



**UNIVERSIDAD VERACRUZANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

---

---

---

**TESIS**

**"MAPA PRELIMINAR DE FAMILIAS ESPECTRALES  
CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA  
DE LA CIUDAD DE POZA RICA, VERACRUZ"**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**GERMAÍN BELTRÁN CHAGALA**

**DIRECTOR:**

**M.I. REGINO LEYVA SOBERANIS**

**BOCA DEL RÍO, VERACRUZ.**

**JUNIO 2009**



Universidad Veracruzana

**Facultad de Ingeniería / Veracruz**

Ingeniería Civil

**Al pasante:**

**Germaín Beltrán Chagala**

PRESENTE

Por este medio comunico a usted, que su solicitud de titulación ha sido aprobada con la modalidad de **Tesis** y el tema **"MAPA PRELIMINAR DE FAMILIAS ESPECTRALES CON FINES DE MICROZONIFICACION SISMICA DE LA CIUDAD DE POZA RICA, VERACRUZ"** bajo la dirección del **M.I. REGINO LEYVA SOBERANIS**, con el siguiente índice:

- 1.- Introducción
  - 2.- Generalidades
  - 3 Fisiografía de Poza Rica
  - 4 Características Dinámicas del Suelo
  - 5 Mapa Preliminar de Familias de Formas Espectrales
  - 6 Conclusión y Recomendaciones
- Referencias  
Apéndice

En virtud de lo anterior, le informo que deberá asistir a la defensa de su trabajo recepcional el día **Jueves 2 de Julio de 2009 a las 10:00 hrs.** en la Sala Audiovisual de esta carrera, así mismo le comunico que el jurado estará comprendido por:

M.I. Guadalupe Riquer Trujillo ( presidente )  
M.I. Regino Leyva Soberanis ( secretario )  
M.I. Francisco Williams Linera ( vocal )

Sin otro asunto sobre el particular me despido de usted, solicitando su presencia 15 minutos antes en la fecha indicada.

**ATENTAMENTE**  
**"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"**  
Boca Del Rio, Ver., 17 de Junio de 2009

**M.C. Ing. Jesús M. Santamaría López**  
Jefe de la carrera de Ingeniería Civil

c.c.p. Archivo

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a mi Padre Celestial quien permitió que llegara a concluir este proyecto, por sus cuidados y sobre todo quien me acompañó en cada etapa de mis estudios.*

*Agradezco a mis padres Arsenio Beltrán Teoba y Pastora Chagala Ocelot quienes se preocuparon por mi educación, quienes me enseñaron que en la vida se logran los sueños, gracias por su confianza, dedicación y apoyo incondicional, por estar allí cuando pensaba que dar un paso era difícil.*

*A mis 3 hermanos quienes estuvieron apoyándome en todo momento, a mi hermana Esmeralda quien me ha apoyado económicamente y moralmente en el transcurso de la carrera, gracias Raúl por ser un gran hermano y amigo quien estuvo allí cuando lo necesité, al más pequeño de los tres a Oscar quien aprendí tanto de él, quien me apoyó con sus conocimientos de cómputo.*

*A mi tía Celerina Chagala Ocelot quien con sus consejos, su paciencia y su ayuda económica hizo posible llegar a este peddño de mi vida.*

*A Geraldine quien estuvo en los momentos difíciles, quien me dio ánimo cuando lo necesitaba, por su comprensión durante la realización de este proyecto y por acompañarme en mis proyectos de vida.*

*A los M.I. Francisco Williams Linera y Guadalupe Riquer a quienes agradezco por su comprensión, paciencia y apoyo en la realización del trabajo.*

*Al MI Regino Leyva Soberanis quien estuvo pendiente en este proyecto y quien me dio parte de su tiempo para enseñarme y explicarme las cosas complejas en una manera muy sencilla.*

*Agradezco al Doctor Vargas Colorado quien realizó los primeros 16 puntos en la ciudad de Poza Rica.*

*De igual forma agradezco al M.C. Jesús Santamaría quien confió en mí al encargarme el proyecto.*

*A mis compañeros Miguel E. Pólito quien me acompañó a la ciudad de Poza Rica a realizar la vibración ambiental, a Merit F. Reyes quien me proporcionó información y su apoyo incondicional, a Jessica Fabián quien coordinó a mis compañeros para el proceso de datos y apoyo constante y a Guadalupe Lara Vega quien también me apoyó.*

*A todas esas persona que me brindaron su amistad durante la carrera.*

*A la Universidad Veracruzana quien con otras instituciones patrocinaron este proyecto.*

## II. GEOGRAFÍA DE POZA RICA

1.1 Antecedentes.....

1.2 Geología.....

1.3 Topografía.....

1.4 Climatología.....

1.5 Clima.....

## III. CARACTERÍSTICAS DE ÁREAS DEL SUELO

3.1 Antecedentes.....

3.2 Clima del sitio.....

3.2.1 Condiciones geológicas del sitio

3.2.2 Condiciones de topografía

3.3 Física de Nakamura.....

## INDICE

### RESUMEN

<b>1.- INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Objetivos del trabajo.....	5
1.4 Alcances y limitaciones.....	5
1.5 Metodología del trabajo.....	6
<b>2.-GENERALIDADES.....</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes.....	6
2.2. Expansión del área urbana.....	7
2.3 Historia sísmica de la región.....	8
2.3.1. Instrumentación sísmica.....	10
<b>3.- FISIOGRAFÍA DE POZA RICA.....</b>	<b>19</b>
3.1 Antecedentes.....	19
3.2 Geología.....	23
3.3 Topografía.....	24
3.4 Hidrología.....	24
3.5 Clima.....	26
<b>4.- CARACTERISTICAS DINAMICAS DEL SUELO.....</b>	<b>26</b>
4.1 Antecedentes.....	26
4.2 Efectos del sitio.....	28
4.2.1 Condiciones geológicas del suelo.....	28
4.2.2 Condiciones de topografía.....	30
4.3 Técnica de Nakamura.....	31
4.4 Vibración ambiental.....	34

4.4.1	Característica de los equipos.....	34
4.4.2	Procedimiento de los registro.....	36
4.5	Análisis de datos.....	42
4.5.1	Registro de vibración ambiental.....	42
4.5.1.1	Interpretación del promedio de razones espectrales.....	46
4.5.1.2	Familias de formas espectrales.....	49

<b>5.-MAPA PRELIMINAR DE FAMILIAS DE FORMAS ESPECTRALES.....</b>	<b>53</b>
--	-----------

<b>6.-CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>55</b>
---	-----------

## **REFERENCIAS**

## **APENDICES**

## **1.-INTRODUCCION**

### **1.1.- Antecedentes**

A través de los años el ser humano ha tenido que observar a la naturaleza con más detenimiento ya que muchos fenómenos son impredecibles como es el caso de los sismos. México como algunas partes del mundo ha sido testigo de grandes catástrofes que traen como consecuencia pérdidas humanas y económicas.

Por otra parte se han realizado múltiples investigaciones para mejorar el comportamiento de las estructuras con respecto a los sismos que se presenten en determinado lugar, dando como resultado mayor resistencia a fuerzas sísmicas.

El estado de Veracruz está en este proceso, se han instalado acelerógrafos en diferentes ciudades incluyendo a Poza Rica, ciudad donde se basará este trabajo.

Veracruz es un estado que tiene alto riesgo sísmico sin embargo no se han estudiado detenidamente las ciudades que presentan zonas de alta sismicidad,

Poza Rica es una de las ciudades ubicadas al norte del estado de Veracruz. Considerada por el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad como de bajo peligro sísmico. Sin embargo, la escasa densidad de instrumentación sugiere que tiene una actividad sísmica importante de baja magnitud. Para estudiar mejor este fenómeno y la respuesta de los diferentes tipos de suelo, es que realiza el presente trabajo.

Para ello se acudió a la ciudad para realizar vibración ambiental, obteniendo un total de 40 puntos y obtener con ellos las formas de vibrar de cada sitio.

Los sismos a su paso históricamente han destruido viviendas, edificios, torres y vidas humanas; debido a esto último se ha tratado de conocer mejor el comportamiento del suelo y sobre todo cómo tener mayor seguridad ante un sismo.

Uno de los sismos más conocidos en México es el que sucedió en el año de 1985, con un impacto desastroso para el Distrito Federal. Este sismo dejó una preocupación enorme para el mejoramiento de la seguridad sísmica, y es entonces que repunta el interés por conocer el comportamiento del suelo en la mayor parte de la República Mexicana. A pesar de ello, pocas son las ciudades que tienen trabajos relacionados con la microzonificación sísmica, pero estos trabajos poco a poco van creciendo, aportando información para una mejor seguridad ante los sismos.

Son pocos los estudios sísmicos publicados en relación con Poza Rica y con este proyecto esperamos contribuir en los primeros pasos para disminuir el riesgo sísmico. Es necesario continuar con ellos ya que Poza Rica es una ciudad que su crecimiento urbano es notable en los últimos años.

Este proyecto es patrocinado por la Universidad Veracruzana y los Fondos Mixtos de CONACYT y el Gobierno del Estado de Veracruz-Llave.

## **1.2.-Planteamiento del problema**

Poza Rica es una ciudad joven, no exenta de sismos que provoquen graves daños estructurales. Además, está creciendo en todos los aspectos: población, economía, turismo, etc., y constituye una zona petrolera donde el gobierno está invirtiendo para su crecimiento; por este motivo se necesita cuidar y mejorar la calidad de las construcciones con un mejor desempeño respecto a la respuesta del suelo.

En la parte norte del estado de Veracruz hay escasos datos acerca de sismos y los que existen son de larga periodicidad o baja magnitud.

Uno de los pocos sismos históricos registrados recientemente es el de 5.2 en la escala de Richter (*23 de Mayo de 2007*), que no provocó daños estructurales, pero eso no quiere decir que no pueda ocurrir un sismo de mayor escala; si llegara a suceder las construcciones no son adecuadas para resistir sismos de mayor grado y mucho menos que el suelo tiene una compacidad relativa muy pequeña, siendo depósitos de sedimentos, que fueron colocados en esa zona por ríos antiguos que pasaron en donde actualmente se encuentran las edificaciones, por esto es conveniente realizar un estudio al comportamiento del suelo en esta zona. El modo de vibrar del suelo nos dará una idea de cómo será su comportamiento ante un sismo.

### **1.3.-Objetivos del trabajo**

El objetivo principal es:

Disminuir el riesgo sísmico en la ciudad de Poza Rica, mediante la obtención de periodos dominantes del suelo de la ciudad agrupándolos y presentándolos en un mapa de familias de formas espectrales.

### **1.4.- Alcances y limitaciones**

En la campaña de vibración ambiental, los registros fueron delimitados a razón de una muestra de un kilómetro cuadrado de la zona.

Para estos estudios es ideal la presencia de sismos sin embargo en la ciudad de Poza Rica son de poca frecuencia así que la mejor alternativa es la vibración ambiental.

En este trabajo se midieron 40 puntos de vibración ambiental siendo este uno de los primeros estudios de la ciudad de Poza Rica, logrando monitorear tres cuartas partes de la ciudad, teniendo así suficiente información para realizar el mapa preliminar de isoperiodos.

## **1.5.- Metodología del trabajo**

En el capítulo II se da una reseña histórica de los daños que han provocado los sismos en Poza Rica y se delimita la zona de estudio. En el capítulo III describe la fisiografía de Poza Rica así como su composición geológica y tipos de suelos que encontramos en ella. El capítulo IV señala las técnicas usadas en este proyecto así como el análisis de la vibración ambiental y gráficas obtenidas de ellas.

En el último capítulo encontramos las conclusiones y las recomendaciones para trabajos posteriores relacionados con este proyecto.

## **2.- GENERALIDADES**

### **2.1.- Antecedentes**

En general, los términos “terremoto”, “movimiento de tierra”, “seísmo” o “sismo” (en inglés “earthquakes” o “quakes”) vienen a ser prácticamente sinónimos. En algunas partes del planeta se usa la palabra “terremoto” para referirse específicamente a los seísmos o temblores de tierra de gran magnitud. Para entender por qué se produce un terremoto conviene tener unas breves nociones de la Tectónica de Placas, rama dependiente de la Geología. Sus postulados se pueden resumir en estas breves ideas:

- La corteza terrestre se compone de diferentes placas tectónicas, cada una de una composición y de un grosor determinado.
- El proceso de evolución del planeta sigue su curso y dichas placas se mueven constantemente, buscando acomodarse.
- Los movimientos de las placas son imperceptibles y muy lentos pero cuando dos placas intentan acomodarse en un mismo espacio, chocan y su movimiento natural las lleva a desplazarse una debajo de otra.

- Las zonas donde dos placas chocan y se desplazan reciben el nombre de “fallas” (“faults”) y acumulan energía procedente de dicha tensión tectónica, siendo estos puntos los lugares con más probabilidades de originar terremotos.
- El punto de la confluencia de placas donde se origina el terremoto se denomina “hipocentro”. La proyección de dicho punto sobre la superficie terrestre es denominada “epicentro” (**Figura 2.1**).

Existen regiones de la Tierra en las que la incidencia de terremotos es más alta que en otras y los equipos de medición y los centros de prevención deben estar en alerta permanente. La repetida sucesión de terremotos en algunos lugares del mundo ha permitido a los geólogos determinar las regiones de mayor actividad sísmica. En la (**Figura 2.2**), se marca Cinturón de Fuego, Fire Belt, Área Sureste del Pacífico, Antillas del Sur, Zona sísmica transasiática medio-oceánicas.

## **2.2.- Expansión del área urbana**

La ciudad y municipio de Poza Rica de Hidalgo es una de las ciudades más jóvenes relativamente del país se encuentra ubicada al norte del estado de Veracruz, en la región del Totonacapan, al oriente de la República Mexicana.

Poza Rica es la cuarta ciudad en importancia económica del estado de Veracruz, y el principal núcleo urbano de la zona norte del estado. Su zona conurbada está formada por asentamientos y núcleos de población, fraccionamientos, colonias, áreas industriales y comerciales, asentadas sobre

territorios de los municipios limítrofes. El crecimiento se está llevando a cabo a pocos años de su formación.

La ciudad alberga delegaciones y oficinas de organismos gubernamentales y administrativos para la zona norte del estado, así como una amplia oferta educativa que va desde educación elemental hasta universitaria, es además la sede administrativa de la Región Norte de PEMEX Exploración y Producción, una de las 4 regiones en que se subdivide la subsidiaria de Petróleos Mexicanos. **(Ref.1)** De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en la ciudad se observa un grado desarrollo humano alto, de acuerdo a otros informes que la situaron en 2005 como la 5ª ciudad con mejor calidad de vida.

Cada año Poza Rica crece y con ella sus edificaciones, la importancia de esta ciudad en el estado va en aumento. Es una ciudad petrolera en donde se están invirtiendo varios millones de dólares para su crecimiento.

### **2.3.- Historia sísmica de la región.**

La historia de Poza Rica con respecto a los sismos es mínima ya que en esta ciudad no se tienen tantos registros de sismos de magnitudes altas.

El sismo del día 23 de mayo a las 14:09 horas, de magnitud 5.2, ocurrido en el Golfo de México. Los sismos en el Golfo de México son menos frecuentes que los que ocurren en la costa del Pacífico mexicano pero, al igual que el resto de la sismicidad, son fenómenos normales y naturales.

En la figura 2.3 se muestran los epicentros de sismos ocurridos en la región del Golfo de México, comprendida entre las coordenadas 19 a 30 grados latitud N y 87 a 98 grados longitud W, entre los años 1974 y 2006. Estos temblores tienen un rango de magnitudes que van desde 3.2 a 5.7. El epicentro

del evento del día 23 de mayo se denota con una estrella roja en el mapa y los epicentros de sismos anteriores se denotan por círculos. Como podemos observar en esta figura, ya habían ocurrido algunos sismos cercanos al lugar donde ocurrió este evento en el intervalo de tiempo que arriba se menciona.

Esta sismicidad es el resultado del estado de esfuerzos tectónicos al interior de la placa de Norteamérica, sobre la cual se encuentra la mayor parte del territorio mexicano.

El mayor sismo que se ha registrado en la zona del Golfo de México entre los años 1974 a 2006 fue el sismo del día 10 de septiembre de 2006, el cual tuvo una magnitud de 5.7 y su epicentro se localizó a la entrada del Golfo de México a aproximadamente 580 km al sureste de Nueva Orleans, Estados Unidos. Este temblor no fue sentido en territorio mexicano pero si se sintió fuertemente en la península de Florida.

A diferencia del sismo de septiembre de 2006, el evento del día 23 de mayo de 2007, el cual se encuentra más cerca de la costa mexicana, fue sentido en los estados de Tamaulipas, Veracruz y Puebla (**Ref.2**).

En los periódicos de la ciudad de Poza Rica se publicó lo siguiente: El sismo estremeció a los habitantes de la zona metropolitana de Tampico, Madero y Altamira, así como la región de Tuxpan incluyendo Poza Rica, Veracruz.

El fenómeno provocó que las aguas del mar se alejaran por un momento de las costas para luego volver a la normalidad; incluso la gente que habita en las colonias vecinas, en el municipio de Madero, salieron de sus casas, provocando un caos en las calles.

Fue en palacio administrativo donde hubo daños por cristales que se vinieron abajo y provocaron el pánico entre el personal que ahí labora, principalmente, por el estruendo al caer los ventanales y romperse (**Ref.3**).

Afortunadamente las cosas no pasaron a mayores. Sólo fue el susto porque además no se reportan daños de consideración.

Coatzintla, Tihuatlán y toda la franja hacia el puerto, sintieron el movimiento, pero en ningún lado hubo daños materiales de cuidado, ni mucho menos afectó a seres humanos

Por su parte la Comisión de Protección Civil, señaló si bien el sismo alcanzó a registrarse en toda la zona norte del estado, “la gran mayoría” no pudo percatarse del suceso, en tanto no “provocó daños a las instalaciones de Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad o Teléfonos de México”, en tanto que los servicios públicos continuaron laborando de manera normal, de igual manera el suministro de energía eléctrica se estuvo prestando sin ningún contratiempo.

Cabe destacar que únicamente en la ciudad se reportó una fisura en un cristal del palacio administrativo de ésta ciudad, situación que fue atendida por Protección Civil, sin ninguna consecuencia.

El guardia asignado en el palacio administrativo de Poza Rica comentó que de repente dos de los cristales del Registro Civil comenzaron a quebrarse, aunque el movimiento telúrico se sintió poco (**Ref.3**).

### **2.3.1.- Instrumentación sísmica**

#### **Propagación de las ondas de un sismo**

La onda de compresión, consiste en la transmisión de compresiones y rarefacciones como en el caso de la transmisión del sonido, en este caso las partículas del medio se mueven en el mismo sentido en que se propaga la onda.

Las ondas transversales o de cizallamiento; las partículas se mueven ahora en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la onda. La

**(Figura 2.4)** muestra esquemáticamente la propagación de estas ondas en un bloque sólido.

Las ondas compresionales y transversales han sido llamadas P y S respectivamente. Son también conocidas como ondas internas porque se propagan en el interior de un sólido elástico.

Además de estas dos clases de ondas existen otros dos tipos de gran importancia llamadas ondas superficiales: cuando un sólido posee una superficie libre, como la superficie de la tierra, pueden generarse ondas que viajan a lo largo de la superficie. Estas ondas tienen su máxima amplitud en la superficie libre, la cual decrece exponencialmente con la profundidad, y son conocidas como ondas de Rayleigh en honor al científico que predijo su existencia.

Otro tipo de ondas superficiales son ondas de Love llamadas así en honor del científico que las estudió. Estas se generan sólo cuando el medio elástico se encuentra estratificado, situación que se cumple en nuestro planeta pues como veremos se encuentra formado por capas de diferentes características físicas y químicas. Las ondas de Love se propagan con un movimiento de las partículas, perpendicular a la dirección de propagación, como las ondas S, sólo que polarizadas en el plano de la superficie de la Tierra, es decir sólo poseen la componente horizontal a superficie. Las ondas de Love pueden considerarse como ondas S "atrapadas" en el medio superior **(Figura 2.5)**. Como para las ondas de Love, la amplitud de las mismas decrece rápidamente con la profundidad. Las ondas de Love son observadas sistemáticamente sobre la superficie de la tierra pues nuestro planeta posee un estrato superficial de baja velocidad, la corteza, sobre un medio más profundo, el manto.

Las ondas se generan por la presencia de superficies de discontinuidad ya que en un medio elástico infinito no podrían generarse. En general su existencia se puede explicar considerando que la vibración del medio en lugares en los que existen menores tracciones, y esto sucede por la

presencia del vacío o un medio de menor rigidez, tiende a compensar la energía generando este tipo especial de vibraciones.

Las ondas sísmicas pueden ser registradas mediante aparatos que pueden ser sismógrafos o acelerógrafos, diseñados para registrar aceleraciones, velocidades o desplazamientos (**Ref.2**).

## Sismógrafos

Los sismógrafos fueron ideales a fines del siglo pasado y perfeccionados a principios de este siglo.

Unos son con péndulos verticales de gran peso, que inscriben el movimiento por medio de una aguja o estilete, sobre un papel ahumado (**Figura 2.6**). Otros son horizontales y al oscilar por la sacudida sísmica trazan un gráfico de aguja sobre un papel ahumado arrollado a un temblor o cilindro que gira uniformemente.

Para registrar el movimiento del suelo es necesario referirlo a un punto fijo en el espacio, si este punto lo anclamos en el suelo este también se moverá y será difícil el registro: para que no suceda esto podemos recurrir al principio de inercia de los cuerpos, que nos dice: *todos los cuerpos tienen una resistencia al movimiento al variar su velocidad*.

Así el movimiento del suelo puede ser medido con respecto a la posición de una masa suspendida por un elemento que le permita permanecer en reposo por algunos instantes con respecto al suelo. El mecanismo consiste usualmente en una masa suspendida de un resorte atado aun soporte acoplado al suelo, cuando el soporte se sacude al paso de las ondas sísmicas, la inercia de la masa hace que esta permanezca un instante en el mismo sitio de reposo.

Posteriormente cuando la masa sale del reposo, tiene a oscilar. Sin embargo, ya que esta oscilación posterior del péndulo no refleja el verdadero movimiento del suelo, es necesario amortiguarla. En la **Figura 2.7** está

representado un aparato en el que el amortiguamiento se logra por medio de una lámina sumergida en un líquido que generalmente es aceite.

Si sujetamos un lápiz a la masa suspendida, para que pueda inscribir en un papel pegado sobre un cilindro que gira a velocidad constante, se podrá registrar una componente del movimiento del suelo, los sismógrafos poseen un sistema amplificador entre la masa y el papel para producir registros analizables a simple vista. El instrumento hasta aquí descrito, detecta la componente vertical del movimiento del suelo y se conoce como sismograma. En la **Figura 2.8** se muestra un sismograma típico.

Como el movimiento del suelo tiene lugar en las tres dimensiones del espacio, los movimientos del suelo también tienen dos componentes horizontales que oscilan como una puerta aunque con el eje ligeramente inclinado para lograr un punto de estabilidad **Figura (2.8a)**. El sismógrafo horizontal se representa en la **Figura (2.8b)**.

Los sismógrafos antiguos de amplificación mecánica solían tener grandes masas con el fin de obtener mayor inercia y poder vencer las fuerzas de rozamiento que se entre las partes móviles del sistema

El movimiento del suelo con respecto a la masa se efectuaba en los primeros instrumentos por medio de una pluma o estilete que inscribía sobre un tambor giratorio. Después se introdujo la inscripción sobre película o papel fotográfico de un haz de luz reflejado en la masa o sistema amplificador del sismógrafo. Actualmente existen sismógrafos que detectan el movimiento de la masa electrónicamente y lo digitalizan para ser almacenado en cinta magnética u otros medios de almacenamiento digital,

Para finalizar esta sección es oportuno mencionar que para determinar con precisión el epicentro de un temblor así como otras de sus características, se requiere del auxilio de varias estaciones sismológicas. Una

serie de sismógrafos arreglados para observar la sismicidad de una región es conocida como una red sismológica.

En la actualidad estos instrumentos han alcanzado un alto grado de desarrollo electrónico pero el principio básico empleado no ha cambiado.

Los sismógrafos que se emplean ahora, pueden tener una masa que va desde los unos gramos hasta 100 kg.

Actualmente existen sismógrafos que detectan el movimiento de la masa electrónicamente y lo digitalizan.

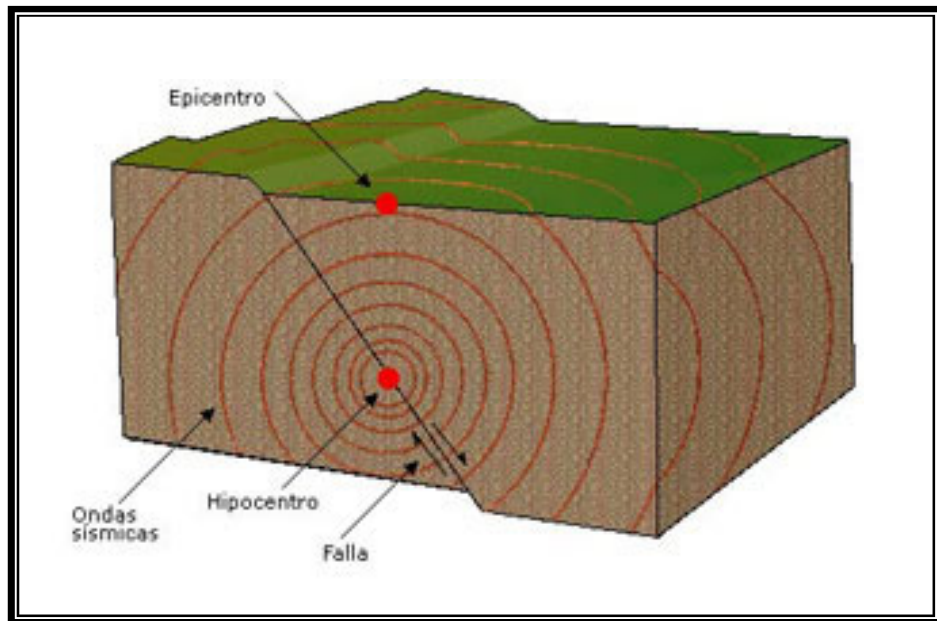
Estos son pequeños y guardan la información en memorias integradas que se puede obtener los datos al instante.

Mediante diversas observaciones y la comparación de datos de diferentes observatorios, se pueden trazar sobre un mapa las líneas isosistas, que unen todos los puntos en que la vibración se aprecia a la misma hora **(Ref.4)**.

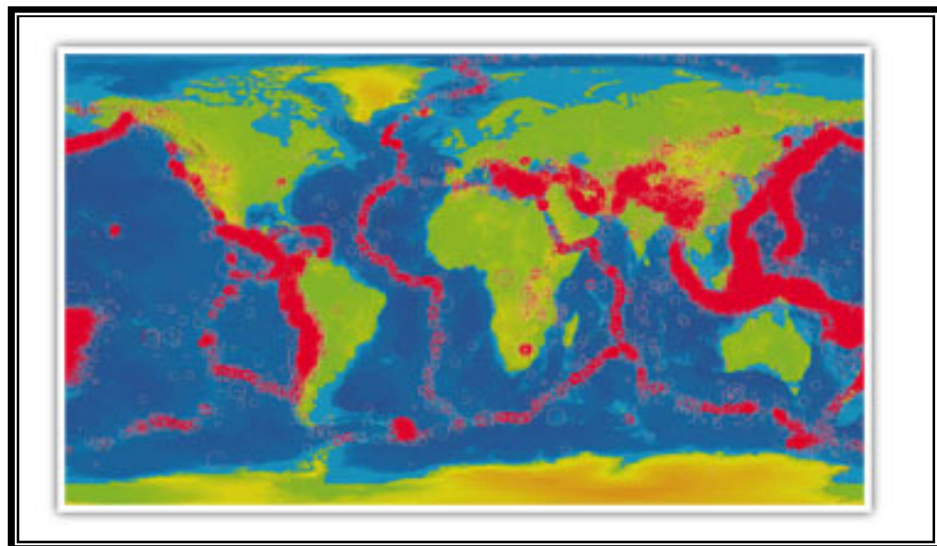
## **ACELEROGRAFOS**

Estos instrumentos tienen el mismo principio del sismógrafo, son utilizados en ingeniería y sismología y están diseñados para responder a la aceleración del terreno más que a su velocidad o su desplazamiento.

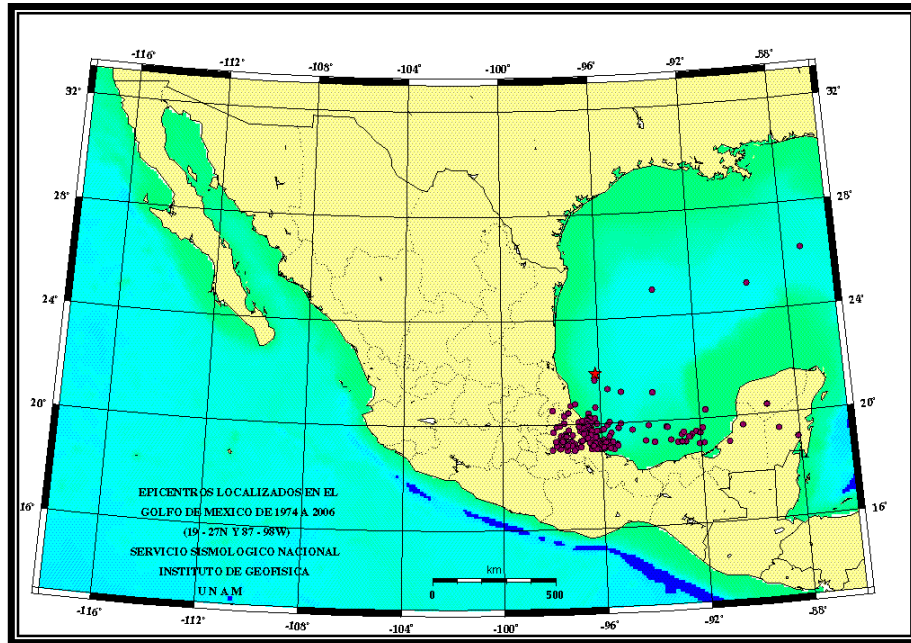
Los acelerógrafos son triaxiales de fuerza balanceada .el tiempo para registrar un pre-evento y post- evento se pueden configurar por software, el tiempo de disparo también se puede configurar, estas configuraciones varían con respecto al lugar, cuando son estacionarios se configura para tener una mayor sensibilidad, lo que no ocurre para campo que se debe hacer más sordo al ruido ya que podría detectar con mayor facilidad el paso de los autos, pasos, e incluso el viento **(Ref.4)**.



