



Nombre del proyecto	Análisis de vulnerabilidad física a la subsidencia, hundimiento y agrietamiento en la Ciudad de México.
Institución Ejecutora	Centro Nacional de Prevención de Desastres
Reporte de Actividades	Avances de 5.1, 5.2 y 5.3

SUBCUENTA DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREVENCIÓN
DEL FOPREDEN

Análisis de la Vulnerabilidad Física a la Subsidencia y Agrietamiento en la Ciudad de México

Reporte de Actividades
Actividad 5
Mayo 2017

Centro de Geociencias
Universidad Nacional Autónoma de México



CONTENIDO

5.1. Adquisición y procesamiento de datos de RPT	4
5.2. Adquisición y procesamiento de datos sísmicos (MASW).....	9
Descripción	9
5.3. Integración de datos geofísicos y topográficos	15
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 1. Diccionario de Datos	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 1. Zona de estudio del sitio Villa Centro Americana.	15
Mapa 2. Zona de estudio del sitio San Lorenzo Xicotencatl.....	18
Mapa 3. Zona de estudio del sitio San Simón Ticumac.	22
Mapa 5. Zona de estudio del sitio Salvador Díaz Mirón.	26
Mapa 6. Zona de estudio del sitio Roma Cuauhtémoc.....	33
Mapa 7. Zona de estudio del sitio Roma Sur Cuauhtémoc	36
Mapa 8. Zona de estudio del sitio Narvarte Cuauhtémoc	37
Figura 5. 1. Corrección de posición.	5
Figura 5. 2. Ganancia de amplitud inversa.....	6
Figura 5. 3. Filtrado en el dominio espectral.....	7
Figura 5. 4. Diagrama de flujo del procesamiento de datos de RPT.	8
Figura 5. 5. Representación de la dispersión de las ondas Rayleigh dependiendo de la longitud de onda, Correia, (2015).	10
Figura 5. 6. Adquisición de datos de campo para la técnica MASW.....	11
Figura 5. 7. Geometría de campo para la técnica MASW.....	11
Figura 5. 8. Análisis de la curva de dispersión.....	12
Figura 5. 9. Curvas de dispersión.....	12
Figura 5. 10. Modelos 1-D de la onda S, a partir del proceso de inversión.	13
Figura 5. 11. Diagrama de flujo del procesamiento de datos MASW.....	14
Figura 5. 12. Adquisición de los datos MASW, en Villa Centro Americana.....	16
Figura 5. 13. Perfil RPT de 100 MHz en la calle Gabriela Mistral, Villa Centro Americana.....	16
Figura 5. 14. Perfil RPT de 200 MHz en la calle Gabriela Mistral, Villa Centro Americana.....	17
Figura 5. 15. Perfil MASW en la calle Gabriela Mistral, Villa Centro Americana.	17
Figura 5. 16. Adquisición de datos RPT en San Lorenzo Xicotencatl.	19
Figura 5. 18. Perfil RPT de 100 MHz en la calle Enna, San Lorenzo Xicotencatl.	20
Figura 5. 17. Sondeo CMP en San Lorenzo Xicotencatl.....	20
Figura 5. 19. Adquisición de datos MASW en San Lorenzo Xicotencatl.....	21
Figura 5. 20. Perfil MASW en la calle Enna, San Lorenzo Xicotencatl.	21
Figura 5. 21. Adquisición de datos RPT en San Simón Ticumac.	23
Figura 5. 22. Perfil RPT 3 de 100 MHz en la calle Canarias, San Simón Ticumac.....	23
Figura 5. 23. Modelo 3-D de RPT usando una frecuencia de 200 MHz en la Calle Canarias, San Simón Ticumac.	24
Figura 5. 24. Adquisición del cuarto perfil RPT 4 en la calle Canarias, San Simón Ticumac.....	24

Figura 5. 25. Cuarto Perfil RPT con frecuencia de 200 MHz en calle Canarias, San Simón Ticumac.	25
Figura 5. 26. Adquisición de datos RPT en Salvador Díaz Mirón.	26
Figura 5. 27. Perfil RPT con antena de 200 MHz en calle Norte 70, Salvador Díaz Mirón.	27
Figura 5. 28. Sondeo CMP, en calle Norte 70, Salvador Díaz Mirón.	27
Figura 5. 29. Adquisición de datos MASW en Salvador Díaz Mirón.	28
Figura 5. 30. Perfil MASW en la calle Norte 70, Salvador Díaz Mirón.	29
Figura 5. 31. Adquisición de datos RPT en Agrícola Metropolitana	30
Figura 5. 32. Perfil de RPT con antena de 200 MHz, en la calle Aida, Agrícola Metropolitana.	30
Figura 5. 33. Sondeo CMP 4 en la calle Aida, Agrícola Metropolitana.	31
Figura 5. 34. Sondeo CMP 5 en la calle Aida, Agrícola Metropolitana.	31
Figura 5. 35. Adquisición perfil MASW en Agrícola Metropolitana.	32
Figura 5. 36. Perfil MASW en la calle Aida, Agrícola Metropolitana.	32
Figura 5. 37. Adquisición de datos topográficos en Roma Cuauhtémoc	33
Figura 5. 38. Perfil RPT con antena de 200 MHz en Plaza Rio de Janeiro, Roma Cuauhtémoc	34
Figura 5. 39. Sonde CMP 6 en la Plaza Rio de Janeiro, Roma Cuauhtémoc.	34
Figura 5. 40. Adquisición de datos MASW en la Plaza Rio de Janeiro, Roma Cuauhtémoc.	35
Figura 5. 41. Perfil MASW en la Plaza Rio de Janeiro, Roma Cuauhtémoc.	35
Figura 5. 42. Adquisición de datos MASW en Roma Sur Cuauhtémoc	36
Figura 5. 43. Perfil MASW en parque Ramón López Velarde, Roma Sur Cuauhtémoc	37
Figura 5. 44. Adquisición de datos RPT en Narvarte Cuauhtémoc.	38
Figura 5. 45. Perfil RPT con antena de 200 MHz en la calle Palenque, Narvarte Cuauhtémoc.	38
Figura 5. 46. Sondeo CMP 7 en la calle Palenque, Narvarte Cuauhtémoc.	39
Figura 5. 47. Adquisición de datos MASW en Narvarte Cuauhtémoc.	39
Figura 5. 48. Perfil MASW 7, en el Parque Las Américas, Narvarte Cuauhtémoc.	40
Figura 5. 49. Perfil MASW 8 en el Parque Las Américas, Narvarte, Cuauhtémoc.	40

5.1. Adquisición y procesamiento de datos de RPT

La prospección electromagnética tiene numerosas técnicas con distintos dispositivos de campo y técnicas de evaluación y procesamiento de datos. Estas técnicas relacionan la propagación de la energía electromagnética con la penetración del sondeo. Una clasificación de los métodos electromagnéticos es haciendo variar un parámetro que se relacione con la penetración, tales como geometría de adquisición, frecuencia y tiempo, sin embargo el RPT es el único método electromagnético donde las tres variables están en función de la penetración

Los fundamentos del Radar de Penetración Terrestre (RPT), yacen en los fenómenos de inducción electromagnética, mientras que las relaciones constitutivas cuantifican las propiedades del medio. En este método el tiempo es una variable determinante conjuntamente con las coordenadas espaciales x , y , z . Las líneas de campo de inducción o campo primario, en principio son de la misma frecuencia que la corriente asociada al transmisor. El campo primario varía en el tiempo al penetrar en el medio, que por las leyes de inducción genera corrientes secundarias que emergen del medio al exterior y son medidas por un receptor (Nabighian et al., 1988).

El estudio, evaluación e interpretación del campo secundario respecto al primario, así como su cambio de amplitud y fase permite determinar las propiedades físicas de las ondas electromagnéticas (E.M) mediante relaciones matemáticas generales o casos particulares de diferentes medios de propagación, tal como el dieléctrico disipativo.

El RPT trabaja utilizando ondas electromagnéticas que se propagan en materiales dieléctricos con poca pérdida, es decir en medios clasificados como dieléctricos disipativos. En estos medios la escala de penetración puede ir desde algunos metros hasta centímetros, debido a que en ambientes ricos en arcillas, saturados o áreas de agua subterránea salada, pueden generar condiciones donde la penetración sea muy limitada.

En este trabajo para la adquisición de los datos RPT se utilizó un equipo SIR-20 de construido por la empresa Geophysics Survey System Inc (GSSI). Se adquirieron ocho perfiles de RPT utilizando una frecuencia de 100 MHz o 200 MHz, en función de las propiedades físicas del subsuelo, los perfiles se adquirieron con una resolución de 100 trazas por metro y cada traza tiene 512 muestras. Utilizando una geometría de Punto Medio Común (CMP) se adquirieron siete sondeos utilizando una frecuencia de 100 MHz, cada registro contiene 50 trazas de 512 muestras.

El procesamiento de perfiles RPT se obtuvo siguiendo un diagrama de flujo, tal como se muestra en la figura 5.4. A partir de los datos de campo se realiza una corrección de posición para eliminar la información de la señal de la superficie del suelo a la antena del

RPT, en este proceso se debe seleccionar el número de muestras a eliminar o un intervalo de tiempo (ver figura 5.1).

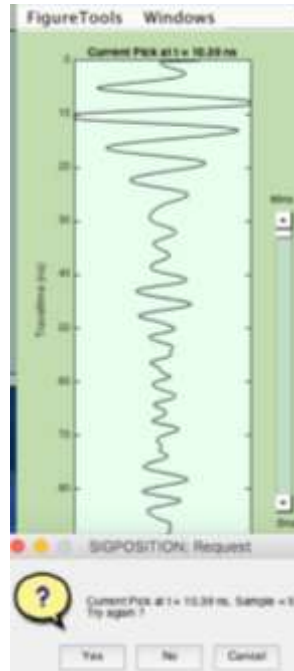


Figura 5. 1. Corrección de posición.

Se realiza un proceso de ganancia utilizando una subrutina de amplitud inversa para analizar todas las trazas del perfil y calcular la media y la mediana de la función de atenuación de la amplitud y calcular la ganancia necesaria para cada muestra en función del tiempo de propagación (ver figura 5.2).

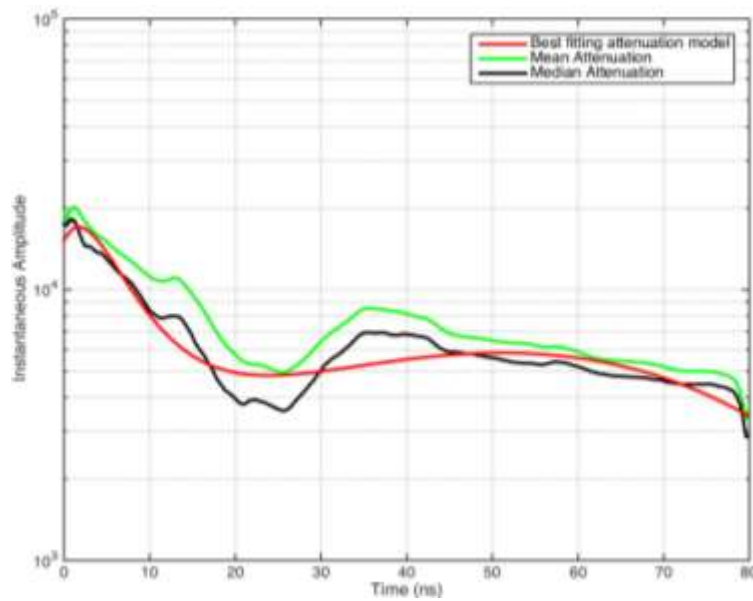


Figura 5. 2. Ganancia de amplitud inversa.

El filtrado de datos se realiza mediante filtros pasa banda mediante la técnica de Respuesta Impulsiva Finita (FIR), se construye una BoxCar en el dominio espectral para realizar las frecuencias de corte (ver figura 5.3). Si los datos tienen ruidos en el eje horizontal se debe realizar un filtrado en el espacio Frecuencia-Número de Onda (F-K), con la finalidad de atenuar transitorios en el tiempo y altos números de onda en el espacio.

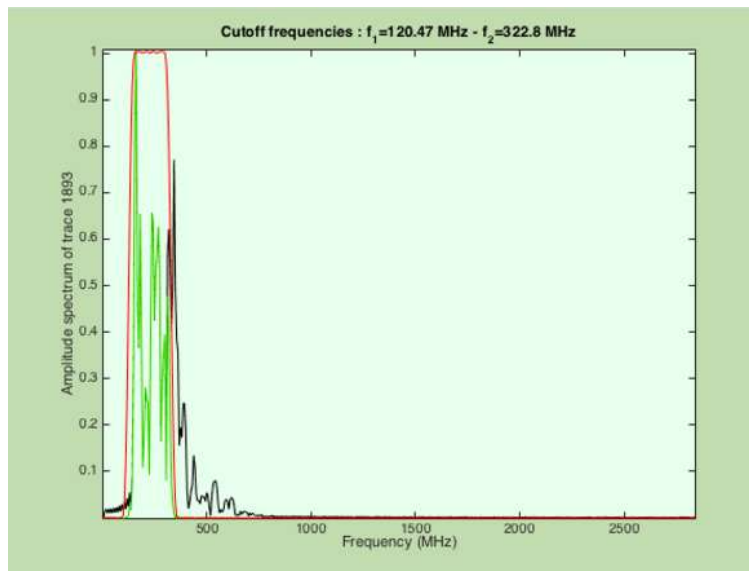


Figura 5. 3. Filtrado en el dominio espectral.

