



**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE INGENIERIA**

TESIS

**VIBRACION AMBIENTAL DEL SURESTE DE LA ZONA
CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RIO (ZCV) CON FINES
DE MICROZONIFICACION SISMICA**

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

**PRESENTA:
OMAR BADILLO ZEFERINO**

**DIRECTORA:
M.I. GUADALUPE RIQUEL TRUJILLO**

BOCA DEL RIO, VERACRUZ.

OCTUBRE 2008



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

CALZADA A. RUIZ CORTINES 455 APARTADO POSTAL 94294 TEL. 775 2000 Ext. 25132 y 25120
FRACC. COSTA VERDE FAX: 25124 y 25123

BOCA DEL RÍO, VER.

SECRETARÍA

17/OCTUBRE/2008

Al Pasante:

OMAR BADILLO ZEFERINO

Presente.

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Jefatura propuso el **Mtra. Guadalupe Riquer Trujillo**, para que lo desarrolle como **TESIS** en su Examen Profesional de **INGENIERO CIVIL**, así mismo se le autoriza a la impresión correspondiente de dicho trabajo.

T E M A :

**“VIBRACIÓN AMBIENTAL DEL SURESTE DE LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-
BOCA DEL RÍO CON FINES DE MICROZONIFICACIÓN SISMICA”**

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

CAPITULO II: ESTIMACIÓN DE EFECTOS SÍSMICO LOCALES

CAPITULO III: MANUAL DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE VIBRACIÓN AMBIENTAL

CAPITULO IV PROCESAMIENTO DE REGISTOS DE VIBRACIÓN AMBIENTAL EN GABINETE

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APENDICES

Ruego a usted tomar debida nota, de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones deberá prestar Servicio Social durante un año como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

A T E N T A M E N T E
“LIS DE VERACRUZ: ARTE CIENCIA LUZ”

M.C. JESÚS M. SANTAMARÍA LÓPEZ
JEFE DE CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



FACULTAD DE INGENIERIA
BOCA DEL RÍO, VER.

vbg*

AGRADECIMIENTOS

A mi familia:

Por apoyarme a lo largo de toda mi carrera estudiantil y enseñarme las bases sobre las cuales vivo, quiero, y aprendo cada día.

A Maestros y Compañeros:

Por sus valiosas lecciones, pues todos y cada uno de ellos aportaron algo dentro y fuera de este trabajo.

A mis amigos:

Sus acciones siempre fueron más que sus palabras, y por ello estoy profundamente agradecido.

A FRUCTIBUS COGNOSCITUR ARBOR

ÍNDICE

1. Introducción.....	6
1.1 Antecedentes.....	7
1.2 Planteamiento del problema.....	8
1.3 Objetivos del trabajo.....	10
1.4 Alcances y limitaciones.....	11
1.5 Ubicación y extensión de la zona de estudio.....	16
2. Estimación de efectos sísmicos locales.....	17
2.1 Efecto de sitio.....	18
2.2 Técnicas para estimar el efecto de sitio.....	19
2.3 Vibración ambiental.....	20
2.4 Técnica de Nakamura.....	22
3. Manual de campo para la obtención de vibración ambiental.....	24
3.1 Antecedentes.....	24
3.2 Características del equipo.....	26
3.3 Herramientas propuestas.....	29
3.4 Planeación previa.....	31
3.4.1. Bitácora.....	33
3.4.2 Delimitación del área total de estudio.....	34
3.4.3 Diseño de rutas.....	35

3.4.4 Valores de parámetros en el equipo.....	39
3.5 Obtención de datos.....	53
3.5.1 Cuidados básicos del equipo en campo.....	54
3.5.2 Procedimiento de registro de datos.....	55
3.5.3 Errores comunes.....	64
4. Procesamiento de registros de vibración ambiental en gabinete.....	66
4.1 Extracción de información del equipo.....	66
4.2 Generalidades de los programas de procesado de datos.....	69
4.3 Procesado de datos.....	70
4.4 Interpretación del promedio de las razones espectrales.....	81
4.5 Obtención del mapa de familias de formas espectrales.....	86
5. Conclusiones y recomendaciones.....	96
Referencias.....	97
Apéndices.....	100

1. Introducción

Históricamente han quedado documentados los sismos, más que nada por sus efectos en la población y los daños en sus viviendas, pero es a principios del siglo XX cuando la instrumentación en México nos permite conocer mejor algunas características del fenómeno, con lo que se está en posición de proveer a la ingeniería de herramientas más eficientes para tomar las medidas preventivas, sobre todo en las construcciones. Lo anterior, se ve reflejado en modernos Reglamentos de Construcción que indican los pasos a seguir para edificar estructuras sismorresistentes.

La zona conurbada Veracruz-Boca del Río (ZCV), crece aceleradamente con inversiones importantes, sobre todo en la infraestructura de obra civil, urbanizando terrenos que en el pasado fueron depósitos de ríos, espejos de agua, cenagosos e inundables. En contraste, el Reglamento de Construcciones vigente (1979) para el estado de Veracruz, no cuenta con normas para el diseño por sismo que tome en consideración las condiciones locales, a pesar de que experiencias pasadas exponen el potencial peligro sísmico de la zona.

Los trabajos de esta tesis, forman parte de dos proyectos desarrollados por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, financiados por el Fondo Mixto CONACyT-Gobierno del Estado de Veracruz: uno titulado "Clasificación del tipo de terreno de cimentación para diseño sísmico" (2007-2009), y el otro "Propuesta de zonificación sísmica para el estado de Veracruz" (2007-2009), que le da continuidad a otro proyecto desarrollado por la misma institución y financiado por SIGOLFO-CONACyT: "Estudios sísmicos e instrumentación del Golfo de México (Microzonificación sísmica de la zona conurbada Veracruz- Boca del Río)" (2001-2003). Uno de los productos de este último, fue el mapa de isoperíodos de la ZCV.

En esta tesis se aumenta el número de puntos de vibración ambiental del mapa de isoperíodos existente, y se presenta un mapa con microzonas que agrupa suelos con propiedades semejantes (período natural de vibración, factores de amplificación); también se extiende la zona delimitada en el primer mapa.

El mapa de este trabajo, da una idea más precisa acerca de las diferentes áreas de interés, donde dentro de los proyectos mencionados se harán entre otros, estudios de refracción sísmica, geometría y composición del terreno, etc., para hacer una propuesta metodológica para la clasificación del tipo de terreno y determinar el espectro de diseño sísmico.

1.1 Antecedentes

Veracruz, otrora arenas donde el conquistador Hernán Cortés desembarca en 1519 llamándola Villa Rica de la Vera Cruz, fue desde sus inicios un sitio atractivo por su prosperidad, y por lo mismo la ciudad fue embestida con frecuencia por piratas y traficantes. Es por ello, que se protege con una muralla, de la que actualmente solo quedan restos en el Baluarte de Santiago. Por el tipo de construcciones de madera predominantes de la época, a la ciudad se le llamó "*ciudad de tablas*", condición que cambia con su crecimiento al usar la mampostería.

Aunque la historia instrumental en la zona inicia a principios del siglo XX, los sismos relatados en documentos históricos dan una idea de la frecuencia, distribución, algunas características y efectos de los mismos en la población y sus construcciones.

La mayoría de las ciudades importantes de los estados de la República Mexicana, carecen de mapas que contengan la clasificación de los terrenos de cimentación para diseño sísmico.

Riquer et. al. (2003), realizaron para la ZCV estudios acerca de las características dinámicas del suelo, y Williams et. al. (2003) mantienen a la fecha operando una red de registro sísmico de la Universidad Veracruzana en la zona, compuesta por 6 estaciones, manejadas por el Instituto de Ingeniería y la Facultad de Ingeniería de la UV, distribuida en la zona en estudio, que permite usar registros de sismos tanto lejanos como cercanos.

Del primer proyecto SIGOLFO-CONACyT, se toma el mapa de isoperíodos, cuyas coordenadas geográficas están comprendidas entre:

19° 06' 00'' y 19° 14' 06'' de latitud norte.

96° 06' 03'' y 96° 15' 30'' de latitud oeste.

La base de datos de este mapa, está documentada en el trabajo de tesis de Leyva (2004), y se toma como punto de partida.

En el estado de Veracruz, la ZCV es la primera en donde se realizan trabajos de investigación para determinar el tipo de terreno de cimentación para el diseño sísmico de estructuras. Sin embargo, existen otras ciudades con evidencias geológicas o geotécnicas con probabilidades de comportamiento sísmico singular que demandan estudios semejantes y para lo que se espera que estos estudios sirvan de apoyo.

Se elaboró en este trabajo un manual detallado de las actividades para la obtención en campo de registros de *vibración ambiental*, así como el manejo y procesamiento de los registros; se espera que esto, sirva de apoyo para investigaciones futuras de caracterización y delimitación de microzonas sísmicas en ciudades importantes del resto del estado.

1.2 Planteamiento del problema.

El tipo de terreno de cimentación, ha sido identificado como una variable fundamental para seleccionar el espectro de diseño sísmico por todos los reglamentos y manuales; es decir, el efecto de los sismos en las construcciones, está directamente relacionado con la respuesta dinámica del terreno donde éstas se desplantan. Por el riesgo que lo anterior implica, se considera fundamental la caracterización de los diversos terrenos que conforman -sobre todo- una zona urbana.

Uno de los primeros en establecer una clasificación de los suelos fue Seed 1976, quien propuso tres clases de terrenos en función de la composición y

espesor de los estratos: roca o suelo duro, suelo firme y suelo blando. Con los avances del conocimiento geológico, geofísico y geotécnico, esta clasificación ha sido mejorada, y reglamentos de construcciones nacionales adoptan una clasificación de terreno en función del período dominante y la velocidad de onda de corte. Códigos internacionales como The National Earthquake Hazard Reduction Program usan para la clasificación, parámetros que se relacionan con una mayor amplificación del movimiento sísmico.

Ante la ausencia en el estado de Normas para el Diseño Sísmico que consideren condiciones locales, y de acuerdo con la zonificación sísmica de la República Mexicana, propuesto por el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad 1993 vigente, la ZCV se encuentra en un área de riesgo sísmico moderado.

Riquer et. al. (2003), obtuvieron el mapa de isoperíodos de la ZCV, usando la técnica de Nakamura, cotejada con la técnica Estándar, aplicada a microtrepidaciones y sismos registrados por la red de registro sísmico de la UV (Williams et. al 2003). En ese trabajo se observa que algunos terrenos presentan un fenómeno conocido como "*efecto de sitio*", asociado con la amplificación selectiva de las ondas y la impedancia, lo que implica que se presenten mayores intensidades y en consecuencia mayores sollicitaciones por sismo en las edificaciones emplazadas en algunos sitios. Lo anterior, confirma que la lejanía de la ZCV de la principal fuente de energía generadora de los grandes sismos en México –la zona de subducción entre la placa de Cocos y la placa de Norteamérica en los estados Oaxaca y Guerrero- no es tranquilizadora, pues sus efectos locales pueden incluso variar a distancias muy cercanas, dependiendo del terreno. Además, existen escasos estudios de la sismicidad local, y eventos importantes registrados con epicentros cercanos aún no tienen una explicación concluyente.

El crecimiento de la ZCV, estimula el desarrollo de obras civiles cada vez más audaces ante sus sollicitaciones accidentales, sobre todo en el aspecto sísmico. Es práctica común – cuando se hacen – para construcciones de cierta envergadura, hacer pruebas de penetración estándar (SPT), con una profundidad

máxima de 30 m., y generalmente no se incluye la identificación del tipo de terreno para el diseño sísmico.

La delimitación de los tipos de suelos, con diversas características dinámicas, se representa en mapas de regionalización. Es por ello que esfuerzos encausados a contribuir en la elaboración de este mapa en la ZCV, como es el caso de este trabajo, tiene un alto beneficio social en la gran mayoría de las construcciones, donde por su bajo costo de inversión, estos estudios no se realizan.

1.3 Objetivos del trabajo

El mapa de isoperíodos existente, está siendo rápidamente rebasado en sus límites por el desarrollo urbano. Es por ello que en este trabajo, se incrementa la densidad de puntos de vibración ambiental en el área ya cubierta con la finalidad de establecer, de modo más precisos, los límites de las diferentes zonas y se amplía el área de estudio original.

En este trabajo, se construye un mapa que agrupa familias de formas espectrales, con el objeto de localizar las zonas con mayor efecto de sitio, o suelos que presenten amplificaciones importantes al paso de un temblor en las frecuencias cercanas al tipo de viviendas construidas en la ZCV.

El objetivo superior, es colaborar en la generación de datos de la zona en estudio, que complementados con estudios adicionales como son la obtención de velocidades de onda de cortante, estudios geotécnicos y otros, sirvan para una selección más certera del tipo de terreno para el diseño sísmico de cimentaciones en edificaciones, contribuyendo de esa manera a reducir el riesgo sísmico para las construcciones futuras.

Los estudios de zonificación sísmica, requieren de un esfuerzo constante, por lo que otra de las aportaciones de este trabajo, es proporcionar a los interesados en el tema, una guía práctica de los trabajos de campo necesarios para realizar las mediciones de vibración ambiental, así como también una guía

metodológica para el procesamiento de datos, que pueda ser aplicado en el resto del estado, y de esa manera obtener las funciones de transferencia del sitio de interés.

1.4 Alcances y limitaciones

Se incrementó el número de puntos de registros de vibración ambiental de 176 a 332, abarcando un área mayor (Véase figura 1.1.), y su número quedó limitado por los accesos inhóspitos hacia los sitios de interés, sin embargo se lograron obtener los datos suficientes para precisar la zona ampliada.

La resistencia de los suelos, se midió con el número de golpes de la SPT. Estas pruebas fueron obtenidas de 24 estudios recopilados del subsuelo de la ZCV y se tuvo un promedio de 40 sondeos con SPT. La mayor parte de estos estudios se localizan en los depósitos de dunas y playa (Véase figura 1.2.) que corresponde a la zona en estudio original; para obtener el perfil estratigráfico representativo de un estudio se tomaron las características medias de los sondeos realizados en el terreno de estudio. Con estos perfiles estratigráficos se obtuvieron los cortes estratigráficos A-A', B-B' y C-C' (Véase figura 1.3.).

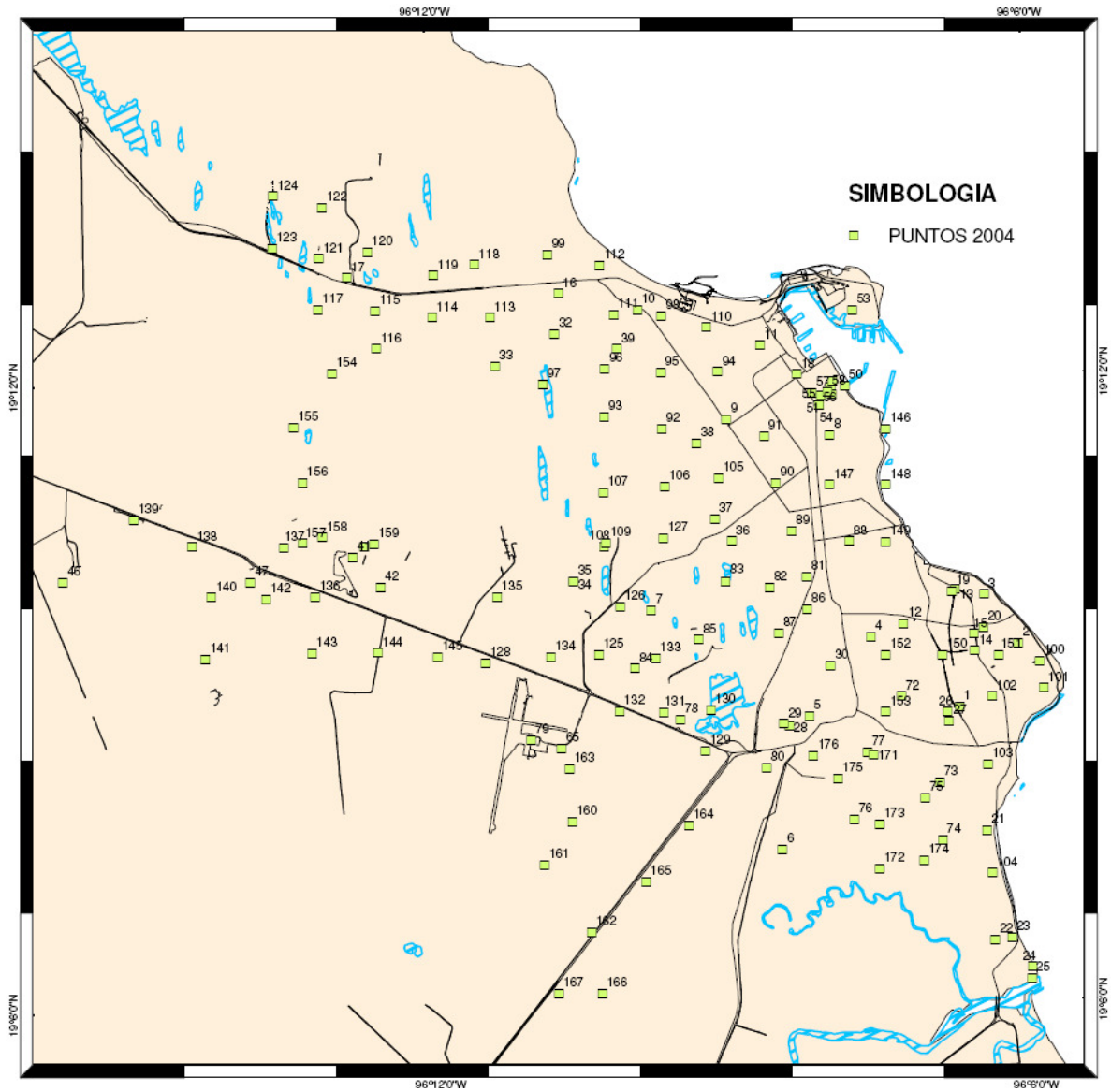


Figura 1.1. Puntos de vibración ambiental obtenidos durante el estudio previo de Leyva (2004).

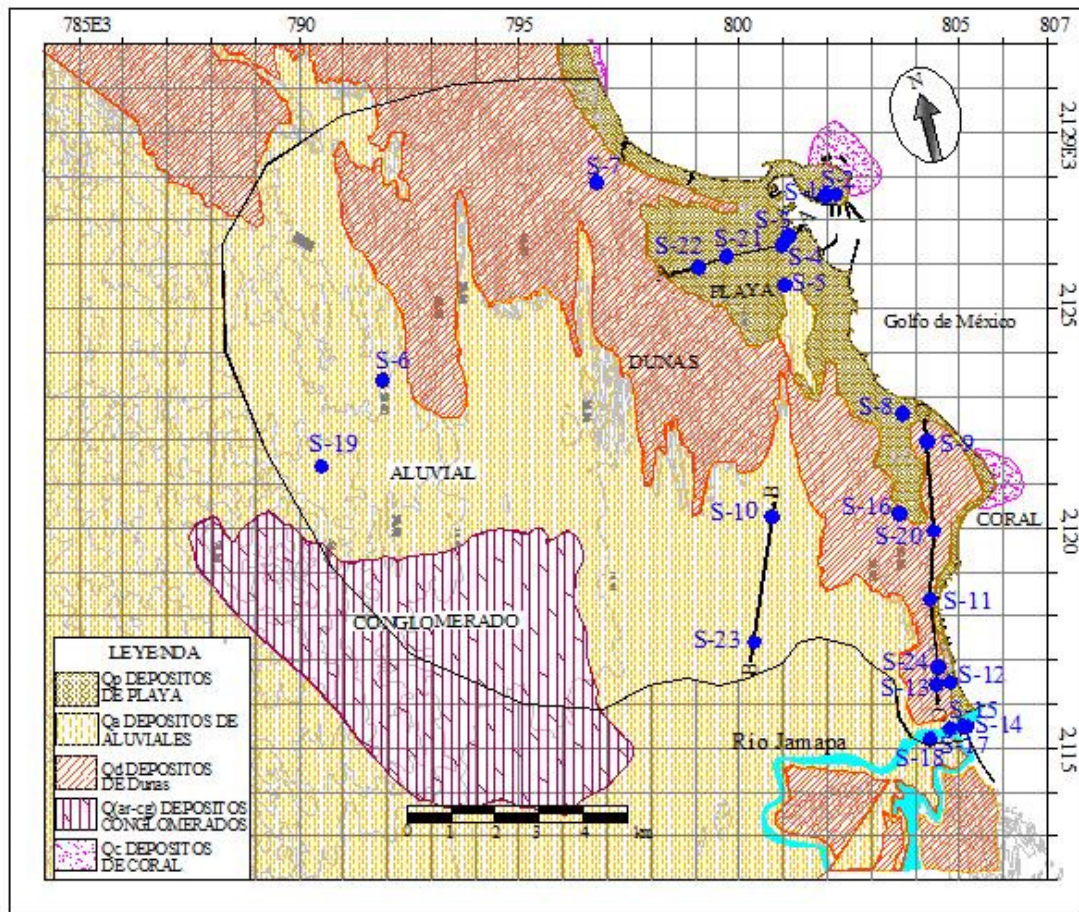
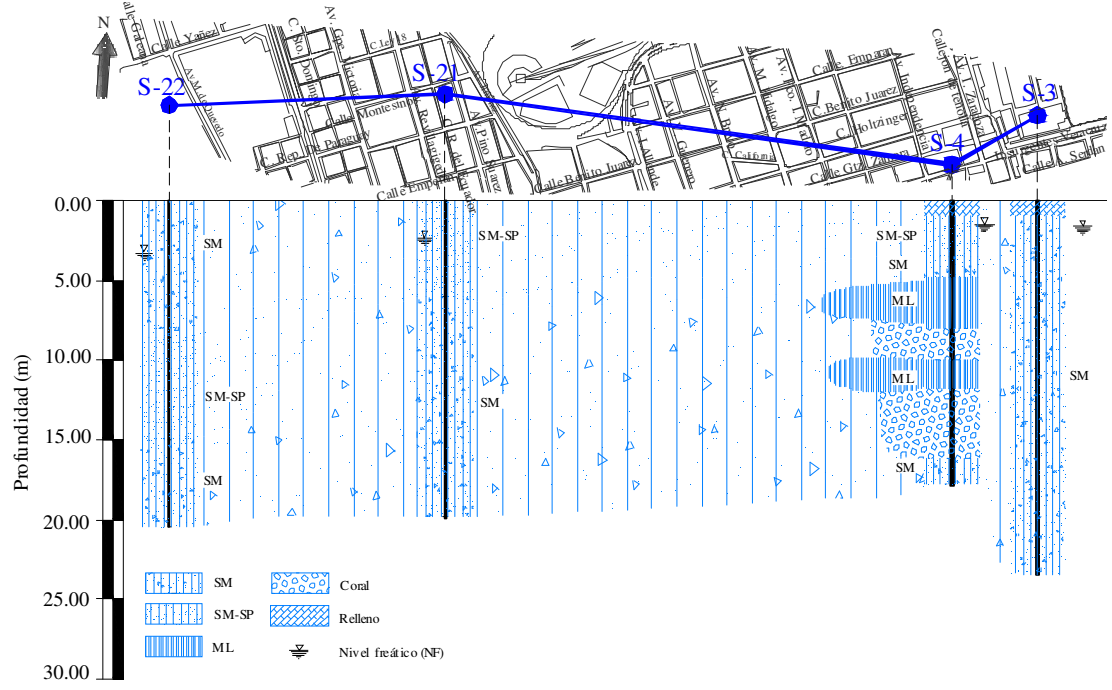
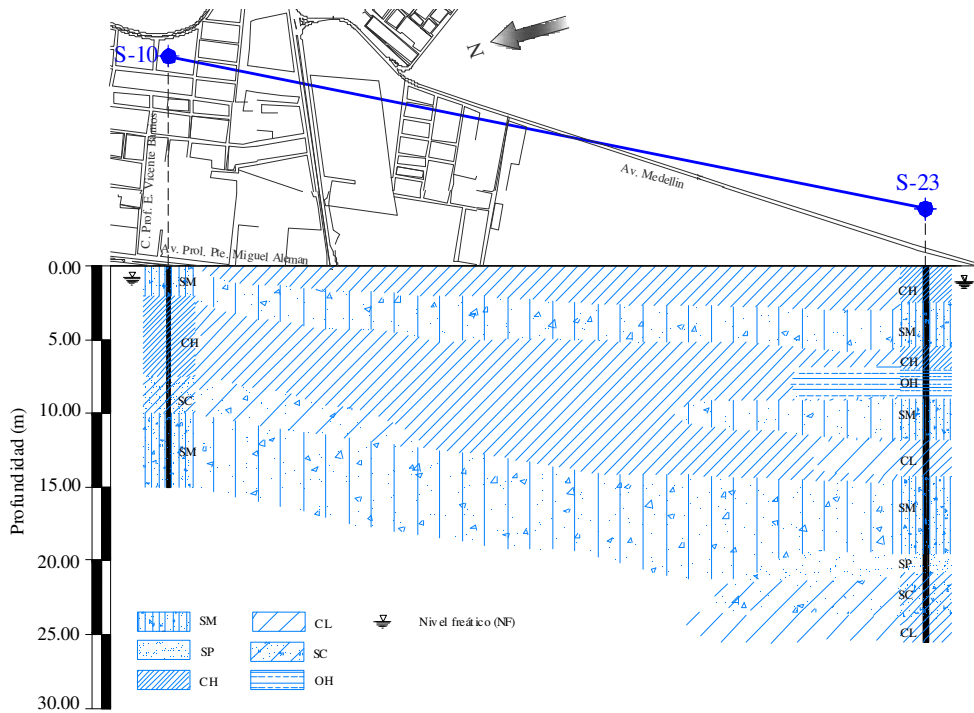


Figura 1.2. Geología y límite de la zona en estudio original de la ZCV. Los puntos representan los sondeos geotécnicos (SPT) y las líneas, los ejes de los perfiles estratigráficos (A-A, B-B y C-C).



2a



2b

Figura 1.3. Perfiles estratigráficos. 2a, eje A-A; 2b, eje B-B.

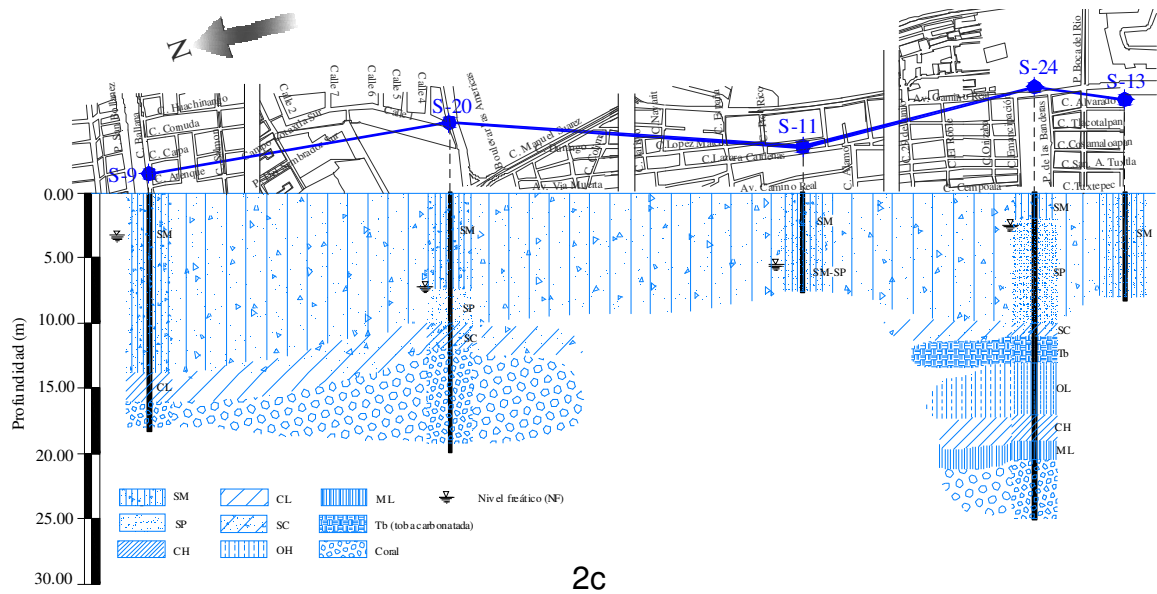


Figura 1.3. Continuación. Perfiles estratigráficos 2c, eje C-C.

Se recomienda incrementar el número de perfiles estratigráficos, sobre todo en áreas donde el crecimiento urbano es inminente, y de esa manera precisar mejor algunos límites de la zonificación.

1.5 Ubicación y extensión de la zona de estudio

Actualmente la mancha urbana casi no distingue municipios vecinos, y cada vez se aprecia más un mayor número de altas edificaciones en el paisaje. Además, su importancia como puerto comercial y zona industrial hacen fundamental e inaplazable su estudio para tomar medidas preventivas, que fundamenten normas técnicas para el diseño y construcción de las obras civiles apegada a condiciones sísmicas locales entre otras acciones, tomando en cuenta su potencial vulnerabilidad de acuerdo a la su historia sísmica.

La zona ampliada limita con el Golfo de México y municipios como Medellín de Bravo, Manlio Fabio Altamirano, Paso de Ovejas y La Antigua, y la población directamente beneficiada es de casi de un millón de habitantes y ocupa un área de 456 Km² aproximadamente. Está ubicada geográficamente dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

18° 58' 43'' y 19° 06' 00'' de latitud norte

95° 59' 11'' y 96° 15' 7.22'' de longitud oeste

Y representa el área de mayor crecimiento de las ciudades de Veracruz y Boca del Río.

2. Estimación de efectos sísmicos locales

El registro directo de movimientos sísmicos fuertes, permite sin duda una valiosa evaluación de los efectos locales para aplicar en una microzonificación sísmica, porque tienen la característica de incluir efectos no lineales y extensos contenidos frecuenciales.

Aunque en la última década, ha mejorado la densidad de instrumentación en el estado, y esto ha permitido registros de bajo nivel de amplitud, esta no es suficiente, y al igual que en la mayoría de las experiencias en diferentes estados en México, son escasos los registros de movimientos fuertes para dibujar curvas detalladas de la ZCV.

El sismo de Michoacán, México, de 1985 despertó un gran interés de sismólogos e ingenieros sísmicos en el estudio de la respuesta del sitio, y han surgido una serie de publicaciones y revisiones críticas del tema. Generalmente, se evalúan los efectos de sitio a partir de movimientos sísmicos y microtremores, y son tres las formas más usadas: una, como ya se mencionó en un principio, con el uso directo de sismos fuertes; otro, usando las señales sísmicas débiles o moderadas para predecir la respuesta del sitio ante un movimiento fuerte, y también, con la medida de microtremores.

2.1 Efecto de sitio

Experiencias vividas en diversas partes del mundo, han reconocido la importancia de la respuesta de sitio durante los sismos, y estudios documentados han confirmado que existe una relación entre la distribución de los daños en las construcciones con ciertas características que se concentran en determinados sitios. En general se observa que la cuantía de los daños son mayores en sitios con suelos blandos sin consolidar, y menores en suelos firmes rocosos.

Según las leyes de atenuación, la intensidad del movimiento del suelo provocado por un sismo, disminuye con la distancia del epicentro. Sin embargo, se sabe por las evidencias, que la intensidad y consecuentemente la cuantía de los

daños producidos sobre todo en las construcciones, no es solo función de la distancia epicentral; la amplitud de las ondas sísmicas, traducidas en sacudidas del terreno, puede variar significativamente de un sitio a otro cercano, y depende de la conformación del subsuelo, de la forma del terreno y muchas otras variables. A esto se le llama *efecto de sitio*, y si el modo de vibrar del suelo coincide con el período natural de vibración de un edificio, su respuesta puede aumentar considerablemente, pudiéndose presentar el fenómeno de resonancia.

2.2 Técnicas para estimar el efecto de sitio

Para evaluar los efectos de sitio, existen métodos teóricos (analíticos y numéricos), donde se usan modelos matemáticos y, los experimentales. Ninguno de estos métodos es excluyente de los otros, y en ocasiones es necesario recurrir a varios de ellos para darle mayor certidumbre al estudio.

Los métodos teóricos resueltos analíticamente o mediante procesos numéricos, han tenido mayor aplicación en el estudio de la difracción de ondas sísmicas. La solución analítica es sencilla y exacta, pero tiene la desventaja que solo se aplica para geometrías sencillas, lo que no es común encontrar en la realidad.

Los métodos numéricos, se basan en formulaciones de elementos finitos, diferencias finitas y elementos de frontera. Se usan programas alimentados por las características geométricas, datos geotécnicos o topografía a modelar.

Dada la dificultad y costo que representa obtener los parámetros dinámicos para realizar el modelo matemático, se ha generalizado más el uso de los métodos experimentales.

Uno de los primeros métodos experimentales más usados es el de la técnica estándar con registros de movimientos fuertes. Esta técnica consiste en tomar registros en lugares firmes o rocosos a la vez que en lugares blandos o suaves; con estos registros, se obtienen funciones de transferencia de las componentes horizontales. Posteriormente se comenzaron a realizar los estudios

no tan solo con temblores fuertes sino también con movimientos débiles. En Japón aparte de efectuar esta técnica, ya se realizaba vibración ambiental (Kanai et. al. 1956).

Sin embargo, solo en casos excepcionales ha sido posible dibujar mapas de zonificación con la observación de movimientos sísmicos fuertes, por lo que frecuentemente se han utilizado los movimientos débiles y registros de microtembres o vibración ambiental para la caracterización de sitio.