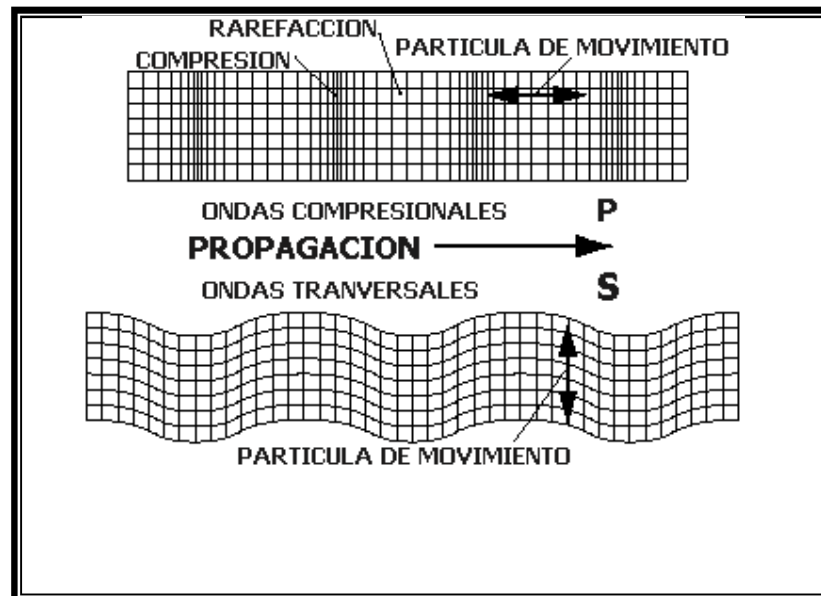
**Figura 2.1** Zonas donde se produce un sismo.



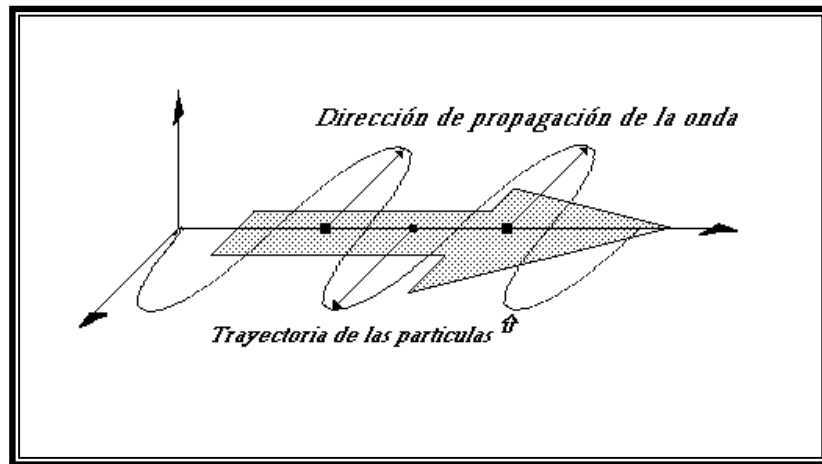
**Figura 2.2** Zonas de alta sismicidad en el mundo



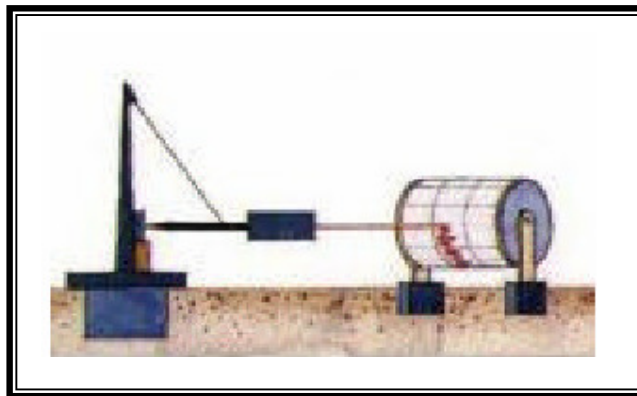
**Figura 2.3** Epicentros de sismos ocurridos en la región del Golfo de México, comprendida entre las coordenadas 19 a 30 grados latitud N y 87 a 98 grados longitud W, entre los años 1974 y 2006.



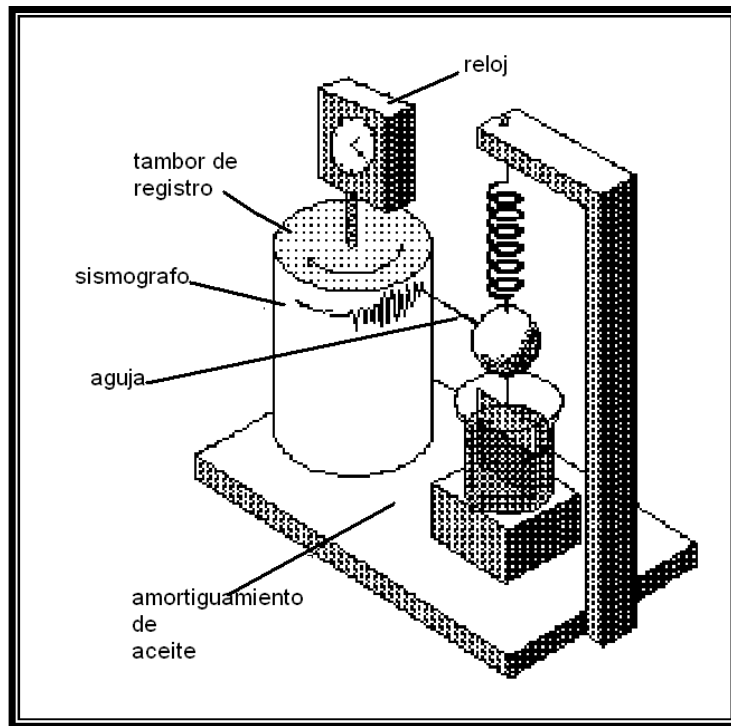
**Figura 2.4** Propagación de estas ondas en un bloque sólido (Compresionales y transversales)



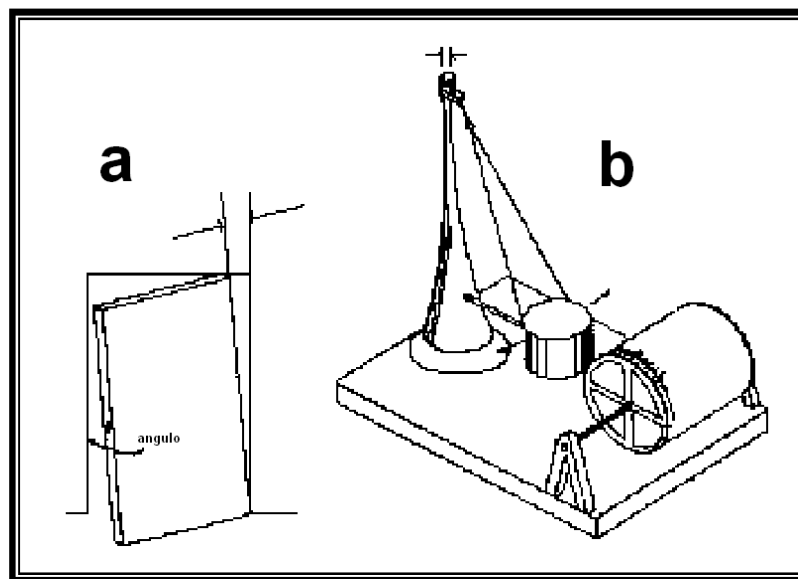
**Figura 2.5** Las ondas de Love pueden considerarse como ondas S "atrapadas" en el medio superior.



**Figura 2.6** sismógrafo tradicional



**Figura 2.7** representación de las partes de un sismógrafo de amortiguamiento



**Figura 2.8** representación de sismógrafos con el eje ligeramente inclinado y horizontal

### 3.- FISIOGRAFÍA DE POZA RICA

#### 3.1.- Antecedentes

La Región Poza Rica Tuxpan se encuentra en:

Provincia fisiográfica: llanura costera del Golfo Norte.

En cuanto a la Llanura Huasteca, la región se ve en el mapa (*Figura 3.1*) como una enorme extensión de un territorio llano de aproximadamente seis mil kilómetros cuadrados, poco poblado y careciendo totalmente de carreteras que lo atraviesan de la costa hacia el interior. Ocupa el espacio que va desde el río Pánuco y la frontera con Tamaulipas al norte, hasta la laguna de Tamiahua y la Sierra de Otontepec al sur y al poniente llega hasta los lomeríos de la Sierra Madre Oriental.

La región tal como está concebida como conjunto de tres partes: las llanuras costeras que abarcan los municipios de Pueblo Viejo, Tampico Alto, Ozuluama y Tamiahua; la Sierra de Otontepec que se extiende transversalmente al sur y los municipios del interior de Tantoyuca, Tempoal y Pánuco bordeando al norte con el distrito de Riego Pujal Coy. Las tres sub-regiones tienen en común estar bajo la influencia de la ciudad de Tampico, Tamaulipas, capital de la Huasteca - a la cual ese territorio constituye, desde hace mucho tiempo, el polo económico de la región. Lo que distingue esas sub-regiones, una de la otra, es esencialmente la composición de su población correlacionada con la topografía. Es decir, donde el terreno es más llano y accesible, la densidad de la población es más baja.

**Planicie abisal**, representa la parte más profunda del lecho marino en el Golfo de México, superior a los 3,000 m de tirante de agua .

Para ampliar la información sobre la distribución de la cima del Jurásico en el subsuelo de la planicie costera del Golfo de México, se integran regiones al plano de Murray (*Ref.5*). Esa cima muestra diferentes

profundidades, según los pozos petroleros implicados en el estudio. Las regiones se localizan desde Nuevo León hasta Campeche, Distrito de Poza Rica, la cima del Jurásico ocurre a 2,800 m en el eje del Sinclinal La Mesa, sube a 2,400 m bnm en su flanco norte (**Figura 3.2**).

**La Cima del Jurásico en la Planicie Costera y en el Golfo de México.** En el Golfo se han realizado estudios geofísicos de estratigrafía sísmica, donde se han propuesto secuencias cartografiables con valores cronoestratigráficos no bien definidos. Son subdivisiones de potentes estratos del Jurásico Superior al Reciente, localizados a profundidades entre 12,000 y 3,000 m, bajo el tirante de agua de esta última profundidad (**Figura 3.3**)

Buffler (1991) propuso tres secciones geológicas que cruzan el Golfo; dos de ellas nos interesan, tienen distancias superiores a 500 km. La sección A-A' es del sur de Lousiana hasta Yucatán, la sección C-C' va de Tuxpan, Veracruz, hasta Florida. (**Ref.5**).

En la sección A-A' está el Escarpe que es la vertiente de roca que corta abruptamente el terreno, en este caso es la de Campeche, limita a la plataforma de Yucatán; ahí los estratos mesozoicos y cenozoicos pasan abruptamente de 200 a 3,000 m bajo el lecho marino. Hacia el centro del golfo están los promontorios Sigsbee, luego siguen las secuencias del Jurásico Superior al Reciente, en las profundidades mencionadas. Hacia la región marina de Texas ocurren los escarpes Sigsbee, localizados entre 1,000 y 2,500 m bajo el lecho marino del golfo (**Figura 3.3**).

La sección C-C' se inicia en Tuxpan, paralela a la costa está el área estrecha y alargada de aguas someras del Golfo, con profundidades hasta de 200 m; hacia el centro del Golfo están las denominadas Montañas Mexicanas, conjunto de estructuras paralelas a la costa, formadas por estratos mesozoicos y cenozoicos plegados, localizados entre 500 y 3,000 m bajo el lecho marino.

La parte central de la sección C-C' muestra los potentes estratos el Jurásico Superior Cenozoico, sin alteraciones estructurales aparentes; sus

profundidades varían de 12,000 a 3,000 m, en el área profundad el Golfo denominada plataforma abisal (**Ref.5**). Ahí el tirante de agua llega a ésta última profundidad. En el extremo NW de esa sección se localiza el Escarpe de Florida Occidental, frente a la península del mismo nombre (**Figura 3.3**).

Con datos estratigráficos proporcionados por esas dos secciones e inferidos por métodos geofísicos, se establecen comparaciones entre las profundidades de las secuencias del Jurásico Superior- Cenozoico en el Golfo y las mismas, presentes en pozos petroleros de la planicie costera y de aguas someras de México (**Figura 3.3**) Obsérvese las potentes series sedimentarias del Jurásico Superior al reciente, superiores a los 10000 metros de profundidad en el centro del golfo, según Buffer las flechas verticales subrayan potentes profundidades de los estratos y del tirante de agua en el golfo(**Ref.5**).

Si hubiera gas o aceite en los sedimentos del Paleógeno (Paleoceno-Eoceno), en el golfo estarían entre 6,000 y 8,000 m de profundidad; esos hidrocarburos se extraen entre 2,000 y 4,000 m en la región costera de México. Si las rocas del Cretácico almacenaran aceite en el golfo, estaría entre 8,000 y 10,000 m de profundidad; en la planicie costera y en las aguas someras el petróleo se localiza entre 2,000 y 3,000 m de profundidad. Si las rocas del Jurásico Superior (Titoniano-Oxfordiano) almacenaran petróleo bajo las aguas profundas del golfo, esas rocas serían cortadas por la barrena de perforación a profundidades que oscilan entre 10,000 y 12,000. Rocas de esa misma edad producen a 3,000 m b.n.m. en el SE de Poza Rica, y a 5,000 m en Campeche (**Ref.5**).

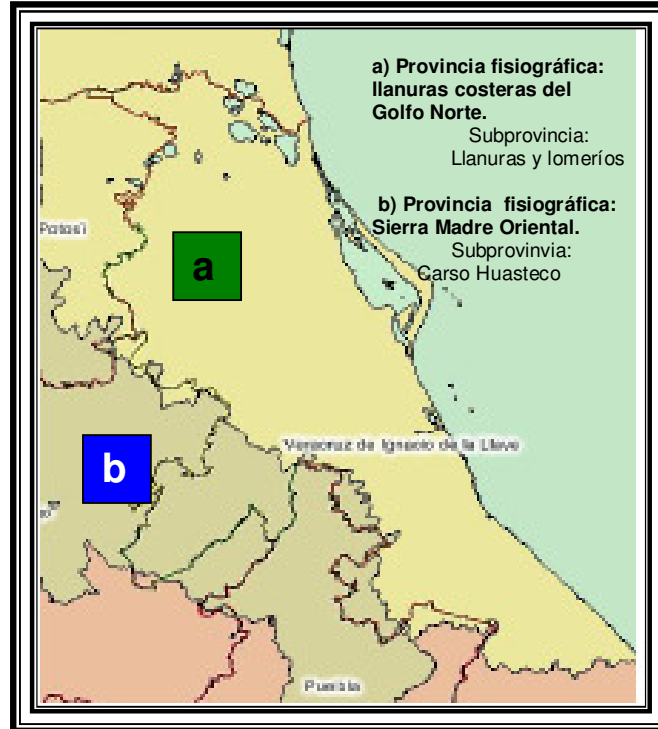


Figura 3.1 Muestra como se encuentra la región de Poza Rica.

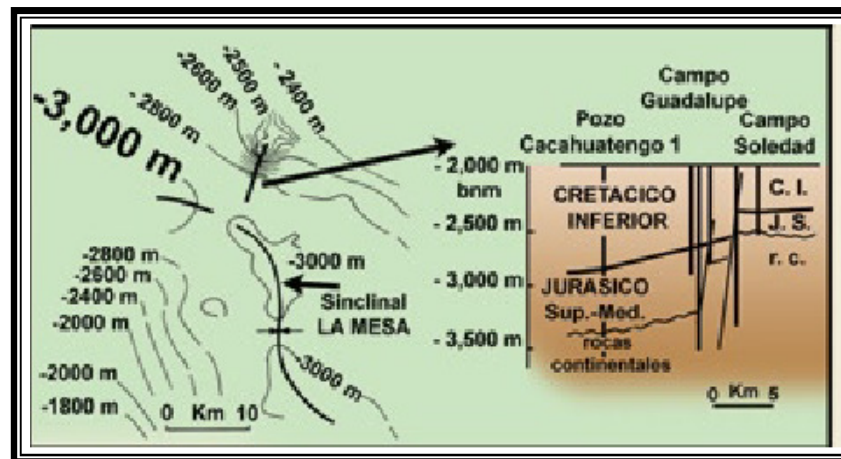
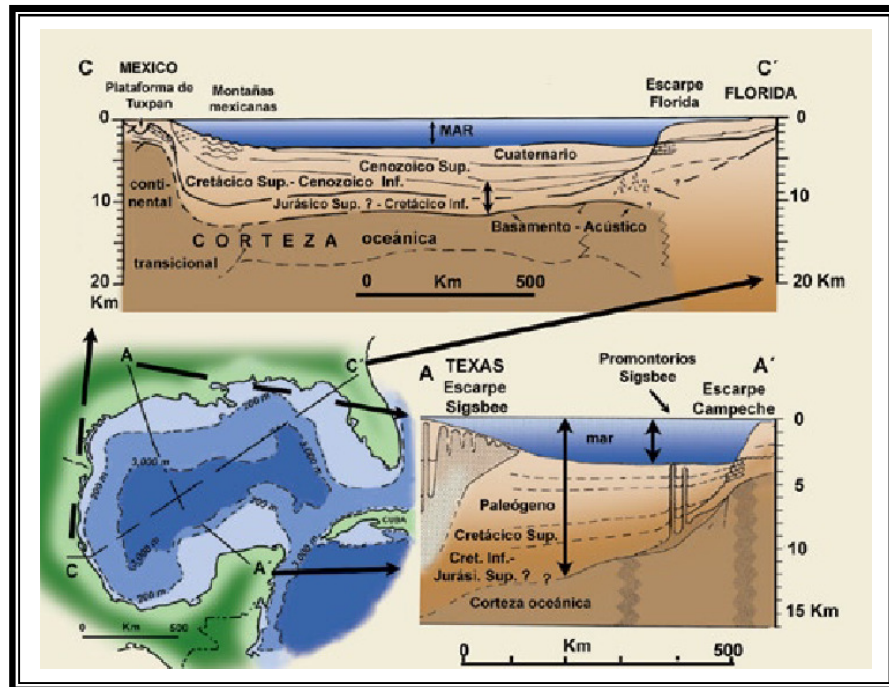


Figura 3.2 Profundidades máximas de rocas del jurasico superior (Tironiano), en Poza Rica, según Pozos petroleros (Ref .5)



**Figura 3.3** Dos secciones geológicas del Golfo de México, según datos sísmológicos (a.C.).

## 3.2.- Geología

### Suelo

La región tiene diferentes tipos de suelo, sin embargo predominan los suelos de tipo vertisol. Este tipo de suelo se encuentra en depresiones de áreas llanas o suavemente onduladas como el caso de la llanura costera del Golfo Norte, el perfil; los vertisoles se forman en rocas altamente básicas tales como basalto en climas estacionalmente húmedos o sujetos a sequías erráticas y a inundación. Tiene un alto grado de contenido de arcilla expansiva conocida como montmorillonita que forma profundas grietas en las estaciones secas (**Ref.6**).

En la **(Tabla 3.1)** se presentan los tipos de suelos su textura y el área en que predominan.

<b>AREA</b>	<b>SUELO PRINCIPAL</b>	<b>SUELO SECUNDARIO</b>	<b>SUELO Terciario</b>	<b>TEXTURA</b>
NORTE	VERTISOL			FINA
ESTE	VERTISOL	REGOSOL		FINA
SUR	REGOSOL	FEZEM	CAMBISOL	MEDIA
OESTE	RENDZINA	REGOSOL	VERTISOL	FINA
CENTRO	CAMBISOL	FLUVISOL	VERTISOL	MEDIA

**(Tabla 3.1)** Tipos de suelo en la región de Tuxpan **(Ref.6)**.

### **3.3.- Topografía**

Es muy escasa la información acerca del estudio de la topografía en la ciudad de Poza Rica, estos estudios no se han llevado a cabo abarcando al ciudad completa.

### **3.4.- Hidrología**

La región Poza Rica Tuxpan se localiza en la región hidrológica Tuxpan- Nauta y en las siguientes cuencas:

#### **Cuenca del Río Pánuco:**

Tiene un área aproximada de 84 956 km<sup>2</sup>, la cual se encuentra distribuida porcentualmente dentro de las siguientes entidades federativas: estado de México, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Veracruz, Guanajuato, San Luís Potosí, Tamaulipas y Nuevo León.

### Cuenca del Río Tuxpan

La cuenca del río Tuxpan se encuentra localizada geográficamente entre los 20°18' y 21°15' latitud Norte, y entre 97°17' y 98° 32' longitud Oeste; tiene un área aproximada de 5,899 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz (**Ref.6**).

Los principales ríos de esta región son:

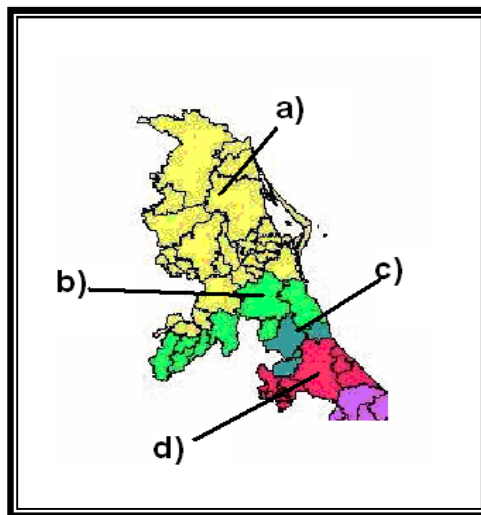
Río Pánuco

Río Tuxpan

Río Cazonas

Río Tecolutla

En la **figura 3.4 y Tabla 3.2** se muestran donde se localizan las cuencas.



**Figura 3.4** Distribución de cuencas

<b>a)</b>	<b>cuenca Río Pánuco comprende 25 municipios</b>
	Hicotepec, Citlatépetl, El Higo, Llamatlán, Ixcatepec, Ozuluama, Panuco, Papantla, Platón Sánchez, Pueblo Viejo, Tamalín, Tamiagua, Tampico Alto, Tanco, Tantima, Tantoyuca, Tempoal, Tepetzintla, Zontecomapan.
<b>b)</b>	<b>Cuenca del Río Tuxpan comprende 8 municipios</b>
	Álamo, Castillo de Teayo, Huayacocotla, Ixhuatlán de Madero, Texcatepec, Tlanchichilco, Tuxpan y Zacualpan.
<b>c)</b>	Cuenca del Río Cazones.
	Cazones Coahuila, Papantla, Poza Rica y Tihutlán.
<b>d)</b>	Cuenca del Río Tecolutla.
	Coahuila Coxquihui, Coyutla, Chumatlán, Espinal, Filomeno Mata, Gutiérrez, Zamora, Mecantlán, Papantla, Tecolutla y Zozocolco de Hidalgo.

**Tabla 3.2**

### **3.5.- Clima**

En esta ciudad dominan dos tipos de masas de aire: la tropical provocada por los vientos alisios asociada al semestre de lluvias (de junio a septiembre) caracterizada por sus cambios de dirección y rapidez generadores de inestabilidad atmosférica y nubes de desarrollo vertical. Las depresiones, tormentas y ciclones son causados por esta circulación; y la polar aparecida en el semestre de las secas. Se les conoce también como “norte” que es la invasión de una masa de aire polar modificando a su paso por el territorio de los Estados Unidos, dentro del Golfo de México.

El clima de la región es cálido, con una temperatura media anual de 24.4°C, con abundantes lluvias en verano y principios de otoño. La precipitación media anual es de 1,103 mm.

Climas predominantes en la región:

- Cálido subhúmedo. Al Norte del estado.
- Cálido húmedo. Al centro de la región
- cálido húmedo .Faldas de la Sierra de Chicontepec.
- Templado húmedo .Hacia la Sierra de Chicontepec.
- Templado subhúmedo. Límites con Hidalgo.

## **4.- CARACTERISTICAS DINAMICAS DEL SUELO**

### **4.1.- Antecedentes**

México es un país que cuenta con un elevado potencial sísmico, por lo que el estudio del fenómeno telúrico así como sus efectos en seres humanos, suelos y estructuras es de vital importancia. La coordinación de Instrumentación sísmica ha puesto particular interés en el desarrollo de proyectos para el registro de temblores en zonas de alto riesgo sísmico o en núcleos de población que puedan ser severamente afectados.

La instrumentación sísmica para el registro de temblores fuertes se inició a principios de los años sesenta con la instalación de los primeros dos acelerógrafos, uno en la Alameda Central y otro en Ciudad Universitaria.

Dos meses antes de la ocurrencia de los macro sismo en septiembre de 1985, el Instituto de Ingeniería había instalado la Red de Guerrero y además contaba con ocho instrumentos en el valle de México. Esto ayudó al desarrollo de la ingeniería sísmica en México, debido a que se registró, por primera vez, un temblor de gran magnitud muy cerca de la zona epicentral y se obtuvieron registros en la ciudad de México que mostraban grandes afectos de

amplificación del movimiento sísmico a una distancia de 400 Km. del epicentro **(Ref.7)**.

Son varios los métodos para estimar los efectos de sitio con fines de microzonificación, los cuales se pueden dividir en dos grupos de acuerdo con el material que se trabajan:

**Métodos Teóricos:** son aquellos que se basan en modelos matemáticos, siendo su material de trabajo información geofísica, geológica y geotécnica detallada del sitio a evaluar.

**Métodos empíricos:** se basan en el análisis de registros de movimientos fuertes, débiles y de vibración ambiental.

En este proyecto se utilizarán solo el método empírico **(Ref.8)**.

## **4.2.- Efectos del sitio**

### **4.2.1.- Condiciones geológicas del suelo**

En el marco un estudio geológico, geoquímica y geocronológico de la parte meridional de la denominada “Provincia Alcalina Oriental” presentamos aquí los resultados de un estudio de elementos mayores y traza de rocas volcánicas que afloran en la Planicie Costera, entre Poza Rica y Tantima, Ver.

Los resultados indican un cambio en la composición química de las lavas ocurrido probablemente en el Mioceno tardío. En la porción norte del área se estudiaron los flujos de lava de la Sierra de Tantima, los cuellos volcánicos del denominado campo volcánico de Álamo y las mesas basálticas localizadas al oeste de estos afloramientos, hacia la Sierra Madre Oriental(SMO), entre Huautla y Tlanchinol, Hgo.

Las edades reportadas indican una edad del Mioceno tardío para estas rocas. En la porción sur del área, al W y NW de Poza Rica, Ver., se estudiaron flujos de lava emitidos en el borde de la SMO que forman mesas de gran extensión.

Las publicaciones de investigaciones indican que las mesas de Poza Rica son más jóvenes que las descritas de la porción norte, con una probable edad del Mioceno tardío a Plioceno medio. Las rocas de la porción norte presentan un rango de composición que incluye términos primitivos ( $\text{SiO}_2=43.0-49.8\%$  en peso,  $\# \text{Mg}=34.5-75.0$ ,  $\text{Cr}=6-501$  ppm) con composición de basanita/tefrita-basalto-hawaiita-fonotefrita, observándose dentro de este grupo que las rocas de la Planicie Costera (Sierra de Tantima y cuellos volcánicos) son mayormente subsaturadas en sílice (normativas en nefelina); mientras que hacia la SMO las rocas tienden a ser saturadas en sílice (normativas en hiperstena).

Las rocas que forman las mesas de Poza Rica son basaltos y hawaiitas saturados a ligeramente sobresaturados en sílice (normativas en hiperstena o cuarzo), con un estrecho rango de composición y ausencia de términos primitivos ( $\text{SiO}_2=47.3-48.0\%$  en peso,  $\# \text{Mg}=50.4-61.2$ ,  $\text{Cr}=4-52$  ppm). El contenido de elementos muy bajos indica que las rocas de la Sierra de Tantima y los cuellos volcánicos del campo de Álamo son del tipo Basaltos de Islas Oceánicas (OIB), presentando alto contenido de Nb (33-90 ppm), bajo Ba/Nb (6.7-8.1) y Zr/Nb (3.7-6.5), así como enriquecimiento en elementos de las tierras raras ligeras ( $\text{La/Yb}=14.6-28.5$ ).

La composición de las rocas se puede modelar por fusión parcial de bajo grado de una lherzolita con composición enriquecida tipo OIB que contenga granate y anfíbol como fases residuales. Las rocas de las mesas de Huautla-Tlanchinol tienen en general una composición similar, aunque se observa que están ligeramente más enriquecidas en los elementos litófilos grandes con respecto a los elementos de alto potencial iónico ( $\text{Ba/Nb}=6.6-11.3$ ), lo cual probablemente se puede atribuir a Contaminación cortical ya que estas rocas ascendieron a través de una corteza de mayor grosor. El contenido

de elementos es muy bajo en las rocas de las mesas de Poza Rica es claramente diferente con contenidos bajos de Nb (16-22 ppm), alto Ba/Nb (10.7-23.3), alto Zr/Nb (10.5-16.1) y con un patrón de tierras raras más plano (La/Yb=6.5). La composición de estas rocas indica un origen por grados de fusión mayores de un manto enriquecido, sin la participación de arcillas o anfíbol residual (**Ref.9**).

#### **4.2.2.- Condiciones de topografía**

La influencia de la topografía en la superficie ha sido tomada en cuenta en todos los reportes de terrenos y sus efectos han sido demostrados en estudios instrumentales, Algunos modelos numéricos indican que las ondas sísmicas son amplificadas en estructuras convexas como riscos (**Ref.10**).

También la topografía del terreno influye en la intensidad del movimiento sísmico y puede mostrar un efecto amplificador o atenuador. Se han realizado análisis teóricos cuyos resultados indican que ciertas formas topográficas, especialmente en montes y valles, muestran varios grados de amplificación. Se ha observado que dependiendo de las frecuencias, de la dirección y del ángulo de incidencia aumenta la amplitud del movimiento en los bordes de los valles y en la cresta, y en las laderas de las colinas se ha comprobado analíticamente un incremento en la intensidad de la vibración, mientras que el fondo de valles se presenta un efecto atenuador.

Existen muchos otros factores que influyen en la intensidad del movimiento relacionadas con las condiciones topográficas, pero generalmente se acepta que el ángulo de incidencia, el tipo de onda sísmica y la geometría de la topografía son las más importantes. En los casos de los valles la amplificación esta relacionada con el ancho de la depresión, generalmente la amplificación en los bordes será mayor si la longitud de onda sísmica es menor

que el doble del ancho del valle: las condiciones geológicas, también tienen igualmente influencia significativa en el caso de los valles pocos consolidados donde el efecto puede ser aun mayor. Se puede decir que aún es difícil cuantificar el efecto de amplificación causado por las condiciones e irregularidades topográficas, aun con el uso de sistemas de análisis y computación complejos, las condiciones reales son muchas más complicadas a los modelos simplificados asumidos por los estudios teóricos.

### **4.3.- Técnica de Nakamura**

El método desarrollado por Nakamura en 1989, propone estimar: el periodo fundamental y, en algunos casos, una buena aproximación de factor de amplificación de un depósito de suelos a partir de mediciones de vibraciones ambientales, verticales y horizontales, en superficie.

Es posible señalar que los depósitos de suelo están generalmente expuestos a vibraciones inducidas por fuerzas naturales, como mareas y vientos y a fuerzas antropogénicas provenientes de maquinaria en funcionamiento, automóviles, trenes, etc. Puede considerarse que estas fuentes generadoras de vibraciones producen una excitación dinámica aleatoria, que permiten a los depósitos de suelos vibrar preponderadamente de acuerdo a su periodo fundamental. Teniendo en consideración, que al realizar las mediciones de vibraciones en zonas rocosas o suelos muy rígidos, se presentan respuestas similares en las componentes horizontales y la vertical. No así en el caso de los suelos blandos donde las ondas de las direcciones horizontales presentan mayor amplitud.

