de los modernos métodos y técnicas destinadas al diseño y ejecución de obras de ingeniería en fase de construcción.

En el mapa de sismos superficiales (Ilustración N° 7) se muestran en círculos rojos la ubicación, y distribución espacial irregular de los epicentros registrados en el área.

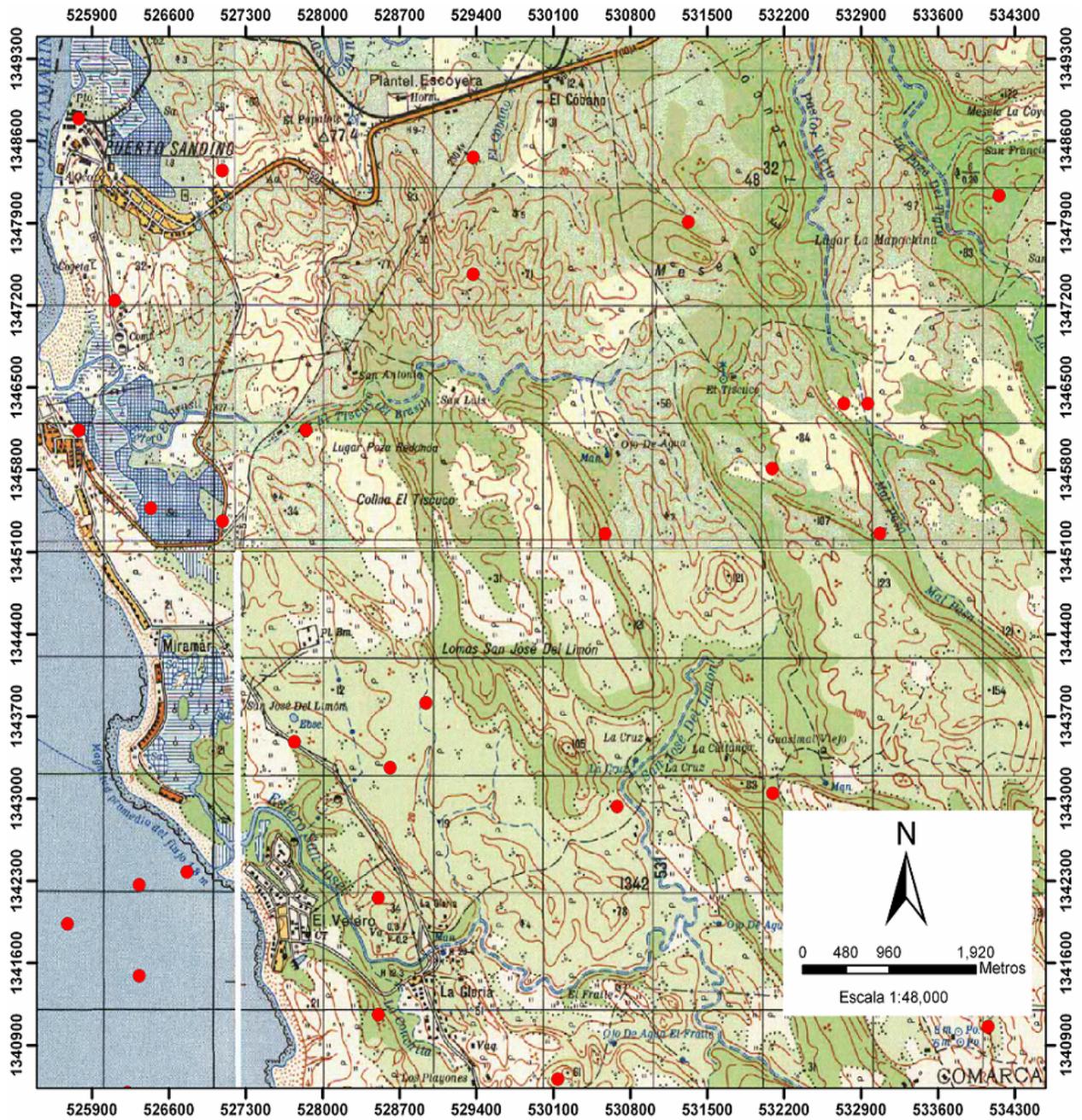


Ilustración 7. Sismicidad superficial del Área. Período de registro: 1975 - 2005. Escala de visualización 1:48,000 del Ineter, 1988.

6. SITUACIÓN TECTÓNICA

6.1.- Tectónica general

La ubicación de Nicaragua, particularmente, Miramar (León) en el margen pacífico de la placa tectónica del Caribe día con día experimenta colisiones con la placa Coco a una tasa de ocho centímetros, aproximadamente, por año. La Placa Coco desciende abruptamente en un ángulo de 80 grados en dirección Noreste bajo la placa Caribe. En el lugar donde se dobla la placa del Coco, se forma la zona de contacto y de fricción entre las dos placas, en la cual se generan sismos y grandes terremotos con magnitudes hasta 8 Richter.

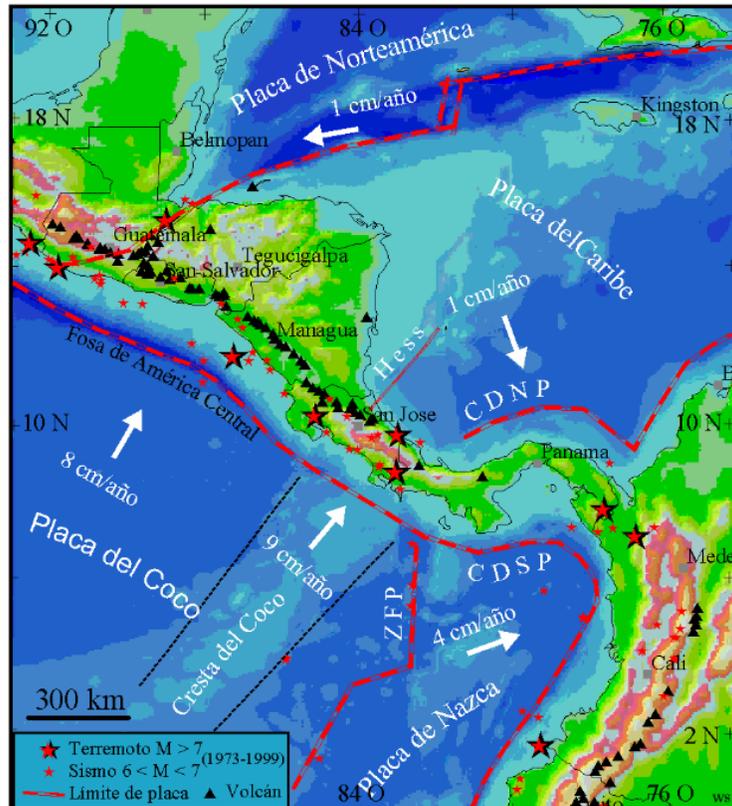


Ilustración 8. Ambiente tectónica de Nicaragua.

Cortesía de Ineter

El material fundido de la placa del Coco sube casi verticalmente y penetra la placa del Caribe a lo largo de una línea casi recta; forma así la cadena volcánica (**Ilustración 8**), y causa erupciones volcánicas y sismos superficiales. La cadena volcánica corre en dirección Noroeste-Sureste y es un alineamiento de estrato-conos y escudos volcánicos situados en las tierras bajas.

6.2.- Contexto estructural local

El estado de fracturación de los materiales geológicos presentes en el área del Estudio 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 Tiscoco, La Cruz, San Antonio, San Jose de Limón y Ojo de Agua están en función de la litología presente, su resistencia mecánica y condición física, descritas en apartados anteriores.

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° 9**. 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.