Desde finales de los 50`s, en Japón se han realizado numerosas publicaciones sobre medidas de ruidos ambientales del suelo para evaluar efectos de sitio. Con el tiempo se ha desarrollado una técnica que ha crecido en los últimos años, que es la estimación de la razón espectral entre las componentes horizontales y la vertical de un mismo registro, llamada técnica de Nakamura o REHV (1989), para interpretar mediciones de microtembres. Algunas de las ventajas más importantes, es que esta técnica elimina el requerimiento de una estación de referencia, lo que reduce los costos, y por otro lado el tiempo de espera también es menor.

Además, haciendo un análisis de las ventajas y limitaciones de la utilización de movimientos sísmicos fuertes, débiles y microtembres, se observa que existen diferencias tanto a nivel práctico como a nivel de información contenida en los registros. En el aspecto práctico destacan los costos para la obtención de registros de movimientos fuertes, pues se requiere de una red permanente, lo cual a la vez puede registrar movimientos débiles si el parámetro de disparo se programa adecuadamente. Los movimientos sísmicos débiles, también se pueden registrar con arreglos temporales que generalmente se instalan para registrar las réplicas de movimientos fuertes. Mientras que el registro de microtembres se realiza con estaciones provisionales, lo que permite optimizar la utilización del equipo y cubrir grandes áreas en poco tiempo.

2.3. Vibración ambiental.

Las fuentes más comunes de ondas sísmicas pueden ser de origen: internas, externas y mixtas. En las primeras están las fallas sísmicas, y son las que principalmente nos ocupan en la ingeniería civil por la extensión e impacto de sus efectos; también están las explosiones mineras subterráneas y el flujo hidrológico entre otras. Las externas son por ejemplo el viento, el oleaje, impacto de meteoritos y el ruido cultura. Y las mixtas como erupciones volcánicas, avalanchas y deslizamientos.

Ante la diversidad de fuentes, es de esperarse que tanto los depósitos de suelos como las rocas, estén en vibración permanente. Esta vibración a su vez puede ser de origen: natural y artificial. La primera, inducida por cambios de presión atmosférica, tormentas y oleajes, por ejemplo, conocidas como microsismos, y representan el "ruido de la Tierra". La segunda generada por eventos artificiales como el tráfico automotor, maquinaria, etc.

El término microtrepidaciones, corresponde a una traducción del inglés de *microtremor*, pero también son conocidas como vibraciones ambientales.

Nakamura basado en que las fuentes artificiales de vibración tienen principalmente movimiento vertical, consideró que las microtrepidaciones están compuestas por diferentes tipos de onda que incluyen tanto ondas de superficie como ondas internas, y desarrolló una técnica que es la utilizada en este trabajo para obtener los períodos de vibrar del sitio.

En este trabajo se obtuvieron registros de vibración ambiental en 156 sitios (Véase figura 2.1.).

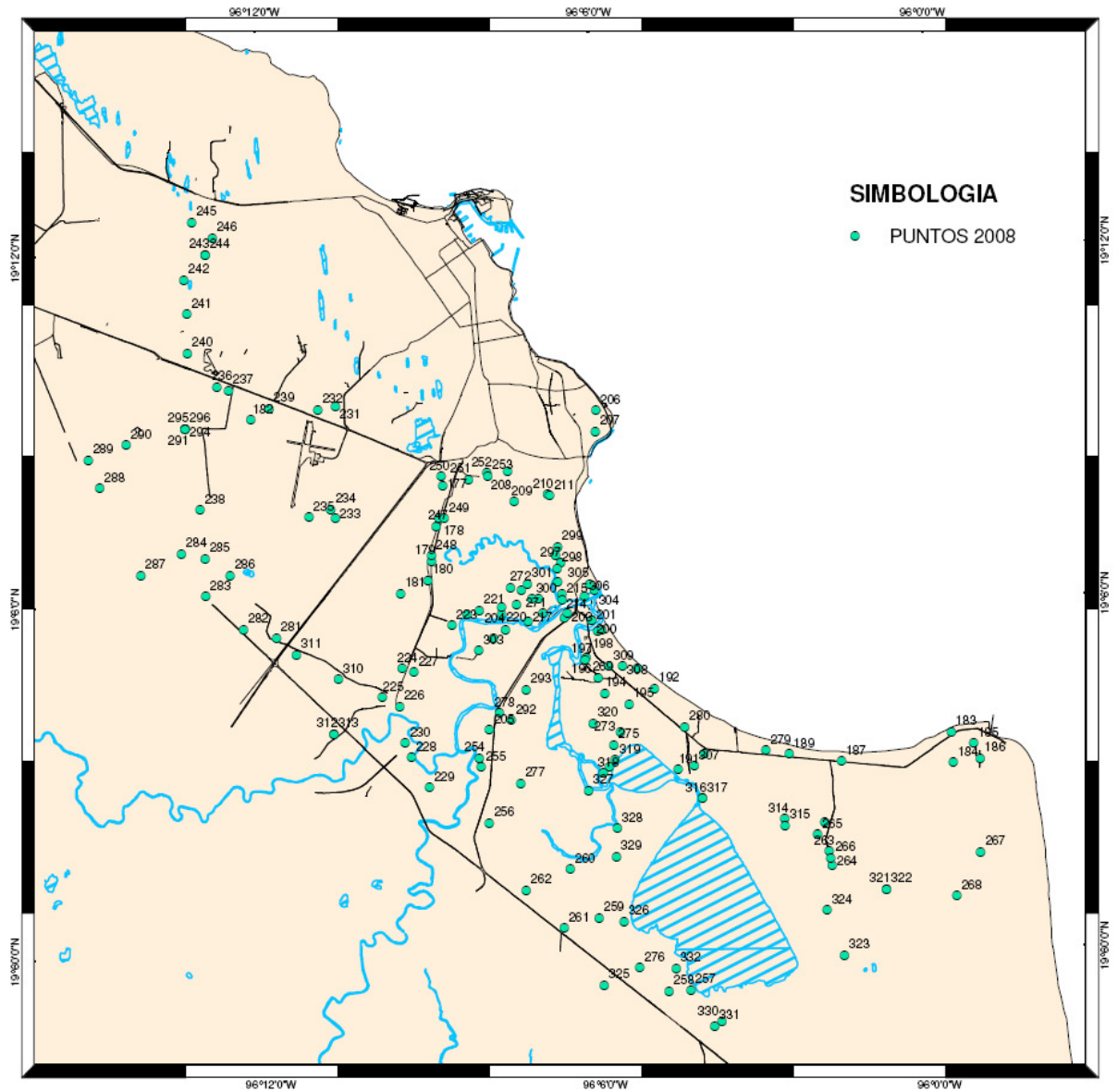


Figura 2.1. Ampliación de puntos de vibración ambiental.

Para la adquisición de datos, se usó un acelerógrafo de marca Etna de Kinematics, cuyas características se describen en el siguiente capítulo.

En cada punto de medición, se realizaban al menos dos muestreos con 120 segundos de duración. Los datos quedaban gravados en formato binario, y posteriormente se transferían a una computadora, donde fueron analizados.

2.4 Técnica de Nakamura

La relación espectral horizontal/vertical de microtemores, o Técnica de Nakamura ha sido utilizada frecuentemente tanto para ondas S como con ondas P. Aunque ha suscitado importantes discusiones, a causa de sus poco firmes hipótesis, y variabilidad de los resultados obtenidos, la técnica se ha usado en muchas ciudades por su facilidad de realización, tanto en la toma de registros como en su procesado. La técnica de Nakamura, ha permitido incluso en algunos casos la modificación de planos geotécnicos (Lieja, Bélgica), permite diferenciar materiales y obtener los períodos dominantes del suelo (Barcelona, España).

La utilización de movimientos sísmicos fuertes, movimientos sísmicos débiles y microtemores, tienen sus ventajas y limitaciones, tanto a nivel práctico como de información contenida en los registros. Lo más influyente a nivel práctico es su costo, pues para el registro de movimientos sísmicos fuertes, se requiere una red permanente, la cual a su vez puede también registrar sismos débiles con los parámetros de disparo adecuados. En tanto que el registro de microtemores se puede realizar con estaciones provisionales, con un único equipo y cubrir grandes áreas en tiempos cortos.

Desde el punto de vista de los registros, las diferencias son: amplitudes, contenidos frecuenciales, información de efectos no lineales, y algo muy importantes es que, aunque la fuente que provee de más información son los sismos fuertes, estos tienen el inconveniente de su escasez en número y localización; mientras que los microtemores se pueden registrar en el momento y lugar que se desee.

A pesar de que los niveles de ruido ambiental varían sustancialmente a lo largo del día, los cocientes espectrales permanecen estables y el período dominante del suelo también, con variaciones de la amplitud del mismo.

Investigaciones teóricas y trabajos experimentales han demostrado, que el método de cociente espectral (Nakamura), permite obtener de forma aproximada los períodos dominantes del suelo, no así las amplificaciones asociadas.

3. Manual de campo para la obtención de vibración ambiental

3.1 Antecedentes

Se pueden identificar dos etapas para la obtención de la vibración ambiental: la adquisición de registros de microtemores en el sitio y su posterior procesamiento en gabinete. La primera etapa, consiste por ejemplo en los procesos en campo como son la selección y preparación del terreno adecuado para realizar la prueba, el correcto uso del acelerógrafo para facilitar la captura de datos,; mientras que en gabinete se realiza el procesado de la información capturada por el acelerógrafo usando el software especializado, su correcta interpretación, y su ordenamiento para su posterior consulta, y así poder finalmente generar los mapas del área en estudio que agrupen familias de formas espectrales, es decir zonas con similares formas de vibrar.

La vibración ambiental, se encuentra estandarizada en ciertos aspectos, y se encuentra en ciertas publicaciones del área; lo mencionado aquí es un corolario de los mismos, y se pretende obtener nuevas y más detalladas recomendaciones.

Lo mejor es iniciar por familiarizarse con la teoría básica del método de Nakamura y los programas de gabinete (en este trabajo se usó el DEGTRA proporcionado por la UNAM), antes de realizar la primera práctica de campo. Esto permite seleccionar de mejor manera, las características de los terrenos que pueden ser usados para realizar las pruebas, ya que el objetivo final es obtener la frecuencia imperantes en cada punto, con un alcance de 1 Km. a la redonda para este trabajo, por lo mismo, los puntos o sitios donde se tomará la muestra, no pueden ser elegidos al azar. Esto implica definir bien las rutas a seguir en el estudio, para cubrir la zona.

Cabe mencionar que la densidad propuesta de puntos, para determinadas zona, puede ser incrementada después de realizada la campaña o sesión de muestreo, esto debido a la naturaleza y distribución no uniforme de los suelos.

Un factor importante es el clima, pues es probable que los tiempos del proyecto puedan no coincidir con condiciones climáticas favorables. Se recomienda planear las actividades en temporadas en donde se reduzca esta posibilidad al mínimo de mal tiempo, pues la calidad de la muestra puede verse afectada con factores externos como los vientos fuertes del norte, por ejemplo, que influye en las lecturas de vibración con exceso de ruido, por lo tanto se obtendrán mejores resultados con clima templado, o en ausencia de condiciones extremas.

3.2 Características del equipo

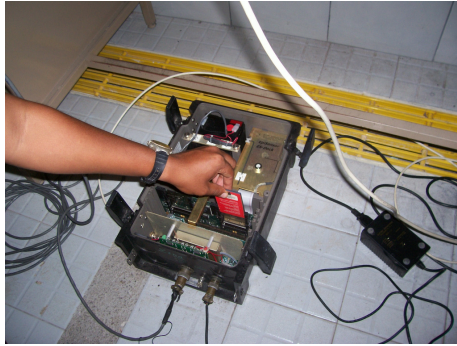
En este trabajo se utilizó un acelerógrafo modelo **Etna Strong Motion Accelerograph** de **Kinometrics**; una de las ventajas de este modelo, es que si se le calibra adecuadamente, presenta poca sensibilidad a los movimientos ajenos a la muestra que se desea obtener, los cuales abundan en el ambiente urbano.

Las principales características del acelerógrafo obtenidos del fabricante son:

Tipo	Procesador Digital de Señales de 24 bits
Número de Canales	3 canales, 1 opcional
Rango Dinámico	108dBa200mps
Respuesta en Frecuencia	CD-73 Hz a 200 mps
Resolución	18 bits a 200 mps
Ruido	Menos de 8 mV RMS
Tasa de Muestreo	1 00,200,250 mps por canal
Rango de Entrada	±2.5 V
Rango de Disparo	0.01%- 100% de la escala completa en cada canal
Amortiguamiento	70%
Rango de Disparo	0.1 Hz a 2.5 Hz
Tiempo de pre-evento	30 segundos
Tiempo de post-evento	0-65,000 segundos
Tamaño de Memoria	2 MB de RAM
Memoria Expandible	2 slots para PCMCIA de 2,4,8,16,32,64,128 MB
Batería Interna	12.5 V, 6.5 Ah para 36 horas
Adaptador externo de Tiempo	Conexión para GPS
Dimensiones	256 x 381 x 178 mm (Caja de Aluminio con Blindaje)
Peso	9 Kg. incluyendo la batería interna
Temperatura de Operación	-20 °C a + 70 °C
MODEM	Interno
Velocidad de Baud	1 200,2400, 4800,9600, 1 9200,38400,57600
Alarma	0.1% a 100% de la escala completa
Software	Compatible con Microsoft Windows

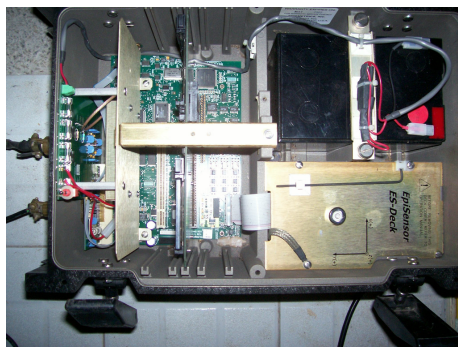
El equipo viene acompañado de un par de programas: el **QTWIN**, para la configuración de los parámetros internos del Etna, y el **QLWIN**, que nos permite evaluar en gabinete las muestras obtenidas por el equipo, y una tarjeta de memoria tipo **PCMCIA** (Personal Computer Memory Card International

Association), o **PC Card** de 64 MB, la cual va dentro del puerto *slot* de tarjeta A, y al lado el *slot* de tarjeta B. Es muy recomendable obtener una tarjeta más, así, en caso de que la tarjeta A llegase a llenarse, el equipo esta configurado para de inmediato comenzar a grabar en B.



El equipo cuenta con sistema **GPS**, el cual cuando está como estación permanente debe ser instalado en un lugar fijo, alto y despejado para captar su posición georeferenciada. Para vibración ambiental se usa generalmente una GPS manual para ubicar el punto. Cuenta con reloj interno, el cual se puede programar para hora local o la hora del meridiano de Greenwich.

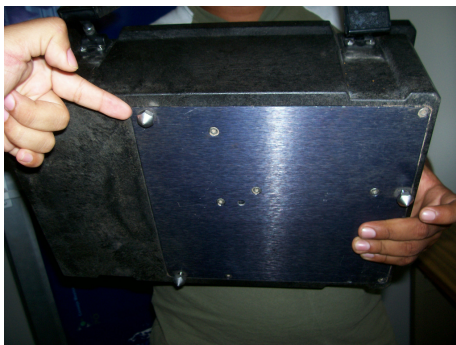
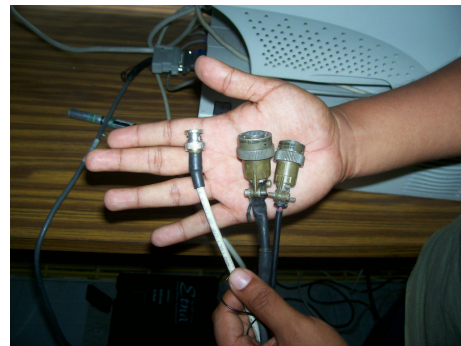
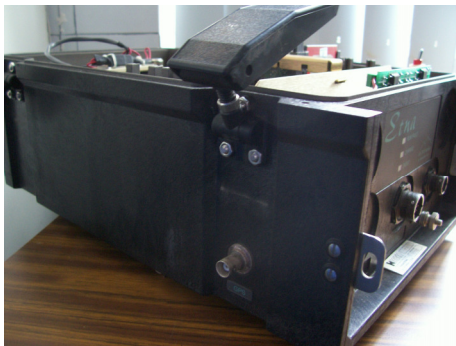
Dentro del equipo existe una caja metálica dorada, que es el sensor del acelerómetro. Dentro de este, se encuentra una masa suspendida por campos electromagnéticos, y las pequeñas variaciones que tiene que hacer para mantenerla equilibrada, son los valores de variación de voltaje, que después se convierten en aceleración. El equilibrio de la masa se establece cada vez que el equipo comienza a estabilizarse, por ello durante este lapso no se debe realizar ningún movimiento



El acelerógrafo es hermético, y cuenta con conexiones tipo MIL-C, o conexión tipo militar para:

- GPS
- Entrada de corriente
- Extracción de datos o configuración de parámetros
- Disparo de activación manual (no ilustrado)

Todas ellas con sus respectivos cables bien diferenciados de los otros cables; además, cuenta con unos pernos niveladores en la parte inferior, con los que habrá de tenerse cuidado de no dejar tirados en los sitios donde se hace el registro ambiental, pues son piezas difíciles de reponer.



Al frente se encuentran los *leads* de alerta del ETNA, cada uno se activa según la acción que esté realizando el equipo, que son:

RUN/FAULT, es la primera luz que se enciende después de activar el acelerógrafo y junto con un sonido nos indica lo anterior. Mientras se mantenga fija la luz, indica que el equipo se está preparando para registrar, lo que da tiempo

para que todos tomen su posición antes de que comience la estabilización de la masa interna del acelerómetro, y toma alrededor de un minuto; cuando la luz es intermitente indica que ha ocurrido un error, en general son de configuración en el software, otras veces indica que la tarjeta de memoria está mal puesta, o que el equipo se mueve demasiado en el lugar donde está colocado, por algún desnivel en el suelo.

CHARGE, mientras se encuentre apagado indica que está tomando energía de su batería interna, de lo contrario, se mantendrá encendido mientras el acelerógrafo esté conectado a una fuente de energía, esto también lo aprovecha el mismo equipo para cargar su batería interna.

EVENT, este *lead* se encenderá después de terminar el tiempo de espera de RUN, primero será intermitente, avisándonos con esto que la masa se está estabilizando, después se mantendrá fijo, y esto nos indica que ya podemos dar el golpe, o usar otro método de activación. Después volverá a parpadear una vez que haya detectado el golpe, y comenzara a registrar. Durante este lapso se deben evitar todos los movimientos posibles, en este caso 2 min, para después volver a detenerse indicándonos que puede comenzar a registrar de nuevo, eso continuará así hasta que apaguemos el equipo.

3.3 Herramientas propuestas

Junto con el acelerógrafo, se deben transportar herramientas básicas para afrontar las condiciones del sitio donde se realizara el punto ó muestreo. Estas condiciones varían más cuando se toman en zonas no urbanizadas, de ahí que la mayoría de las herramientas estén pensadas para trabajos en zonas rurales.

En el caso de los puntos en zonas rurales, por lo general los sitios a escoger cuentan con acceso sencillo o parciales, aunque a veces, hay lugares en donde será necesario adentrarse a pie, para realizar el muestreo, por ello las herramientas se deberán escoger en tamaños portátiles, transportables en una bolsa de herramientas común.

Las herramientas básicas utilizadas en campo son:

- Pala escarramán (a)
- Pala cuadrada mango "Y" uso rudo (b)
- Cultivador de jardinería c/mango 7' (c)
- Azadón de jardinería c/mango 15' (d)
- Talacho-Pico con mango fibra de vidrio 2.2 kg (e)
- Pala cajuelera cuadrada mango madera (f)
- Cuchara de jardinería c/mango de 15' (g)
- Machete pulido std. 20' (h)
- Guante de algodón tejido especial tipo japonés con palma de carnaza de res suave de primera clase, puño elástico ajustable a la mano (i)
- Brocha súper fina de camello 1.8 pulg.(j)
- Bolsa para clavos y herramientas, 5 paquetes (k)
- Tabla con clip tamaño carta (l)
- Brújula y su repuesto (m)
- GPS portátil (n)
- Pilas de repuesto (o)
- Lápiz y goma (p)
- Reloj con la hora exacta (q)
- Google de seguridad (r)
- Cámara fotográfica (s)
- Mochila para transporte de equipo (t)





3.4 Planeación previa

Como ya se mencionó, las campañas deben ser planeadas con tiempo, para obtener mejores resultados en el menor número de intentos posible. Uno de los elementos que nos aporta una visión general de a lo que se verá sometido el estudio, son los mapas del área total de estudio, que es la porción de la superficie terrestre que se pretende clasificar.

Se debe tener el mapa geológico, y si es posible, los fisiográficos, topográficos, e hidrológicos, cada uno lo más actualizado posible. Esto ayuda tanto a la planeación de las rutas, como a la interpretación de los datos que obtendremos, además, se podrán usar para planear otro tipo de estudios en la misma área a futuro, reforzando o apoyándose con la vibración ambiental.

Usando los mapas como referencia, se planean el tipo de herramientas, vehículos, y vestuario a equipar para realizar cada ruta, aunque algunas veces las condiciones en campo pueden variar por fuera de lo representado, eso depende de la precisión y actualidad de los planos. Se tienen que hacer ajustes sobre la marcha, pues suele suceder que en ocasiones no están apropiadamente señalizados en lugares poco urbanizados o no urbanizados y/o surgen nuevos

asentamientos, por al crecimiento de la mancha urbana, dejándolos desactualizados. Esto es un factor de riesgo que se debe considerar por adelantado, dentro de las contingencias posibles.

Son 4 elementos la base de cada campaña:

- Bitácora
- Mapa de la zona de estudio
- Ruta planeada
- Acelerógrafo, calibrado con los parámetros necesarios

Más a adelante se explicaran a detalle.

Una buena idea es mantener todas las herramientas en un solo lugar, para esto se puede usar una maleta pequeña, que facilita su disponibilidad, y también ayuda a su mantenimiento, el cual es muy importante para los electrónicos como el GPS, y el ETNA, además de las herramientas con filo, como el machete o las palas.

En el caso de tener al acelerógrafo registrando en una estación fija, cada vez que se salga a una campaña, se debe desinstalar del sitio donde se tiene registrando, lo que hace importante las horas que se utiliza en campo, pues deja de registrar.

Los mapas a usar se pueden conseguir en instituciones como el INEG, ya que sus bases de datos son las más confiables. El formato a escoger debe ser electrónico, que facilite imprimir las zonas y ruta a cubrir, la cual serán escogidas después de planear la campaña.

Si el trabajo en campo va a ser el predominante durante el estudio, es preferible usar vehículos todo terreno como método de transporte para las campañas. Facilita que se puedan obtener puntos en zonas que aunque no parezcan aptas para desarrollo urbano, permitan definir con mayor precisión la zona en estudio.

En campo, son necesarias dos personas como mínimo para realizar el muestreo, una para el manejo del acelerógrafo, bitácora y herramientas, la otra para la planeación de rutas, vigilancia de avance realizado, chequeo de mapa.

Estar al tanto del clima que acontecerá por lo menos con dos días de adelanto es buena idea, ya que las campañas deben ser planeadas de preferencia con al menos un día de anticipación, esta holgura da tiempo para la propuesta de ideas, o cambio de planes por varias razones.

Las rutas propuestas deben mantener cierta coherencia entre ellas, comenzando con las más lejanas primero, o aquellas que se encuentran en lugares clasificados como zonas de riesgo del proyecto, por tener condiciones geológicas de mayor riesgo y estar en zonas de desarrollo urbano. Esto facilita el estudio, permitiendo tomar una mayor cantidad de muestras, y visualizar mejor las zonas a densificar, agilizando el calendario de actividades.

Calendarizar las actividades de trabajo y llevar una bitácora de registro manual es muy útil, la última actúa como un respaldo de consulta en caso de cualquier contingencia o eventos de relevancia para el control interno de actividades, por ejemplo, si una prueba no se llevó a cabo en una localidad debido a algún festival que pudiera viciar el registro o los lugares visitados. También permite visualizar con anticipación la compra de nuevas herramientas en el caso de ser necesario.

3.4.1. Bitácora

La bitácora es la herramienta esencial de organización, en ella se lleva el control de los datos de campo y gabinete; se pueden utilizar dos formatos, uno de control interno y otro para presentar los reportes de avance. La de control interno, deberá llevar datos de:

- Número de punto
- Número de campaña
- Ubicación

- Posición, en sus dos coordenadas X y Y(UTM)
- Número de muestras, la hora exacta en la cual cada una de estas es tomada, nombre del archivo correspondiente a la misma
- Observaciones, donde irán:
 - Número de archivos útiles.
 - Número de archivos inútiles, y razón del error.
 - Notas sobre eventos u observaciones que se hayan visto durante el muestreo
- Fecha de la campaña
- Número de hoja

Lo anterior puede ser ordenando de la manera que se desee, siempre y cuando resulte de fácil interpretación al momento de consultar los datos. Se da una muestra de la bitácora interna y la bitácora de entrega completa, en el **apéndice I**.

3.4.2.Delimitación del área total de estudio

El tamaño del área total de estudio para la vibración ambiental se determina en base a tres puntos:

- Zonas de riesgo
- Población beneficiada
- Tendencias en la expansión urbana de la región

El objetivo de estos estudios es generar un beneficio a las poblaciones, a través de la identificación de zonas de riesgo sísmico, por eso su delimitación es dada por el desarrollo probable de las poblaciones a las que beneficia.

Los cuerpos de agua y sus alrededores, suelen ser zonas de riesgo por la alta plasticidad de sus suelos, aunque no es posible realizar el muestreo dentro de ellos, los datos que se puedan recopilar a su alrededor, nos darán una idea muy clara de cómo afectan la zona.

La vegetación existente en el área, también delimita las zonas a estudiar, ya que donde es densa, es muy probable que cause demasiados conflictos, tanto al desplazarse sobre ella, así como al realizar el muestreo, por causa de los árboles, principalmente los grandes, ellos afectan el registro al transmitir su movimiento por el viento al suelo, o en el caso de su cantidad, sus raíces podrían distorsionar el verdadero modo de vibrar del suelo, esto se soluciona buscando claros sin árboles, o con árboles de tamaños entre 1 y 8 m. alrededor.

Las grandes instalaciones como fábricas, o plantas de tratamiento de aguas también afectan en algunos casos y según la distancia a la que se encuentren, las vibraciones que producen al estar en funcionamiento y por sus dimensiones, contaminan los registros, pudiendo llegar a generar datos con frecuencias erróneas. Una distancia de 400 a 600m es prudente para descartarlas de manera parcial, como fuente de contaminación del registro.

Se puede extender el área de estudio sobre la marcha, al notar el crecimiento e importancia de ciertas zonas no contempladas en el proyecto original, y se pueden agregar puntos en sitios de interés.

Es prudente aclarar que el área total de estudio definida en el mapa, requiere haber aportado resultados antes de agregar más muestras o rutas, preferiblemente al finalizar todos los puntos propuestos de manera formal.

3.4.3. Diseño de rutas

Una vez que se tenga el área de estudio total delimitada, se procede al diseño de rutas, cada una de ellas será una campaña, que en su conjunto deberán cubrir la cantidad de puntos que se decidieron obtener, es decir, una malla de puntos que se cerrará o abrirá en diferentes partes del área total de estudio, para poder realizar el mapa de familias espectrales.

Las zonas de riesgo son en sí, uno de los mayores motivos para desarrollar este tipo de estudios, su identificación y localización exactas, son el objetivo del agrupamiento de familias espectrales. En estas zonas el efecto de un

sismo se ve amplificado, dependiendo del efecto de sitio de la familia espectral que sea el suelo.

Una zona se densifica haciendo pasar varias rutas por la misma; la distribución de los puntos en total, deberá cubrir la mayor cantidad del área total de estudio. Lo deseable sería mantener una relación de 1 km de distancia entre cada punto, sin embargo esto no es posible todo el tiempo; por múltiples factores. Por ello, se debe procurar no exceder un radio de 8 km entre cada punto, siendo más cercanos en áreas que se puedan identificar como de riesgo, con ayuda de los mapas geológicos y topográficos. Si se carece de estos, se le debe dar mayor cuidado a zonas cercanas a grandes cuerpos de agua, o antiguos pantanos, los estratos que podemos encontrar en lugares como estos suelen no estar consolidados tendiendo a altas plasticidades

Los mapas geológicos, también sirven para decidir qué áreas no se van a densificar en puntos, o se les dará una distancia mayor entre ellos, por ejemplo: donde el mapa geológico nos marque que existe una extensión de un mismo tipo de suelo, dentro de nuestra área total de estudio, no es tan apremiante cerrar la malla de puntos, e incluso si llegamos a gabinete a comparar los datos, podremos observar como la tendencia al tipo de suelo que marca el mapa se mantiene, en la localidad Veracruz-Boca del Río-Alvarado este caso se presentó en los suelos rígidos. Se explicará más a detalle en el apartado de interpretación de gráficas.

Se pueden tomar como guía los caminos y carreteras ya existentes en el área total de estudio, ya que los desarrollos suelen darse a los costados de los mismos, o informarse sobre los planes de expansión municipales u estatales. Con esto podremos identificar las zonas que requieren mayor densidad de puntos, así como las que requieren ser densificadas parcialmente debido a su lejanía de los puntos de desarrollo a corto plazo, para este último caso, no importa que se encuentre en un área de riesgo de las anteriormente mencionadas.

Las rutas de preferencia:

- Deben ser seguras.-

- Ni los operarios, ni el acelerógrafo deben sufrir riesgos innecesarios.
- De tránsito fácil.-
- Se debe poder transportar todo el equipo.
- Deben poder cubrirse en espiral invertida, de adentro hacia afuera.-
- Se debe proponer un punto de inicio y otro final en cada campaña, procurando que el final sea el más cercano al gabinete.

Lo anterior ayuda a reducir el tiempo que se necesita para poder realizar el estudio.

Cada vez que se vaya a asignar un lugar para un punto en una ruta, es recomendable buscar aquellos donde exista la menor cantidad de conflictos, excluyendo lugares como:

- Propiedades privadas
- Zonas con mucha agua
- Zonas demasiado apartadas
- Zonas con material peligroso:
 - Basureros
 - Desechos tóxicos

Para poder realizar pruebas en propiedades privadas, es recomendable buscar al dueño o al responsable para solicitar su permiso, la mayoría de las veces esto ocurre sin mayor problema, pero en otras no tanto. En estos casos se requieren de permisos y escritos especiales, por ello, solo deben ser contemplados estos puntos, cuando generan un alto beneficio al proyecto en la descripción correcta de un área extensa, que muestre conflicto para ser clasificada de manera satisfactoria, por su extensión, o por la diversidad en las frecuencias de los puntos circundantes.

Los lugares donde existe mucha agua en el ambiente, también pueden llegar a ser un problema, ya que el acelerógrafo es muy sensible al agua en su interior, a pesar de que este herméticamente sellado por fuera. Una gota dentro, puede hacer fallar el equipo, por eso no se le puede poner sobre una superficie

cubierta de agua, o brotando de ella, incluso una gota de sudor es peligrosa, para prevenir lo anterior se usan googles cuando el equipo es manipulado sin tapa en campo.

Comenzar con las rutas más alejadas a nuestro gabinete es la forma más eficiente de trabajar, y el tratar de trabajar en espiral invertida de afuera hacia dentro. Esto deja espacio a reposiciones tempranas en lugares alejados, considerando el tiempo de viaje como un tiempo muerto para lograr campañas largas, así las primeras campañas serán las más lejas, pero de menor cantidad de puntos, permitiendo acostumbrarse a las maniobras en campo y aprender los procesos en gabinete con menor carga de archivos.

Si un lugar es demasiado apartado de una zona de desarrollo o esta fuera del área total de estudio, no se le debe validar como punto viable, ya que a grandes distancias, el tiempo para laborar se acorta, quitando horas luz para trabajar, y dado que las pruebas deben realizarse durante las horas de luz solar, tanto para apreciar los sistemas internos del ETNA, como para vigilar las herramientas de trabajo, al trabajar fuera de esta norma sin requerirlo el proyecto, se toman riesgos y gastan tiempos innecesarios.

Trabajar en lugares con materiales peligrosos como desechos tóxicos, o simple basura suponen más un problema de contaminación de registros que de seguridad del personal, debido a que la capa que vemos solo es una de tantas apiladas en el mismo lugar, esta diversidad de materiales enterrados en el suelo genera frecuencias distorsionadas, por lo tanto ningún registro que tomemos en ese tipo de lugares podrá sustentar una validez aceptable.

Cuando algún lugar propuesto para un punto no cumpla estas condiciones, o exista alguno de los riesgos aquí mencionados, se deben proponer como reemplazo puntos cercanos a la posición deseada, procurando seguir dentro del área total de estudio.

Una ruta debe abarcar 7 puntos como mínimo, con opción abierta a uno o dos puntos extras, según la disponibilidad, agilidad y cercanía que se tenga entre

los 7 puntos propuestos. Según su forma, se puede designar que a la mitad de la ruta se alcance la mayor distancia posible, o comenzar con el punto más lejano, haciendo al último el más cercano al gabinete. Este último método es preferible con distancias largas, pues nos permite observar las condiciones del camino, ayudando a identificar accesos para puntos de otras campañas. Para cuando se llegue al lugar deseado, o las condiciones del camino impidan avanzar más, se tendrá una mejor perspectiva del terreno y sus alrededores, con esto también se evalúa si es o no necesario intervenir en la zona con una o mas campañas, usando otros caminos para cerrar mas la malla de puntos en esa zona.

3.4.4. Valores de parámetros en el equipo

Existe una amplia variedad de acelerógrafos que pueden ser usados para el registro de vibración ambiental, cada uno con sus respectivas configuraciones, programas y métodos de operación.