Se acepta que la componente horizontal de los micro temblores es amplificada por la multi-reflexión de las ondas S (de corte), mientras que la componente vertical es amplificada por la multi-reflexión de las ondas P (de compresión).

De acuerdo con la técnica de Nakamura, es posible estimar el efecto de amplitud de la fuente por la razón  $A_s$

$$A_s \frac{V_s}{V_B}$$

Donde:

$V_s$  = Espectro de amplitud de la componente vertical del movimiento en la superficie.

$V_B$  = Espectro de amplitud de la componente vertical del movimiento en el basamento.

Nakamura entonces procede a definir un efecto de sitio estimado para fines de ingeniería sísmica como la razón:

$$S_E \frac{H_s}{H_B}$$

Donde:

$H_s$  = Espectro de amplitud de la componente horizontal del movimiento en la superficie.

$H_B$  = Espectro de amplitud de la componente horizontal del movimiento en el basamento.

Ahora; para compensar  $S_E$  por efecto de fuente, nosotros calculamos una función que se modifica el efecto de sitio  $S_M$  como:

$$S_M \frac{S_E}{A_s}$$

Lo cual equivale a:

$$S_M = \frac{\left(\frac{H_S}{V_S}\right)}{\left(\frac{H_B}{V_S}\right)}$$

Y finalmente, si aceptamos que la razón  $H_B/V_B$  es igual a la unidad, la función del efecto de sitio, corregida por términos, puede ser escrita como:

$$S_M \frac{H_S}{V_S}$$

La suposición de que  $H_B/V_B$  es igual a la unidad fue verificado experimentalmente por Nakamura, usando micro temblores comparó los registros obtenidos en la superficie con los registros obtenidos en la superficie con los registros medidos en pozos profundos. Ésta técnica ha sido suficientemente comprobada por Ohmachi al interpretar medidas de micro temblores en el área de San Francisco y quien aplicó este método de análisis de registros de micro temblores en cuatro diferentes ciudades en México y obtuvo buenos resultados comparados con la razón espectral estándar usando los registros de velocidades de temblores pequeños.

Sin embargo, es difícil explicar por qué una técnica concebida para analizar las ondas Rayleigh que son ondas superficiales, en registros de micro temblores debería trabajar para la parte intensa de los sismogramas, las ondas S, las cuales son ondas de cuerpo. Para justificar en forma empírica por qué sucede esto, es bueno tomar en cuenta el siguiente argumento, tomemos como

ejemplo la ciudad de México, que es un caso relevante en cuanto al estudio de los efectos de sitio. Aquí, la amplificación del movimiento del suelo debido a una capa de arcilla delgada y extremadamente blanda, alcanzó un factor de 50 en algunas frecuencias durante el sismo de Michoacán en 198. Al parecer la componente vertical no está sujeta a importantes efectos de sitio sufridos por las componentes horizontales, de modo que éstas pueden ser usadas para medir los movimientos de suelo de las mismas condiciones locales de sitio **(Ref.8)**.

## **4.4 vibración ambiental**

### **4.4.1 Característica de los equipos**

Para la realización de este proyecto se utilizó un acelerógrafo con modelo ETNA marca Kinematics Inc., con resolución de 18 bits a 200 mps, rango dinámico de 108 dB a 200 mps, acelerómetro tipo axial, modelo Episensor, con escala completa de 1.0 g adaptador externo de tiempo GPS y con dos tarjetas de memoria extraíble tipo PCMCIA flash ed. 64 Mb, respectivamente **(Tabla 4.4) (Ref.8)**.

**Tabla 4.4 Principales características del acelerografo Etna Strong Motion Accelerograph de Kinometrics (datos obtenidos de los manuales dados por el fabricante) (figura 4.1)**

<b>Tipo</b>	Procesador Digital de Señales de 24 bits
Numero de Canales	3 canales, 1 opcional
Rango Dinámico	108 dB a 200 mps
Respuesta en Frecuencia	CD-73 Hz a 200 mps
<b>Resolución</b>	18 bits a 200 mps
<b>Ruido</b>	Menos de 8mV RMS
<b>Tasa de Muestreo</b>	100,200,250 mps por canal
<b>Rango de Entrada</b>	± 2.5 V
<b>Rango de Disparo</b>	0.01%-100% de la escala completa en cada canal
<b>Amortiguamiento</b>	70%
<b>Rango de Disparo</b>	0.1 Hz a 12.5 Hz
<b>Tiempo de pre-evento</b>	30 segundos
<b>Tiempo de post-evento</b>	0 - 65,000 segundos
<b>Tamaño de Memoria</b>	2 MB de RAM
<b>Memoria Expandible</b>	2 slots para PCMIA de 2,4,8,16,32,64,128 MB
<b>Batería Interna</b>	12.5 V, 6.5 Ah para 36 horas
<b>Adaptador externo de Tiempo</b>	Conexión para GPS
<b>Dimensiones</b>	256 x 381 x 178 mm (Caja de aluminio con Blindaje=
<b>Peso</b>	9 kg incluyendo la batería interna
<b>Temperatura de Operación</b>	-20°C a + 70°
<b>MODEM</b>	Interno
<b>Velocidad de Baud</b>	1200, 2400, 4800, 9600,19200, 38400,57600
<b>Alarma</b>	0.1% a 100% de la escala completa
<b>Software</b>	Compatible con Microsoft Windows

#### **4.4.2 .- Procedimiento de los registros**

Antes de salir a las campañas en la ciudad de Poza Rica se cambiaron los parámetros del equipo para su operación en campo. En la estación temporal del Instituto de Ingeniería de la ciudad de Boca del Río, se realizó un cambio de los parámetros para la estación a los parámetros utilizados en campo.

Para esto el equipo Etna tiene el programa Quick Talk para Windows el cual permite entrar al registrador y cambiar los parámetros para campo. Éstos deben permitir que el equipo sea menos sensible para su operación, así como evitar en la medida de lo posible la vibración generada por el paso de personas, automóviles, viento, etc., al realizar las mediciones de los sitios donde se coloque.

El procedimiento que se siguió para realizar la vibración en cada uno de los puntos es el siguiente:

1.- Que el sitio en donde se coloque el equipo no se encuentre sobre ductos del drenaje, cerca de árboles grandes ya que estos pueden crear ondas cuando se mueven con el viento; y en la medida de lo posible un lugar plano que facilite la nivelación y orientación del equipo. (**Fotografía 4.1**).

2.- Ubicado el lugar, se orienta el equipo con una brújula manual, colocando la dirección positiva del eje Y, al norte. Como consecuencia la dirección positiva del eje X quedara orientada a Este. El canal Z corresponde al sentido vertical (**Fotografía 4.2**).

3.- Se ubica la localización del punto por medio de un GPS manual en coordenadas UTM para posteriormente ubicarlo en un mapa georeferenciado de la zona (**Fotografía 4.3**).

4.- Una vez orientado el acelerógrafo en dirección correcta, se procede a nivelarlo (**Fotografía 4.4**).

5.-Una vez realizado lo anterior se enciende el equipo (**Fotografía 4.5**).

6.- Se debe dar aproximadamente un lapso de 2 minutos para que el equipo realice adecuadamente su arranque antes de iniciar la medición de la vibración ambiental.

7.- Una vez que el acelerógrafo realizó su encendido, para hacer que éste inicie la medición de la vibración ambiental es necesario que se provoque un movimiento que permita rebasar los parámetros para campo. Esto se puede lograr saltando a una distancia de 1 metro aproximadamente del equipo. O bien puede darse un pequeño golpe con el puño sobre en la parte central de la tapa del equipo. Desde luego que debe tenerse el cuidado de que no se desnivele (**Fotografía 4.6**). Dentro de los parámetros de campo se tiene que por cada vez que se inicie la medición de la vibración ambiental del sitio este registre dos minutos.

8.- Una vez realizado la lectura con 6 muestras apagamos el equipo y continuamos con la medición en otro sitio de interés (**Fotografía 4.7**).



**Figura 4.1** Acelerografo Etna Strong Motion Accelerograph de Kinometrics



**Fotografía 4.1** Se verifica que el lugar este libre de alcantarillas, árboles, etc.



**Fotografía 4.2.** Se localiza el Norte



**Fotografía 4.3** Colocación del GPS manual, en un lugar libre



**Fotografía 4.4** Nivelación del equipo.



**Fotografía 4.5.-** Se realiza la medición



**Fotografía 4.6** Se realizan lecturas de dos minutos cada una.



**Fotografía 4.7** Se apaga el equipo.

## 4.5.- Análisis de datos

### 4.5.1.- Registro de vibración ambiental

La medición de la vibración ambiental se midió en 40 sitios de la ciudad. En la **Tabla 4.5** se muestran los diferentes sitios donde se colocó el acelerógrafo. En esta tabla se nos da un número para cada sitio, así como sus coordenadas UTM.

Los registros que nos da el acelerógrafo son archivos con la extensión evt. Estos registros muestran con el programa Quick Look, los tres canales a la vez. Para poder aplicar la técnica de Nakamura, de cada registro se dividió en tres canales por medio de una subrutina (kwasc), que permite transformar el archivo evt en tres archivos **ASCII**. Estos tres archivos tienen la extensión 001, la cual representa el canal E-W, el archivo con extensión 002 representa el canal N-S y el archivo con extensión 003 representa el canal vertical.

Estos archivos **ASCII**, se pueden leer con el programa Degtra A4, donde se abren tres ventanas que permiten abrir en cada una de ellas uno de los tres canales del registro.

Teniendo los registros en el programa Degtra A4, se procedió a seleccionar ventanas de 40 segundos. La primera de 1-40 segundos, la segunda de 40-80 segundos, la tercera de 80-120 segundos.

Para un registro de 2 minutos se obtuvieron 3 ventanas de 40 segundos. Para cada ventana de los canales horizontales se obtuvo el espectro de Fourier y este se dividió entre el espectro de Fourier del canal vertical correspondiente. La razón que resulta de dividir el espectro de Fourier de una ventana de un canal horizontal entre el espectro de Fourier de la ventana correspondiente del canal vertical se conoce como razón espectral.

De tal manera que para cada registro de 2 minutos en campo, tenemos 3 razones espectrales en el sentido E-W, que resultan de dividir los espectros de Fourier de cada ventana en el sentido E-W entre las respectivas ventanas del canal vertical. Tendremos también 3 razones espectrales para cada registro de 2 minutos que se obtienen de dividir los espectros de Fourier de cada ventana en el sentido N-S, entre las respectivas ventanas del canal vertical.

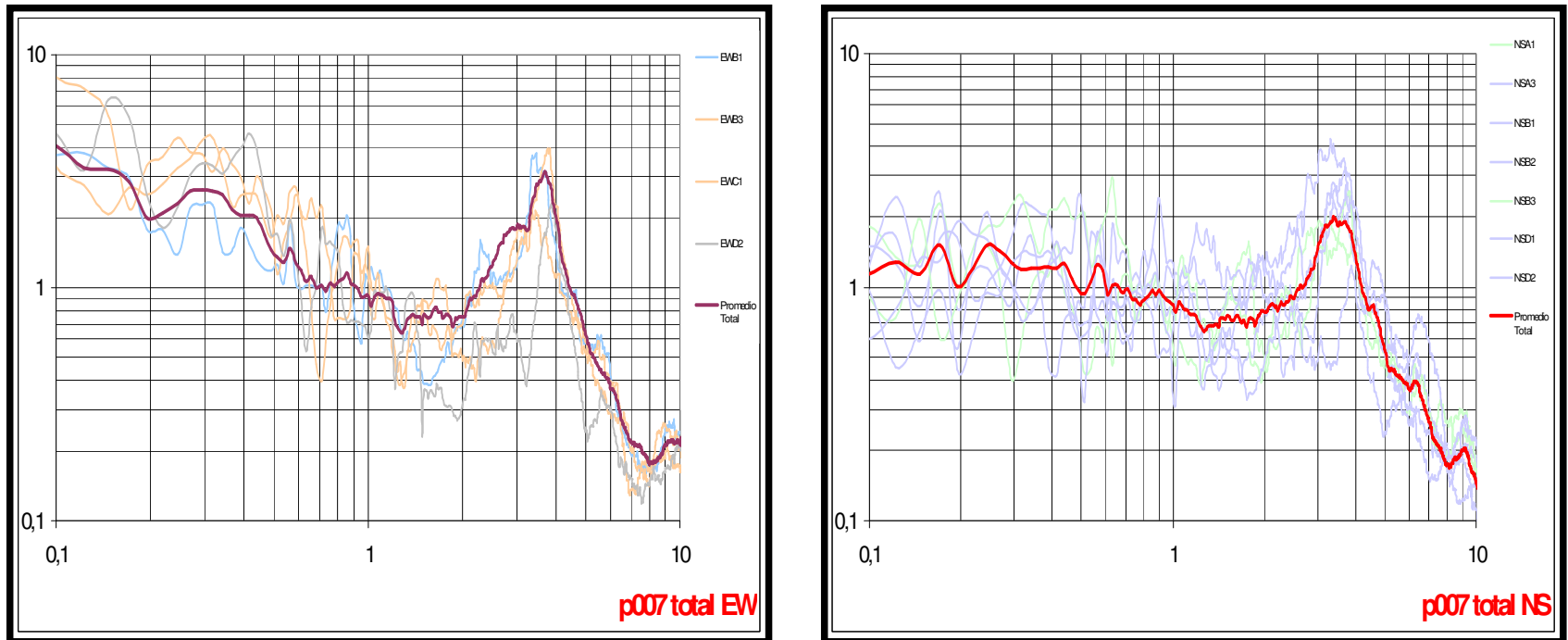
Para cada sitio en campo se tomaron 6 registros de 2 minutos cada uno. De estos se seleccionaron los 4 que presentaran menos alteración por ruido generado por paso de personas, autos, etc., al momento de tomar la muestra. De tal manera, que se tienen 3 razones espectrales para E-W y 3 razones espectrales de N-S por cada una de las 4 muestras, es decir 12 razones espectrales en el sentido E-W y 12 para el sentido N-S.

Posteriormente se procede a obtener el promedio de las 12 razones espectrales de los 4 registros en la dirección E-W, así como el promedio de las 12 razones espectrales en la dirección N-S. Esta gráfica contiene las razones espectrales en el rango de 0.1 a 10 en amplitud y las frecuencias entre 0.1 a 10 Hz. Las líneas delgadas muestran las razones espectrales de las 8 diferentes ventanas de cada dirección. La línea gruesa representa el promedio de estas razones espectrales (**Figura 4.5**).

**TABLA 4.5 Ubicación en coordenadas UTM de los puntos medidos con Vibración Ambiental en la ciudad de Poza Rica**

PUNTO	LOCALIZACION	UTM (x)	UTM (y)
1	Av. Morelos, esq.18 de Marzo Col. Manuel Ávila Camacho	14Q0661928	2273298
2	Francisco Sarabia col. San Emilia	14Q0662172	2273782
3	Col. Los Sauces Calle Seguro Social	14Q0663478	2273374
4	Col. Independencia calle 2º Oriente	14Q0661957	2274100
5	Col. La seiba calle Independencia	14Q0663079	2272380
6	Col. Arroyo del Maíz Calle Isabel la Católica	14Q0663853	2271634
7	Col. Tepeyac Calle Agustín Melgar	14Q0663113	2270893
8	Col. Tepeyac atrás del mercado	14Q0663790	2270923
9	Frac. Las Palmas Calle Artículo 123	14Q0661574	2272600
10	Col. Chapultepec Calle Robles	14Q0661407	2271477
11	Col. San Román Calle Sabino	14Q0662040	2271580
12	Col. Agustín Lara Calle Santa	14Q0662312	2270663
13	Col. Petromex Calle Mata redonda	14Q0663633	2269493
14	Col. Petrolera Calle Benito Juárez	14Q0664659	2268946
15	Col. Aviación Vieja calle Ferrocarril	14Q0661652	2269187
16	Col. Nuevos proyectos Calle Buenos aires	14Q0660621	2269250
17	Col. 27 de Septiembre Calle Costa Rica	14Q0659993	2271443
18	Col. Morelos Calle Porfirio Díaz	14Q0659244	2271139
19	Col. Flores Magon Calle Matamoros	14Q0659721	2270564
20	Col. Las granjas Calle Arruza	14Q0658824	2271589
21	Frac. Hidalgo Calle Nuevo león	14Q0661267	2272839
22	Col. Palma Sola Calle Pánuco	14Q0659535	2271963
23	Tuxpan Totolapa Carretera México- Tuxpan	14Q0658956	2273910
24	Col. Totolapa Calle Tamaulipas	14Q0659540	2273316
25	Ruiz Cortinez esq.16 Oriente parque Juárez	14Q0660505	2270959
26	Plaza Gran patio frente wal Mart Blvd. Ruiz Cortinez	14Q0663053	2275191
27	Fraccionamiento villa las flores Bugambilias esq. Huerta	14Q0663228	2275611
28	Querendaro esq. Zinanpeciaro (Michoacano)	14Q0662972	2274195
29	Col. ahuehuetes entre Ciprés y Evalipto los mangos 2	14Q0664260	2271938
30	Reforma esq. Zapata col. Lázaro Cárdenas	14Q0661562	2273413
31	cementerio Descanso san Pedro col. Totolapa, Tihuatlan	14Q0658763	2273826
32	Agustín Melgar Pról. .Pozo 12 sector 1 col. Tozolapa	14Q0658232	2273079
33	Panamá esq. Hidalgo Col.27 de septiembre	14Q0660012	2271753
34	Martínez de Riobeco Esq. 2 de abril col. Laredo	14Q0660012	2270410
35	Agustín Díaz entre ciprés y chopo	14Q0661091	2271134
36	Cerro Abuelo carr. Parque de las Americas Col. Laredo	14Q0661112	2270923
37	Privada de Orizaba, colonia anahuac	14Q0662310	2269762
38	Miguel alemán , esq. Nicolás Bravo col. Zapata	14Q0664677	2269946
39	Hidalgo entre Morelos y Aldama col. Petromex	14Q0664316	2268712
40	Felipe Ángeles entre Carranza y Manuel Glez. El Vergel	14Q0662643	2268955

“Mapa preliminar de familias espectrales con fines de microzonificación sísmica de la ciudad de Poza Rica, Veracruz”



**Figura 4.5** Promedio de las razones espectrales obtenidas a partir de las 4 medidas de la vibración ambiental tomadas en cada punto (**punto 007**). La ordenada es la amplitud y la abscisa es la frecuencia en Hz. La primera grafica en dirección E-W y la segunda N-S.

#### 4.5.1.1 Interpretación del promedio de razones espectrales

La razón espectral promedio para cada dirección nos permite conocer la forma de vibrar el suelo.

Donde se presenta el pico máximo de la razón espectral es la frecuencia que nos permite obtener el periodo de vibración del suelo. En el **Apéndice I** encontramos todos los puntos realizados con su respectivo espectro.

A continuación se da unos ejemplos de cómo interpretar estos cocientes espectrales.

En el punto **P002** promedio de las razones espectrales en ambos sentidos tienen un pico que coincide en un mismo rango de frecuencias esto indica que la vibración del suelo en ambas direcciones es la misma.

Cuando se presenta una gráfica como la del punto **P032** donde el promedio de las razones espectrales es menor que uno, se puede decir que el suelo tiende a ser rígido y no presenta amplificación.

En los casos donde tenemos una mayor amplitud en las direcciones E-W Como el caso del punto **P003** se debe tomar como la amplitud relativa la mayor.

El punto **P007** tenemos efectos de sitio muy importantes alrededor de 3 Hz en las dos componentes, tomando como mayor la N-S

En la **Tabla 4.5.1** se presentan las frecuencias, periodos y amplificaciones para cada uno de los puntos en que se tomó la vibración ambiental. En los casos donde no se tiene una amplitud definida o está por debajo de uno se puede decir que dicho sitio tiende a ser rígido o suelo estable.

**Tabla 4.5.1 Tabla de Frecuencias, Periodos y Amplitud de cada punto medido con vibración ambiental en Poza Rica Veracruz.**

PUNTO	LOCALIZACION	UTM (x)	UTM (y)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (Seg.)	AMPLITUD
1	Av. Morelos, esq.18 de Marzo Col. Manuel Ávila Camacho	14Q0661928	2273298	5.5	0.181	1.5
2	Francisco Sarabia col. San Emilia	14Q0662172	2273782	4.5	0.250	2.0
3	Col. Los Sauces Calle Seguro Social	14Q0663478	2273374	3.0	0.333	1.5
4	Col. Independencia calle 2º Oriente	14Q0661957	2274100	9.0	0.111	1.5
5	Col. La seiba calle Independencia	14Q0663079	2272380	3.5	0.286	0.9
6	Col. Arroyo del Maíz Calle Isabel la Católica	14Q0663853	2271634	3.5	0.286	0.9
7	Col. Tepeyac Calle Agustín Melgar	14Q0663113	2270893	3.5	0.286	3.0
8	Col. Tepeyac atrás del mercado	14Q0663790	2270923	3.5	0.286	1.5
9	Frac. Las Palmas Calle Artículo 123	14Q0661574	2272600	5.5	0.181	0.8
10	Col. Chapultepec Calle Robles	14Q0661407	2271477	3.5	0.286	1.5
11	Col. San Román Calle Sabino	14Q0662040	2271580	3.5	0.286	2.0
12	Col. Agustín Lara Calle Santa	14Q0662312	2270663	5.0	0.200	1.5
13	Col. Petromex Calle Mata redonda	14Q0663633	2269493	4.5	0.222	1.5
14	Col. Petrolera Calle Benito Juárez	14Q0664659	2268946	8.5	0.117	1.5
15	Col. Aviación Vieja calle ferrocarril	14Q0661652	2269187	3.5	0.286	1.5
16	Col. Nuevos proyectos Calle Buenos aires	14Q0660621	2269250	4.0	0.250	2.0
17	Col. 27 de Septiembre Calle Costa Rica	14Q0659993	2271443	4.0	0.250	1.5
18	Col. Morelos Calle Porfirio Díaz	14Q0659244	2271139	6.5	0.153	1.0
19	Col. Flores Magon Calle Matamoros	14Q0659721	2270564	7.0	0.143	1.5
20	Col. Las granjas Calle Arruza	14Q0658824	2271589	4.0	0.250	0.9
21	Frac. Hidalgo Calle Nuevo león	14Q0661267	2272839	8.0	0.125	1.5

“Mapa preliminar de familias espectrales con fines de microzonificación sísmica de la ciudad de Poza Rica, Veracruz”

**Continuación Tabla 4.5.1**

<b>PUNTO</b>	<b>LOCALIZACION</b>	<b>UTM (x)</b>	<b>UTM (y)</b>	<b>FRECUENCIA (Hz)</b>	<b>PERIODO (Seg.)</b>	<b>AMPLITUD</b>
22	Col. Palma Sola Calle Pánuco	14Q0659535	2271963	1.5	0.666	1.0
23	Tuxpan Totolapa Carretera México- Tuxpan	14Q0658956	2273910	8.5	0.117	2.0
24	Col. Totolapa Calle Tamaulipas	14Q0659540	2273316	5.5	0.181	1.5
25	Ruiz Cortinez esq. 16 ore parque Juárez	14Q0660505	2270959	4.5	0.222	2.5
26	Plaza Gran patio frente Wal Mart Blvd. Ruiz Cortinez	14Q0663053	2775191	5.0	0.200	3.0
27	Fraccionamiento Villa las flores Bugambilias esq. Huerta	14Q0663228	2275611	8.0	0.130	2.5
28	Querendaro esq. Zinanpeciaro (Michoacano)	14Q00662972	2274195	9.5	0.105	2.0
29	Col. Ahuehuetes entre Ciprés y Evalipto los mangos 2	14Q0664260	2271938	4.0	0.250	2.0
30	Reforma esq. Zapata col. Lázaro Cárdenas	14Q0661562	2273413	5.0	0.200	1.5
31	cementerio Descanso san Pedro col. Totolapa, Tihuatlan, ver (cerro)	14Q0658763	2273826	4.5	0.222	2.0
32	Agustín Melgar Pról. .Pozo 12 sector 1 col. Tozolapa Tihuatlan	14Q0658232	2273079	6.5	0.156	0.9
33	Panamá esq. Hidalgo Col.27 de septiembre	14Q0660012	2271753	4.5	0.222	1.5
34	Martínez de Riobeo Esq. 2 de abril col. Laredo	14Q0660012	2270410	2.0	0.500	3.0
35	Agustín Díaz entre ciprés y chopo	14Q0661091	2271134	5.0	0.200	1.5
36	cerro abuelo carr. Parque de las americas col. Laredo	14Q0661112	2270923	4.0	0.250	2.0
37	Privada de Orizaba, colonia anahuac	14Q0662310	2269762	5.0	0.220	2.0
38	Miguel alemán , esq. Nicolás Bravo col. Zapata (cerro no pavimentado)	14Q0664677	2269946	4.0	0.250	2.5
39	Hidalgo entre Morelos y Aldama col. Petromex	14Q0664316	2268712	5.5	0.181	2.0
40	Felipe Ángeles entre Carranza y Manuel Glez. col-El Vergel (no pavimento)	14Q0662643	2268955	3.5	0.286	2.5

#### **4.5.1.2 Familias de formas espectrales**

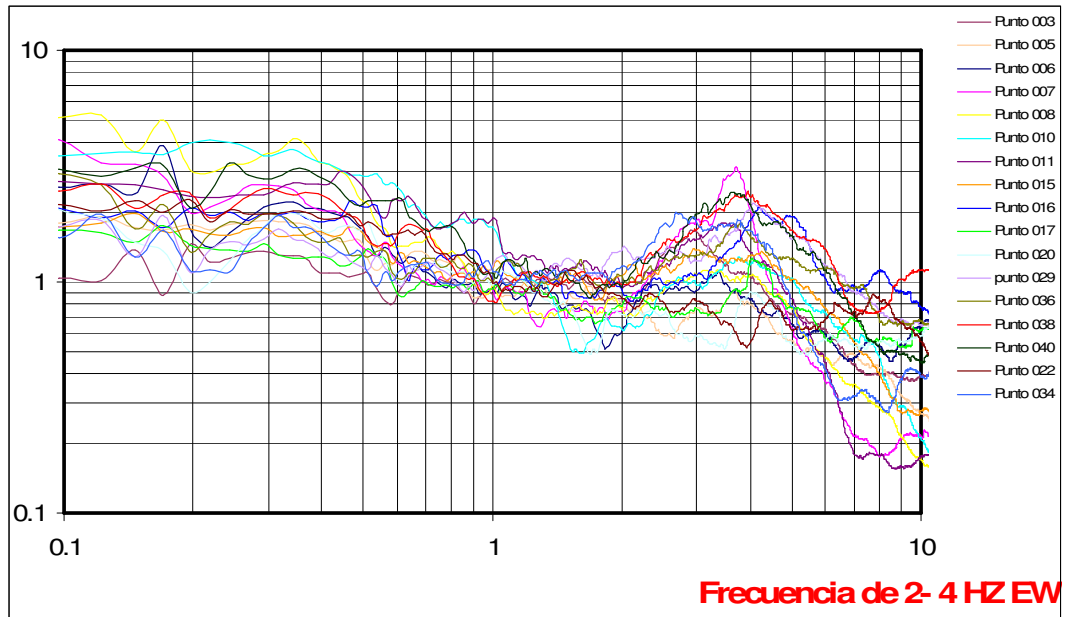
La clasificación de los promedios de las razones espectrales se hizo agrupando en familias de razones espectrales de acuerdo a la frecuencia en donde se presenta la máxima amplitud.