Los datos de RPT al penetrar en el subsuelo realizan una convolución, es decir, la Tierra funciona con un filtro pasa bajas, por lo tanto es una condición necesaria realizar una deconvolución para regenerar la resolución vertical de las trazas en el tiempo. El proceso utilizado es la deconvolución predictiva, en el cual se estima la longitud del operador convolucionado por medio del periodo de la señal y se estima la autocorrelación que hay entre cada traza.

Un proceso opcional en función de la inclinación de la estructuras geológicas es la migración. Este proceso lleva a suposición original los reflectores que se desfasaron por las irregularidades topográficas. El proceso utilizado es la migración de Split-Step Fourier usando el algoritmo de Stoffa et al. (1990).

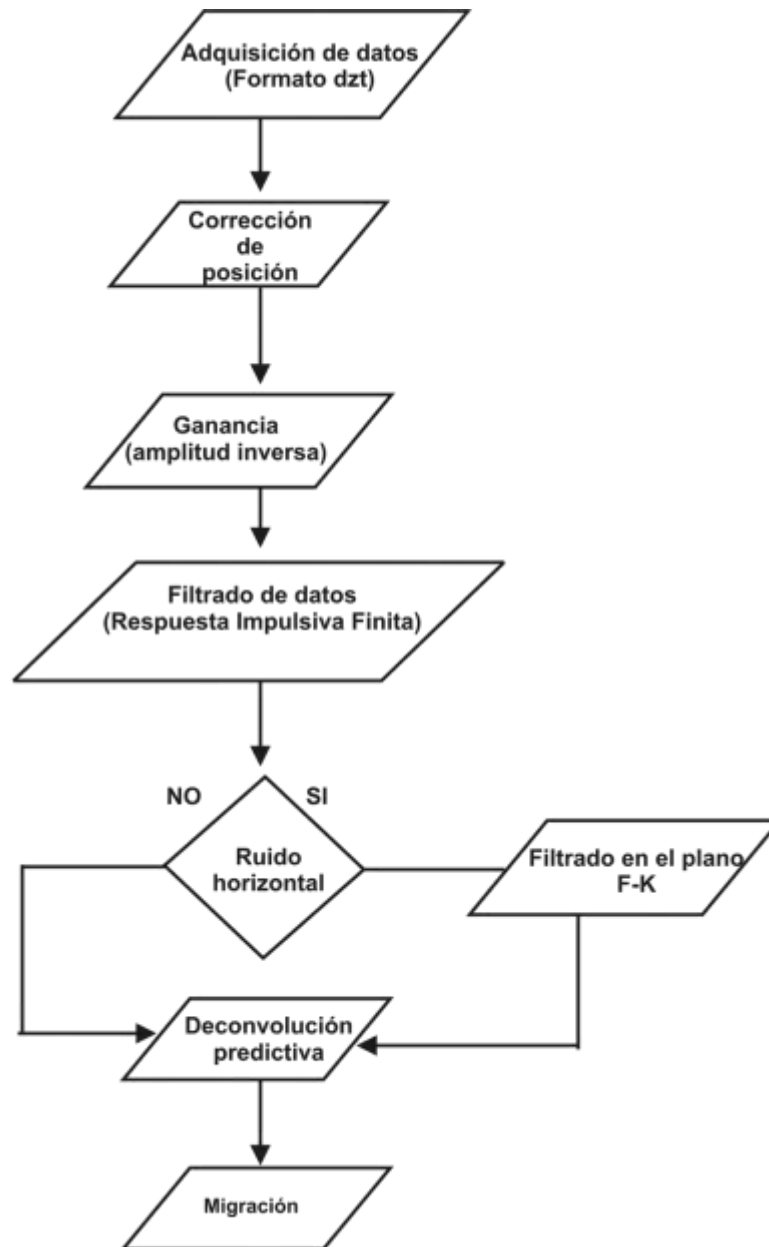


Figura 5. 4. Diagrama de flujo del procesamiento de datos de RPT.

5.2. Adquisición y procesamiento de datos sísmicos (MASW)

Descripción

El método MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) es un método sísmico de evaluación de la condición elástica y mecánica del suelo. Las mediciones son a partir de las ondas sísmicas superficiales generadas a partir de fuentes activas o pasivas que generan curvas de dispersión para analizar la velocidad de propagación de las ondas superficiales y deducir las variaciones de la velocidad de la onda de corte (V_S).

La utilización de las ondas sísmicas superficiales en la caracterización del subsuelo se debe a la naturaleza de este tipo de ondas y algunas de sus propiedades. Estas ondas viajan por la superficie libre, por lo que es relativamente fácil medir el movimiento asociado a ellas, obteniendo información sobre las propiedades mecánicas del suelo.

El estudio con fuente activa es el más común utilizado. La profundidad máxima que puede lograrse en la investigación es usualmente entre 10 a 30 m, pero puede variar de acuerdo al sitio y tipo de fuentes activas utilizadas. Las ondas superficiales mejor generadas son en terrenos planos, con una menor variación topográfica dentro de la una línea en la zona de estudio. Sin embargo, cualquier relieve superficial cuya dimensión es mayor que 10% de D (largo del arreglo de geófonos), se convertirá en un significativo obstáculo para la generación de superficie de onda (Correia, 2015).

Las ondas Rayleigh en un semiespacio homogéneo, isótropo y elástico no son dispersivas, lo que quiere decir que su velocidad es una función de las propiedades mecánicas del medio, pero no de la frecuencia. En medios estratificados sí se tiene el fenómeno de la dispersión geométrica, por lo que la velocidad de onda es función de la frecuencia, como se muestra en la figura 5.5.

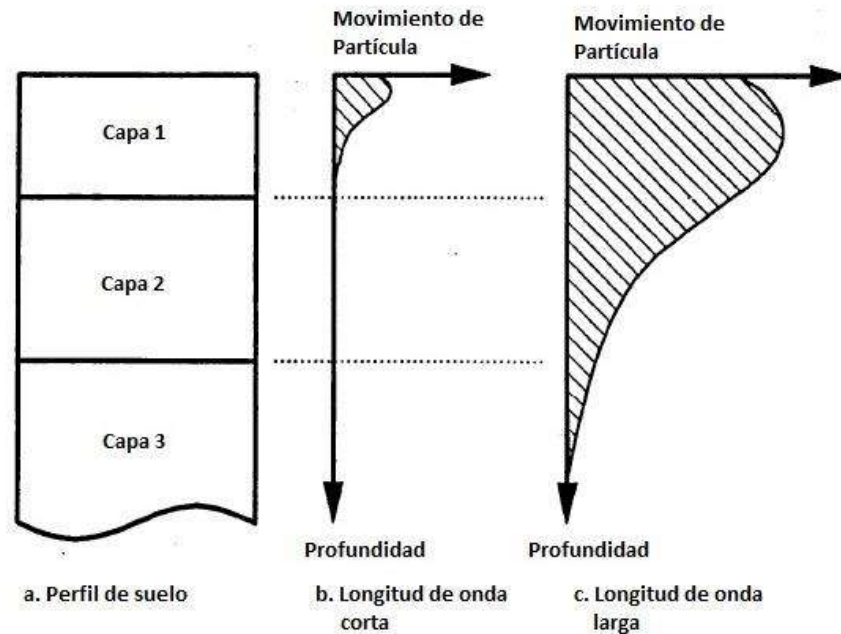


Figura 5. 5. Representación de la dispersión de las ondas Rayleigh dependiendo de la longitud de onda, Correia, (2015).

En este trabajo se adquirieron ocho perfiles usando la técnica MASW, utilizando un sismógrafo Geometrics-300 de 16 canales con una frecuencia fundamental de 4.5 Hz, utilizando una fuente activa.

Los datos se procesaron siguiendo el diagrama de flujo que se muestra en la figura 5.10. Obtenidos los datos de campo (ver figura 5.6), se realiza la edición de la geometría del perfil, es decir se especifica la longitud del perfil, los intervalos de separación de los geófonos y de las fuentes generadas (ver figura 5.7).

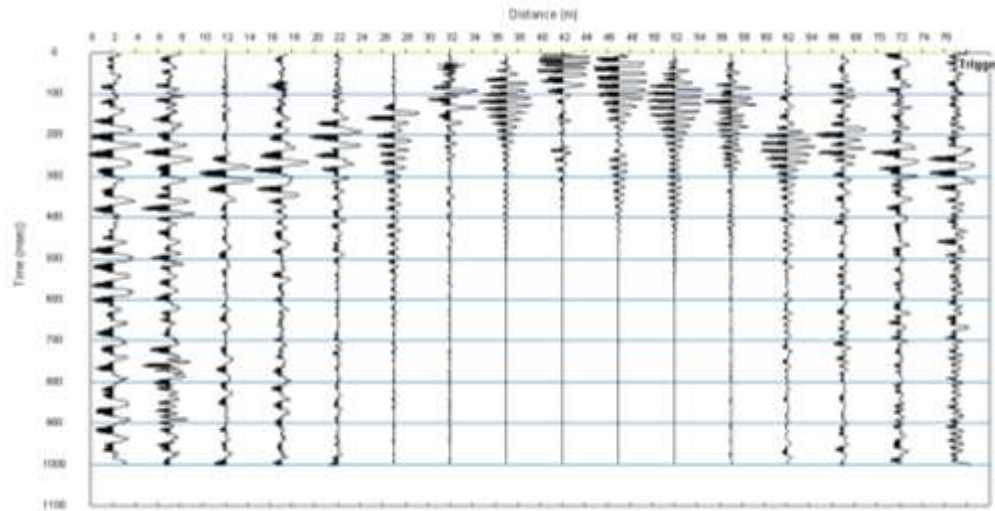


Figura 5. 6. Adquisición de datos de campo para la técnica MASW

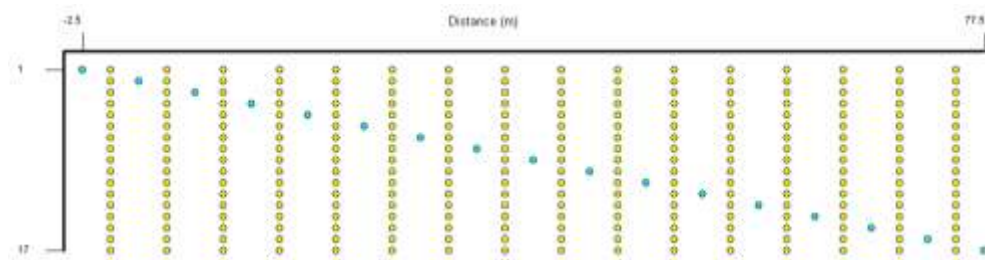


Figura 5. 7. Geometría de campo para la técnica MASW

Los datos MASW sísmicos deben ser analizados en el plano Frecuencia-Velocidad para visualizar las curvas de dispersión (ver figura 5.8). La obtención de la curva de dispersión tiene el objetivo de estimar una o más modos fundamentales de las curvas de dispersión. En este proceso es una opción realizar una frecuencia de corte para eliminar frecuencias de las curvas de dispersión(ver figura 5.9).

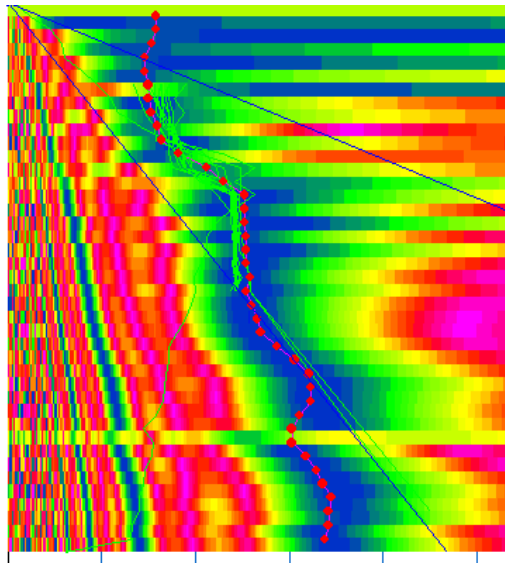


Figura 5. 8. Análisis de la curva de dispersión.

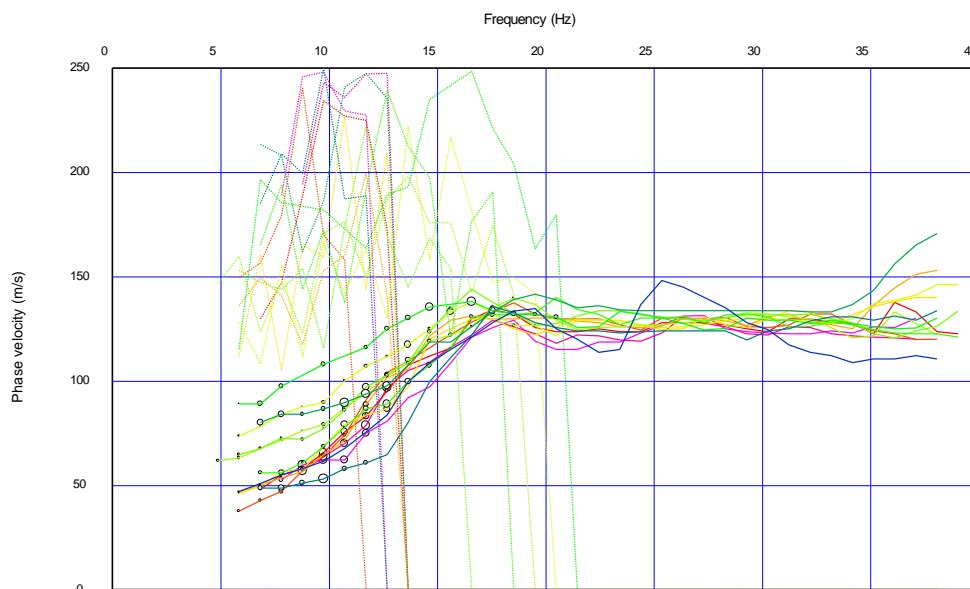


Figura 5. 9. Curvas de dispersión.