Como en este estudio se ocupó el modelo Etna Strong Motion Accelerograph de Kinometrics, solo se mencionará la configuración adecuada para este equipo, en este tipo de pruebas y para las condiciones imperantes en la zona Veracruz-Boca del Rio-Alvarado-Medellín.

QTWIN es el programa de configuración de parámetros para el ETNA, con él ajustamos desde la fecha del equipo, hasta calibrar la sensibilidad de respuesta del mismo; es necesario tener un adaptador de puerto, ya que el ETNA utiliza un puerto tipo serial, de lo contrario no podrán comunicarse la computadora y el acelerógrafo; el sistema operativo usado en este estudio fue el Windows XP.

El equipo trae una configuración de parámetros de fabrica, sin embargo, las condiciones de cada lugar donde es usado son muy diversas, por ello se debe configurar de acuerdo a prueba y error para obtener los mejores resultados posibles del área en estudio, esto es ajustar su sensibilidad, ello permite depurar o saturar los registros con ruido, es decir, todos los elementos que producen algún movimiento en el suelo, propios del lugar donde se tomen las muestras.

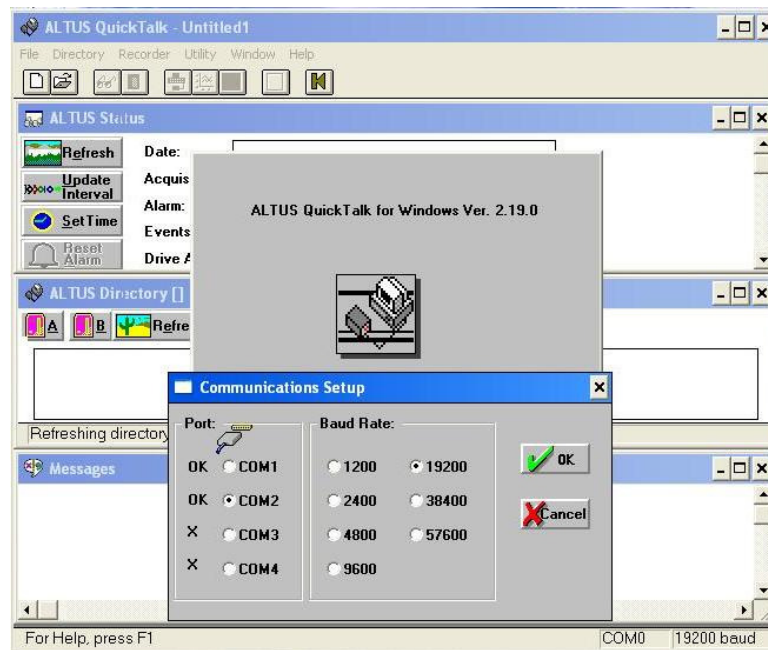
La frecuencia donde se encuentra el periodo fundamental, o su primer modo de vibrar, de los edificios en el área Veracruz-Boca del Rio-Medellin-Alvarado, es el rango de 0.1 a 10 Hertz, en ese rango es donde se encontró la mayor amplitud, esta es la vibración ambiental que nos interesa encontrar.

El acelerógrafo mide en aceleración contra tiempo, en volts, y estos se convierten en aceleración. En el ETNA está fija en un valor de 981 cm/seg², o 981 gales, consecuentemente cada vez que alteramos la sensibilidad del equipo lo hacemos contra ese valor, por ello cuando ponemos el equipo a una sensibilidad del 50%FS, estamos registrando valores que se manifiestan a 490 gales, en 10%FS, serán a 98 gales, y a 1%FS serán de 9.81 gales. En la siguiente configuración la sensibilidad de activación está en 0.050%FS, lo cual es un valor de 0.4905 gales.

Lo anterior es de suma importancia cuando se trabaja en zonas urbanas o cerca de carreteras, ya que el tráfico produce una considerable cantidad de ruido, y más si es del tipo pesado, por ellos cuando una ruta tenga varios puntos de esta clase, la sensibilidad debe ser reducida, incrementando el valor de reacción (%FS), para evitar la contaminación del registro.

A continuación se dan los pasos para configurar el acelerógrafo según las condiciones de la zona Veracruz-Boca del Rio-Alvarado-Medellín. Fue la que mejores datos capturó en la mayor cantidad de puntos, por ello se recomienda ampliamente, dejando la opción de bajar más la sensibilidad en áreas urbanas muy conflictivas, o zonas de tráfico muy pesado.

Primero ejecuta el QTWIN, y se espera a que aparezca la pantalla de **Communications Setup**, aquí nos aparecerán los puertos(Port) de conexión, de los cuales debemos seleccionar el que corresponda al ETNA, y la velocidad a la cual será transferida la información(Baud Rate), la cual varía entre 9600,19200,38400.



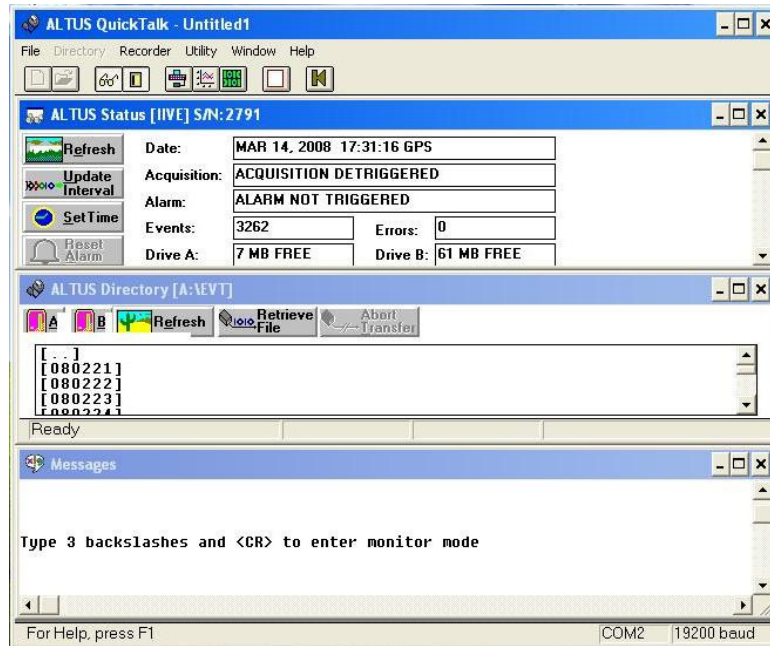
A continuación los datos en ALTUS Status [IIVE]* S/N: 2791 (este es el nombre de la configuración asignada*) deberán llenarse de manera automática al obtener los datos del GPS, de lo contrario pueden haber fallado 2 cosas, o la velocidad que seleccionamos no es la correcta, o los cables no están bien conectados. En el primer caso, simplemente se sale y vuelve entrar al programa con una velocidad diferente, este es el más común de los problemas en este punto, y un aviso de texto nos dirá en la base de la ventana que la comunicación esta fuera de tiempo.

Podemos identificar en la imagen las celdas Date (Fecha), Acquisition (Gatillo de activación), Alarm (sonido durante captura), Events (Número de eventos registrados), Drive A y B (Espacio dentro de las memorias), en este paso se verifica que ambas tarjeta tengan suficiente memoria interna para salir al campo.

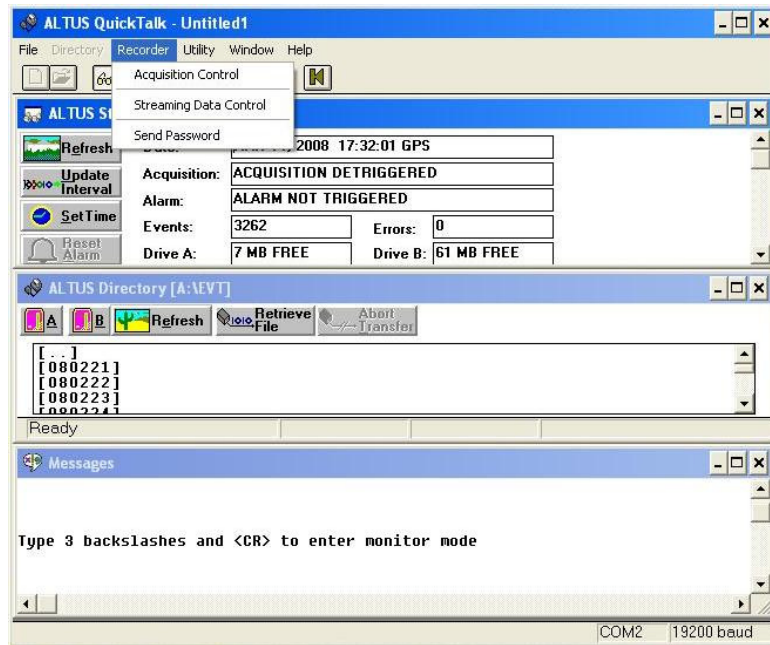
Por el costo del equipo, es necesario sacarle el mayor provecho posible, utilizándolo para diferentes estudios que se puedan realizar a partir de la aceleración del suelo. En nuestro proyecto cuando el equipo está en gabinete, se deja como una estación temporal, sirviendo como una estación acelerográfica de

eventos sísmicos. Con este propósito se le carga una configuración especial que está adaptada según las características del sitio donde se ubica la estación.

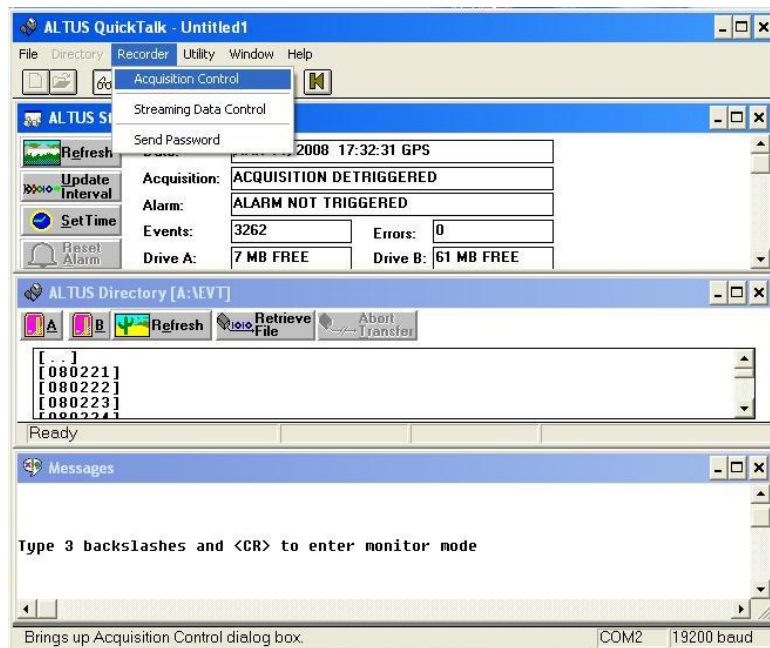
En caso de darle un uso adicional al acelerógrafo, similar al mencionado, la cantidad de eventos que registre durante este lapso pueden o no saturar la tarjeta, de ahí que se buscó una tarjeta de memoria extra para este fin.



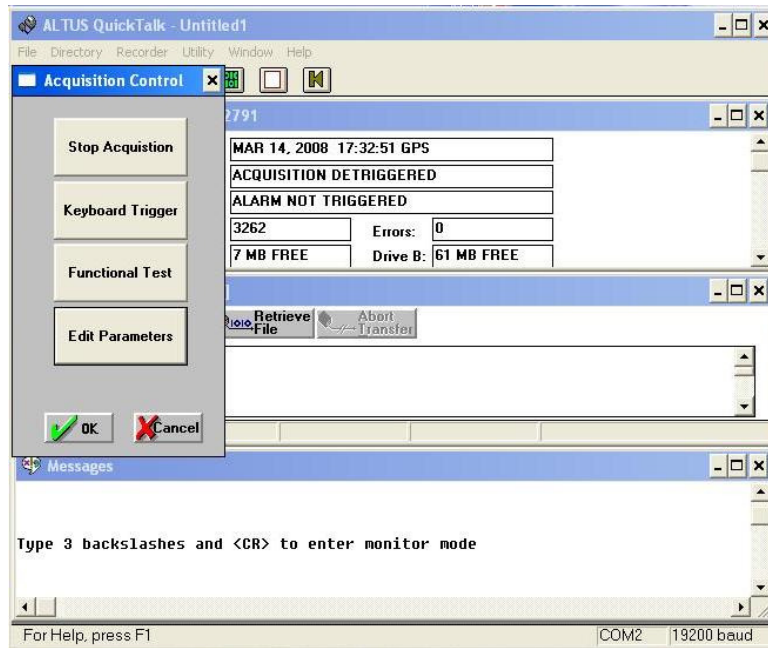
Con lo anterior confirmado procedemos a configurar de modo fijo (registro de temblores), a modo campaña. Se selecciona en la barra de menú la sección **Recorder**, este menú nos da entrada a las opciones que tiene el programa para interactuar con la forma de grabar los datos por parte del acelerógrafo.



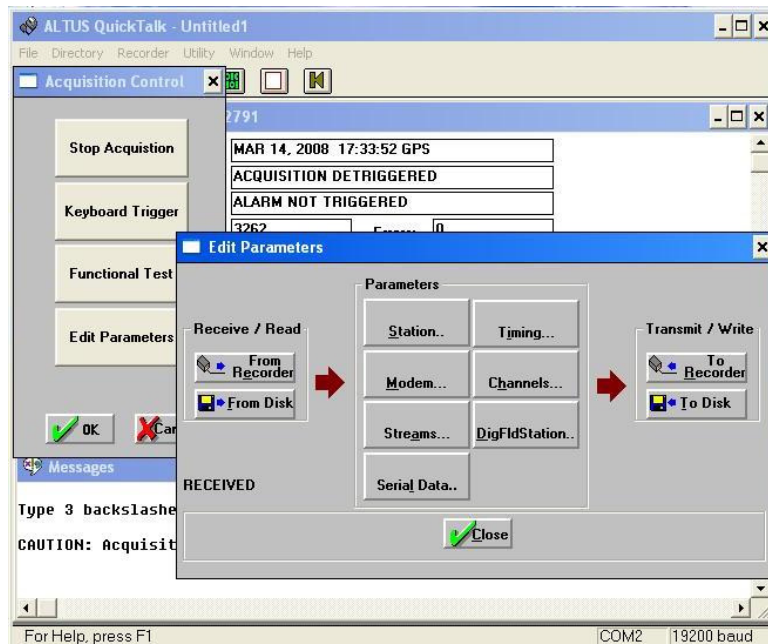
Seleccionamos **Acquisition Control**



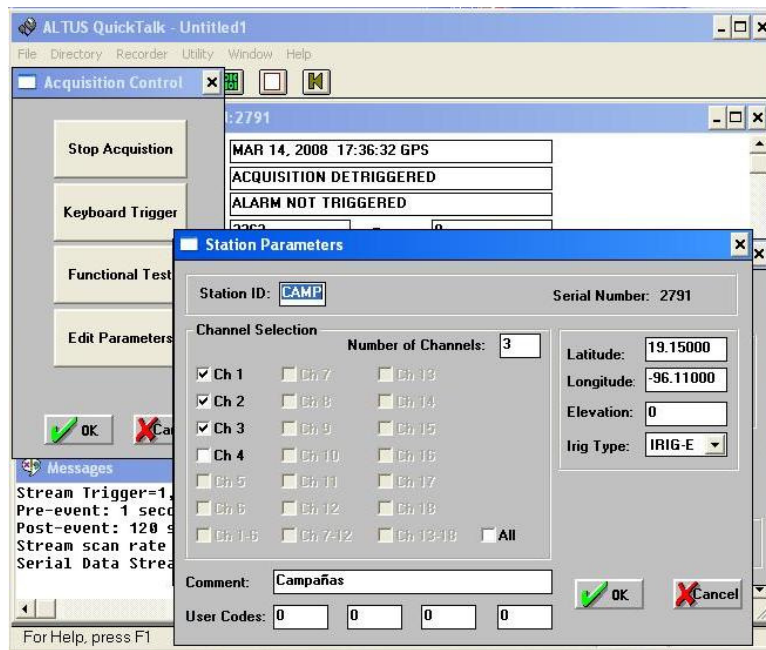
Abrimos **Edit Parameters**



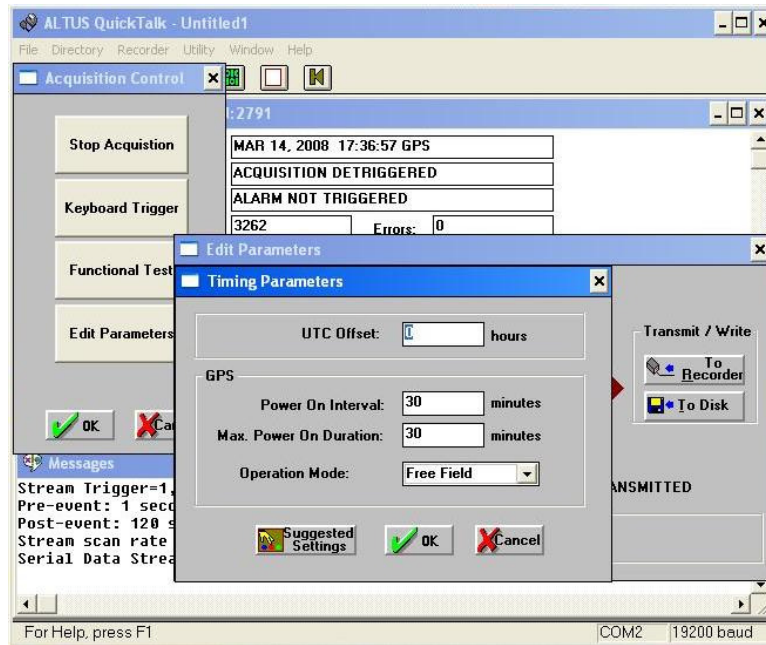
Después de realizar todos los cambios a la configuración, es aquí donde podemos salvar y cargar nuestras configuraciones, primero se selecciona **From Recorder** en el apartado **Receive/Read**, esto nos permitirá acceder a los parámetros para editarlos, y en el segundo apartado **Transmit/Write**, seleccionamos **To Disk**, para salvar los cambios en los parámetros, una vez realizados, luego simplemente seleccionamos **From Disk** en el primer par de botones, y en el segundo **To Recorder**, para cargar las configuraciones guardadas, pero de momento configuraremos uno por uno los valores para darles la configuración de campo.



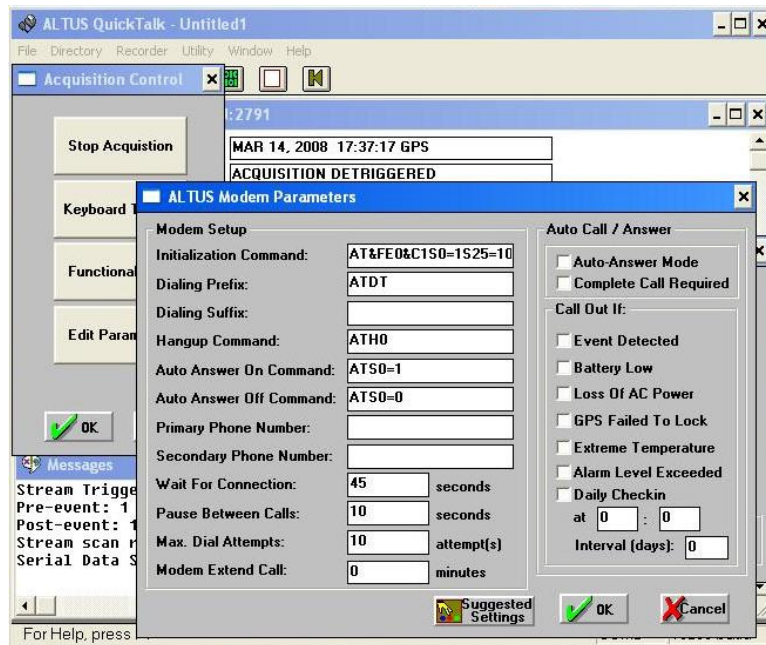
Entramos a **Station Parameters**, aquí asignamos tanto el nombre de la estación (Station ID), que es el nombre de la configuración que estamos creando. Para el ejemplo la configuración se llama **CAMP**, en abreviatura a la palabra campo. Se pueden guardar múltiples configuraciones para diversos propósitos con el acelerógrafo, aumentando o reduciendo su sensibilidad y tiempo de captura de datos; también aquí configuramos el número de canales en los cuales se va a registrar (Channel Selection), correspondientes a X, Y, Z, podemos leer aquí la georeferenciación del equipo, que en si es la posición del dispositivo GPS, no del acelerógrafo. Se puede agregar un comentario también.



Entramos a **Timing Parameters**, donde podemos marcar cada cuánto se actualiza la posición GPS del equipo.



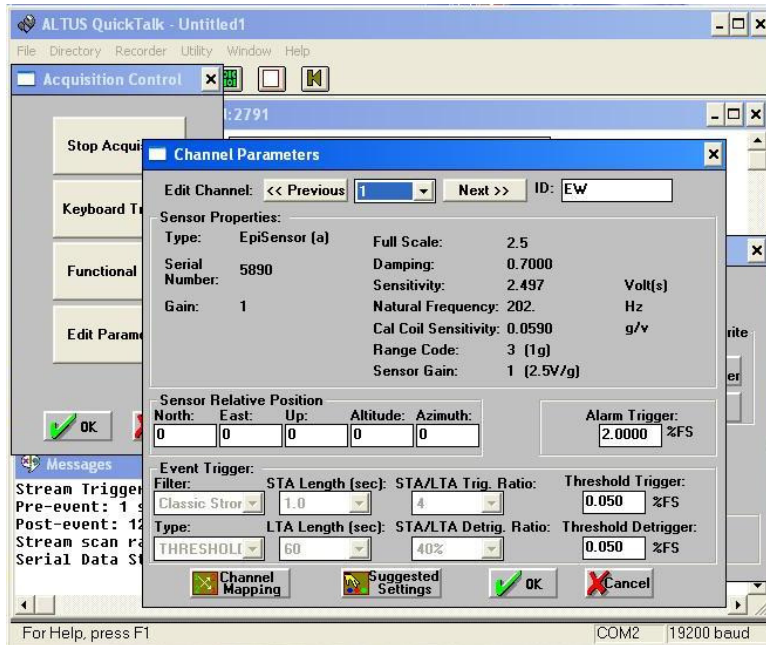
Continuamos con **ALTUS Modem Parameters**, aquí definimos los parámetros para extracción de datos por medio de modem.

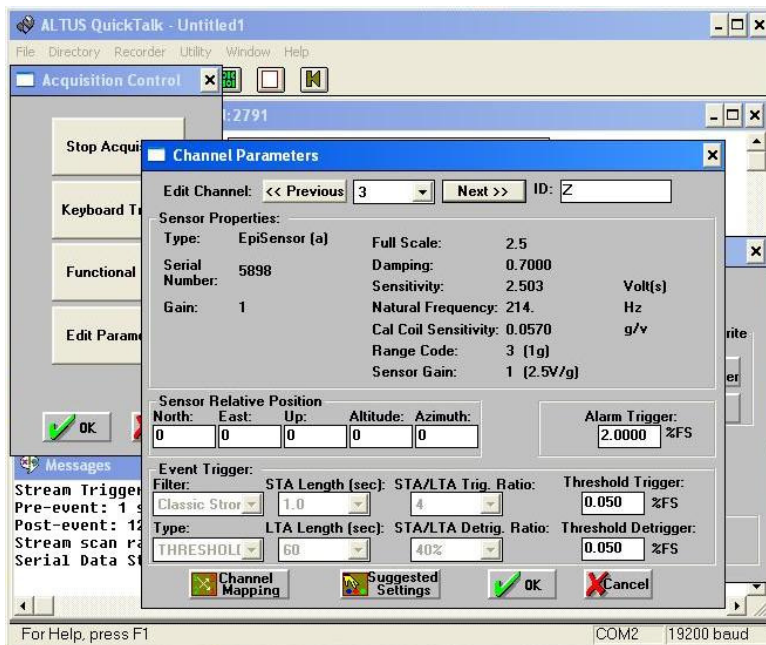
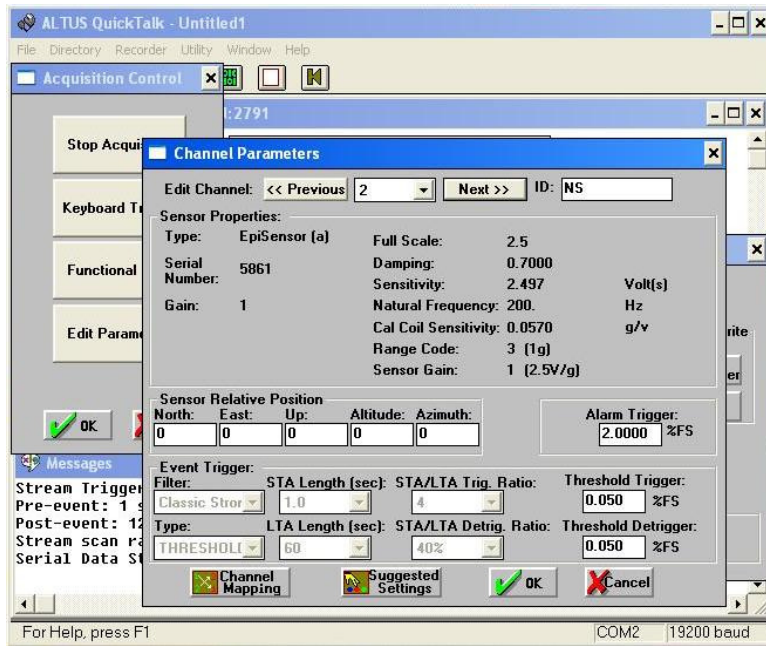


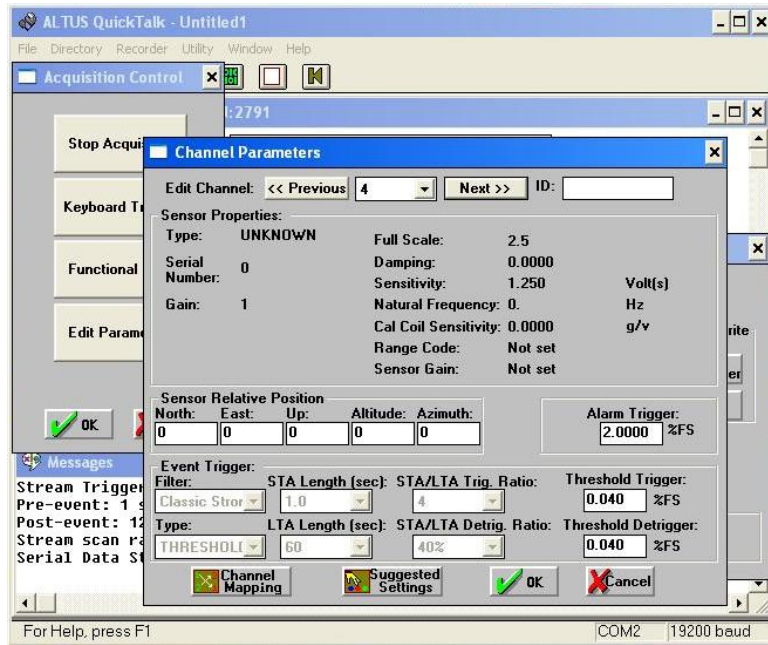
En **Channel Parameters** se configuran los elementos más cruciales para el registro de la vibración ambiental, que son sensibilidad para activación (Threshold Trigger), o fuerza de excitación que requiere para comenzar a capturar

datos, y sensibilidad de parada (Threshold Detrigger), o fuerza que al no ser detectada detiene la captura de datos. Esto último es importante, pues esclarece porqué es necesario evitar en lo posible los movimientos mientras se realiza la captura, pues el equipo al detectar movimientos de igual fuerza a la que lo activó, se mantendrá capturando, produciendo registros erróneos; también aquí se da el ID de los canales, los cuales serán canal 1 **EW**(este-oeste), canal 2 **NS**(norte-sur), canal 3 **Z**(movimientos verticales), el cuarto canal se utiliza para otro equipo en una red de acelerógrafos, pero en este caso se ignora.

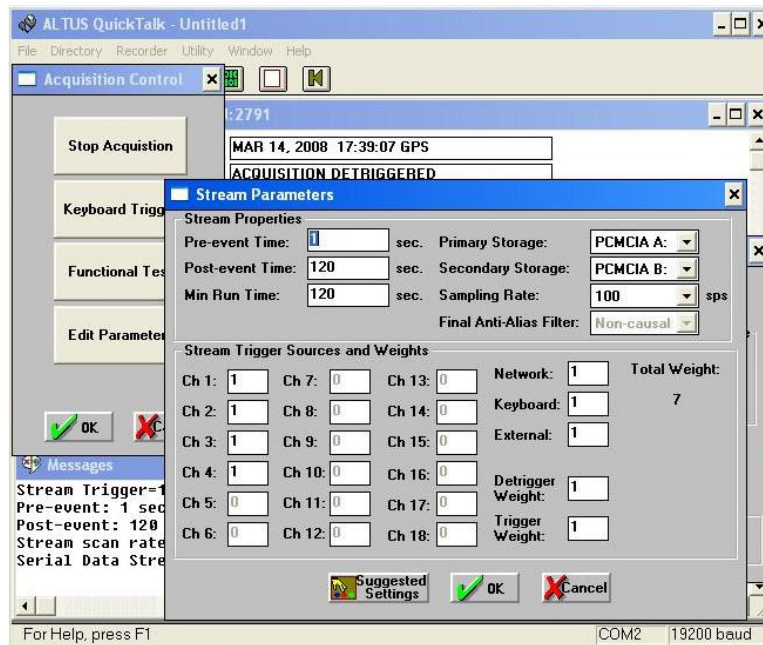
Por último, aquí se puede configurar una alarma en caso de que algún registro supere un patrón establecido (Alarm Trigger), por ejemplo un temblor de fuerza considerable, pero en esta configuración se ignora simplemente, ya que de darle los valores de sensibilidad de campo, simplemente sonaría todo el tiempo.





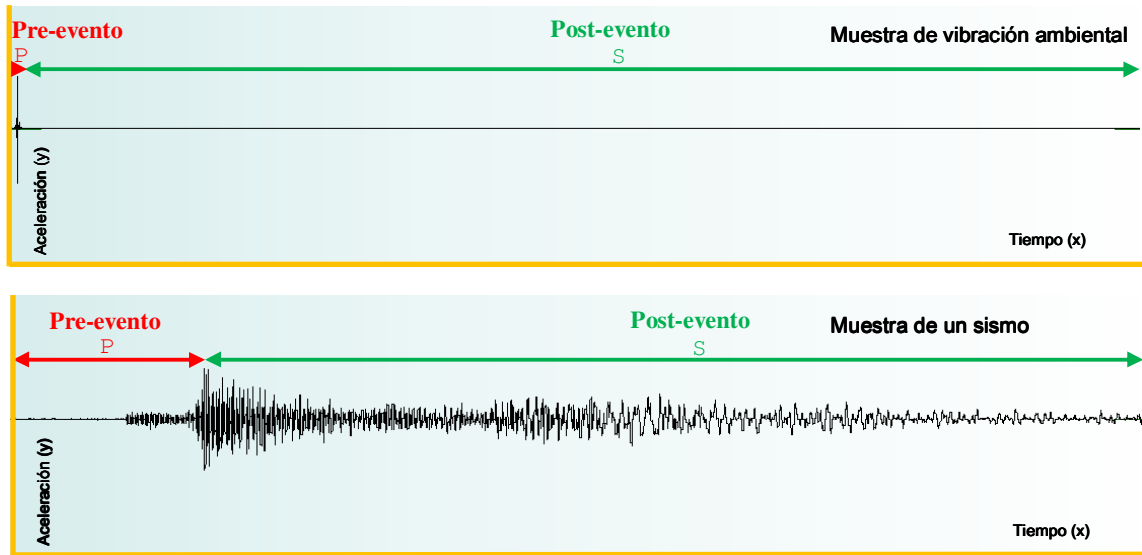


Procedemos con **Stream Parameters**, aquí se asigna la duración del tiempo de captura de datos, comenzando con el pre-evento (Pre-event Time), tiempo que registra antes del golpe, post-evento (Post-event Time), tiempo que registra después de terminar de tomar la muestra, y tiempo mínimo de corrida (Min Run Time). Se asigna en este menú también, cuál tarjeta será la primera en recibir datos (Primary Storage) y cuál le seguirá al llenarse ésta (Secondary Storage), así como el número de muestras que tomará el equipo (Sampling Rate) por segundo (sps). Por último, se puede asignar un nivel de prioridad a cada canal (Stream Trigger Sources and Weight), en éste se recomienda dejar todo los valores en uno, así el equipo no priorizará ningún canal.

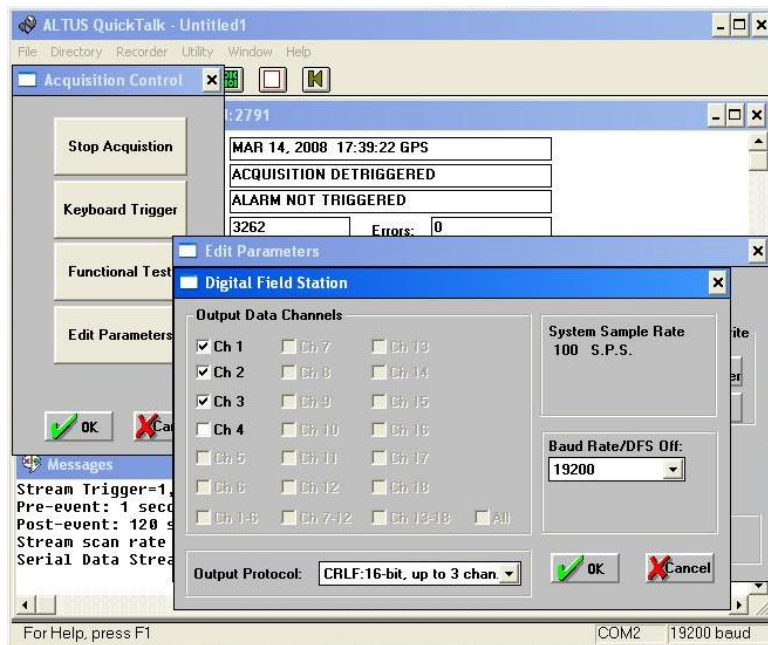


Podemos observar que el pre-evento es de solo un segundo en la configuración, y el post-evento es de 120 segundo; esto se debe a que en este tipo de estudios lo importante es el post-evento, por ejemplo: durante un sismo el pre-evento nos ayuda a calcular la distancia epicentral, y en el caso de la vibración ambiental, el pre-evento no tiene ningún propósito más que iniciar la captura de datos.

