

Caracas, Junio 2004.

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geofísica para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el bachiller Pedro Pablo Camacho Dugarte, titulado:

Ubicación y caracterización de fallas selladas por sedimentos a partir de evaluación geofísica integrada, en las zonas de Villa de Cura (Falla del Río Guárico) y Barlovento (Falla Los Colorados).

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geofísico, sin que ello signifique que sean solidarios con las ideas propuestas por el autor, lo declaran **APROBADO**

Profesor José Cavada
Jurado

Profesor Pietro Di Marco
Jurado

Prof. Michael Schmitz
Tutor Académico

Ing. Aldo Cataldi
Tutor Industrial

Prof. Franck Audemard
Co-tutor

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**Ubicación y caracterización de fallas selladas por sedimentos
a partir de evaluación geofísica integrada, en las zonas de
Villa de Cura (Falla del Río Guárico) y Barlovento (Falla Los
Colorados).**

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al título de Ingeniero Geofísico
Por el Br. Pedro P. Camacho D.

Caracas, Junio 2004

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Ubicación y caracterización de fallas selladas por sedimentos a partir de evaluación geofísica integrada, en las zonas de Villa de Cura (Falla del Río Guárico) y Barlovento (Falla Los Colorados).

Tutor académico: Michael Schmitz
Tutor industrial: Aldo Cataldi
Co-tutor: Franck Audemard

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al título de Ingeniero Geofísico
Por el Br. **Pedro P. Camacho D.**

Caracas, Junio 2004

Dedicatoria

A toda mi familia, mis padres Luis Camacho y Duilia de Camacho, mi hermano Luigi, mis hermanas Tere y Anelis, fuerza de inspiración fundamental para cada uno de mis logros, gracias a Dios los tengo a ustedes.

Pedro Pablo Camacho Dugarte (El Pepi)

Agradecimientos

A mis padres, Duilia de Camacho y Luis Camacho S. gracias por todo lo bueno que me dieron y me siguen dando....

A mis hermanos, Teresa, Luis Rafael y Anaelisse, siempre juntos, ayudándonos y apoyándonos en todo momento...

A toda mi familia, tío Alexis, tía Nena, tía Lucila, Alejandro, Tineito, Thaís, tío Carlos, Aura, Abuelo, Maritza, Lucila, Carlitos, Felipe... todos, de verdad gracias por todo...

A mis amigos de siempre, Ramón, Tobitas, Omar, Arturo, Irmarys, Indira, Familia Chaparro, Carlos, Rafael Ernesto, gracias por momentos gratos en momentos difíciles...

A mis amigos de universidad, Rafael, Buly, José F (La nube), Sancho, Natalia, Maxlín, Roberto y todos los que no me llegan a la mente en este instante pero que saben que en mi tienen a alguien en quien confiar y yo en ellos...

A Funvisis, por toda la ayuda prestada para el feliz cumplimiento y término del trabajo especial de grado, gracias a Michael, Franck, Quintana, Jenny, Lili, Victor, Gustavo y a todos...

A Michael Schmitz, Franck Audemard, Rommel Wilchy y Aldo Cataldi por compartir parte de sus conocimientos desinteresadamente para la elaboración de ese trabajo...

A la Universidad Central de Venezuela y a todos los profesores que imparten sus conocimientos en una de las profesiones más bonitas del mundo como lo es la enseñanza...

A todo el que no esté en las líneas anteriores y que ayudaron de alguna manera a la realización de este trabajo...

..... Realmente, MUCHAS GRACIAS!!!!

Camacho D, Pedro P.

UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FALLAS SELLADAS POR SEDIMENTOS A PARTIR DE EVALUACIÓN GEOFÍSICA INTEGRADA, EN LAS ZONAS DE VILLA DE CURA (FALLA DEL RÍO GUÁRICO) Y BARLOVENTO (FALLA LOS COLORADOS).

**Tutor Académico: Prof. Michael Schmitz Tutor Industrial: Ing. Aldo Cataldi.
Co-tutor: Franck Audemard. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2004, n° pag. 122.**

Palabras Claves : GPR (Radar de Penetración de suelos), VLF (Electromagnético a muy baja frecuencia, CA (Conductividad aparente), Sísmica de reflexión somera.

La elaboración de estudios estructurales a partir de geofísica integrada implica la implementación y desarrollo de una serie de métodos para poder decidir con un grado de incertidumbre menor la ubicación y el hecho del objetivo a buscar. En Venezuela se pueden observar a lo largo de la cordillera de la costa, un grupo de fallas producto del choque de placas entre Caribe y Suramérica, sin embargo en zonas de depresión dichas fallas pueden encontrarse selladas por sedimentos recientes. El objetivo principal del presente trabajo es Corroborar y delimitar ese tipo de fallas selladas por sedimentos a partir de geofísica integrada, para lo cual se tienen las siguientes zonas de estudio: Sureste de Villa de Cura (Falla del Río Guárico) y San José de Río Chico (Falla Los Colorados).

Se realizaron una serie de adquisiciones con instrumentos que en primer plano, darían la posible ubicación de los objetivos de estudio. En este sentido se realizaron adquisiciones de perfiles de magnetismo y electromagnetismo (VLF y CA). El procesamiento de estos datos permite conocer la zona a los perfiles preferenciales para la adquisición de métodos de mayor visualización del subsuelo como la sísmica de reflexión somera (hacienda Mujica en Villa de Cura) y el radar de penetración de suelos (Afloramiento cuaternario y cantera en la zona de Barlovento. Luego del procesamiento respectivo para cada método, realizando una integración de los resultados obtenidos conjuntamente con análisis de interpretaciones geológicas anteriores, se puede llegar a los siguientes análisis y conclusiones:

La integración de datos geofísicos permite disminuir la incertidumbre que se puede tener al realizar estudios estructurales, es decir, mientras mayor y mejor es la información de una zona de estudio, se podrá llegar a conclusiones e interpretaciones mas representativas de la realidad del subsuelo. Toda falla genera una anomalía, mas no toda anomalía representa la existencia de una falla, de esta manera, las anomalías

magnéticas y electromagnéticas permiten ubicar una posible falla, pero la integración con otros métodos mas resolutivos permite ubicar y caracterizar la falla en cuestión. En la zona de Villa de Cura se observan dos fallas que posiblemente evidencian la presencia de una estructura tipo “Pull Apart”, esto se corrobora con un análisis del relieve topográfico a partir de la Ortofotomapa, integrado con los datos obtenidos. Se recomienda realizar la adquisición de GPR con antenas blindadas en la zona de Barlovento para obtener una mayor penetración y observar el objetivo de estudio, ya que la rápida atenuación de la señal no permite observar la falla que se espera a mayor profundidad que la obtenida por el instrumento.

Índice

	Pag
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen	v
Lista de tablas	xi
Lista de figuras	xiii
Introducción	3
CAPITULO I	
Objetivos	4
1.1.- Objetivo General	4
1.2.- Objetivos específicos	4
1.3.- Justificación	5
1.4.- Ubicación	5
CAPITULO II	
Aspectos Teóricos	8
2.1.- Antecedentes históricos	8
2.1.1.- Barlovento	8
2.1.2.- Villa de Cura	11
2.2.- Aspectos Geológicos	13
2.2.1.- Zona de Barlovento	13
2.2.2.- Zona de Villa de Cura	19
2.3.- Aspectos Geofísicos	23
2.3.1.- Electromagnético a muy baja frecuencia (VLF)	23
2.3.2.- Magnetismo	27
2.3.2.1.- Reducción al Polo.	29
2.3.2.2.- Derivadas (verticales y horizontales).	29
2.3.3.- Radar de Penetración de Suelos (GPR).	30
2.3.4.- Sísmica de Reflexión	32

CAPITULO III	Pag
Adquisición de datos.	34
3.1.- Pre-adquisición.	34
3.2.- Primera etapa de adquisición: Etapa preliminar o carácter general.	36
3.2.1.- VLF (electromagnético a muy baja frecuencia)	36
3.2.1.1.- Aparato utilizado: EM 16R	36
3.2.1.2.- Perfiles realizados	36
3.2.2.- Magnetismo.	36
3.2.2.1.- Aparato utilizado.	36
3.2.2.2.- Variación diurna	37
3.2.2.3.- Perfiles realizados.	37
3.2.3.- Electromagnético; conductividad aparente	39
3.2.3.1.- Aparato utilizado.	39
3.2.3.2.- Perfiles realizados	39
3.3.- Segunda etapa de adquisición (detalle)	40
3.3.1.- GPR (radar de penetración del subsuelo)	40
3.3.2.- Sísmica de Reflexión Somera	43
CAPITULO IV	
Procesamiento.	46
4.1.- Datos magnéticos.	46
4.1.1.- Variación diurna.	46
4.1.2.- Corrección por deriva.	46
4.2.- Datos electromagnéticos.	47
4.2.1.- Muy baja frecuencia “VLF” (EM16).	47
4.2.2.- Conductividad aparente (EM34).	48
4.3.- Datos de radar de penetración del subsuelo (GPR).	49
4.3.1.- Ganancia.	49
4.3.2.- Filtros.	49
4.4.- Datos sísmicos.	50
4.4.1.- Pre-apilamiento	50

	Pag
4.4.2.- Post-apilamiento.	53
Resultados y Análisis.	56
5.1.- Electromagnético de muy baja frecuencia (VLF) en Villa de Cura.	56
5.2.- Electromagnético de muy baja frecuencia (VLF) en Barlovento.	57
5.3.- Conductividad (EM34) en Villa de Cura.	59
5.4.- Magnético.	60
5.4.1.- Mapa de Intensidad Magnética Total (IMT) en Villa de Cura.	60
5.4.2.- Mapa de Reducciónal polo en Villa de Cura.	61
5.4.3.- Derivada vertical del mapa de IMT en Villa de Cura.	63
5.4.4.- Análisis espectral del mapa de IMT en Villa de Cura.	64
5.5.- Mapa de Intensidad Magnética Total en Barlovento.	64
5.6.- Perfiles Intensidad Magnética Total y Derivada vertical.	65
5.6.1.- Perfil “hacienda Mujica” en Villa de Cura.	65
5.6.2.- Análisis espectral del perfil “hacienda Mujica”.	66
5.6.3.-Perfil Sureste de Villa de Cura.	67
5.6.4.- Análisis espectral del perfil sureste de Villa de Cura.	68
5.6.5.-Perfil Barlovento.	69
5.7.- Radar de penetración del subsuelo (GPR).	69
5.7.1.- Perfil “Los Colorados”.	69
5.7.2.- Perfil “Cantera”.	71
5.8.- Sísmica.	72
5.8.1.- Perfil “hacienda Mujica” en Villa de Cura.	72
5.9.- Análisis integrado.	75
5.9.1.- Perfil “hacienda Mujica”.	75
5.9.2.- Perfil “sureste Villa de Cura”.	76
Conclusiones y Recomendaciones	79
Bibliografía y Referencias citadas	83
APÉNDICES	86
Apéndice A: Datos Electromagnéticos muy baja frecuencia (VLF).	87

	Pag
Apéndice B: Variación magnética diurna	91
Apéndice C: Datos magnéticos	92
Apéndice D: Datos conductividad aparente.	105
Apéndice E: Datos de Intensidad Magnética Total corregidos	106
Apéndice F: Datos electromagnéticos corregidos.	117
Apéndice G: Datos de conductividad aparente corregidos.	122

Lista de Tablas

	Pag
Tabla 2.1. Características Generales de EM-16.	25
Tabla N° 2.2: Características técnicas de EM-34.	26
Tabla N° 3.1: Líneas de adquisición sísmica.	45
Tabla A.1: Perfil N° 1 Barlovento.	87
Tabla A.2: Perfil N° 2 Barlovento.	88
Tabla A.3: Perfil N° 1, Villa de Cura.	88
Tabla A.4: Perfil N° 2, Villa de Cura.	89
Tabla B.1: Datos de variación magnética diurna.	91
Tabla C.1: Perfil N° 1: Intensidad Magnética Total (IMT), Barlovento.	92
Tabla C.2: Perfil N° 2: Intensidad Magnética Total (IMT), Barlovento.	93
Tabla C.3: Perfil N° 1: Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	93
Tabla C.4: Perfil N° 2: Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	94
Tabla C.5: Perfil N°1 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	96
Tabla C.6: Perfil N°2 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	97
Tabla C.7: Perfil N°3 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	98
Tabla C.8: Perfil N°4 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	99
Tabla C.9: Perfil N°5 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	99
Tabla C.10: Perfil N°6 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura	100
Tabla C.11: Perfil N°7 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	101
Tabla C.12: Perfil N°8 y N°9 de Intensidad Magnética Total, Villa de Cura.	102
Tabla C.13: Perfil N°10 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.	103
Tabla D.1: Perfil N°1, Conductividad aparente Villa de Cura (Ext: 520 mts.).	105
Tabla N° E.1: Perfil N°1: IMT corregida por deriva diurna. Barlovento.	106
Tabla N° E.2: Perfil N°2: IMT corregida por deriva diurna Barlovento.	107
Tabla N° E.3: Perfil N°1: IMT corregida por deriva diurna Villa de Cura.	107
Tabla N° E.4: Perfil N°2: IMT corregida por deriva diurna, Villa de Cura.	109
Tabla N° E.5: Perfil N°3: IMT corregida por deriva diurna. Villa de Cura.	109
Tabla N° E.6: Perfil N°4: IMT corregida por deriva diurna. Villa de Cura	111

	Pag.
Tabla N° E.7: Perfil N°5: IMT corregida por deriva diurna. Villa de Cura.	111
Tabla N° E.8: Perfil N°6: IMT corregida por deriva diurna Villa de Cura.	112
Tabla N° E.9: Perfil N°7: IMT corregida por deriva diurna. Villa de Cura.	113
Tabla N° E.10: Perfil N°8 y N°9: IMT corregida por deriva diurna Villa de Cura.	114
Tabla N° E.11: Perfil N°10: IMT corregida por deriva diurna. Villa de Cura.	115
Tabla N° F.1: Perfil N°1: Datos electromagnéticos VLF filtrados. Barlovento.	116
Tabla N° F.2: Perfil N°2: Datos electromagnéticos VLF filtrados. Barlovento.	118
Tabla N° F.3: Perfil N°1: Datos electromagnéticos VLF filtrados. Villa de Cura.	119
Tabla N° F.4: Perfil N°2: Datos electromagnéticos VLF filtrados. Villa de Cura.	120
Tabla N° G.1: Datos de conductividad hacienda Mujica. Villa de Cura.	122