Los procesos anteriores son necesarios para aplicar algún algoritmo de inversión que corresponde a un proceso de búsqueda de la causa de un resultado. n proceso de inversión implica generalmente uno o más de los pasos de análisis directo con el objetivo de examinar los posibles candidatos de causas. Una inversión se llama "única" si existe una solución única, mientras que "no única" si pueden existir varias soluciones. Se llama "lineal", si la relación de causa-resultado con un pequeño cambio en la causa da también un pequeño cambio en consecuencia, mientras que "no lineal" si un pequeño cambio puede dar lugar a un gran cambio en el resultado. Una inversión es robusta si un valor atípico dentro

del universo de datos no afecta el ajuste del modelo. Para este trabajo se utilizó una inversión no lineal y robusta, proceso con el cual se generaron modelos 1-D de la velocidad de la onda.

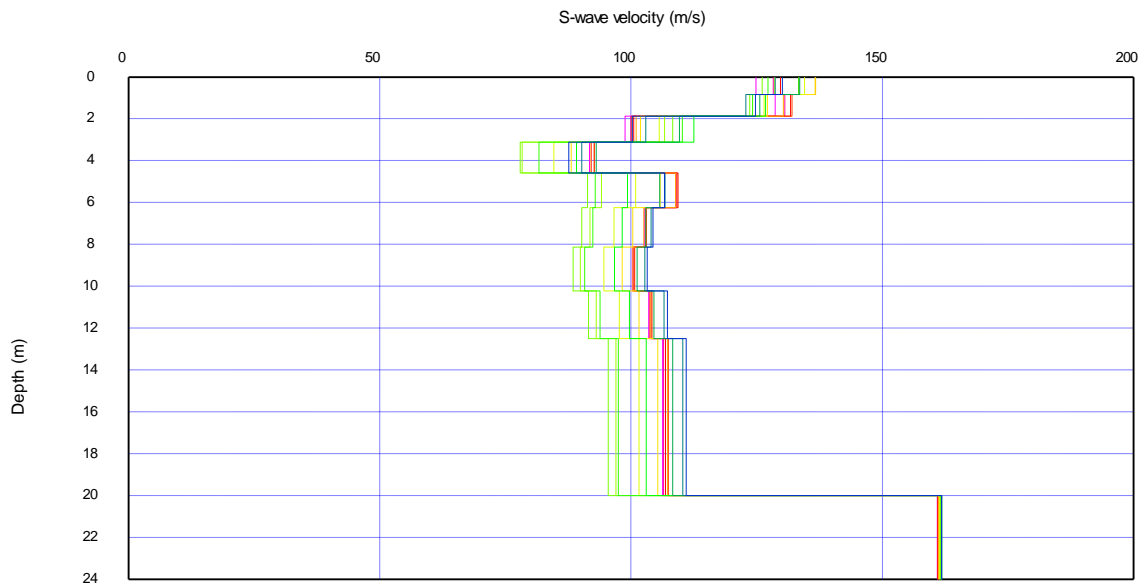


Figura 5. 10. Modelos 1-D de la onda S, a partir del proceso de inversión.

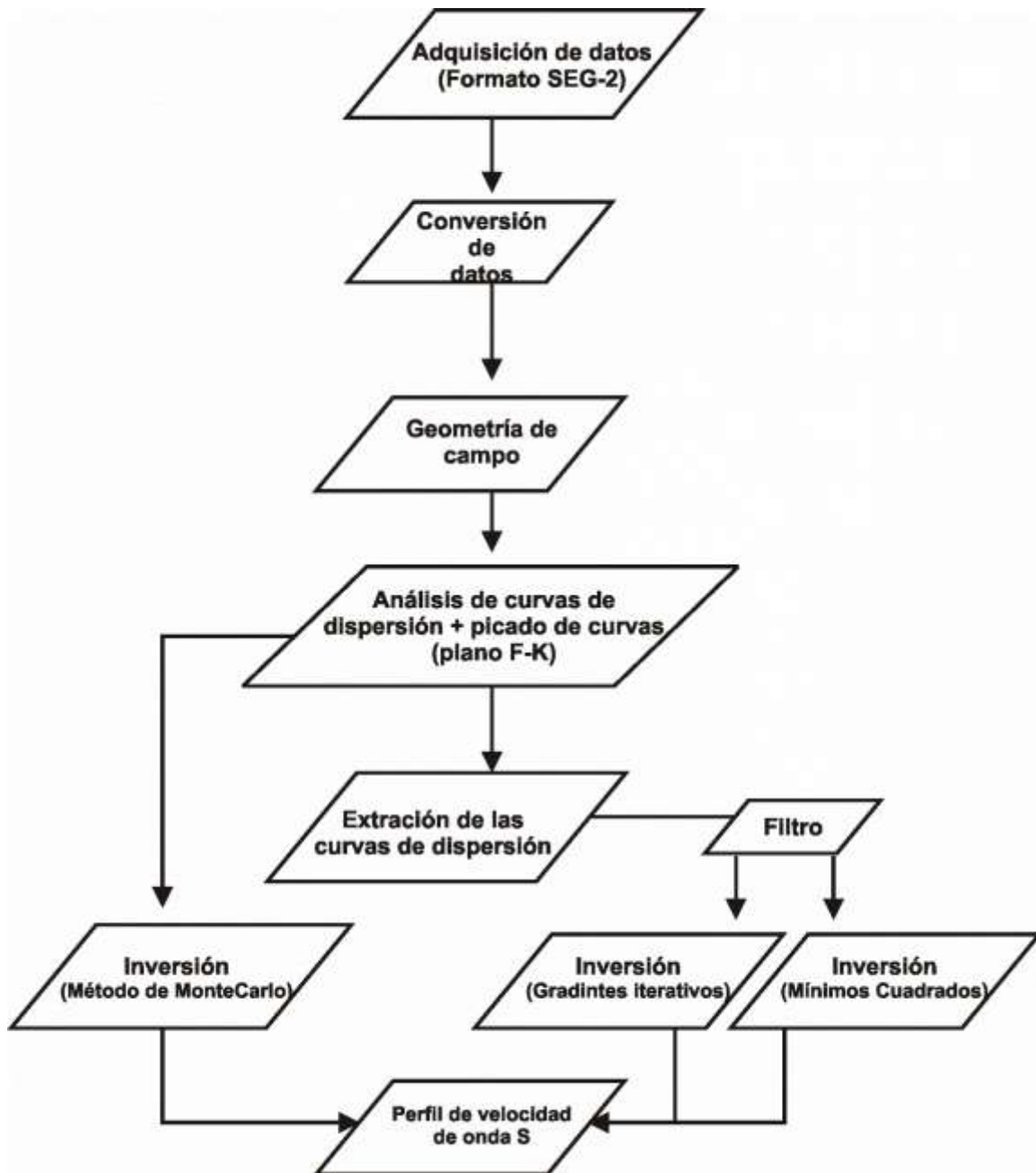


Figura 5. 11. Diagrama de flujo del procesamiento de datos MASW.

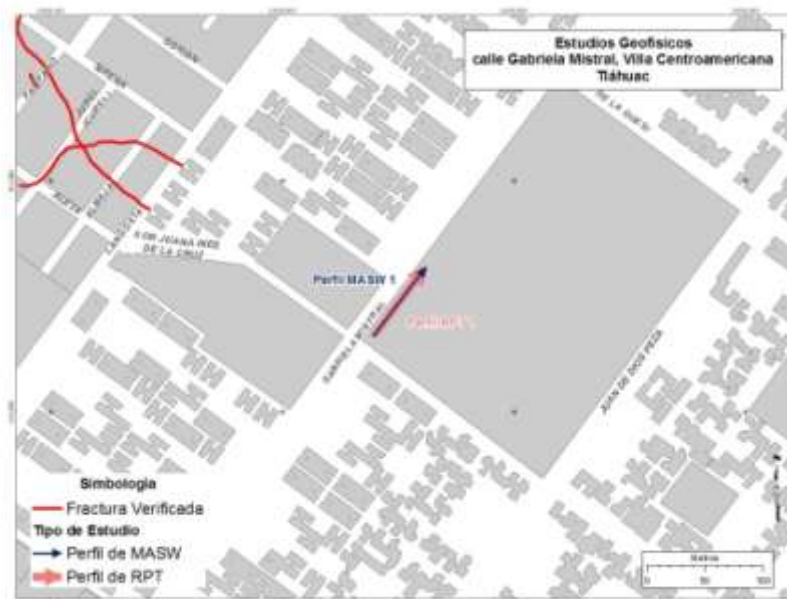
5.3. Integración de datos geofísicos y topográficos

La integración de datos geofísicos conjuntamente con la información topográfica se aplicó para el análisis de ocho zonas de estudio, seleccionadas adecuadamente mediante la información de cartografía. En estos sitios selectos se adquirieron perfiles RPT, sondeos CMP, perfiles MASW y perfiles topográficos según las condiciones de cada zona. A continuación se muestran resultados de la integración de datos por cada zona de estudio.

Sitio 1: Villa Centroamericana.

Se adquirió un perfil de RPT con antena de 100 MHz y 200 MHz, así como un perfil de sísmica MASW en la calle Gabriela Mistral en Villa Centroamericana, Delegación Tláhuac (ver Mapa 1).

Villa Centroamericana



Mapa 1. Zona de estudio del sitio Villa Centroamericana.



Figura 5. 12. Adquisición de los datos MASW, en Villa Centroamericana.

La zona de estudio geológicamente presenta materiales de lacustres con pequeños lentes de secuencias volcánica. Esta información se ha corroborado por medio de sondeos geotécnicos de la zona. Los perfiles de RPT muestran un relleno antropogénico de 1 metro de espesor, sobre este relleno se encuentra un material arcillo entre 1 a 4.5 metros de profundidad, siendo el semi-espacio un material arcillo-limoso (ver figura 5.13 y 5.14).

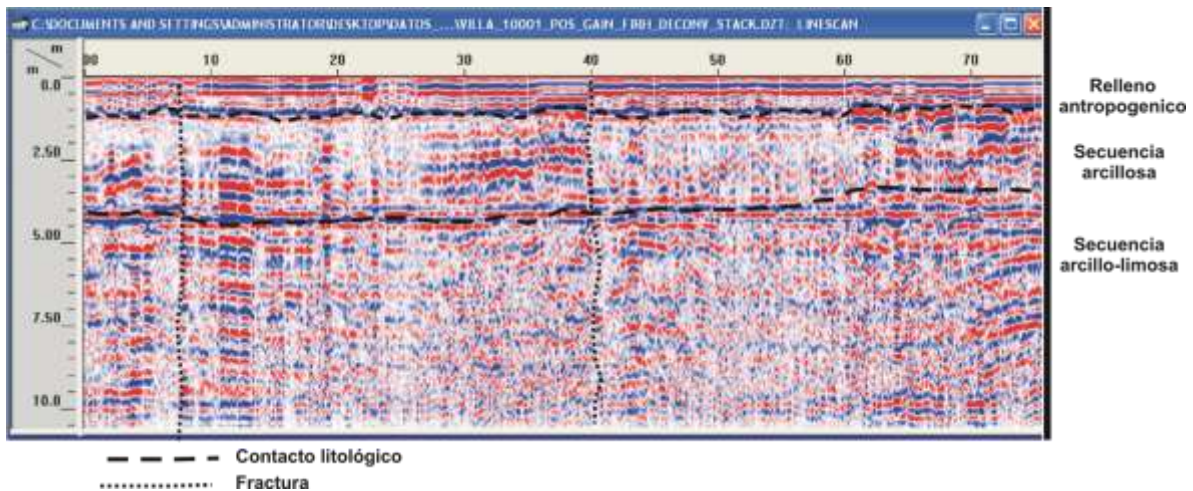


Figura 5. 13. Perfil RPT de 100 MHz en la calle Gabriela Mistral, Villa Centroamericana.

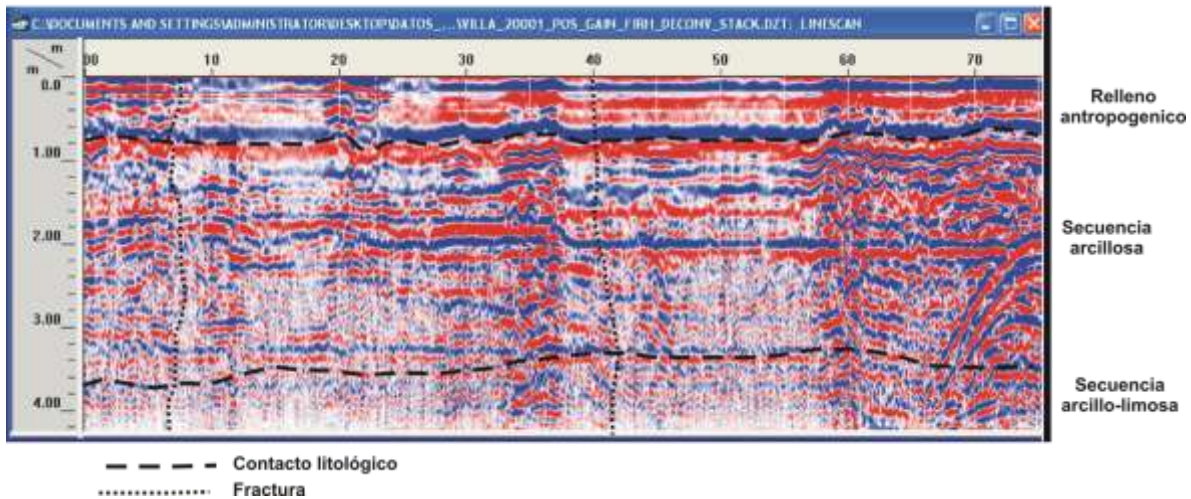


Figura 5. 14. Perfil RPT de 200 MHz en la calle Gabriela Mistral, Villa Centroamericana.