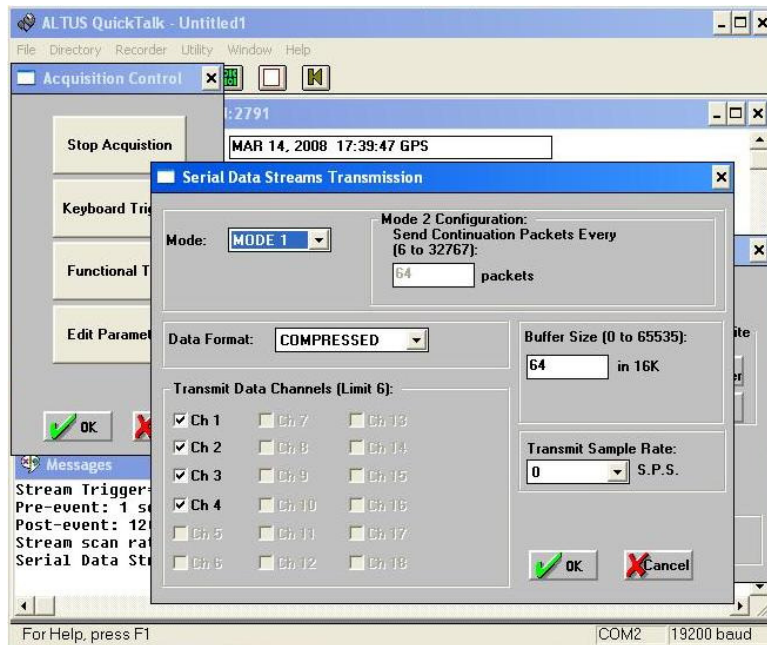
En la siguiente ilustración se puede apreciar la diferencia clara entre los dos eventos, aquí la letra **P** corresponde a las ondas primarias o pre-evento, y la **S** a las secundarias o post-evento. Se puede notar que mientras en un sismo lo que activa la captura es la llegada paulatina de las ondas, durante las pruebas de vibración ambiental es el golpe súbito que se le da al suelo.



Seguimos con **Digital Field Station**, aquí seleccionamos los canales de los cuales va a salir la información de salida, y el Baudaje o Baud Rate, que es la velocidad de transferencia de información del acelerógrafo a la computadora.

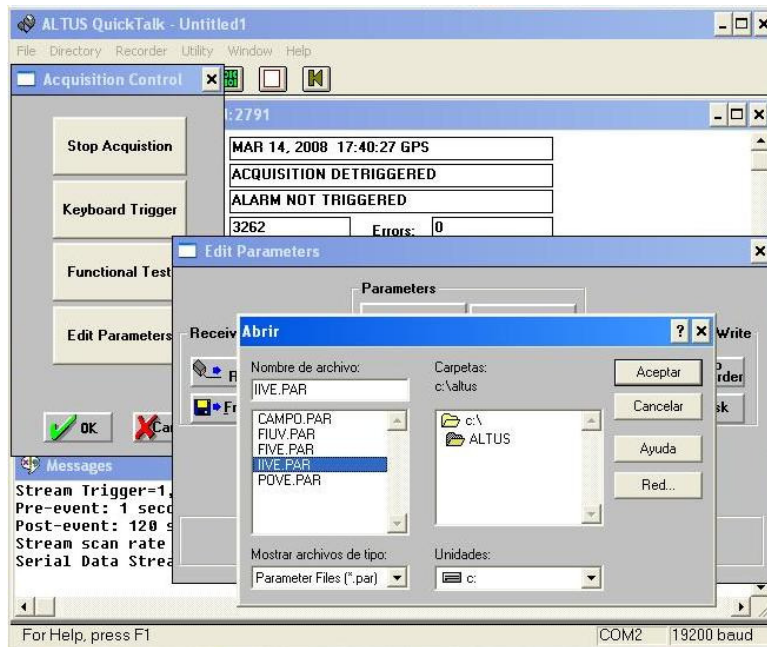


Configuramos la ventana **Serial Data Stream Transmission**, en ella asignamos la forma en la cual pasará la información del acelerógrafo, a través del cable a la computadora, utilizando el método de compresión de datos.



Al finalizar del proceso de configuración, se usa el método descrito en **Edit Parameters** para salvar los cambios realizados, es necesario agregar, que la ruta que se debe asignar para salvar las configuraciones del acelerógrafo, debe ser corta, de preferencia en la misma carpeta del proyecto, donde se encuentran los programas del equipo, utilizando un nombre de configuración de fácil identificación, para su posterior recarga o modificación, esto último, en caso de necesitar hacer modificaciones en la sensibilidad de captura, por algún registro conflictivo en particular, y se intentase probando otra configuración, en futuras campañas; al final, salimos y cerramos el programa. En ese momento el programa nos dirá si deseamos salvar la nueva configuración, negamos esta opción pues los parámetros ya han sido guardados.

Cada vez que se cargue una configuración previamente salvada, se debe estar atento a los mensajes de estado de trasmisión de datos, del acelerógrafo a la computadora y viceversa, el cual aparecerá en la esquina inferior derecha de la pantalla del menú **Edit Parameters**, aquí se espera hasta que aparezca la palabra TRANSMITTED, una vez seleccionado **To Recorder**, y comencemos con esto el envío de la configuración guardada, después simplemente se sale del programa, sin salvar la configuración cuando el programa lo solicite, puesto que ya se hizo esa acción.



Cabe mencionar que el equipo puede contar con dos configuraciones fijas, la de campo y la de estación acelerográfica, esto solo si se pretende usarlo como estación acelerográfica sísmica registrando en fijo, pero también puede conservar simplemente una, sin necesidad de contar con el paso anterior, sin embargo, esto lo decidirán las necesidades del proyecto que se lleve a cabo.

3.5 Obtención de datos

El método de obtención de datos que se presenta es solo sugerido. Es recomendable hacer adaptaciones según las particularidades del terreno de cada área de estudio, pero para efectos prácticos, se propone como base la siguiente metodología, pues ha sido probada en campo con muy buenos resultados, y por la naturaleza diversa de los terrenos en los cuales se utilizó, se puede decir que es apto para casi cualquier terreno.

Otro aspecto a mencionar es que este procedimiento depende de que se utilice con el mismo modelo de equipo, y el mismo tipo de software, si alguno de estos elementos es diferente por cualquier razón, los procesos aquí mencionados serán solo orientativos más no precisos.

3.5.1. Cuidados básicos del equipo en campo

Las principales partes del acelerógrafo con las cuales se debe tener el mayor cuidado son, **el interior, las tarjetas de memoria, los pernos niveladores de soporte & equilibrio, y el sensor de aceleración.**

Anteriormente se había mencionado la vulnerabilidad del acelerógrafo a el agua, esto a pesar de estar sellado completamente por fuera, lo cual nos dice que el momento de mayor vulnerabilidad es cuando esté abierto. Se abre, para darle mantenimiento interno, extracción de datos y activación, por lo que, especial cuidado se debe tener en solo abrirlo las veces que sea estrictamente necesario.

En el interior del equipo también se encuentra el sensor con el cual se mide la aceleración, y sobre él una burbuja que nos ayuda a nivelar el equipo, cuenta además con su batería recargable interna, la cual se debe de cuidar de no mojar, ni golpear.

La forma correcta de transportar el equipo en campo es hacerlo al hombro, esto garantiza que vaya bien afianzado y que no se mueva de más. El equipo a pesar de estar diseñado para mantenerse al intemperie, no está diseñado para soportar movimientos bruscos, un ejemplo particular de esto es al trasportar el acelerógrafo usando un vehículo, pues incluso en este caso, se debe de tener cuidado al poner el equipo junto a las demás herramientas, para que ninguna pudiera llegar a propinarle un golpe de manera accidental.



Mientras se realiza la excavación del terreno para la prueba, el equipo debe encontrarse sellado y retirado de esta, para evitar la entrada de material potencialmente peligroso.

La batería interna debe ser comprobada periódicamente, puede ser antes salir o después de regresar, con esto comprobamos el gasto de energía y el estado de la misma.

La persona que registra la hora de entrada de los eventos, siempre deberá colocarse en una posición donde pueda apreciar los leads de aviso del acelerógrafo, esto implica que será la más cercana al equipo mientras este activo, siendo también la posible mayor fuente de ruido en todas las pruebas, por ello quien esté a cargo de este trabajo deberá mantenerse totalmente quieto en promedio duran 16 minutos.

Se debe procurar solo transportar el tipo de herramientas que vayan a ser necesarias, evitando la sobrecarga, para evitar la pérdida o daño de alguna de ellas. La brújula por ejemplo, es una de las herramientas más pequeñas y suele ser difícil de ubicar en terrenos muy arenosos y más si es cubierta con material removido, por ello se le debe colocar en la bolsa de herramientas justo después de comprobar la orientación del acelerógrafo.

Cada punto del estudio debe llevar su referenciación geográfica y su documentación fotográfica por lo que el GPS portátil y la cámara fotográfica son imprescindible; por seguridad se debe cargar un grupo extra de baterías, tanto para la cámara como para el GPS.

3.5.2.Procedimiento de registro de datos

La vibración ambiental puede llevarse a cabo sobre cualquier superficie que no se encuentre rebasada por agua, y se sepa libre de rellenos dispuestos por el hombre que afecten severamente las lecturas a obtener.

En el área Veracruz-Boca del Rio-Medellín-Alvarado, se identificaron 5 clases de terreno donde se puede realizar la vibración ambiental:

- Limo saturado
- Arena
- Conglomerado
- Material compacto
- Calle y banquetas

Como resultado de múltiples pruebas se han desarrollado recomendaciones particulares para cada una de estas 5 condiciones, y un método general, para la colocación, captura, y retiro del acelerógrafo, a continuación se explica el método general.

Se pueden identificar algunas condiciones ideales a buscar en campo, del sitio donde se llevará a cabo el muestreo:

- Poca o nula existencia de una capa vegetal
- Ausencia de materiales tipo grava en el terreno
- Consolidación parcial o total del suelo
- Saturación aparente en el suelo
- Lejanía con árboles de 8 m altura en adelante
- Ausencia de tuberías o canales cercanos
- Horizontalidad parcial del suelo

Lo primero que se debe hacer cuando se llega a un área para ejecutar el muestreo, es buscar un punto libre de vegetación o con la menor posible, pero con suelo representativo de la zona. Lo anterior es porque a veces, se pueden encontrar montículos de material libres de vegetación, pero es evidente que el suelo del cual están compuestos no está en ese lugar de manera natural, por lo tanto no tiene la consolidación necesaria, ni tampoco reflejara la naturaleza del suelo de la zona; lo anterior se aplica también cuando existe material rocoso tipo grava en cantidades considerables, en caso de encontrar este tipo de material debe ser retirado utilizando el pico, hasta encontrar el suelo de la zona, con la menor cantidad de material rocoso en él.

En caso de no haber un lugar con estas características se debe buscar la vegetación más baja, pues el objetivo de encontrar un claro, es evitar en lo posible las raíces de la capa vegetal, pues los datos que obtendremos al hacer la prueba sobre éstas, serán como si el acelerógrafo se encontrar suspendido parcialmente del suelo real, y es necesario el contacto total con el suelo para obtener el tipo de datos que buscamos. En este sentido los árboles también afectan a la toma de muestras, pues sus raíces hacen lo mismo que la capa vegetal, más si estas son superficiales y muy extensas, además de que su movimiento natural por el viento, pues satura el registro con ruido, mas si este supera los 8 m como pueden ser las palmeras.

Es deseable que el suelo presente cierta consolidación, y en general esto se nota con un oscurecimiento de la superficie.



Por ello previo a cada prueba en campo, se debe realizar una excavación, cuya profundidad será según la resistencia que el suelo presente a la penetración de la pala escaramán, en un ángulo de 90 grados, con una persona sobre ella aplicando su peso y fuerza, y el área a excavar será de aproximadamente 70 x 52.5 cm, que se pueden tomar como: 4 penetraciones seguidas del terreno con la pala de largo y 3 de ancho, orientando uno de los lados anchos con el norte y otro con el sur usando la brújula.

Después de marcado el rectángulo se hala de la pala en dirección a uno para aflojar la tierra, procediendo después a retirar las secciones.



Se retira el material inicial y se procede a afinar la superficie, usando el azadón de jardinería, para después dar un segundo afine con la pala cajuelera. Es necesario que la superficie sea lo mas horizontal posible para que el equipo pueda ser nivelado finalmente con sacudidas laterales suaves a la par de presionarlo un poco contra el fondo, durante esta operación se debe cuidar que no le caigan líquidos al equipo como sudor, pues el equipo se encuentra destapado.





En algunas ocasiones el fondo no quedará con la textura deseada, esto sucede principalmente en los suelos arcillosos, en ellos se recomienda una vez que se ha afinado lo más posible el fondo, agregar un poco de material en las esquinas del equipo para lograrla la nivelación, siempre cuidando que la mayor parte del equipo quede en contacto con el suelo. Es útil también pisar un poco la superficie para asegurarse que lo agregado queden compactado (**ver apéndice II**).



En suelos duros, calles y banquetas, lo recomendable es usar los pernos de nivelación, siempre cuidando en el caso de las últimas dos, que el suelo debajo de estas tenga pleno contacto con la superficie, de lo contrario los registros serán erróneos (**ver apéndice III**).



En caminos rurales y propiedades privadas donde se permita el paso para el estudio, con un simple raspado superficial bastará para conseguir datos válidos, pues generalmente están compactados, y no se incomodará a los dueños.

Pero si es posible hacerlo en algún lote baldío cercano, se debe optar por éste, cuidando de no realizar la prueba sobre alguna vieja tubería, o sobre algún registro de aguas municipales



En suelos muy duros se puede aplicar el proceso anterior, pues los resultados obtenidos sobre la superficie de estos son confiables. En caso de tener capa vegetal, simplemente se retira con ayuda del machete o la pala, el objetivo en sí es permitir a los pernos niveladores tener contacto con el suelo, logrando una nivelación adecuada.



Dentro del acelerógrafo y encima de la caja que contienen al sensor, se encuentra un nivel de burbuja, este nos hará saber cuando el equipo está nivelado. Para lograr esto es necesario mover el equipo poco a poco, y presionarlo a la vez con ambos brazos en cada borde, también se puede usar el azadón de jardinería para eliminar alguna irregularidad no muy aparente, o simple mente pisar el fondo de la excavación con fuerza, cuidando de que el equipo durante

todos estos movimientos siga alineado con el norte, y que cuando se le deje de manipular, la burbuja se mantenga en su sitio (**ver apéndice IV**). Todo lo anterior en zonas rurales; en zona urbana, usamos los pernos niveladores para este fin. Una vez hecho esto se procede a encenderlo y cerrarlo, tomando distancias los dos operarios del equipo, esto según las características del punto, es decir, el nivel de saturación aparente, el tipo de suelo, y profundidad a la cual se realizó la excavación. Más adelante se da un resumen y guía de las particularidades de los casos encontrados en el área Veracruz-Boca del Río, Alvarado-Medellín (**ver apéndice V**).



Se debe aclarar que el acelerógrafo se mantiene en **Stand-by** todo el tiempo, a menos que se le retire la batería, por ello una vez que el acelerógrafo se ha estabilizado después de encenderlo, y dejar correr la actividad de los leads de aviso, se deben esperar 2 minutos, para asegurar la estabilización de la masa del sensor interno, pues aunque no lo registre, mientras se le transporta y coloca en posición en la excavación realizada, la masa interna se encuentra en movimiento, y toda la energía que recibe durante este proceso afecta a la masa.

Como último detalle, antes de comenzar a tomar muestras, se coloca el GPS portátil en algún punto cercano, libre de cualquier elemento que obstruya la comunicación del equipo con los satélites, la localización que éste obtenga ayudará a posicionar el punto en el mapa referenciado geográficamente. Como medida de garantía, se debe dejar al GPS establecer su posición por al menos 5 minutos, esto garantiza la mayor exactitud posible.

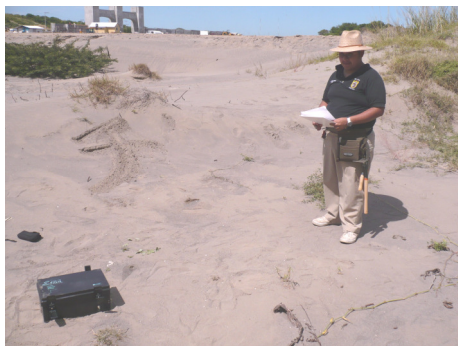
Una vez confirmado el tiempo con el reloj en mano, se procede a dar la energía de activación por medio de una pisada, esto lo hará el segundo operario,

regido bajo las mismas particularidades del lugar, pero en general, un buen modo de proceder, es ir de menos a más con la fuerza que se aplica al pisar, así se asegura no excederse y con esto obtener muestras más claras (**ver apéndice VI**).

El operario encargado de tomar nota del momento exacto en el cual ocurre cada evento de activación, también debe anotar cualquier elemento que resulte relevante, como el paso de vehículos pesados en carretera durante las pruebas, o el tipo de suelo en el cual se llevó a cabo el muestreo. Estos datos, aportan pistas para la correcta interpretación de un registro en gabinete. Es necesario que este operario se mantenga quieto durante la toma de muestras, pues la mayor posibilidad de dañar el registro, viene de él.

Cada que un evento de activación sea detectado por el acelerógrafo, este lo indicará mandando una señal intermitente con el lead **EVENT**, se debe estar atento tanto al momento de comienzo, como al momento de término del evento, pues cada uno dura 2 minutos y durante este tiempo, el operario de evento de activación debe vigilar que nadie se mueva, que los vehículos en los que se transporta el equipo se encuentren apagados, o que el muestreo corra sin novedades, todo esto con el fin de lograr registros lo más claros posibles.

En caso de no ser visibles los lead del acelerógrafo, se le puede poner algo encima para crear sombra, pero de tal forma que sea visible el frente del equipo, en este caso se uso un sombrero, otras veces debido a la profundidad de la excavación fue necesario hacer una pendiente en un costado del suelo por la cual se pudieran observar.





La cantidad de golpes o muestras a tomar por punto, suelen ser 3, pero dependiendo de la zona se pueden tomar hasta 9 muestras por punto. Esto se determina por la lejanía, dificultad de acceso y toma del punto a realizar, y por seguridad se recomienda tomar un patrón intermedio de 6 golpes por punto en zonas rurales, y 3 en zonas urbanas. Son recomendables 9 golpes para reposiciones y para lugares extremadamente conflictivos de realizar.

Una vez tomada la cantidad de muestras acordada, se abre el acelerógrafo, se baja el interruptor, y se cierra con los seguros del equipo. Mientras se asegura el equipo, se checa que los pernos de nivelación sigan en su lugar, pues son piezas únicas sin repuesto y de suma importancia para el acelerógrafo, se le puede dar una limpieza rápida con la brocha si se considera necesario. Mientras se hace este chequeo, antes de retirarse del lugar se toman las coordenadas del GPS, es preferible hacerlo en este momento, pues se evita el movimiento mientras se realiza la prueba.

Como último paso de cada muestreo en campo, es necesario rellenar la excavación que se realizó, para evitar posibles accidentes de animales o personas que pasen por el sitio del muestreo.



Se deben tomar fotografías durante todo el proceso de muestreo por cada punto, esto ayudará a mantener un control de sitios así como al análisis de las muestras en caso de encontrar alguna irregularidad al momento de clasificar los puntos.

Una vez concluida la ruta se regresa al gabinete donde se analizarán los datos para conseguir las familias espectrales.

Como adicional a esta etapa se puede asignar aquí la limpieza interna del acelerógrafo, pues por más cuidado que se ponga al equipo en campo, siempre puede entrar polvo, o materiales de los que son removidos en los puntos durante el muestreo.

3.5.3. Errores comunes

La mayoría de los errores que se pueden cometer en campo son por falta de observación, generalmente solo se requiere la atención para poder detectarlos y corregirlos a tiempo. Por el número de pruebas que se han realizado, se pueden aplicar las siguientes observaciones para reducir la cantidad de errores durante una prueba:

- Uno de los errores más comunes que se pueden realizar durante el muestreo es la orientación del acelerógrafo, se debe recordar mantener a los lead al frente del equipo, y éste siempre debe apuntar al norte. También se debe marcar la posición del norte en el suelo, con lo que se tenga a la mano, antes de comenzar la excavación.
- Antes de encender el equipo es necesario colocarlo, nivelarlo y orientarlo, para evitar que inicie un registro. También apagarlo al terminar el muestreo, pues de lo contrario se corre el riesgo de saturar la memoria con datos inútiles.
- Debido a la sensibilidad del equipo el exceso de movimiento por parte de los que se encuentran en la prueba puede contaminar el registro.

- Se debe anotar siempre al final de cada punto la coordenada, esto evita que se tenga que regresar a tomar la localización del punto en otro momento acortando otras campañas.
- Todas las herramientas que se usan para efectuar un punto deben ser listadas al comenzar y al terminar el punto, principalmente la brújula, pues es fácil perderlas por su tamaño portátil.
- Deben cargarse siempre identificaciones oficiales, pues será necesario identificarse de manera contundente, cuando se entre a una propiedad privada o con alguna autoridad local que pregunte por el trabajo que se realiza.
- Durante cada ruta se lleva una reserva de agua, pues el peligro de insolación es real, ya que la necesidad de encontrar campos abiertos para realizar la prueba, elimina la posibilidad de sombra, también usar ropa que cubra el cuerpo del sol, es una buena idea.

4. Procesamiento de registros de vibración ambiental en gabinete

El procedimiento en gabinete de la vibración ambiental se divide en 4 partes: la extracción física de la información, cortado y limpieza de datos, análisis y asignación de valores dentro del mapa de familias espectrales. Los programas empleados usan como sistema operativo Windows XP.

Todas las muestras son capturadas y nombradas por el acelerógrafo de forma automática en archivos con la terminación ****.EVT, el nombrado automático se hace siguiendo el orden alfabético con dos letras, más un número de 3 cifras, por ejemplo: SB001.EVT, SB002.EVT, donde el último número se corresponde con el orden en el cual se dieron los golpes, otro ejemplo: SC001.EVT, éste, corresponde a una nueva serie de golpes diferentes a los dos anteriores; esto sucede cada vez que se apaga y vuelve a encender el equipo.

4.1. Extracción de información del equipo.

Primero se retira la tarjeta de memoria A y se coloca en una PC con puerto adecuado a la tarjeta. Se descarga de la tarjeta la carpeta EVENT que contiene la información de los registros medidos en campo. Para tener una mejor organización se le cambia el nombre a la carpeta EVENT por el número de campaña realizado o la fecha en que esta se realizó.

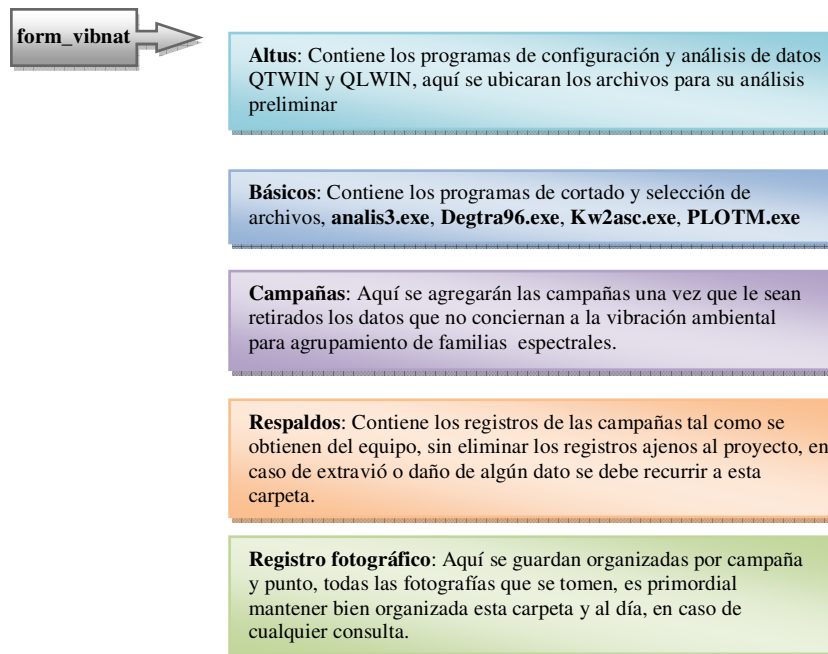
Una vez respaldados los datos de la memoria del acelerógrafo, se borran los registros de la tarjeta, con esto se asegura que habrá espacio para futuras campañas, y ayuda a reconocer los nuevos datos de manera sencilla. En caso de que el equipo se deje trabajando en una estación temporal, deben descargarse los registros realizados en campo para su respaldo.

Cuando la tarjeta esta libre, se introduce al equipo y se procede a cargar la configuración del acelerógrafo para la estación temporal en que se coloque.

La carpeta de respaldo debe ser enviada ahora a las carpetas de organización de información del proyecto. Es preferible tener un respaldo seguro de los datos.

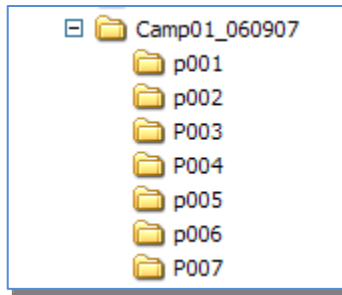
Se debe crear la carpeta que contendrá todos los archivos y sub-carpetas del proyecto en el disco duro principal (**C:**), asignando un nombre corto y fácilmente identificable.

La organización de las carpetas que se usó para este estudio fue:



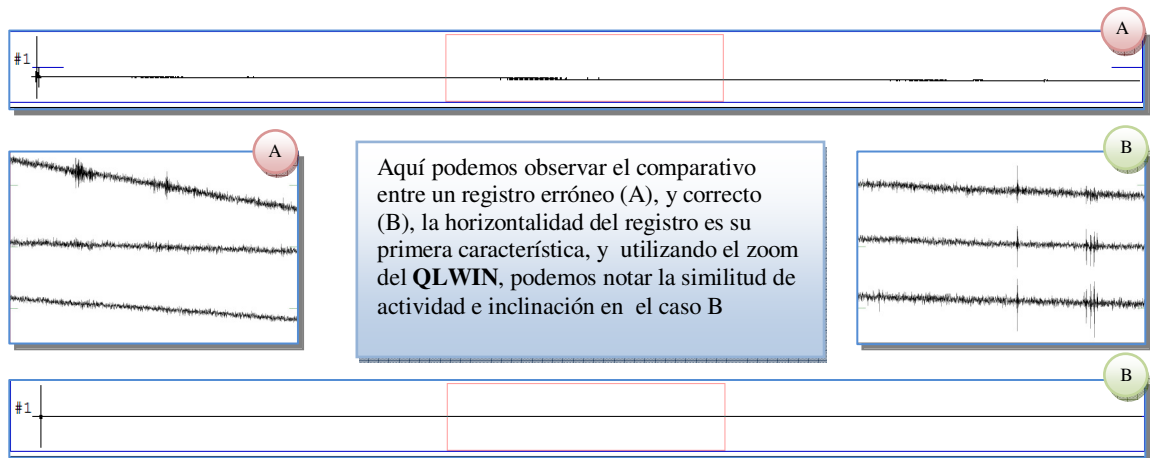
Una vez que se tengan los datos en la computadora principal del proyecto, se deben mandar una copia a respaldos, y al original se le deben retirar los datos que no conciernen al punto.

Solo se deben dejar en la carpeta los datos obtenidos en la campaña, organizados por puntos, y dentro de estas subcarpetas, los golpes que se tomaron en cada punto. Se agrega la letra **p** antes de cada número de orden, para indicar que es un punto.



Los archivos extraídos pueden ser visualizados usando el programa **QLWIN**, con el cual podremos ver la hora exacta y el día en el cual fue tomado el registro. Lo anterior sirve para la bitácora interna, pues aunque en campo se tome una hora en particular solo será un aproximación al tiempo real; otro dato importante es que la hora que se registra con el archivo esta dado en tiempo del meridiano de Greenwich. Para el caso de México, debemos restar al horario de Greenwich 5 horas en horario de verano y, 6 horas durante el horario de invierno.

El programa QLWIN permite observar de manera preliminar la calidad de las muestras. A simple vista podemos visualizar si el registro es paralelo el eje, y si muestra correspondencia en los tres canales de registro.



Aunque un registro de la forma **A**, no es muy útil para un análisis completo, puede tener partes útiles que den indicios sobre las tendencias en algún punto, así como señalar lugares que requieren mayor densidad de puntos.

4.2. Generalidades de los programas de procesamiento de datos

Una vez organizados y seleccionados, los datos se procesaran con los programas de apoyo, facilitados para este estudio por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México (**UNAM**) y de Kinematics. Estos son:

➤ **Kw2asc.exe de Kinematics:**

Esta herramienta permite separar en sus tres canales a los archivos ****.EVT. ***.001 corresponde al canal EW, ***.002 es el canal NS, y ***.003 es el eje vertical

➤ **Degtra96:**

Este programa sirvió para cortar los registros en 8 ventanas de 20 segundos, todas ellas producto de la división de EW/V o NS/V, en total 16 ventanas por golpe, y con la terminación de archivo ****.R.

➤ **PLOTM.exe:**

Es el programa graficador en Fortran, que usando archivos ****.plot, nos permite visualizar en grupos de 8, las ventanas creadas y guardadas en formato ****.R, con ello podemos realizar la selección de 8 ventanas en el sentido EW, y 8 en el sentido NS de todos los golpes de un punto, también sirve para visualizar los promedios finales y así identificar la frecuencia, y por ende el periodo de cada punto.

➤ **Analís3.exe:**

Con este programa obtenemos los promedios de las 8 ventanas seleccionadas por cada sentido, utilizando el mismo otro archivo en *Fortran*, el cual tiene la terminación ****.an.

➤ **Notepad de Windows XP:**

Este es el programa del block de notas del sistema operativo, nos servirá para editar la información dentro de los archivos que generemos con los programas antes mencionados, siempre y cuando usemos codificación tipo **ASCII**.

Todos estos programas, exceptuando el **notepad**, y sus archivos deben ser colocados juntos en la carpeta **Básicos**, los archivos que se generan producto del uso de estos programas deben ser regresados a las carpetas de sus respectivas campañas.

4.3. Procesado de datos

Lo primero es dividir el archivo ******.EVT**, en sus tres canales, *****.001**, *****.002**, y *****.003**, usando el programa **Kw2asc.exe**, se recomienda ligar los archivos ******.EVT** con el programa para dar simplemente doble click sobre estos para dividirlos, una vez realizado lo anterior se mueven los archivos de la carpeta correspondiente a su campaña a la carpeta **Básicos**.

Ya que estamos en la carpeta **Básicos**, corremos el *Degtra96*, y seleccionamos la ventana superior, damos click al comando *Leer*; nos pedirá el nombre del archivo, pero para evitar tener que escribir el nombre cada vez que tenemos un archivo diferente, simplemente tecleamos **.001 (1)*, y aparecerá una ventana de selección. Damos click en el único archivo que corresponde a esta terminación *(2)*, de inmediato nos preguntará qué tipo de archivo es, apretamos la tecla **a**; nos pedirá ahora el número de líneas inútiles (No. lín. inútiles), apretamos la tecla **0** y damos **enter**. Ahora pedirá el número de columnas (No. de columnas), presionamos el **uno** y **enter**, por ultimo pedirá el ancho de campos, aquí tecleamos el numero 12 y presionamos **enter (3)**. Una vez que el registro del canal aparezca en pantalla *(4)*, seleccionamos el menú línea base (*L.B.*), seleccionamos ahora la ventana inferior, escribiendo esta vez después de seleccionar el comando *Leer*, **.003 (5)*, este es el canal correspondiente al eje vertical, a continuación repetimos todos los pasos ya mencionados.