Lista de Figuras

Fig.	Pag
1.1: Ventana de trabajo, zona de Barlovento.	6
1.2: Ventana de trabajo, al sureste de Villa de Cura.	7
2.1: Vista en planta de la estructura graben de la cuenca de Barlovento.	9
2.2: Esquema Neotectónico del área de estudio,	10
2.3: Ubicación de sondeos eléctricos verticales.	10
2.4: Mapa de ubicación de la falla del Río Guárico	12
2.5: Trazas activas cuaternarias de la falla del Río Guárico.	12
2.6: Definición de las formaciones presentes en la zona por diferentes autores.	14
2.7: Cambio de dirección de cauce del río Tuy.	15
2.8: Mapa de drenajes en la región de Sabana El Toro.	16
2.9: Desnivel causado por la falla y desvío del drenaje de los ríos Tuy y Capaya.	17
2.10: Estación “Los Colorados”, afloramiento en la zona: COL11.	18
2.11: Fotografía Estación “Los Colorados”, afloramiento en la zona COL11.	18
2.12: Croquis o interpretación del afloramiento COL11.	19
2.13: Formaciones del grupo Villa de Cura	21
2.14: Terrenos o sedimentos post-napas por encima de las napas de Villa de Cura	22
2.15: Esquema de adquisición y funcionamiento del método VLF.	23
2.16: Equipo EM16 Geonics usado en campo.	25
2.17: Equipo de electromagnético EM-34 usado en campo.	27
2.18: Magnetómetro Modelo GSM-19 usado en campo	30
2.19: Funcionamiento del equipo GPR	31
2.20: Esquema de propagación de las ondas en Sísmica de Reflexión.	32
3.1: Ventana de trabajo, zona de Barlovento.	35
3.2: Ventana de trabajo, al sureste de Villa de Cura.	35
3.3: Perfiles de adquisición magnética al sureste de Villa de Cura.	38
3.4: Perfiles de adquisición magnética al Noroeste de Villa de Cura.	38
3.5: Radar de Penetración del Subsuelo (GPR).	40
3.6: Ensamblaje de GPR y control de adquisición.	41

	Pag.
3.7: Perfiles de adquisición con antenas de 50, 100 y 200 Mhz.	42
3.8: Adquisición de datos GPR en la zona de Barlovento.	42
3.9: Realización de disparo de reflexión en campo, Villa de Cura.	43
3.10: Esquema de adquisición de datos sísmicos	43
3.11: Vista panorámica de tendido de adquisición de datos sísmicos	44
3.12: Ensamblaje de la cámara sísmica.	44
4.1: Variación diurna en Villa de Cura	46
4.2: Filtro “Fraser” realizado a los datos de VLF.	48
4.3: Control automático de ganancia aplicado a datos de GPR.	49
4.4: Filtro aplicado a datos de GPR.	49
4.5: Ventana de importación de los datos sísmicos en Reflexw	50
4.6: Esquema de adquisición sísmica utilizado en campo	51
4.7: Filtro pasa banda “butterworth” en frecuencia.	51
4.8: Ganancia automática “AGC Gain”, aplicada a datos sísmicos	52
4.9: Esquema de análisis de velocidad por semblanza	52
4.10: Aplicación de filtro “subtract mean (dewow)”	53
4.11: Aplicación de corrección de estática	54
4.12: La aplicación de un corte en tiempo.	54
4.13: Control Automático de Ganancia (AGC), aplicado a datos sísmicos	55
5.1: Posible ubicación de fallas geológicas a partir de datos VLF, Villa de Cura.	56
5.2: Perfil Electromagnético N°1. Villa de Cura	56
5.3: Perfil Electromagnético N°2. Villa de Cura	57
5.4: Posible ubicación de falla geológica a partir de datos de VLF, Barlovento.	58
5.5: Perfil Electromagnético VLF. Barlovento.	59
5.6: Posible ubicación de fallas geológicas a partir de datos electromagnéticos	59
5.7: Perfil de conductividad aparente, Villa de Cura.	60
5.8: Ubicación de fallas a partir de datos magnéticos. SE de Villa de Cura.	61
5.9: Ubicación de fallas a partir de datos de reducción al polo SE de Villa de C.	62
5.10: Derivada vertical del SE de Villa de Cura.	63

	Pag.
5.11: Análisis espectral del SE de Villa de Cura.	64
5.12: Mapa de Intensidad Magnética Total, San José de Río Chico.	65
5.13: Perfil de IMT y Derivada Vertical de IMT, “hacienda Mujica”, Villa de C.	66
5.14: Análisis espectral de IMT del perfil, “hacienda Mujica”, Villa de Cura.	67
5.15: Perfil “sureste” de IMT y Derivada Vertical de IMT. SE Villa de Cura.	68
5.16: Análisis espectral de IMT del perfil “sureste”, Villa de Cura.	68
5.17: Perfil de Intensidad Magnética Total en cantera, Barlovento.	69
5.18: Perfil de Radar de penetración de suelos. Afloramiento COL11, Barlovento.	70
5.19: Perfil de Radar de penetración de suelos. Cantera Barlovento.	71
5.20: Perfil sísmico realizado en la hacienda Mujica al sureste de Villa de Cura.	74
5.21: Perfil integrado hacienda Mujica al sureste de Villa de Cura.	75
5.22: Perfil integrado “sureste Villa de Cura”.	76
5.23: Mapa integrado “sureste Villa de Cura”	78

Introducción

Enmarcada sobre una de las zonas con mayor actividad tectónica, Venezuela posee un grupo de fallas a lo largo de toda la Cordillera de la Costa que son producto del choque entre la Placa Caribe y la Placa Suramericana.

En muchas zonas de depresiones venezolanas, las diferentes fallas se encuentran selladas por sedimentos recientes, lo cual hace que el estudio se haga más difícil, y en consecuencia, conlleve a obtener una menor precisión de la ubicación y caracterización tanto de la falla como de su entorno tectónico y su actividad en el presente. En este sentido el uso de herramientas geofísicas, como estudio integrado, serían de gran utilidad para identificar fallas inferidas por fotointerpretación y de tal manera corroborar la existencia de las mismas realizando la caracterización en zonas soterradas por sedimentos y contribuir con los estudios que realiza FUNVISIS sobre la actividad tectónica en distintas zonas del sistema montañoso de la Cordillera de la Costa en la región central.

De esta manera, el siguiente proyecto está orientado a conocer, en diferentes tipos de suelos, el nivel de resolución de los métodos geofísicos, tales como: magnético, electromagnético de baja frecuencia, electromagnético a frecuencia variable, sísmica y radar de penetración de suelos; en la identificación de la falla del río Guárico al sureste de Villa de Cura y la falla “Los Colorados” en las cercanías del río Tuy en proximidad a la vía hacia San José de Río Chico. Con la implementación de estos métodos geofísicos se desea obtener información somera del subsuelo (40 a 100 metros en profundidad), y de esta forma ampliar la información existente en superficie para poder caracterizar las fallas citadas y evaluar su actividad tectónica actual. De igual forma realizar la integración de los datos obtenidos para una mejor ubicación de la zona de falla y poder visualizar con precisión geofísica y geológica la situación de la misma.

I.- Objetivos

1.1.- Objetivo General

Corroborar y delimitar fallas en zonas selladas por sedimentos a partir de métodos geofísicos de prospección como Radar de penetración de suelos (GPR), sísmica de reflexión somera, electromagnetismo a muy baja frecuencia (VLF), electromagnetismo a frecuencia variable, en las zonas de Villa de Cura (Falla del Río Guárico) y San José de Río Chico (Falla Los Colorados).

1.2.- Objetivos específicos

- En función de los contextos geológicos de cada zona a prospectar, definir los métodos geofísicos a utilizar y estrategias de adquisición a seguir.
- Probar diferentes geometrías de adquisición para cada método y la distribución de los perfiles en las zonas de trabajo según la geología y la tectónica de cada zona.
- Ubicar las fallas selladas por sedimentos en las zonas de estudio con datos electromagnéticos de muy baja frecuencia (VLF), datos electromagnéticos a frecuencia variable, datos de conductividad aparente y datos magnéticos en una campaña de prospección.
- Describir geoméricamente las fallas a partir de la sísmica de reflexión y GPR, posteriores a su ubicación relativa por intermedio del procesamiento de los datos obtenidos en el objetivo anterior.
- Procesar, interpretar e integrar los datos de campo de cada método y así obtener un estudio tectónico estructural completo del sector de la falla estudiada, en referencia a su marco geológico.
- Conocer, en diferentes tipos de suelos, el nivel de resolución de los métodos geofísicos antes descritos.

1.3.- Justificación

Estudios geológicos realizados en las zonas que enmarcan el presente estudio, han presentado las primeras evidencias de fallamiento reciente a lo largo de diferentes trazas de las fallas en estudio. Con el siguiente estudio se quiere ofrecer información del subsuelo obtenida a través de métodos geofísicos para poder unificar con el criterio geológico de estudios realizados con anterioridad (Audemard et al., 1989; Hernández y Rojas, 2002; Espínola y Ollarves, 2002), con información geofísica obtenida a partir de instrumentos para estudios someros entre 40 y 100 metros, y de este modo verificar la presencia de las fallas y corroborar o definir la ubicación de las mismas en zonas soterradas por sedimentos cuaternarios recientes y ampliar la información necesaria para caracterizar las fallas y evaluar los riesgos de su actividad tectónica actual.

1.4.- Ubicación

En las cercanías del Río Tuy en proximidad a la vía San José de Río Chico. (Fig. N°1.1), al Sureste de la población de Villa de Cura (Fig. N°1.2).



Fig. N°1.1: Ventana de trabajo, zona de Barlovento. Perfiles tentativos de adquisición en línea roja, ubicación por estudios geológicos de la falla en línea verde. Tomado de Ortofotomapa La madre nueva, 6946-I-NE de Cartografía Nacional.

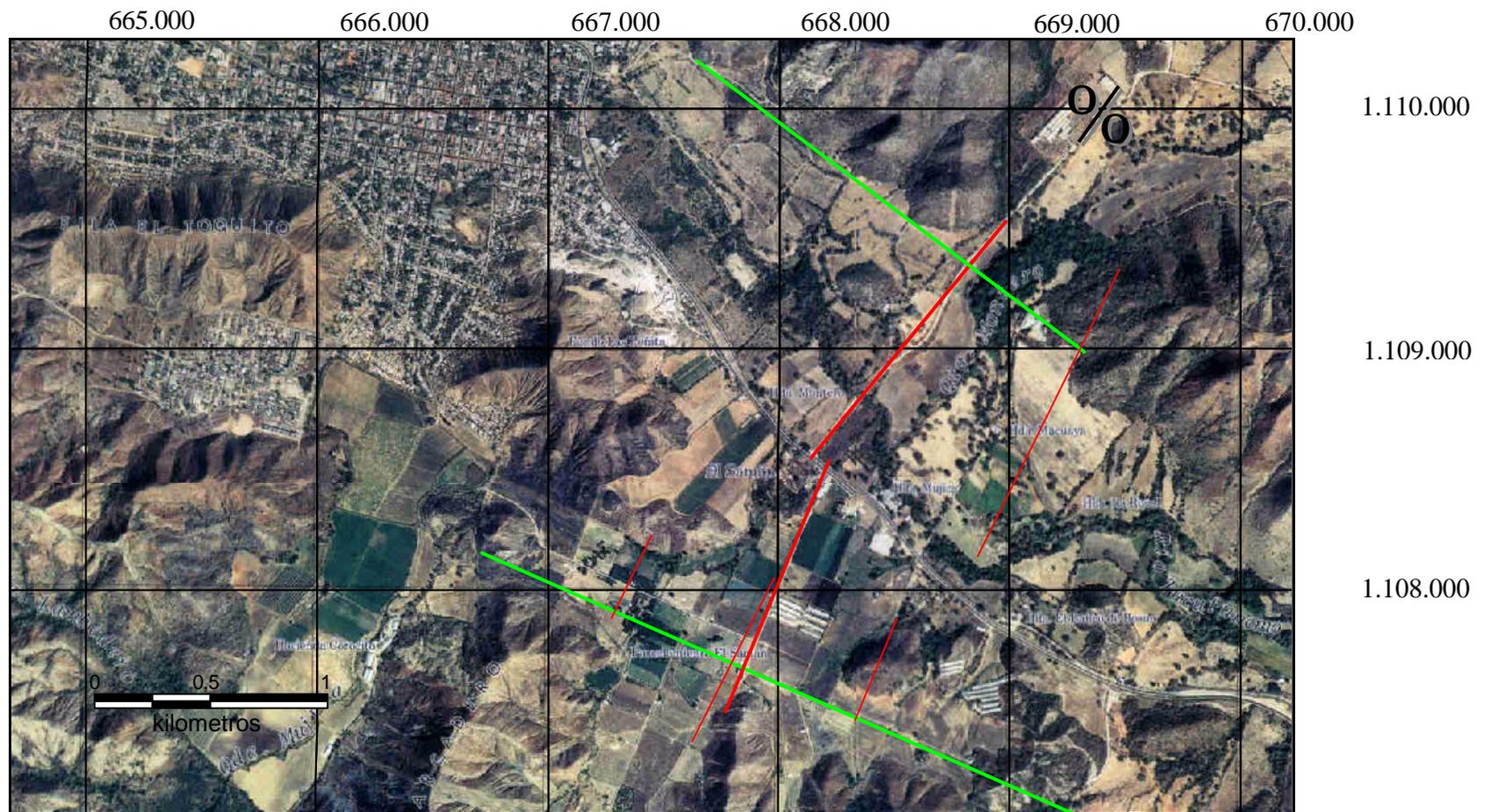


Fig. N°1.2: Ventana de trabajo, al sureste de Villa de Cura. Perfiles tentativos de adquisición en línea roja y posible ubicación geológica de la falla en línea verde. Tomado de Ortofotomapa Villa de Cura, 6746-III-SO de Cartografía Nacional.

II.- Aspectos Teóricos

2.1.- Antecedentes históricos

Estudios geológicos recientes han sido realizados sobre ambas zonas de trabajo, para conocer las implicaciones tectónicas recientes en dichas zonas. A continuación se detalla la información más relevante sobre cada una de las zonas objetivo del presente trabajo, comenzando por Barlovento y luego la falla del Río Guárico.

2.1.1.- Barlovento

Estudio tectono estratigráfico del margen meridional de la Cuenca de Barlovento: Implicaciones Neotectónicas (Hernández y Rojas, 2002).

La cuenca de Barlovento se encuentra ubicada en la región nororiental del estado Miranda, Venezuela. Esta cuenca presenta una forma triangular con un área aproximada de 1600 Km². La cuenca está conformada por depósitos terciarios y cuaternarios, los cuales están distribuidos de manera desigual a lo largo de la misma. Este estudio se limita al margen meridional de la cuenca de Barlovento.

Se definen dos unidades geomorfológicas resaltantes: 1) Unidad de la Serranía del Interior y 2) Unidad de la Depresión de Barlovento. Esta última subdividida en tres sub unidades: 1) Colinas Alargadas 2) Cuencas Bajas y 3) Llanuras Costeras.

Con respecto a la depositación se indica la presencia de dos sistemas de sedimentación, un sistema terciario, representado por las Formaciones Aramina, Cumaca y Carenero de ambientes marinos someros. El sistema cuaternario representado por las Formaciones Caucagua y Mamporal de ambientes continentales. De igual forma se definen dos unidades litoestratigráficas: 1) Formación Caucagua y 2) Formación Mamporal. Estas unidades se definieron por medio de su contenido litológico. También se logró definir dos ambientes depositacionales, el primero

corresponde a canales entrelazados y el segundo de abanicos aluviales para ambas unidades.

En el ámbito tectónico se define una fase de deformación distensiva, definida por el análisis microtectónico de cuatro (4) estaciones en donde se realizaron un total de 25 mediciones. Se determinó un tensor de esfuerzos con σ_1 en posición vertical, σ_2 con dirección NW-SE y σ_3 con dirección NE-SW. En este sentido se conoce que la cuenca de Barlovento corresponde al borde occidental de una estructura de tipo graben, donde la estructura principal al oeste es la falla de Píritu y al este es la falla de San Mateo.