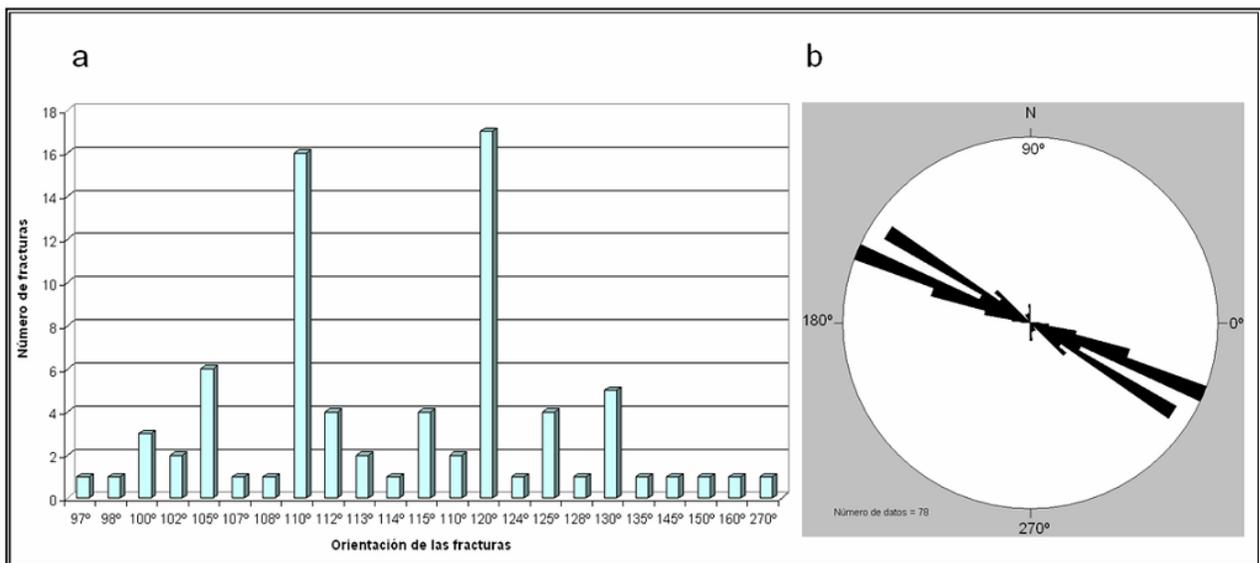


Ilustración N° 10. Gráficos utilizados para mostrar la distribución estadística de las orientaciones de las fracturas en polígono estudiado. a) Histograma de frecuencias; b) Estadística en el Diagrama de rosas de direcciones de fracturas tectónicas, mostrando dos trazos de los 2 máximos. Se utilizó el programa informático STERONET. Diseño y Realización T. Obando

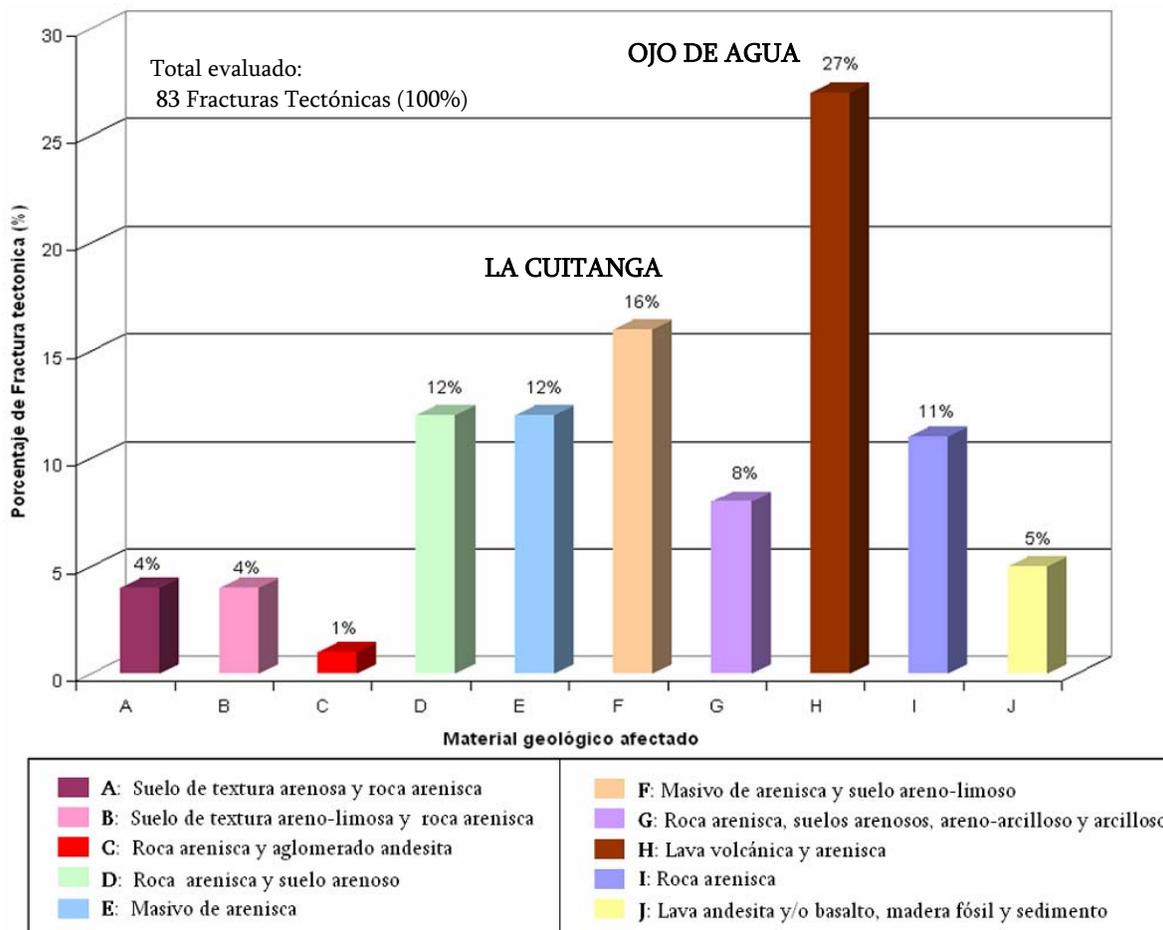
En la Tabla (**Ilustración N° 11**) se resume el total de 83 fracturas tectónicas, la mayoría de ellas con carácter lineal y tendencia Noroeste, visibles en campo. Las mayores cantidades de fracturas se ubican en las localidades, La Cuitanga y Ojos de Agua en las coordenadas N1346630 – E530781 y N1344000 – E531450 respectivamente.

Ilustración N° 11. Inventario de fracturas tectónicas locales

ITEMS	NÚMERO DE FRACTURAS IMPORTANTES VISIBLE	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	1344160	531450	Noroeste	EL POTRERO
8	22	LINEAL	1346630	530781	Noroeste	OJO DE AGUA
9	9	LINEAL	1346850	529130	Noroeste	QUEBRADA EL TISCUCO –EL BRASIL HACIA SAN LUIS
10	4	LINEAL	1345490	529213	Noroeste	COLINA TISCUCO
TOTAL	83	-----				

Nota: Durante campaña de campo no se visualizó rasgos importantes indicativos de las fallas geológicas, En el Gráfica (**Ilustración N° 12**), 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° 12. Desarrollo preferente de la fracturas en ciertos materiales geológicos vistos



En el Mapa (**Ilustración N° 13**), 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.