(4)

Nmax= 16500 Libre= 83 14:13:12 DEGTRA 96 Ix= 512 Iy= 141

MENU 1

Leer	Datos
Límites	Filtrar
Zoom	Esp. Res.
Vis. Todo	L. B.
Espectro	Potencia
Escalar	Rotar
Suaviza	Salvar
Energía	Salir

SC001.001

Ni= 1	Nf= 12200
NL= 1	NR= 12200
NTF= 0	kpot= 0
Ts= 122	
Amáx= 3.874E-02	
Dt= .01	

Filtrado

Fmin= .0001
Fmax= 10
Npolos= 2

(5)

Nmax= 16500 Libre= 83 14:14:33 DEGTRA 96 Ix= 41 Iy= 75

MENU 1

Leer	Datos
Límites	Filtrar
Zoom	Esp. Res.
Vis. Todo	L. B.
Espectro	Potencia
Escalar	Rotar
Suaviza	Salvar
Energía	Salir

SC001.001

Ni= 1	Nf= 0
NL= 1	NR= 0
NTF= 0	kpot= 0
Ts= 0	
Amáx= -1	
Dt= .01	

Filtrado

Fmin= .1
Fmax= 10
Npolos= 2

Archivo de datos: *.003

(6)

Nmax= 16500 Libre= 83 14:17:59 N: 2361 NT: 2048 Ix= 53 Iy= 88

MENU 1

Leer	Datos
Límites	Filtrar
Zoom	Esp. Res.
Vis. Todo	L. B.
Espectro	Potencia
Escalar	Rotar
Suaviza	Salvar
Energía	Salir

SC001.001

Ni= 1	Nf= 12200
NL= 1	NR= 12200
NTF= 0	kpot= 0
Ts= 122	
Amáx= 8.863E-03	
Dt= .01	

Filtrado

Fmin= .0001
Fmax= 10
Npolos= 2

Una vez que tengamos las dos ventanas cargadas y después de haberle dado línea base a las dos, se procede a seleccionar el comando *Límites* en el menú, apareciendo con esto una línea verde, con ella delimitaremos las ventanas de 20 segundos, primero dando click con el botón derecho del mouse para indicar el inicio de la selección, y luego izquierdo para indicar el final de la misma. En este momento al ser la primera ventana, se recomienda seleccionar la primera ventana eliminado el registro del golpe y a partir de este seleccionar la ventana de 20 segundos. Esto es con el fin de evitar la distorsión que genera en el registro la energía de activación, al principio del registro, y respetar el tamaño de 2000 muestras de cada ventana. En las ventanas subsecuentes se tomarán los 20 segundos evitando en lo posible picos provocados por agentes ajenos a la vibración natural del suelo. Las ventanas 4 y 8 a diferencia de las otras se eligen de manera aleatoria y no consecutiva (6).

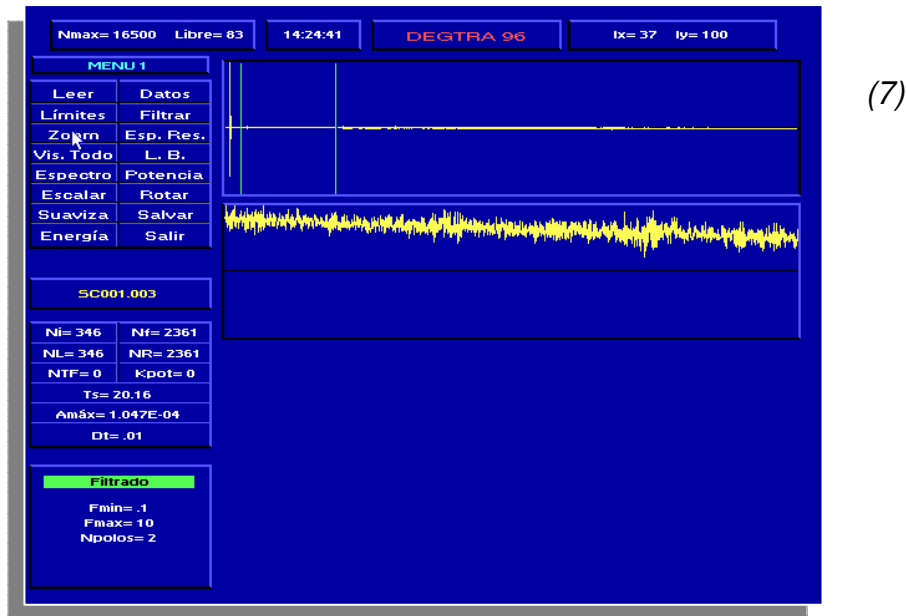
Cada vez que se limite una ventana, se debe llamar al comando *Zoom* (7), volver a seleccionar el comando línea base (8), para después aplicar el comando *Espectro* (9). Esto tanto para la ventana superior, como para la inferior, al hacerlo notaremos que en la parte de abajo aparecerán los fragmentos de registro seleccionados, y después de haber seleccionado el comando *Espectro* para las dos ventanas, aparecerá una gráfica, producto de la división de los mismos al lado (10); al tener esta grafica se selecciona el comando *Salvar*. Ahora nos pedirá el tipo de función en el cual será salvado el resultado de nuestra división, seleccionamos *Auxiliar (FT Fourier)* presionando **a** en el teclado (11), luego asignamos el nombre del archivo (12), el cual se compondrá de la siguiente forma:

P001AEB1.R

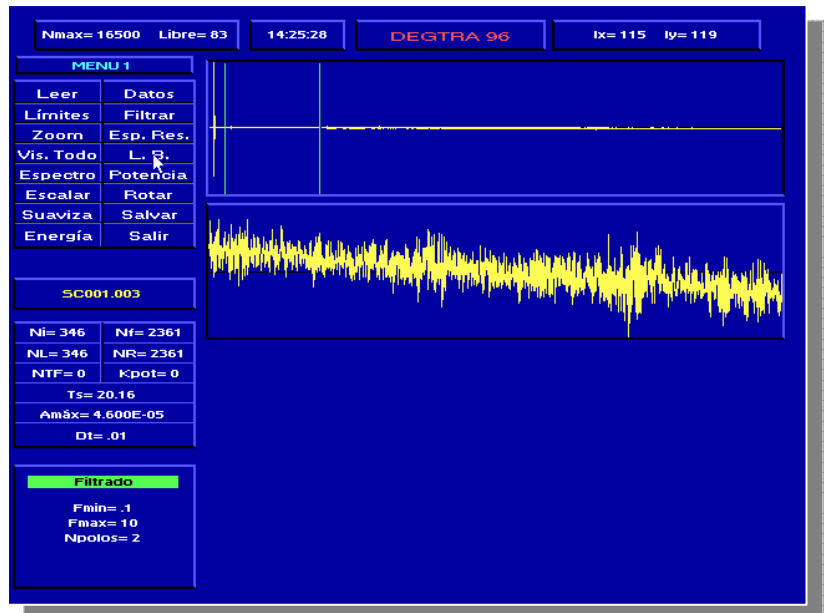
Siendo *P*, el indicador de que es un punto, siguiendo el número de punto al cual hace alusión el archivo, luego la letra de orden de golpe al cual pertenece, esto es, si es primer golpe es A, si es segundo golpe es B, y así sucesivamente, para luego identificar a qué sentido hace referencia esta división, dejando por último el número de ventana. La terminación ******.R** debe ser agregada por el usuario, pues el programa no cuenta con esta opción.

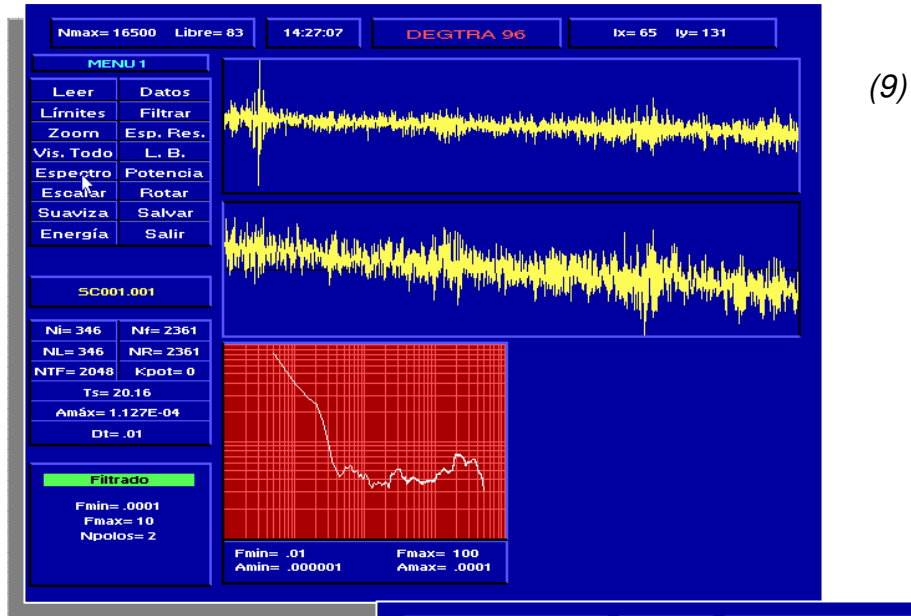
Una vez asignado el nombre del archivo, solicitará el tipo de codificación de salida del archivo, ASCII o Binario, seleccionamos ASCII presionando la tecla **a** una vez más (13), pues esta codificación es leída por el programa *notepad* del sistema Windows XP.

Una vez que terminamos de salvar esta ventana, procedemos con las demás, hasta completar las 8 en este sentido, luego se selecciona el comando *Leer*, y se carga el canal NS o lo que es lo mismo el archivo *.002, repitiendo todo el proceso anterior (14, 15, 16,17).

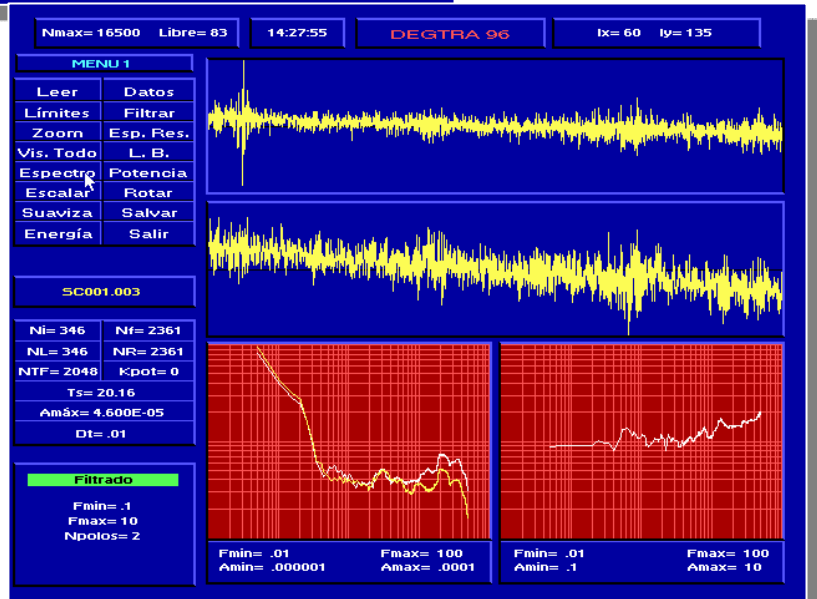


(8)



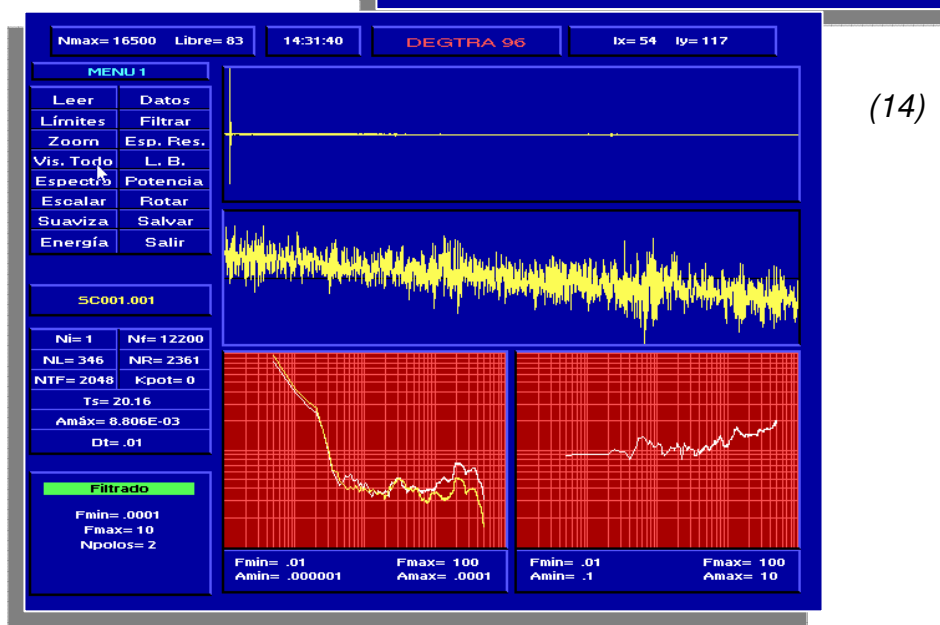
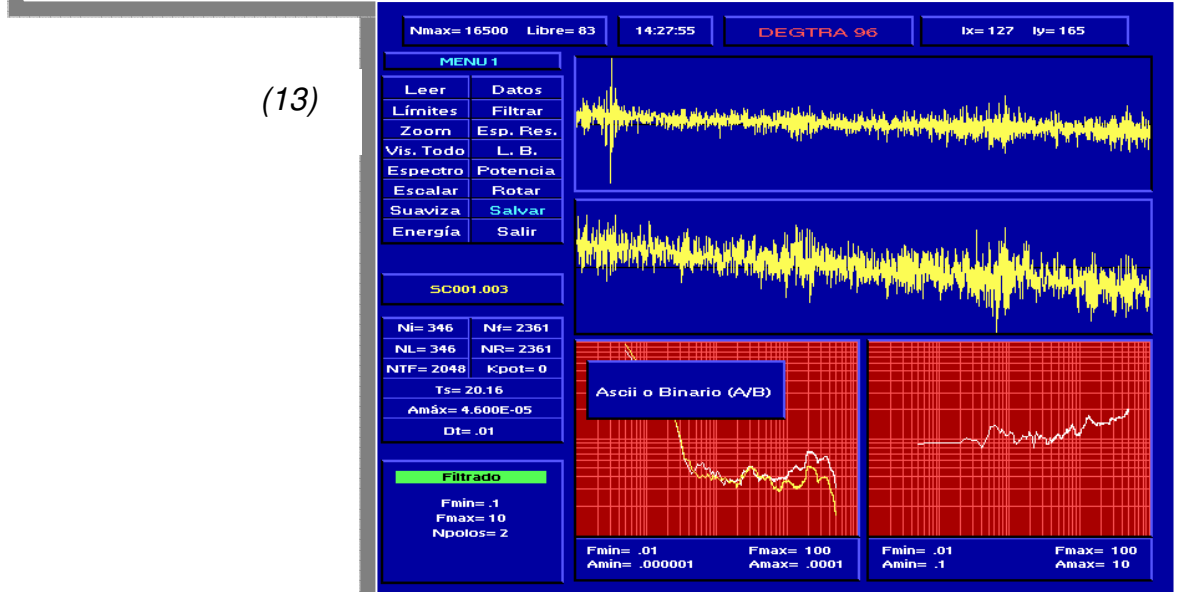
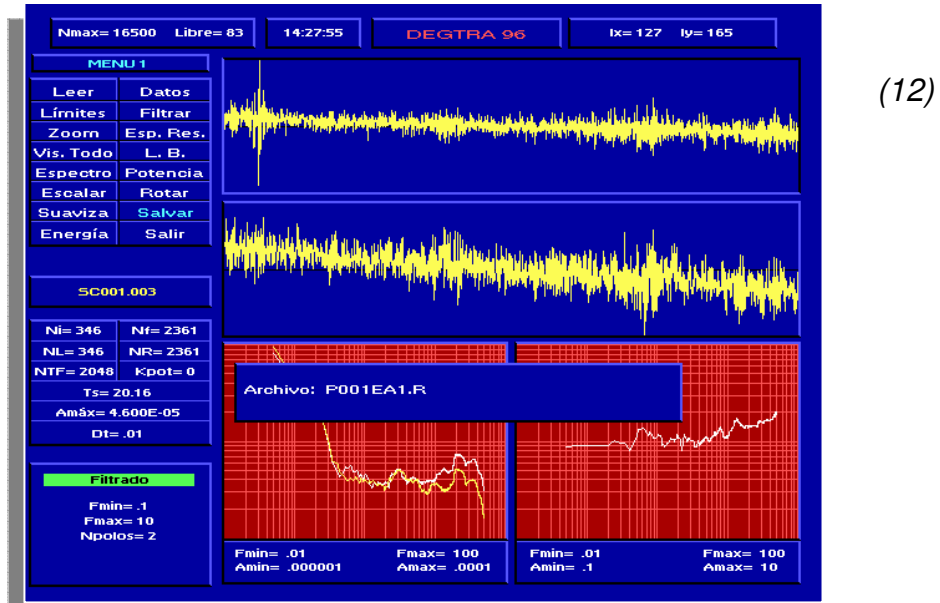


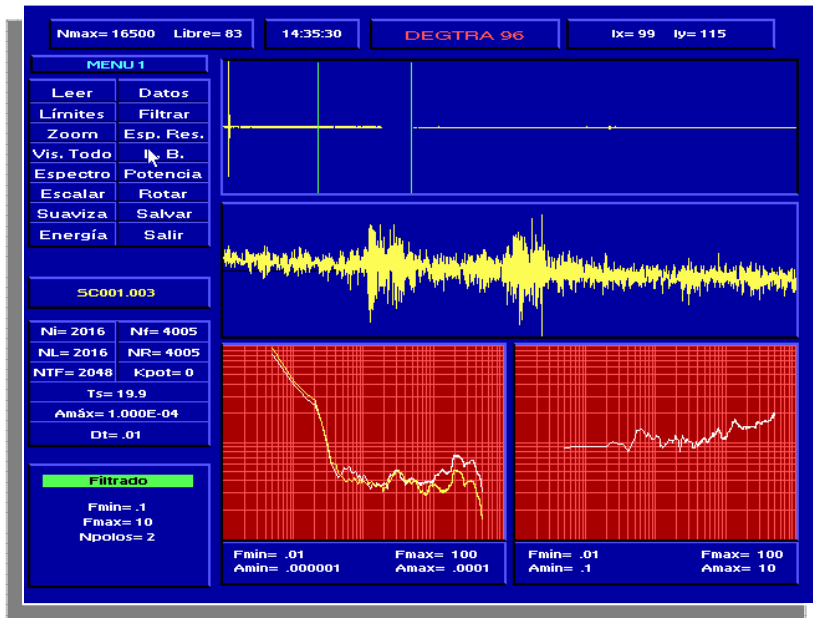
(10)



(11)



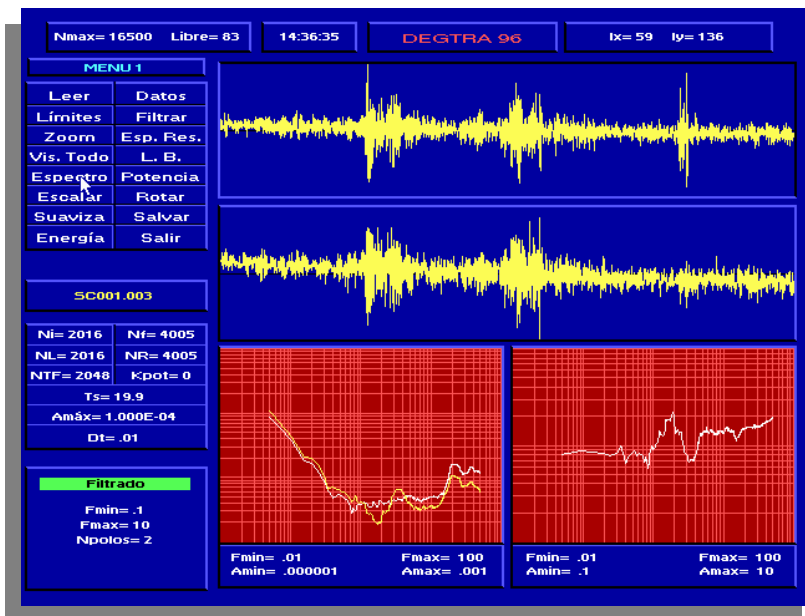




(15)

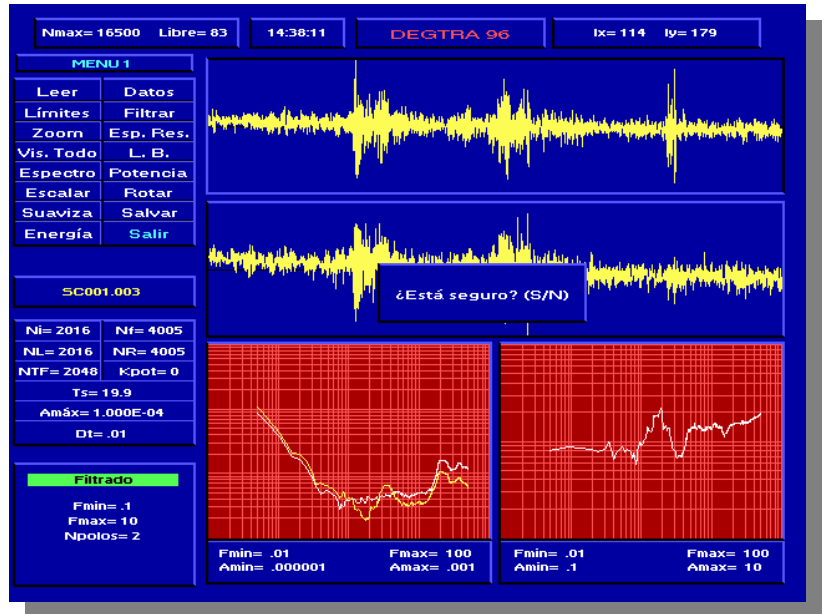
Como se podrá notar, el único canal que no es cambiado durante el cortado de los registros, es el vertical, que se encuentra cargado en la ventana inferior del programa, pues es entre éste por el cual los dos canales EW y NS deben ser divididos, para encontrar la relación H/V (horizontal /vertical) o vibración ambiental.

Es necesario decir que, los límites de la ventana superior y la ventana inferior deben ser los mismos, pues de lo contrario la división de estas será incorrecta, convirtiendo al archivo a generar en un error.



(16)

(17)



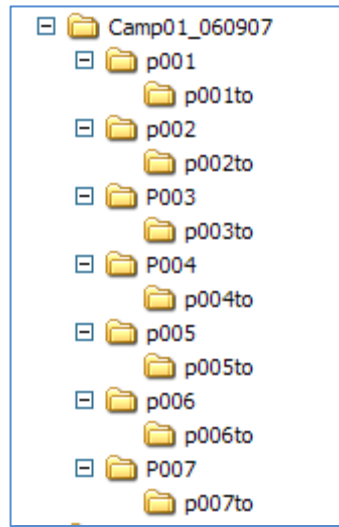
Una vez que los dos canales del golpe han sido cortados, y clasificados, se mueven tanto los archivos generados como los canales a su carpeta correspondiente, no sin antes corroborar que sean los 16 archivos necesarios: 8 en cada sentido. Al dejar libre de archivos a la carpeta básicos permitimos que al crear el siguiente grupo de archivos, no se genere confusión de datos por el exceso de archivos, esto es de suma importancia en los puntos que requirieron una gran cantidad de golpes.

Ya que los archivos están en su carpeta de origen, se ligan primero con el programa *notepad*, y luego se editan, retirándoles el primer renglón de información, el cual simplemente dice $N= 1023$; esto indica el tamaño de registro, pero se debe poner atención a él, pues muy raras veces este valor puede cambiar, y es necesario conocerlo para asignarlo dentro del código del tamaño de archivo a buscar en él por el archivo en código *Fortran*. Si el número que asignamos para la talla del archivo, no es el mismo del programa al leer el archivo *Fortran*, nos indicara un error.

Una vez que tengamos todos los archivos *****.R*, procedemos a correr los archivos *Fortran* tipo *****.plot* (ver apéndice VII).

Los archivos tipo ****.plot, también pueden ser ligados a su programa ejecutador, pero se debe cuidar de que al correrlos se encuentren en su carpeta de origen, pues al tener una ruta de ubicación muy larga el *PLOTM.exe* no los ejecuta.

Una vez que se tengan seleccionados los 16 archivos, 8 por cada sentido, para calcular los promedios, se crea una carpeta dentro de la carpeta del punto, con la única particularidad de que se le agrega la terminación **to** al final del nombre. Esto viene de la palabra total, e indica que aquí están los archivos seleccionados para generar las graficas de frecuencia, y por consiguiente para obtener el periodo del punto.



Una vez dentro de estas carpetas, los archivos deberán ser corrido por dos rutinas *Fortran* más, la primera es por el archivo ****.an, el cual sirve para obtener el promedio utilizando el programa *analís3.exe*, el nombre de este archivo es simplemente el nombre del punto al cual pertenece, y solo podrá ser ejecutado cuando todos los archivos seleccionados y éste sean colocados en la carpeta Básicos. Aquí se deberá correr una rutina llama **anx.bat**, la cual contiene esta ruta: *C:\form_vibnat\basicos\analís3 <P313.an*, que es la del archivo ****.an, que colocamos recientemente. El nombre del archivo debe ser actualizado cada vez que se use con otro ****.an., el archivo *anx.bat* se edita usando el notepad (**ver apéndice VIII**).

Como resultado de correr el archivo ****.an, se obtendrán los archivos ****.PRO, que son los promedios de las 8 curvas seleccionadas, dos en cada sentido, y deben regresarse junto con los demás archivos después de esta operación a la carpeta de origen.

Dentro de la carpeta con terminación **to**, se ubican tres ****.plot más, de los cuales dos sirven para ver los datos seleccionados, divididos en grupos de 8, y uno más para ver el promedio de ambos sentidos en dos ventanas diferentes con los registros de cada sentido que sustentan estos promedios. Este último archivo es de suma importancia, no solo porque podemos conocer empíricamente la frecuencia del punto, sino que también aquí se puede ver si existe similitud entre la amplitud y la frecuencia de un sentido y otro, ya que de no haberla, el registro no se puede tomar por válido (**ver apéndice IX**).

Una vez ejecutados todos los pasos ya mencionados y comprobados las similitudes entre promedios por sentido, se da por terminado el procesamiento del punto y se procede con el siguiente punto. En promedio un solo punto puede llegar a tomar de 50 a 90 minutos dependiendo de la destreza del usuario, se recomienda ampliamente que este trabajo se realice entre dos o más personas, una encargada de valoración de ventanas y actualización de los archivos de rutinas *Fortran*, y otra u otras encargadas del cortado de los archivos con el *Degtra96*.

Es común que cuando alguno de los programas que sirven para correr las rutinas *Fortran* marque un error, se deba simplemente a la omisión de algún dato en el código de los mismos, o a un error de escritura en ellos; otro error común con estos archivos es la repetición de los nombres en los datos, generando vistas de ventanas iguales a las ya examinadas, se debe recordar que por naturaleza de la vibración ambiental, no pueden existir dos ventanas exactamente iguales, y mucho menos un conjunto de ellas exactamente igual, por ello en cuanto algo así sea percibido, debe ser corroborado verificando el código *Fortran* del archivo.

En caso de apretar algún menú no deseado en el *Degtra96*, se puede simplemente salir del programa, recordando en qué archivo se cometió el error, o

en el caso de presionar el menú de potencia, simplemente se le asigna el valor de 1, pues un número elevado a la 1 es el mismo número.

Una vez obtenidos los valores de frecuencia y amplitud de los promedios de todos los puntos de una campaña se procede a generar las familias espectrales.

4.4. Interpretación del promedio de las razones espectrales.

Una vez que creamos los archivos graficadores ****.plot, podremos apreciar las gráficas de las ventanas que creamos al cortar y dividir los canales, en ellas habrá una curva de la cual se debe identificar su tendencia, la cual es un pico de frecuencia notable de la curva.

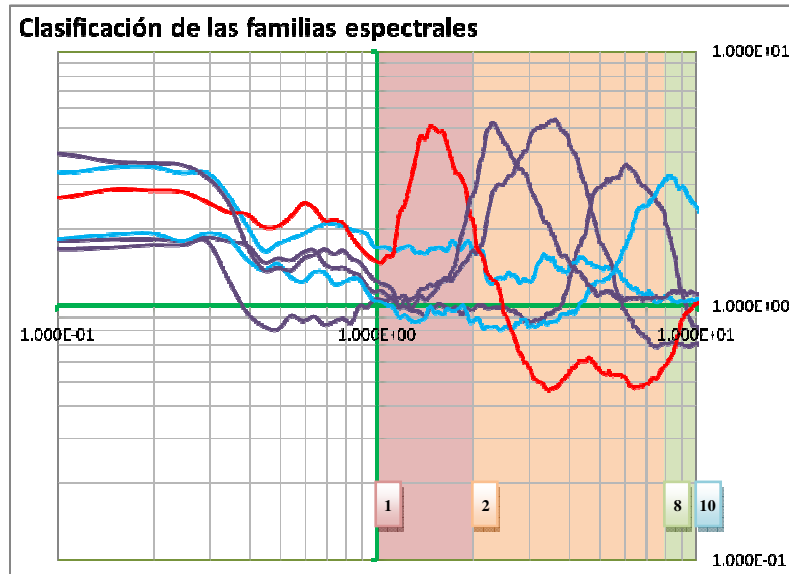
En teoría existe una relación entre la vibración ambiental y el tipo de suelo que refleja en la grafica, esto puede ser sustentado utilizando estratificaciones del suelo obtenidas por métodos más palpables, como pruebas de penetración estándar de los suelos cercanos a los lugares donde se realizan los puntos

La gráfica se presenta de forma logarítmica, y puede dividirse según el concepto anterior en 3 secciones:

- Altas frecuencias para suelos duros, las frecuencias aquí van de 8 a 10 hertz.
- Frecuencias medias, para suelos de transición, las frecuencias van aquí de 3 a 7 hertz.
- Bajas frecuencias, para suelos blandos, van de 1 a 2 hertz.

Esta última clase de suelos es la que representa un riesgo al momento de un sismo, pues posee un alto grado de susceptibilidad, esto quiere decir que tienen un fuerte efecto de sitio, pues las amplitudes de sus curvas son altas, volviéndose un amplificador natural para las ondas sísmicas.

Al ser zonas de riesgo, uno de los objetivos principales del agrupamiento de familias espectrales es identificar este tipo de suelos de baja frecuencia.



Una curva para ser válida en la zona Veracruz-Boca del Rio-Alvarado-Medellín, debe presentar el pico de frecuencia después de el eje central que representa el valor de 1.0 Hertz.

Las tendencias que podemos apreciar al momento de seleccionar las curvas para los promedios pueden ser de 4 tipos:

Tendencia clara:

Aquí el pico de frecuencia se aprecia claramente, sin mayor problema, la amplitud y frecuencia se toman tal cual se presentan.

Tendencia parcial:

El pico de frecuencia de estas graficas no es claro, suele presentarse como una meseta curveada, o como una meseta con picos irregulares. Es recomendable tomar estos archivos como segunda opción al momento de esbozar una tendencia general de selección, la amplitud es clara pero la frecuencia no, por ello solo se deben seleccionar cuando no se puedan elegir curvas más definidas.

Tendencia alta:

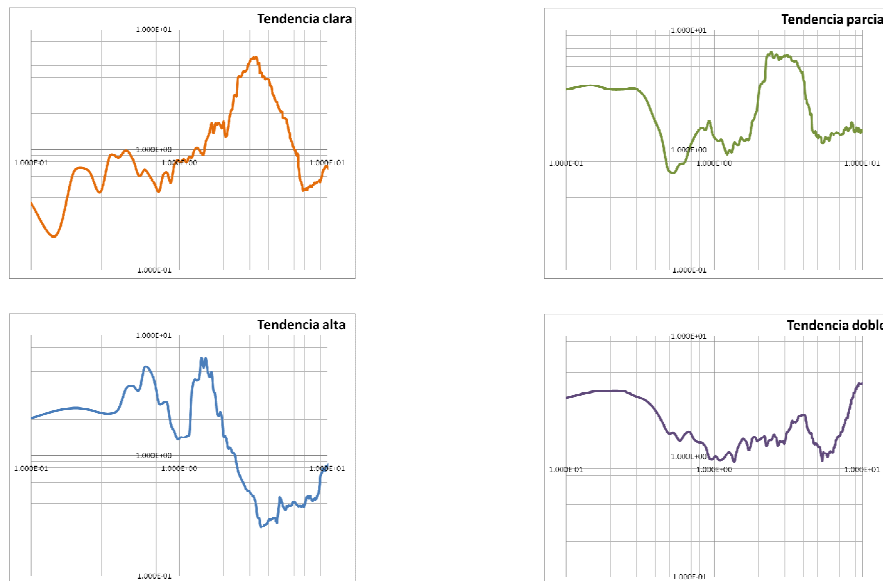
El comienzo de este tipo de curvas es muy alto, lo cual puede indicar que la muestra de la cual se tomó este dato se encuentra muy saturada de ruido, o

simplemente no se tomó de la manera adecuada, considerando que las frecuencias deben manifestarse a partir de 1 Hert. Este tipo de registros se toman como última opción para conformar el grupo para el promedio, a pesar de mostrar un pico de frecuencia después del comienzo excesivamente alto, pues la entrada alta distorsionan las graficas a obtener en los promedios.