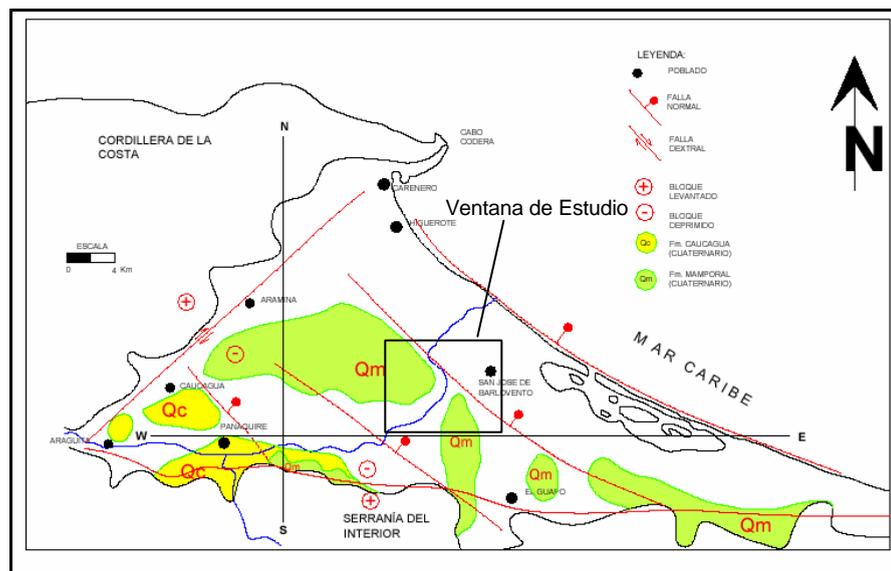


Fig. N° 2.1: Vista en planta de la estructura graben de la cuenca de Barlovento, en donde se observa la distribución de las rocas sedimentarias. (Hernández y Rojas, 2002).

En este estudio se plantea un modelo genético de la cuenca el cual corresponde a una cuenca de tipo graben, originada por un colapso orogénico a finales del Mioceno, lo que genera el espacio en donde se depositan las primeras facies de la cuenca (Formaciones Aramina y Cumaca), para luego colmatarse y dar lugar a los depósitos continentales conformados por las formaciones Caucahua y Mamporal, los cuales se depositaron bajo un régimen sintectónico.

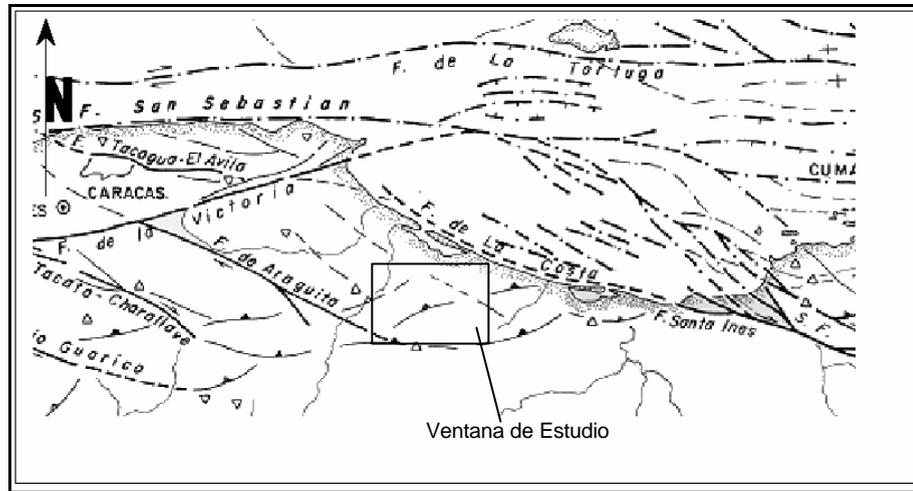


Fig. N° 2.2: Esquema Neotectónico del área de estudio, en donde se pueden observar las fallas aflorantes y la posible ubicación de la falla Los Colorados (Beltrán y Giraldo 1989).

En este trabajo se mencionan varios sondeos eléctricos verticales (SEV), que se utilizaran en la tesis para la corroboración de datos adquiridos en la misma, por lo cual señala la ubicación de los sondeos en el siguiente mapa:

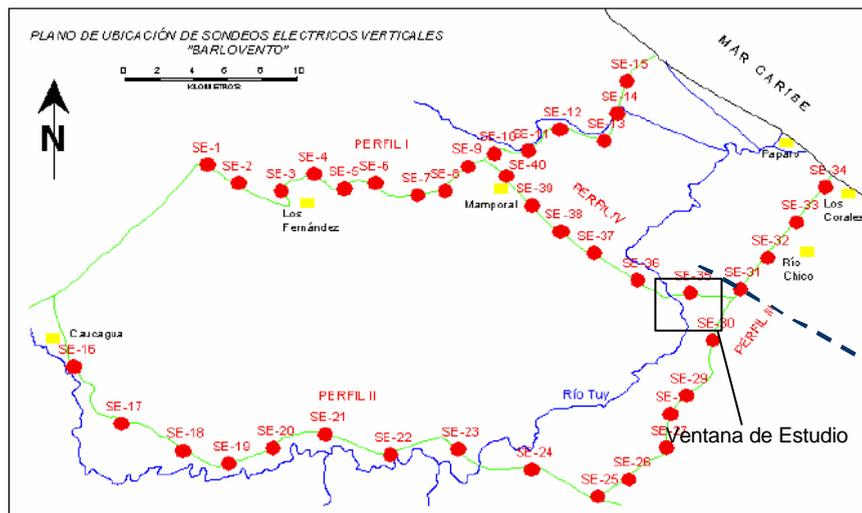


Fig. N° 2.3: Ubicación de sondeos eléctricos verticales, (tomado de Hernández y Rojas, 2002).

2.1.2.-Villa de Cura

Evidencias geomorfológicas de actividad tectónica reciente a lo largo de la Falla del Río Guárico (Audemard, et al., 1989).

La Falla del Río Guárico se extiende transversalmente a la Serranía del Interior, desde el Cerro Carrizal, al este de San Sebastián, hasta el sureste del Lago de Valencia, donde probablemente se une con la falla del Horno perteneciente al Sistema de fallas de La Victoria.

Entre San Francisco de Asís y San Juan de Los Morros la falla presenta dos trazas subparalelas “en échelon” y solapamiento dextro, que controlan los flancos de la depresión aluvial de Villa de Cura. Ambas trazas presentan evidencias geomorfológicas diagnósticas de actividad tectónica reciente representativa de un movimiento lateral dextral con cierto componente normal, lo cual conduce a interpretar la depresión de Villa de Cura como una cuenca en tracción generada por transtensión en la zona en “échelon”.

La falla del Río Guárico y las otras fallas activas de orientación NO-SE, transversales a la Cordillera de La Costa, presentan evidencias geomorfológicas diagnósticas de actividad cuaternaria de importancia sismogénica para la zona, tal como podría ser el caso de la falla de La Victoria.

Una de las conclusiones del presente trabajo es la ubicación aproximada de la falla de Río Guárico, la cual se puede observar en la figura N° 2.4, de donde se determina la posible ubicación de dicha falla y la zona en donde se debe realizar estudios a detalle para reconocer a través de métodos geofísicos la ubicación específica y la caracterización del sistema de fallas que componen el “pull apart” de Villa de Cura.

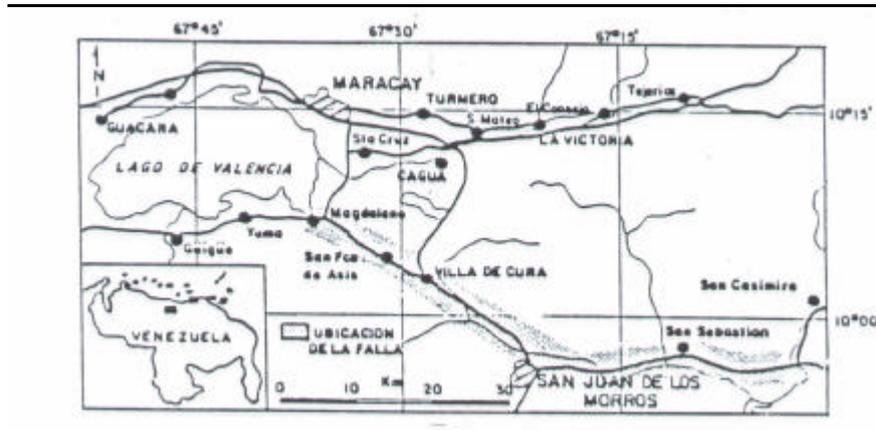


Fig. N° 2.4: Mapa de ubicación de la falla del Río Guárico (en la zona oscura), tomado de Audemard, et al. (1989).

De igual manera se puede observar en la siguiente figura (Fig. N° 2.5), la estructura “pull apart” en la población de Villa de Cura, con las posibles ubicaciones de fallas selladas por sedimentos cuaternarios y que son objeto de estudio en el presente trabajo de tesis.

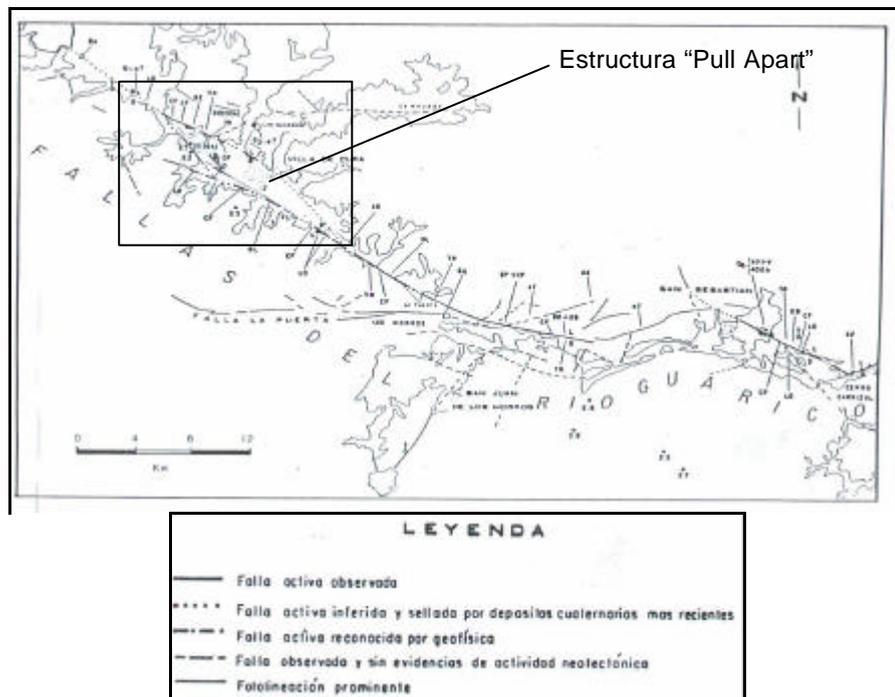


Fig. N° 2.5: Trazas activas cuaternarias de la falla del Río Guárico, (AUDEMARD et al. 1989).

2.2.-Aspectos Geológicos

2.2.1.- Zona de Barlovento

En la zona de Barlovento y particularmente en el sector bajo estudio se ha identificado la presencia de la Formación Mamporal, así como algunos depósitos cuaternarios recientes (Hernández y Rojas, 2002). A continuación se describen estas unidades geológicas.

Formación Mamporal

Generalidades: Varios autores, entre ellos Wolcott (1940, 1945) y Patrick (1959), distinguen sedimentos continentales pleistocenos poco consolidados, mal estratificados, en posición horizontal, que aflora en la región del bajo Tuy. Bermúdez (1966) sugirió su correlación con las capas de Caucagua, en este sentido, Seiders (1965), consideró que ambas unidades constituyen facies ligeramente diferentes en el Pleistoceno, suprayacentes a las formaciones La Cumaca y Aramina. La localidad tipo está ubicada en la carretera Caracas-Higuerote, cerca de Tacarigua de Mamporal, a unos 12 kilómetros al suroeste de Higuerote. También se encuentran afloramientos típicos en los cortes a lo largo de la carretera Tacarigua de Mamporal-Río Chico, hasta el río Tuy. La figura N° 2.6. muestra información de varios autores sobre la zona.

Descripción litológica: La formación consiste en partes aproximadamente iguales de lentes de arcillas, areniscas y conglomerados ligeramente consolidados y pobremente estratificados. Los colores típicos de la formación son rojizo, amarillo y gris; las arcillas generalmente son moteadas y los sedimentos clásticos gruesos son ferruginosos. Las arcillas son finamente arenosas; las areniscas son de granos angulares y subangulares de tamaño variable, cementados con arcilla; los conglomerados contienen una mezcla heterogénea de fragmentos subangulares a subredondeados, del tamaño de guijas y peñas, de rocas ígneas y metamórficas, areniscas y cuarzo y ocasionalmente calizas, en una matriz arcillo-arenosa.

Espesor: Se estima un espesor de unos 120 m, aún cuando no ha sido posible medir una sección completa debido a la discontinuidad de los afloramientos.

Extensión geográfica: La Formación Mamporal se extiende por los valles del Bajo Tuy, estado Miranda, cubriendo la parte central de la Cuenca de Barlovento.

Contactos: Según Patrick (1958) la unidad suprayace discordantemente a la Formación Guatire, equivalente a la Formación Aramina en la cuenca del bajo Tuy, Bermúdez (1966); González de Juana *et al.* (1980) consideran que la unidad suprayace discordantemente a la Formación Caucagua, observándose el contacto entre las dos formaciones en la carretera Caracas-Higuerote, a unos 5 kilómetros al oeste de Tacarigua de Mamporal, así como en diversos sitios a lo largo de la carretera Higuerote-Curiepe. (Tomado de www.pdvsa.com/lexico/lexicoh.htm).

Periodo	Época	WOLCOTT 1940	PATRICK 1958	SEIDERS 1965	BERMÚDEZ 1966	URBANI 1977	DÍAZ 1982	MENDEZ & SCHERER 1997	ESPÍNOLA & OLLARVES 2002	
Cuaternario	Holoceno									
	Pleistoceno	Tardío								
		Medio	Fm. Mesa	Fm. Mamporal	Fm. Mamporal	Fm. Mamporal	Capas de Caucagua	Fm. Caucagua	Fm. Mamporal	Fm. Mamporal
		Temprano							Fm. Caucagua	Fm. Caucagua
	Neógeno	Plioceno	Tardío	Fm. Guatire	Fm. Guatire	Capas de Caucagua				
			Temprano							
Mioceno		Tardío			Fm. Cumaca	Fm. Aramina	Miembro Cumaca			Fm. Aramina
		Medio		Fm. Aramina		Fm. Carenero		Fm. Carenero	Fm. Aramina	
		Temprano	Fm. Aramina							
Paleógeno	Oligoceno	Tardío	Fm. Cumaca							
		Temprano								

Fig. N° 2.6: En esta tabla se muestra la variación de la definición de las formaciones presentes en la zona por diferentes autores. A la izquierda se muestran las edades propuestas por cada uno de los autores, quienes se encuentran en el margen superior de la tabla. Dentro de la tabla se observa como varían las definiciones y los contactos y nombres de las Formaciones presentes. (Hernández y Rojas, 2002)

Para la Cuenca de Barlovento, las evidencias o los estudios de fallas activas se obtuvieron a partir de unos análisis de fotografías aéreas, mapas topográficos y observaciones directas de campo realizadas por Ebelio Espínola y Reinaldo Ollarves en octubre 2002. En dicho trabajo, que resume estudios previos en la zona, se pueden observar las siguientes características:

- La posición actual del río Tuy, el cual recorre la depresión de Barlovento pegado al frente de montaña de la serranía del interior, mantiene esa dirección del frente de montaña, hasta llegar a las cercanías del poblado de El Clavo, donde cambia de curso oeste-este a suroeste-noreste para desembocar en el Mar Caribe, (ver Fig. N° 2.7), lo cual evidencia un basculamiento general de la Cuenca de Barlovento, donde el borde norte es levantado mucho mas rápido que el sur.