El perfil de MASW se muestra en la figura 5.15, donde de manera superficial se muestran materiales arcillosos entre los 0 y 4.5 metros de profundidad con velocidades de onda S entre 55 y 133 m/s. A los 7 metros de distancia se muestra una zona de baja velocidad debido a una fractura que aflora en superficie. Entre los 4.5 metros y 25 metros se encuentran materiales arcillo-limosos y limo-arcillosos con algunas intercalaciones de secuencias volcánicas. De manera preliminar se estima que la deformación de la zona se debe los bajos vales de rigidez que tiene el subsuelo y a las intercalaciones de los materiales volcánicos con los lacustres.

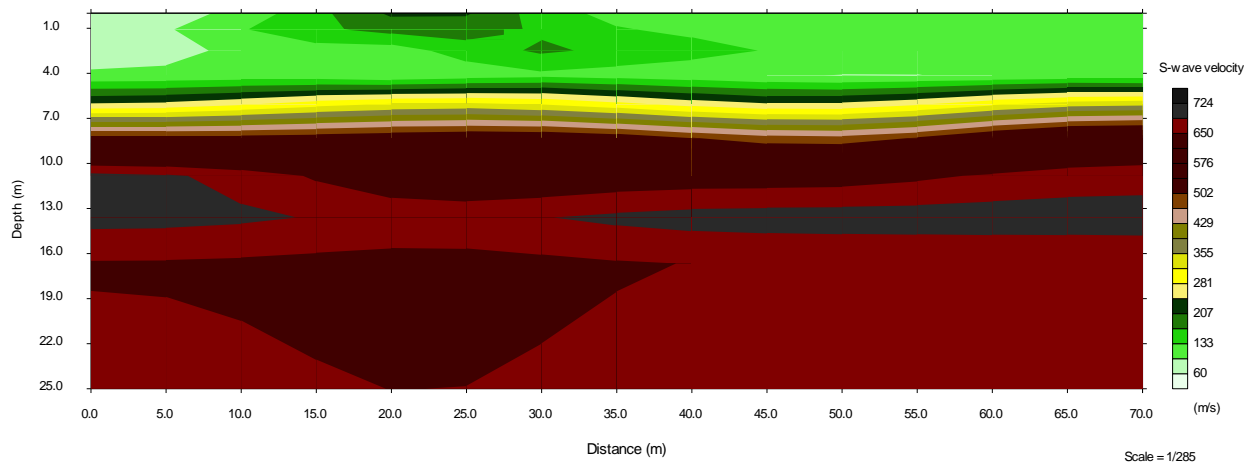
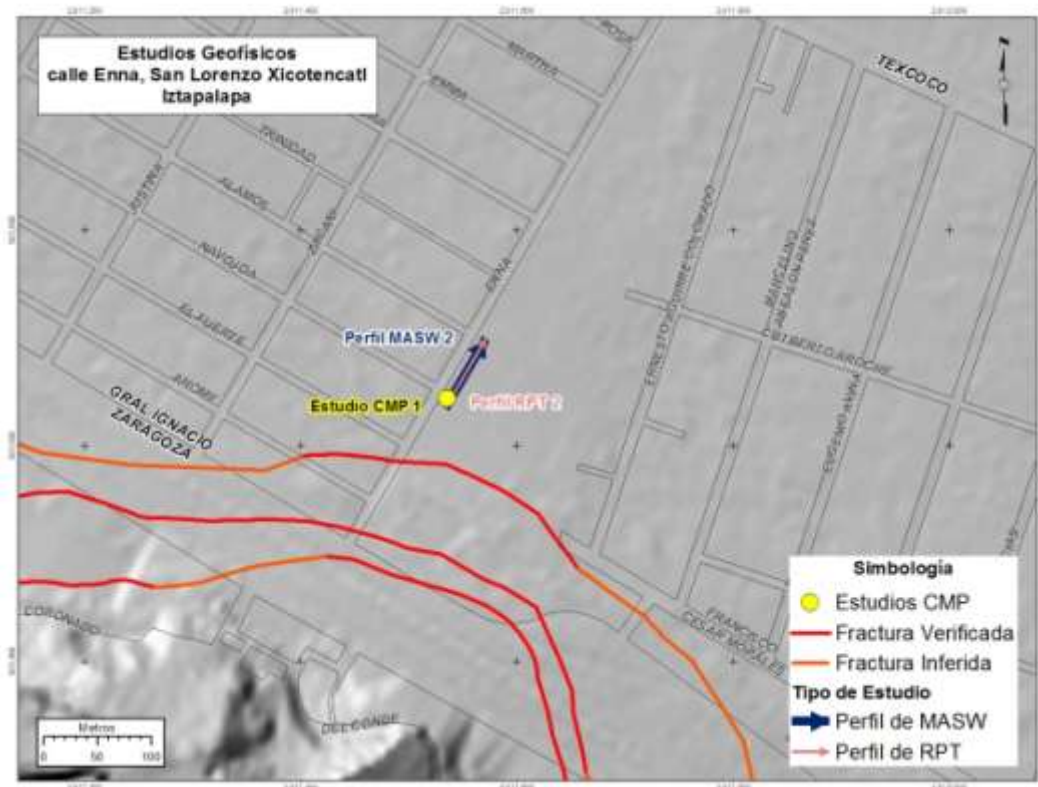


Figura 5. 15. Perfil MASW en la calle Gabriela Mistral, Villa Centroamericana.

Sitio 2: San Lorenzo Xicoténcatl

Se adquirió un perfil de RPT con antena de 100 MHz (figura 5.16), un sondeo CMP así como un perfil de sismica MASW (figura 5.19) en la calle Enna en San Lorenzo Xicoténcatl, Delegación Iztapalapa (ver Mapa 2).



Mapa 2. Zona de estudio del sitio San Lorenzo Xicoténcatl.



Figura 5. 16. Adquisición de datos RPT en San Lorenzo Xicotencatl.

El perfil de RPT en conjunto con el sondeo CMP caracterizan a una formación arcillosa en los primeros 4 metros de profundidad con una velocidad de 0.09 m/ns, secuencia que descansa sobre un material arcillo-limoso con intercalaciones volcánicas con velocidad de 0.15 m/ns, En la parte inferior derecha del perfil se muestra una secuencia volcánica con velocidad de 0.2 m/ns.

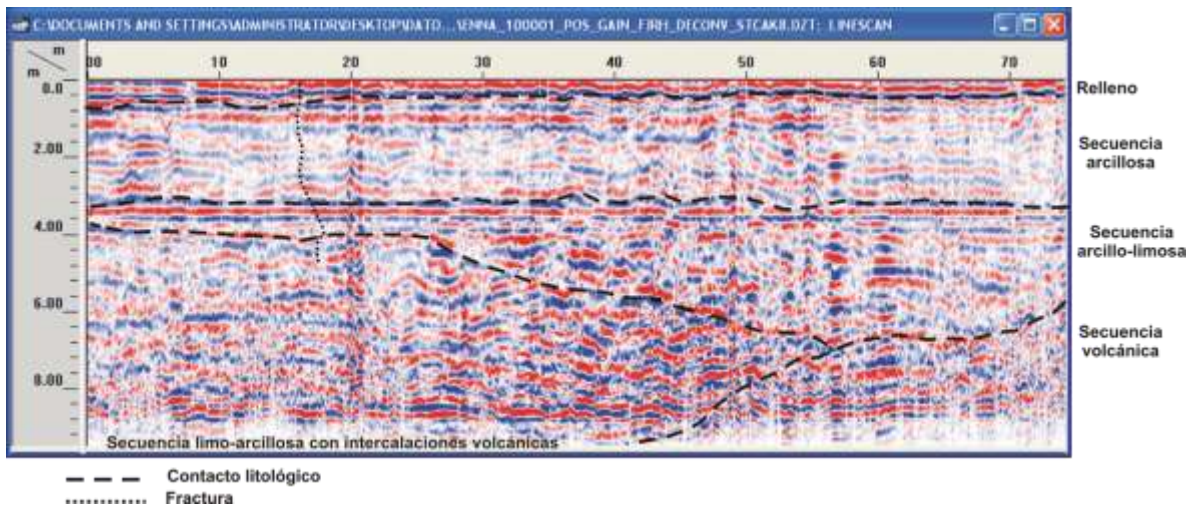


Figura 5. 18. Perfil RPT de 100 MHz en la calle Enna, San Lorenzo Xicotencatl.

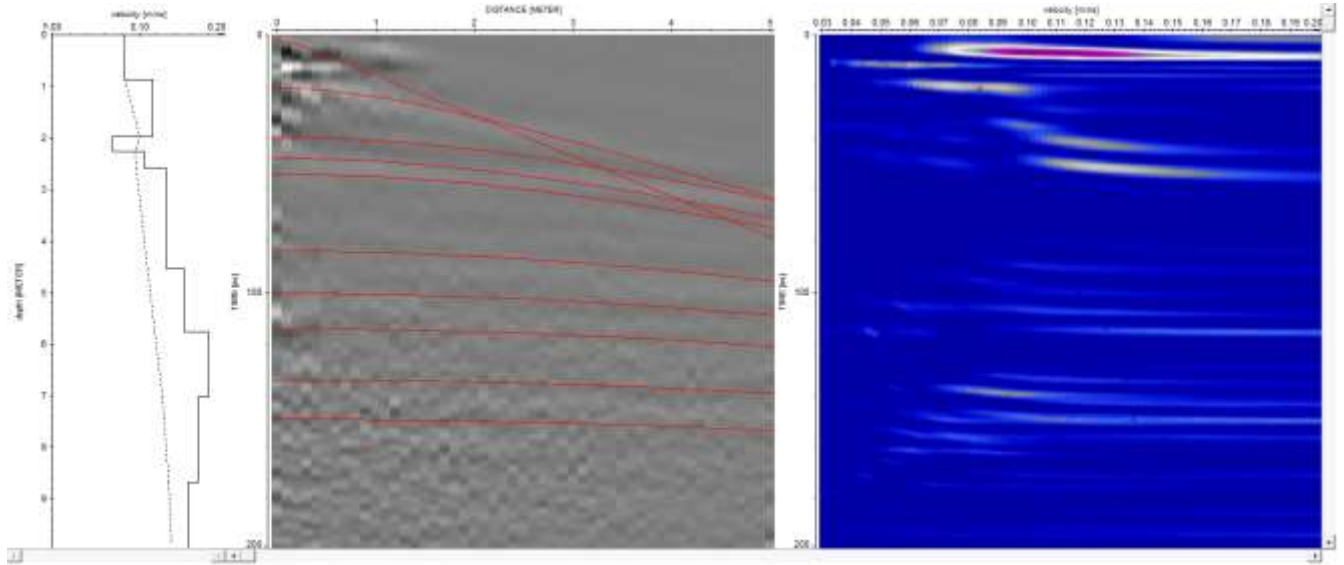


Figura 5. 17. Sondeo CMP en San Lorenzo Xicotencatl.

El perfil de MASW corrobora la interpretación realizada con los estudios de RPT, entre los 0 y 12 metros de profundidad se caracterizan formaciones lacustres con velocidades de onda S entre 38 a 300 m/s. En la parte izquierda del perfil aproximadamente a los 10 metros de profundidad se encuentra una intercalación volcánica, la cual esta generando un sistema de fracturamiento a los 15 metros de distancia respecto al eje x del perfil. En la parte inferior derecha se muestra una secuencia volcánica proveniente de el domo Volcánico El Peñón del Márquez, esta formación presenta velocidades de onda S de 700 a 1233 m/s. El contacto entre el material lacustre y el volcánico (bajas contacto entre altas velocidades y bajas velocidades de onda S) están provocando la subsidencia y fracturamiento en la zona.



Figura 5. 19. Adquisición de datos MASW en San Lorenzo Xicoténcatl.

