



ESTUDIO SISMOTECTÓNICO DEL NOROESTE DE SAN RAFAEL DEL SUR

Resumen

La investigación analiza las acciones sismotectónicas en un área del Noroeste de San Rafael del Sur para el ordenamiento físico del territorio. En el presente estudio se realizó la compilación y análisis de la información documental y cartográfica disponibles en el país y consultas a especialistas nicaragüenses; interpretación de modelos geo-estructurales del terreno, cálculo e interpretación de datos geológicos de campo usando equipos electrónicos y el análisis de sismos histórico-instrumentales con software ArcGis 9. Con esto se obtuvo la cartografía sísmica y geológica a escala 1:30,000 del área estudiada. A su vez, se logró la zonación sísmica usando modelo numérico predictivo $[0,015e^{0,868M}/(R + 0,060e^{0,7M})^{1,09}]$. De igual manera, se obtuvo geometría espacial y roturas de fuentes sismo-generadoras locales usando software SUN-SYSTEM X-WIN 32. Asimismo, se lograron perfiles de suelo detallados y perfiles geológicos a escala vertical 1:600 y escala horizontal 1:1,000, y columna estratigráficas a escala horizontal 1:10 y escala vertical 1:1000 usando AutoCad 2006. Finalmente se alcanzó la iconografía pormenorizada de características geológicas in situ. A partir de los resultados obtenidos se concluye que las fallas geológicas ocultas constituyen la generatriz de sismos expresada en 24 eventos superficiales con profundidad menor a 8.9 Km. y magnitudes entre 2,7 ° a 3,3 ° Richter, formando 3 ejes de dirección Suroeste-Noreste y Norte-Sur vistos en terrazas de los ríos Jesús y Jordán. La densidad estructural para el área de interés es de 0.52 Km./km² para fallas geológicas y 0.29 Km./km² fracturas tectónicas. Finalmente se revelan suelos frágiles ante intensidad sísmica entre 0.4 - 0.5g en El Tamarindo y Los Jaras, contrario a suelos arenosos firmes y estables de San Rafael del Sur, con efecto atenuador de 0,009 a 0,01g.

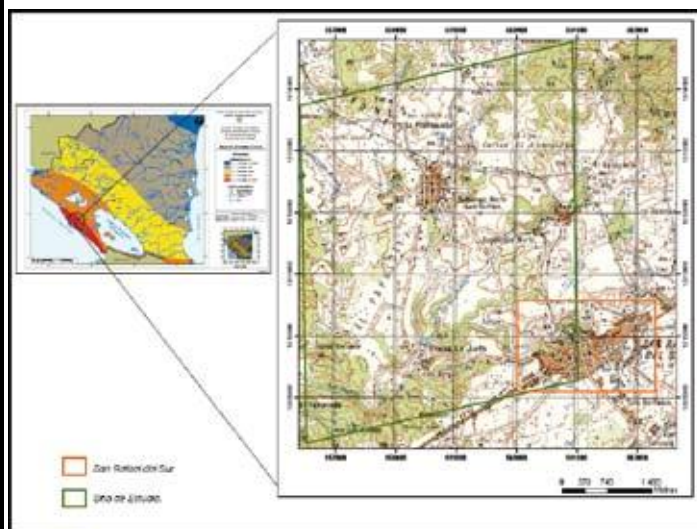
Palabras Claves:

sismo, geología, generatriz, magnitud

Ingeniero Tupak Ernesto Obando Rivera, geólogo-investigador,
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales,
tobando_geologic@yahoo.com

I.- INTRODUCCIÓN

Esta investigación se enmarca en una superficie de terreno (**Ilustración 1**), de 80 km² al Noroeste del Municipio de San Rafael del Sur, a 46 Km. de Managua cuyo objetivo es analizar la sismotectónica para la planificación física, y uso importante de esa región. Algunos trabajos realizados (**GSHAP, 1999**) consideran la zona con alta amenaza sísmica, e importante por su proximidad a la estructura activa Graben de Managua, en donde se estiman 116 hab/km² residentes en este lugar de interés turístico, comercial e industrial.