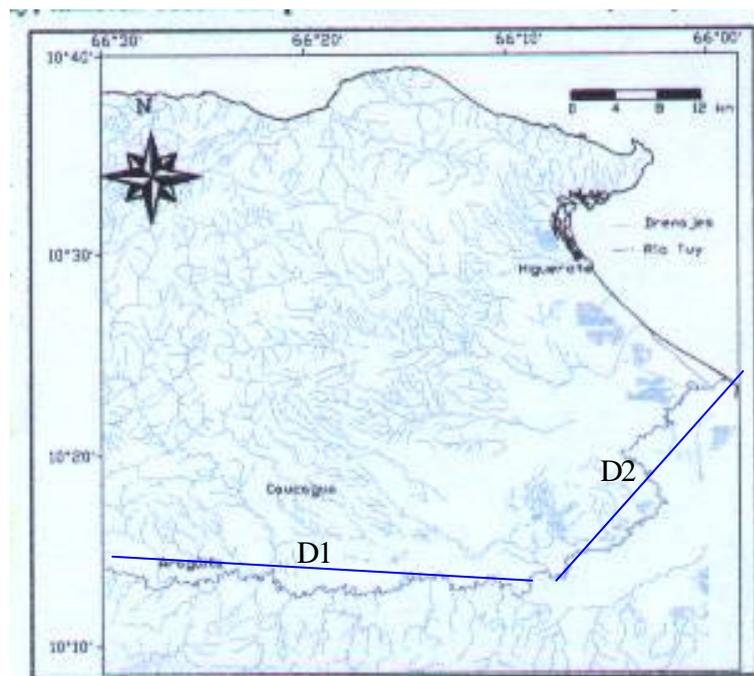


Fig. N° 2.7: Cambio de dirección de cauce del río Tuy, de oeste-este (D1) a suroeste-noreste (D2). (Espínola y Ollarves, 2002).

- Otra evidencia significativa del sistema de fallas, se encuentra sobre los trazados del río Tuy y Capaya. En el caso del río Tuy, en las cercanías de los poblados de Caraquita y Madre Nueva, se observa un codo de aproximadamente 90° de desvío del cauce del río hacia el noroeste. De igual forma y bajo la misma traza, se observa que el río Capaya presenta un codo similar cercano al pueblo de Tacarigua de Mamporal, el cual desvía el río hacia el sureste. Estas evidencias son considerados drenajes desviados en donde un accidente tectónico captura el curso de los ríos arrastrándolos hacia la parte más profunda del salto de falla. De este modo la falla se encontraría muy cercano al cauce del río Tuy, trayendo como consecuencia fallas cercanas a esta en la misma dirección y posiblemente de fácil ubicación con los métodos de prospección utilizados en este trabajo. (ver Fig. N° 2.8)

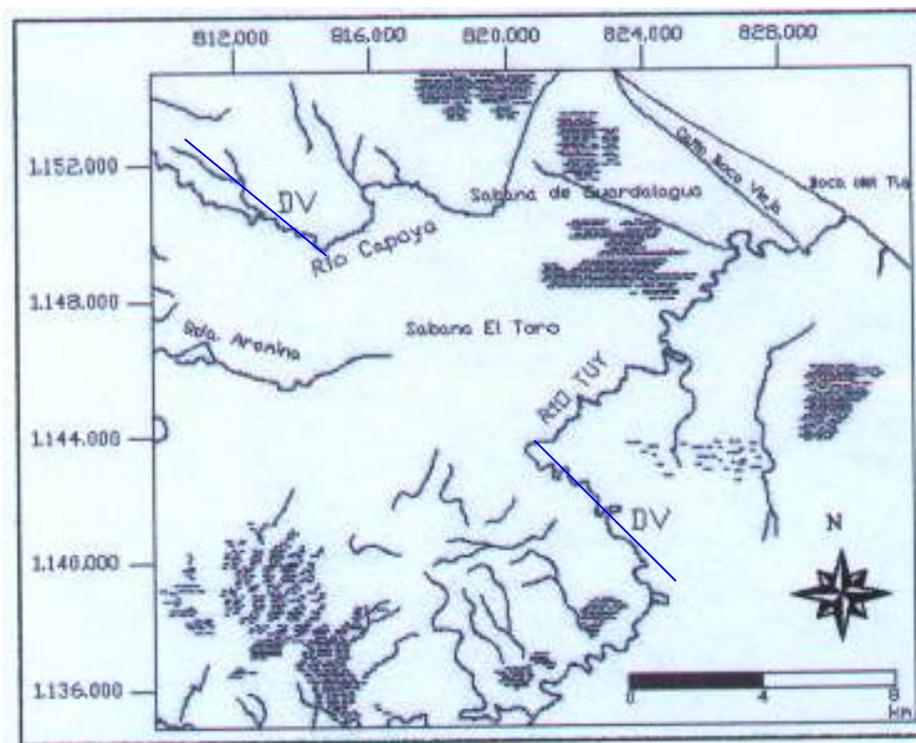


Fig. N° 2.8: Mapa de drenajes en la región de Sabana El Toro, mostrando los desvíos (DV) de los ríos Tuy y Capaya. (Espínola y Ollarves, 2002).

- Pasando el poblado de Tacarigua de Mamporal, por la carretera vía Higuerote, se observa un desnivel topográfico cercano a los 20 metros, que separa un nivel de terrazas acolinadas, sobre la cual se encuentran los poblados de Tacarigua de Mamporal, Las Colonias y la urbanización Campo Mar, con una planicie que representa una superficie de inundación en la cual se encuentra la Sabana de Oro. “Este desnivel se puede interpretar como un escarpe de falla segregado, el cual pudo ser erosionado por procesos exógenos y endógenos dentro de una paleolínea de costa” (Ver Fig. N° 2.9).

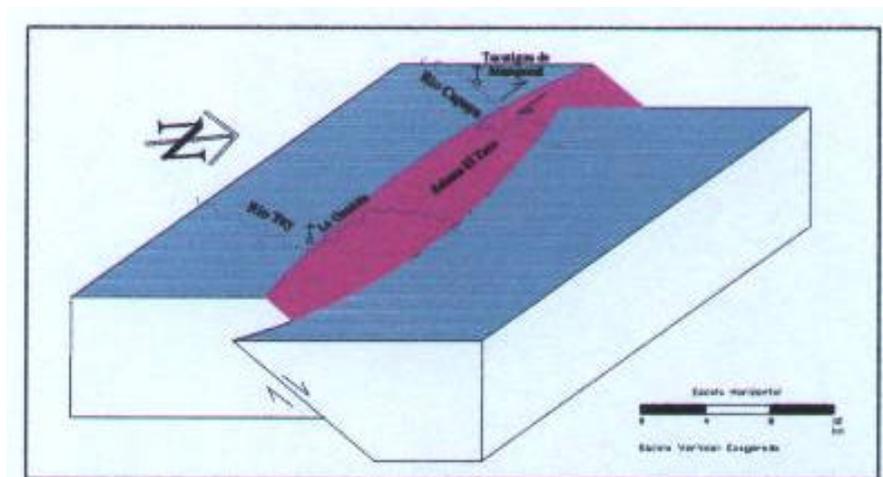


Fig. N° 2.9: Desnivel causado por la falla y desvío del drenaje de los ríos Tuy y Capaya en la zona. (Espínola y Ollarves, 2002).

En la carretera secundaria desde la población de El Colorado hasta la población de San Juan se encuentra una estación microtectónica llamada “Estación Los Colorados” (Ver Fig. N° 2.10), (Tomado de Espínola y Ollarves 2002), donde se observan una secuencia de conglomerados, areniscas y arcilitas, con fallas que afectan a los sedimentos mas blandos, aunque se observan fallas que afectan casi toda la secuencia.

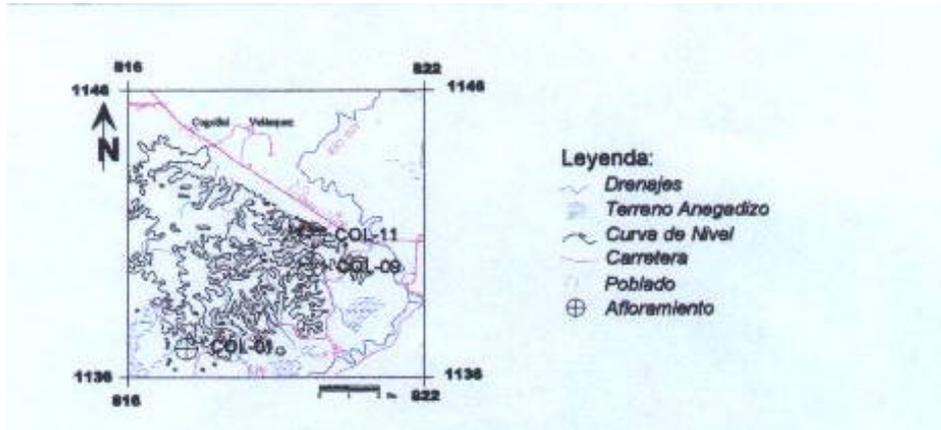


Fig. N° 2.10: Estación “Los Colorados”, donde se puede observar, cercano al río Tuy, la falla y estrías de fallas en un afloramiento en la zona: COL11. (Espínola y Ollarves, 2002).

En este afloramiento COL11 se puede observar un conjunto de fallas, bien sea fallas paralelas pertenecientes al sistema de fallas de la zona y unas fallas de reacomodo del material en la zona aflorante. En este sentido, se desea realizar estudios comparativos geofísicos con los estudios geológicos realizados por Espínola y Ollarves en el 2002 en dicho afloramiento, cuya interpretación se muestra en las figuras N° 2.11 y 2.12

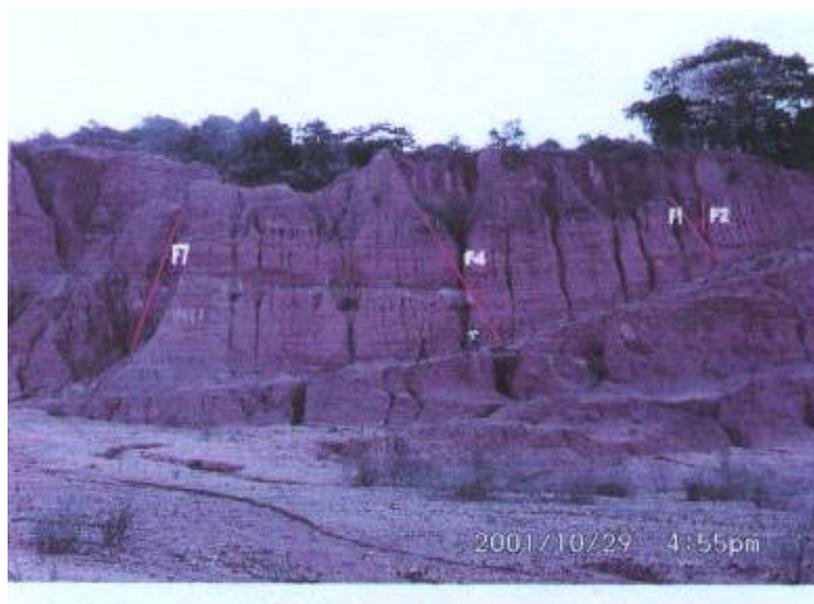


Fig. N° 2.11: Fotografía Estación “Los Colorados”, donde se puede observar, en color rojo, las fallas encontradas dentro del afloramiento en la zona COL11. (Espínola y Ollarves, 2002).



Fig. N° 2.12: Croquis o interpretación del afloramiento COL11 realizado por Espínola y Ollarves (2002).

2.2.2.- Zona de Villa de Cura

Entre la cuenca de Tucutunemo y las formaciones del grupo de Villa de Cura, que buzanan uniformemente hacia el sur, hay una fosa tectónica actualmente ocupada por la formación Paracotos, la cual está limitada al norte y al sur por las fallas de Santa Rosa y Agua Fría respectivamente, y marcada por una línea de intrusiones de serpentinita.

Dentro de estas fallas existe una unidad estructural representada por un bloque de rocas sedimentarias no metamorizadas, fallado y deprimido contra el bloque de Villa de Cura, a lo largo del límite meridional del área del mapa. Esta zona consiste en una secuencia de pequeños anticlinales y sinclinales generalmente volcados en forma asimétrica hacia el norte, que varían desde estructuras abiertas a pliegues comprimidos con rumbo paralelo o subparalelo a las estructuras de las rocas metamórficas.

En esta zona y según Shagam (1960): “es posible que exista una falla transcurrente principal a lo largo del frente de los sistemas metamórficos, pero que las relaciones están ocultas por una cubierta de rocas más jóvenes”, hecho por el cual motiva la ejecución del presente proyecto geofísico.

El movimiento horizontal de esta falla (falla de Guárico), no ha sido de más de 3 kilómetros, creando un pequeño “Pull Apart” en la zona de la población Villa de Cura, desplazada por la fosa de Paracotos, sin desplazar el límite metamórfico del área de La Puerta y cubierto por sedimentos recientes, como lo indica Shagam(1960).

La interpretación estructural que se da a continuación, representa necesariamente la simplificación extrema de un ambiente tectónico complejo realizada por Shagam (1960). Los rasgos estructurales predominantes de dirección N75°E, se desarrollaron como consecuencia del primer período de deformación, ocurrido en el Cretáceo medio, relacionados con un esfuerzo compresional de dirección NNO-SSE. La deformación de alargamiento desarrollada en dirección normal a este esfuerzo produciría las fallas normales que se agrupan en dirección NO y NNE.

Los esfuerzos arriba mencionados no pueden haber producido el movimiento longitudinal ocurrido a lo largo de las fallas de Santa Rosa y Guárico, siendo este movimiento producto de un par de fuerzas de cizallamiento de dirección este-oeste y movimiento lateral hacia la derecha. Dengo (1953) sugiere que la compresión NNO-SSE pudo haber sido producida por una componente de este par de fuerzas. Las observaciones de Dengo han sido sostenidas por compilaciones de las principales fallas transcurrentes del norte de Venezuela, donde se evidencia que el par de fuerzas de cizallamiento de dirección este-oeste, es de carácter regional muy común en esta parte del área del Caribe.

Es posible que la falla transcurrente de Guárico se desarrollase durante el primer período de deformación y represente, posiblemente, un plano de cizallamiento relacionado con la pareja de fuerzas de cizallamiento este-oeste.

El grupo Villa de Cura está constituido por cuatro formaciones: El Caño, El Chino y El Carmen, que forman una subsecuencia de lavas y tobas básicas con

metamorfismo regional de bajo grado y la formación Santa Isabel compuesta por diferentes tipos de esquistos, y probablemente yace en contacto concordante con la formación El Carmen. Por encima de este grupo se encuentran sedimentos cuaternarios recientes aflorando en la zona de adquisición de los datos.