MAPA ESTEREOGRAFICO DE DIRECCIONES DE FRACTURAS TECTONICAS

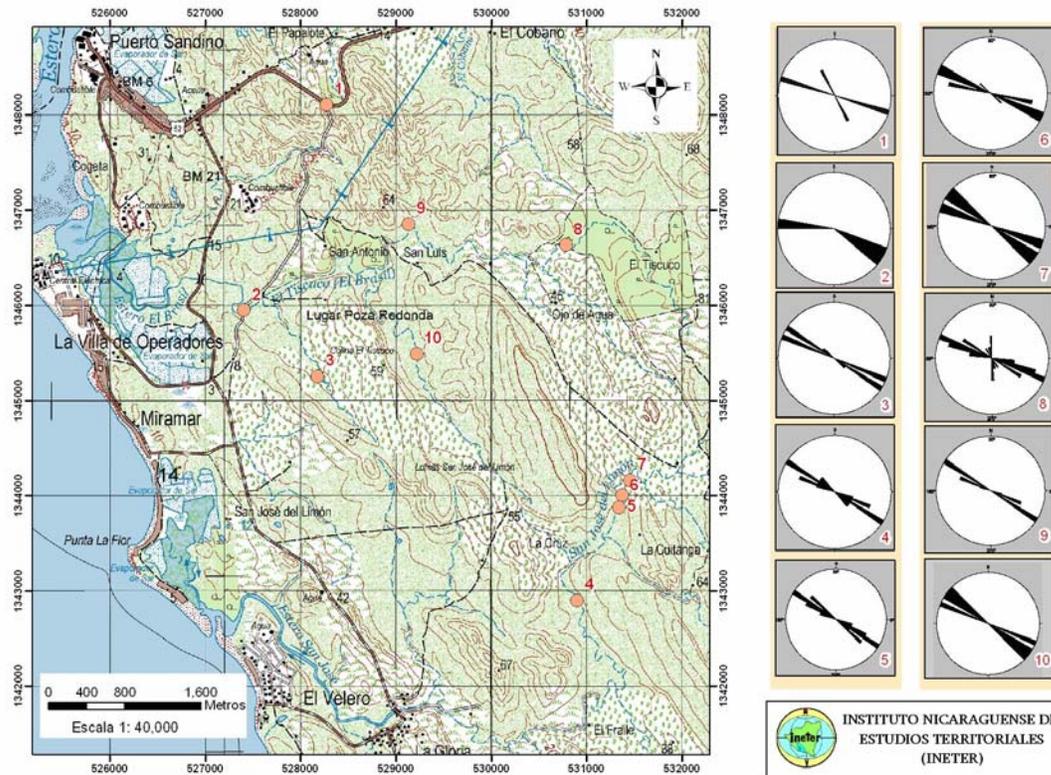
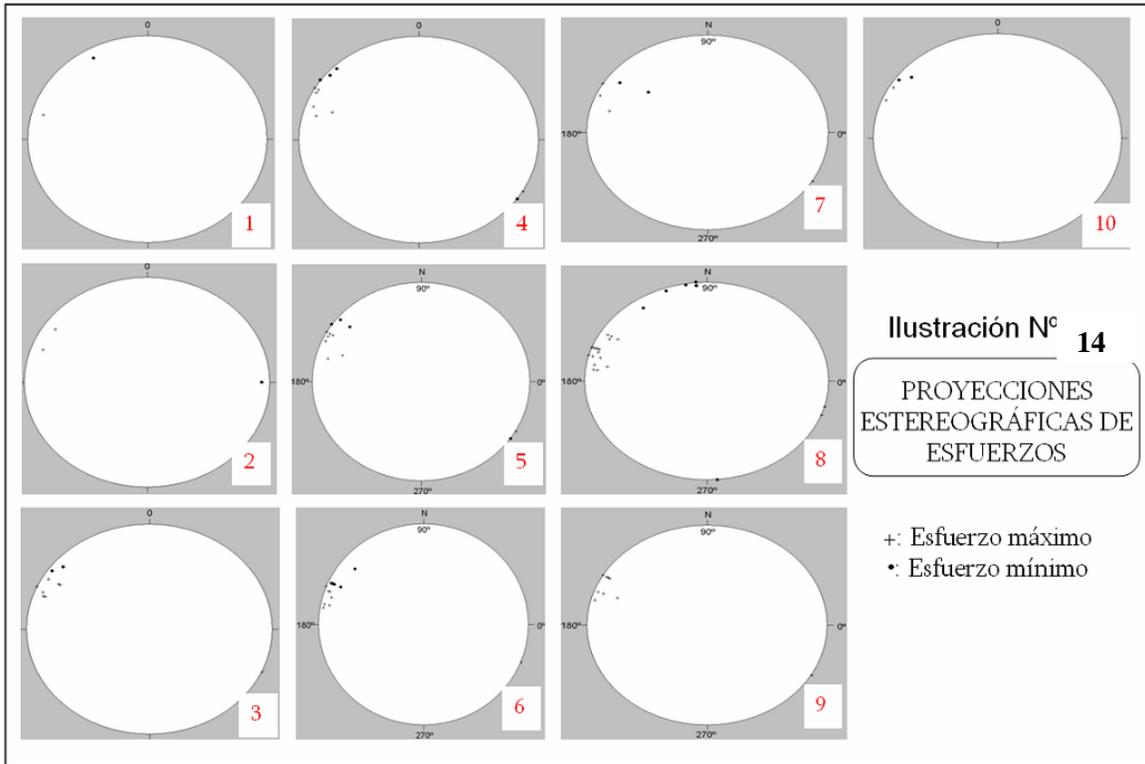


Ilustración N° 13. Áreas estereográficas (puntos naranjas del 1 al 10) para familias de fracturas tectónicas in situ apoyadas del Método de Roseta y proyecciones esféricas. Diseño y Realización T. Obando

En proyecciones esféricas (**Ilustración N° 14**), 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 aplicada 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 15**). 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.

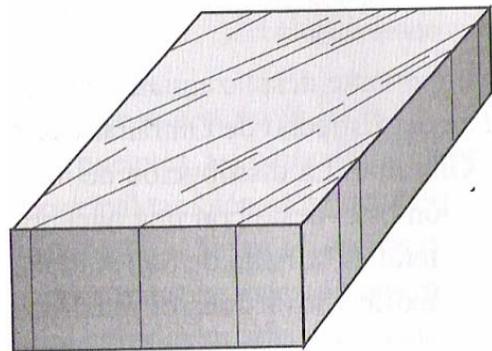
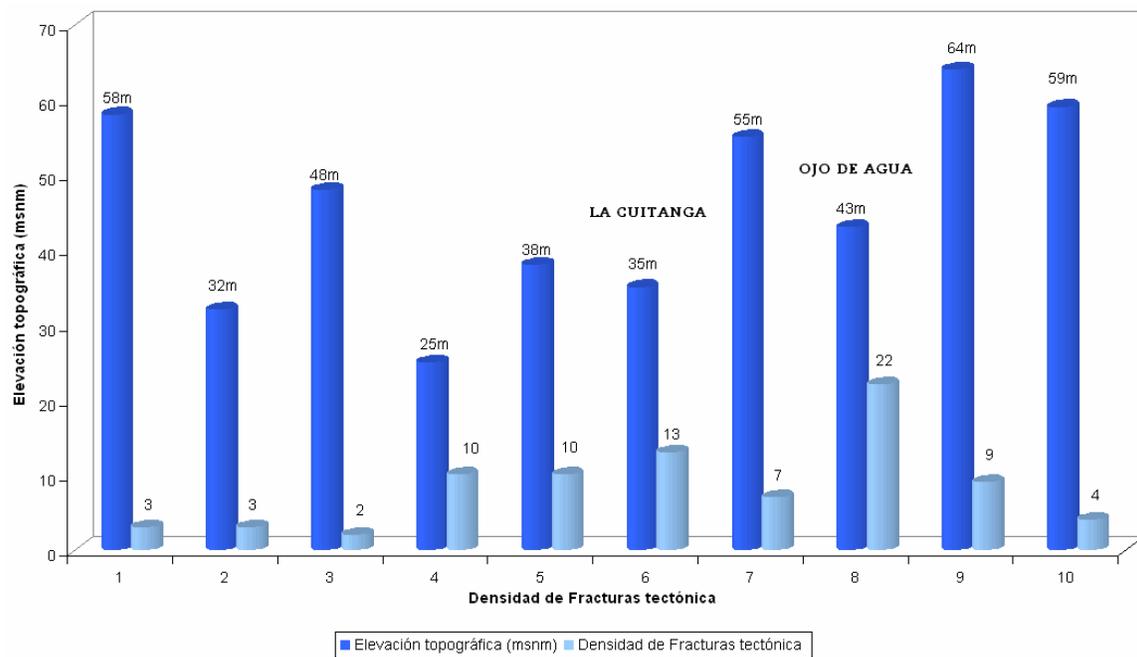


Ilustración 15. Visión general de familias y orientaciones de fracturas tectónicas.