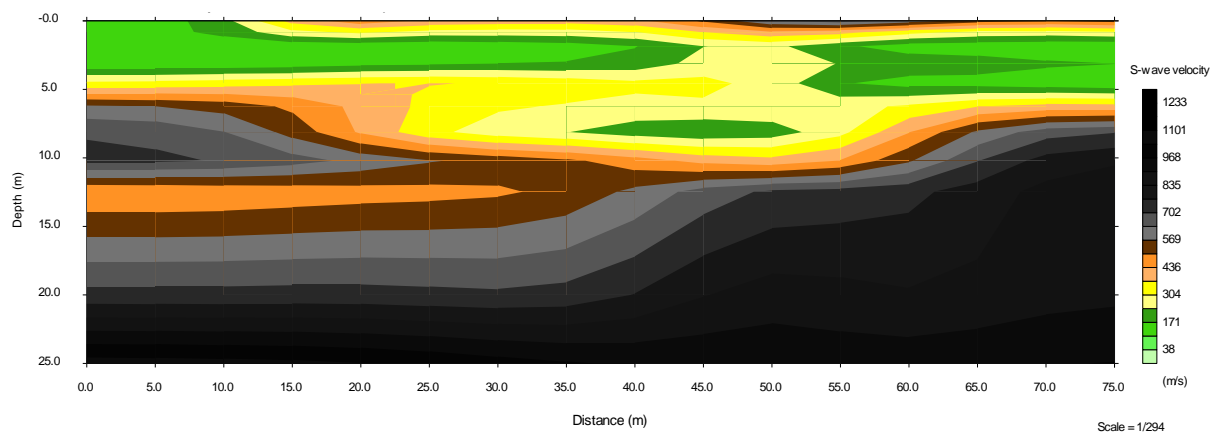
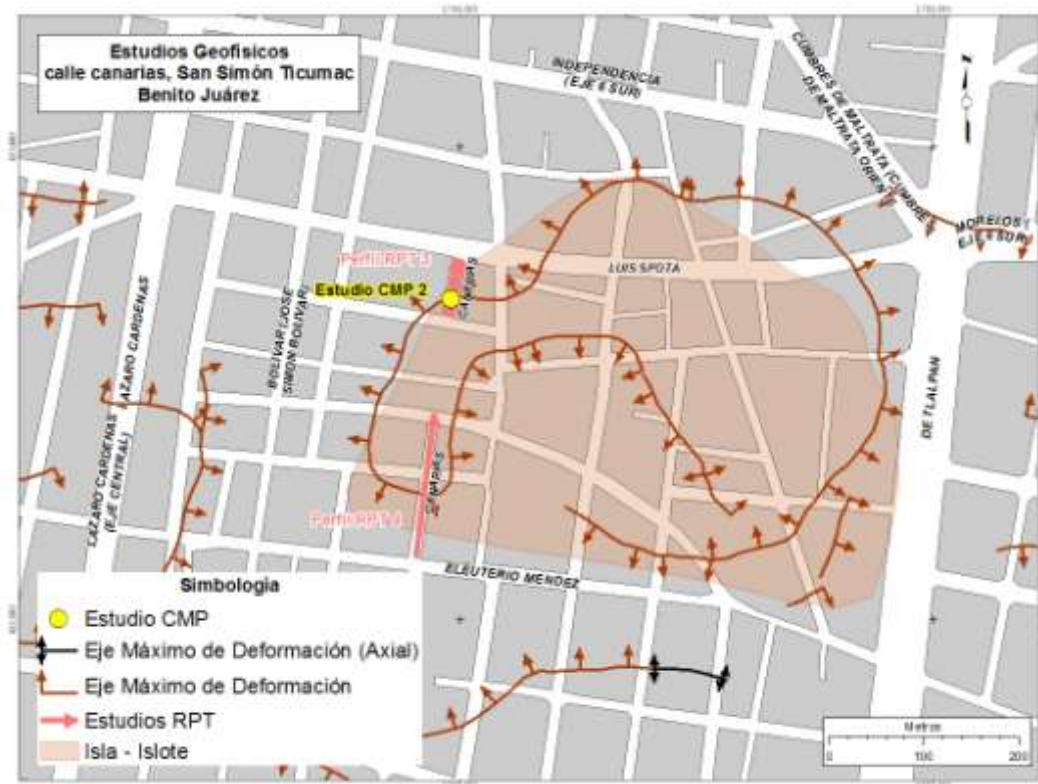


Figura 5. 20. Perfil MASW en la calle Enna, San Lorenzo Xicoténcatl.

Sitio 3: San Simón Ticumac

Esta zona se caracteriza por tener un fracturamiento con una morfología circular debido a que se encuentra empotrado en el medio un antiguo Islote (ver Mapa 3). En la calle Canarias se realizaron estudios de RPT con antenas de 100 MHz y 200 MHz y un modelo 3-D (ver figura 5.21) para caracterizar la deformación en el subsuelo.



Mapa 3. Zona de estudio del sitio San Simón Ticumac.



Figura 5. 21. Adquisición de datos RPT en San Simón Ticumac.

El perfil 3 de RPT muestra principalmente un relleno antropogénico de 2.5 metros de espesor en cual descansa sobre un material Arcillo-limoso. En este sitio se tiene un sistema de fracturamiento, que se muestra a los 5 metros de longitud en el perfil RPR de la figura 5.22.

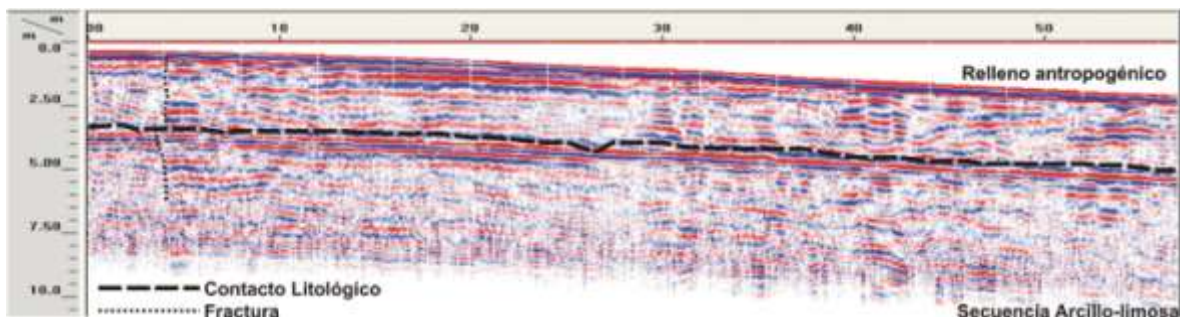


Figura 5. 22. Perfil RPT 3 de 100 MHz en la calle Canarias, San Simón Ticumac.

En el modelo 3-D se muestra el mismo perfil de la figura anterior pero con dos diferentes perfiles perpendiculares. Se observa que el contacto del relleno con el material arcilloso, existe gran deformación, probablemente debido a la poca fricción que hay entre los materiales.

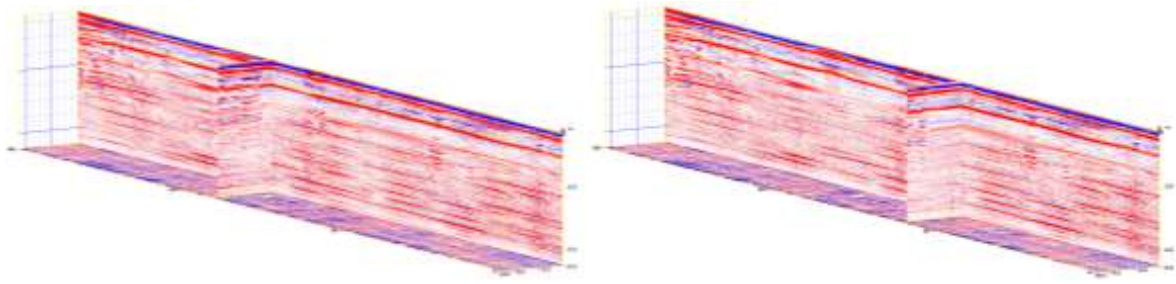


Figura 5. 23. Modelo 3-D de RPT usando una frecuencia de 200 MHz en la Calle Canarias, San Simón Ticumac.

Se adquirió el perfil RTP 4 en la Calle Canarias, flanco opuesto del islote donde se adquirió el perfil RPR. Se caracterizan los mismos materiales (relleno sobre secuencia arcillosa) con una gran deformación en el contacto, lo que ha provocado un sistema de fracturamiento, tal como se muestra en la figura 2.25.



Figura 5. 24. Adquisición del cuarto perfil RTP 4 en la calle Canarias, San Simón Ticumac.

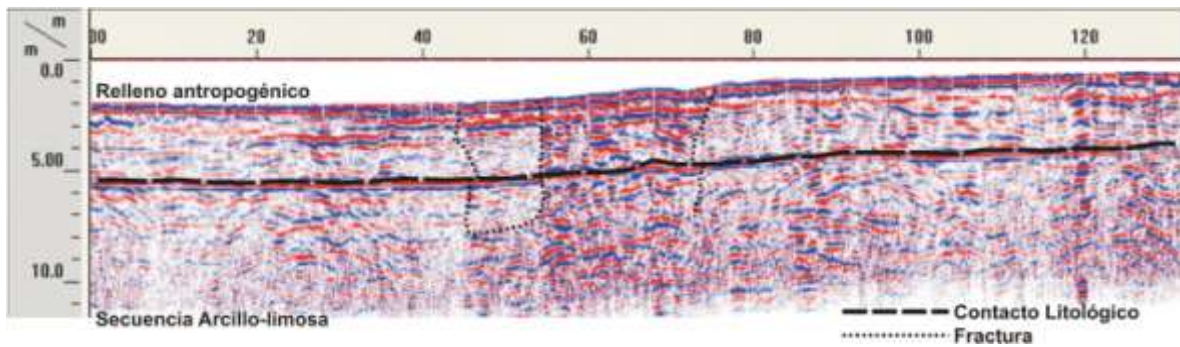
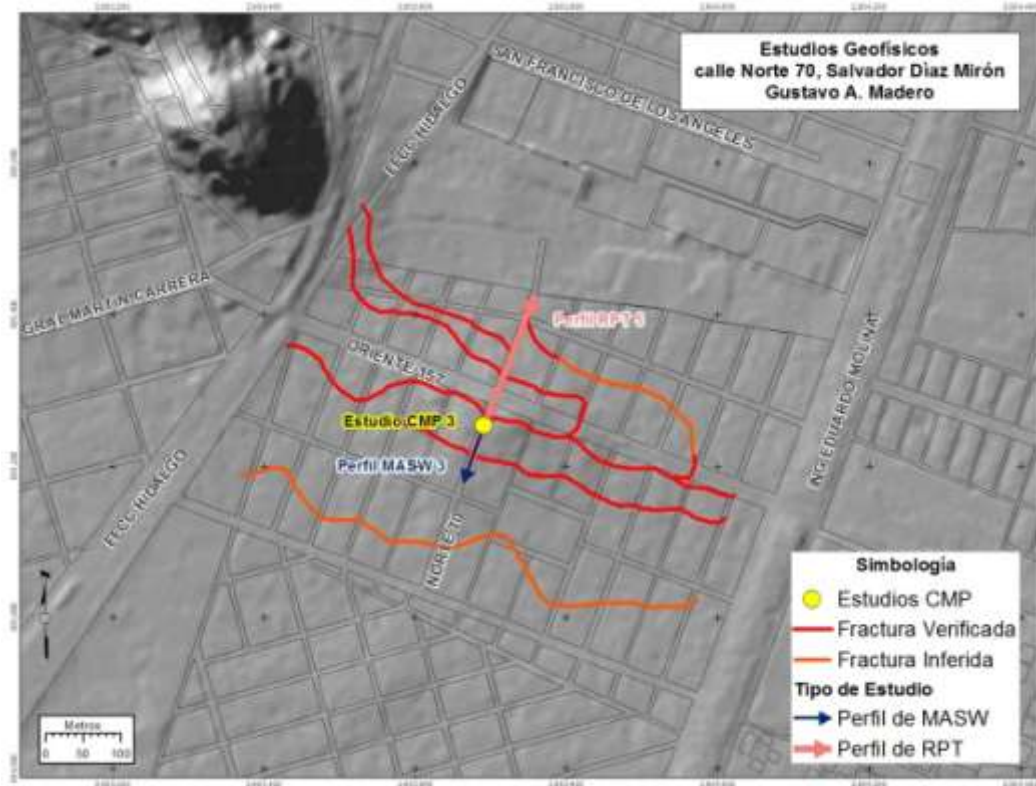


Figura 5. 25. Cuarto Perfil RPT con frecuencia de 200 MHz en calle Canarias, San Simón Ticumac.

Sitio 5: Salvador Díaz Mirón

En esta zona se adquirió un perfil RPR de 250 metros con antena de 200 MHz (figura 5.26), un sondeo CMP y un perfil MASW de 75 metros de longitud. El estudio se realizó sobre la calle Norte 70 en Salvador Díaz Mirón (Ver Mapa 5).



Mapa 4. Zona de estudio del sitio Salvador Díaz Mirón.



Figura 5. 26. Adquisición de datos RPT en Salvador Díaz Mirón.

El perfil de RPT muestra una secuencia limo-arcillosa entre 1.5 y 4.5 metros de profundidad, esta formación descansa sobre un secuencia limosa con intercalaciones volcánicas que para este perfil es el semi-espacio (figura 5.27). El sondeo CMP estima una velocidad de la secuencia limo-arcillosa de 0.1m/ns y una velocidad en el semi-espacio de 0.15 m/ns (figura 5.27).

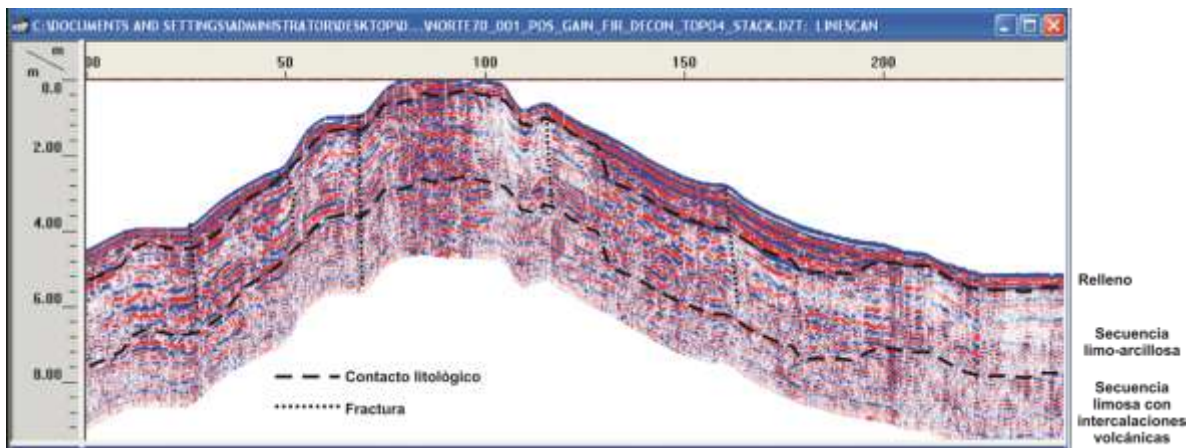


Figura 5. 27. Perfil RPT con antena de 200 MHz en calle Norte 70, Salvador Díaz Mirón.