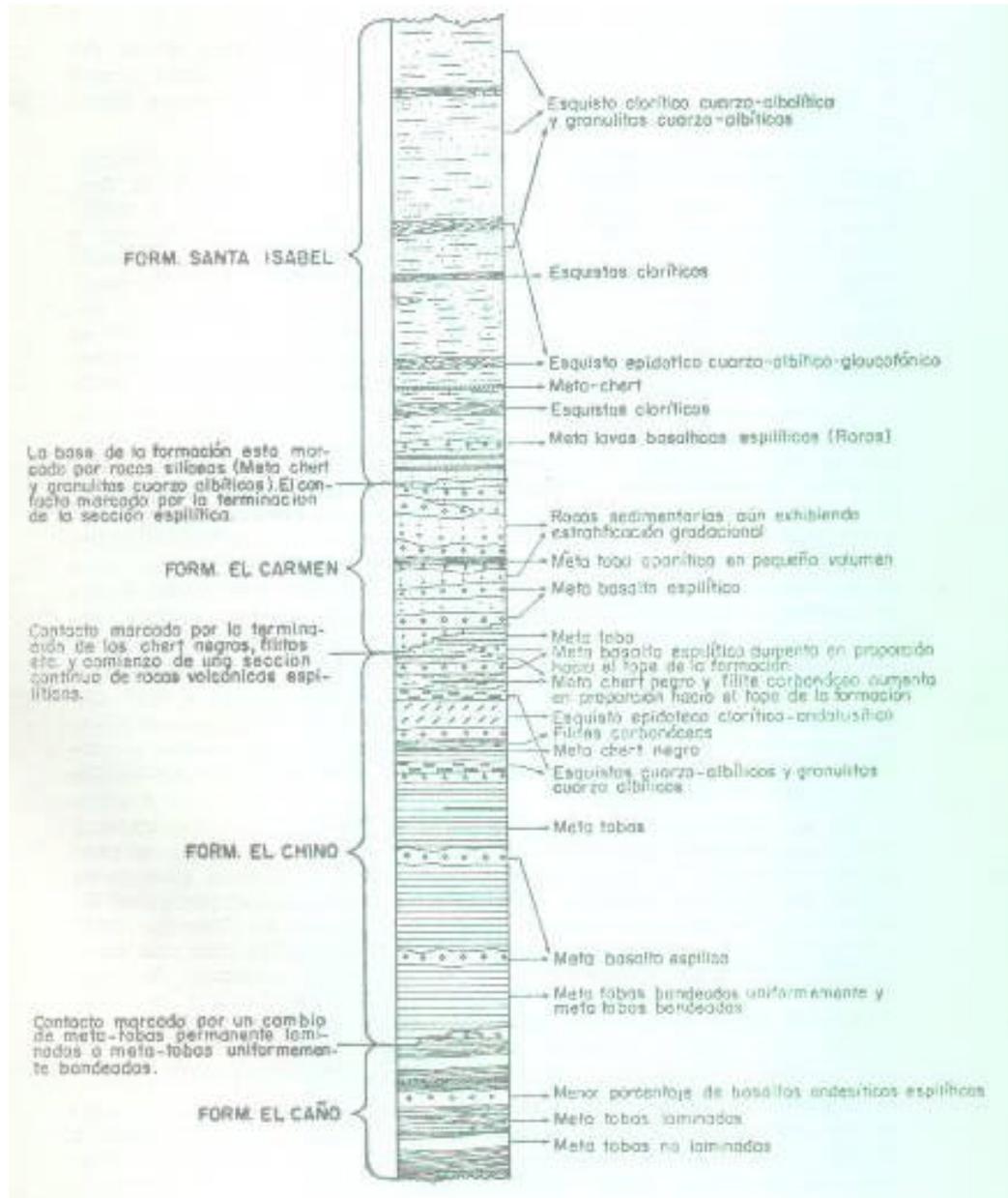


Fig. N° 2.13: Formaciones del grupo Villa de Cura, sobre los cuales reposan los aluviones cuaternarios recientes, presentes en la población de Villa de Cura -zona de adquisición- (Shagam, 1960).

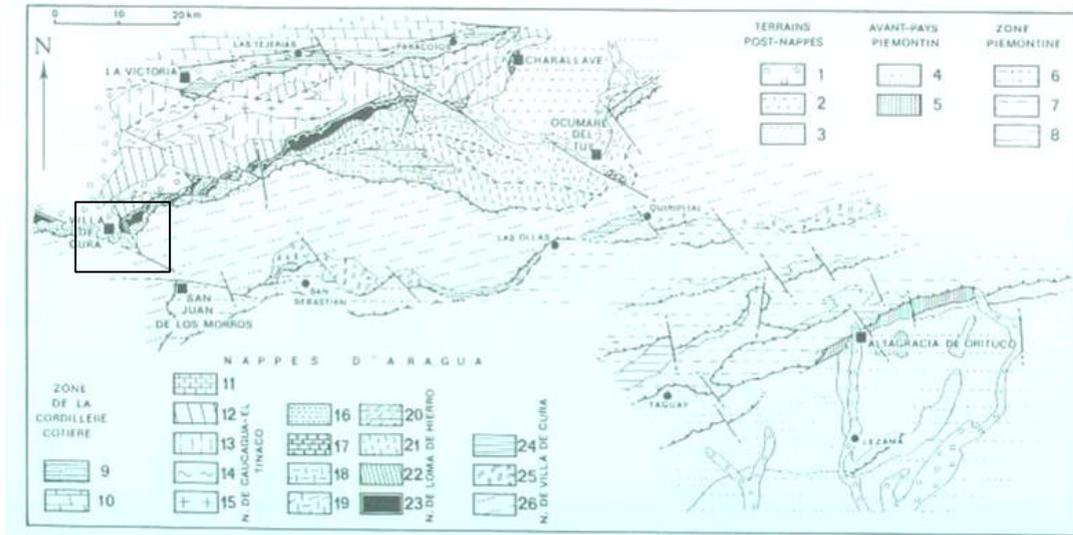


Fig. N°2.14: En el cuadro de la gráfica se observan terrenos o sedimentos post-napas por encima de las napas o bloque de Villa de Cura y otras napas. (Tomado de Beck, 1986).

2.3.- Aspectos Geofísicos

Es un método electromagnético que responde a las variaciones de la resistividad en el subsuelo hasta una profundidad de algunas decenas de metros.

Su principio se basa en el hecho de que las propiedades eléctricas del subsuelo afectan el comportamiento de las ondas de radio de baja frecuencia. Este tipo de ondas primarias son generadas por poderosas antenas transmisoras VLF, de 200 a 300 metros de altura, ubicadas en algunos puntos estratégicos alrededor del planeta, especialmente diseñadas para este fin. A través de estas antenas se hace circular una corriente alterna, generándose un campo electromagnético variable que se propaga en todas las direcciones y que puede ser detectado a miles de kilómetros de distancia de la antena emisora. Las ondas electromagnéticas irradiadas tienen frecuencias en el orden de 3 a 30 KHz.

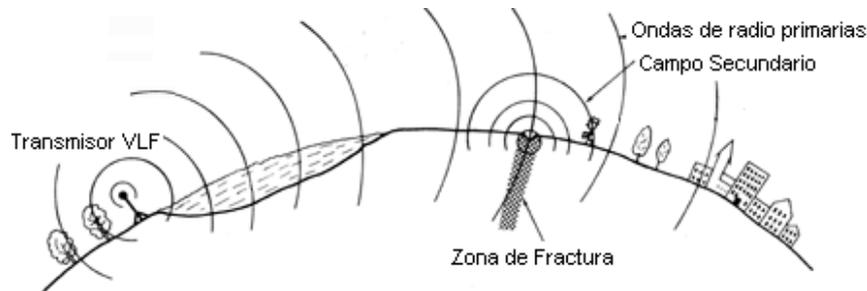


Fig. N° 2.15: Esquema de adquisición y funcionamiento del método VLF (www.trxconsulting.com).

Las señales generadas por las antenas emisoras están formadas por un campo eléctrico y un campo magnético que oscila en la frecuencia de la antena elegida, los cuales se representan por vectores. Para el campo magnético el vector es horizontal y está orientado en forma perpendicular con la línea que une el punto de observación y el transmisor, mientras que el campo eléctrico generado por el cuerpo es vertical y perpendicular tanto a la dirección de propagación como al campo magnético primario.

Para cada punto del espacio éste estará orientado en una determinada dirección y tendrá un determinado desfase con respecto al campo primario.

Cuando un cuerpo conductor se encuentra inmerso en un campo electromagnético se inducirá en él una corriente eléctrica que generará, a su vez, un campo magnético secundario. Para cada punto del espacio éste estará orientado en una determinada dirección y tendrá un determinado desfase con respecto al campo primario.

Debido a que ambas componentes del campo magnético difieren tanto en fase como en dirección, el campo magnético resultante cambia continuamente de dirección, realizando una evolución completa para cada ciclo. La resultante de los vectores (H_p y H_s) traza una elipse cuyo extremo estará muy alargado en la dirección del campo primario y se dice que el campo está elípticamente polarizado.

Los principales parámetros medidos en VLF son la inclinación del eje mayor de dicha elipse de polarización (**a**) y la elipticidad (**e**), esto es, la relación entre su eje mayor y menor (b/a). Matemáticamente se demuestra que **a** es aproximadamente igual a la parte en fase (componente real) de la componente vertical (H_{ZR}), mientras que la elipticidad es aproximadamente igual a la parte imaginaria (componente en cuadratura) de la componente vertical (H_{ZI}). Ambos parámetros suelen medirse en porcentajes del campo primario horizontal del siguiente modo (Ogilvy y Lee. 1991):

Componente Real (%) = $100 a$ (a en radianes) y Componente Imaginaria (%) = $100 e$

Del mismo modo pueden realizarse medidas de las componentes en fase y en cuadratura de la proyección de la elipse de polarización sobre el plano horizontal, como es el caso del instrumento utilizado en el trabajo de campo: **GEONICS EM-16R** que mide las siguientes cantidades:

EM16: componentes en fase y cuadratura del campo magnético secundario, como porcentaje del campo primario. El sensor de medida es un “coil” de Ferrite calibrado por un cristal con la frecuencia de la estación usada, (ver características en tabla N° 2.1).



Fig. N° 2.16: Equipo EM16 Geonics, usado en campo en ambas localidades (www.trxconsulting.com).

Tabla 2.1. Características Generales de EM-16.

Cantidad Medida	Componentes vertical de campo magnético
Sensibilidad	En fase : $\pm 150\%$ Cuadratura : $\pm 40\%$
Resolución	$\pm 1\%$
Salida	Anulación de tono. La componente en fase se mide en un inclinómetro. La componente en cuadratura en dial graduado.
Frecuencia de operación	15 - 25 Khz.
Fuente de poder	6 baterías AA
Dimensiones	42x14x9 cm
Peso	Instrumento: 1,6 Kg. Consola: 5,5 Kg

Dentro de las aplicaciones geológicas más comunes de este método se encuentran: la exploración minera, detección de aguas subterráneas, estudios de suelo, estudios arqueológicos, entre otras. Con este instrumento se quiere observar la ubicación, sin detalle, de las fallas en estudio, tratando de ampliar de este modo las aplicaciones del mismo, a partir de contrastes de resistividades durante el perfil de adquisición.

Otro instrumento utilizado en campo con características similares al EM16, es el **EM34** (ver características en tabla N°2.2), este permite cartografiar la conductividad eléctrica aparente en suelos y substratos, caracterizado por ser un equipo portátil operado por dos personas, y cuyo rango de acción en profundidad está entre los 7,5-40 metros aproximadamente, consiste en una bobina transmisora energizada con corriente alterna, y un receptor ubicado a corta distancia de la bobina emisora. La circulación de la corriente alterna en la bobina emisora, genera un campo magnético asociado que se propaga hacia el suelo. Cuando éste campo magnético se encuentra con un cuerpo conductor, se inducen pequeñas corrientes en el mismo, estas corrientes generan, a su vez, un campo magnético secundario el cual es censado por el receptor, junto con el campo primario. En general este campo magnético secundario es función del espaciamiento del transmisor y el receptor, la frecuencia de operación y la conductividad de la tierra.

Tabla N° 2.2: Características técnicas de EM -34

Frecuencias de Operación	6.4 Khz. con separación de 10 m 1.6 Khz. con separación de 20 m 0.4 Khz. con separación de 40 m
Rango de medición de conductividad	0 – 300 mS/metro
Precisión	2% en escala completa
Nivel de ruido	Menos de 0.2 mS/ metro
Distancia entre transmisor y receptor	10 m , 20 m y 40 m



Fig. N° 2.17: Equipo de electromagnético EM-34. Bobinas transmisoras y receptoras (izquierda) y modo de empleo del equipo EM34 usado en campo en la zona de Villa de Cura (derecha). (www.trxconsulting.com).

Bajo ciertos criterios, técnicamente definidos como “operación con número de valores de inducción pequeños”, el campo magnético secundario es una función simple de estas variables. La proporción entre el campo magnético secundario y primario es ahora linealmente proporcional a la conductividad aparente del terreno, el cual es el parámetro de investigación. Este aparato está en capacidad de utilizarse con gran capacidad en mapeo de conductividad de suelo, identificaciones de lentes de arcilla, presencia de agua en el substrato, delineamiento de depósitos de grava, mapeo de intrusiones salinas, detección de cavidades, mapeo de plumas contaminantes en aguas subterráneas, mapeo de la topografía de la roca “caja”, caracterización geológica en general incluyendo zonas de fallas y fracturas, y localización de tuberías.

2.3.2.- Magnetismo

La presencia del campo geomagnético es utilizada por la geofísica para detectar la presencia (o ausencia) de elementos ferromagnéticos en el subsuelo.

A escala microscópica, los momentos magnéticos de los minerales que se encuentran en suelos, sedimentos y rocas se alinean en la dirección del campo geomagnético presente en el momento de su formación, produciendo un momento magnético macroscópico neto que se observa como una magnetización inducida, esta magnetización inducida es proporcional a la susceptibilidad magnética macroscópica del cuerpo, propiedad que puede ser medida por los magnetómetros para estudios del subsuelo.

El magnetismo es un método pasivo que permite la medición de las propiedades magnéticas en cualquiera condición geológica. Puede ser aplicado en plataformas aéreas, marina (bajo el agua) y en tierra. Grandes avances en la teoría de campos potenciales, técnicas de adquisición, algoritmos de interpretación y visualización permiten que datos magnéticos (y gravimétricos) sean usados en nuevas y avanzadas formas en la ayuda a la solución de problemas de exploración, ingeniería-geotecnia y ambiente.

El magnetismo es ampliamente aplicado en la exploración petrolera (avión y marino) y minera (avión y terrestre), ingeniería civil - geotecnia, en estudios del medio ambiente y arqueología entre otras. En particular, algunas de las aplicaciones son:

- Mapeo geológico de unidades que muestran contrastes de susceptibilidad.
- **Mapeo estructural (fallas, fracturas, etc.)** e identificación de riesgos geológicos.
- Detección de profundidad del substrato y del basamento.
- Detección de minerales de hierro, o asociados a estos, y/o elementos magnéticos (magnetita, pirrotita), como Cromita, Manganeso y Sulfuros.
- Exploración de depósitos asociados a la topografía del basamento (conglomerados ricos en U, estrados ricos en Pb-Zn).
- Localización y caracterización de Kimberlitas.