Cortesía de Alonso et. al.

Asimismo, en el modelo gráfico (**Ilustraciones 16**), 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° 16. Desarrollo preferente de la fracturas a ciertas altura del terreno



Finalmente, en mapa (**Ilustración 17**) se presenta orientación de esfuerzos tectónicos existente in situ con tendencia Noroeste.

MAPA DE ESFUERZOS TECTONICOS APLICADOS:
ESFUERZO MAXIMO Y MINIMO DE FRACTURAS TECTONICAS

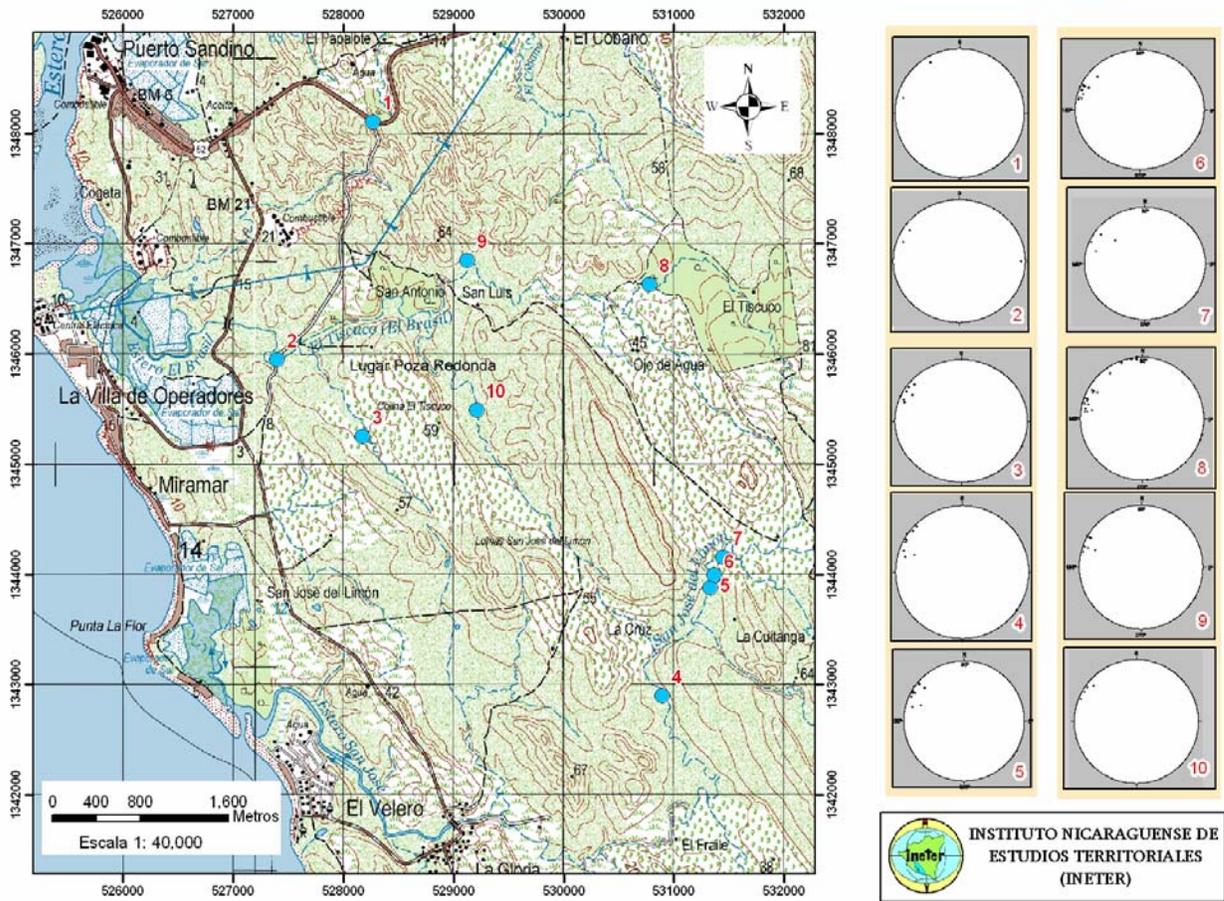


Ilustración N° 18. Orientación de esfuerzos tectónicos aplicados en el área. Se indica con signo tipo Cruz (+) fuerte concentraciones de fracturas tectónicas.

7. INESTABILIDAD DEL TERRENO

7.1.-Zonas potenciales

La historia de deslizamientos y deslaves de roca en el país se remonta con la ocurrencia de las lluvias del Huracán Mitch, en el año 1998. De ello resultó la notable modificación de cauces de muchas quebradas procedentes de parte altas de ladera montañosa, donde se acumula material rocoso de desprendimientos y/o flujo de escombros.

En nuestro caso, hoy por hoy se evidencian múltiples terrenos inestables (Véase *Anexo 11.5* y *Anexo 11.6*), dos zonas importantes que ante sismos y/o lluvia fuerte desencadenan algún tipo de movimientos de masa en el Sector Norte del área de Estudio. Estos lugares se explican a continuación:

CASO Nº 1. La primera ellas se ubica en el interior del promontorio rocoso conocido como Loma San José de Limón en las coordenadas UTM N1344176 – E529568 a 83 metros de elevación topográfica, que mira hacia valle fluvial de Río Tiscuco – El Brasil y La Cruz al sur del sitio. El relieve escarpado es característico del lugar, y pendientes de 45° constituyen uno de los factores que inciden a que algún tipo de inestabilidad del terreno se haga efectivo, como por ejemplo, derrumbes de rocas (**Ilustración 15**) debido a la disponibilidad considerable de material rocoso superficial, su forma redondeada y regular estado físico ocupando lo alto del terreno.

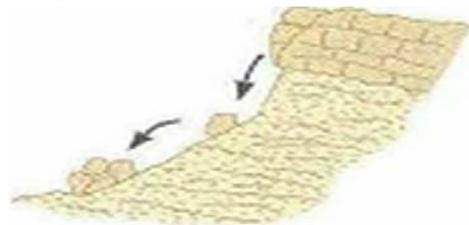


Ilustración 19. Desprendimiento de roca

Cortesía de Vallejos

Cabe mencionar, que los bloques de areniscas fracturadas y masivas, y aglomerados andesíticos encontrados, son capaces de rodar pendientes abajo del terreno arrastrando consigo suelos arenosos y cubierta vegetal densamente poblada.

Foto 1. Terreno inestable en lo alto de relieve.