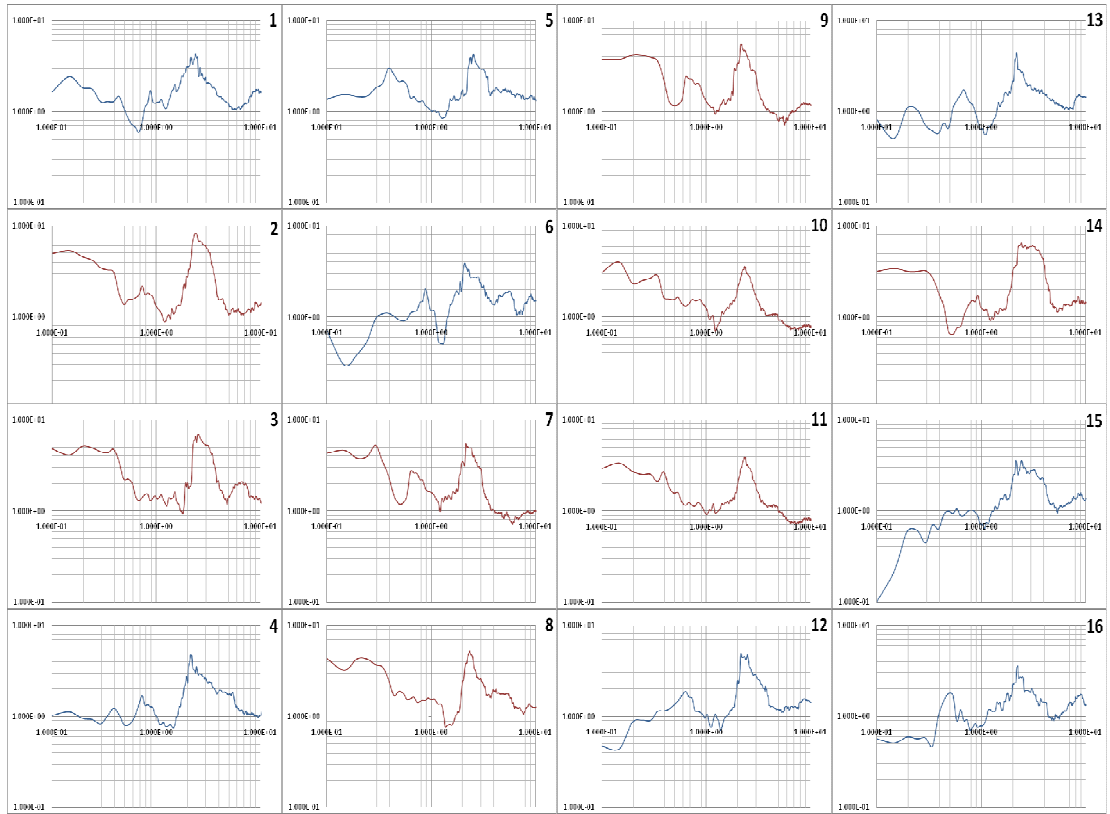
Tendencia doble:

Este tipo de curvas suelen presentarse en suelos donde existe una transición notable, de un suelo blando a un suelo duro, o pueden ser también producto de la presencia excesiva de ruido en el registro. Esta es la última opción a elegir cuando se selecciona para formar los archivos de promedios.

En general cuando este tipo de curvas son correctas y no producto de ruido, o errores en la toma de la muestra, el resto de los golpes del punto confirmaran la misma tendencia.



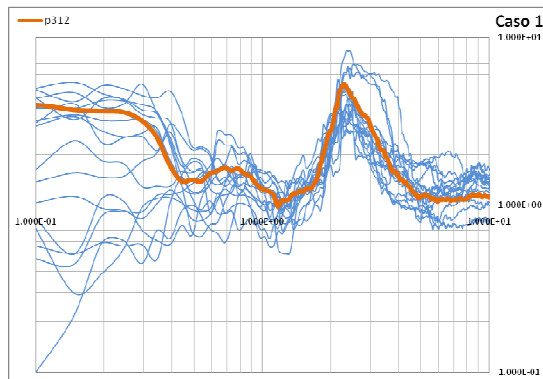
Si observamos las 16 ventanas que conforman la selección de datos del siguiente ejemplo, notaremos que el orden de las ventanas en el sentido EW de color rojo, y las ventanas del sentido NS de color azul, no guarda una secuencia. Esto se debe a que al momento de seleccionar las ventanas para generar los promedios, no es necesario que se tome una cantidad en particular de cada golpe, lo único necesario es juntar 8 registros de cada sentido, para hacer los 16 totales.



Una vez que tengamos los archivos seleccionados se procede a obtener los promedios, los resultados que podemos obtener de los promedios pueden presentarse en 3 formas:

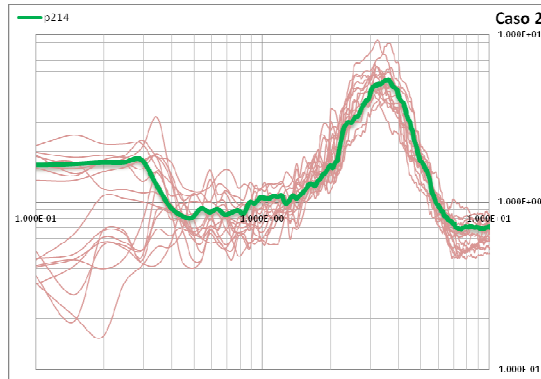
Caso 1:

Obtenemos un promedio con pico de frecuencia claro y una amplitud definida.



Caso 2:

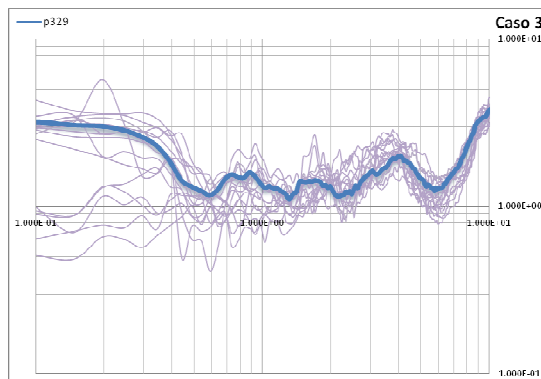
Obtenemos un promedio parcial, con pico de frecuencia no muy definido, y una amplitud definida, aquí asignaremos el valor de la frecuencia al punto medio de la elevación de la curva.



Caso 3:

Obtenemos un promedio con 2 picos de frecuencia claros y una amplitud definida, en este tipo de casos se debe observar los puntos que se encuentren alrededor de este en el mapa, pues se tomara de las dos tendencias que aparecen en la grafica la que predomine en la zona, en caso de que este sea el único punto que presente este tipo de promedio en la zona.

Al obtener este tipo de promedios, y comparar con los puntos cercanos, también puede tratarse de un punto de transición entre dos zonas de diferente periodo, por ello son de gran ayuda este tipo de casos para establecer límites entre zonas.



Una vez que tengamos los promedios, se selecciona el promedio del sentido EW, pues es el más energético en la zona Veracruz-Boca del Rio-Alvarado-Medellín, y se les pone en grupos según sus frecuencias, los cuales serán representados en graficas utilizando el programa Office Excel. Estos grupos deben ser mejor definidos una vez que se grafiquen, y a través de este proceso de definición se van generando las familias. Ahora se asigna un color para cada familia formada y se procede a ubicar los puntos en un mapa georeferenciado, para después colorear cada punto según los grupos que formamos.

4.5. Obtención del mapa de familias de formas espectrales

Una condición primordial para poder definir una familia en el mapa, es la cercanía de puntos del mismo color. Si se observan 5 o más puntos cercanos del mismo color, se puede decir que se ha encontrado y definido una familia, este proceso se repite hasta que todos los puntos procesados y asignados con un color sean posicionados y relacionados con otros.

Algunas veces se encontrarán puntos aislados de distinto color en medio o bordeando manchas familiares ya definidas, o definiéndose, por ejemplo, si en una zona considerada dura aparece un punto, y solo un punto blando, entonces se obvia que ese punto en realidad era duro. Se supone que quizás pasó por un proceso de formación que lo debilitó, pero, si se encuentran más de 5 puntos, entonces se considera una familia nueva, pues en teoría, esto haría un diámetro de 10 a 20 Km, y esto aunque fuera producto de un proceso constructivo, esta zona afectaría una gran parte del territorio; aunque lo recomendable también en estos casos es realizar más pruebas, cernas a estos puntos aislados, o en el mismo punto, para esclarecer la naturaleza y origen del mismo, y si es origen de una familia nueva.

Con los puntos de familias espectrales definidos (Véase figura 4.1.), se procede a relacionarlos con sus símiles por medio de líneas en el mapa para generar limites de familias, y ayudados con los mapas geológicos se le da la forma correcta a estos límites, dando como resultado final un mapa con las familias espectrales perfectamente agrupadas (Véase figura 4.2.).

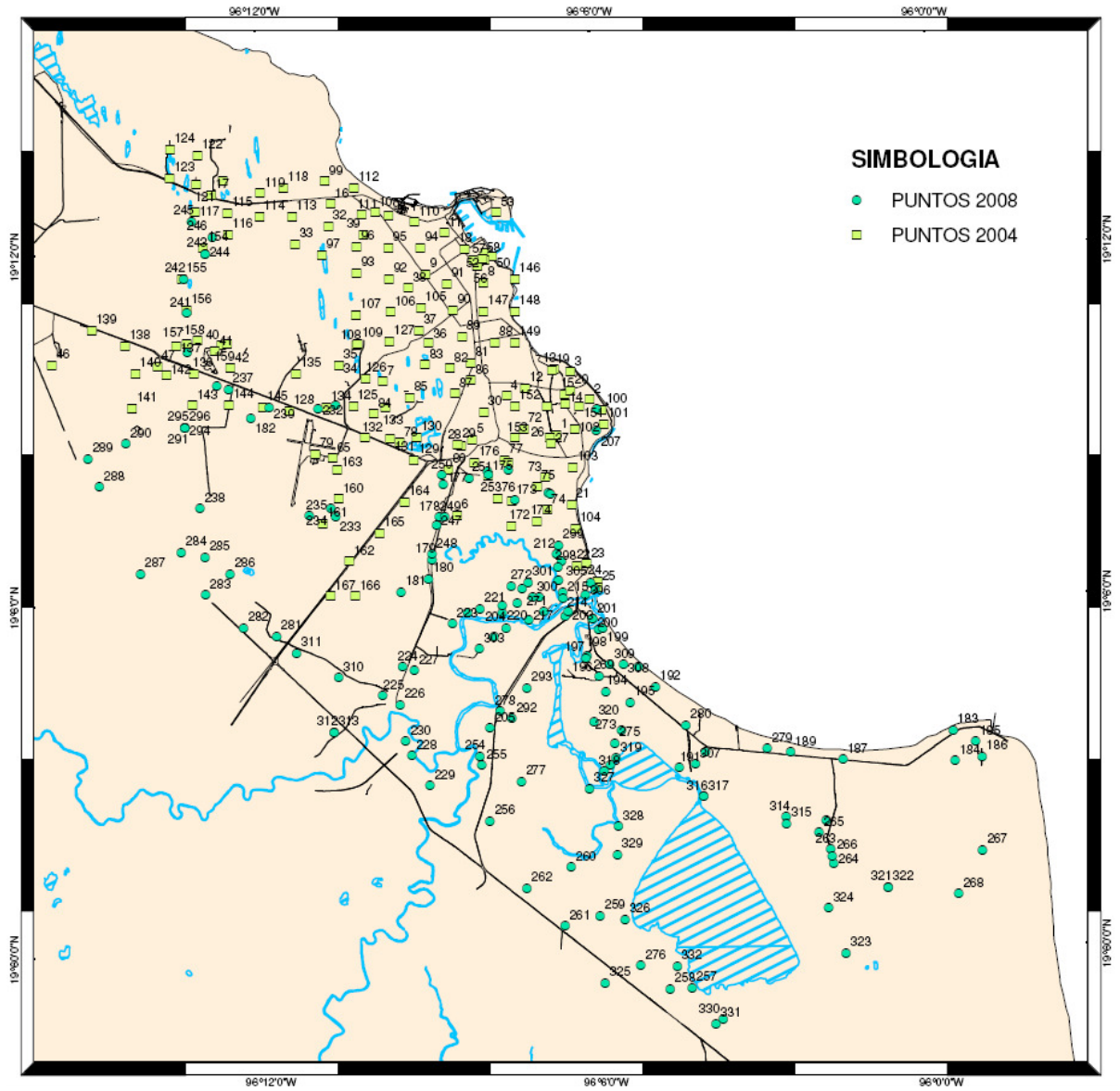


Fig.4.1. Puntos de vibración ambiental obtenidos hasta este momento.

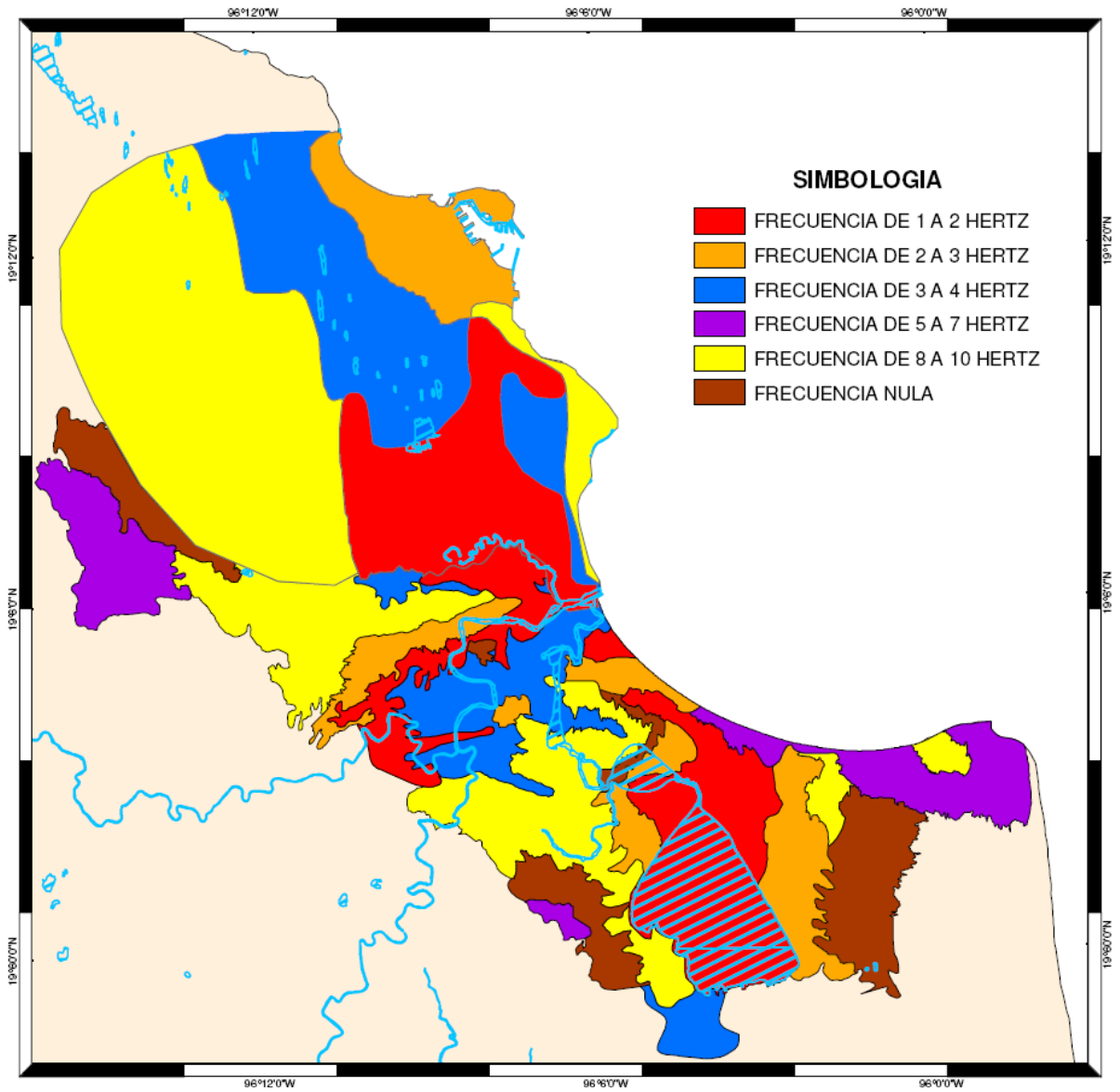
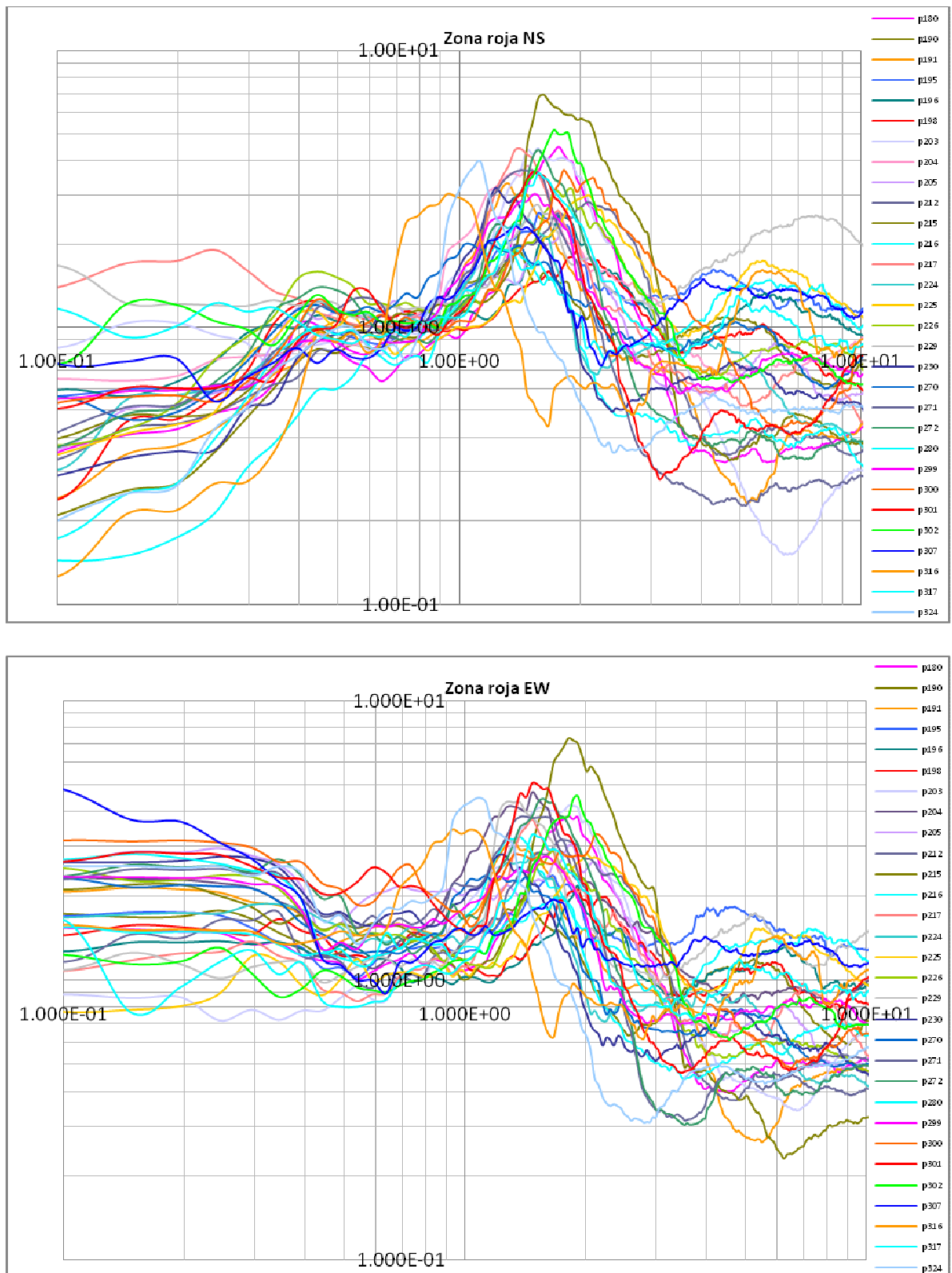


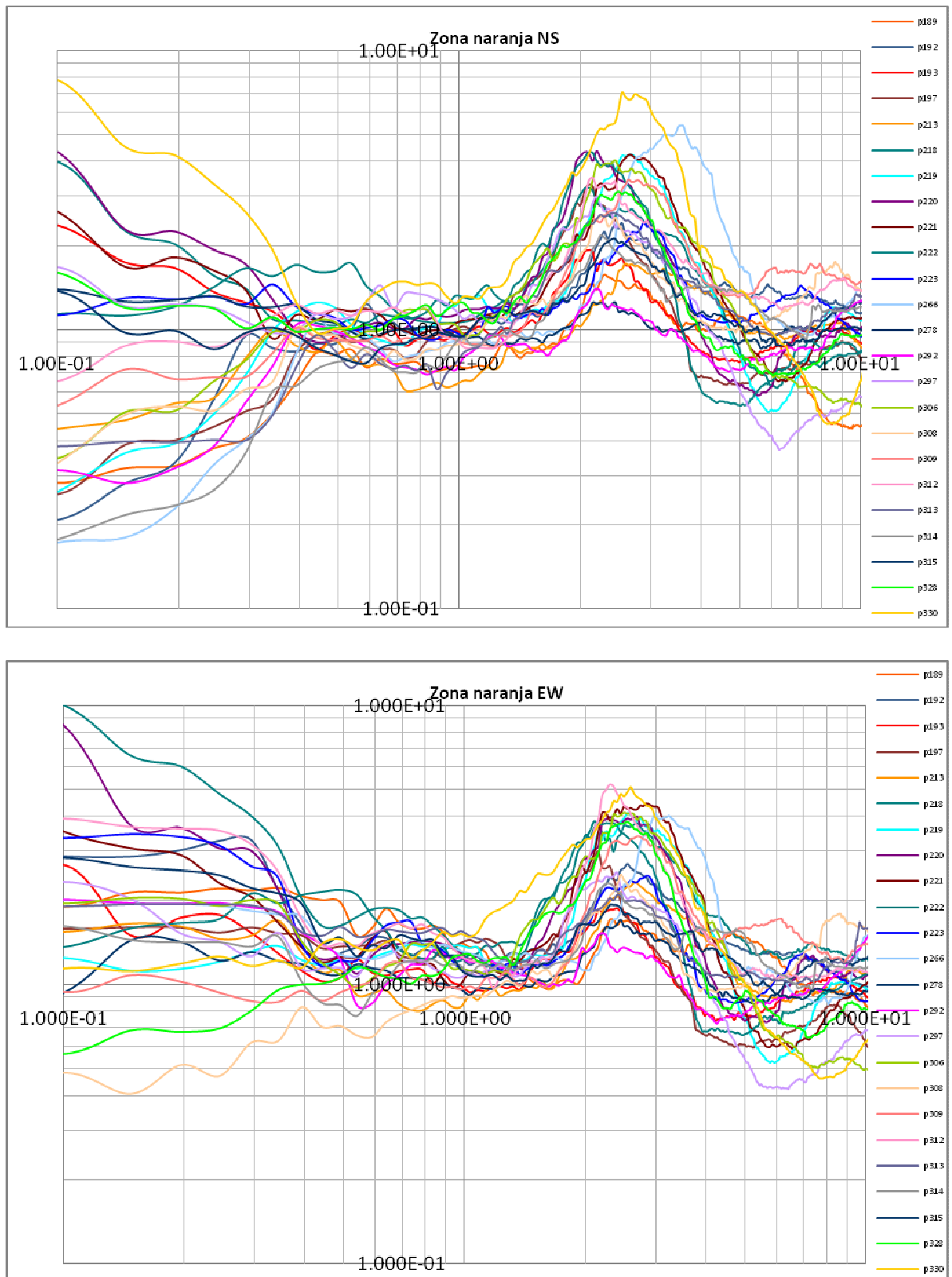
Figura 4.2. Propuesta preliminar de agrupamientos espectrales.

A continuación se agregan los datos que corresponden a cada una de las familias espectrales, ordenados por color, sentido, y susceptibilidad, esta ultima de mayor a menor.

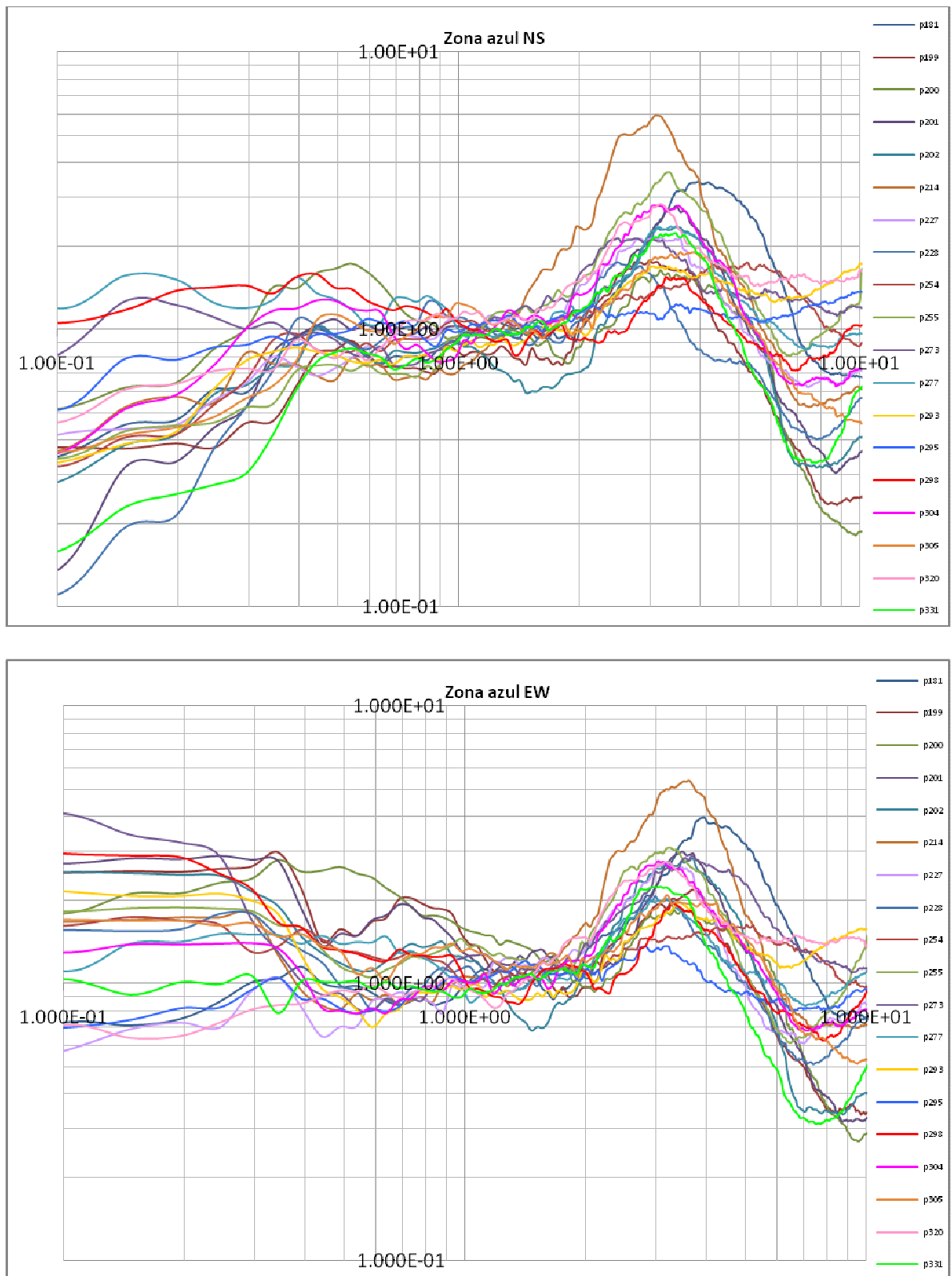
Las familias agrupadas por color son:



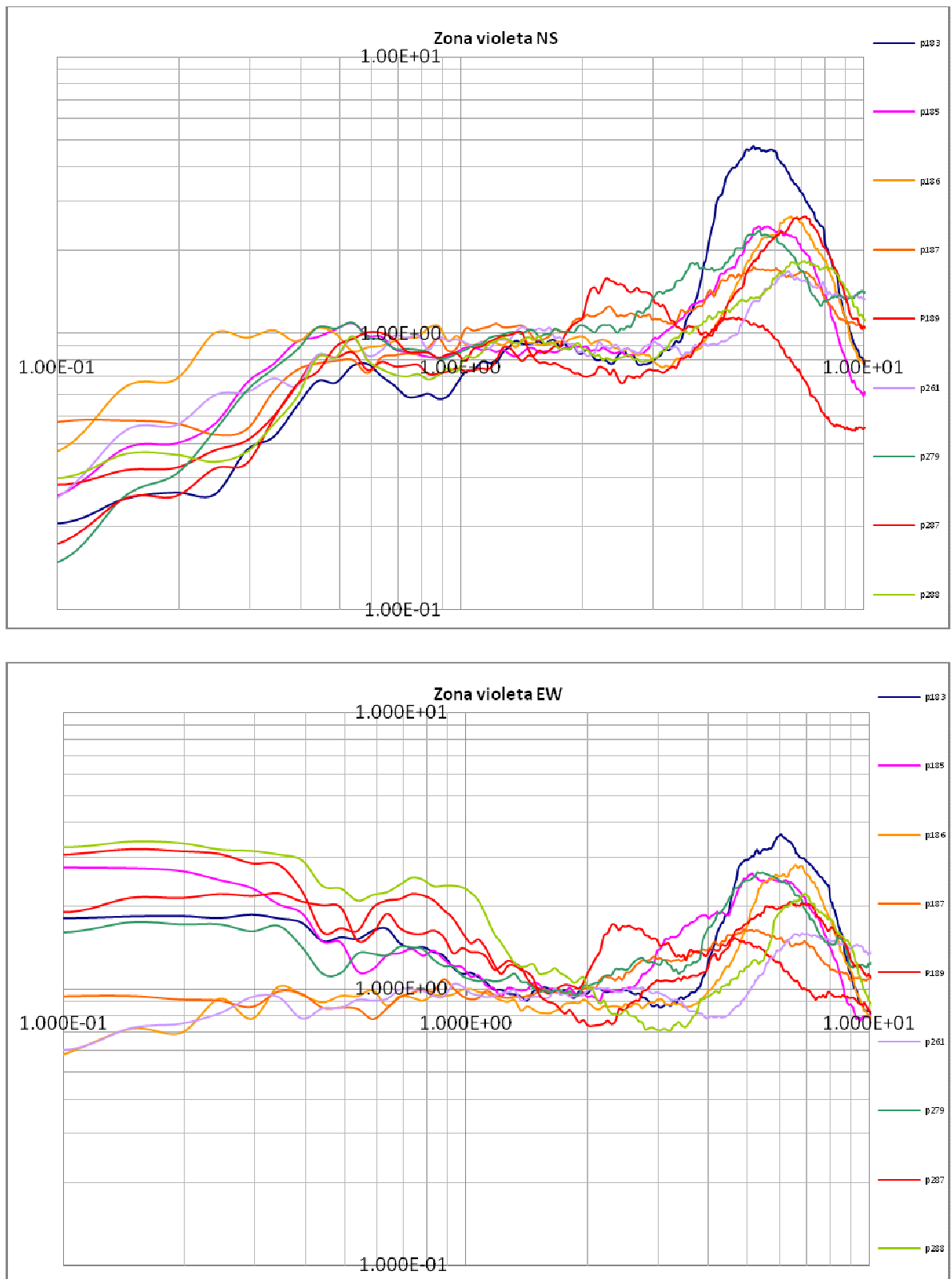
• Figura 4.3. Roja, con frecuencias que van de 1 a 2 Hertz.



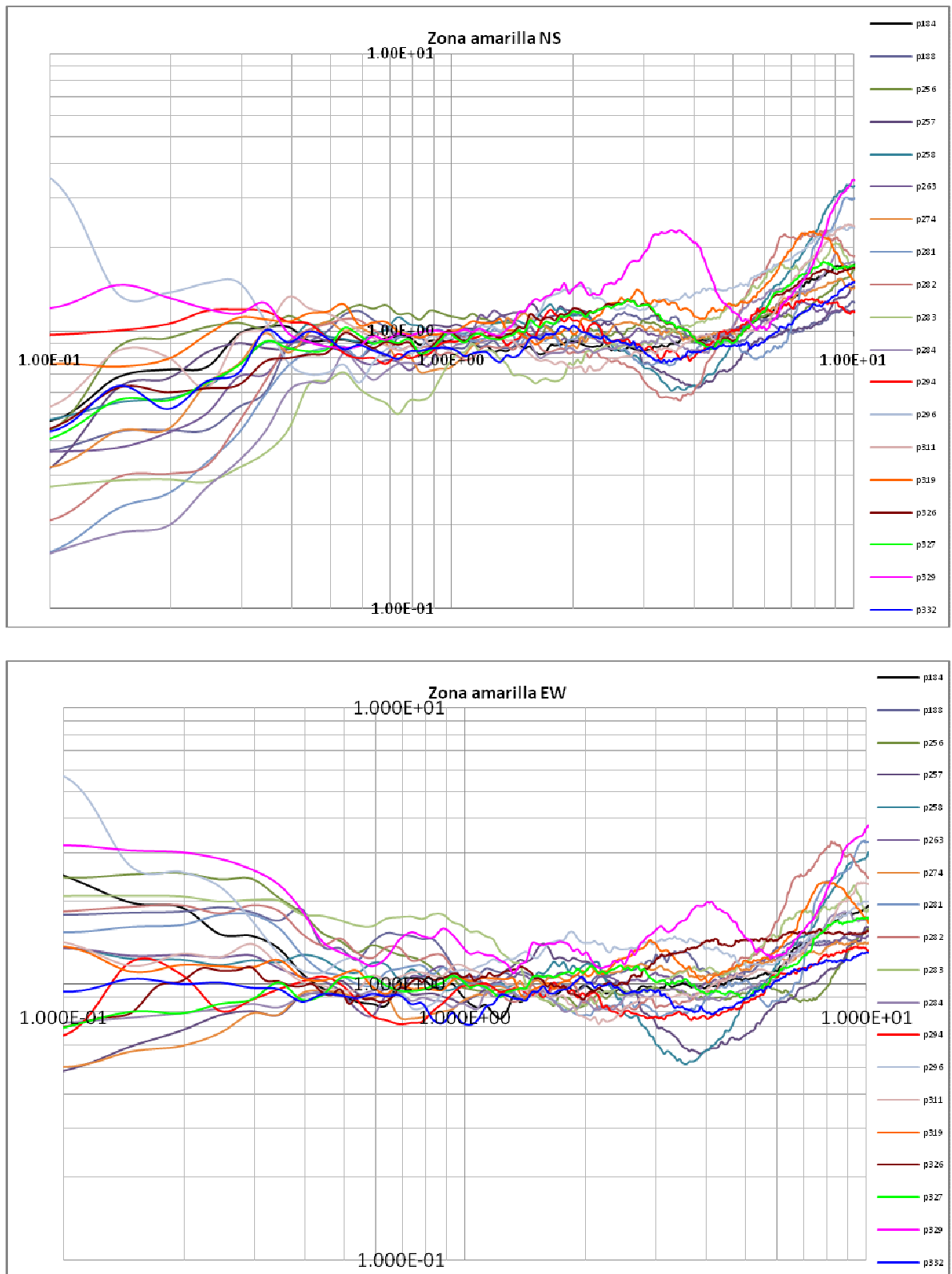
• Figura 4.4. Naranja, con frecuencias que van de 2 a 3 Hertz.