Una primera familia con rango de frecuencia de 2 a 4 Hz y en donde encontramos los puntos: 22, 34, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 17, 20, 21, 29, 36, 38, 40. **(Figura 4.5.1.2).**

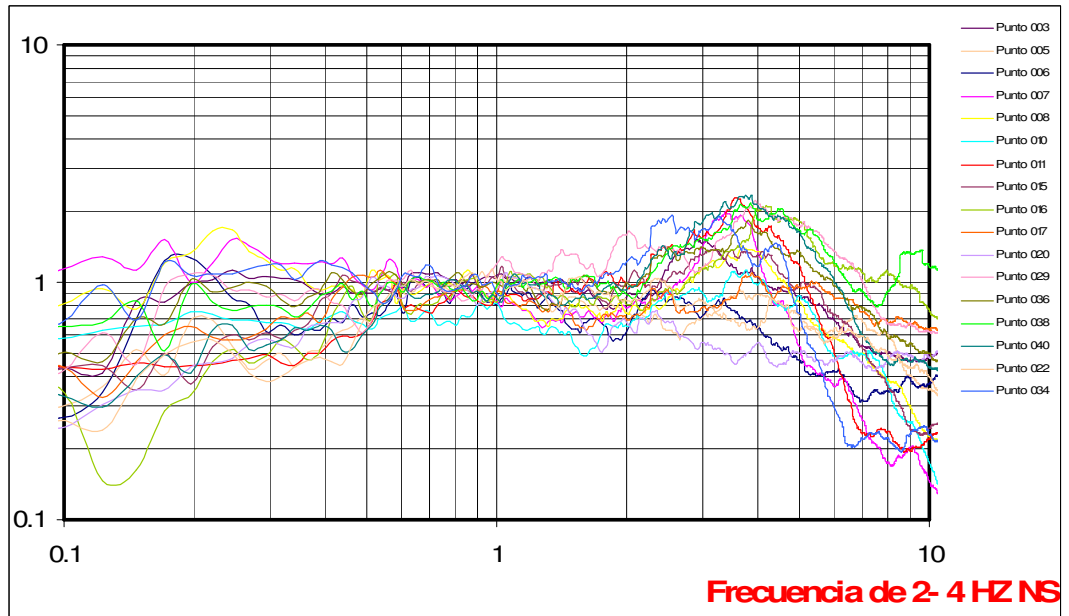
La segunda familia con rango de frecuencia de 4 a 6 Hz, y encontramos los puntos: 1, 2, 9, 12, 13, 24, 25, 26, 30, 31, 33, 35, 37, 39. **(Figura 4.5.1.3).**

La tercer familia con rango de frecuencia de 6 a 8 Hz encontramos los puntos 18, 19, 32, 21, 27, 4, 14, 23, 28 **(Figura 4.5.1.4).**

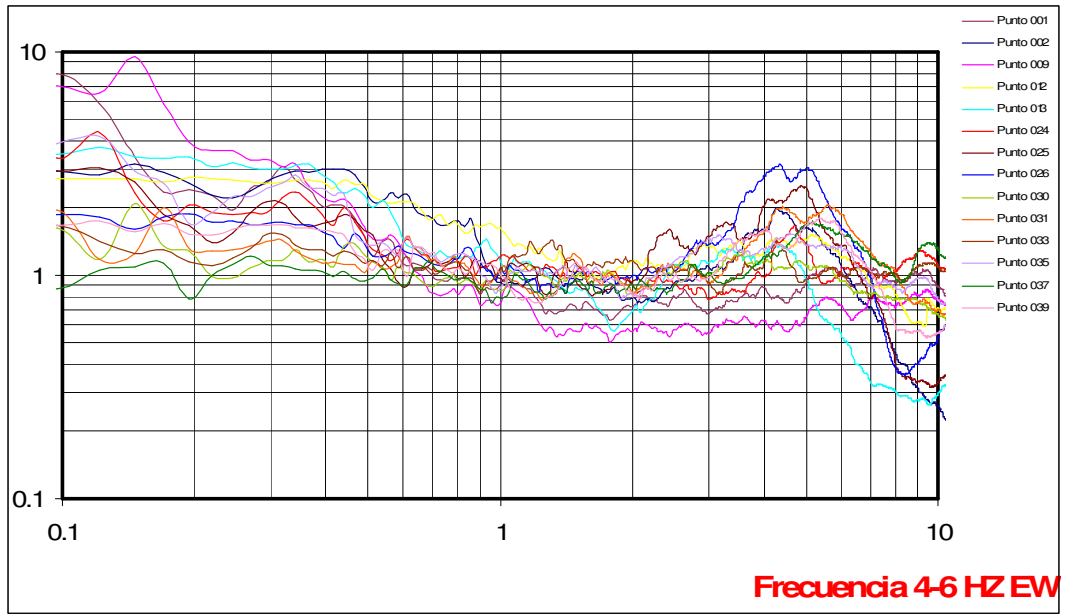
## FAMILIAS ESPECTRALES



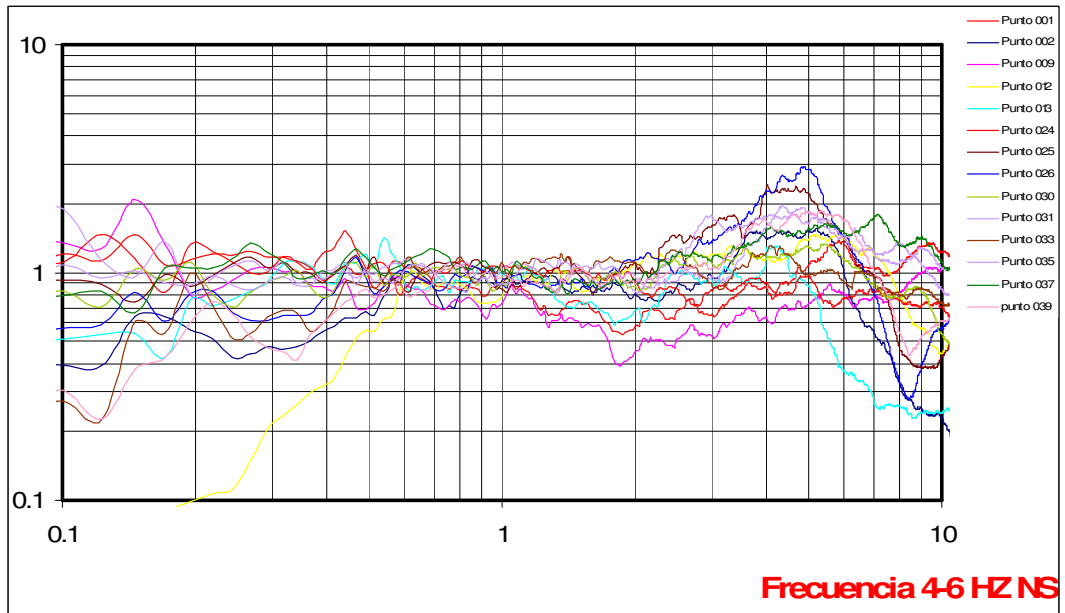
(Figura 4.5.1.2)



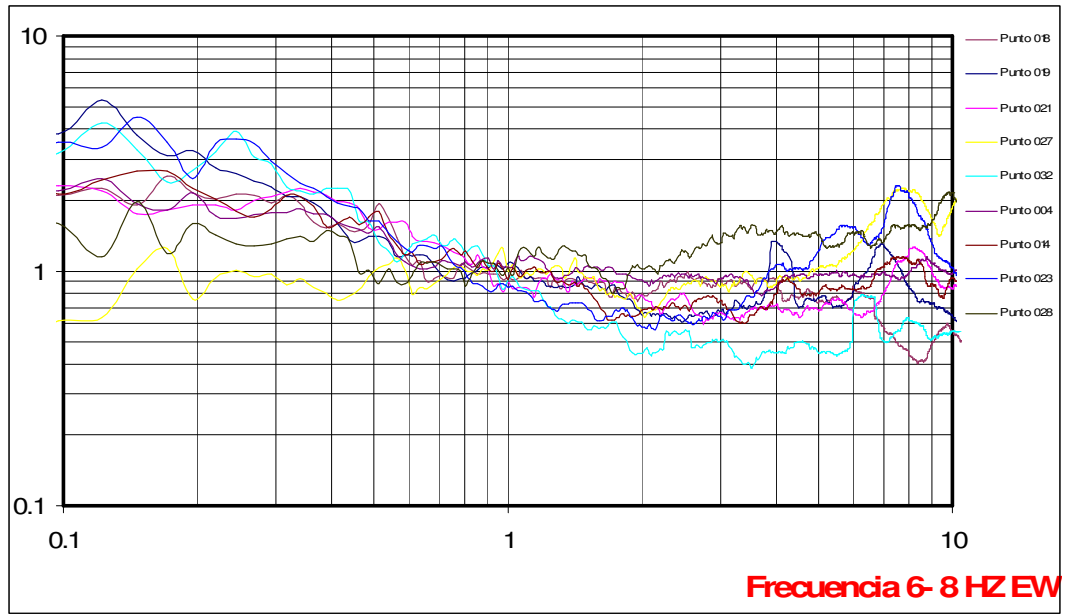
(Figura 4.5.1.2)



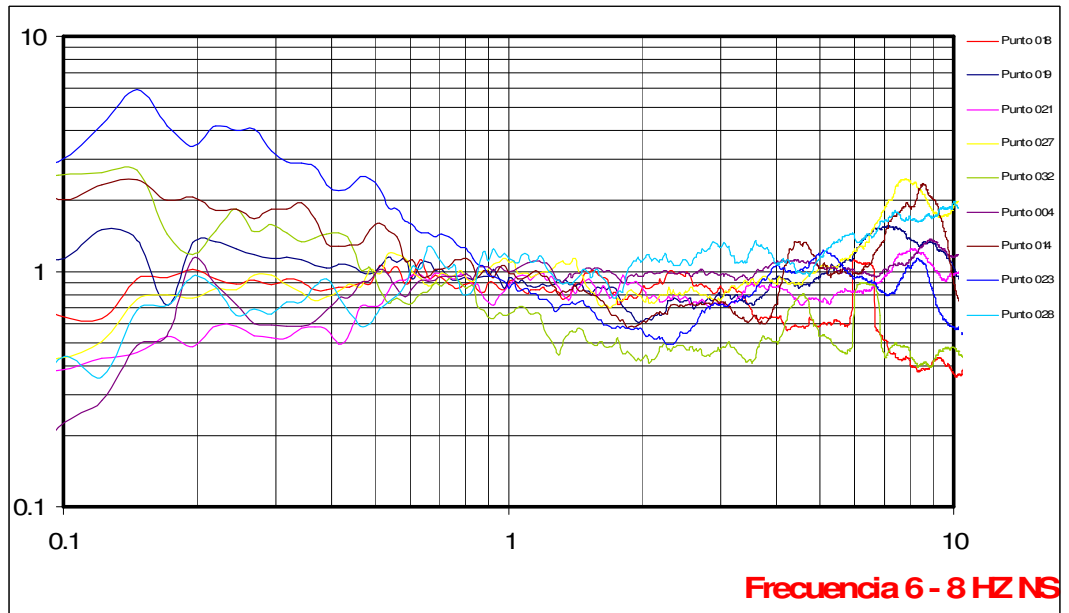
(Figura 4.5.1.3)



(Figura 4.5.1.3)



(Figura 4.5.1.4)

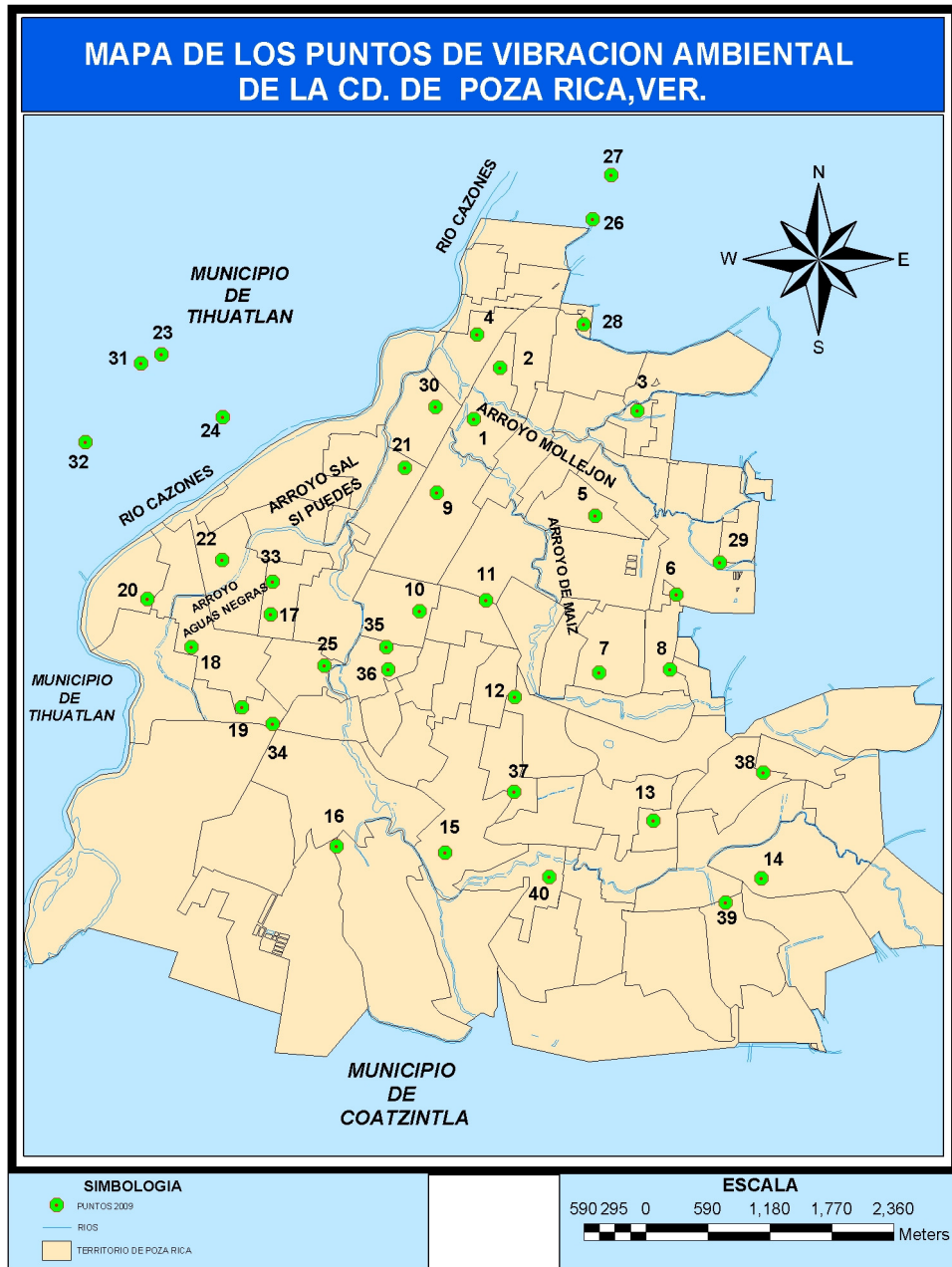


(Figura 4.5.1.4)

## **5. Mapa preliminar de familias de formas espectrales**

Los puntos 40 puntos en donde se realizó vibración ambiental en la ciudad de Poza Rica, Ver., se dibujaron en un mapa georeferenciado de la ciudad. Los puntos aparecen con su respectivo número (**Mapa 5.1**).

Para obtener el mapa de familias espectrales se clasificaron los 40 puntos de acuerdo a la frecuencia donde se presenta la mayor amplitud. Con esto se pudieron establecer áreas de igual forma de vibrar tal y como se muestra en el **Mapa 5.2**.



**Mapa 5.1**

## **6. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES**

Se realizaron 40 puntos en donde encontramos el periodo dominante del suelo, utilizando la técnica de Nakamura a partir de los registros de vibración ambiental, así mismo la amplificación relativa estimada con vibración ambiental. Aunque con estos 40 puntos donde se tomaron muestras de la vibración ambiental se tiene un resultado preliminar de la zona. En el futuro el número de puntos podría incrementarse para tener una mayor exactitud de la forma de vibrar de los diferentes sitios de la ciudad.

Con los resultados obtenidos en este trabajo se está en la posibilidad de establecer recomendaciones para proyectos y construcciones civiles para la zona, así como para tomar medidas preventivas de protección civil.

Se recomienda realizar sondeos geotécnicos las áreas de expansión de la ciudad.

## REFERENCAS

- Referencia 1.** 2005. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave
- Referencia 2.** SSN Servicio Sismológico Nacional ([www.ssn.com](http://www.ssn.com))
- Referencia 3.** Diario de Xalapa 24 de mayo 2007
- Referencia 4.** Ing. Mario Alberto Nieto MCS Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba, Dep. Ing. civil. Análisis estructural II pp. 22-24.
- Referencia 5.** Doctor Abelardo Cantù Chapra Instituto Politécnico Nacional, Revista PetroQuimex marzo-abril 2008 Págs. 24-30
- Referencia 6.** INEGI 2007, CONA GUA 2005 ([www.inegi.com](http://www.inegi.com).)
- Referencia 7.** INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM (Sismología e Instrumentación sismología)
- Referencia 8.** Leyva Soberanis R., Tesis “Obtención de las curvas de isoperiodo de la zona conurbana Veracruz-Boca del Río, pps15-27.
- Referencia 9.** Ma. Teresa Orozco Esquivel y Luca Ferrari Centro de Geociencia, UNAM campus Juriquilla Querétaro, Qro México pp. 153-154.
- Referencia 10.** **Rosset et al 2001**

# **APÉNDICE**

## **I**

# **RAZONES**

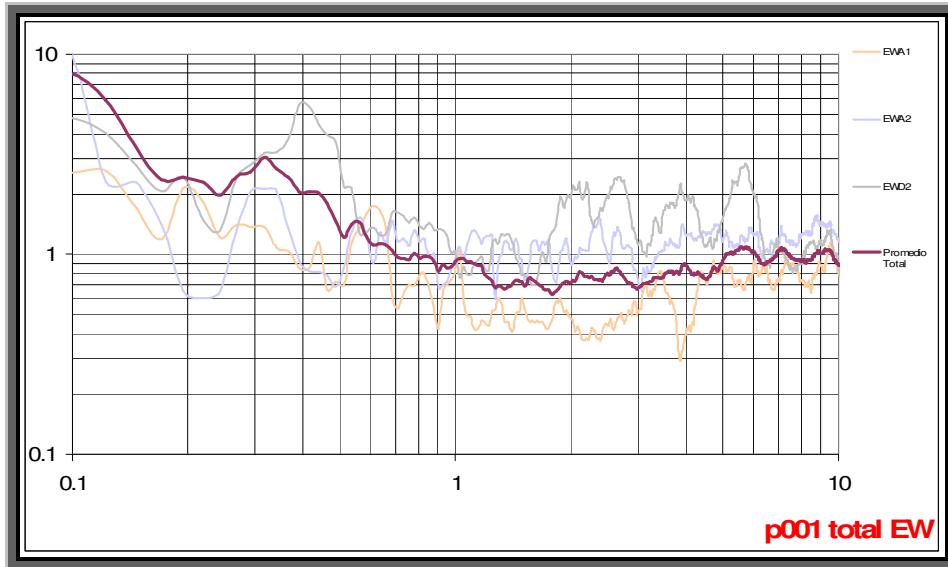
# **ESPECTRALES**

## VIBRACIÓN AMBIENTAL

POZA RICA

PROMEDIO – P001

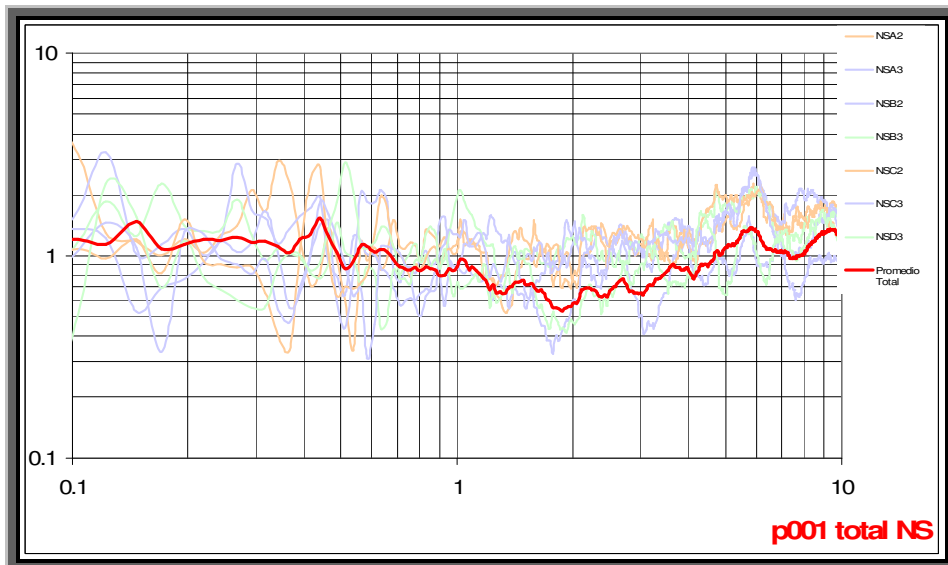
(EW/Z)



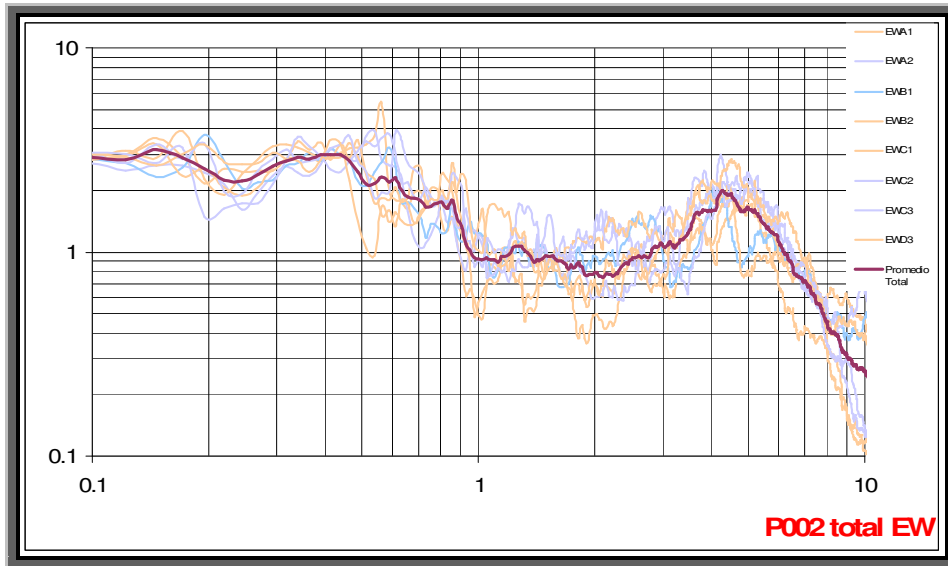
POZA RICA

PROMEDIO – P001

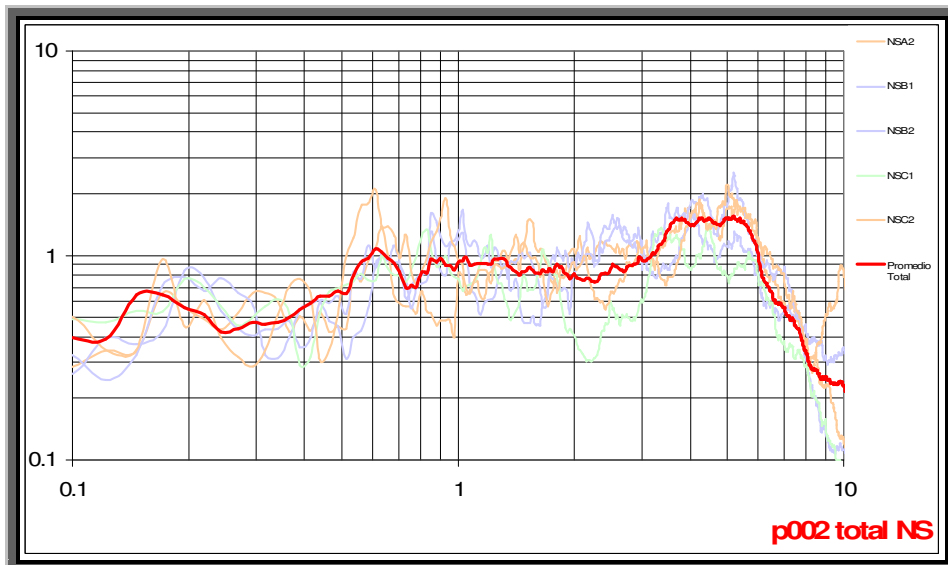
(NS/Z)



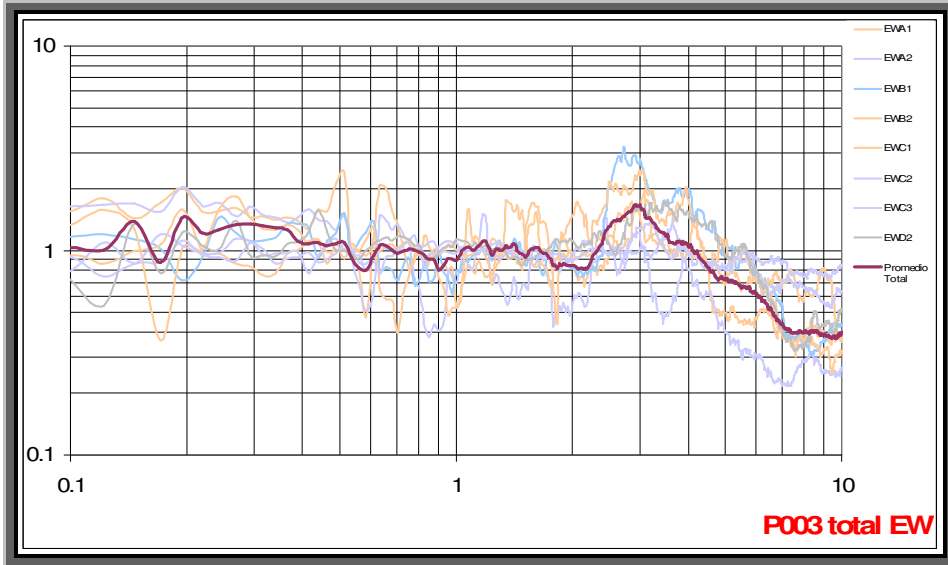
**POZA RICA      PROMEDIO – P002      (EW/Z)**



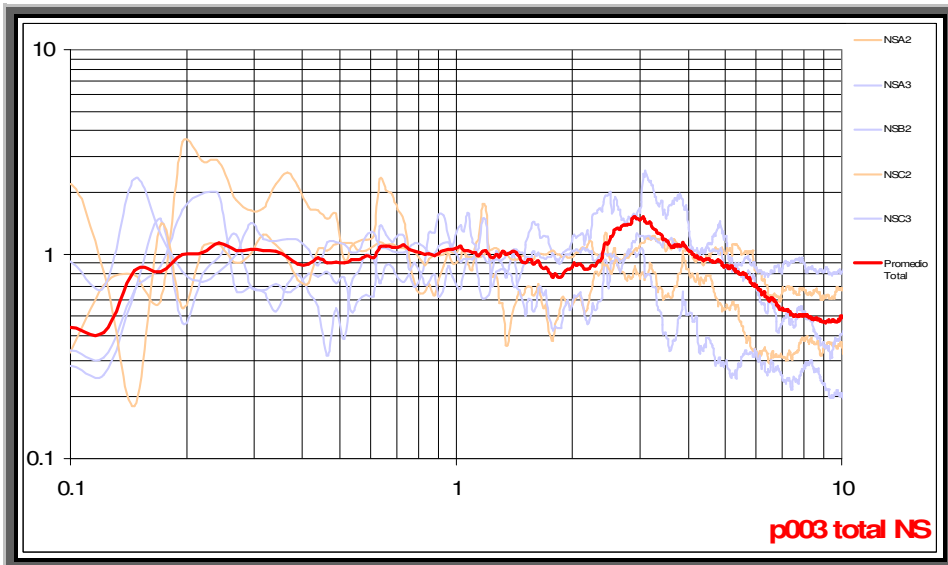
**POZA RICA      PROMEDIO – P002      (NS/Z)**



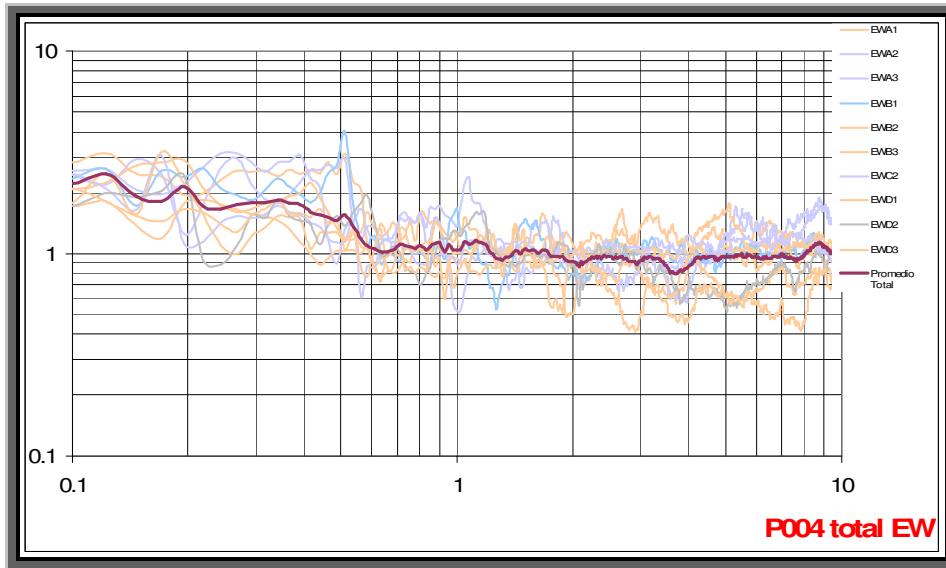
**POZA RICA      PROMEDIO – P003      (EW/Z)**



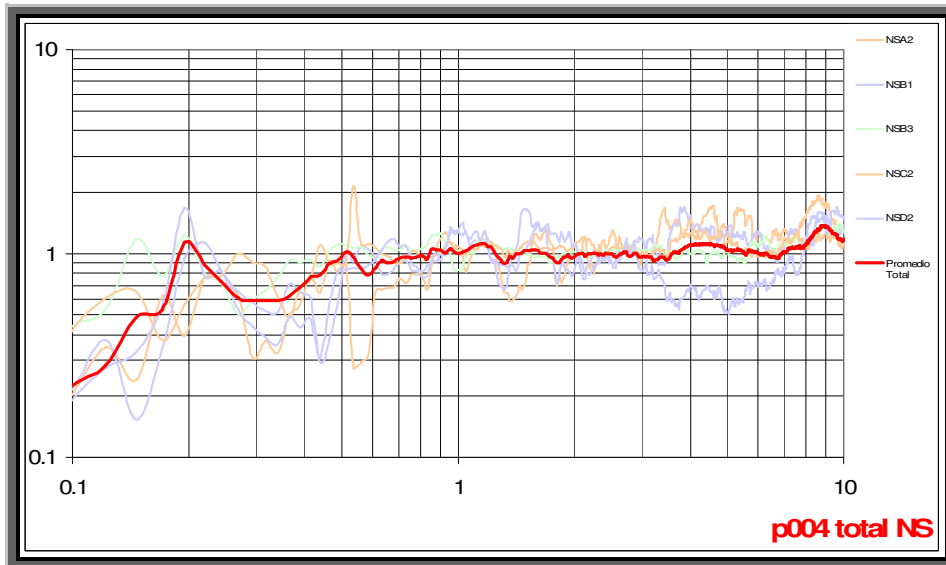
**POZA RICA      PROMEDIO – P003      (NS/Z)**



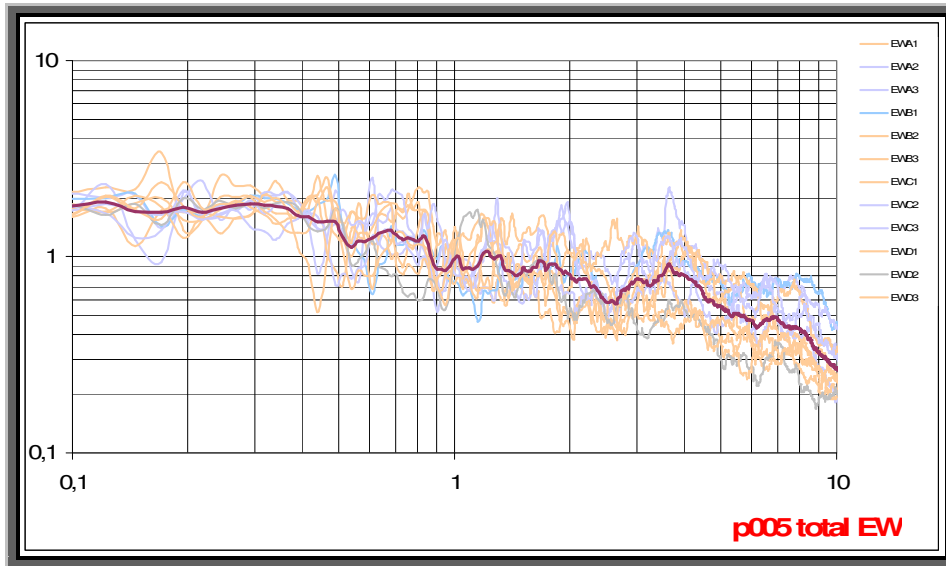
**POZA RICA      PROMEDIO – P004      (EW/Z)**



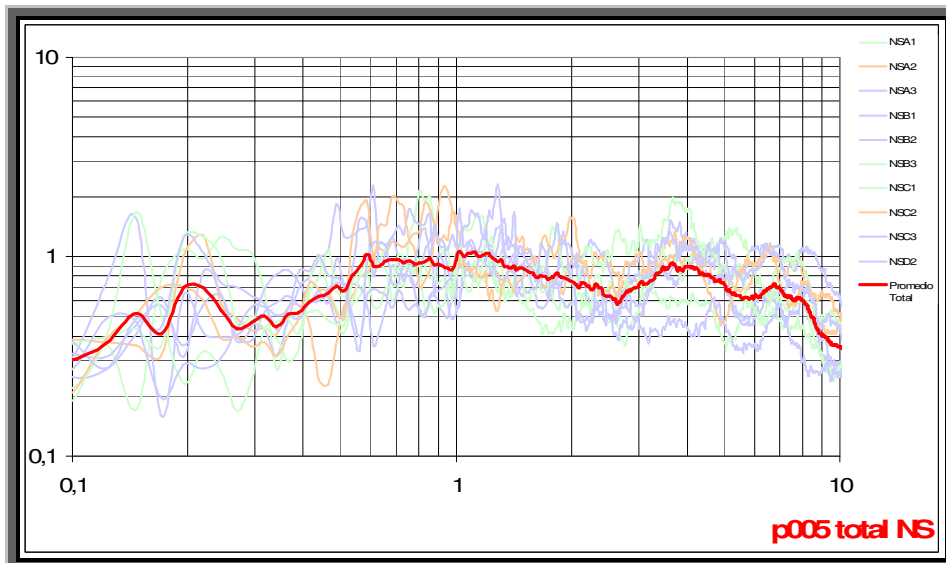
**POZA RICA      PROMEDIO – P004      (NS/Z)**