CASO N° 2. Un segundo, y último lugar susceptible a moverse lo constituye la porción de terreno colindante con antenas para telecomunicaciones en la región. Esta se localiza en las coordenadas UTM N1345072 – E530530 a 122 metros de elevación topográfica con vista a llano fluvial Ojo de Agua compuesto por suelos arenoso, arcilla y roca arenisca color café ubicada a 66 m de elevación. Los materiales que podrían movilizarse desde lo alto de la ladera están conformados por arenisca con forma angular y suelos de textura arenosa que se sumaría al volumen disponible al pie de cerro. El tipo de movimiento de masa que se podría generar es derrumbe de roca (**Ilustración 20**)

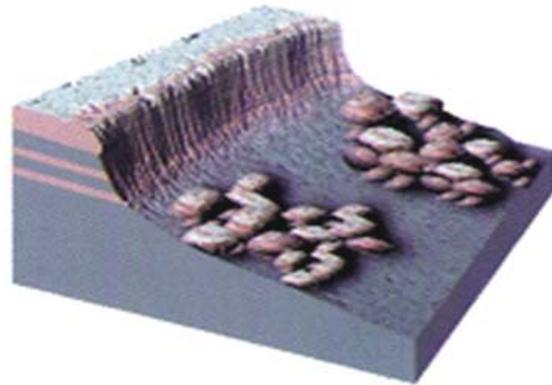


Ilustración 20. Desprendimiento tipo

Desplome. Cortesía de Pobres x Desastres (2007)

La afectación directa causada por esta inestabilidad del terreno (**Ilustración 21**) en ambos casos es pérdida de uso del suelo. Una afectación indirecta es su acumulación en el cauce de la quebrada que se traduce en amenaza por flujos de detritos o escombros, una vez que la lluvia movilice los detritos cauce abajo pudiendo afectar las casas y terrenos vecinos de sus proximidades.

Foto 2. Mostrando dirección de movimiento de roca y suelo hacia el pie del terreno, próximo a antena de telecomunicación.



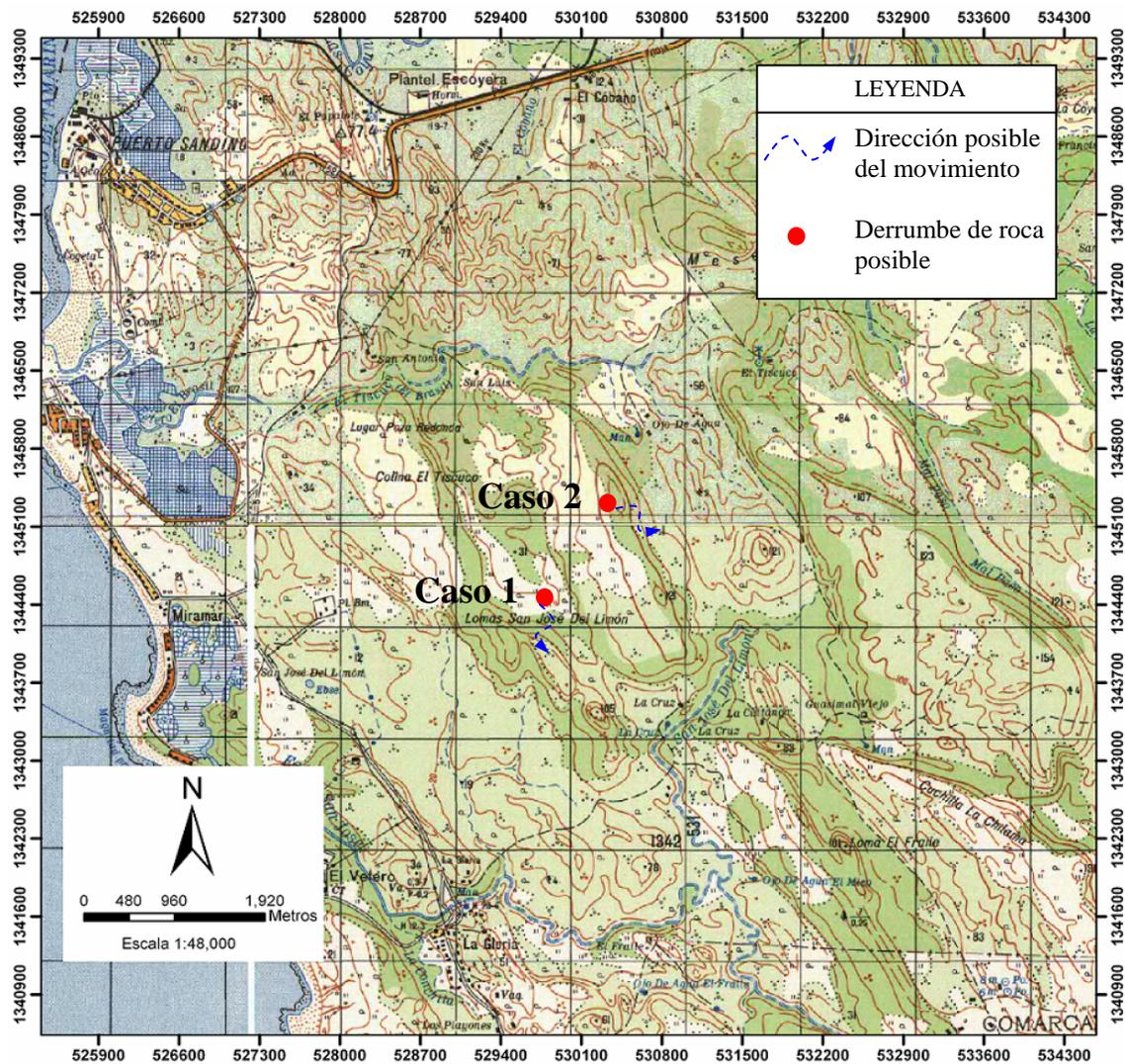


Ilustración 22. Ubicación del área y movimientos de laderas puntuales. Hojas Topográficas El Transito 2852-II, Miramar 2852-III, Nagarote 2852-I y Puerto Sandino 2852-IV. Escala 1:50,000 de Ineter, 1988.

En mapa (**Anexo 11.5 y 11.6**), se indican zonas con mayor aptitud de moverse (especialmente, en Loma San José de Limón, Colina Tiscuco y Cerro La Cruz) debido al estado de fracturación (**Anexo 11.7 y 11.8**) de los materiales geológicos (antes descritos en el presente documento), pendiente del terreno, forma y tamaño de los materiales y la posición que ocupan en lo alto del relieve. Esto favorece a que eventos disparadores, se ha este sismo o lluvia fuerte, motiven del desencadenamiento de movimientos de suelos y rocas.

7.2.-Condiciones de estabilidad del terreno para Caso N° 1 y Caso N° 2

Esta sección la evaluación la estabilidad del terreno para Caso N° 1 y Caso N° 2 ubicada en Lomas San José de Limón y Ojo de Agua respectivamente, está basado en Clasificación de Estabilidad propuesta por Nilsen (1979), y Varnes (1984), reunida en la publicación *Ingeniería Geológica*, de Vallejos (2002). Dicha Clasificación considera la litología susceptible a moverse, y grados de pendiente del terreno.

CASO N° 1. Loma San José de Limón (Ilustración N° 23).

Con:

- Pendientes del relieve: 45°
- Litología: Areniscas y aglomerados andesítico al nivel del terreno

Valoración: MODERADAMENTE ESTABLE

Presencia de movimientos y tipos de materiales		Pendiente		
		Muy baja (<10%)	Baja-media (10°-20°)	Media-alta (>20°)
Sin movimientos activos o antiguos	Sustrato estable	Estable	Estable	Moderadamente estable
	Depósitos superficiales no susceptibles		Generalmente estable	
Con movimientos antiguos	Sustrato estable	Estable	Moderadamente estable	
	Sustrato susceptible	Generalmente estable	Moderadamente inestable	
	Depósitos superficiales susceptibles		Moderadamente inestable	Inestable
Con movimientos actuales o activos		Inestable	Inestable	

Basado en Nilsen, 1979; en Varnes, 1984.