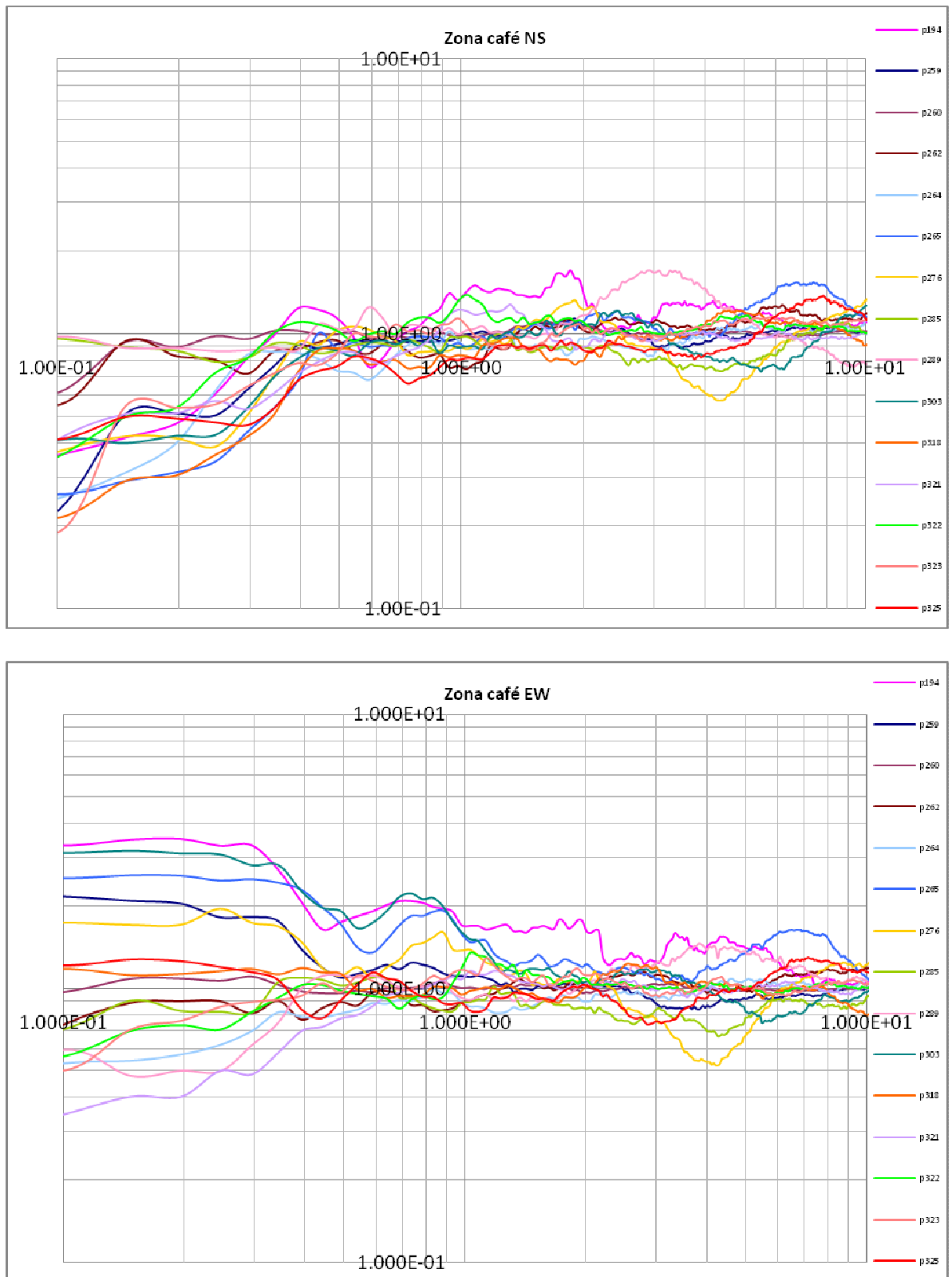
• Figura 4.5. Azul, con frecuencias que van de 3 a 4 Hertz.



• Figura 4.6. Violeta, con frecuencias que van de 5 a 7 Hertz.



• Figura 4.7. Amarilla, con frecuencias que van de 8 a 10 Hertz.



• Figura 4.8. Café, con frecuencias nulas.

5. Conclusiones y recomendaciones

Aunque la estructura geotécnica es distinta en diversos sitios, se observa que su respuesta puede ser similar, es decir pueden agruparse en formas de familias espectrales. Una vez identificadas éstas, se pueden caracterizar con perfiles sísmicos obtenidos con refracción sísmica, para identificar el tipo de terreno para el diseño de estructuras sismoresistentes.

Los resultados de estas investigaciones pueden ser adoptados como Normas Municipales, que en un futuro puedan convertirse en una reglamentación estatal completa, donde se establezcan los lineamientos para la selección de los espectros de sitio. Sus beneficios, se verían reflejados en la población a través de la mejora en la calidad de las nuevas construcciones, y el reforzamiento de las existentes.

La ingeniería civil moderna requiere no solo de la intuición, sino del conocimiento del *riesgo sísmico*, entendiendo este concepto como el que se refiere básicamente a daños ocasionados por el fenómeno en cuestión.

Referencias.

1. Becerra Cruz, A., Tesis "Zonificación sísmica en Xochimilco-Tlahuac, usando microtemores" UNAM, 1990.
2. Benítez, F., Pacheco, J. E., (1986) "Crónica del puerto de Veracruz". Gobierno del Estado de Veracruz.
3. Borchedt, R. D. (1970) Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay, Bull. Seismic. Soc. Am. 60, 29-61
4. Borchedt, R. D. and J. F. Gibbs (1976). Effects of local geological conditions in the San Francisco Bay region on ground motions and intensities of the 1906 earthquake, Bull. Seism. Soc. Am. 66, 467-500.
5. Chavez-García, F. J., G. Pedotti, D. Hatzfeld, and P. Y. Bard (1990). An experimental study of site effects near Thessaloniki (Northern Greece), Bull. Seism. Soc. Am. 80. 784-806.
6. Celebi, M. et al "The culprit in México City; amplification of motions" Earthquake Spectra, Vol. 3, No. 2 may 1987
7. Celebi, M. Topographical and Geological amplifications determined from strong-Motion and aftershock records of the 3 March 1985 Chile earthquake. Bulletin Seismological Society of America. Vol. 77, No. 4 August 1987.
8. Comisión Geográfica Exploradora, (1908) Carta General del Estado de Veracruz-Llave levantada por iniciativa del Gobernador Teodoro A. Dehesa
9. Enciclopedia Municipal Veracruzana (Municipio de Veracruz), Gobierno del Estado de Veracruz, 1998
10. Esquivel, Raúl, (1976). "Información General acerca del subsuelo de 17 Ciudades de México, Veracruz, Ver.", Memorias de la VIII reunión Nacional de Mecánica de suelos. Noviembre, Tomo II, p. 245-256. Guanajuato., México.
11. Figueroa, A., (1967) "La sismicidad en el estado de Veracruz. Macrosismo del 11 de Marzo de 1967" Facultad de Ingeniería, UNAM.
12. INEGI. Carta Topográfica de Veracruz E14B49, Esc. 1:50 000
13. Lermo, J., F. Lázarez y J. Cuenca, Capítulo 4: "Efectos de Sitio", pp 331 - 362 en el libro El Terremoto de Arequipa, Perú del 23 de Junio de 2001,

- Hernando Tavera (editor), publicado por el Instituto Geofísico del Perú, Centro Nacional de Datos Geofísicos, pp 394, Lima Perú, 2002
14. Lermo, J, G Torres, P Almanza, A Vargas, J Cruz y J A Hernández (1995), "Efectos de sitio en el Puerto de Veracruz, México, Microzonificación Sísmica Preliminar". Memorias del XX congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, A.C., pp. 115-120, Veracruz. Ver., México.
 15. Lermo, J and F J Chavez-Garcia (1994a), "Are microtremors useful in site response evaluation?", Bull. Seism. Soc. Am, Vol. 84, pp. 1350-1364
 16. Lermo, J y and F J Chávez-García (1994b), "Site effect evaluation at México City: Dominant period and relative amplification from strong motion and microtremor records", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 13, pp. 413-423.
 17. Lermo, J and F J Chávez-García (1993), "Site effect evaluation using spectral ratios with only one station", Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 83, pp. 1574-1594.
 18. Lomnitz, Cyna and Sing, S. K. Earthquake and earthquake prediction; in Seismic risk and engineering decisions, C. Lomnitz and E. Rosenblueth, editors, Elsevier Scientific Company, Amsterdam, 1976.
 19. Luna Bauza, C, (1994) "Sismos en el Estado de Veracruz 1900-1994" Gobierno del Estado de Veracruz-Llave.
 20. Miranda, J., "Características Geotécnicas del Subsuelo de la Ciudad de Veracruz", Tesis Profesional, Veracruz 1979.
 21. Muria, D y A. González (1993), "Propiedades dinámicas de edificios de la ciudad de México", 6tas Jornadas Chilenas de sismologías e ingeniería antisísmica, Santiago, Chile, 1, pp. 585-594.
 22. Nakamura, Y (1989), "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface", QR of RTRI, Vol. 30, No.1, pp. 25-33.
 23. Nakamura, Y. (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, QR-RTR1 30, 1, February.
 24. Ordaz, Mario (1999). "Sismicidad y Riesgo Sísmico", Curso sobre Diseño y Construcción Sismorresistente, CENAPRED pp 19.

25. Páez, I (2001), "Características Geotécnicas y Criterios Básicos para el Diseño de Cimentaciones en la Zona Conurbada de Veracruz, Ver.", Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Villa Rica, Veracruz, Ver.
26. Rodríguez, M y J C Aristizábal (1988), "Evaluación de la capacidad destructiva de terremotos", series del Instituto de Ingeniería, UNAM, número 609, p. 123
27. Safak, E., Problems with using spectral ratios to estimate site amplification, Proc. 4th Int. Conf. on Seismic Zonation, Stanford, California, II, 277-284, 1991.
28. Sauter F., F. (1989) "Introducción a la Sismología". Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cap. 11
29. Suarez, G., (1991) Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica No. 42.
30. Tucker, B. E. and J. L. King (1984). Dependence of sediment-filled valley response on input amplitude and valley properties, Bull. Seism. Soc. Am. 74, 153-165.
31. Vogt, Rudolf. Influencia de los valles sobre el movimiento del terreno, Junio 1987.
32. Williams, F, G Riquer, R Leyva y G Torres (2003), "Red Acelerográfica de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río", Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Guanajuato-León. México
33. Leyva R. (2004), "Obtención de las Curvas de Isoperiodos de la Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río.", Tesis de Maestría, Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, Veracruz, Ver.
34. Limaymanta M. (2008), "Uso de familias espectrales obtenidas con registros de sismos y microtemores para la clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico. Aplicación en las ciudades de Veracruz-Boca del Río, Oaxaca y Acapulco", Tesis en proceso para obtener el grado de Maestría en Ingeniería, Instituto de Ingeniería de la UNAM.

APÉNDICES.

Apéndice I

Muestra de bitácora tipo interna

Formato de curvas de isoperiodos de la zona conurbada ZVC													
			Posición		Golpe - Hora					No. Hoja:	7	Fecha:	04/10/2007
Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	1er.	2do.	3ro.	Útiles:	1, 3, 4	Fallidos:		Tipo Fallo:	
261	28	Entrada a Los Robles cerca de la Carretera Nacional	14Q0 804069	UTM 2104124	12:45:40 OV 001.EVT	12:50:00 OV 003.EVT	12:52:15 OV 004.EVT	Útiles: Nts:	1, 3, 4	Fallidos:		Tipo Fallo:	Carro cargado de relleno paso durante el 2do golpe
262	28	Municipio de Medellin Localidad La Gloria tienda "Abarrotes Fily"	14Q0 802868	UTM 2105303	01:49:37 LZ 001.EVT	01:51:49 LZ 002.EVT	01:54:04 LZ 003.EVT	Útiles: Nts:	2, 3	Fallidos:	1	Tipo Fallo:	Se puede entrar mas en siguientes trabajos
263	29	Municipio de Alvarado Localidad La Aguada Camino real y Francisco Jose Ortega Casanova	14Q0 812446	UTM 2106524	10:34:17 ME 001.EVT	10:36:55 ME 002.EVT	10:39:13 ME 003.EVT	Útiles: Nts:	2, 3	Fallidos:	1	Tipo Fallo:	Paso de caballos esporádico
264	29	Municipio de Alvarado Localidad La Aguada Camino real, camino a La Piedra	14Q0 812539	UTM 2106091	10:56:29 MF 001.EVT	10:58:47 MF 002.EVT	11:00:58 MF 003.EVT	Útiles: Nts:	2, 3	Fallidos:	1	Tipo Fallo:	Camino de tercera
265	29	Municipio de Alvarado Localidad La Aguada Camino enfrente del panteón	14Q0 812064	UTM 2107071	11:35:10 MG 001.EVT	11:37:27 MG 002.EVT	11:39:42 MG 003.EVT	Útiles: Nts:	1, 3	Fallidos:	2	Tipo Fallo:	Camino de tierra frente a potrero
266	29	Carreter Anton Lizardo-La Piedra, desviación a Mata de Uva	15Q0 135744	UTM 2107747	12:07:20 MH 001.EVT	12:09:40 MH 002.EVT	12:11:58 MH 003.EVT	Útiles: Nts:	1, 3	Fallidos:	2	Tipo Fallo:	Trafico esporádico /12:09:00 2 automóviles / Al pie de una Loma
267	29	Carreter Anton Lizardo-La Piedra, a 2 Km de la desviación a Mata de Uva	15Q0 185590	UTM 2106453	12:23:48 MI 001.EVT	12:26:15 MI 002.EVT	12:28:29 MI 003.EVT	Útiles: Nts:	2, 3	Fallidos:	1	Tipo Fallo:	12:24:00 Paso camioneta /Trafico esporádico /Paso camioneta al inicio del 3er golpe
268	29	Carreter Anton Lizardo-La Piedra, a 3.800 Km de la desviación a Mata de Uva, en una entrada de parcela	15Q0 184790	UTM 2105111	12:39:22 MJ 001.EVT	12:41:51 MJ 002.EVT	12:44:09 MJ 003.EVT	Útiles: Nts:	2, 3	Fallidos:	1	Tipo Fallo:	Trafico esporádico RM
269	29	Club de Golf "La Villa Rica"	14Q0 805139	UTM 2112003	01:30:22 ML 001.EVT	01:32:44 ML 002.EVT	01:34:56 ML 003.EVT	Útiles: Nts:	1, 2	Fallidos:	3	Tipo Fallo:	ER Trafico ligero pero intermitente /01:35:40 Paso 2 camiones de carga
270	30	Fracc. Las palmas Calle 4	14Q0 803260	UTM 2114487	12:16:53 MQ 001.EVT	12:19:04 MQ 002.EVT	12:24:11 MQ 003.EVT	Útiles: Nts:	1, 2	Fallidos:		Tipo Fallo:	
271	30	Fracc. Las palmas Calle 3	14Q0 802716	UTM 2114757	12:37:22 MR 001.EVT	12:39:50 MR 002.EVT	12:45:17 MR 003.EVT	Útiles: Nts:	1, 3	Fallidos:		Tipo Fallo:	Construcción cerca /Arranque de camioneta a 25 m durante el inicio del 3er golpe

Bitácora total del proyecto, en formato de entrega

Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
177	19	Carmen Rey(esquina) Adolfo Fernandez Col. Lorenzo Barcelata	14Q0 800241	UTM 2118034	5	2.5	0.4
178	19	Miguel Hidalgo(esquina) Cordoba Col. Alfredo Von Ban Fil	14Q0 800114	UTM 2117014	2.5	2.5	0.4
179	19	Restaurant Dario "Puente moreno"	14Q0 799897	UTM 2115652	4	2	0.5
180	19	Tec. Milenio	14Q0 799777	UTM 2115072	3	2	0.5
181	19	Dique. Calle Aguila Oeste	14Q0 798921	UTM 2114645	3.5	4	0.25
182	19	Azafran y Florida del sur. Col. La Florida	14Q0 794198	UTM 2120113	0	0	0
183	19	Anton Lizardo Restaurante "La intimidad" (A 100m del mar)	15Q0 184794	UTM 2110288	4	5	0.2
184	19	Anton Lizardo Camino al basurero	15Q0 184814	UTM 2109301	2	10	0.1
185	19	Anton Lizardo Parque central	15Q0 185484	UTM 2109884	2.5	5	0.2
186	19	Anton Lizardo Camino hacia la piedra	15Q0 185663	UTM 2109414	3	6.5	0.15
187	19	Playa sol	14Q0 812814	UTM 2109381	2	5.5	0.18
188	20	Municipio de Alvarado Localidad La Aguada frente a casa blanca	14Q0 812297	UTM 2107436	0	0	0
189	20	Entrada Residencial Loma Fernando	14Q0 811174	UTM 2109594	2	1.5	0.67
190	20	Fraccionamiento Banus	14Q0 808499	UTM 2109590	2	1.5	0.67
191	20	Mandinga, cerca del área restaurantera, casa blanca con azul	14Q0 807659	UTM 2109111	3	1.5	0.67
192	20	Fraccionamiento Playas del Conchal, frente a casa blanca con marco gris de tipo vista, nopalera al lado	14Q0 806918	UTM 2111662	2.5	2.5	0.40
193	20	Fraccionamiento Playas del Conchal, una calle al frente del edificio en construcción	14Q0 806373	UTM 2112279	2	2.5	0.40

Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
194	20	Fraccionamiento Lomas Residencial, final de calle a la vista de torre de instalaciones	14Q0 805357	UTM 2111497	2	2	0.50
195	21	Camino a la Matoza a 500m de la entrada aprox.	14Q0 806111	UTM 2111175	2.5	2	0.50
196	21	Frente a la entrada del Club de Golf junto a una fachada de ladrillo	14Q0 804754	UTM 2112653	2	2	0.50
197	21	Frente a la subagencia municipal el conchal, entrada villas Maribela	14Q0 804722	UTM 2112573	3	2	0.50
198	21	Cerca de la zona de restaurantes, una casa morada con rayas blancas	14Q0 805134	UTM 2113453	2	2	0.50
199	21	Camino a la isla del amor junto a un lote en venta de 500m2	14Q0 805252	UTM 2113520	2	3	0.33
200	21	Calle punta Salinas esq. Alvarado junta Almendro	14Q0 804932	UTM 2113807	2	3	0.33
201	21	Calle Antonlizardo esq. Farallon	14Q0 804934	UTM 2113810	3	3.5	0.29
202	21	ITMAR cerca del laboratorio de construcción	14Q0 809163	UTM 2114036	3	3.5	0.29
203	21	Frente a la cancha de futbol "La planiza" edificio del ISSTE	14Q0 804162	UTM 2114033	4	1.5	0.67
204	21	Entrada residencial tulipanes "San José Novillero"	14Q0 802217	UTM 2113514	4	1.5	0.67
205	21	Paso Colorado	14Q0 801712	UTM 2110340	2.5	2	0.50
206	22	Fracc. Costa de Oro Avenida Costa de Oro	14Q0 805056	UTM 2120419	2	9	0.11
207	22	Fracc. Costa de Oro Pargo y Cubera(En el parque)	14Q0 805045	UTM 2119748	2	9	0.11
208	22	Colonia Venustiano Carranza Universal y Heraldo(En el parque junto al centro de bienestar social)	14Q0 802283	UTM 2118466	2.5	2.5	0.40
209	22	Colonia Venustiano Carranza Avenida 19 y Avenida 18(Zona de Pantano)	14Q0 802493	UTM 2117546	4.5	1.5	0.67
210	22	Colonia Venustiano Carranza López Mateo y Barranca del muerto(En lo alto de la loma)	14Q0 803548	UTM 2117757	2.5	2.5	0.40

Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
211	22	Colonia Villa Rica Jalisco esq. Calle 3	14Q0 803608	UTM 2117732	3	4	0.25
212	23	Fraccionamiento Tampiquera Orizaba y Agua dulce	14Q0 803804	UTM 2115818	3	2	0.50
213	23	Fraccionamiento Tampiquera Rio Moreno y Callejón. Independencia	14Q0 803864	UTM 2115045	2	2.5	0.40
214	23	Fraccionamiento Tampiquera Benito Juarez y Josefa Ortiz de Dominguez	14Q0 803987	UTM 2114663	6.5	3.5	0.29
215	23	Fraccionamiento Tampiquera Rio Moreno	14Q0 804003	UTM 2114459	7	2	0.50
216	23	Camino a Playa de Vacas	14Q0 803407	UTM 2114036	2.5	1.5	0.67
217	23	Fiesta Staiin camino a Playa de Vacas	14Q0 802918	UTM 2113777	4	1.5	0.67
218	23	Finca "Los Mangos"	14Q0 802567	UTM 2114291	3.5	2	0.50
219	23	Escuela primaria Ignacio Zaragoza Clave 30EPR13692	14Q0 802087	UTM 2114006	4	2.5	0.40
220	23	Camino a Playa de Vacas	14Q0 802046	UTM 2114237	4	2.5	0.40
221	23	Campo de Futbol "El Cerdo"	14Q0 801386	UTM 2114124	4	2.5	0.40
222	23	Campo de Futbol "El Gallo"	14Q0 801011	UTM 2114003	4	2.5	0.40
223	23	Playa de Vacas Campo de Beisbol	14Q0 800535	UTM 2113655	2.5	3	0.33
224	24	Calle Plan de Ayala, Col. Obrero Campesino, El Tejar (Referencia: Frente a Estetica)	14Q0 798958	UTM 2112286	2.5	1.5	0.67
225	24	EL tejar Escuela primaria Emiliano Zapata Clave: 30DPR2346X	14Q0 798348	UTM 2111382	3	2	0.50
226	24	EL tejar Avila Camacho y Allende	14Q0 798882	UTM 2111086	3	2	0.50
227	24	EL tejar Juan de la Barrera y Uxmal, Referencia: Centro de copiado Vicky	14Q0 799327	UTM 2112172	2.5	3	0.33

Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
228	24	Medellin Hidalgo e Ignacio Zaragoza	14Q0 799247	UTM 2109504	2	3	0.33
229	24	Medellin Vicente Guerrero y/o Huachimal Referencia: Rumbo al panteón de Medellin	14Q0 799820	UTM 2108536	3.5	1.5	0.67
230	24	Medellin Estadio de beisbol "Home play"	14Q0 799053	UTM 2109930	3	1.5	0.67
231	25	Colonia Las bajadas Francisco Villa y Benito Juarez	14Q0 796850	UTM 2120550	2	3.5	0.29
232	25	Colonia Ampliación Las bajadas Euzebio Mendoza y Justino Angel Sarmiento	14Q0 796293	UTM 2120430	1.5	6	0.17
233	25	Colonia Mata de Pita Ursulo Galvan y Candido Aguilar	14Q0 796861	UTM 2117008	1.5	6	0.17
234	25	Colonia Mata de Pita Campo de futbol	14Q0 796717	UTM 2117275	0	0	0.00
235	25	Perímetro Aeropuerto	14Q0 796020	UTM 2117047	0	0	0.00
236	25	Colonia Progreso Calle 8	14Q0 793128	UTM 2121148	3	7.5	0.13
237	25	Rio Tecolutla	14Q0 793486	UTM 2121038	2	8	0.13
238	25	Entrada Escuela primaria Melchor Ocampo Matacoquite Clave: 30DPR1387Q	14Q0 792598	UTM 2117253	0	0	0.00
239	25	Zapote y Araucaria	14Q0 794773	UTM 2120466	2.5	7	0.14
240	26	Tejeria	14Q0 792197	UTM 2122204	2	6	0.17
241	26	Camino hacia Oasis fraccionamiento desde Tejeria	14Q0 792182	UTM 2123437	2	5	0.20
242	26	Cerca de banco de arena	14Q0 792078	UTM 2124514	1.5	8	0.13
243	26	Cerca de Oasis fraccionamiento	14Q0 792762	UTM 2125310	1.5	4.5	0.22
244	26	Oasis Fraccionamiento	14Q0 792762	UTM 2125310	2	2.5	0.40

Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
245	26	Calle Columna	14Q0 792322	UTM 2126313	0	0	0.00
246	26	Los torrentes	14Q0 792977	UTM 2125820	2	3.5	0.29
247	27	Municipio de Medellin Rio Blanco y Pedro Gomez	14Q0 800031	UTM 2116748	2.5	2.5	0.40
248	27	Colonia Puente Moreno Miguel Aleman y calle nueva	14Q0 799883	UTM 2115823	4	2	0.50
249	27	Campus Calazan Estacionamiento	14Q0 800294	UTM 2117006	4	2.5	0.40
250	27	Colonia C.M.C. De Rojas E.Nacional y Queretaro	14Q0 800200	UTM 2118342	6	2.5	0.40
251	27	Colonia Las Vegas 2 Rio Bamba y Rio Cotaxtla	14Q0 801057	UTM 2118224	4	1.5	0.67
252	27	Colonia Las Vegas 2 Rio Lerma y Rio Moctezuma	14Q0 801624	UTM 2118454	4.5	1.5	0.67
253	27	Colonia Las Vegas 2 Paseo La Zamorana y Rio Sonora	14Q0 801669	UTM 2118351	1.5	2	0.50
254	28	Campus la Bocana CUHM	14Q0 801388	UTM 2109457	1.5	5	0.20
255	28	Col. La Bocana	14Q0 801449	UTM 2109174	3	3.5	0.29
256	28	Paso del Toro Esmeralda y Pedregal	14Q0 801712	UTM 2107429	1.5	10	0.10
257	28	Municipio de Medellin Localidad La Laguna Calle principal, a orilla del la laguna	14Q0 808083	UTM 2102174	1.5	10	0.10
258	28	Municipio de Medellin Localidad La Laguna Calle siguiente a la C.P.(El rincón de la Laguna)	14Q0 807380	UTM 2102125	3.5	10	0.10
259	28	Heron Proal N.C.P.E.	14Q0 805171	UTM 2104436	0	0	0.00
260	28	Frente a la entrada Los Robles	14Q0 804262	UTM 2105967	0	0	0.00
261	28	Entrada a Los Robles cerca de la Carretera Nacional	14Q0 804069	UTM 2104124	1.5	7	0.14

Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
262	28	Municipio de Medellin Localidad La Gloria tienda "Abarrotos Fily"	14Q0 802868	UTM 2105303	0	0	0.00
263	29	Municipio de Alvarado Localidad La Aguada Camino real y Francisco Jose Ortega Casanova	14Q0 812446	UTM 2106524	1.5	9	0.11
264	29	Municipio de Alvarado Localidad La Aguada Camino real, camino a La Piedra	14Q0 812539	UTM 2106091	0	0	0.00
265	29	Municipio de Alvarado Localidad La Aguada Camino enfrente del panteon	14Q0 812064	UTM 2107071	1.5	7	0.14
266	29	Carretera Anton Lizardo-La Piedra, desviación a Mata de Uva	15Q0 135744	UTM 2107747	4.5	3.5	0.29
267	29	Carretera Anton Lizardo-La Piedra, a 2 Km de la desviación a Mata de Uva	15Q0 185590	UTM 2106453	0	0	0.00
268	29	Carretera Anton Lizardo-La Piedra, a 3.800 Km de la desviación a Mata de Uva, en una entrada de parcela	15Q0 184790	UTM 2105111	0	0	0.00
269	29	Club de Golf "La Villa Rica"	14Q0 805139	UTM 2112003	2	2	0.50
270	30	Fracc. Las palmas Calle 4	14Q0 803260	UTM 2114487	2	1.5	0.67
271	30	Fracc. Las palmas Calle 3	14Q0 802716	UTM 2114757	4	1.5	0.67
272	30	Fracc. Las palmas Calle 39	14Q0 802388	UTM 2114837	4	1.5	0.67
273	31	Camino a la Matoza	14Q0 805840	UTM 2110290	2.5	2.5	0.40
274	31	Camino a la Matoza, a 300m del restaurant "El italiano"	14Q0 805495	UTM 2109181	1.5	9	0.11
275	31	Camino a la Matoza	14Q0 805646	UTM 2109891	2	3	0.33
276	32	Cerca de La Union, entre la gasolinera y la entrada por la carretera	14Q0 806454	UTM 2102891	1.5	8	0.13
277	32	Rancho Tucan Localidad La Bocana	14Q0 802696	UTM 2108659	2.5	3	0.33
278	32	Rancho JF Localidad La Bocana	14Q0 802024	UTM 2110886	1.5	2.5	0.40

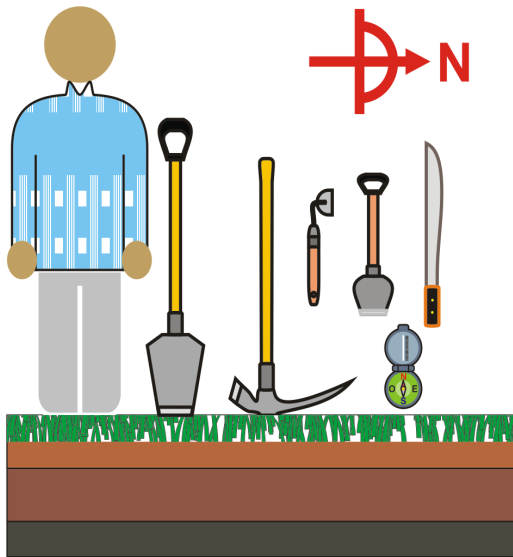
Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
279	33	Carretera a Anton Lizardo	14Q0 810446	UTM 2109723	2.5	5.5	0.18
280	33	Carretera a Anton Lizardo	14Q0 807894	UTM 2110443	2	1.5	0.67
281	34	Restaurante el Cocal Carretera libramiento a Cordoba	14Q0 795005	UTM 2113246	3.5	10	0.10
282	34	Rancho local Carretera Paso del Toro-Santa Fe	14Q0 793974	UTM 2113508	2.5	8	0.13
283	34	Soni Gas Carretera Paso del Toro-Santa Fe	14Q0 792774	UTM 2114557	2	10	0.10
284	34	Entrada a San Francisco Km 01 Carretera Paso del Toro-Santa Fe	14Q0 792007	UTM 2115889	2	9	0.11
285	34	Entrada a San Francisco Km 02 Carretera Paso del Toro-Santa Fe	14Q0 792760	UTM 2115739	0	0	0.00
286	34	Comunidad San Francisco El Tejar	14Q0 793536	UTM 2115203	2	8	0.13
287	34	Rancho Ramadan Carretera Paso del Toro-Santa Fe	14Q0 790735	UTM 2116498	2.5	7	0.14
288	34	Compañía asfaltera Carretera Paso del Toro-Santa Fe	14Q0 789441	UTM 2117938	2	7	0.14
289	34	LICSA asfaltos y emulsiones	14Q0 789067	UTM 2118841	1.5	3.5	0.29
290	34	Congregación 2 Lomas Gonzales Pages y Lic.Benito Juarez	14Q0 790262	UTM 2119314	0	0	0.00
291	34	Lic.Benito Juarez A la salida de la Congregación 2 Lomas	14Q0 792109	UTM 2119836	0	0	0.00
292	35	Rancho JF Cerca de casa del caporal	14Q0 802390	UTM 2110660	1.5	2.5	0.40
293	35	Rancho JF Punto 02	14Q0 802871	UTM 2111611	2	3.5	0.29
294	35	Rancho JF Punto 03	14Q0 803555	UTM 2111939	1.5	8	0.13
295	35	Rancho JF Punto 04	14Q0 803285	UTM 2110929	0	0	0.00

Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
296	35	Rancho JF Punto 05	14Q0 802835	UTM 2110509	2.5	10	0.10
297	36	Minatitlan Col. La Tampiquera	14Q0 803962	UTM 2115613	2.5	2.5	0.40
298	36	Boca del Rio y Coatzacoalcos Col. La tampiquera	14Q0 803844	UTM 2115441	2	3.5	0.29
299	36	Acayucan y 29 de Junio Col. Graciano Sanchez	14Q0 803863	UTM 2116116	3	1.5	0.67
300	36	Calle 12 y Blv. Las palmas Fracc. Las palmas	14Q0 803052	UTM 2114486	3.5	2	0.50
301	36	Calle 30 y Blv. Las palmas Fracc. Las palmas	14Q0 802910	UTM 2114956	4	1.5	0.67
302	36	Capilla San Jose (En frente) Comunidad Novilledo	14Q0 801834	UTM 2113253	4.5	1	1.00
303	36	Panteón municipal Jose Novillalo Comunidad Novilledo	14Q0 801369	UTM 2112861	0.5	1.5	0.67
304	37	Independencia y Orizaba Municipio Boca del Rio	14Q0 805017	UTM 2114766	3	3	0.33
305	37	Galeana y Xalapa Municipio Boca del Rio	14Q0 804877	UTM 2114950	2	3.5	0.29
306	37	Frente al museo Cañonero Guanajuato Municipio Boca del Rio	14Q0 804713	UTM 2114559	4	2.5	0.40
307	37	Parte trasera de la unidad Hab. Banus Municipio de Alvarado	14Q0 808198	UTM 2109224	2	0.5	2.00
308	37	Rio Jamapa y Retorno rio Jamapa Fracc. Playas del Chonchal Municipio de Alvarado	14Q0 805911	UTM 2112380	2.5	2.5	0.40
309	37	Circuito rio Jamapa Fracc. Playas del Chonchal Municipio de Alvarado	14Q0 805484	UTM 2112363	3	2.5	0.40
310	38	Inicio carretera San Miguel	14Q0 796952	UTM 2111950	0	0	0.00
311	38	Moralillo	14Q0 795631	UTM 2112729	2.5	10	0.10
312	38	Rancho del Padre	14Q0 796803	UTM 2110225	4.5	2.5	0.40