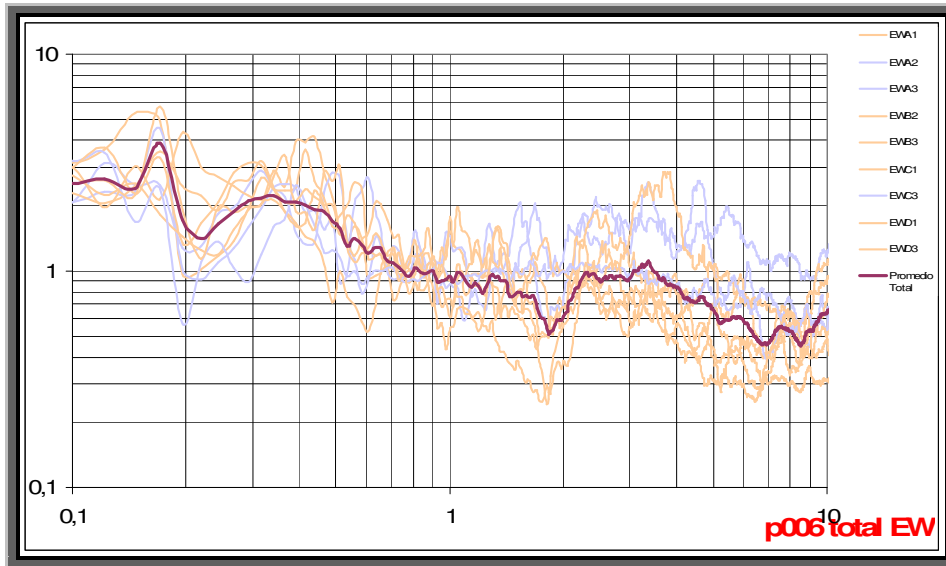
**POZA RICA      PROMEDIO – P005      (EW/Z)**



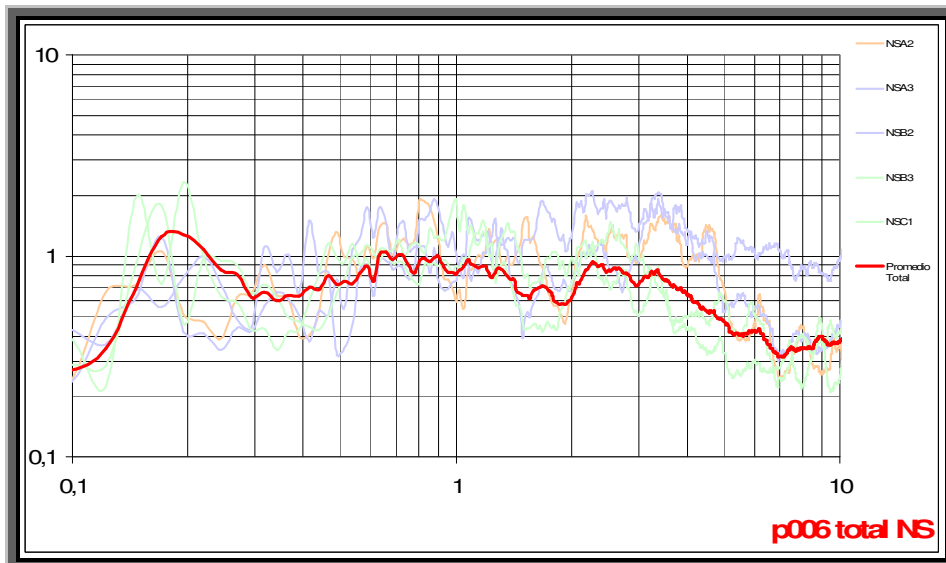
**POZA RICA      PROMEDIO – P005      (NS/Z)**



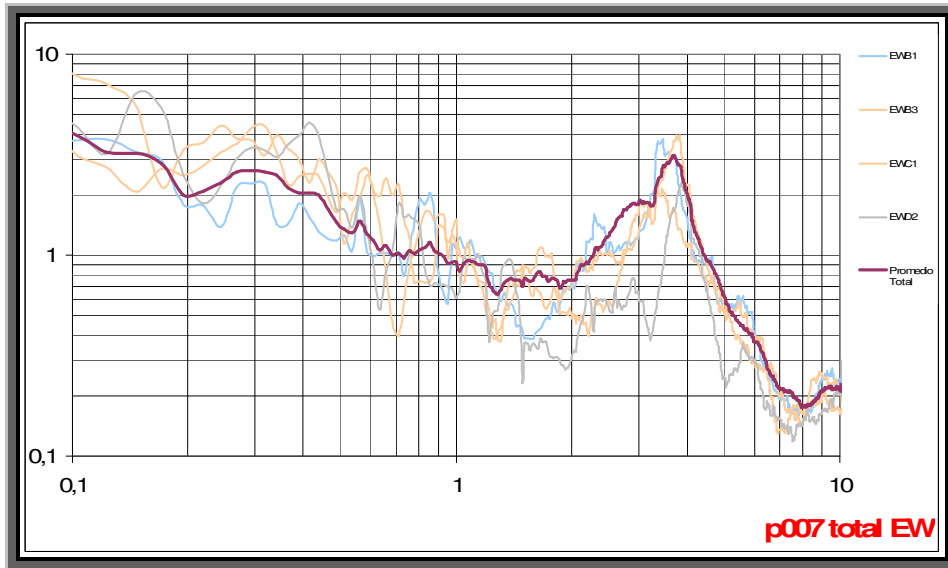
**POZA RICA      PROMEDIO – P006      (EW/Z)**



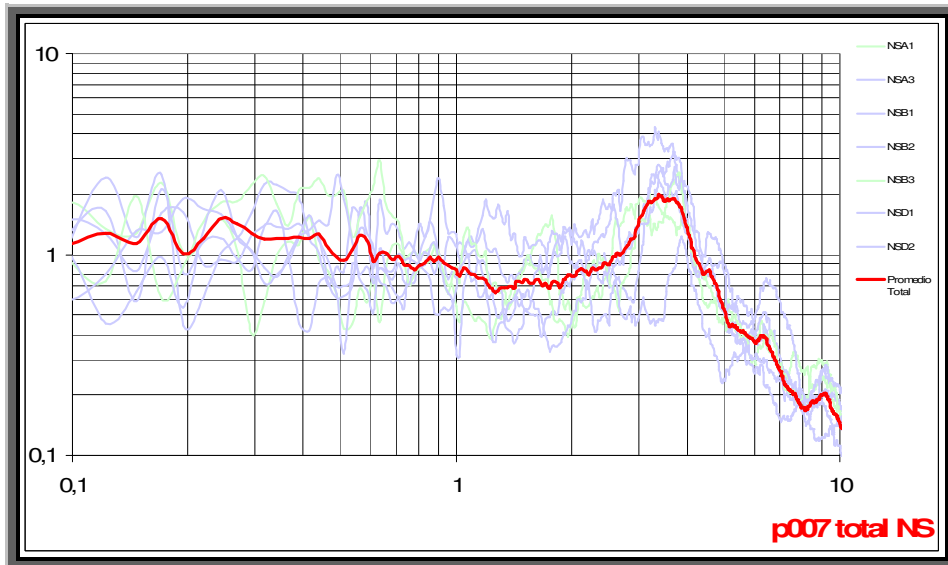
**POZA RICA      PROMEDIO – P006      (NS/Z)**



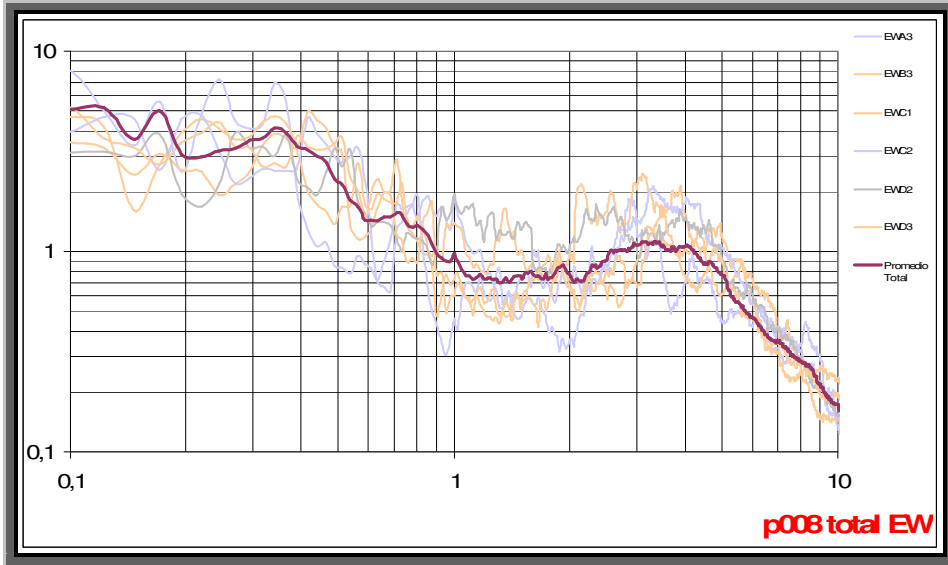
**POZA RICA      PROMEDIO – P007      (EW/Z)**



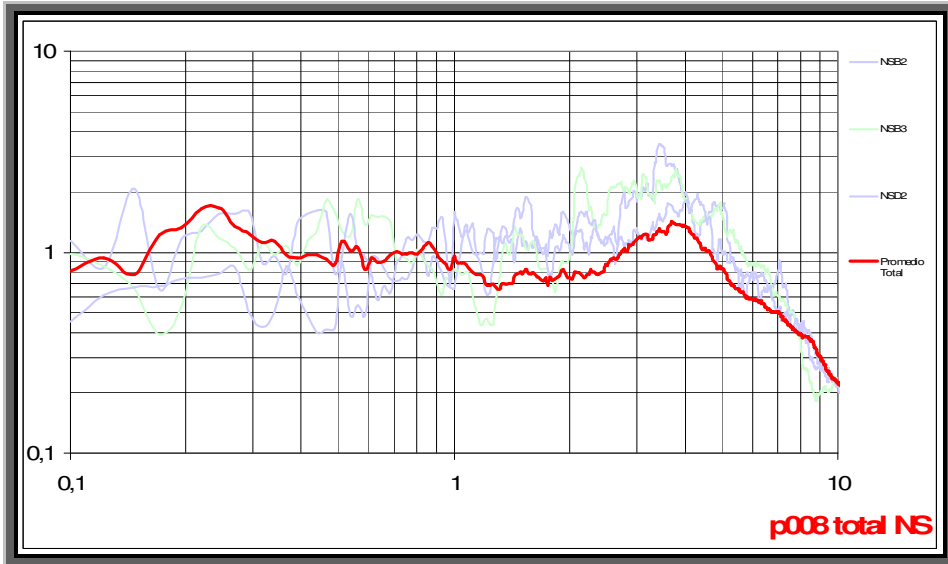
**POZA RICA      PROMEDIO – P007      (NS/Z)**



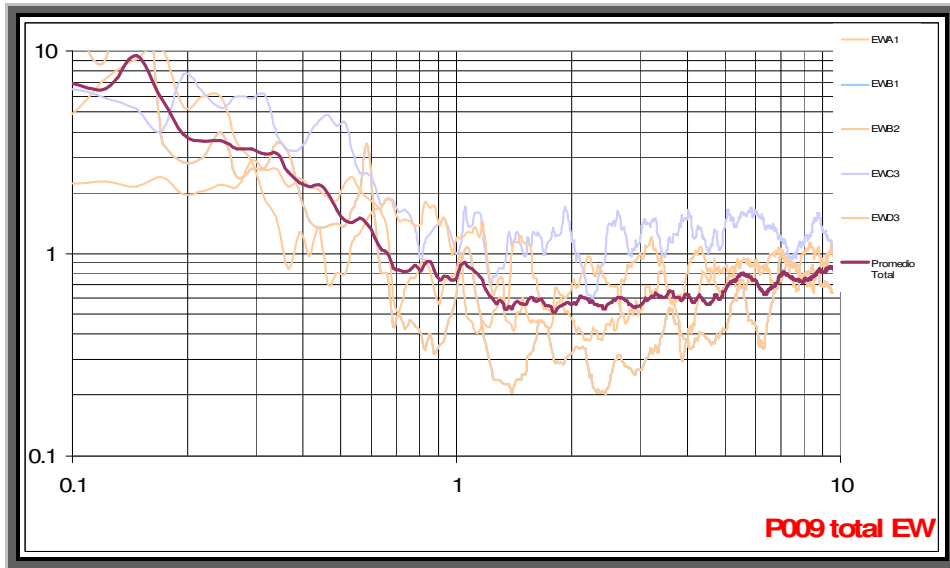
**POZA RICA      PROMEDIO – P008      (EW/Z)**



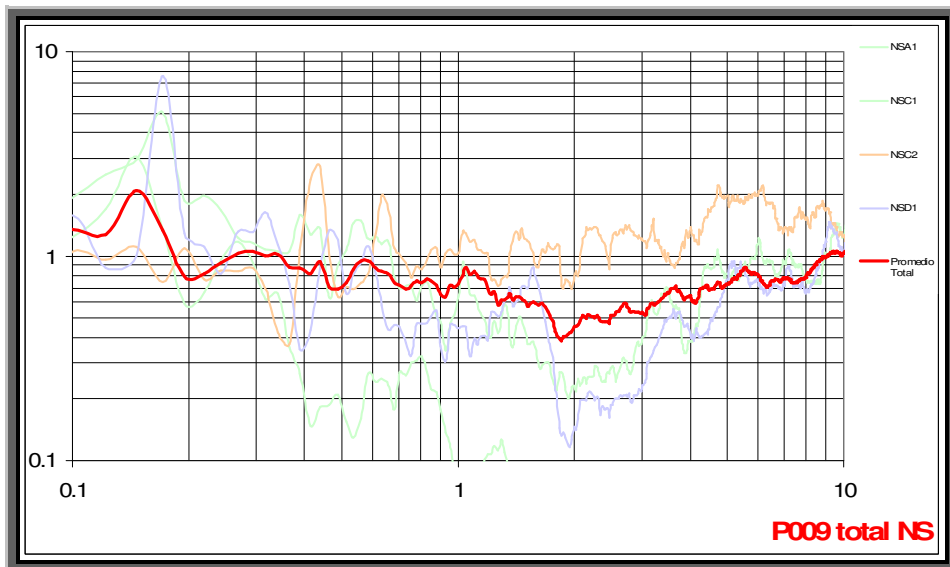
**POZA RICA      PROMEDIO – P008      (NS/Z)**



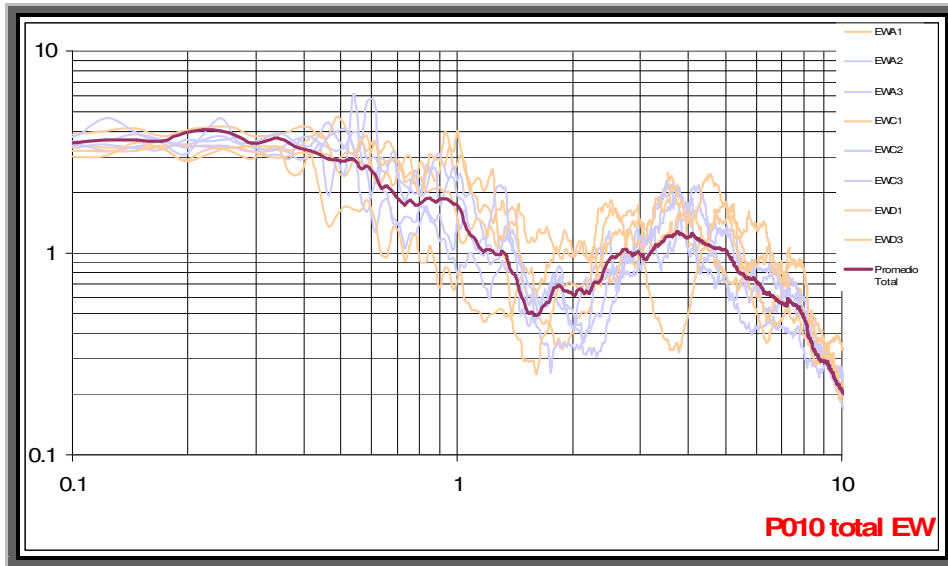
**POZA RICA      PROMEDIO – P009      (EW/Z)**



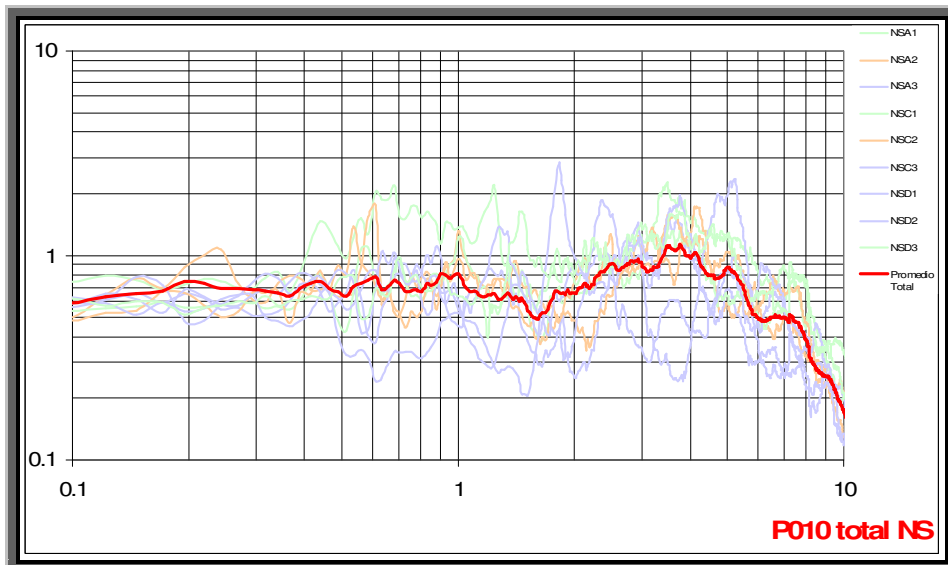
**POZA RICA      PROMEDIO – P009      (NS/Z)**



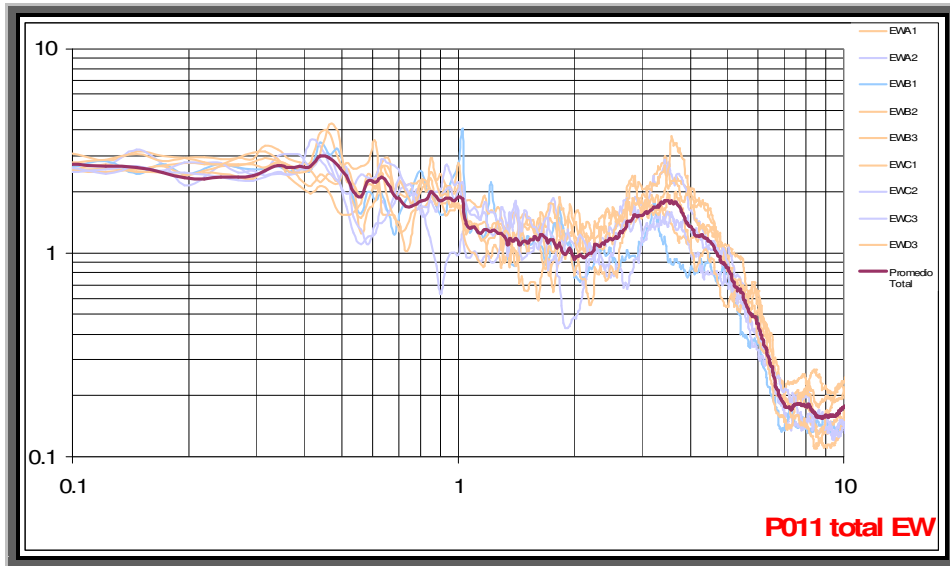
**POZA RICA      PROMEDIO – P010      (EW/Z)**



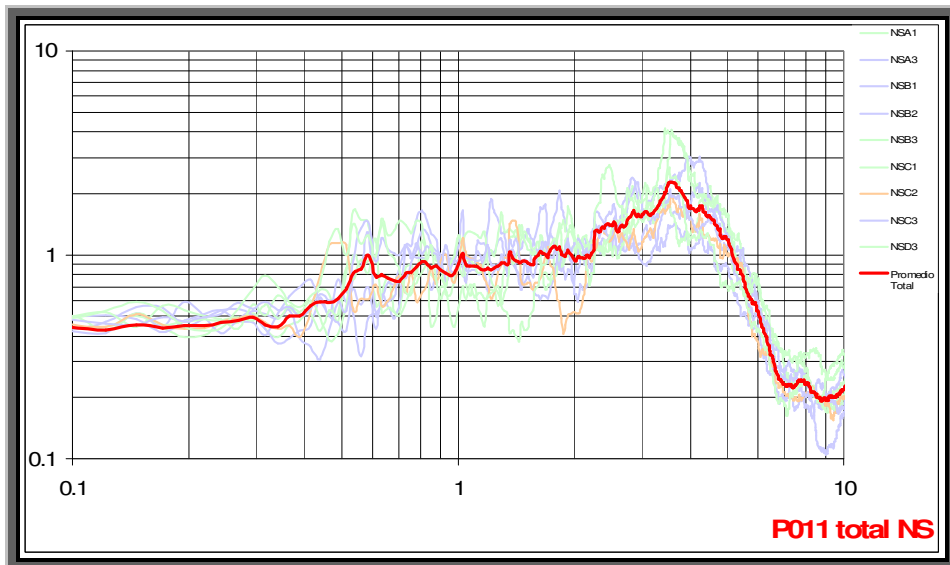
**POZA RICA      PROMEDIO – P010      (NS/Z)**



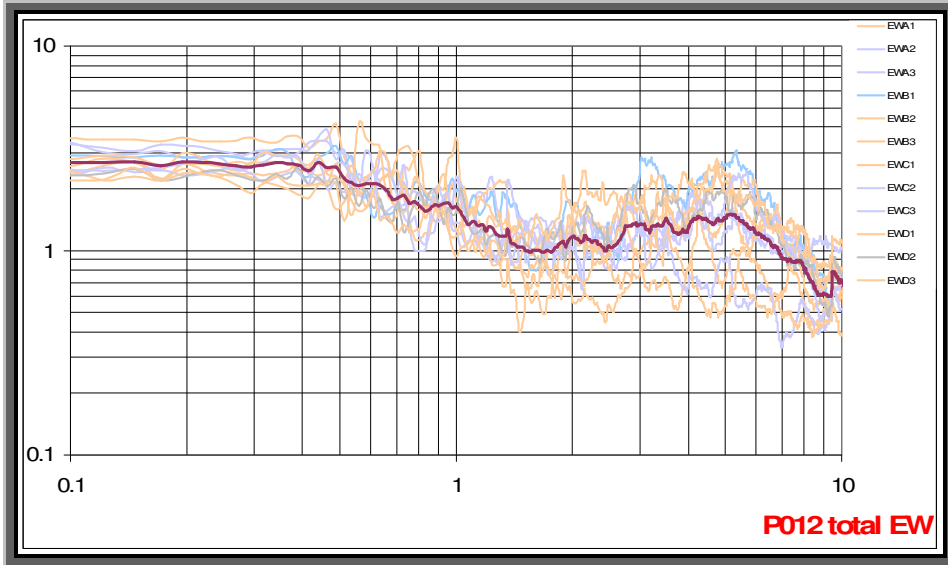
**POZA RICA      PROMEDIO – P011      (EW/Z)**



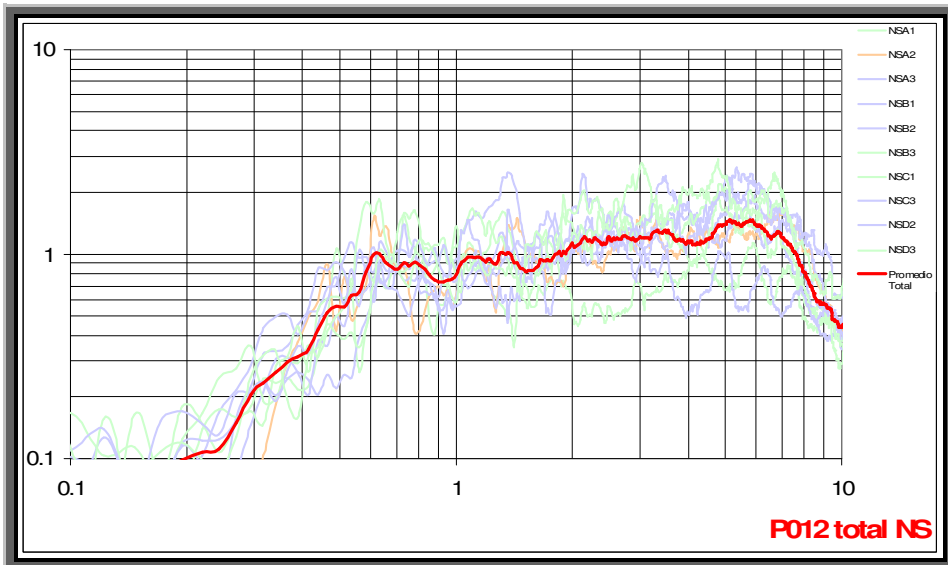
**POZA RICA      PROMEDIO – P011      (NS/Z)**



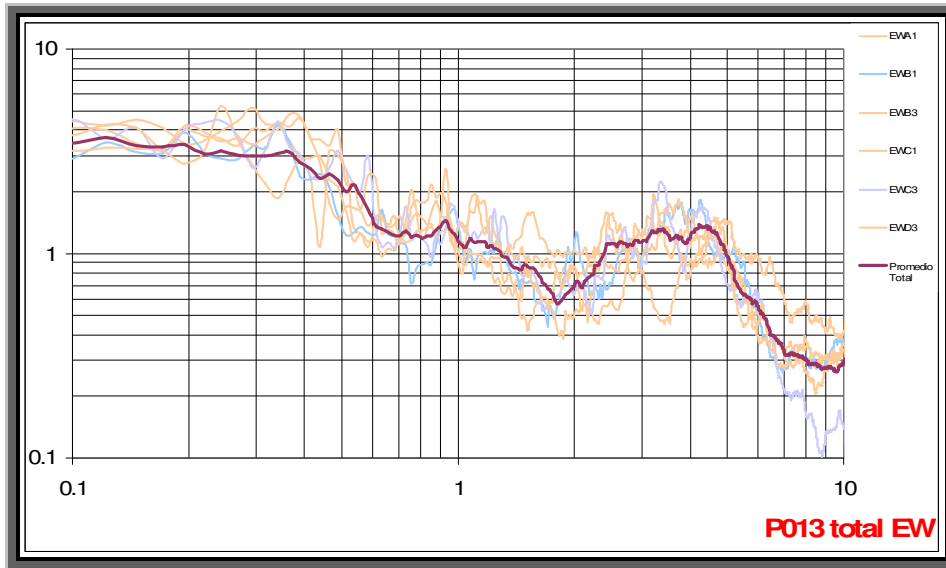
**POZA RICA      PROMEDIO – P012      (EW/Z)**



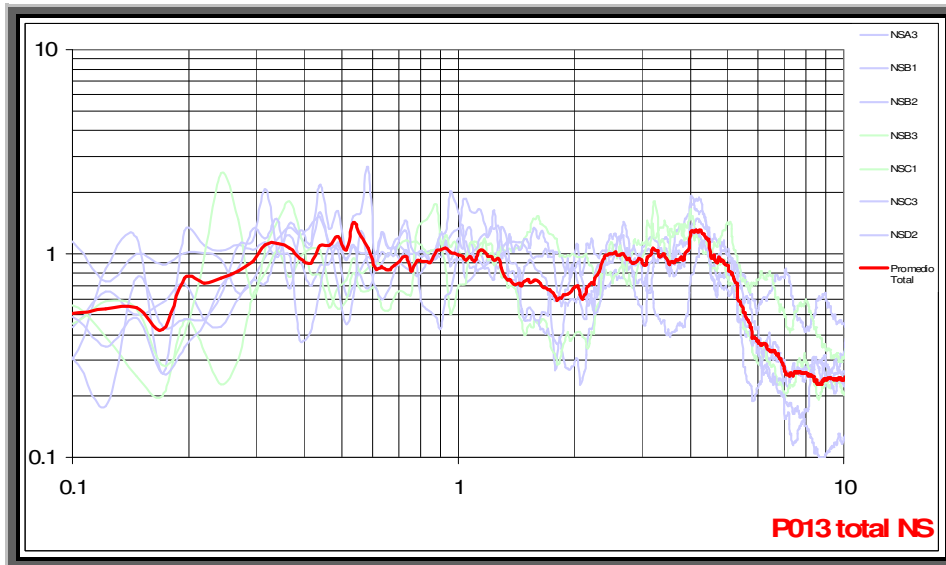
**POZA RICA      PROMEDIO – P012      (NS/Z)**



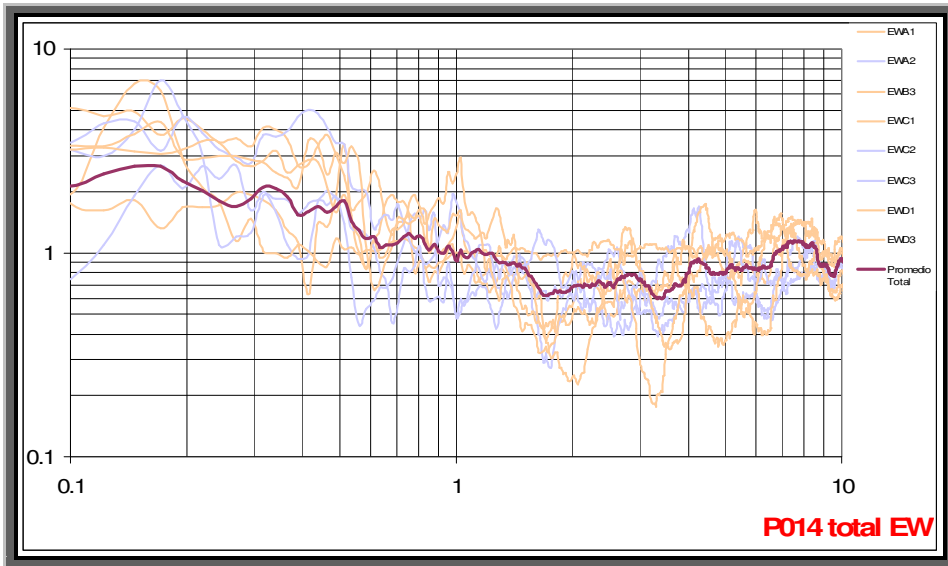
**POZA RICA      PROMEDIO – P013      (EW/Z)**