- Localización y caracterización de depósitos tipo “Placeres” y otros minerales con características magnéticas, tipo Asbesto.
- Delineamientos del perímetro de campos de relleno.
- Detección de objetos metálicos enterrados (tuberías, desechos,...).
- Investigaciones Marinas y fluviales

En el presente trabajo se desean hacer adquisiciones de perfiles magnéticos a lo largo de carreteras o caminos perpendiculares a la posible ubicación de la falla en cuestión, para, de este modo, obtener un contraste lateral entre los datos y observar la ubicación aproximada de la falla. En tal sentido, los datos de campo serán sometidos a una serie de procesamientos para poder observar de manera mas clara los contrastes de magnetización e inferir la ubicación de la falla con mayor veracidad y exactitud, de este modo se le realizaran los siguientes procesamientos:

2.3.2.1.- Reducción al Polo.

Permite ver las anomalías como si estuvieras al polo, en un campo vertical. Esto permite ver las anomalías sobre y con una geometría representativa de los cuerpos que lo causan y de este modo inferir la forma del cuerpo, en este caso, poder caracterizar el tipo de falla.

2.3.2.2.- Derivadas (verticales y horizontales).

Procesamiento que permite resaltar las transiciones laterales y verticales de la señal para observar la forma de la falla en profundidad y su continuidad en el subsuelo.

El aparato utilizado es un GSM GEM – 19, magnetómetro overhauser con sensores Omnidireccionales con sensibilidad = 0.02 nT, Precisión Absoluta = 0.2 nT y un intervalo de muestreo hasta 5 Hz, teniendo como característica importante, la

ausencia de "zona muerta" y error direccional, elementos indispensables para investigaciones en áreas de bajas latitudes. (Tomado de TRXconsulting.com).



Fig. N°2.18: Modelo GSM-19 usado en campo (izquierda) y modo de adquisición de datos en campo (derecha). (Tomado de trxconsulting.com).

2.3.3.- Radar de Penetración de Suelos (GPR).

La operación del GPR es similar a la sísmica de reflexión a "offset" constante o a una agrupación CMP en lo que respecta a la adquisición y el procesamiento de los datos. Sin embargo, la sísmica utiliza ondas acústicas mientras el GPR utiliza ondas electromagnéticas. En el GPR, un breve pulso de energía electromagnética es irradiado hacia el subsuelo por un transmisor (Tx), con una frecuencia característica única que puede estar entre 16 y 2.000 Mhz, en el caso de la adquisición 50, 100 y 200 Mhz. Cuando este pulso alcanza interfaces donde existe un contraste en la constante dieléctrica o cuerpos que presenten diferencias en dicha constante con el medio que los rodea, ocurren fenómenos análogos a los que se dan en sísmica cuando cambia la impedancia acústica: una fracción de la energía de la onda es reflejada, regresa hasta la superficie y es detectada en una antena receptora (Rx), mientras la energía remanente continúa hasta la próxima interfase, (ver Fig. N° 2.19)

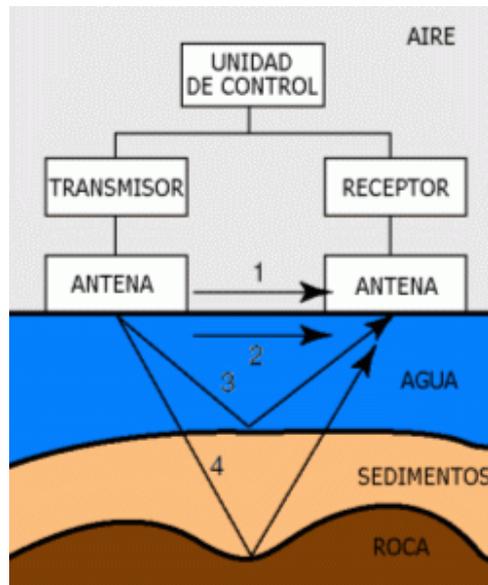


Fig. N° 2.19: Funcionamiento del equipo GPR, donde un breve pulso electromagnético recorre el subsuelo desde la antena transmisora hasta la receptora con fenómenos similares a los de la sísmica de reflexión en las diferentes interfases. (Tomado de trxconsulting.com).

La profundidad de penetración y la resolución observada dependen del tipo de antena usada para una adquisición particular. Aunque las ondas electromagnéticas no penetran a profundidades como las observadas en las ondas acústicas, éstas generan señales con una mayor resolución. En aplicaciones de tipo geológico, las antenas “no-blindadas” permiten investigar hasta profundidades de 30-60 m. En aplicaciones urbanas y de alta resolución las “antenas blindadas” de alta frecuencia permiten un mejor control del ruido y las reflexiones desde el aire y una altísima calidad en la imagen radar con un alcance en la profundidad de investigación de hasta 5-10 m.

El GPR genera una imagen del subsuelo con altísima resolución lateral y vertical, siempre dependiendo del contraste de la constante dieléctrica que exista en el subsuelo. Es el método moderno de más éxito en aplicaciones a investigaciones del subsuelo “no invasivas”, sin necesidad de realizar excavaciones o algún otro tipo de intervención destructiva. Por esto es un método que no afecta el medio ambiente y es

excelente para las fases de planificación y desarrollo de proyectos industriales. Adicionalmente, no necesita establecer contacto físico de ningún tipo (tipo electrodos) con el suelo, es rápido y de fácil aplicación en todos los ambientes. (Tomado de www.trxconsulting.com)

2.3.4.- Sísmica de Reflexión

La sísmica de reflexión a utilizar en el proyecto está basada en el comportamiento de la propagación de los tipos de ondas P y S de acuerdo a los tiempos de llegada registradas en los geófonos según la geometría de adquisición, llevando estos tiempos a profundidad estimando las velocidades de las capas más someras a partir de geología de superficie y geología estructural, dependiendo de los tiempos de llegada antes mencionados.

La onda P que genere la fuente tendrá un movimiento contenido en la dirección del rayo y siempre en la dirección perpendicular a la dirección del frente de ondas, mientras que la onda S tendrá un movimiento paralelo a la dirección de propagación del frente de ondas, generándose una onda S vertical (S_v) y una onda S horizontal (S_h), que se estudian de manera separada dependiendo de la clasificación del estudio que se desee hacer (Fig. N° 2.20).

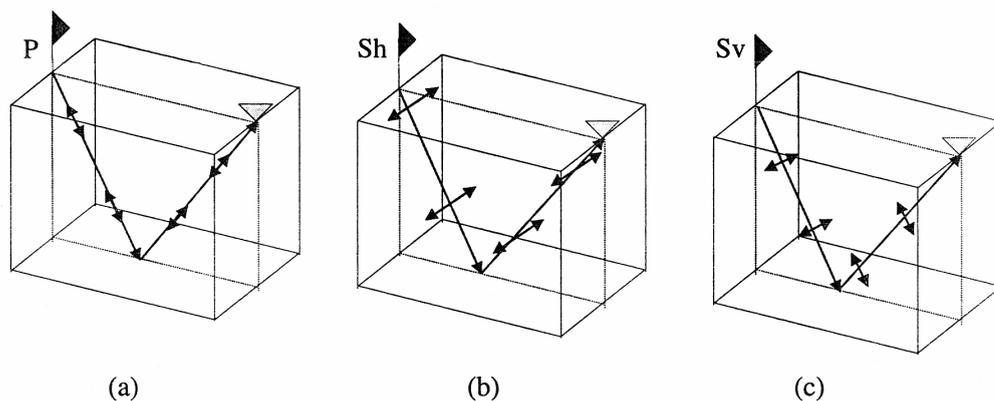


Fig. N° 2.20: (a) La onda p se desplaza paralela a la dirección del frente de onda (b) La onda S_h se desplaza perpendicular a la dirección del frente de onda y perpendicular al plano de propagación de la misma. (c) La onda S_v se desplaza perpendicular al frente de onda pero paralela al plano de propagación de la onda (www.TRXconsulting.com).

Para la realización de la etapa de adquisición de datos sísmicos, se contó con un equipo de sísmica con fuente generada por pólvora (“Shotgun”), obteniendo la información para una línea de tendido y solapando (“Split Spread”), para poder realizar en el procesamiento un apilado de información con CMP y obtener unas imágenes detalladas del subsuelo. Cabe destacar que los datos adquiridos fueron interpretados en las instalaciones de FUNVISIS con el programa para reflexión somera REFLEX, haciendo un apilado por CMP y obteniendo imágenes con una buena resolución, para luego realizar la respectiva interpretación e integración con la información de los otros métodos utilizados.

III.- Adquisición de datos.

3.1.- Reconocimiento de la zona de estudio.

Para esta etapa de adquisición de los datos se tomaron en cuenta los tipos de instrumentos que se utilizarían en el proyecto, en este sentido, se consideraron unos aparatos con los cuales se obtendría la ubicación general de los objetivos y los aparatos de adquisición de detalle del subsuelo para obtener mayor información sobre la falla en cuestión. Para conocer donde se utilizarían los distintos instrumentos se realizó una salida de reconocimiento de la zona de adquisición (Villa de Cura y Barlovento), durante los días 10 y 11 de mayo de 2003, en compañía de los tutores Michael Schmitz, Aldo Cataldi y los co-tutores Rommel Wilchy y Franck Audermard, para obtener información sobre los siguientes aspectos de importancia para los trabajos de adquisición de datos para la realización del trabajo especial de grado:

1. Vías de acceso a la zona de trabajo.
2. Verificación aproximada de la ubicación de la falla (objeto de estudio).
3. Planeamiento de los perfiles de adquisición con los distintos métodos a utilizar (sísmica, magnetismo, electromagnetismo y GPR Radar de penetración del subsuelo).
4. Ubicación de zonas de acampamiento, refrigerios, abastecimiento de combustible y suministros de consumo personal, etc., para realizar las logísticas de adquisición para cada método.

En las siguientes figuras se puede observar las posibles ubicaciones de las fallas en estudio revisadas por geología de campo realizada en la salida y los perfiles para la adquisición con los diferentes instrumentos. Nótese la perpendicularidad de los perfiles con respecto a las fallas en estudio, para una mejor visualización del salto de falla y así una mayor precisión de ubicación de la misma.

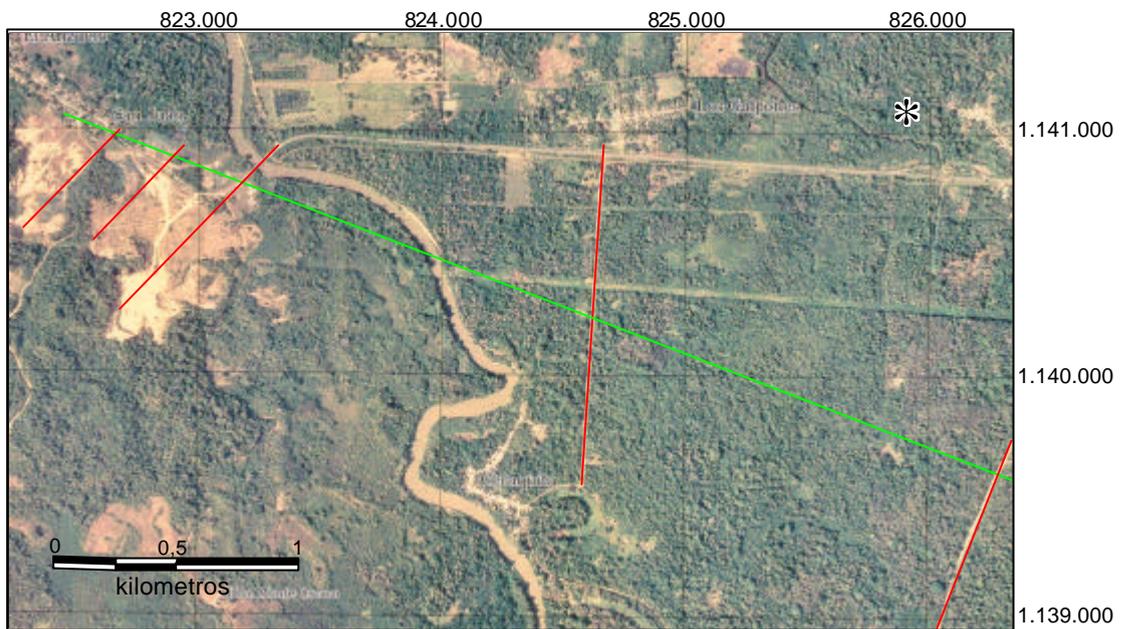


Fig. N° 3.1: Ventana de trabajo, zona de Barlovento. Posibles perfiles de Adquisición en línea roja y posible ubicación de la falla en línea verde. (Tomado de Ortofotomapa La Madre Nueva, 6946-I-NE Cartografía Nacional).

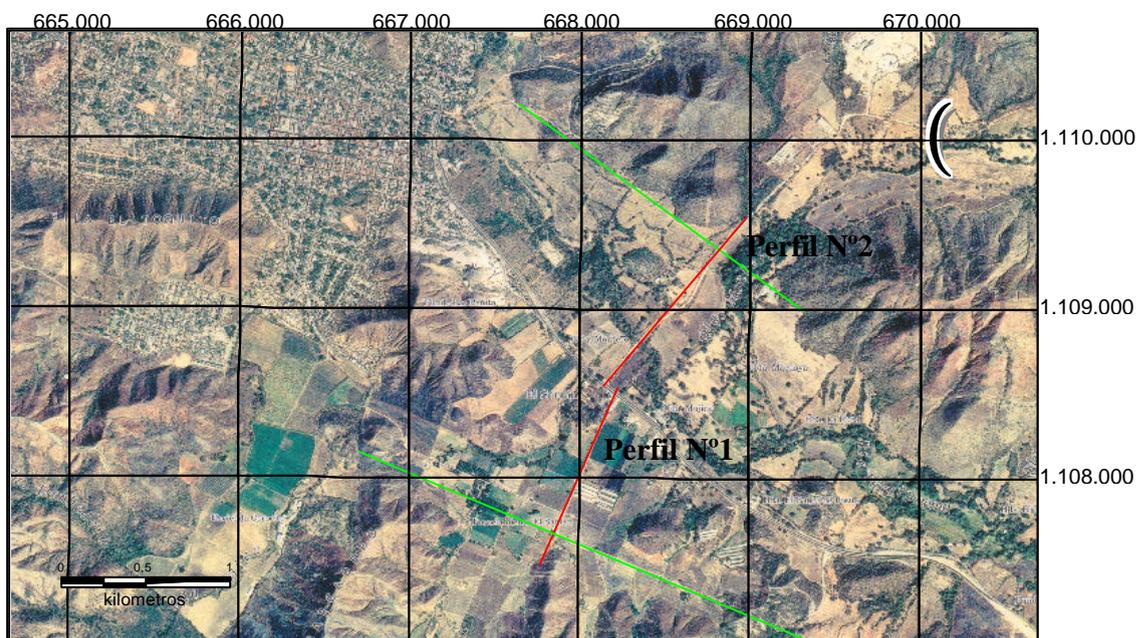


Fig. N° 3.2: Ventana de trabajo, al sureste de Villa de Cura. Posibles perfiles de adquisición en línea roja y posible ubicación de la falla en línea verde. (Tomado de Ortofotomapa Villa de Cura, 6746-III-SO de Cartografía Nacional).

En este sentido, se realizaron las siguientes etapas de adquisición:

3.2.- Primera etapa de adquisición: Etapa preliminar o carácter general.

3.2.1.- VLF (electromagnético a muy baja frecuencia)

3.2.1.1.- Aparato utilizado: EM 16R



3.2.1.2.- Perfiles realizados

Barlovento: 2

Villa de Cura: 2

Cabe destacar que los perfiles fueron realizados con distancia entre estaciones de 30 mts aproximadamente, tomados por constante de paso del operador y en dirección perpendicular a la posible ubicación de la falla u objetivo en estudio. Datos en apéndice A.