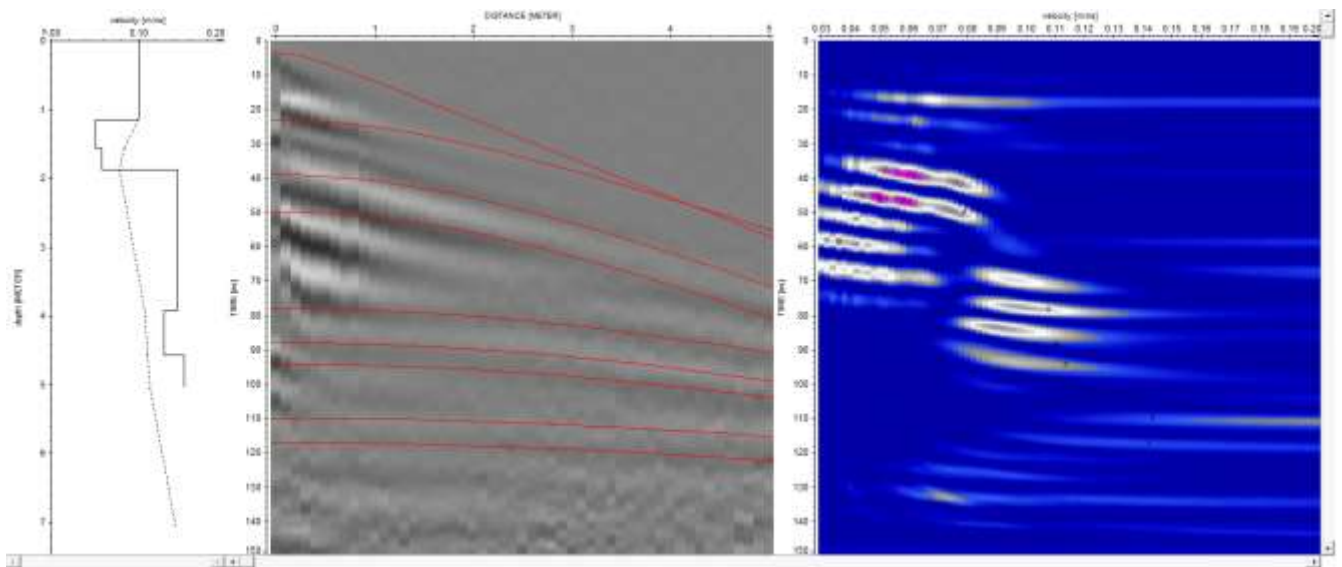


Figura 5. 28. Sondeo CMP, en calle Norte 70, Salvador Díaz Mirón.

El perfil MASW muestra un material limo-arcilloso superficialmente de aproximadamente 3.5 metros de espesor con una velocidad de onda S de 60 a 160 m/s, este material descansa sobre un material volcánicos de 1.8 metros de espesor. En el semi-espacio se caracteriza un secuencia volcánica con velocidades de 660 a 960 m/s (ver figura 5.30).

Posiblemente la problemática del fracturamiento en esta zona se debe a el contacto de los materiales lacustres con los volcánicos, además de la pendiente que esta presente en la topografía de las formaciones.



Figura 5. 29. Adquisición de datos MASW en Salvador Díaz Mirón.

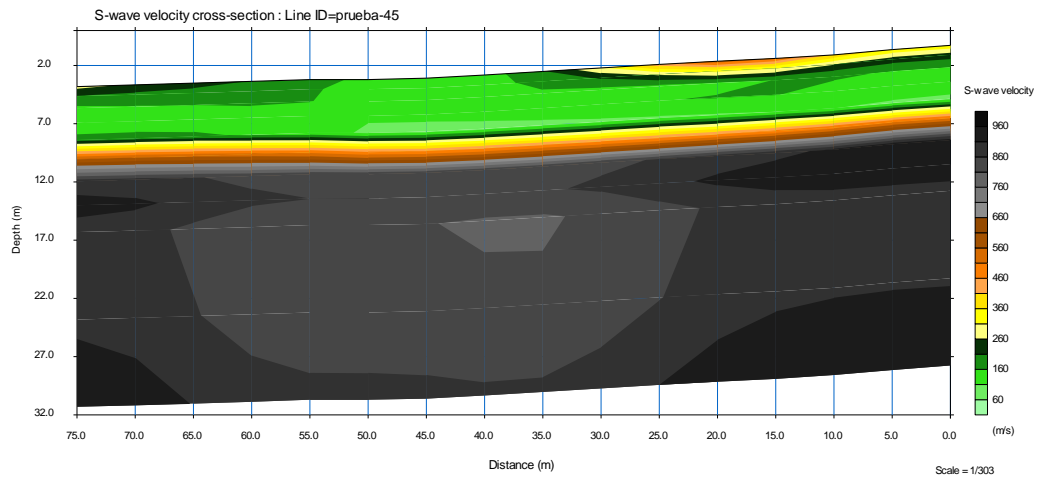
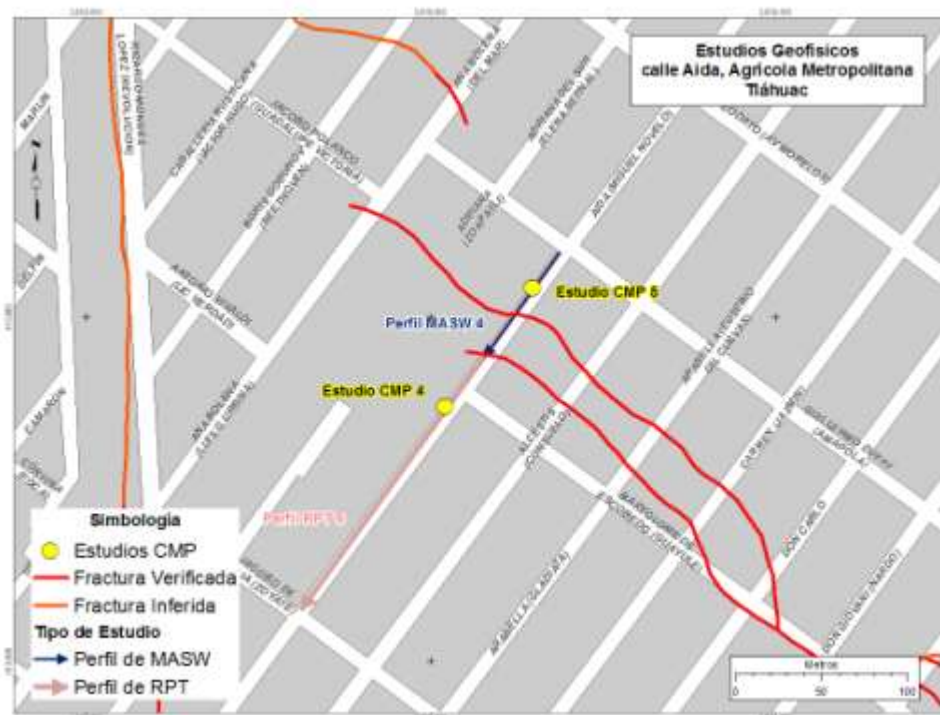


Figura 5. 30. Perfil MASW en la calle Norte 70, Salvador Díaz Mirón.

Sitio 5: Agrícola Metropolitana



Mapa 6. Zona de estudio del sitio Agrícola Metropolitana



Figura 5. 31. Adquisición de datos RPT en Agrícola Metropolitana

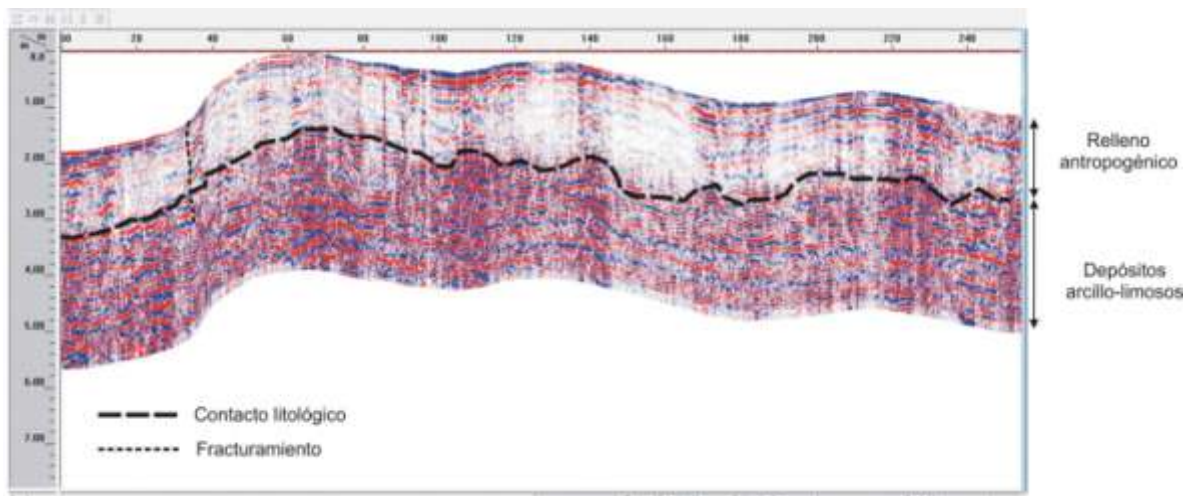


Figura 5. 32. Perfil de RPT con antena de 200 MHz, en la calle Aida, Agrícola Metropolitana.

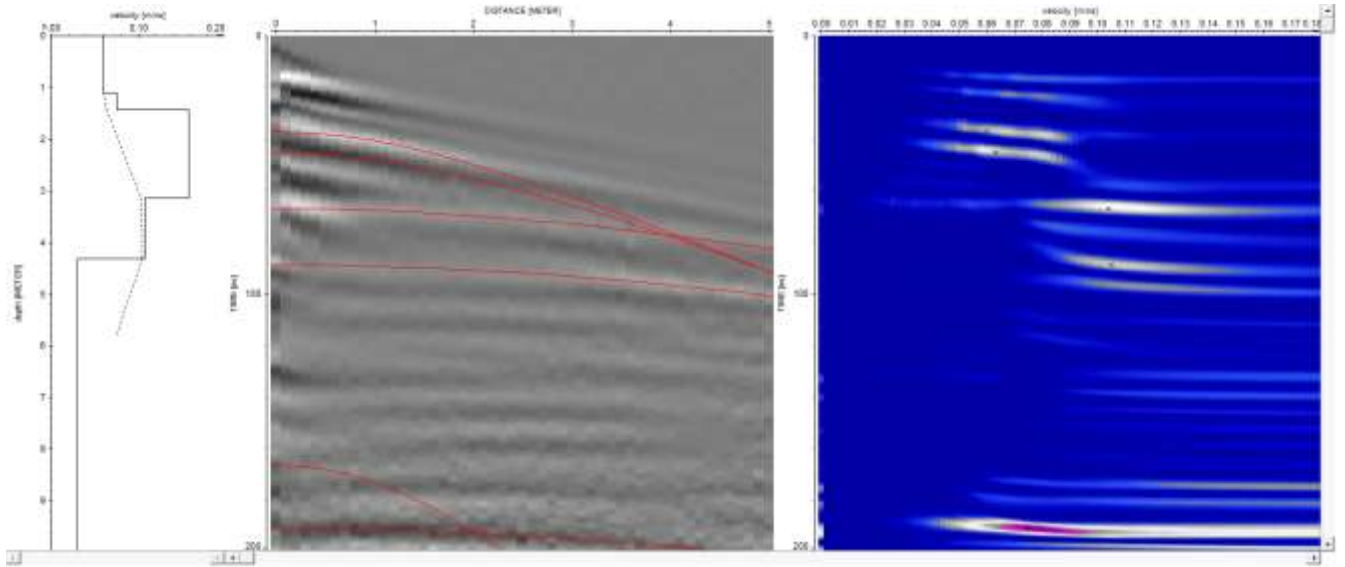


Figura 5. 33. Sondeo CMP 4 en la calle Aida, Agrícola Metropolitana.

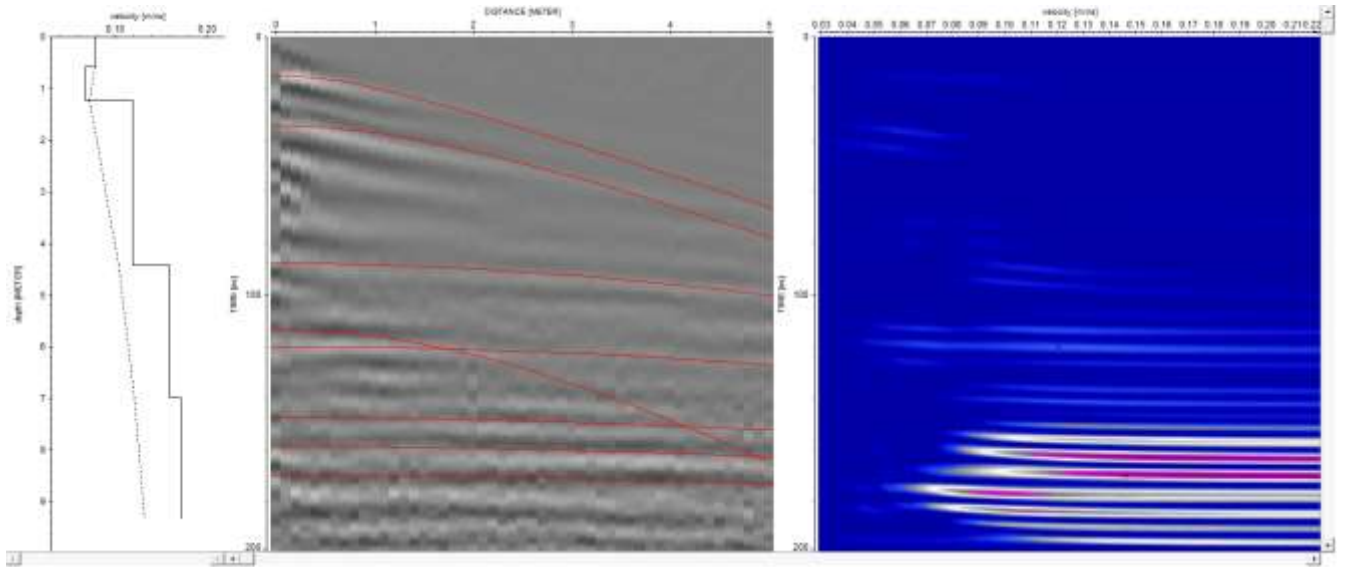


Figura 5. 34. Sondeo CMP 5 en la calle Aida, Agrícola Metropolitana.