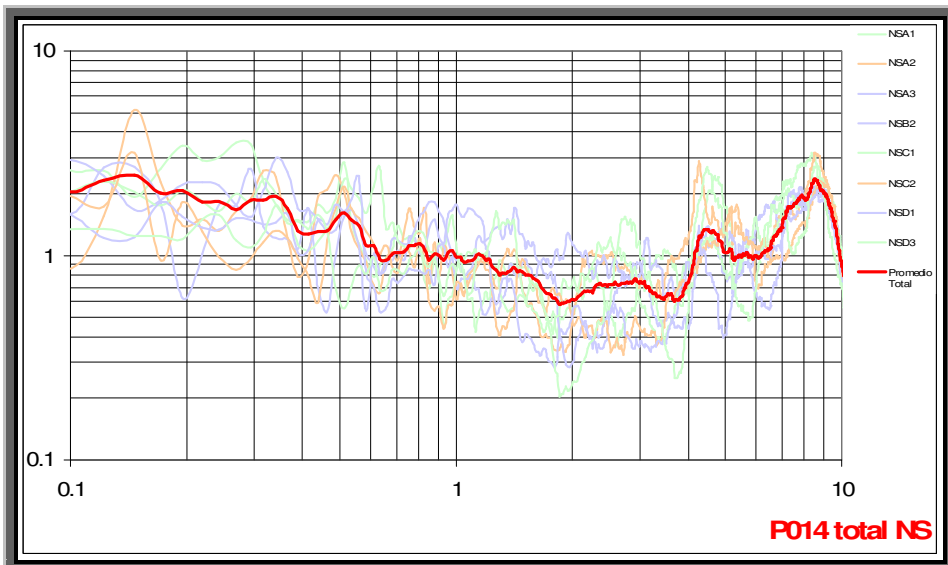
**POZA RICA      PROMEDIO – P013      (NS/Z)**



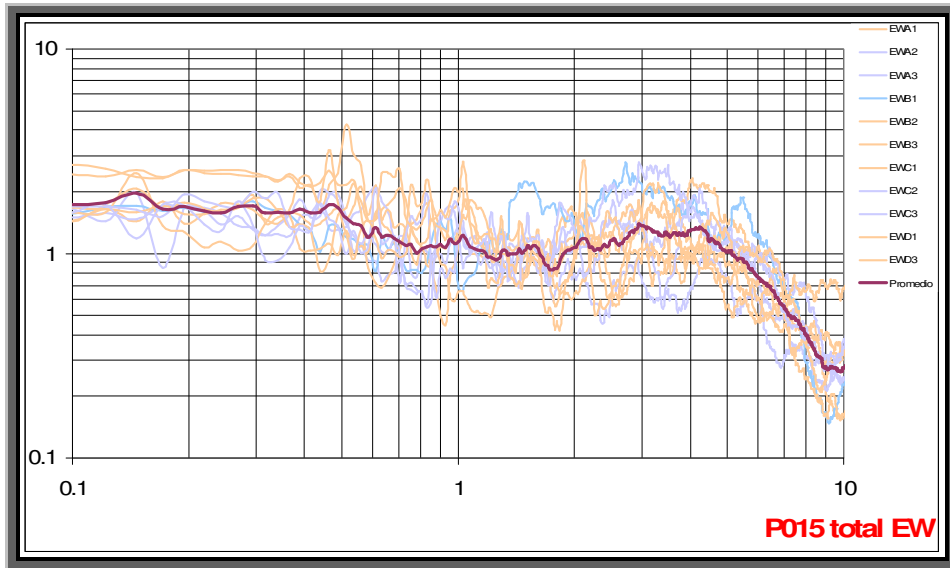
**POZA RICA      PROMEDIO – P014      (EW/Z)**



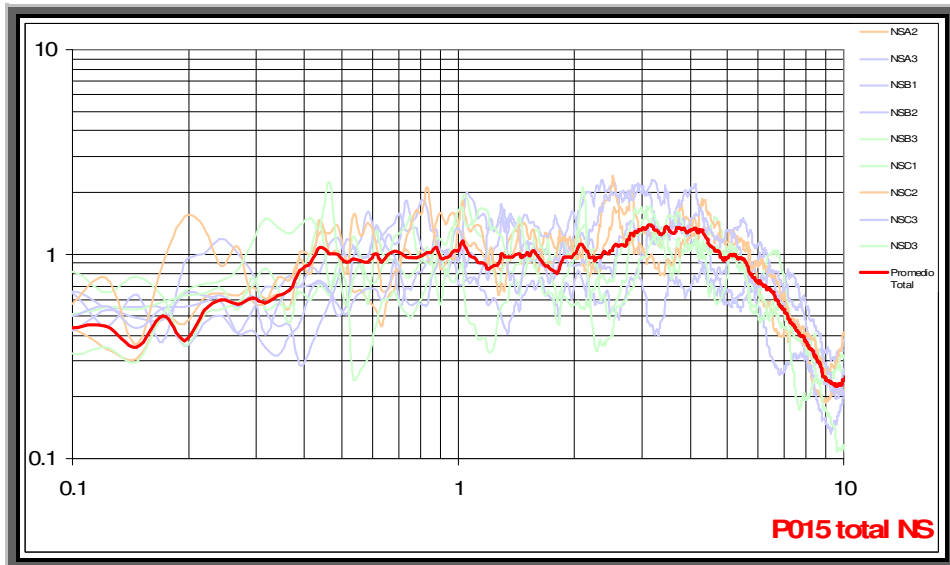
**POZA RICA      PROMEDIO – P014      (NS/Z)**



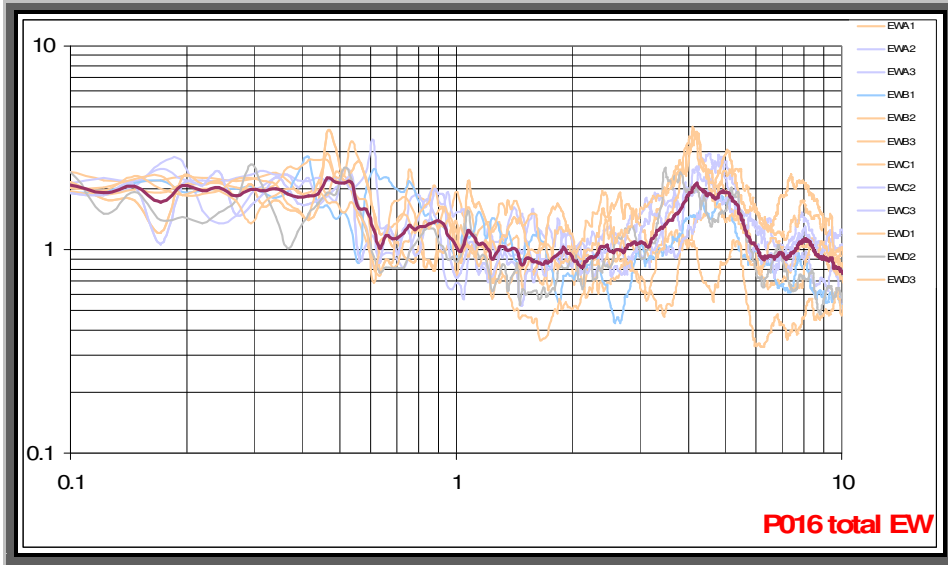
**POZA RICA      PROMEDIO – P015      (EW/Z)**



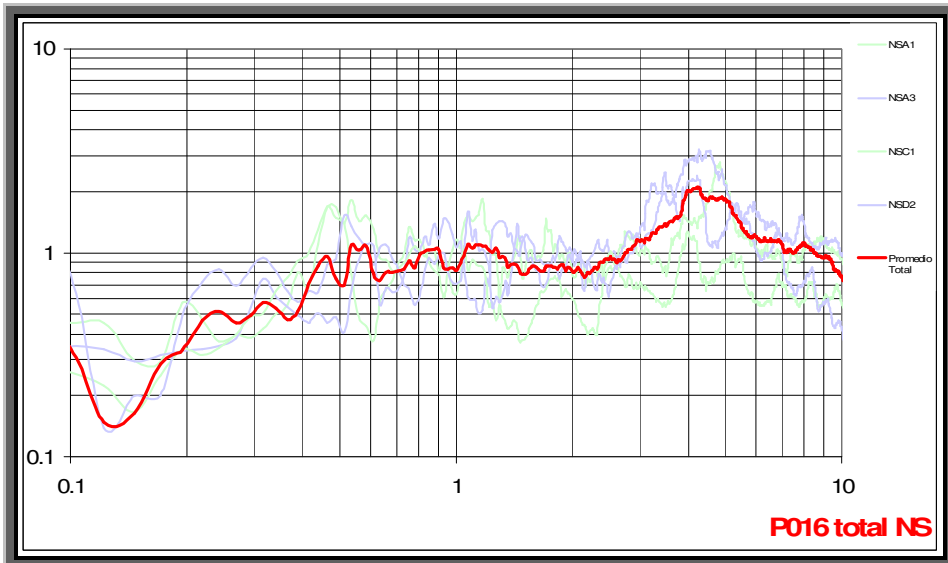
**POZA RICA      PROMEDIO – P015      (NS/Z)**



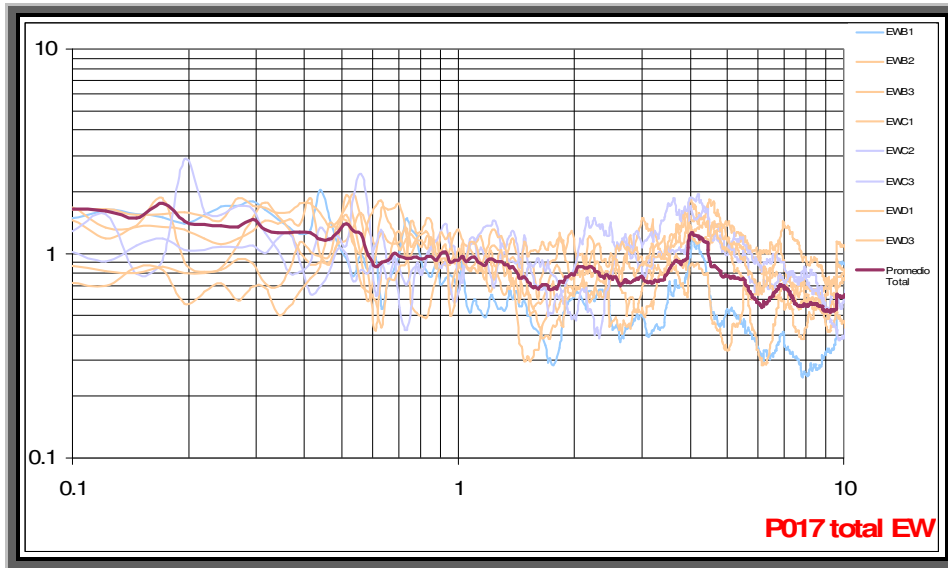
**POZA RICA      PROMEDIO – P016      (EW/Z)**



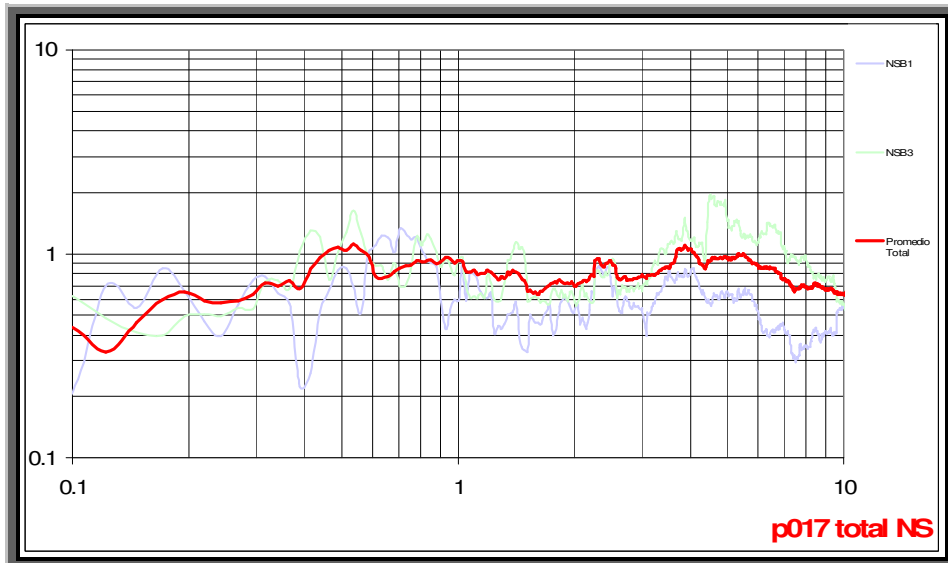
**POZA RICA      PROMEDIO – P016      (NS/Z)**



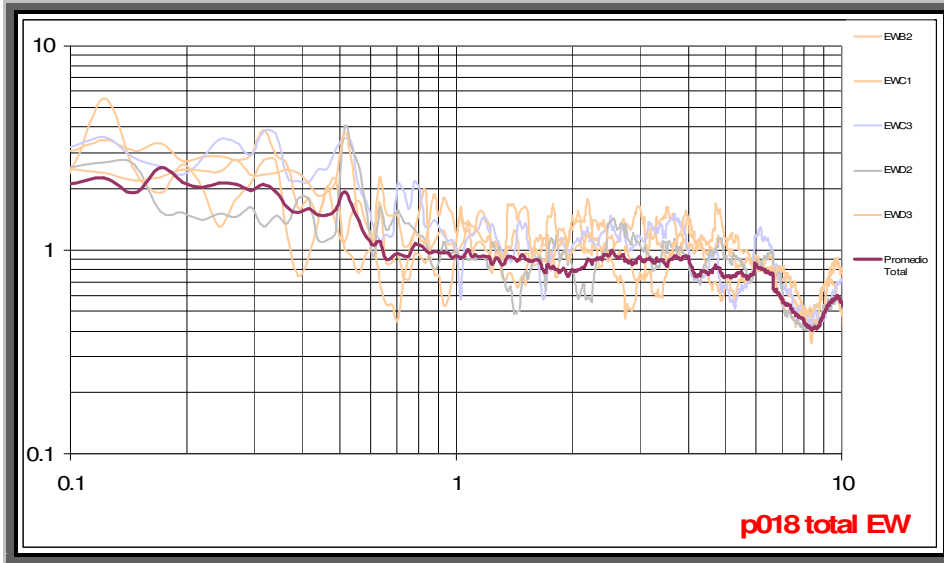
**POZA RICA      PROMEDIO – P017      (EW/Z)**



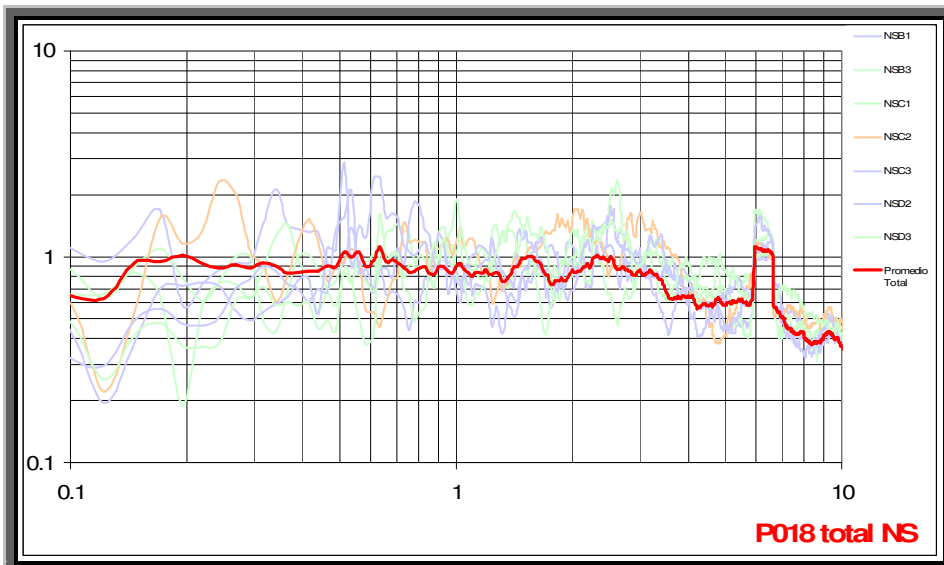
**POZA RICA      PROMEDIO – P017      (NS/Z)**



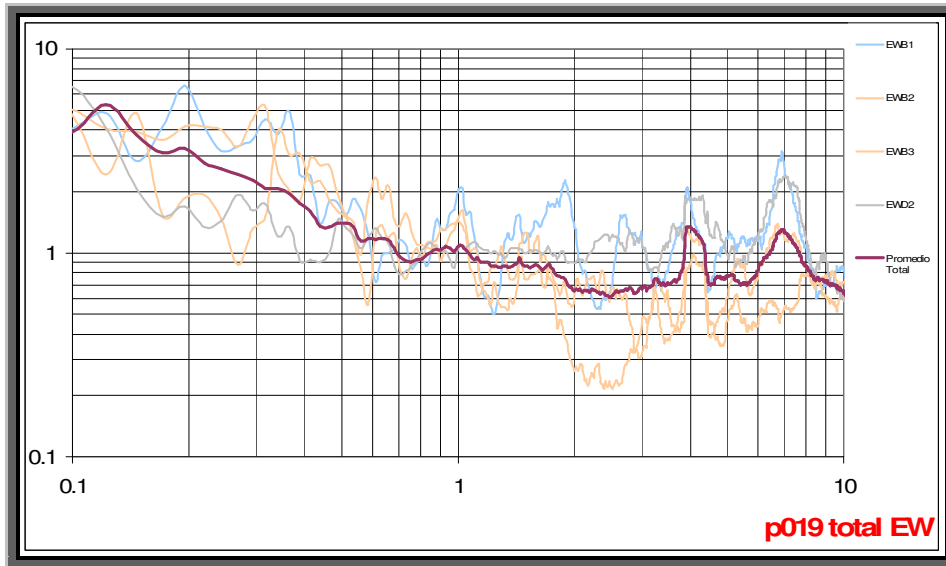
**POZA RICA      PROMEDIO – P018      (EW/Z)**



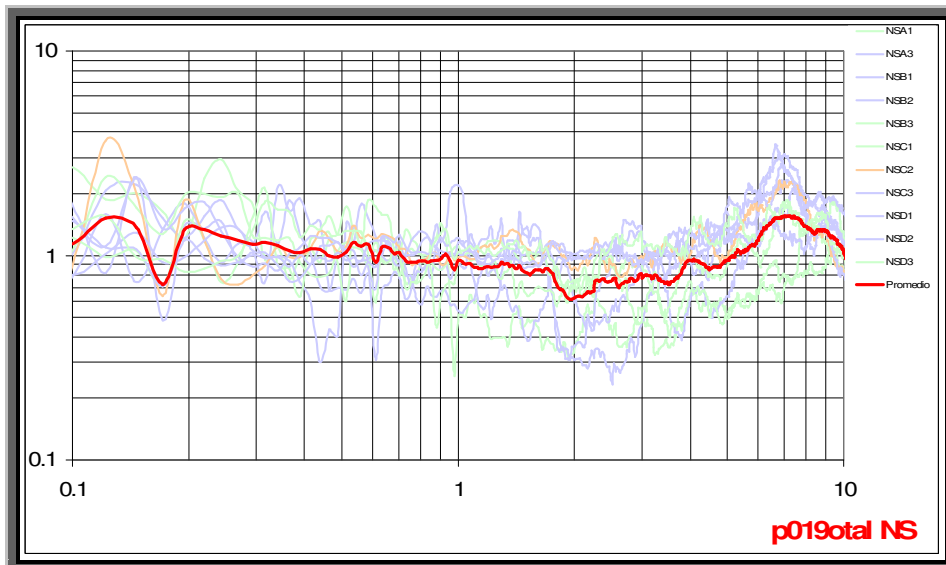
**POZA RICA      PROMEDIO – P018      (NS/Z)**



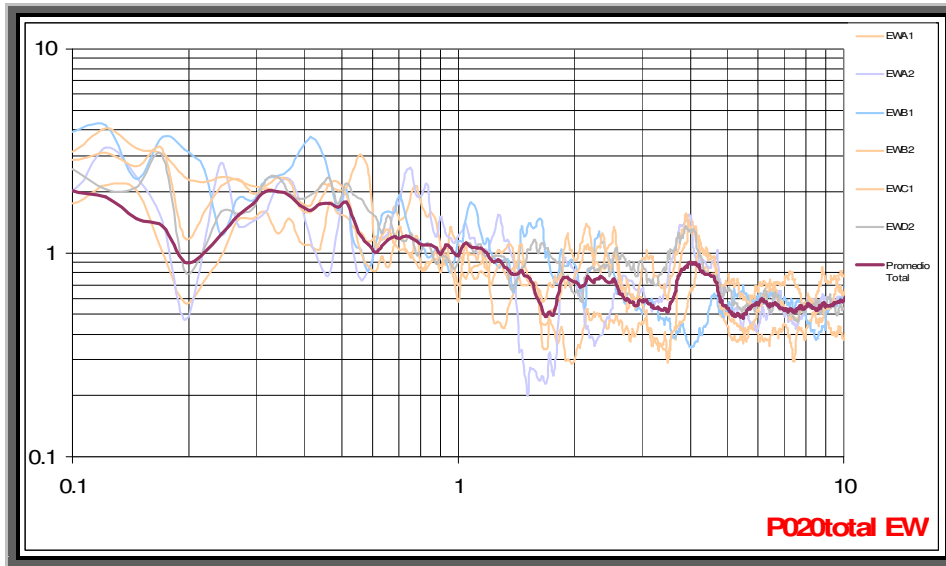
**POZA RICA      PROMEDIO – P019      (EW/Z)**



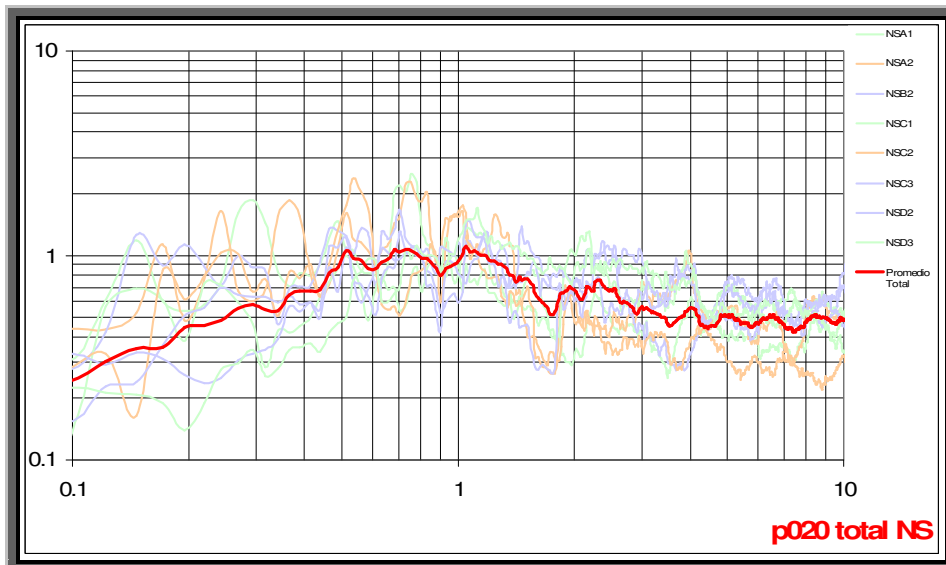
**POZA RICA      PROMEDIO – P019      (NS/Z)**



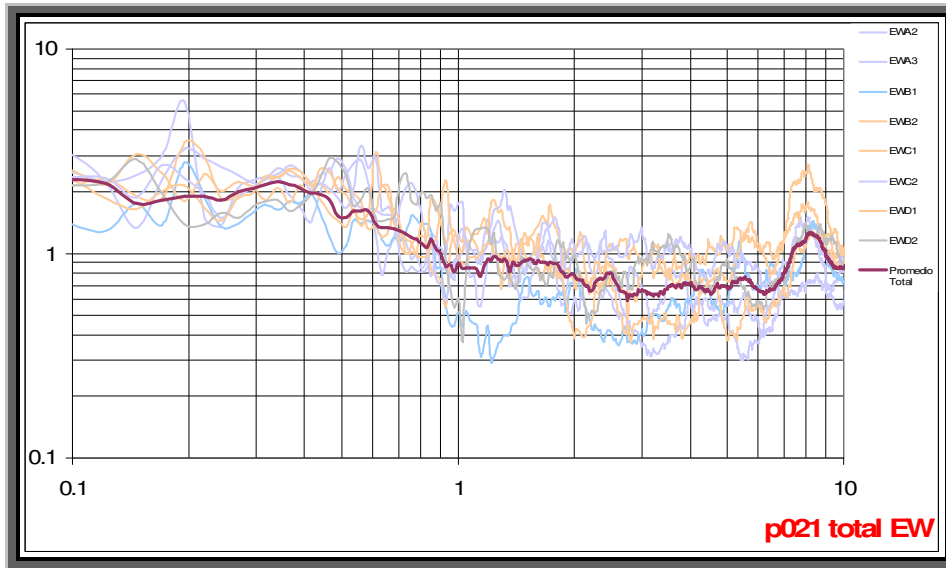
**POZA RICA                      PROMEDIO – P020                      (EW/Z)**



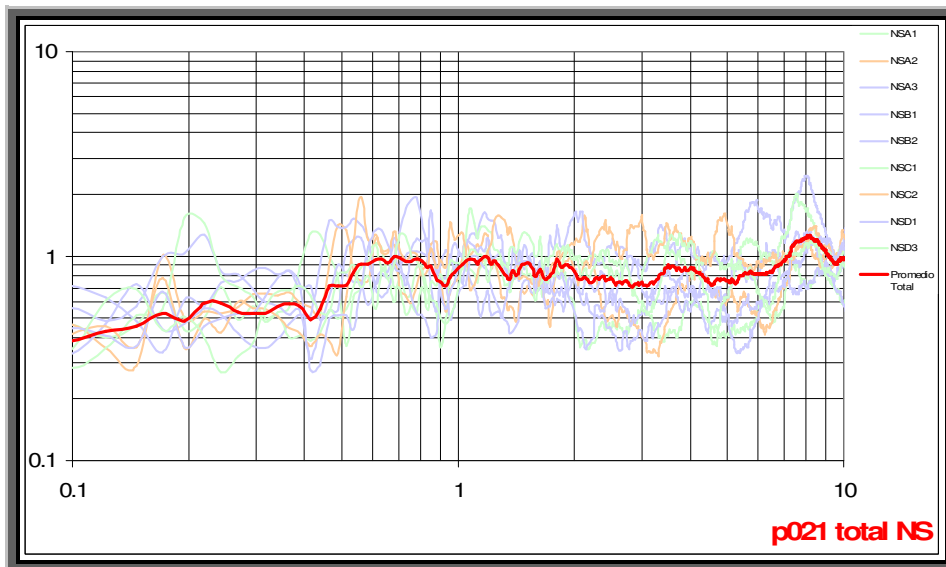
**POZA RICA                      PROMEDIO – P020                      (NS/Z)**



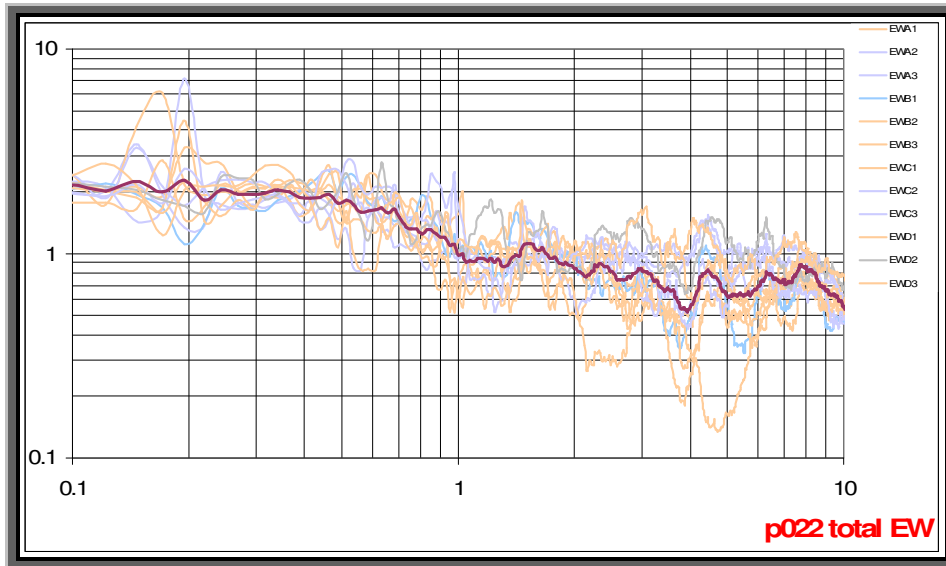
**POZA RICA      PROMEDIO – P021      (EW/Z)**



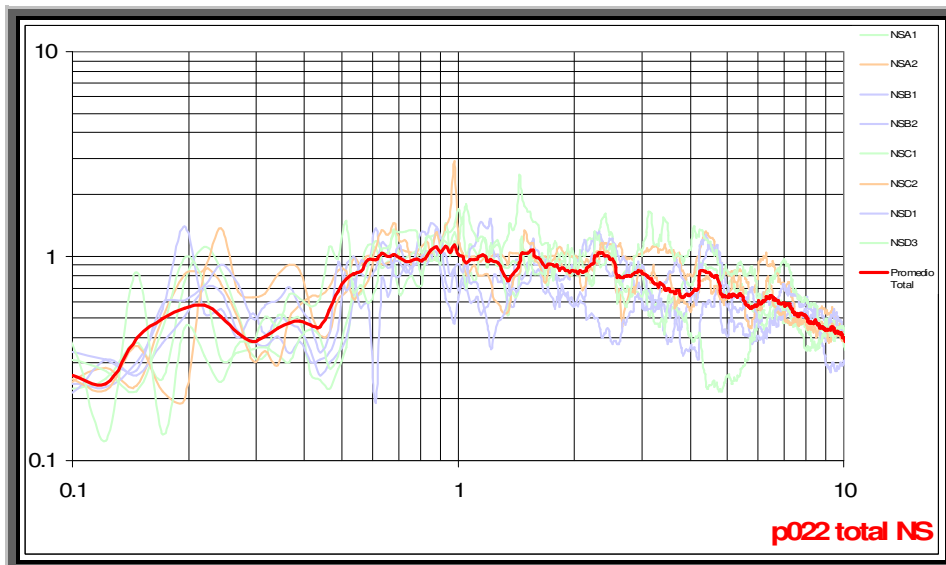
**POZA RICA      PROMEDIO – P021      (NS/Z)**