*Ilustración 1. LOCALIZACIÓN
DEL ÁREA ESTUDIADA.
ESCALA 1:37,000.*

II.- MATERIAL Y MÉTODO

En la presente investigación de tipo descriptivo-analítico, de carácter retrospectivo y de corte transversal, se aplicaron técnicas informática, y documental iconográfica, la observación y medición de campo usando equipos electrónicos, modelos matemáticos $[0,015e^{0,868M}/(R + 0,060e^{0,7M})^{1,09}]$ y cartográficos a escala 1/50,000. Para obtener la información se procedió de la siguiente manera:

2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y FUENTES DE DOCUMENTACIÓN

Se revisasó y analizó información documental y cartográfica disponible en el país y consultas a especialistas nicaragüenses.

2.1.1.- Equipo de Oficina

Los instrumentos empleados en tarea de oficina fueron borrador, lápices de colores, lápiz, mapas topográfico y geológico a escala 1:50,000; documentos escritos; uso e impresiones en computadora de algunos centros de servicios (por ejemplo, bibliotecas).

2.2. TRABAJO DE CAMPO

En esta etapa se reconocieron evidencias físicas en el terreno (**Ilustración 2**) de la actividad sísmica ocasionada por fuentes sismo-generadoras locales, aprovechando las condiciones de accesibilidad de los lugares como El Tamarindo, Los Jaras y terrazas fluviales de los ríos Jordán y Jesús.



Ilustración 2
DOCUMENTACIÓN ICONOGRÁFICA LOCAL

2.2.1.- Equipo de campo

Los instrumentos de campo empleados fueron martillo de geólogo, cinta métrica, lápiz y borrador, libreta de campo, cámara fotográfica, GPS manual marca GARMIN eTrex Summit, y otros. Para comprobar la medición de parámetros y ubicación de elementos de interés geológico en sitios puntuales del área investigada se han tomado fotografías con cámara digital de 4.0 megapíxeles de resolución marca OLYMPUS.

2.3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

En esta fase se representaron los resultados a través de mapas, gráficos, diagramas y otros. Se preparó cartografía sísmica de detalle usando programa informático del sistema de información geográfica (SIG) como ArcGis 9. A su vez, se emplearon programas de Microsoft Office como Word y Excel para la elaboración del documento final.

2.4. ELABORACIÓN DEL INFORME

Esta fase consistió en la elaboración de un documento final siguiendo pasos antes mencionados, obtenidos del trabajo geológico de campo y tareas de oficina con sus respectivos mapas, gráficos, diagramas, análisis de la situación, conclusiones y recomendaciones.

III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del mapa (Ilustración 3) de epicentros y estructuras geológicas para el área estudiada presentan zonas con actividad tectónica alta en las comunidades Tamarindo, Los Jaras y Gutiérrez Norte. Estos lugares están alojados en tres planos de esfuerzo sísmico, dos de dirección Noreste-Suroeste y uno Norte-Sur.

En el área de estudio se señalan epicentros de sismos con magnitudes de 0 a 3° Richter con profundidades 0- 3 km, capaces de ocasionar menoscabos en viviendas locales de exigua calidad sismo-resistente, debido a los pobres materiales empleados y la tipología constructiva.

En el territorio investigado se presentan dos tipos de roturas en el terreno (Ilustración 3) acompañados de desplazamientos en el suelo (fallas geológicas) diferenciada una de otra por sus componentes de movimiento, uno de tipo vertical y otro horizontal con evidencia impresa en afloramientos rocosos y terrazas fluviales de los ríos Jesús y Jordán. Estos resultados confirman lo enunciado por varios especialistas como Segura (2005), quien valora San Rafael del Sur y sus alrededores como zona de baja sismicidad superficial con más de 30 años de inactividad. Segura sugiere un comportamiento anómalo reconocido instrumentalmente entre los años 2000-2002.