Figura 5. 35. Adquisición perfil MASW en Agrícola Metropolitana.

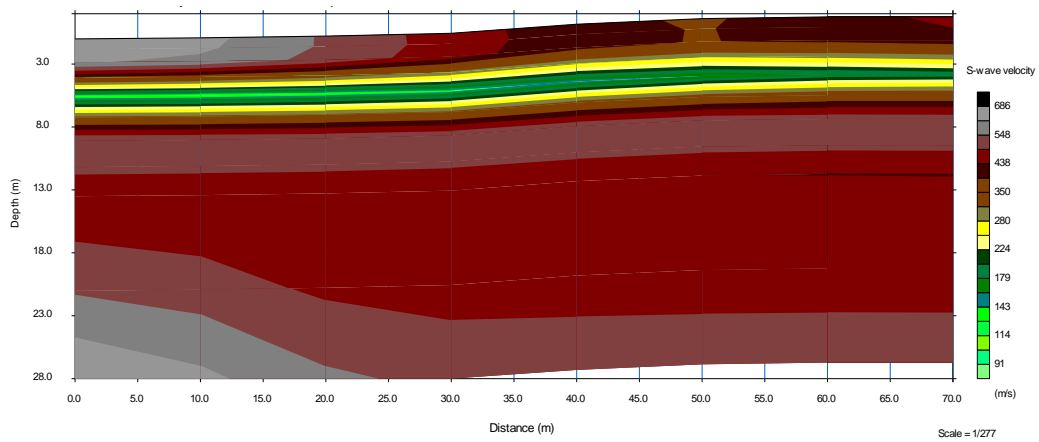
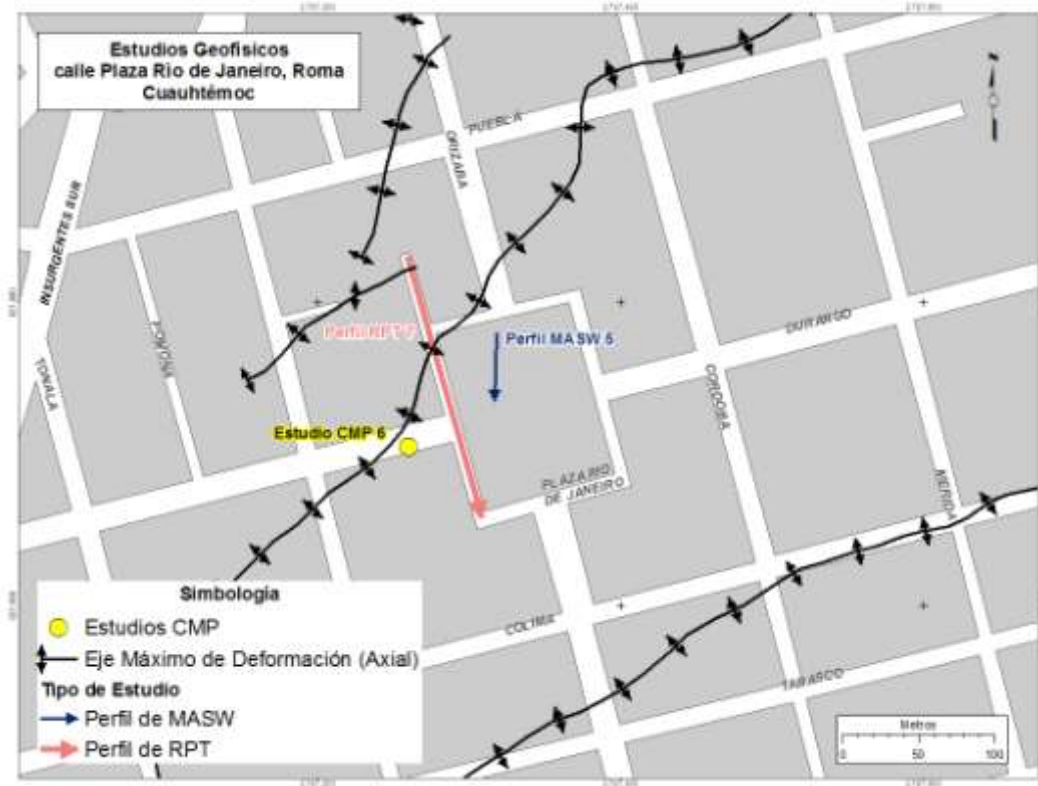


Figura 5. 36. Perfil MASW en la calle Aida, Agrícola Metropolitana.

Sitio 6: Plaza Río de Janeiro, Roma



Mapa 5. Zona de estudio del sitio Roma Cuauhtémoc.



Figura 5. 37. Adquisición de datos topográficos en Roma Cuauhtémoc

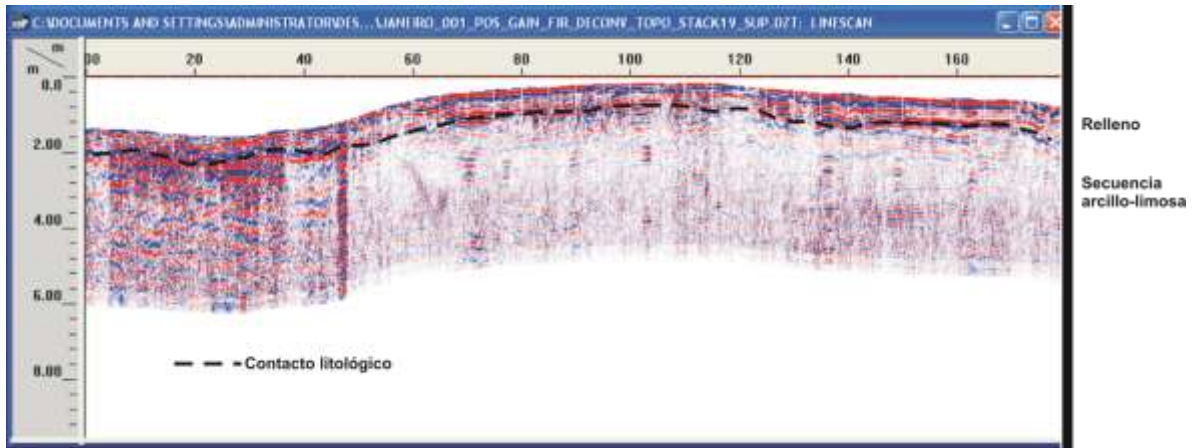


Figura 5. 38. Perfil RPT con antena de 200 MHz en Plaza Rio de Janeiro, Roma Cuauhtémoc

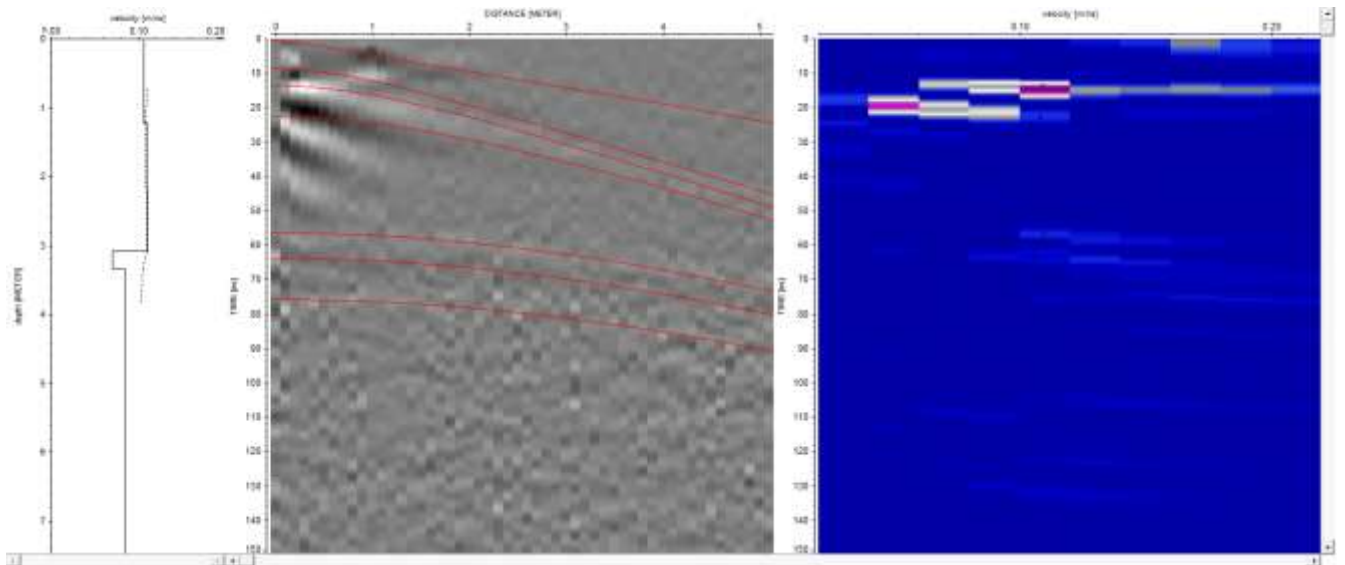


Figura 5. 39. Sonde CMP 6 en la Plaza Rio de Janeiro, Roma Cuauhtémoc.



Figura 5. 40. Adquisición de datos MASW en la Plaza Rio de Janeiro, Roma Cuauhtémoc.

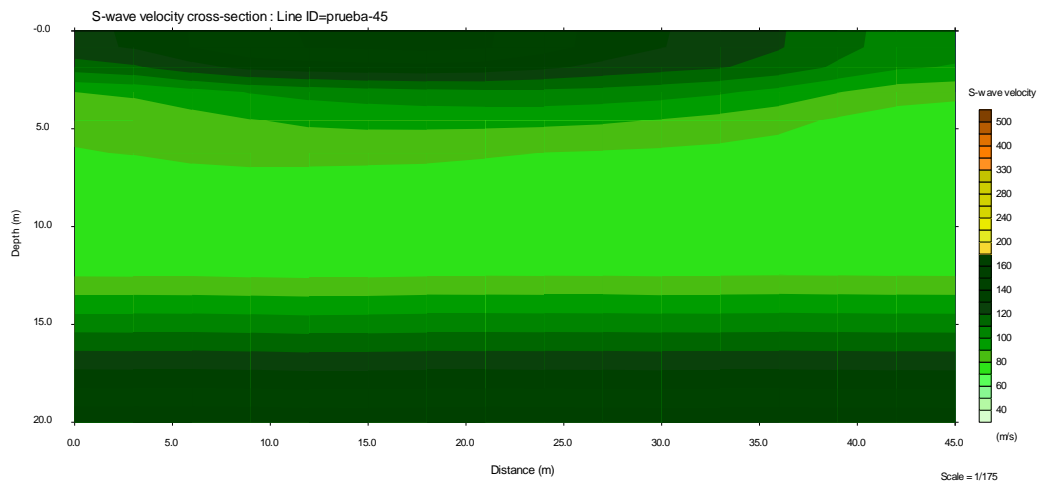
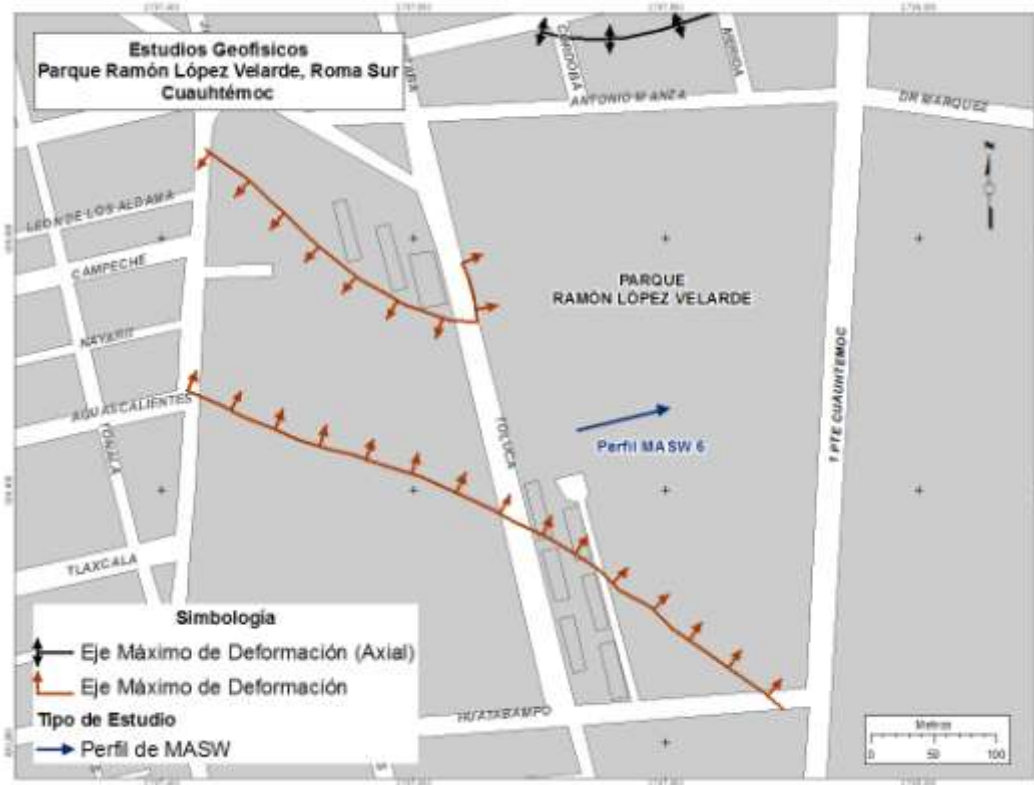


Figura 5. 41. Perfil MASW en la Plaza Rio de Janeiro, Roma Cuauhtémoc.