Ilustración 23. Clasificación del Caso N° 1 frente a potenciales movimientos de laderas.

CASO N° 2. Ojo de Agua (Ilustración N° 24)

Con:

- Pendientes del relieve: 45°
- Litología: Suelos de textura arenosa, y arcillosa acompañada de fragmento de roca arenisca

Valoración: INESTABLE

Presencia de movimientos y tipos de materiales		Pendiente		
		Muy baja (<10%)	Baja-media (10°-20°)	Media-alta (>20°)
Sin movimientos activos o antiguos	Sustrato estable	Estable	Estable	Moderadamente estable
	Depósitos superficiales no susceptibles		Generalmente estable	
Con movimientos antiguos	Sustrato estable	Estable	Moderadamente estable	
	Sustrato susceptible	Generalmente estable	Moderadamente inestable	
	Depósitos superficiales susceptibles		Moderadamente inestable	Inestable
Con movimientos actuales o activos		Inestable	Inestable	

Basado en Nilsen, 1979; en Varnes, 1984.

Ilustración 24. Clasificación del Caso N° 2 frente a potenciales movimientos de laderas.

7.3.- Obras de mitigación

Después de reconocer las particularidades geológicas, sísmica, estructurales (especialmente, este tópico como se presenta en *Anexos 11.7 y 11.8*), morfológicas y las concernientes a la estabilidad del terreno del territorio estudiado, resulta conveniente proponer algunas medidas de mitigación que tienen origen en la ingeniería civil, las cuales se destinan en su mayoría a disminuir la erosión y meteorización de suelos y rocas como las descritas a través de la disminución de la velocidad del agua de escorrentía basado en el empleo canaletas o zanjas de drenaje; muros gaviones, tratamiento de pendientes de laderas empinadas, señalización, entre otras. A continuación se muestran dichas medidas:



(A la izquierda): Bio-ingeniería, hilera de arbustos y/o grama de baja altura dispuesta en escalón paralelas al frente de talud espaciada vertical como horizontalmente menos de 2m

(A la Derecha): Canaletas (trazo rojo) en forma de “v” que se ubiquen en parte media o alta de laderas de Caso 1 y Caso 2 para aminorar la erosión del suelo por el agua de escorrentía. Foto Tupak Obando, 2008



(A la izquierda): Señalización de los sitios inestables del terreno, ubicados en áreas visibles y firmes del suelo. Foto Tupak Obando, 2008

(A la Derecha): Construcción de Muros de gaviones escalonado parte media y baja de ladera de loma San José de Limón, revestida con malla metálica en cuyo interior se encuentra bolones de formas casi redondeadas y tamaño pequeño

8. CONCLUSIONES

- Este Estudio se enmarca en un área al Este de Miramar (León) en el Pacífico de Nicaragua, en donde se distinguen morfologías de peniplanicie y montañas (\pm 150msnm) acompañada de una densa vegetación arbustiva inhóspita.
 - La mayoría de los materiales geológicos encontrados in situ son **areniscas** de tonalidad variable, masiva, compacta, homogénea, deleznable con forma angulosa y potencia variable; suelos de textura **arenosas**, **areno-limosas**, **areno-arcillosas** y **limo-arenosas** erosionables, sueltos y deleznable con tamaño de granos desde fino hasta grueso de espesor y coloración variable; y **lava andesítica** de coloración variable, compacta, irregular y masiva con inclusiones de madera silicificada. Estos materiales se encuentran desde leve hasta intensamente fracturado, meteorizado, humedecido y alterado. Los datos referidos corroboran la información recogida por CATASTRO en el año 1972.
 - Las obras civiles (por ejemplo, tanque de refinería) deben construirse considerando la carga sísmica (3 a 4 m/seg²; PR: 475 años) transmitida por sismos de subducción por convergencia de Placas Cocos y Caribe, especialmente, si los temblores de tierra tienen profundidades entre 15 y 160 kilómetros (suficientemente superficial) con magnitudes menores o iguales que 4.1 grados Richter y distribución irregular.
 - De acuerdo con tratamientos estadísticos y proyecciones estereográficas, se deriva que la mayoría de las fracturas tectónicas de carácter lineal y discontinua, sin relleno en su interior y suficientemente espaciada presentan orientación preferencial Noroeste y Sureste con ángulos de proyección de azimut de 110 y 120 grados para rumbos típicos medidos en $N30^{\circ}O$ y $N20^{\circ}O$.
 - Se reconocen dos zonas propensa a moverse, estos tienen carácter puntual con actuación limitada a laderas empinadas de Loma San José de Limón (Valoración
-

Moderadamente Estable), y otra en Ojo de Agua (Valoración Estable), cuyos avances podría ser sosegado por irregularidades topográficas. El relieve escarpado (± 125 metros de elevación topográfica) es típicos de estos lugares con inclinación de 45° , y material geológico suficiente para ser movilizada pendiente abajo del terreno.

- Los factores que contribuyen la formación de inestabilidad del terreno del área estudiada son el relieve irregular del terreno de promontorios rocosos, con pendiente menor o igual a 45° , meteorización de la roca sedimentaria y volcánica antes referidas. Los factores anteriores combinados con el factor climático, caso la lluvia es el mecanismo de disparo para generar flujos de escombros o derrumbes de rocas con especificaciones de ocurrencia: pendiente de terreno de 45° , y elevación topográfica entre 83 y 122 metros.
 - La afectación directa causada por la inestabilidad del terreno son pérdida de uso del suelo y la colmatación de quebradas fluviales pudiendo ocasionar flujos de detritos, y menoscabo de la potabilidad del agua destinada para consumo humano.
 - Las obras civiles de mitigación (especialmente para tanques de refinería de combustible) deben construirse distante de la urbe poblacional considerando las condiciones geológicas, sísmicas, estructurales, y de estabilidad del terreno del área de Estudio
 - Propuestas de obras de ingeniería para la atenuación de inestabilidad del terreno son las técnicas de bio-ingeniería, zanjas drenantes o canaletas, señalización anticipada, y Muros de gaviones.
-

9. RECOMENDACIONES

- a) Realizar estudios de Efectos de Sitio para determinar el comportamiento y propiedades dinámica, y pseudo-estática (sistema de fuerzas actuantes) en materiales del subsuelo y su vinculación con la inestabilidad del terreno afín de asegurar la ingeniería de la infraestructura física que se pretenda construir.
 - b) Considerar métodos y técnicas sismorresistentes de última generación apoyados de herramientas informáticas especializadas para la modelación espacial de elementos estructurales intrínsecos a las obras de ingeniería. Respetar estatutos y disposiciones contempladas en el Reglamento Nacional de la Construcción editado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura del año 2007, y normativas técnicas promulgadas por instituciones especializadas nacionales.
 - c) Evaluar las condiciones mecánicas de suelo y roca, con especial énfasis en las cargas admisibles y presiones intersticiales generadas en el terreno. Estos elementos importantes, son influenciados por las condiciones geo-estructurales del lugar. Tenemos por ejemplo, San José de Limón, La Cuitanga, Tiscuco, San Antonio, San Luis, y La Cruz
 - d) Considerar obras de ingeniería para la mitigación y atenuación de la inestabilidad del terreno a través de técnicas de bio-ingeniería, zanjas drenantes o canaletas, señalización anticipada, y Muros de gaviones con especial énfasis en los análisis de emplazamiento para proyectos de infraestructura física local.
 - e) Realizar acciones en pos de la prevención y mitigación amenaza por inestabilidad de laderas que organice la municipalidad de Puerto Sandino y otras localidades como El Velero y La Gloria.
-

- f) Organizar entre personal de trabajo de las instituciones estatales, ONGS y empresas privadas campañas y jornadas de reforestación de laderas para fijar la estructura, y disminuir la erosión de suelo; Realizar sesiones informativas del escenario real que coexiste en el lugar coordinado por directivos del Proyecto.