3.2.2.- Magnetismo.

3.2.2.1.- Aparato utilizado.

GSM GEM-19, Sensitividad = 0.02 nT, Precisión Absoluta = 0.2 nT, Intervalo de muestreo hasta 5 Hz



3.2.2.2.- Variación diurna

Antes de la adquisición de los perfiles, se tomaron datos magnéticos en una estación durante todo un día para verificar la variación que existe de la intensidad magnética a lo largo del mismo debido a variaciones con los cambios climáticos y calóricos de la atmósfera terrestre, siendo sensible a la presencia de tormentas eléctricas, calentamiento de la atmósfera y corrientes eléctricas, así como también al efecto lunisolar, es decir, la variación lunar diurna debida a la rotación terrestre con respecto a la luna, y variación cíclica durante el mes. Por esto y de este modo, se establecen los horarios de adquisición de los datos a ser utilizados en la realización del mapa y los perfiles indicados. De tal manera el día 13 de julio de 2003 se realizó una salida de campo a la hacienda Mujica en Villa de Cura, donde se colocó el magnetómetro desde las 8:00 am hasta las 6:30 pm a adquirir datos cada minuto en la estación de longitud: 668.752,20 y latitud: 1.108.347,80. (Ver apéndice B).

3.2.2.3.- Perfiles realizados.

Barlovento: 2

Villa de Cura: 2

Estos perfiles fueron realizados con estaciones cada 30 metros, medidos por constante de paso haciendo circuitos, abriendo y cerrando el circuito en una misma estación.

Luego de esta primera adquisición y en consecuencia de la falta de información en algunas zonas, se procedió a realizar otros perfiles en las vías adyacentes para poder realizar un mapa de Intensidad Magnética Total (IMT), en la zona de Villa de Cura. De esta adquisición se obtuvieron los perfiles que se muestran en el siguiente mapa.

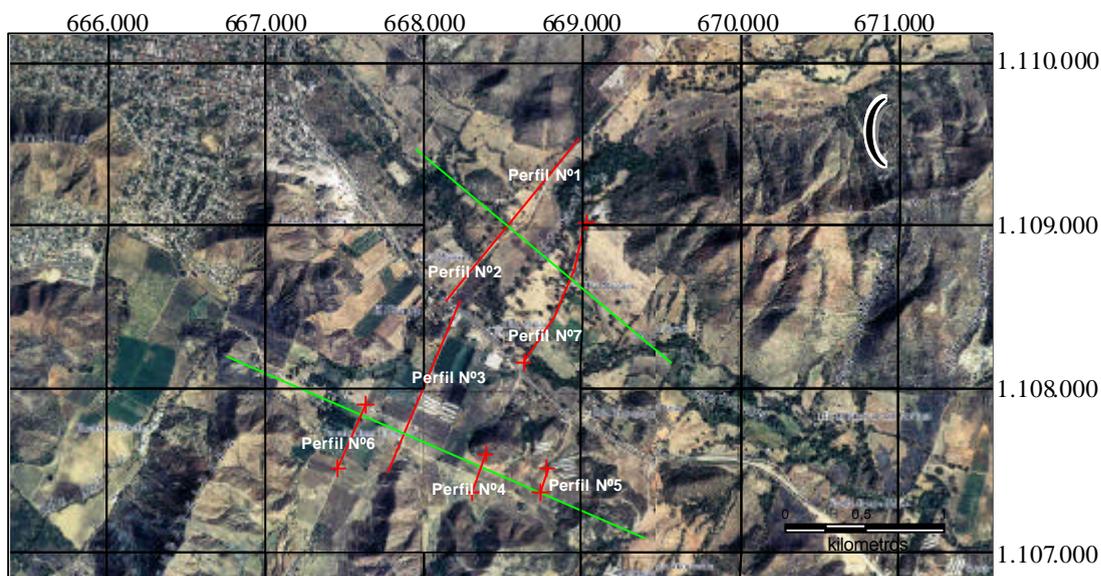


Fig. N° 3.3: Perfiles de adquisición magnética al sureste de Villa de Cura, (en rojo). (Tomado de Ortofotomapa Villa de Cura, 6746-III-SO de Cartografía Nacional).

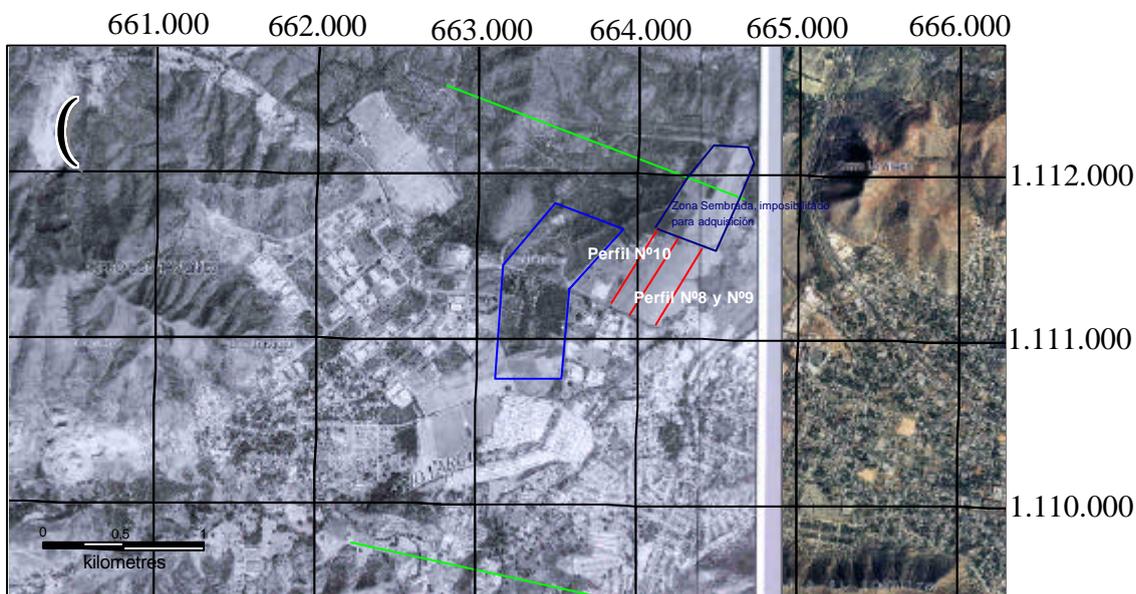


Fig. N° 3.4: Perfiles de adquisición magnética al Noroeste de Villa de Cura, (en rojo). (Tomado de Ortofotomapa Los Tanques, 6646-II-SE de Cartografía Nacional).

Se realizaron otros perfiles al noroeste del poblado de Villa de Cura, como una opción de zona de trabajo para la verificación de la falla en estudio. (Datos en apéndice C).

3.2.3.- Electromagnético; conductividad aparente:

3.2.3.1.- Aparato utilizado. EM34



3.2.3.2.- Perfiles realizados: 1

La adquisición de los datos electromagnéticos de conductividad aparente con este equipo, se realizó con estaciones separadas cada 20 metros, con una distancia entre las antenas de diez (10) metros y veinte (20) metros y adquiriendo con la antena en dipolo vertical y dipolo horizontal en cada estación, es decir, en cada estación se obtuvo un valor de conductividad aparente a tres (3) profundidades diferentes, (dipolo horizontal y cable de 10 metros: profundidad de 7,5 metros; dipolo horizontal y cable de 20 metros: profundidad de 15 metros al igual que dipolo vertical y cable de 10 metros; por último, dipolo vertical y cable de 20 metros: profundidad de 30 metros), (Datos: apéndice D).

3.3.- Segunda etapa de adquisición (detalle)

3.3.1.- GPR (radar de penetración del subsuelo)

La adquisición de GPR se realizó en la zona de Barlovento, para poder comparar los resultados obtenidos con la sísmica en Villa de Cura, con los datos obtenidos con el GPR y verificar la eficiencia y eficacia de ambos métodos geofísicos. En tal sentido se realizó la adquisición en tres zonas de trabajo (ver Fig. N° 3.7), Perfil de falla Los Colorados, perfil de Cantera y perfil de carretera.

En esta adquisición se utilizaron las antenas de 50, 100 y 200 Mhz adquiridos a un (1) y dos (2) metros entre estaciones. El ensamblaje del aparato es muy sencillo y se realizó en la zona de adquisición como se muestra en las siguientes figuras:



Fig. N° 3.5: Aparato de adquisición de Radar de Penetración del Subsuelo (GPR) (izquierda), antenas de adquisición de 50, 100 y 200 Mhz (derecha).

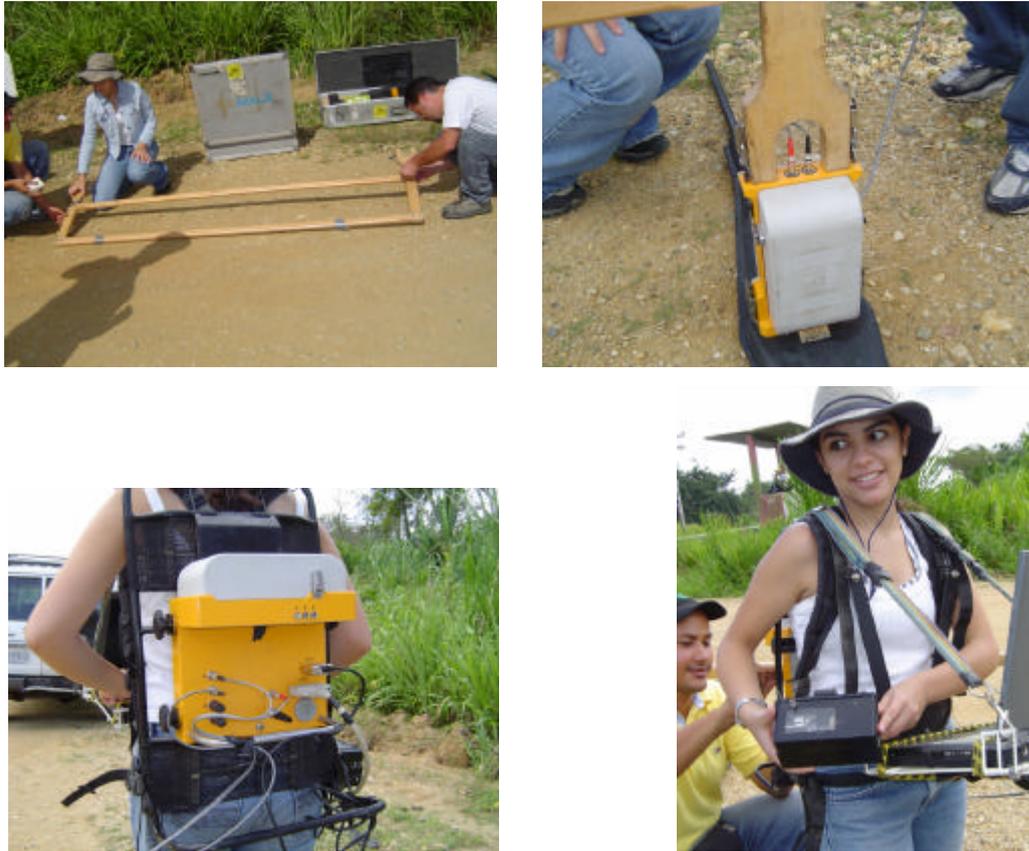


Fig. N° 3.6: Ensamblaje de armazón para antenas (izquierda arriba), conexión de antenas (derecha arriba), conexión de GPR, aparato control (izquierda abajo) y conexión del odómetro y computador portátil al aparato control (derecha abajo).

En el perfil de Los Colorados se utilizaron las antenas 50, 100 y 200 Mhz con una distancia entre estaciones de dos (2) metros para 50 y 100 Mhz y un (1) metro para 100 y 200 Mhz, de este modo se realizaron 4 perfiles en esta zona. En la zona de la cantera se realizaron dos perfiles, en un sentido y en otro en la misma línea de adquisición para poder corroborar los datos y con la antena de 50 Mhz con un espaciado entre estaciones de dos (2) metros. Por último en la zona de la carretera se realizó un perfil de 1.300 metros aproximadamente, con un rumbo N25E como se muestra en la Fig. N° 3.7, en este perfil se colocó un espaciado entre estaciones de dos (2) metros y antena de 50 Mhz.

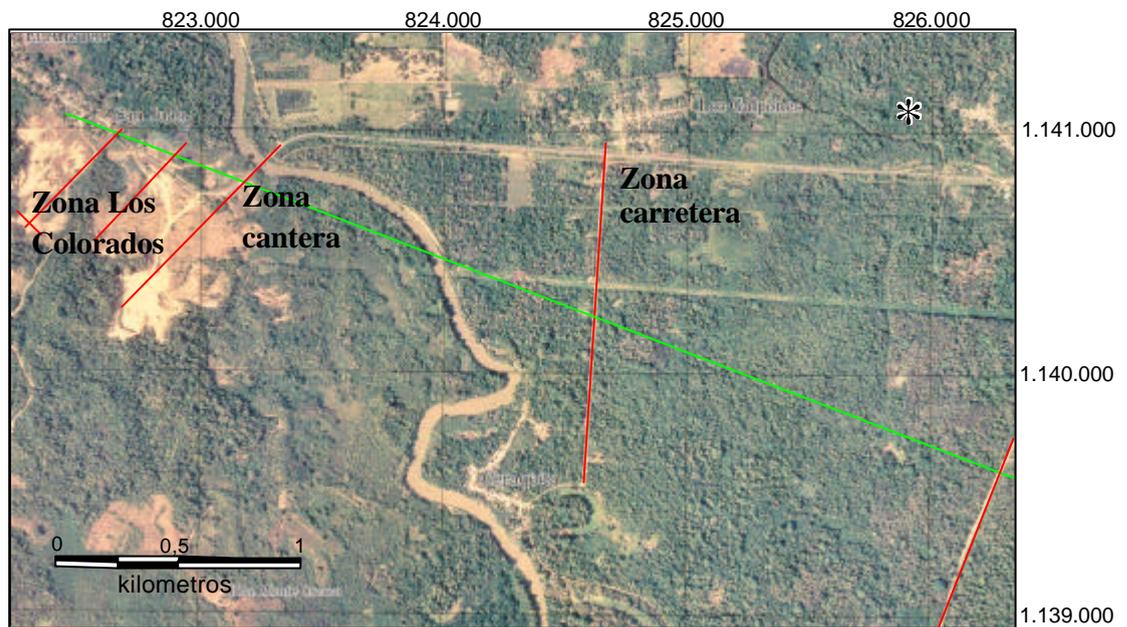


Fig. N° 3.7: Perfiles de adquisición, zona carretera, zona cantera y zona Los Colorados, adquiridos con antenas de 50, 100 y 200 Mhz. (Tomado de Ortofotomapa La Madre Nueva, 6946-I-NE Cartografía Nacional).

La adquisición se realizó caminando por el perfil requerido a un paso constante y con un contador de distancia (odómetro) conectado directamente al aparato y grabándose directamente en campo a un computador portátil, como se muestra en la figura N° 3.8.



Fig. N° 3.8: Adquisición de datos de Radar de Penetración de subsuelo (GPR) en la zona de Barlovento.

3.3.2.- Sísmica de Reflexión Somera

En la hacienda Mujica, al sureste del poblado de Villa de Cura se realizó la adquisición de los datos sísmicos, para correlacionar con los otros métodos utilizados en la zona. Dicha adquisición se realizó del 4 al 7 de noviembre de 2003, se utilizaron cartuchos de pólvora calibre 12 mm como fuente de emisión de ondas en un “shotgun” activado por un martillo conectado al tiempo cero o “Trigger” como se muestra en la figura N° 3.9.