Sitio 7: Parque Ramón López Velarde, Roma Sur



Mapa 6. Zona de estudio del sitio Roma Sur Cuauhtémoc



Figura 5. 42. Adquisición de datos MASW en Roma Sur Cuauhtémoc

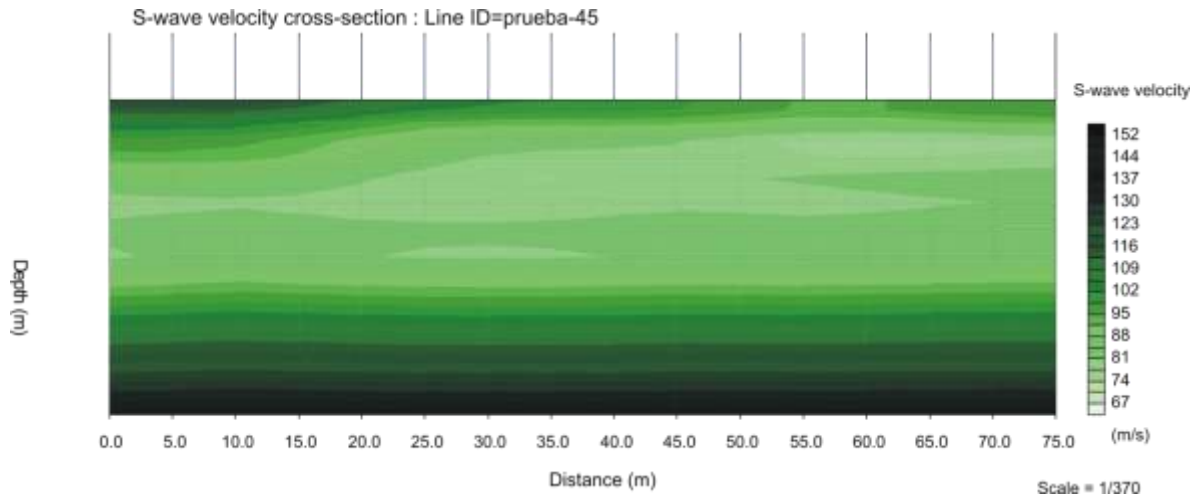
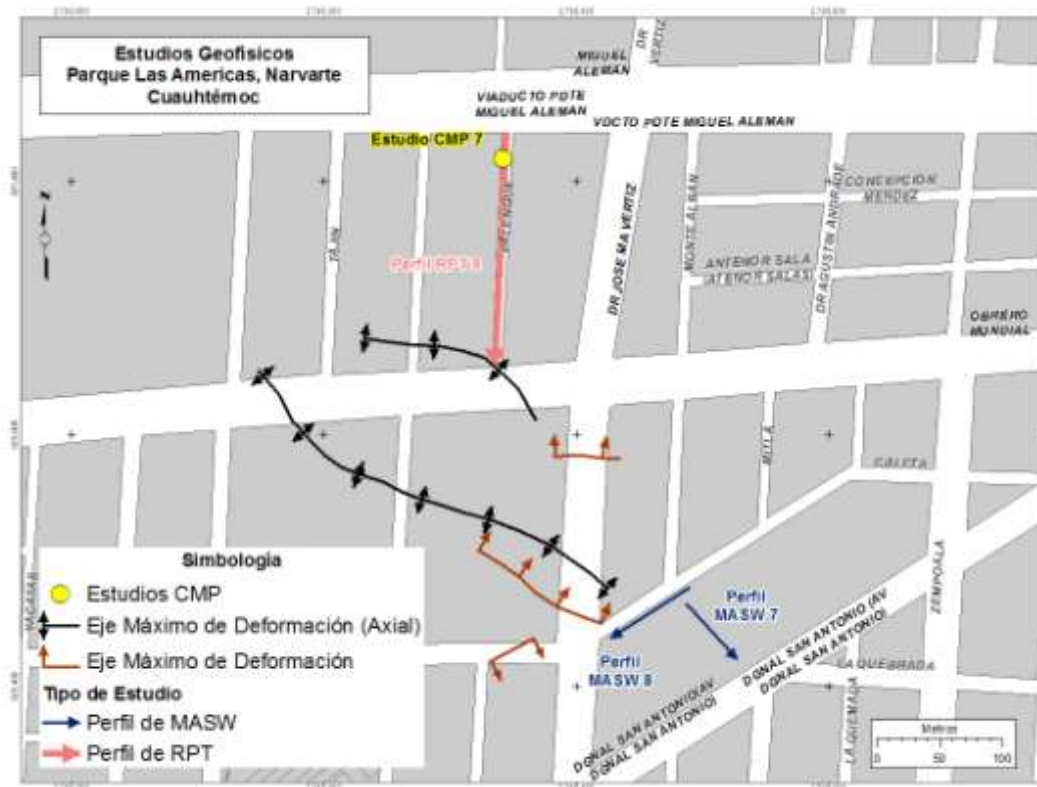


Figura 5. 43. Perfil MASW en parque Ramón López Velarde, Roma Sur Cuauhtémoc

Sitio 8: Narvarte, Cuauhtémoc



Mapa 7. Zona de estudio del sitio Narvarte Cuauhtémoc



Figura 5. 44. Adquisición de datos RPT en Narvarte Cuauhtémoc.

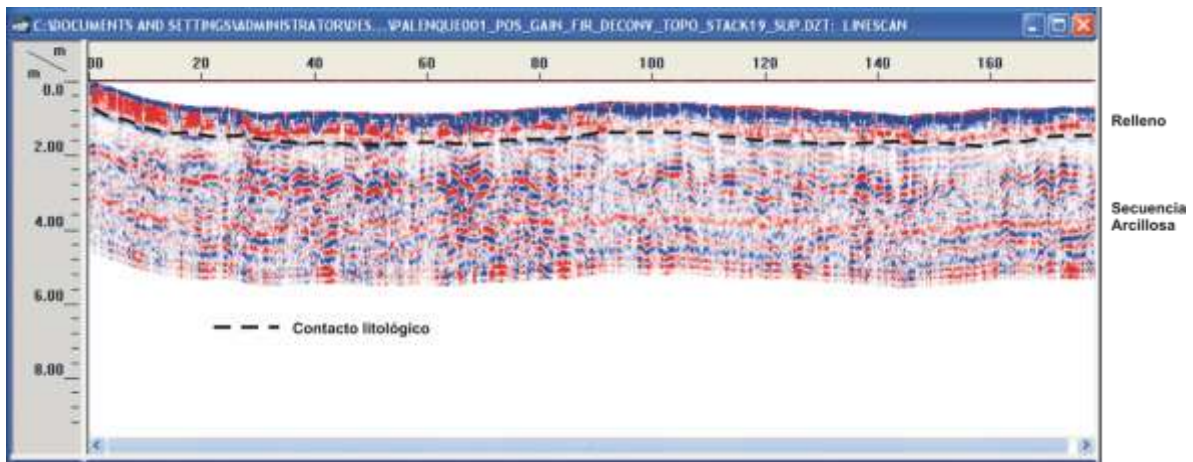


Figura 5. 45. Perfil RPT con antena de 200 MHz en la calle Palenque, Narvarte Cuauhtémoc.

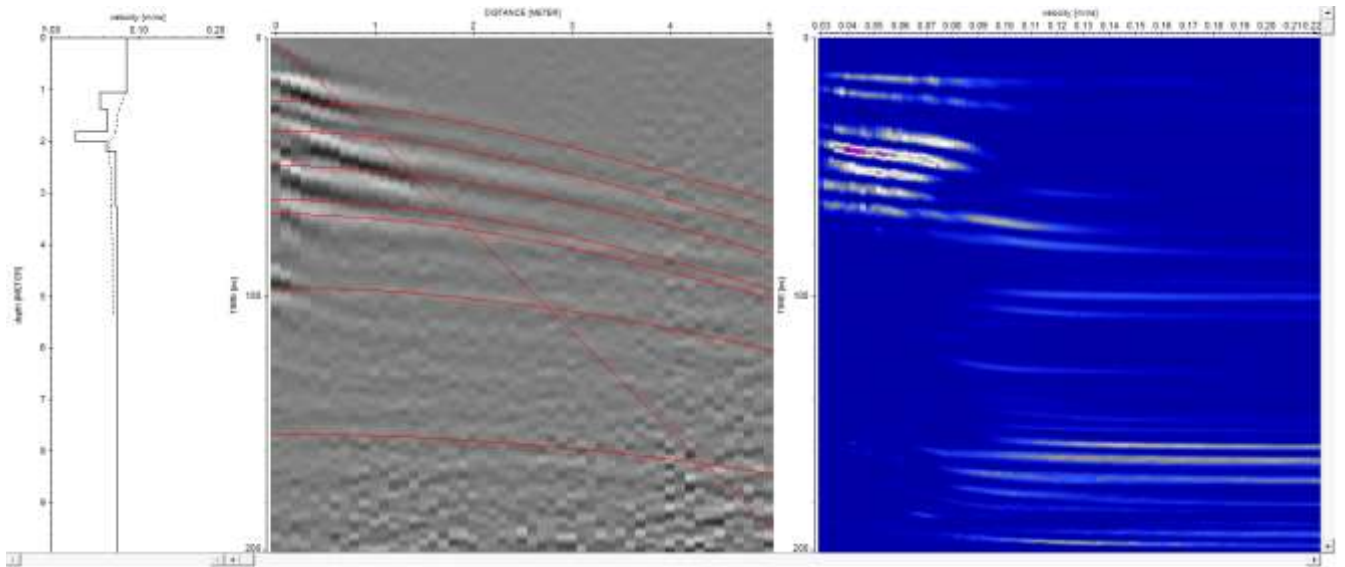


Figura 5. 46. Sondeo CMP 7 en la calle Palenque, Narvarte Cuauhtémoc.



Figura 5. 47. Adquisición de datos MASW en Narvarte Cuauhtémoc.

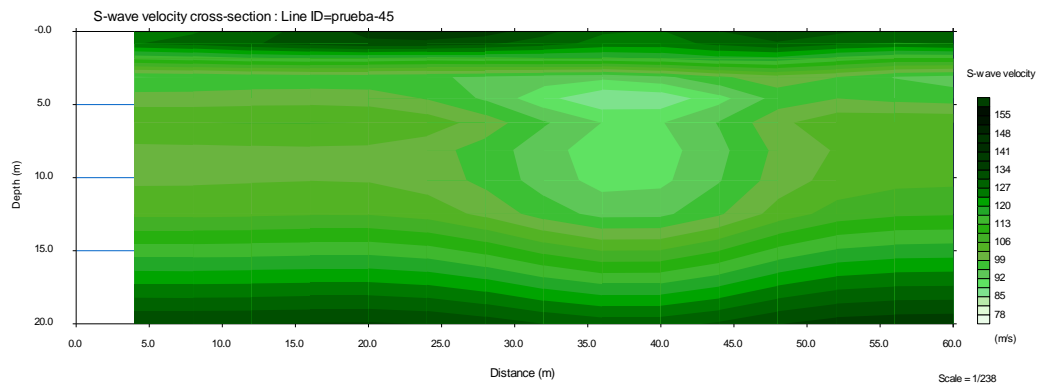


Figura 5. 48. Perfil MASW 7, en el Parque Las Américas, Narvarte Cuauhtémoc.

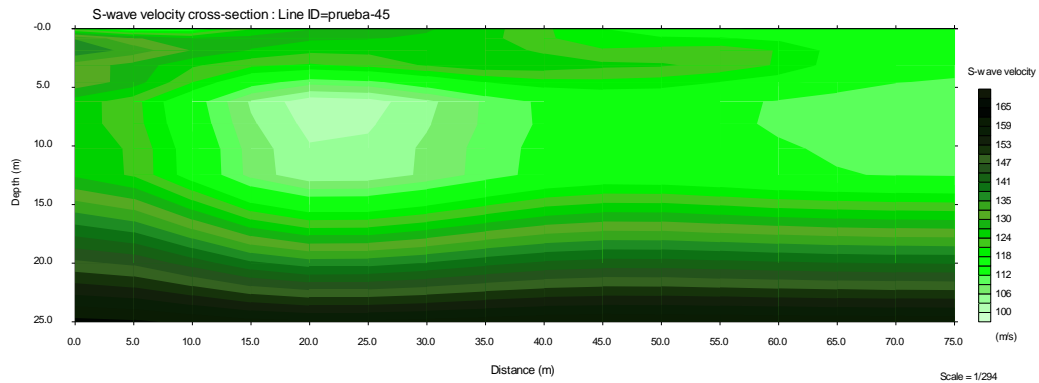


Figura 5. 49. Perfil MASW 8 en el Parque Las Américas, Narvarte, Cuauhtémoc.