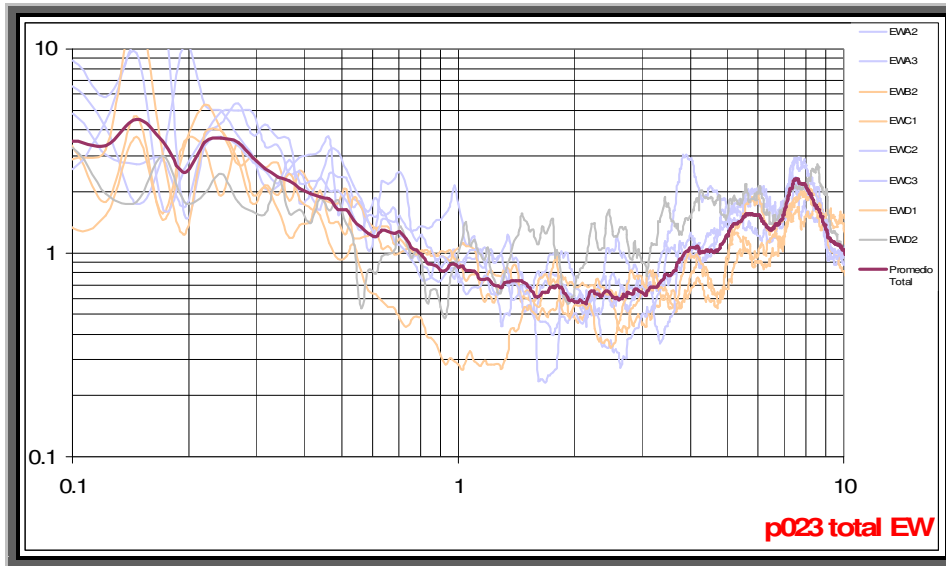
**POZA RICA      PROMEDIO – P022      (EW/Z)**



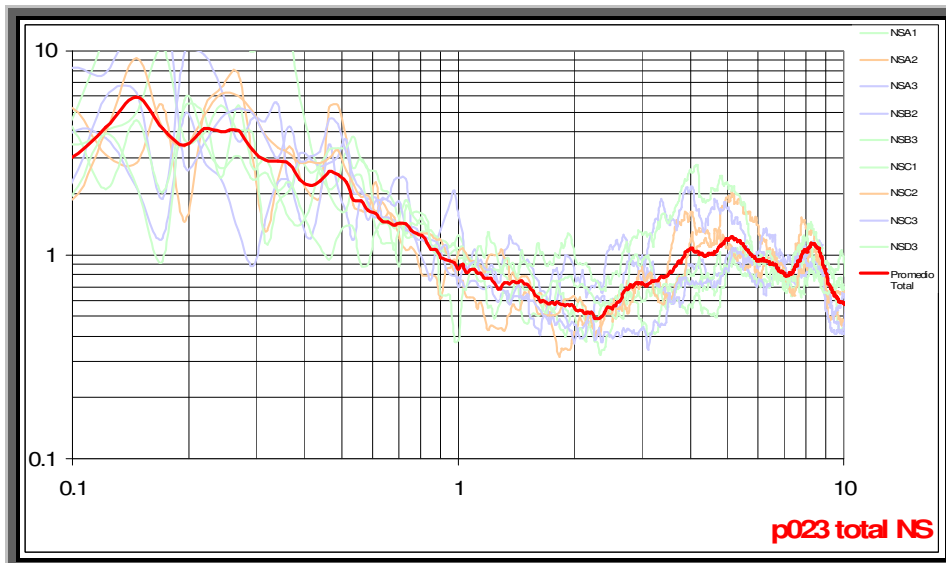
**POZA RICA      PROMEDIO – P022      (NS/Z)**



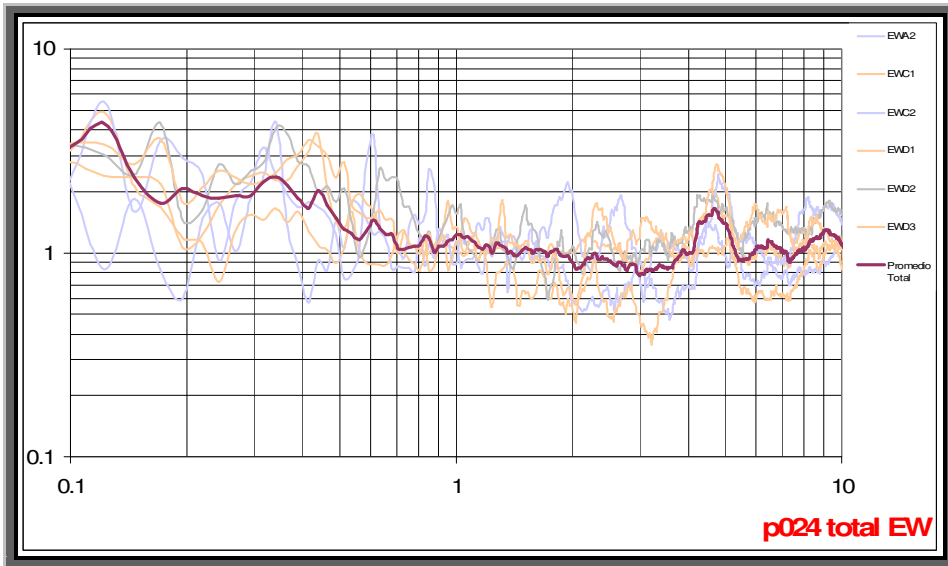
**POZA RICA      PROMEDIO – P023      (EW/Z)**



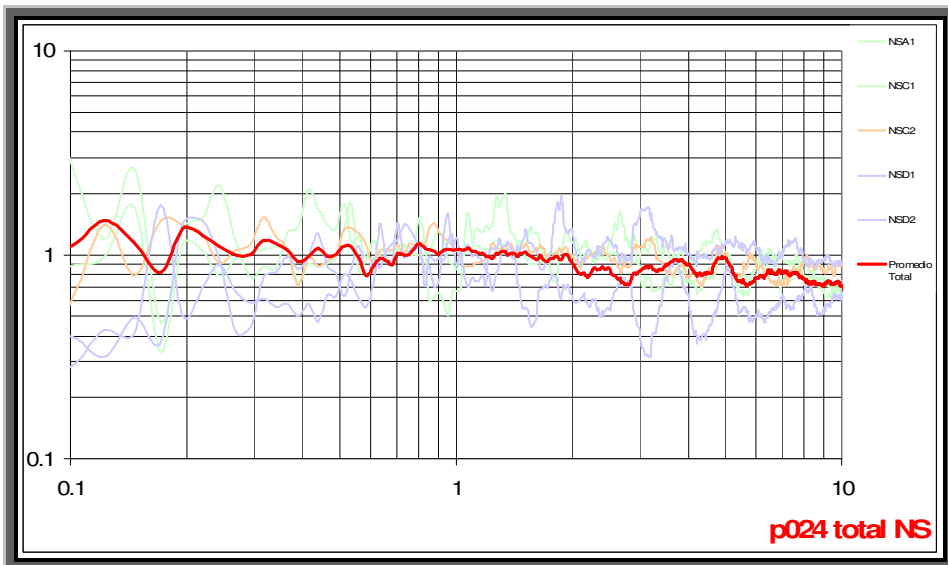
**POZA RICA      PROMEDIO – P023      (NS/Z)**



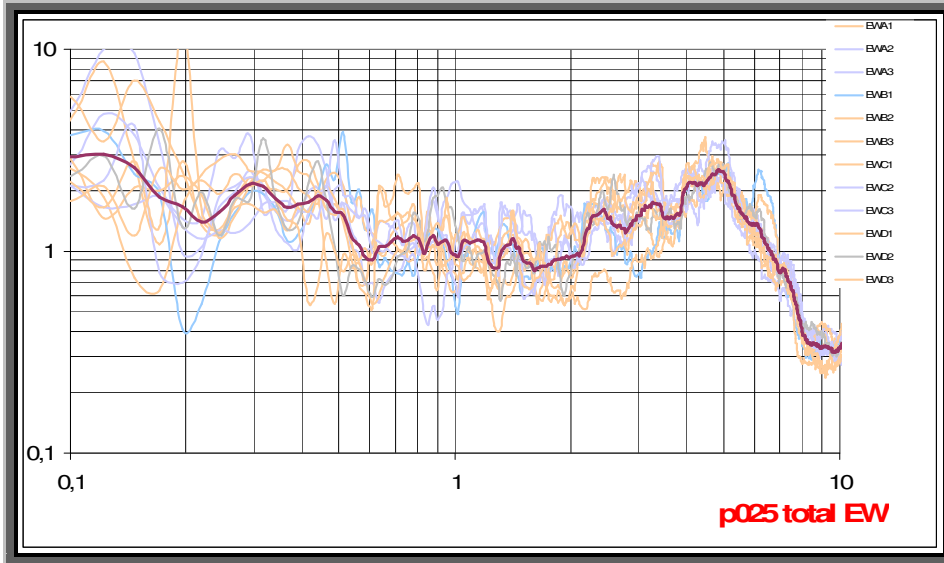
**POZA RICA      PROMEDIO – P024      (EW/Z)**



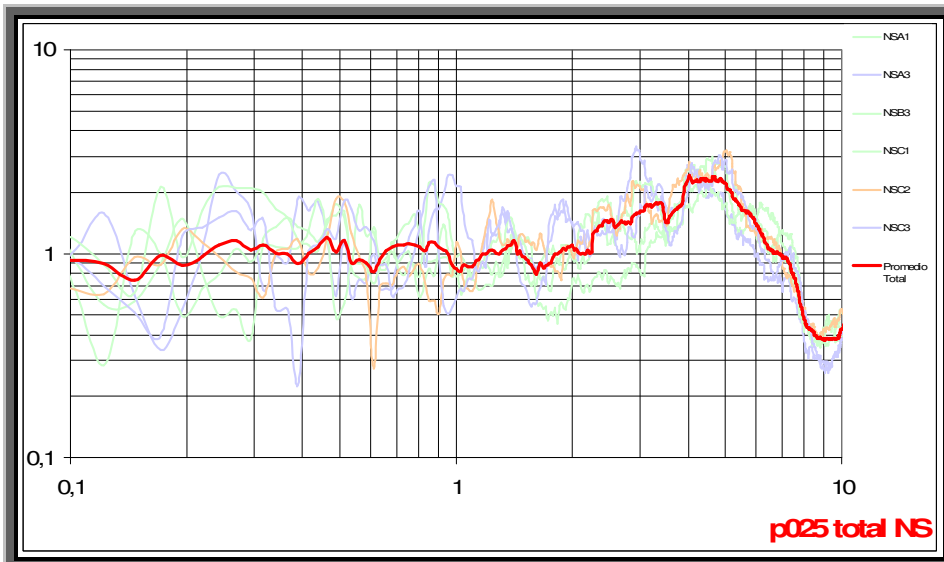
**POZA RICA      PROMEDIO – P024      (NS/Z)**



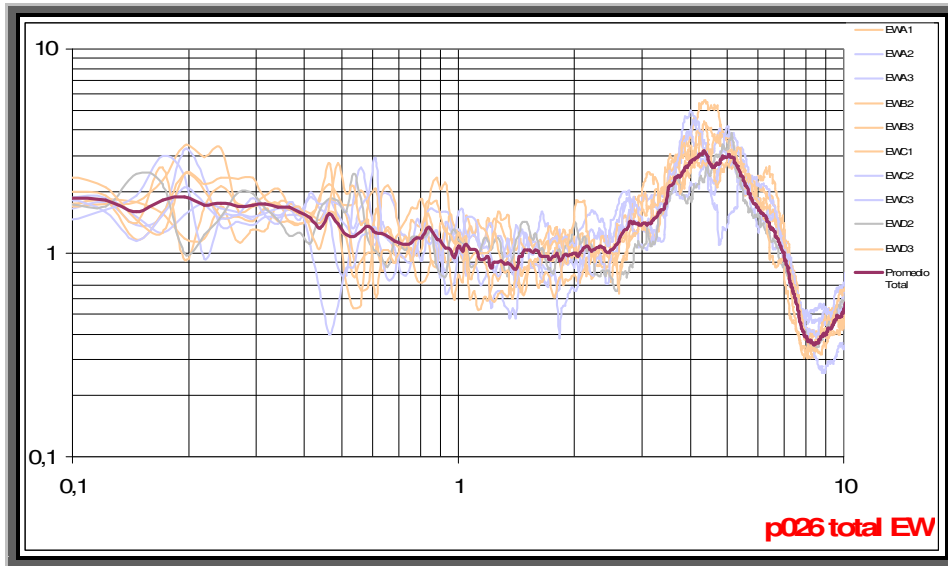
**POZA RICA                      PROMEDIO – P025                      (EW/Z)**



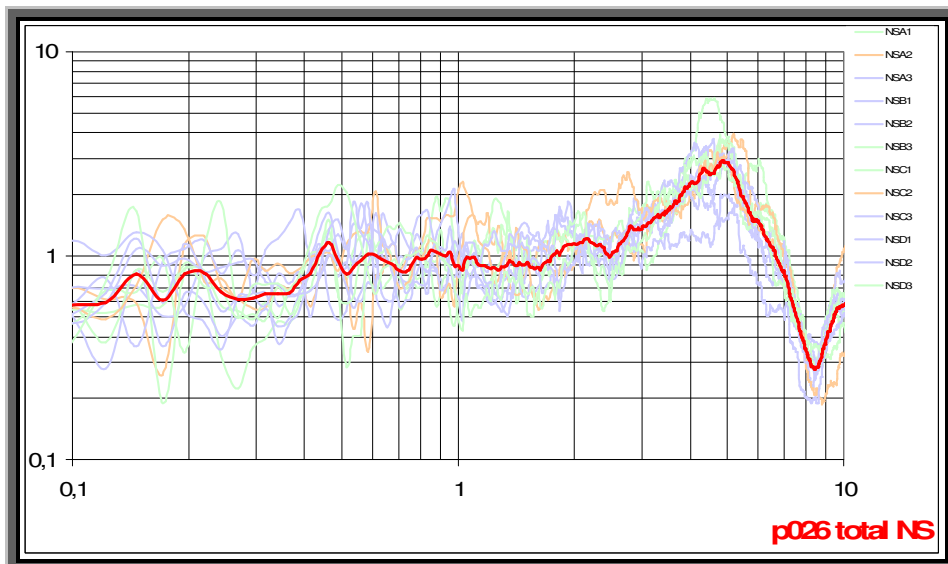
**POZA RICA                      PROMEDIO – P025                      (NS/Z)**



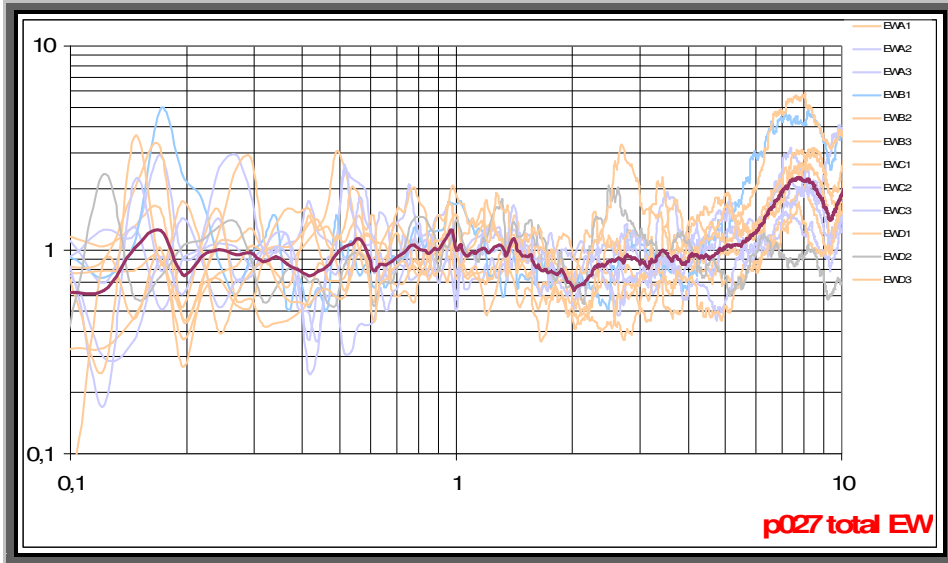
**POZA RICA      PROMEDIO – P026      (EW/Z)**



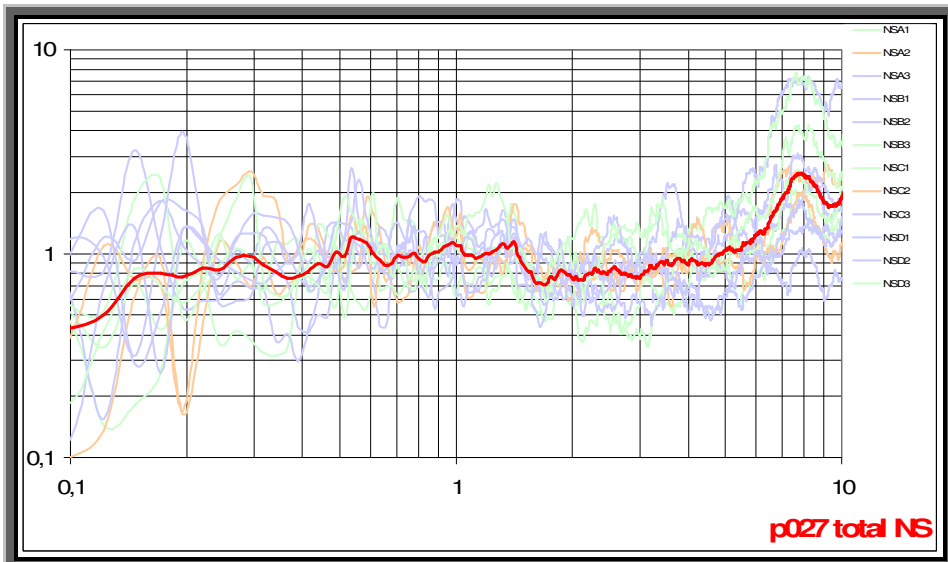
**POZA RICA      PROMEDIO – P026      (NS/Z)**



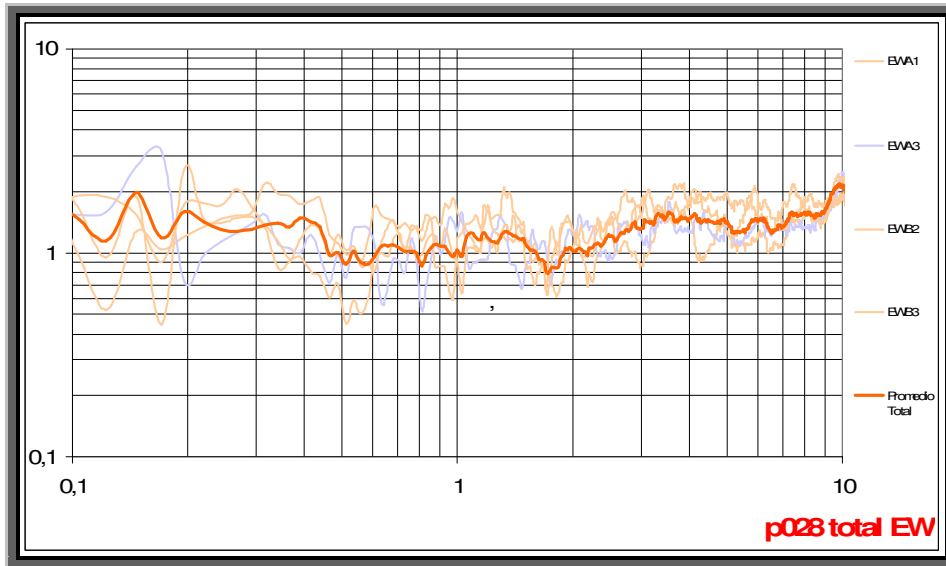
**POZA RICA      PROMEDIO – P027      (EW/Z)**



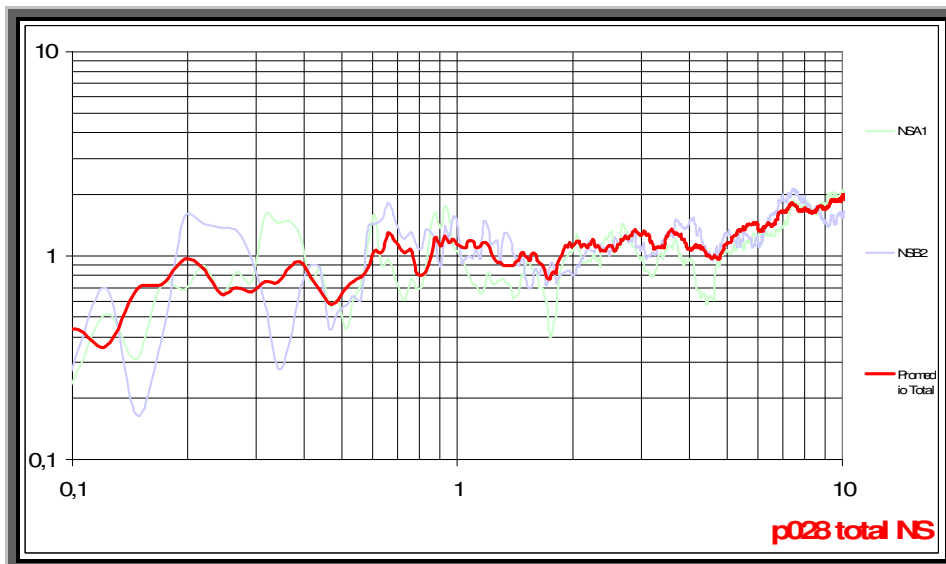
**POZA RICA      PROMEDIO – P027      (NS/Z)**



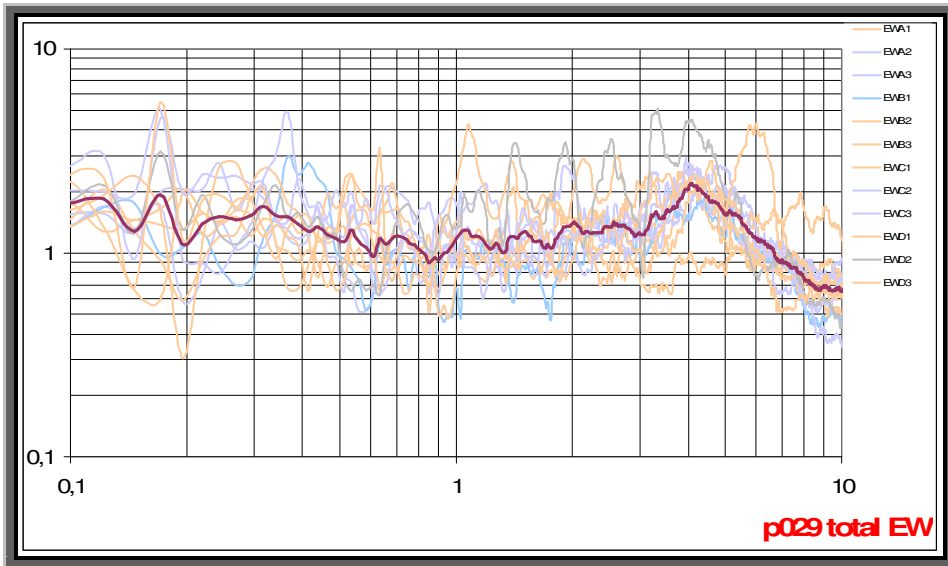
**POZA RICA                      PROMEDIO – P028                      (EW/Z)**



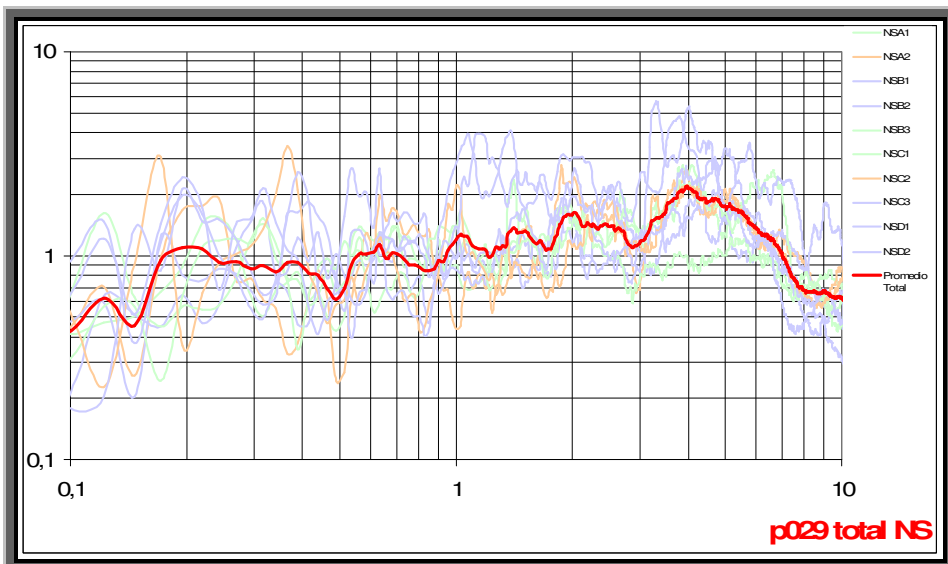
**POZA RICA                      PROMEDIO – P028                      (NS/Z)**



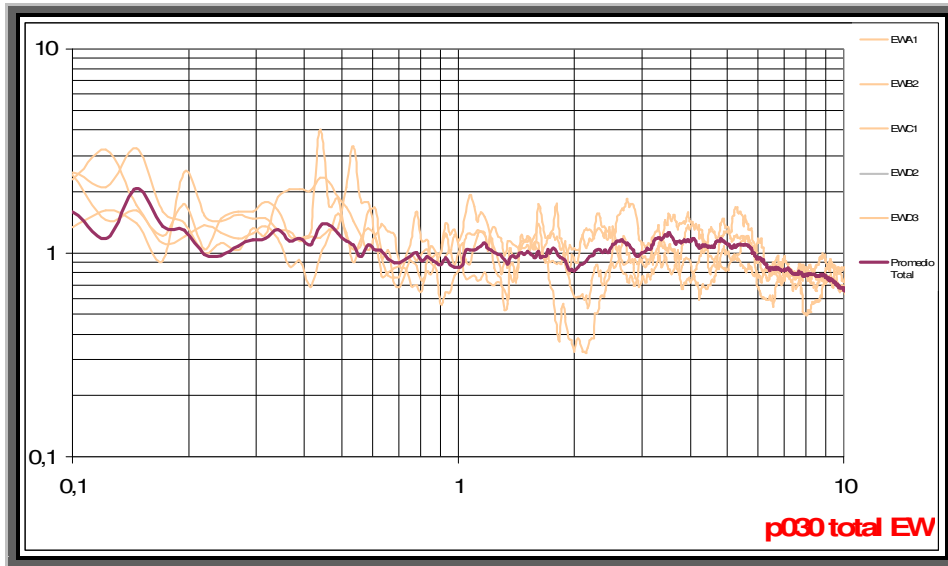
**POZA RICA      PROMEDIO – P029      (EW/Z)**



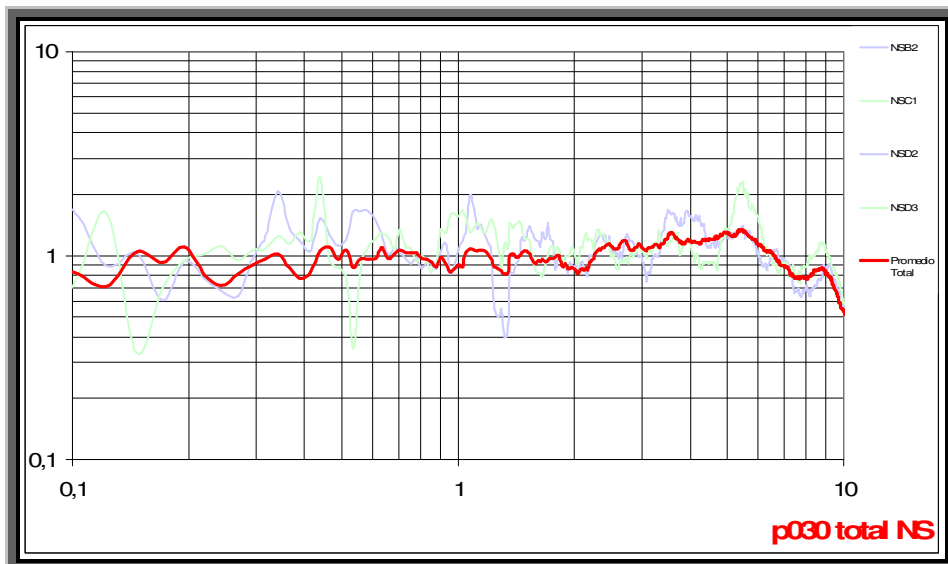
**POZA RICA      PROMEDIO – P029      (NS/Z)**



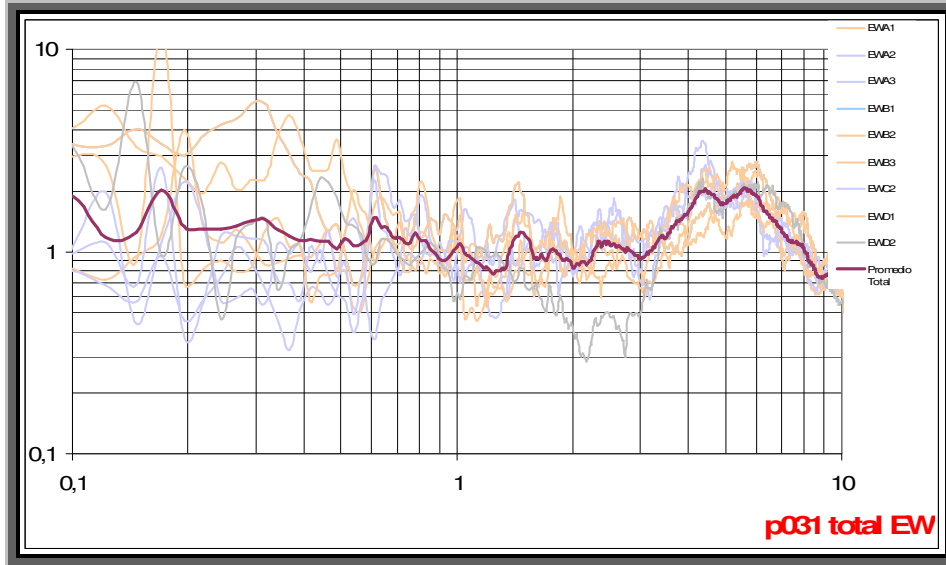
**POZA RICA      PROMEDIO – P030      (EW/Z)**



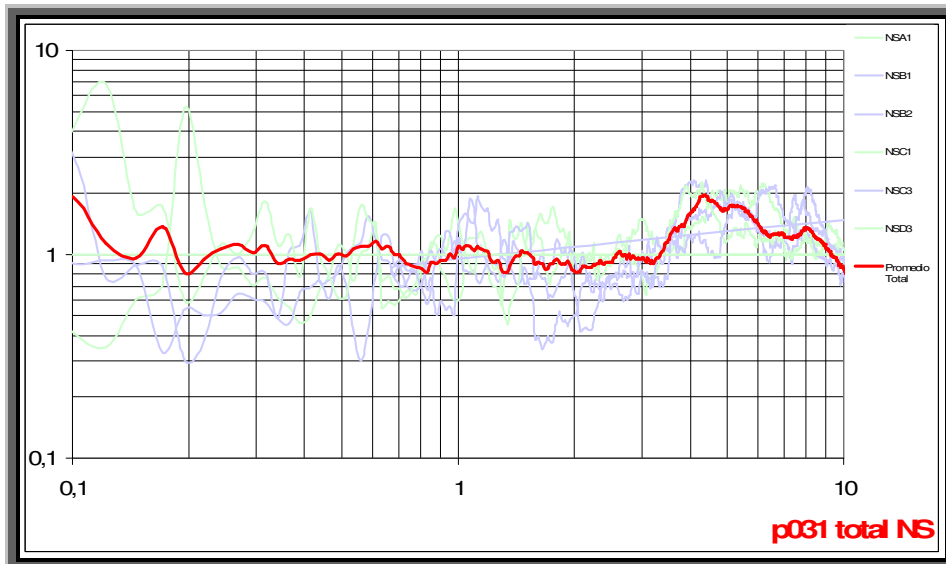
**POZA RICA      PROMEDIO – P030      (NS/Z)**