De acuerdo con el mapa de zonación sísmica (Ilustración 4) se señalan valores de intensidad sísmica alta sobre todo en las comunidades El Tamarindo y Los Jaras, en donde la consistencia del suelo blando y frágil comprendido entre 0,4 a 0,5 grados de gravedad (g), y mediciones bajas en la intensidad del movimiento sísmico, particularmente, en la Municipalidad de San Rafael del Sur con valores entre 0,009 a 0,01 grados de gravedad¹ (g) debido a la consistencia física de suelo firme y estable. De igual manera se presentan en el área de interés evidencias físicas impresas en rocas, tales como fracturas y flexuras de material geológico, deslizamiento, microfalloamiento tectónico,

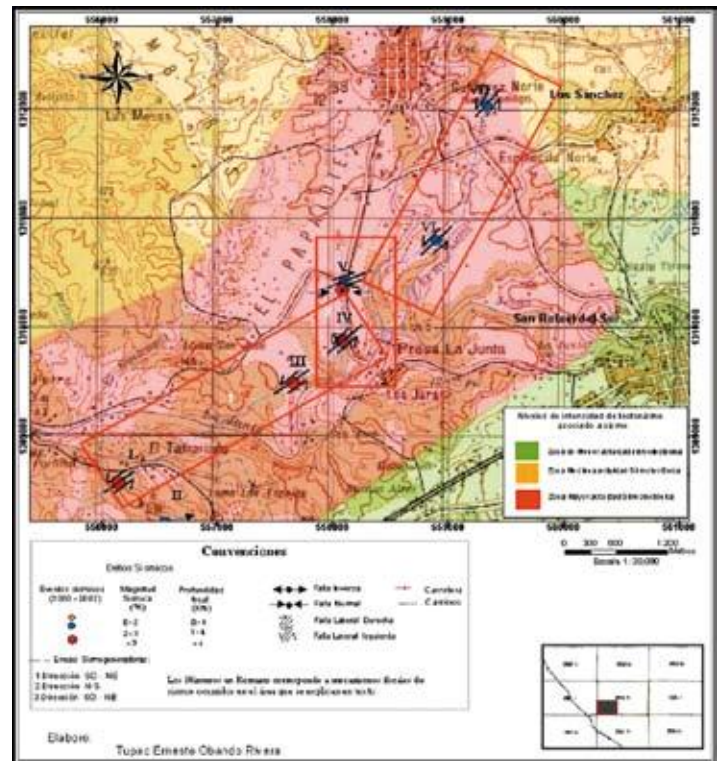


Ilustración 3.
MODELO SISMOTECTÓNICO LOCAL

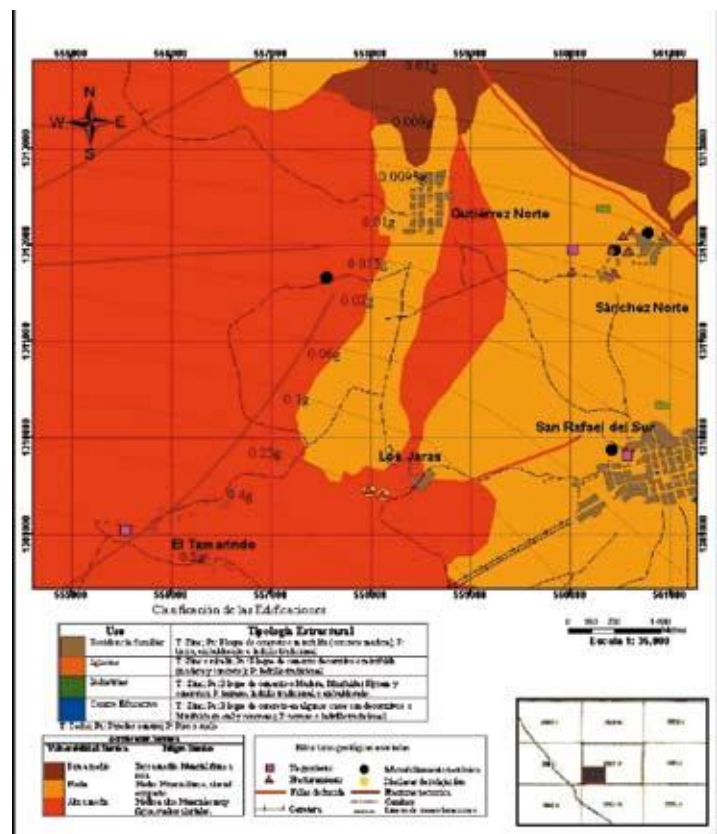


Ilustración 4.
ZONACIÓN SÍSMICA LOCAL



entre otros. A su vez, se presentan en el lugar de estudio edificaciones físicas, ocupadas mayormente por viviendas familiares construidas con techo de zinc, paredes de bloque de concreto o minifalda (concreto de manera) y piso de tierra, embaldosado o ladrillado tradicional.