 - g) Programar y/o realizar simulacros ante desastres naturales considerando no sólo la inestabilidad de laderas (deslizamientos, derrumbes de roca, entre otros), sino también la amenaza por sismos, inundación, actividad volcánica, tsunamis, entre otros.
-

10. BIBLIOGRAFÍA

- CATASTRO E INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES (1972). Mapas Geológicos de El Transito 2852-II, Miramar 2852-III, Nagarote 2852-I y Puerto Sandino 2852-IV. Escala 1:50,000.
 - GONZÁLEZ, L., FERRER, M., ORTUÑO, L., Y OTERO, C. (2002). Ingeniería Geológica. Editorial PEARSON EDUCACIÓN. Madrid. 744p.
 - GSHAP (Global Seismic Hazard Assessment Program 1999). Mapa de Amenaza Sísmica de Nicaragua. Escala 1:750,000. Geofísica. Managua. Nicaragua
 - INETER (1988). Mapas Topográficos de El Transito 2852-II, Miramar 2852-III, Nagarote 2852-I y Puerto Sandino 2852-IV. Escala 1:50,000.
 - INETER (2003). Mapa de Relieve de Nicaragua. Escala 1:750,000. Geofísica. Managua. Nicaragua
 - INETER (2008). Registro de sismos de años 1975 – 2005 encontrados en Base SIG-Georiesgo de la Dirección General de Geofísica. Managua. Nicaragua.
 - POBRES X DESASTRES (2007). “Amenaza por Inestabilidad del Terreno”. Agencia Catalana de Cooperación al Desarrollo. Madrid.
 - STRAUCH ET. AL. (1997 - 2000). Estudio de Microzonificación sísmica de Managua. Geofísica-INETER.
-

- STRM NASA (2000). Modelo Digital del Terreno (DEM) de Nicaragua. Resolución Espacial 30 metros. Base SIG-Georriesgo de la Dirección General de Geofísica. Managua. Nicaragua.

- ALONSO, F., AZOR, A., AZAÑÓN, J., OROZCO, M. (2004). Geología Física. 2da edición. Editorial PARANINFO. Madrid. 302pp.

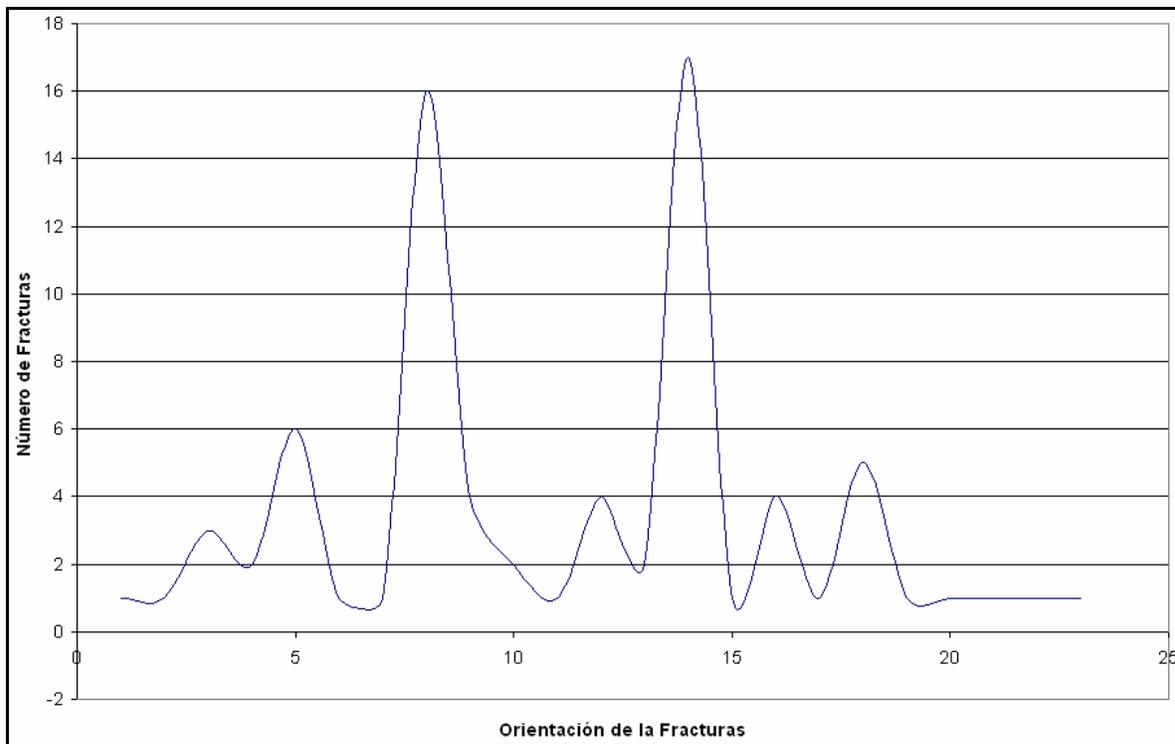
11. ANEXOS

Anexo 11.1. Listado de lugares visitados y su posición cartográfica.