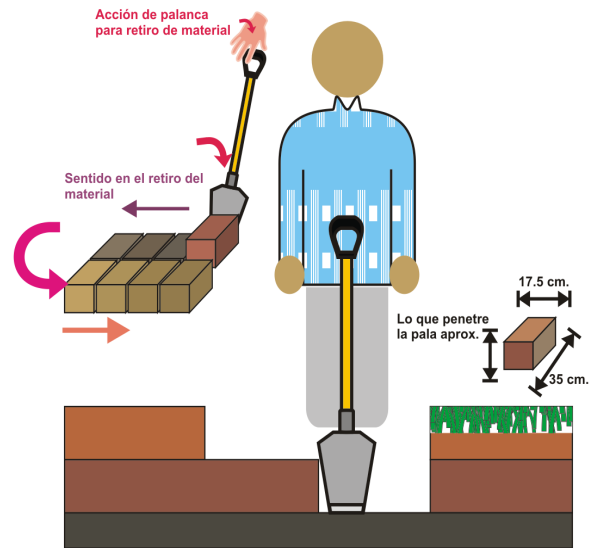
Pts.	Camp.	Ubicación	UTM (X)	UTM(Y)	Amplitud	Frecuencia	Periodo
313	39	La aguada (cerca)	14Q0 811320	UTM 2107871	2.5	2.5	0.40
314	39	La aguada (lejos)	14Q0 811030	UTM 2107547	2	2.5	0.40
315	39	La aguada (cerca del cementerio)	14Q0 811049	UTM 2107345	2	2.5	0.40
316	40	Mandigan (Fracc. Jaiba azul)	14Q0 808448	UTM 2108194	3.5	1	1.00
317	40	Mandinga (cerca del cementerio)	14Q0 808876	UTM 2108041	3.5	1.5	0.67
318	41	La matoza (cerca de la laguna, a la altura del restaurante "El italiano")	14Q0 805298	UTM 2109000	0	0	0.00
319	41	La matoza (cerca de la laguna, a la altura del camino de entrada)	14Q0 805669	UTM 2109416	2.5	8	0.13
320	41	La matoza (detrás del fraccionamiento de la torre de agua)	14Q0 804983	UTM 2110577	3	3	0.33
321	42	La aguada (zona de potreros hacia Anton Lizardo)	14Q0 814235	UTM 2105334	0	0	0.00
322	42	La aguada (zona de potreros hacia La Piedra)	14Q0 814019	UTM 2102531	0	1	1.00
323	42	La aguada (zona de potreros hacia la laguna)	14Q0 812918	UTM 2103279	0	0	0.00
324	42	La aguada (zona de potreros cerca del pueblo)	14Q0 812370	UTM 2104678	4.5	1	1.00
325	43	La Union (a un lado de la carretera)	14Q0 805327	UTM 2102337	1.5	7.5	0.13
326	43	Heron Proal (al lado de la laguna)	14Q0 805964	UTM 2104330	1.5	8.5	0.12
327	44	Rancho El Tucan (Junto al río)	14Q0 804846	UTM 2108446	2	9	0.11
328	44	Rancho El Tucan II (A la altura de la laguna)	14Q0 805745	UTM 2107258	3.5	2.5	0.40
329	44	Heron Proal (Zona colindante con Rancho El Tucan)	14Q0 805712	UTM 2106356	3.5	10	0.10
330	45	Localidad de la Laguna (cerca de uno de los ríos que la alimentan)	14Q0 809048	UTM 2101161	6	2.5	0.40
331	45	Localidad de la Laguna II (cerca de uno de los ríos que la alimentan)	14Q0 808825	UTM 2101042	2.5	3.5	0.29
332	45	Localidad de la Laguna II (calle de la telesecundaria, entrada a las playas)	14Q0 807596	UTM 2102865	0.5	10	0.10

Apéndice II

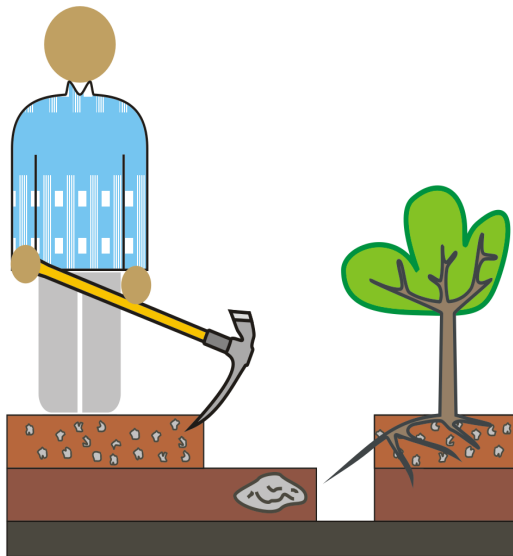
Proceso de excavación



1) Lo primero al ubicar un sitio para realizar la excavación, es seleccionar las herramientas adecuadas para el tipo de suelo, en general se ocupan: la pala escaramán, el talacho-pico, el machete, la pala cajuelera cuadrada, y el asadon de jardinería.
Se debe ubicar desde este momento, la orientación N-S de la excavación, utilizando la brújula, antes de poder comenzar, esta operación deberá realizarse a una distancia prudente del acelerógrafo, pues sus sensores internos pueden afectar la orientación de la brújula, dando una posición errónea del norte magnético, y por consiguiente se obtendrán datos erróneos durante la prueba.



2) Una vez orientado, se toma la pala escaramán y se hunde en el suelo, utilizando el peso del usuario como peso muerto, en caso de encontrar resistencia se puede aplicar un poco de fuerza, esto con el objetivo de encontrar una capa que tenga una consolidación apreciable para realizar la prueba. En caso de que la capa vegetal se muy densa y alta, se utiliza el machete para retirarla primero, y continuar con la pala escaramán.
El material se retira en 8 secciones de 17.5x35 cm., la profundidad será la determinada con anterioridad, se describirá un rectángulo de 3x4 cortes, tomando como referencia el ancho de la pala, por último se realiza una incisión longitudinal por la mitad del rectángulo de 4 cortes, para después retirar ejerciendo palanca.



3) En caso de encontrar una cantidad considerable de material pétreo tipo grava esparcido dentro del suelo, o una piedras muy grande, se le puede retirar con ayuda del talacho-pico, siempre y cuando apreciemos que o es una capa superficial, o un elemento aislado, ya que si pertenece al suelo, simplemente se le deja en el sitio y se afina lo mas posible.
El talacho-pico nos puede servir también para retirar raíces de arbustos, pues estas también pueden afectar el registro si se encuentran en la excavación.



4) Por último se procede a afinar el fondo de la excavación, alisándolo, y dándole la mayor horizontalidad posible a la superficie, ya que al colocar el acelerógrafo en el fondo de la excavación, sus pernos niveladores se hundirán en el suelo, haciendo la nivelación del fondo, la nivelación del acelerógrafo.
Se pueden usar la pala cajuelera cuadrada, o el asadon de jardinería de manera indistinta en caso de que el fondo no necesite mucho trabajo de afine, esto suele ser así con suelos arenosos, o conglomerados arcilla arena, en casos donde el fondo requiere mucho trabajo de afine, como suelos limosos o limo-arcillosos, es recomendable usar primero la pala cajuelera cuadrada, terminando el afine con el asadon de jardinería.

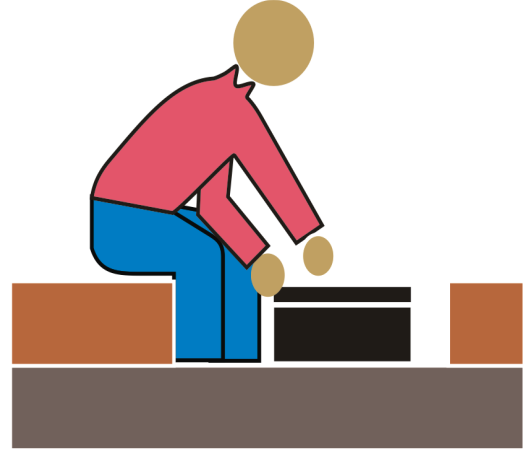
Apéndice III

Colocación del equipo dentro de la excavación

La colocación y retiro del acelerógrafo son dos pasos importantes, y dependen de el tipo de lugar donde se realice la prueba, se distinguen dos casos, cuando se a realizado una excavación previa, esto con mayor frecuencia en zonas rurales, o cuando se coloca sobre una superficie dura, principalmente en zonas urbanas.

A) En caso de realizar la excavación, la colocación dentro de esta se debe hacer despacio con ambas manos, y un pie dentro de la excavación, o sentado en uno de los bordes de la excavación, si es posible, de igual manera el equipo sera retirado de la excavación, pues, aunque se encuentre en stand-by el equipo, al colocarlo y retirarlo, es muy sensible, y el exceso de movimiento podría dañar al sensor interno.

Una vez colocado el acelerógrafo en la excavación, debe quedar en ella suficiente espacio para el usuario, y el equipo, esto permite realizar una nivelación por arrastre correcta, en casos de suelos naturales con media o baja consolidación, para consolidaciones altas, se manipula el equipo sobre el terreno, como si fuera una banqueta.



B) Al realizarse las pruebas en áreas urbanas, se tienen a disponibilidad muchas superficie planas y duras, como banquetas y calles, por ello, la colocación, retiro, y proceso de nivelación son mas sencillas, solo se debe poner una rodilla en el suelo para facilitar la operación, y colocarlo con ambas manos suavemente.

Debe ubicarse para la prueba, superficies que por debajo de ella tenga contacto total con el suelo, esto quiere decir que debemos asegurarnos que por debajo de la banqueta que elijamos, el material no se encuentra socabado, o tuberías de drenaje se ubique debajo, esto es igual para las calles. Para nivelar la burbuja del sensor, solo deben usarse los pernos niveladores, ajustandolos hasta lograr la nivelación optima.

C) Sin importar en que clase de terreno en el cual se lleven a cabo las pruebas, siempre debe observarse al retirar el acelerógrafo, si este va completo, o le falta alguna pieza, principalmente los pernos niveladores, ya que al ser piezas pequeñas y móviles, suelen quedarse atoradas en el material donde se realizar la prueba, o podrían ser soldados completamente del cuerpo del acelerógrafo durante el proceso de nivelación, el chequeo de la integridad de todas las piezas del acelerógrafo, se realiza una vez terminado el muestreo de cada punto, y puede ser aprovechado también para retirar el exceso de material si este llega a adherirse al cuerpo del acelerógrafo, utilizando par esto una brocha.

Los pernos son piezas únicas sin reposición.



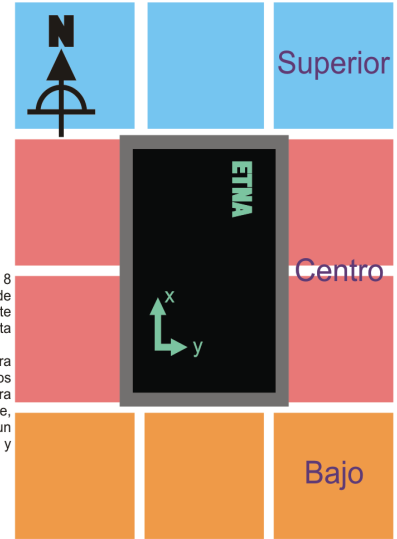
Apéndice IV

Orientación y cuidados

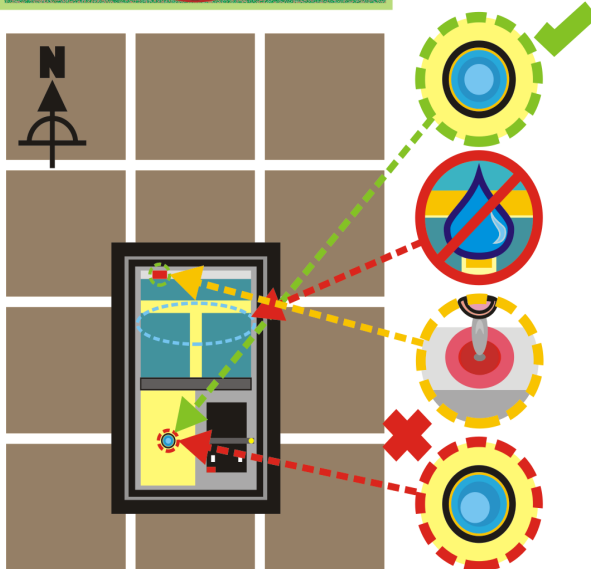
La colocación del acelerógrafo es un proceso sencillo, del cual se deben destacar 5 elementos importantes:



1) El personal mínimo requerido para realizar la prueba será de dos personas, uno realiza la excavación y registrará los eventos manteniendo una posición única cercana al equipo durante la prueba, desde donde visualice claramente los leads, el otro, colocará y activará el equipo, tomando distancia según el terreno donde se realice la prueba, aquí se ilustra las posiciones de muestreo.



2) A pesar de que la excavación se realice en 8 cortes, debe visualizarse como una cuadrícula de 12 secciones cuadradas, para ubicar una parte superior, un centro, y una parte baja, así se facilita el posicionar el acelerógrafo. Al colocarlo dentro de la excavación, se le ubicará preferentemente al centro de la misma, esto nos permitirá tener espacio para el usuario, para maniobrar con comodidad y nivelar por arrastre, esta posición no es única, se puede colocar un poco por delante del centro, según comodidad y juicio del usuario.



3) Una vez colocado el acelerógrafo, se procede a destapar para comenzar la manipulación con el objetivo de nivelarlo, este es el momento más crítico de toda la operación pues el acelerógrafo estará totalmente expuesto a los elementos del ambiente, pues solo es hermético por fuera.

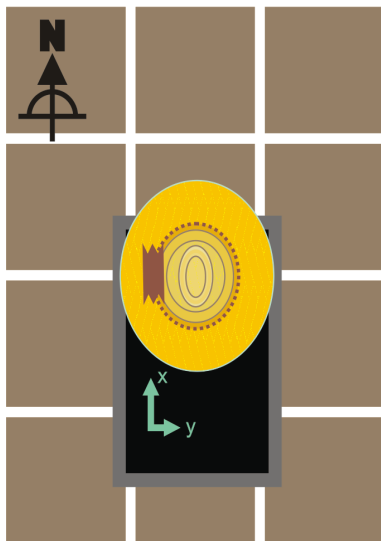
Son 4 los puntos a vigilar en este momento:

a) Debemos nivelarlo lo más rápido posible, para limitar el tiempo de exposición, esto se logra nivelando lo mejor posible el fondo de la excavación antes de poner en ella el equipo, si el equipo es activado y tapado desnivelado, producirá muestras erróneas, desacreditando la confiabilidad del punto.

b) Evitar que cualquier clase de líquido caiga dentro del acelerógrafo, esto incluye el sudor del usuario, por ello son necesarios goggles de seguridad.

c) Vigilar que el interruptor de encendido se encuentre en stand-by, durante el acomodo, pues si está en activo, produce muestras erróneas, solo se debe activar cuando el equipo finalmente esté nivelado y listo para tapar.

d) Si el usuario es incapaz de nivelar el equipo de manera rápida, es necesario apagarlo, taparlo y reafinar el fondo de la excavación, no se debe insistir en la manipulación con el equipo destapado, pues se aumenta el riesgo de dañarlo.



5) Una vez que el acelerógrafo sea nivelado y orientado con la mayor precisión posible, se procede a activar el interruptor del equipo, taparlo, sin colocar los seguros de la tapa, y por último se toman las posiciones para comenzar la captura de muestras, todo esto debe realizarse con rapidez pues, el acelerógrafo tiene un tiempo de espera para todo esto, antes de comenzar a nivelarse, pues al comenzar la nivelación interna del sensor, y durante el muestreo, ningún movimiento podrá ser realizado por los presentes en la prueba.

Al realizarse las pruebas durante el día, el sol puede impedir la correcta visibilidad de los leads, por ello se recomienda colocar algo muy ligero sobre el acelerógrafo, para crear sombra, como un sombrero.

4) La manera de terminar de nivelar el equipo, una vez nivelado el fondo de la excavación es, ponerlo al centro del fondo, o un poco por encima del centro del fondo, para luego usar un movimiento hacia los lados, mientras se ejerce un poco de fuerza sobre el acelerógrafo hacia abajo, y se desliza hacia uno, para esto, se toma de los bordes por detrás de la placa plástica de la división interna entre el área de la tarjeta de circuitos, y el área de el sensor y la batería.

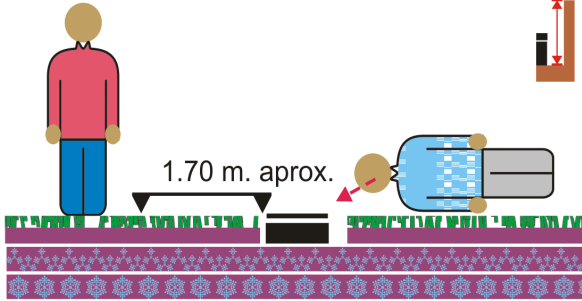
Se debe procurar no ejercer mucha fuerza sobre el equipo al momento de arrastrarlo para terminar de nivelarlo, y dejarlo alineado. Durante la nivelación por arrastre, se debe vigilar el nivel de burbuja, y la alineación del equipo al norte magnético, preestablecido por la brújula.



Apéndice V

Recomendaciones en suelos

Profundidad aprox. de la excavación: 28 cm.



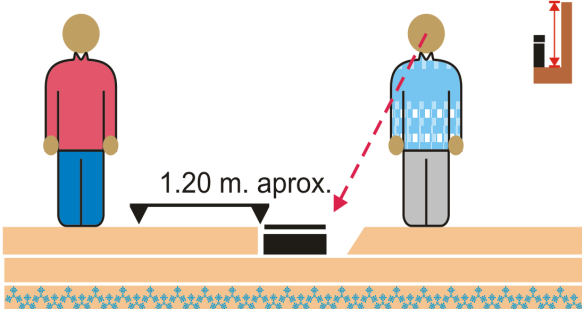
Las particularidades de este tipo de casos son su alta plasticidad, y capa vegetal de raíces profundas, esto hace necesario que la excavación previa a la prueba sea profunda, limitando así la visibilidad de los leads.

Si la saturación es excesiva, como para generar gotas de agua, se recomienda poner un papel entre la superficie y el equipo

Por el riesgo contaminar el registro con ruido, se recomienda recostarse en el suelo para observar los eventos

La energía requerida para activar el acelerógrafo es mínima, un simple toque con la punta del pie bastara.

Profundidad aprox. de la excavación: 45 cm.

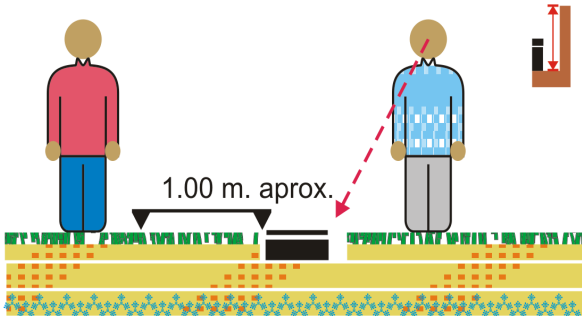


En suelos arenosos, la capa con la saturación necesaria para poder realizar la prueba, se encuentra a una profundidad mayor de la normal, al necesitar una excavación mayor, puede resultar difícil observar la actividad de los leads, por ello se recomienda realizar un corte diagonal durante la excavación, en el borde correspondiente a los leads, despejando las visibilidad para registrar los eventos.

La energía requerida para activar el acelerógrafo varía, pues la saturación no es uniforme en este tipo de suelos, por ello se debe comenzar con poca fuerza en la pisada, e incrementar gradualmente.

No es recomendable acercarse a la excavación para la activación, pues pueden causarse derrumbes en las paredes de la excavación.

Profundidad aprox. de la excavación: 8 cm.

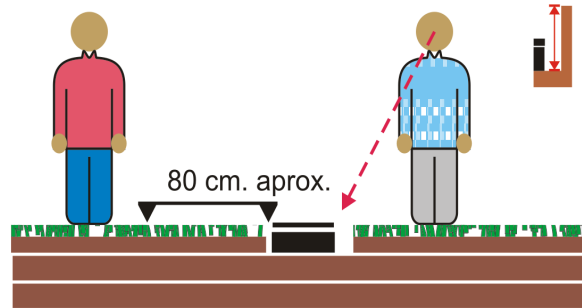


En terrenos de conglomerado arcilloso, la excavación es el simple retiro de la capa vegetal y un poco de material suelto, pues presentan buena consolidación, son muy fáciles de nivelar.

La calidad de las muestras obtenidas en estos suelos es muy buena, volviéndose puntos de referencia optimos.

La energía requerida para activar el acelerógrafo es de una intensidad intermedia, un paso normal es suficiente.

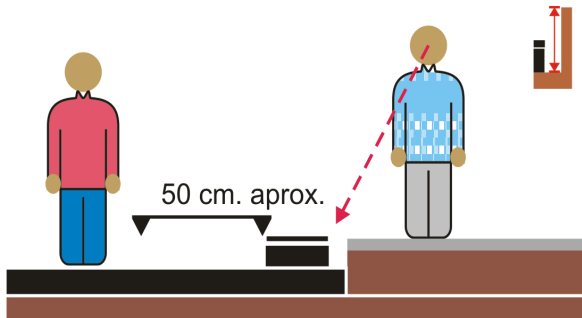
Profundidad aprox. de la excavación: 2 cm.



Los suelos muy compactos, no facilitan la excavación, incluso si esta es forzada, podría dificultar mas la nivelación posterior que ayudarla, por ello es preferible solo retirar la capa vegetal con un raspado superficial, y proceder a nivelar el acelerógrafo con ayuda de sus pernos de nivelación, de la misma manera que se haría sobre una banqueta.

La distancia a la cual se activa el acelerógrafo debe ser menor, pues se requiere una energía considerable para poder activar el equipo, una pisada fuerte es lo mas apropiado aquí.

Profundidad aprox. de la excavación: 0 cm.



Las muestras obtenidas en áreas urbanas sobre concreto o pavimento son las que mas cuidado requieren, pues se deben evitar tuberías, registros de agua o luz, construcciones en proceso cercanas, suelos con mucho material rocoso tipo grava o basura en ellos, trafico pesado, personas pasando al lado del equipo, y superficies que no estén en contacto directo y completo con el suelo debajo de estas.

Es preferible usar los pernos de nivelación en este tipo de puntos, y asegurandose que estos tienen buen contacto con la superficie.

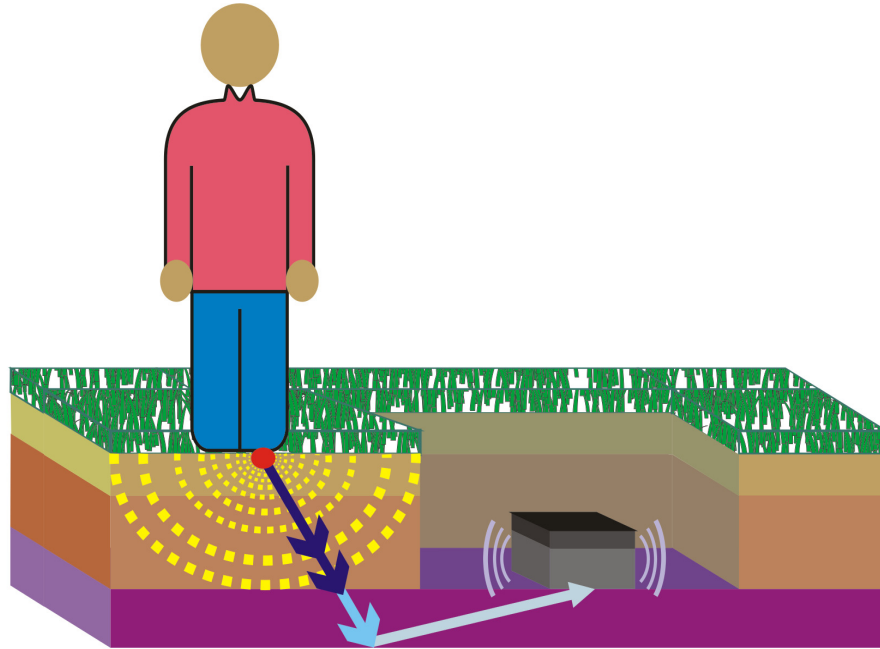
La energía necesaria para activar el acelerógrafo, es la mas alta, en algunos casos hasta un pequeño brinco sera útil.

Simbología

- Material compacto
- Limo
- Arena
- Asfalto
- Banqueta
- Capa vegetal
- Conglomerado
- Saturación parcial
- Saturación total

Apéndice VI

Observaciones sobre la energía de activación



Existe una relación entre la saturación-compactación del suelo, y la energía de activación, pues tanto la compactación, como el agua reducen el espacio entre las partículas del suelo facilitando su tránsito a través de este, a mayor saturación, menor energía será requerida para la activación.

Tres casos pudieron observarse durante el transcurso de este estudio:

1) Suelo saturado uniformemente:

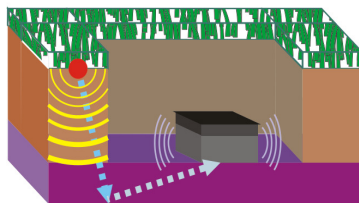
Las moléculas de agua aumentan la energía, por eso no requiere de golpe de gran magnitud, para la energía de activación. En este caso las ondas provocan un tren de onda sísmica que crece, amplificándose un poco, facilitando el arribo de la energía al equipo, para finalmente ser perfectamente percibida por el acelerógrafo.

2) Suelo con una capa de saturación intermedia:

Algunas veces dentro del mismo estrato de suelo, la distribución de la saturación no es uniforme, generando algo parecido a capas de material más saturado, que el material que se encuentra sobre o por debajo de esta, si esta capa está lo suficientemente compactada y saturada (53% o 63% tal vez), entonces producirá una amplificación en la energía de activación, ayudando al arribo, pero si la capa no se encuentra consolidada, y existe poca humedad (30% o 40%), entonces ocurrirá una dispersión o distribución de energía, obligando al usuario a realizar un golpe de mayor energía.

3) Suelo con poca o nula saturación:

Un suelo por debajo del 30% de saturación, produce mucha dispersión, la mayor parte de ella en las capas superiores, las más sueltas y secas, son las que más energía requieren para detectarla, sin embargo, lo recomendable aquí es usar poca energía al comenzar la prueba, pues aunque la excavación revele, que la profundidad del material con la saturación adecuada, es un poco mayor a la normal, puede darse el caso de que el arribo no tenga problemas, por ello debe procederse con cuidado, y a una distancia mediana del acelerógrafo, esto suele suceder en suelos arenosos.

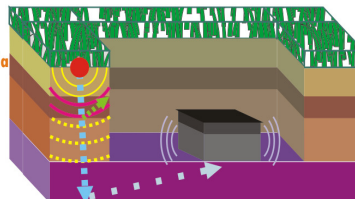


1) Suelo saturado uniformemente.



3) Suelo con poca o nula saturación.

2) Suelo con una capa de saturación intermedia



Apéndice VII

Códigos de rutina Fortran ****.plot*, para el procesamiento de puntos

A continuación se agrega el código contenido dentro de estas pequeñas pero útiles rutinas a ejecutar por el programa *PLOTM.exe*.

<pre> output cga output paso output hpa FACTOR 0.8 rotar ON FORM (2E12.4) DARK 3 2 2 FRAME grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 2 10 ylimit 2.9 1 10 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel RAZON ESPECTRAL title " p329aE5.R " file p329aE5.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 1.0 5 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p329aE6.R " file p329aE6.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) </pre>	<pre> plot 2.3 0.0 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p329aE7.R " file p329aE7.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p329aE8.R " file p329aE8.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 ***** grid 0.01 0.01 1 </pre>	<pre> character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel RAZON ESPECTRAL title " p329aE1.R " file p329ae1.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot -6.9 3.7 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p329aE2.R " file p329ae2.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel </pre>	<pre> Frecuencia (Hz) ylabel title " p329aE3.R " file p329ae3.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p329aE4.R " file p329ae4.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 stop </pre>
--	--	---	--

Como es evidente el código debe ser escrito respetando todos los espacios, símbolos, y de corrido, lo cual no pudo ser posible por el formato de este texto, de lo contrario no funcionará. Todas las partes que contengan el nombre del archivo a graficar, en este ejemplo *p329aE5.R*, pueden ser sustituidas por el nombre del archivo que generamos. El código es estándar tanto para los dos sentidos EW y NS, solo se debe cambiar la letra de sentido *E*, por *N*. En sí el nombre de este archivo será el de los demás archivos *****.R* pero sin el número de ventana, y la terminación *****.plot*

El cambio de nombres se puede hacerse simplemente, copiando el nombre nuevo a la memoria, mientras se tiene abierto el *notepad*, y usando el comando **buscar** del mismo programa se escribe el nombre a sustituir. De inmediato buscará este nombre y con el simple comando de **pegar** se habrá

actualizado al nuevo nombre; se realiza la misma acción tantas veces sea necesario, salvando los cambios por ultimo y corriendo el archivo para ver si no se cometió algún error.

Apéndice VIII

Códigos de rutina Fortran ****.an*, para el procesamiento de puntos

A continuación se agregan los códigos *Fortran* del archivo *****.an* y de los archivos *****todo.plot*, se debe observar que en los archivos de visualización de las 16 ventanas en grupos de 8, los nombres de que aparecen como título de ventana no son los mismos que el de los archivos, esto es porque su objetivo es solo de apreciación, no de orden.

Los códigos se presentan en el mismo formato que el código anterior, y con las mismas recomendaciones para su uso.

Archivo *****.an*

8	p329ee6.r
p329an4.r	a
a	1023
1023	p329ee7.r
p329an5.r	a
a	1023
1023	p329ee8.r
p329bn1.r	a
a	1023
1023	p329E.pro
p329cn2.r	0
a	
1023	
p329cn4.r	
a	□
1023	
p329cn8.r	
a	
1023	
p329dn3.r	
a	
1023	
p329en1.r	
a	
1023	
p329N.pro	
l	
8	
p329ce4.r	
a	
1023	
p329de3.r	
a	
1023	
p329de5.r	
a	
1023	
p329ee1.r	
a	
1023	
p329ee5.r	
a	
1023	

Apéndice IX

Codigos de rutina Fortran ****a.plot, ****b.plot, y **todo.plot, para el procesamiento de puntos

Archivo ****a.plot de apreciación, el único cambio que se aplica a este código en el apartado *title*, es el cambio de *a* por *b*, lo mismo se aplica al título del archivo ****b.plot

<pre> output cga output paso output hpa FACTOR 0.8 rotar ON FORM (2E12.4) DARK 3 2 2 FRAME grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 .2 10 ylimit 2.9 .1 10 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel RAZON ESPECTRAL title " p327aN1.R " file p327bN1.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 1.0 .5 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p327aN2.R " file p327bN2.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) </pre>	<pre> plot 2.3 0.0 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p327aN3.R " file p327cn6.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p327aN4.R " file p327cn7.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 ***** grid 0.01 0.01 1 </pre>	<pre> character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel RAZON ESPECTRAL title " p327aE1.R " file p327ae4.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot -6.9 3.7 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p327aE2.R " file p327be1.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel </pre>	<pre> Frecuencia (Hz) ylabel title " p327aE3.R " file p327ce1.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 1.8 ylimit 2.9 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel title " p327aE4.R " file p327ce5.R read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) plot 2.3 0.0 stop </pre>
---	--	---	--

A continuación se muestra el código del archivo ****todo.plot, este archivo llevara el nombre del punto con la terminación *todo*.

<pre> output cga output paso output hpa FACTOR 0.8 rotar Off FORM (E12.4,1X,E11.4) DARK 1 2 2 FRAME grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 3.5 .2 10 ylimit 4.5 .1 10 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel Razon Espectral title VERACRUZ PROMEDIO-p327N (NS/Z) file p327bn1.r dash 0.0 0.0 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327bn2.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327cn6.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327cn7.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327dn2.r dash 0.05 0.05 read 1023 </pre>	<pre> FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327dn3.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327en3.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327fn5.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) FORM (E11.4,1X,E11.4) file p327N.PRO dark 6 read 1023 FORM (E11.4,1X,E11.4) plot 1.5 2.0 FORM (E12.4,1X,E11.4) DARK 1 2 2 FRAME grid 0.01 0.01 1 character 0.12 mode 2 logy 3 xlimit 3,5 ylimit 4,5 xlabel Frecuencia (Hz) ylabel Razon Espectral </pre>	<pre> title VERACRUZ PROMEDIO-p327E (EW/Z) file p327ae4.r dash 0.0 0.0 DARK 1 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327be1.r dash 0.05 0.05 dark 1 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327ce1.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327ce5.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327de2.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327de3.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327fe5.r dash 0.05 0.05 read 1023 FORM (E12.4,1X,E11.4) file p327fe6.r dash 0.05 0.05 read 1023 </pre>	<pre> FORM (E12.4,1X,E11.4) FORM (E11.4,1X,E11.4) file p327E.PRO dash 0.0 0.0 dark 6 read 1023 FORM (E11.4,1X,E11.4) plot 4.5 0.0 STOP </pre>
---	--	---	---