Finalmente se obtuvo geometría espacial y roturas del suelo a través de programa informático SUN-SYSTEM X-WIN 32, un software con aplicación en ambientes sísmicos.

Uno de tantos ejemplos de soluciones gráficas obtenidas en este estudio con este software se presenta en la **Ilustración 5**.

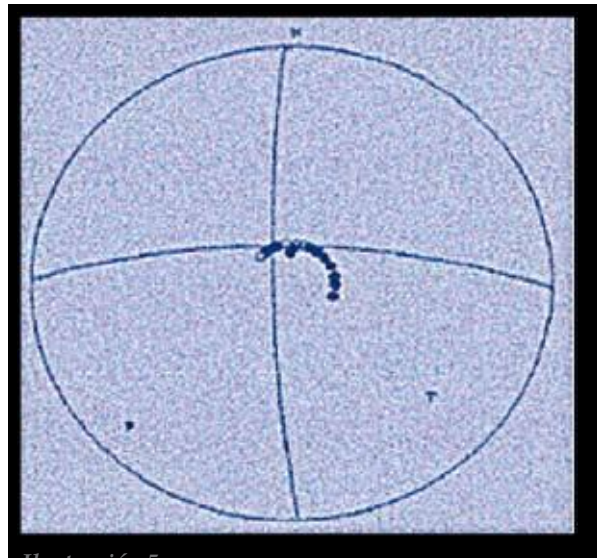


Ilustración 5.
MECANISMO GEOMÉTRICO DE
ROTURA DE FALLA GEOLÓGICA ESPECÍFICA

IV.- CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados se concluye que:

a).- La principal fuente sismo-generadora local reconocida lo constituye falla geológica con desplazamiento horizontal y vertical del suelo, pero sus vectores de movimiento superficial son exigüos en el terreno; **b).-** 24 sismos perpendiculares y superficiales recientes menores de 8 km de profundidad con magnitudes entre 2,7 a 3,3 ° Richter capaces de ocasionar menoscabos en viviendas locales de exigua calidad sismo-resistente debido a materiales empleados y tipología constructiva; **c).-** El sitio es afectado por 3 ejes de dirección de esfuerzos, dos Suroeste-Noreste y uno Norte-Sur cuya actividad está impresa en afloramientos de rocas y terrazas de Ríos Jesús y Jordán; **d).-** La densidad estructural para el área de interés, es de 0.52 km/km² para fallas geológicas y 0.29 km/km² fracturas tectónicas; **e).-** Se revelan con la aplicación de modelo predictivo $[0,015e^{0,868M}/(R + 0,060e^{0,7M})^{1,09}]$, suelos de textura arcillo-limosa frágiles, sueltos o aluviales sin consolidar con intensidad sísmica entre 0.4 - 0.5g en El Tamarindo y Los Jaras con niveles altos de Peligro Sísmico, contrario a suelos de textura arenosa firmes y estables de San Rafael del Sur, Los Gutiérrez Norte y Sánchez Norte con efecto atenuador de 0,009 a 0,01g con niveles bajos de Peligro Sísmico.

V.- AGRADECIMIENTO

A Máster Sismólogo Fabio Segura Mojica, por su valiosa colaboración profesional en el desarrollo de esta investigación.

VI.- REFERENCIAS

1.)- Instituto Geográfico Nacional (1971). *Mapa geológico cuadrángulo "San Rafael del Sur, a escala 1:50,000"*. Managua. Instituto Geográfico Nacional. 1^{era} edición. **2.)-** Zapata, R. y Duarte, M. (1985). *Riesgo sísmico para "Ampliación de la planta de Cemento" en San Rafael del Sur*. Managua. SGN. 1^{era} edición

¹g: Componente vertical de la aceleración del suelo igual a 980 cm./s²

² Densidad estructural = (Σ longitud de cada segmento de estructura geológica)/ Área de estudio (km²)