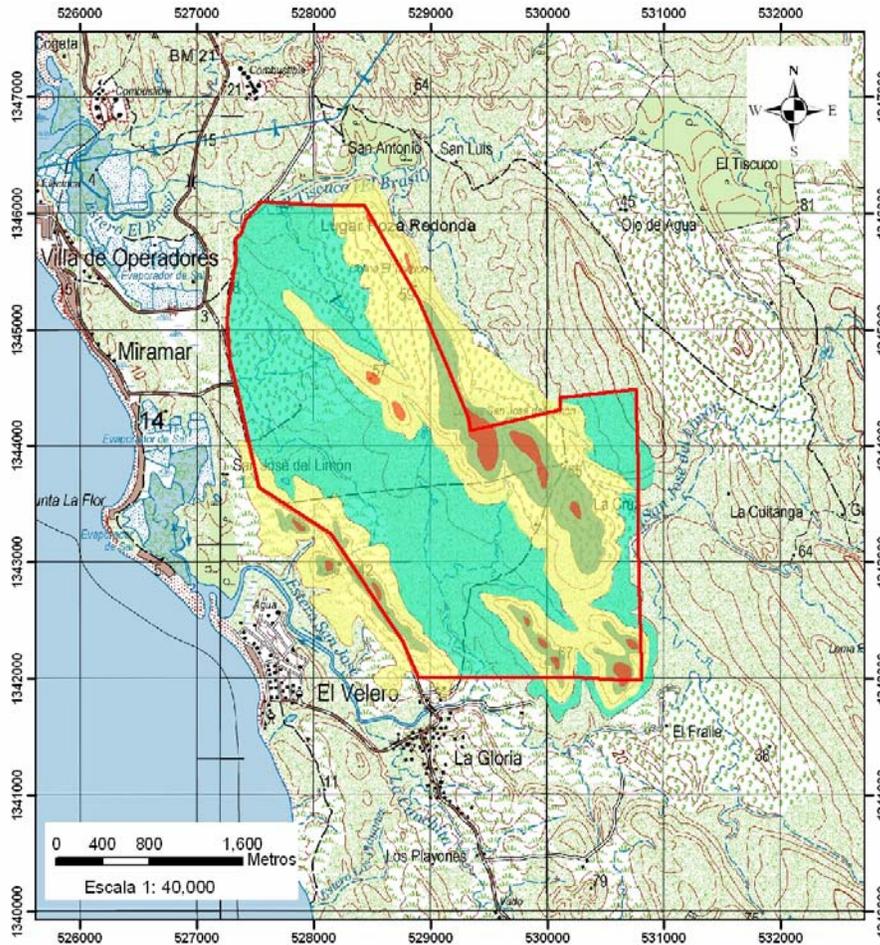
ITEM	PUNTOS DE OBSERVACIÓN	COORDENADAS UTM	
		XUTM	YUTM
1	Entrada principal de Vertedero Municipal	1347982	526913
2	Entrada principal de Vertedero Municipal	1348117	528276
3	Entrada principal de Vertedero Municipal	1348106	528269
4	Entrada principal de Vertedero Municipal	1348094	528263
5	Entrada principal de Vertedero Municipal	1347671	528227
6	Entrada principal de Vertedero Municipal	1347579	528130
7	Entrada principal de Vertedero Municipal	1347330	528062
8	Camino de penetración a Quebrada Tiscuco El Brasil	1345947	527400
9	Camino de penetración a Quebrada Tiscuco El Brasil	1345252	528173
10	Camino de penetración a Quebrada Tiscuco El Brasil	1345447	527820
11	Camino de penetración a Quebrada Tiscuco El Brasil	1344975	529055
12	Loma San José de Limón	1344176	529568
13	Loma San José de Limón	1344268	529912
14	San José de Limón	1344530	529869
15	San José de Limón	1344740	529846
16	San José de Limón	1344937	532052
17	San José de Limón	1345062	530340
18	San José de Limón	1345700	529000
19	San José de Limón	1345072	530530
20	San José de Limón	1345089	530879
21	San José de Limón	1344876	5331129
22	San José de Limón	1344535	5314650
23	San José de Limón	1344194	531446
24	San José de Limón	1343870	531428
25	San José de Limón	1343600	531270
26	San José de Limón	1343441	530940
27	San José de Limón	1341880	529067
28	San José de Limón	1342067	529320
29	San José de Limón	1343289	530793
30	San José de Limón	1342273	529000
31	San José de Limón	1342981	529780
32	San José de Limón	1343586	530034
33	San José de Limón	1343695	529975
34	San José de Limón	1343726	530113
35	San José de Limón	1344162	5353000
36	La Cruz	1342612	530266
37	La Cruz	1342679	530600
38	Río San José de Limón	1342900	530900
39	La Cuitanga	1343510	531015
40	Sector Suroeste de La Cuitanga	1343877	531337

41	Sector Noroeste de La Cuitanga	1344000	531370
42	Sector Noroeste de La Cuitanga	1344160	531450
43	Sector Suroeste de La Cuitanga	1342815	531088
44	Sector Suroeste de La Cuitanga	1342885	531318
45	Sector Suroeste de La Cuitanga	1342685	531424
46	Sector Suroeste de La Cuitanga	1342820	531400
47	Sector Suroeste de La Cuitanga	1341697	529045
48	Tiscuco	1348045	527000
49	Tiscuco	1348768	530613
50	Tiscuco	1348100	530765
51	Meseta El Tiscuco	1348164	530812
52	Meseta El Tiscuco	1347595	530832
53	Meseta El Tiscuco	1347400	530981
54	Meseta El Tiscuco	1347291	531000
55	Meseta El Tiscuco	1346998	531130
56	Meseta El Tiscuco	1347000	530946
57	Meseta El Tiscuco	1346987	530835
58	Ojo de Agua	1346630	530600
59	Ojo de Agua	1346710	530730
60	Ojo de Agua	1346630	530781
61	Ojo de Agua	1347034	527984
62	Ojo de Agua	1346775	528006
63	San Antonio	1346630	528268
64	San Antonio	1346717	528830
65	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1346850	529130
66	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1346830	529400
67	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1346890	529620
68	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1346950	529750
69	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1346700	529777
70	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1346642	529000
71	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1346673	528847
72	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1346000	529532
73	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1345386	530142
74	Quebrada El Tiscuco-El Brasil hacia San Luis	1345400	529430
75	Colina Tiscuco	1345490	529213
76	Colina Tiscuco	1345971	528731
77	Colina Tiscuco	1346330	528600
78	Colina Tiscuco	1346600	528370

Anexo 11.2. Modelo estadístico de distribución de fracturas tectónicas en el área al Este de Miramar.



Anexo 11.3. Susceptibilidad a deslizamientos.



GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD	
	ALTA
	MODERADO
	BAJO
	MUY BAJO

La valoración en función de las elevaciones topográficas (m), tipología y propiedades geomecánicas de los materiales encontrados

Anexo 11.4. Glosario de términos

Amenaza: Evento amenazante o probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un área y período de tiempo dado.

Andesita: Roca volcánica de color oscuro y compuesta por minerales oscuros o máficos

Deslizamiento: Son movimientos profundos, lentos o rápidos, pendiente abajo de la parte superficial del terreno (suelos y/o rocas). Se producen en laderas de pendientes fuertes, material suelto o poco cohesivo, en combinación con factores internos o causas reales (fallas, fracturas) y factores externos o causas inmediatas (lluvias, despale.).

Estudio de Ordenamiento Territorial: Son los estudios técnico-científicos relativos al conocimiento integral del territorio y los procesos de intervención existentes en el medio físico-natural, que permiten identificar sus principales características, potenciales, limitantes y problemática, para formular la propuesta del desarrollo territorial, sentando las bases para la elaboración de los Planes de Ordenamiento Territorial.

Falla geológica: Falla geológica con desplazamientos en la última etapa geológica del Cuaternario (desde el Pleistocena Superior). Es una falla en la que, con base en evidencias históricas, sismológicas o geológicas, se ha constatado que han ocurrido desplazamientos durante los últimos 10 000 a 40 000 años y la cual, por lo tanto, tiene cierta probabilidad de sufrir ruptura y causar un sismo.

Flujo de lodos, detrito y coladas: Estos fenómenos son básicamente estacionales, es decir en períodos de lluvia. En las áreas montañosas son muy frecuentes y pueden asociarse, con derrumbes o deslizamientos secundarios. Generalmente se originan en débiles horizontes edáficos de pendiente acentuada. El mayor problema es que crea grandes frentes de erosión donde el suelo es irrecuperable y la pérdida de vegetación puede ser definitiva.

GSHAP (1999): Global Seismic Hazard Assessment Program). Programa para la valoración de la amenaza sísmica global.

Mitigación: Medidas tomadas con anticipación al desastre, con el ánimo de reducir o eliminar su impacto sobre la sociedad y medio ambiente.

Prevención: Actividades diseñadas para prevenir o evitar la ocurrencia de un desastre. Incluye ingeniería y otras medidas de protección física, así como medidas legislativas para el control del uso de la tierra y el ordenamiento urbano.

Riesgo: Número esperado de pérdidas humanas, personas heridas, propiedad dañada e interrupción de actividades económicas debido a fenómenos naturales particulares, por consiguiente, el producto de riesgos específicos y elementos de riesgo.

Sismicidad: Distribución de epicentros de los terremotos en espacio y tiempo.

Uso adecuado: Es aquella utilización de los recursos naturales que no los degrada, o contamina, ni disminuye el área potencial de aprovechamiento que asegura su sostenibilidad y rentabilidad óptima.

Vulnerabilidad: Es una condición en virtud de la cual una estructura social, económica o infraestructura, es susceptible de sufrir pérdidas o daños ante la ocurrencia de un fenómeno de origen humano o natural.