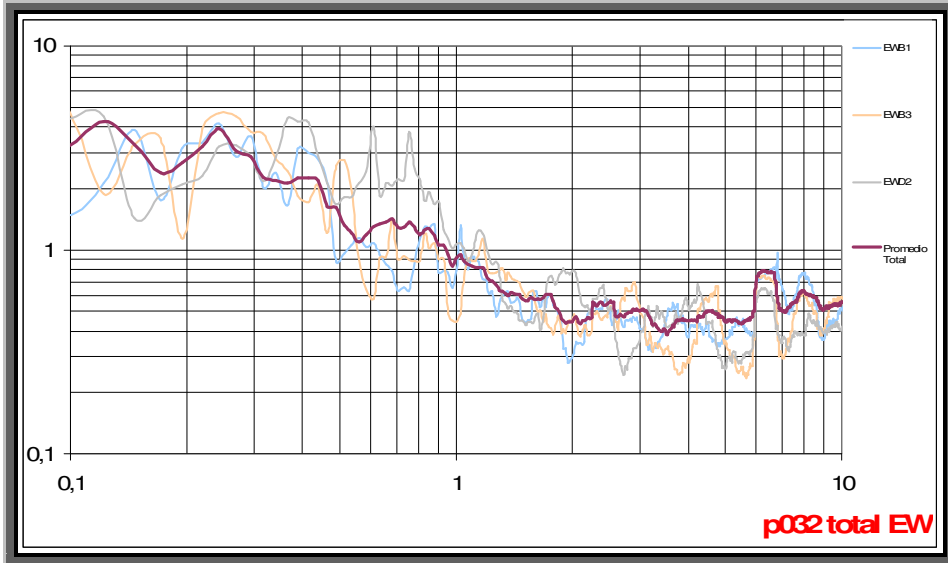
**POZA RICA                      PROMEDIO – P031                      (EW/Z)**



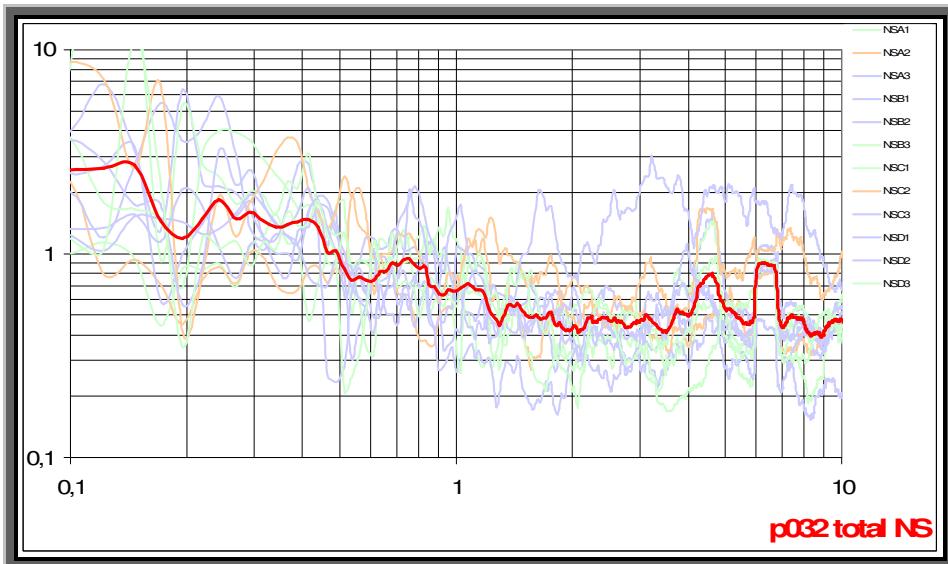
**POZA RICA                      PROMEDIO – P031                      (NS/Z)**



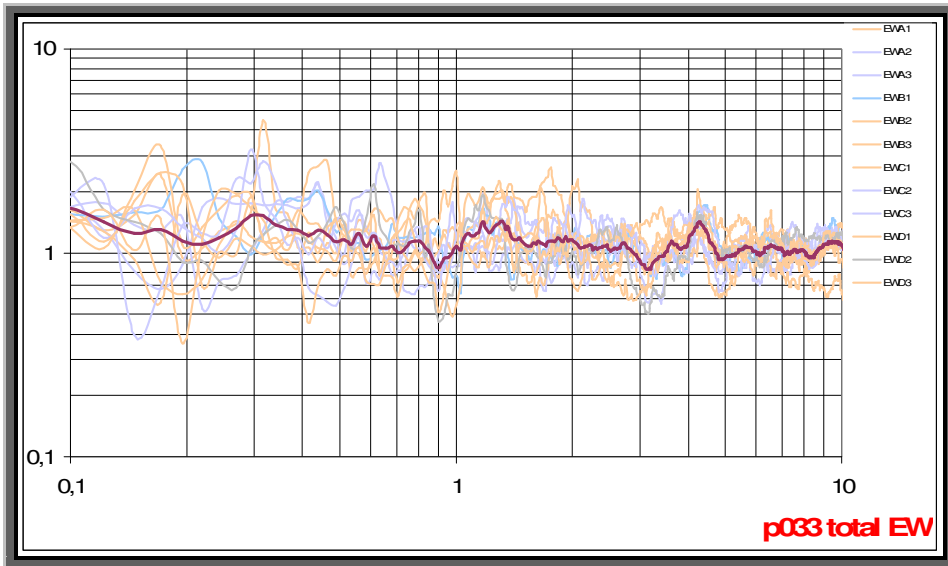
**POZA RICA      PROMEDIO – P032      (EW/Z)**



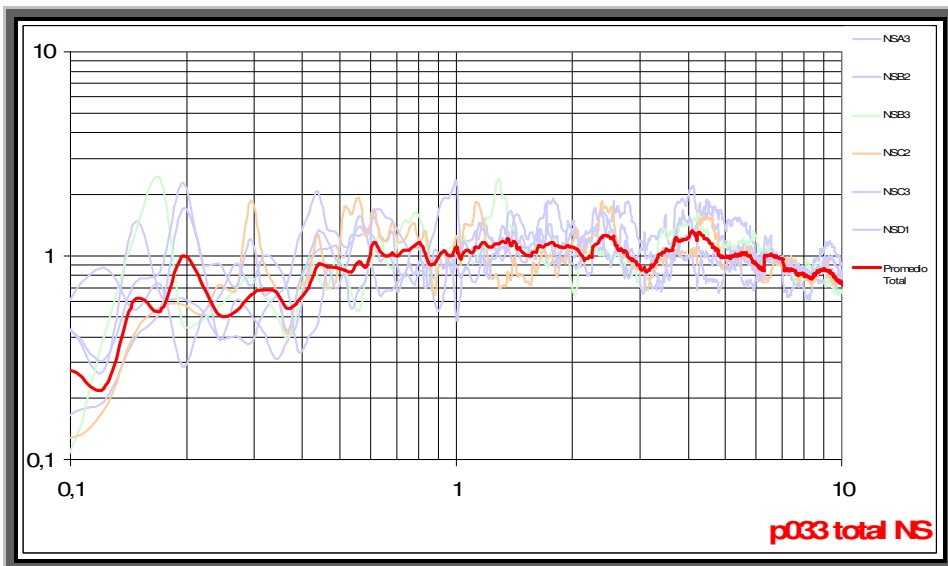
**POZA RICA      PROMEDIO – P032      (NS/Z)**



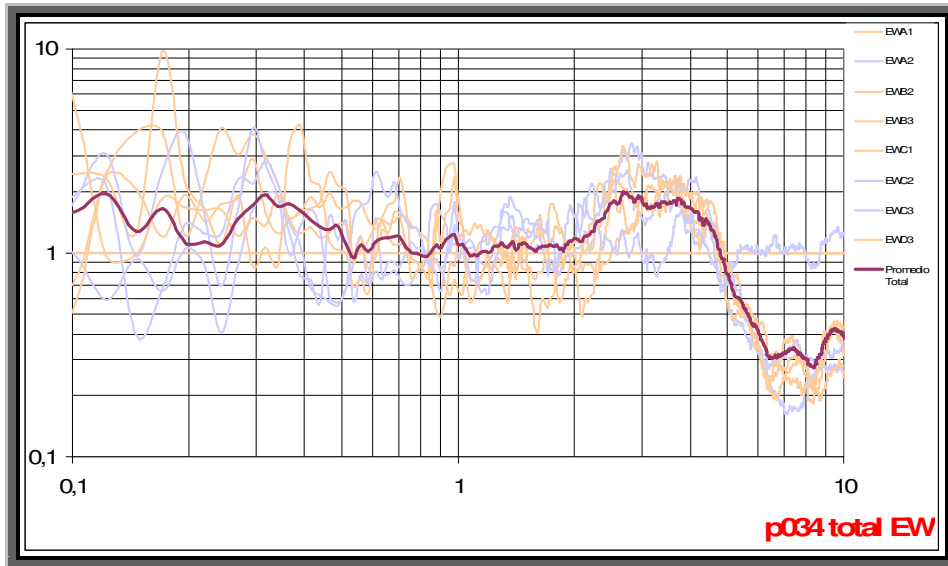
**POZA RICA      PROMEDIO – P033      (EW/Z)**



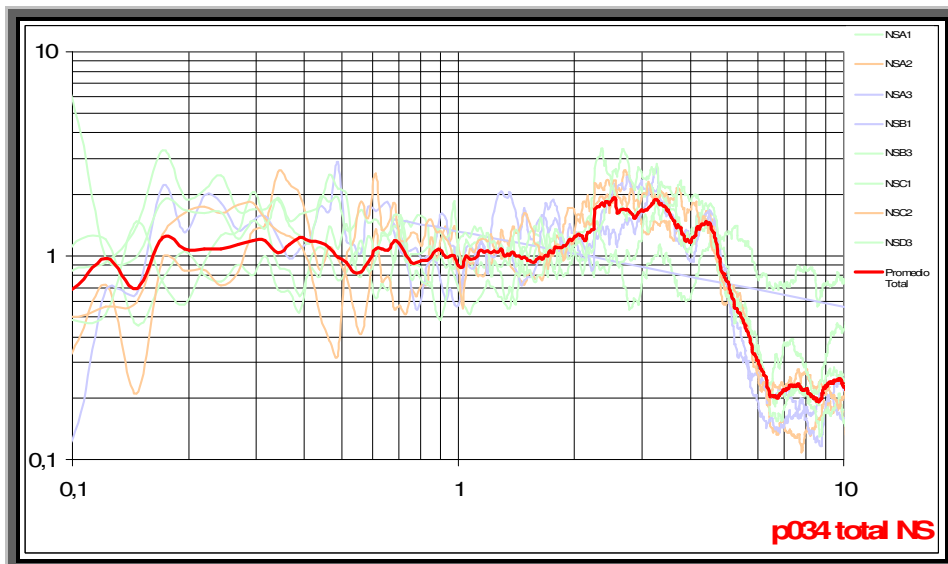
**POZA RICA      PROMEDIO – P033      (NS/Z)**



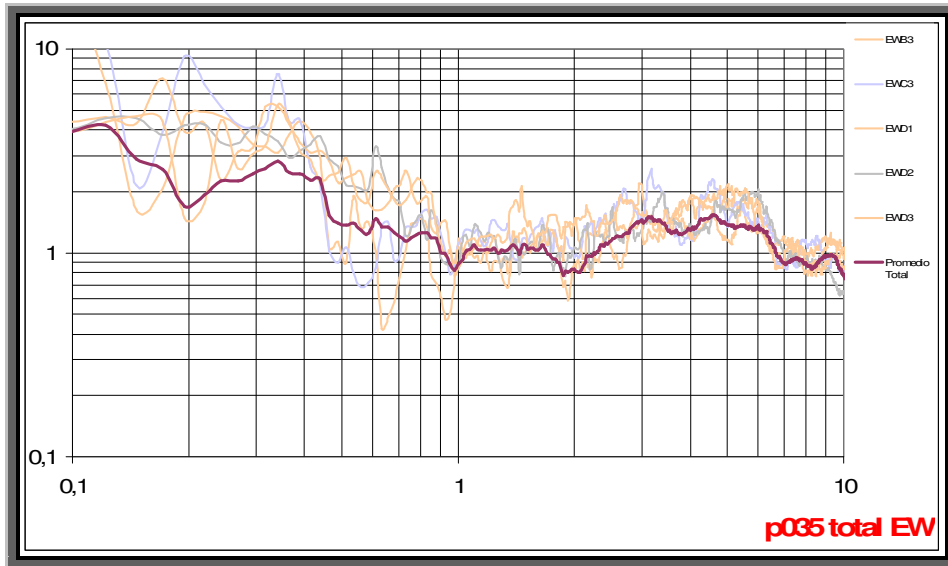
**POZA RICA      PROMEDIO – P034      (EW/Z)**



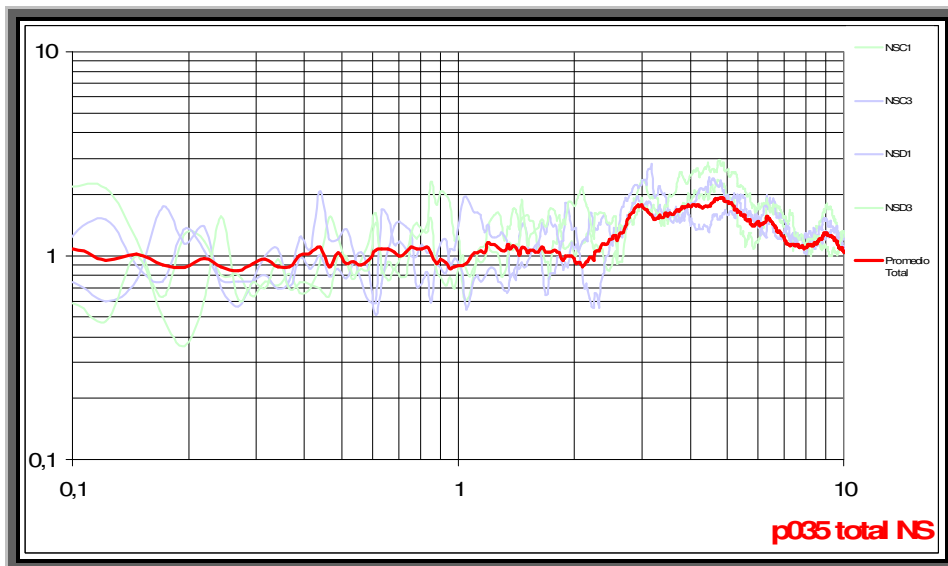
**POZA RICA      PROMEDIO – P034      (NS/Z)**



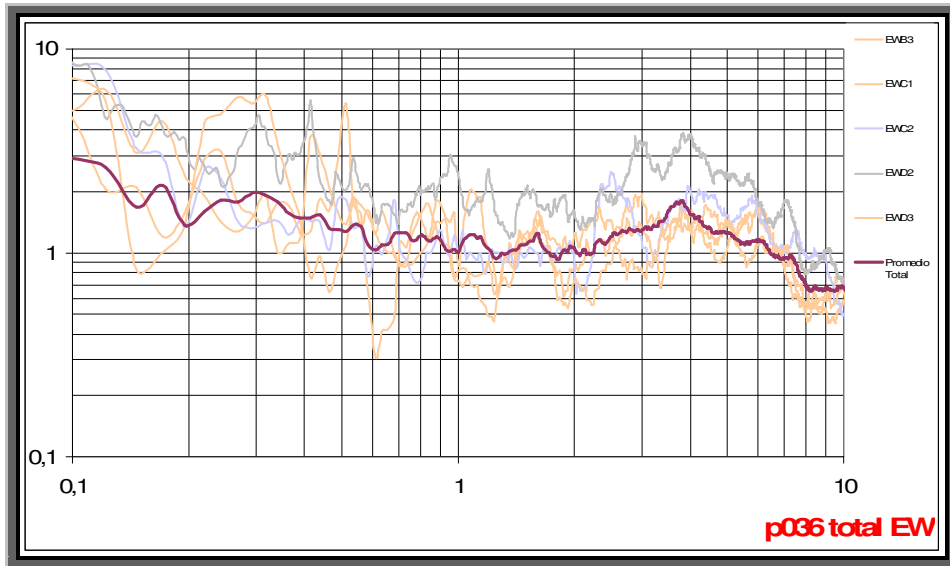
**POZA RICA      PROMEDIO – P035      (EW/Z)**



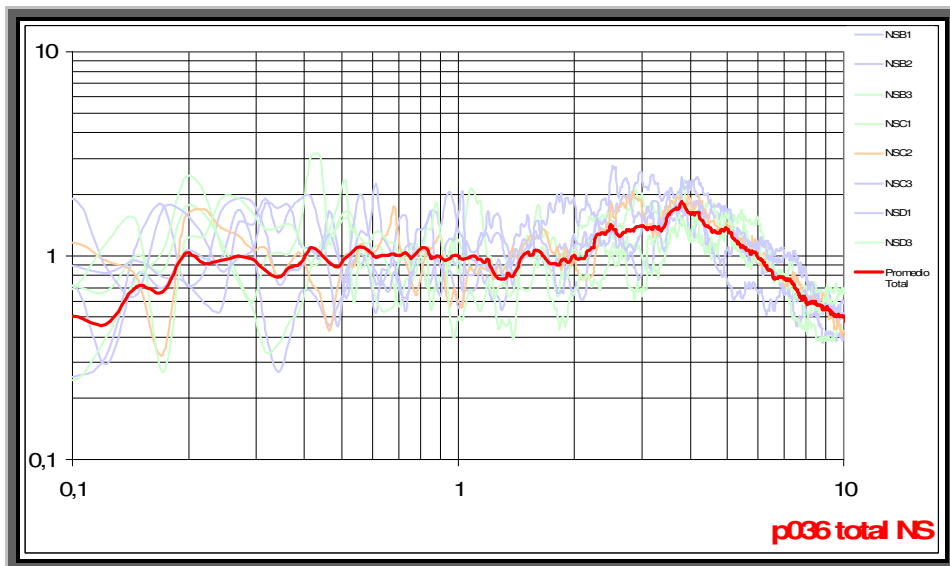
**POZA RICA      PROMEDIO – P035      (NS/Z)**



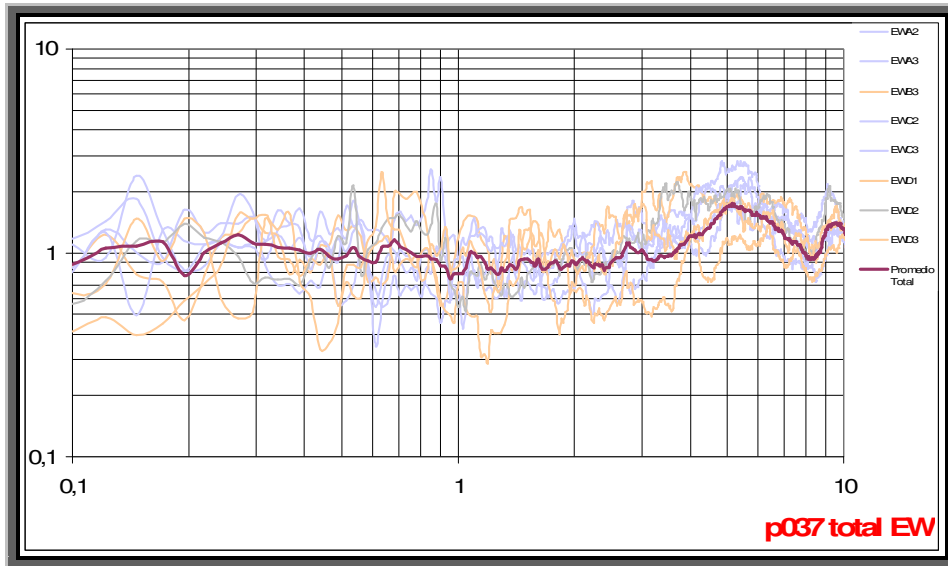
**POZA RICA      PROMEDIO – P036      (EW/Z)**



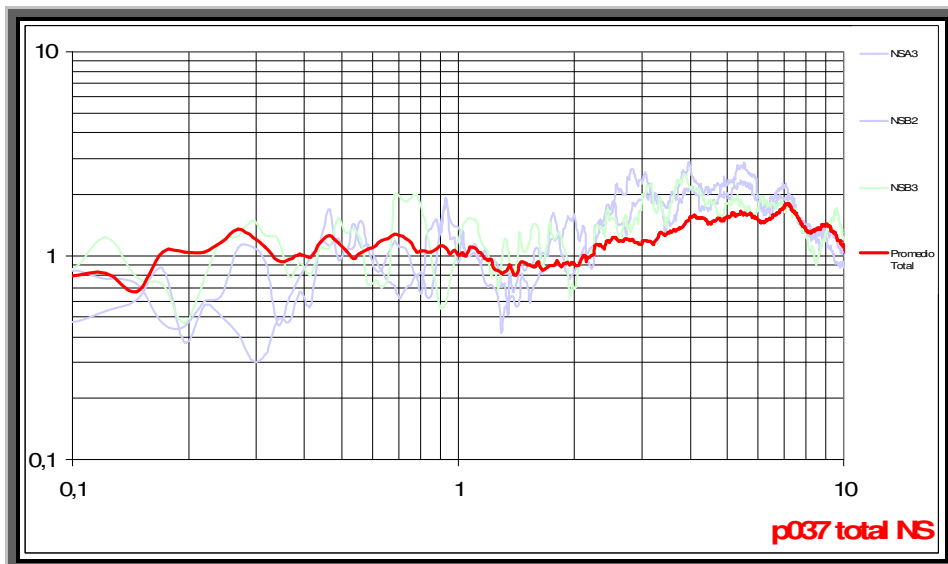
**POZA RICA      PROMEDIO – P036      (NS/Z)**



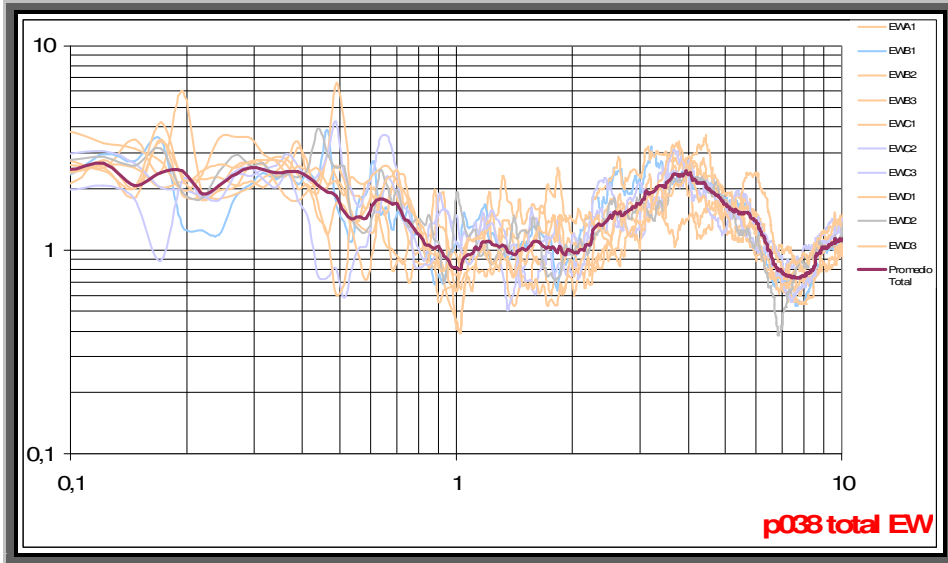
**POZA RICA      PROMEDIO – P037      (EW/Z)**



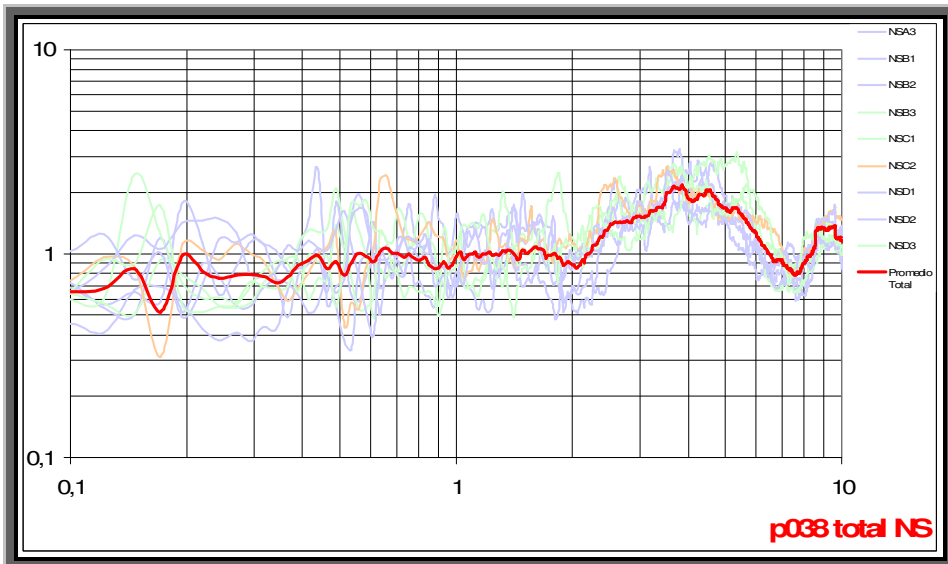
**POZA RICA      PROMEDIO – P037      (NS/Z)**



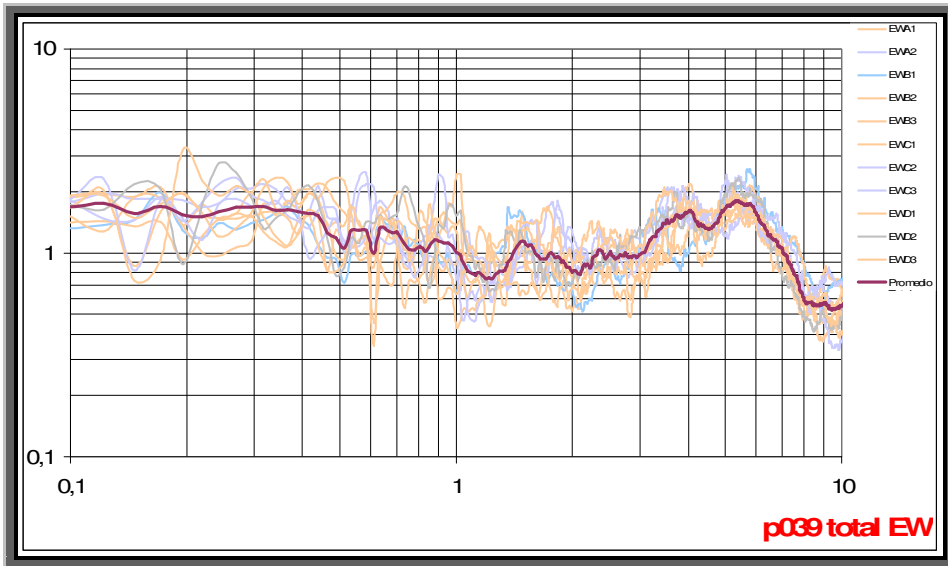
**POZA RICA      PROMEDIO – P038      (EW/Z)**



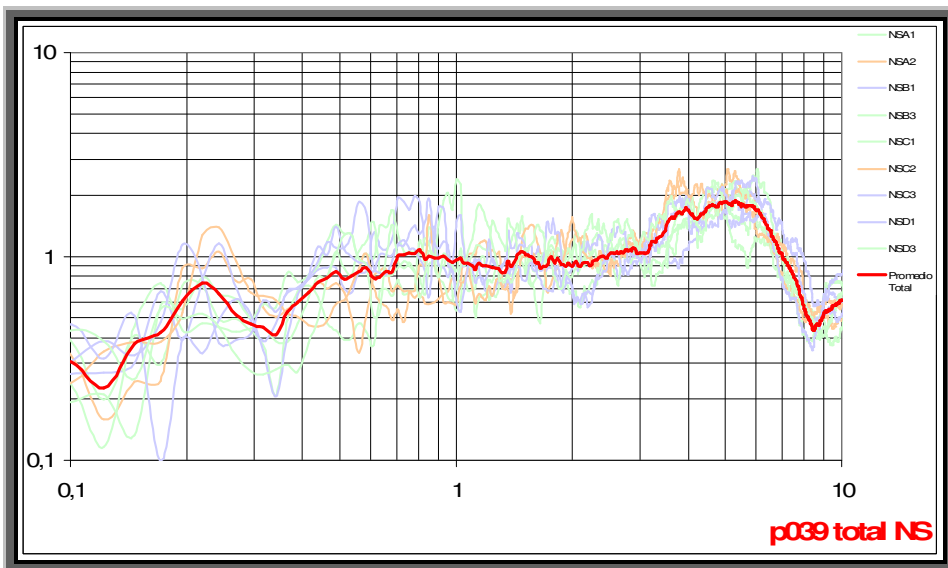
**POZA RICA      PROMEDIO – P038      (NS/Z)**



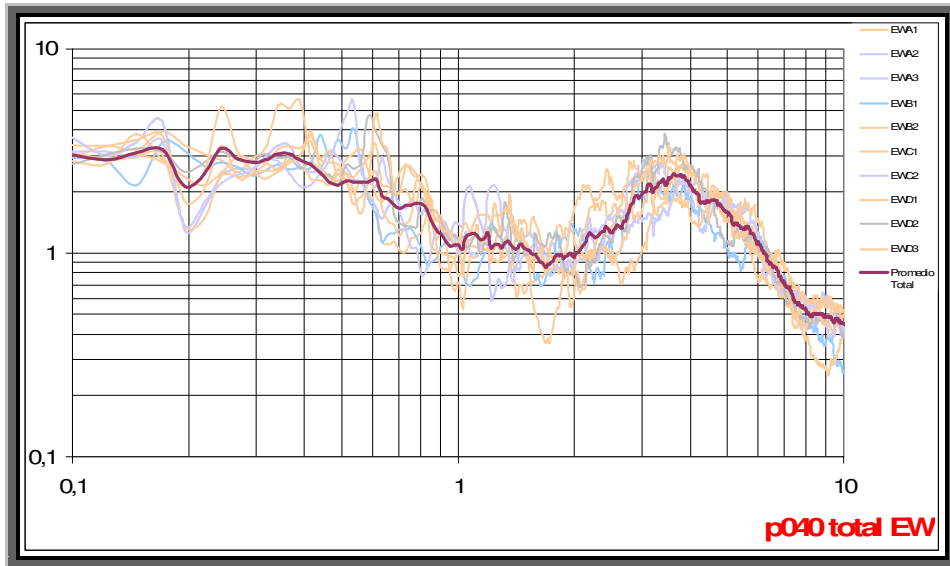
**POZA RICA      PROMEDIO – P039      (EW/Z)**



**POZA RICA      PROMEDIO – P039      (NS/Z)**



**POZA RICA                      PROMEDIO – P040                      (EW/Z)**



**POZA RICA                      PROMEDIO – P040                      (NS/Z)**