Fig. N° 3.9: Realización de un disparo de reflexión, Villa de Cura.

El esquema de adquisición utilizado fue el siguiente:

- Número de receptores: 48
- Distancia entre receptores o geófonos: 2 metros.
- Distancia entre fuente o disparos: 4 metros.

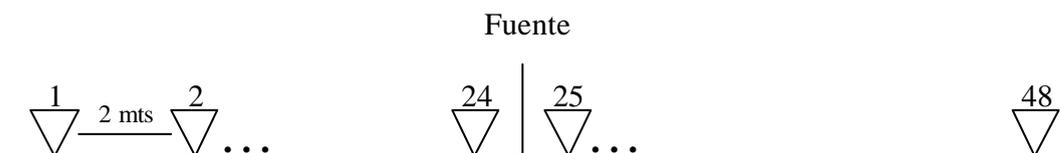


Fig. N° 3.10: Esquema de adquisición de datos sísmicos.



Fig. N° 311: Vista panorámica de tendido de adquisición de datos sísmicos con fuente en el centro el tendido (47 metros).

Cabe destacar que se realizaron 25 tendidos de adquisición (Tabla N° 3.19), cada una de 6 disparos comenzando en el centro de los tendidos (47 metros) y con un interruptor o “Switch” se indicaba en el sismógrafo la ubicación de la fuente. Utilizando el sismógrafo “Geometrics” de 48 canales y con cables de 24 canales cada uno, se realizó el grabado de los datos con formato SEG2 con nomenclatura: VC47.DAT al VC643.DAT, desde el disparo en 47 metros hasta el disparo en 643 metros, donde el número del archivo indicaba la ubicación del disparo a lo largo del tendido (Ver Fig. N° 3.12). El trabajo de campo se hizo de la siguiente manera: 7 participantes: 2 para realizar detonaciones de la fuente, 2 para realizar perforaciones para fuente (30 cm.), 2 para conectar receptores y 1 operador de equipo.

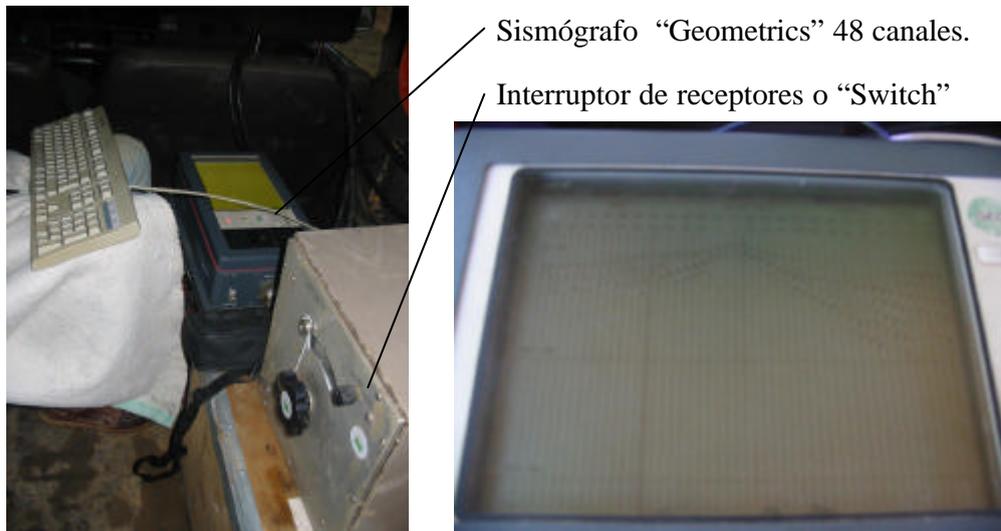


Fig. N° 3.12: Ensamblaje de la cámara sísmica y el interruptor de receptores en adquisición (izquierda), imagen del tendido sísmico adquirido y grabado en campo VC47.DAT (derecha).

Tabla N° 3.1: Líneas de adquisición sísmica donde se observa la ubicación de cada disparo (S1, S2, S3, S4, S5, S6), y la ubicación del primer receptor (G1), y el último receptor (G48) expresado en metros, comenzando en el primer receptor.

Línea	G1	G48	S1	S2	S3	S4	S5	S6
L1	0	94	47	51	55	59	63	67
L2	24	118	71	75	79	83	87	91
L3	48	142	95	99	103	107	111	115
L4	72	166	119	123	127	131	135	139
L5	96	190	143	147	151	155	159	163
L6	120	214	167	171	175	179	183	187
L7	144	238	191	195	199	203	207	211
L8	168	262	215	219	223	227	231	235
L9	192	286	239	243	247	251	255	259
L10	216	310	263	267	271	275	279	283
L11	240	334	287	291	295	299	303	307
L12	264	358	311	315	319	323	327	331
L13	288	382	335	339	343	347	351	355
L14	312	406	359	363	367	371	375	379
L15	336	430	383	387	391	395	399	403
L16	360	454	407	411	415	419	423	427
L17	384	478	431	435	439	443	447	451
L18	408	502	455	459	463	467	471	475
L19	432	526	479	483	487	491	495	499
L20	456	550	503	507	511	515	519	523
L21	480	574	527	531	535	539	543	547
L22	504	598	551	555	559	563	567	571
L23	528	622	575	579	583	587	591	595
L24	552	646	599	603	607	611	615	619
L25	576	670	623	627	631	635	639	643

IV.- Procesamiento.

4.1.- Datos magnéticos.

4.1.1.- Variación diurna.

La deriva diurna se realizó en campo antes de adquirir los datos para generar los mapas, esto para corroborar los horarios de adquisición de los mismos durante el día, en este sentido, se realizó una adquisición en una misma estación (668.752,20 longitud, 1.108.347,80 latitud), durante todo un día (8:00 am a 6:30 pm), para luego graficar y verificar los rangos de horas donde la intensidad magnética se comporte de manera lineal. (Ver Fig. N° 4.1). De esta forma los horarios de adquisición durante el día fueron: De 8:00 a 12:00 y de 13:00 (1:00 pm) a 17:00 (5:00 pm).

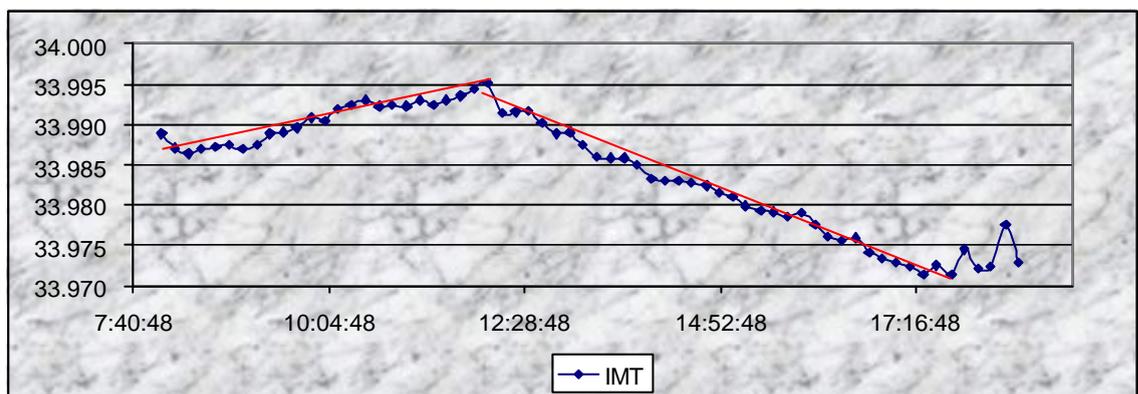


Fig. N° 4.1: Variación diurna en Villa de Cura realizada el 13/07/2003, hacienda Mujica, desde las 8:00 de la mañana hasta las 6:30 de la tarde.

4.1.2.- Corrección por deriva.

Cuando se realiza una adquisición de datos magnéticos, estos están influenciados por las variaciones producidas durante el día debido a tormentas eléctricas, variaciones de la atracción lunisolar, lluvia eléctrica y otros. Debido a esto, se realizaron circuitos de medición, abriendo y cerrando el circuito en una misma estación, para luego corregir los datos con la variación que exista desde el comienzo del circuito hasta su cierre. De esta manera, la variación magnética por minuto fue calculada por la siguiente fórmula:

$$\text{Varmin} = (\text{IMT apertura} - \text{IMT Cierre}) / \text{Tiempo en minutos Cierre}$$

, y para cada estación se le aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{IMT cdd (estación)} = \text{IMT (estación)} + \text{tiempo en minutos (estación)} \times \text{Varmin}$$

Realizando las correcciones a cada circuito realizado, los datos de intensidad magnética total corregidos se pueden observar en el apéndice E.

Con los datos obtenidos de intensidad magnética total (IMT) corregidos, se procedió a realizar el mapa de IMT, mapa de reducción al polo, derivada vertical a los perfiles importantes y análisis espectral del mapa de IMT y a los perfiles realizados. Todo este procesamiento fue realizado en las instalaciones de PDVSA INTEVEP con la colaboración de la Dra. Nieves Nevado utilizando el programa “Oasis de Geosoft” para procesamiento de datos gravimétricos y magnéticos, obteniendo de este modo los resultados necesarios para el estudio estructural en la zona de trabajo.

4.2.- Datos electromagnéticos.

4.2.1.- Muy baja frecuencia “VLF” (EM16).

Los datos de inclinación de la elipse de polarización (componente en fase) no son apropiados para la realización de mapas de isovalores, y por tanto, difíciles de visualizar y correlacionar con los resultados de otros métodos, en este sentido la utilización del filtro “Fraser” modifica la forma de las anomalías, transformándolas en un máximo, al tiempo que disminuye los ruidos y si de este modo realizar pseudosecciones. Cabe destacar que las medidas de VLF pueden ser difíciles de interpretar y en cualquier caso siempre son menos intuitivas que, por ejemplo, las de resistividad aparente. Aplicando el filtro “Fraser”, se puede tener la ubicación de un contacto entre rocas de distintas características electromagnéticas, observando los valores de Fase (filtrada) y los valores de Cuadratura, es por esto que la aplicación de este filtro es de gran utilidad para poder observar algún contacto o cambio evidente posiblemente aplicable a la existencia de un contacto de falla.

En la figura N° 4.2 se presenta la forma de aplicación del filtro “Fraser” y posterior, los datos obtenidos con la aplicación del mismo.

Estación	Fase	Fase filtrada		Cuadratura
1	-15	+ -12		2
2	3	+ 18	- -34	1
3	15	+ 22	- - 7	1
4	7	11	18	-1
5	4	4	6	-1
6	0	5	-8	0
7	5	12	-10	1

Fig. N° 4.2: Ejemplo de filtro “Fraser” realizado a los datos de VLF.

Todos los perfiles luego de procesados se graficaron en Excel para poder visualizar el comportamiento de la fase y la cuadratura en cada caso y poder inferir la presencia de un contacto de falla y analizar dichos perfiles. Los datos filtrados se pueden observar en el apéndice F

4.2.2.- Conductividad aparente (EM34).

El aparato EM34 arroja datos de conductividad aparente directamente, sin tener que realizar ningún procesamiento extra, sin embargo, cabe destacar, que los datos de profundidad a los cuales está midiendo la conductividad no los genera, sino que se infiere por la distancia entre las bobinas utilizadas. En tal sentido, si se utiliza una distancia entre las bobinas de diez (10) metros y con esquema de dipolo horizontal, la distancia, en profundidad, a la cual está midiendo es de 7,5 metros; en el caso de una distancia entre las bobinas de diez (10) metros con dipolo vertical, la profundidad de la medición es de 15 metros; con el cable entre las bobinas de veinte (20) metros, las profundidades de investigación son de 15 metros para dipolo horizontal y 30 metros para dipolo vertical. Con esta información se conocen los datos a ser graficados y ver los contrastes de conductividades en el subsuelo para el perfil, dichos datos se muestran en el apéndice G.

4.3.- Datos de radar de penetración del subsuelo (GPR).

Los datos de radar, fueron procesados bajo el programa “RAMAC Ground vision”, versión 1.3.6, en donde se realizaron análisis de Ganancia de la señal (Fig. N° 4.3) y filtraje de los valores de frecuencias erróneas comunes en las trazas (Fig. N° 4.4).

4.3.1.- Ganancia.

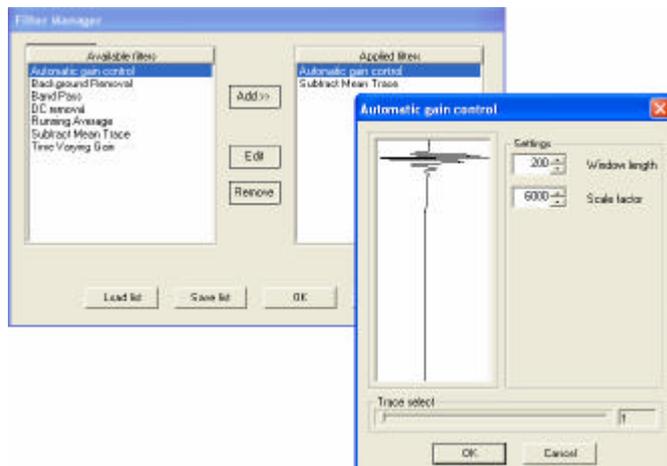


Fig. N° 4.3: Control automático de ganancia aplicado a datos de Radar de Penetración de suelos, con valores para sedimentos blandos o no consolidados.

4.3.2.- Filtros.

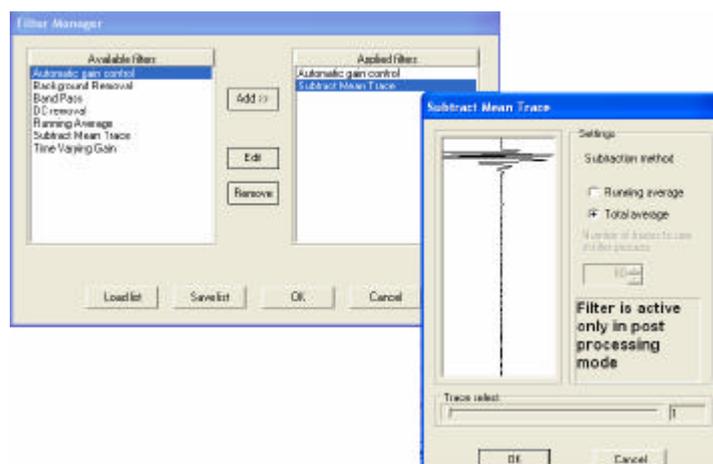


Fig. N° 4.4: Filtro aplicado a datos de Radar de Penetración de suelos, realizado con promedio total de toda la traza.

4.4.- Datos sísmicos.

Los datos adquiridos en la hacienda Mujica en Villa de Cura se procesaron en dos etapas, una primera etapa antes de apilar, de depuración de trazas con ruido excesivo y luego una etapa post-apilamiento que incluye una serie de pasos para poder observar mejor los reflectores de la sísmica.

4.4.1.- Pre-apilamiento.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa de procesamiento “Reflexw” versión 3.0 (Sandmeier), suministrado por Funvisis. Los archivos adquiridos en campo, en formato SEG2, para poder visualizarlos con el programa han sido importados a la carpeta de datos y colocados con el esquema de adquisición utilizado, en tal sentido se tiene lo siguiente:

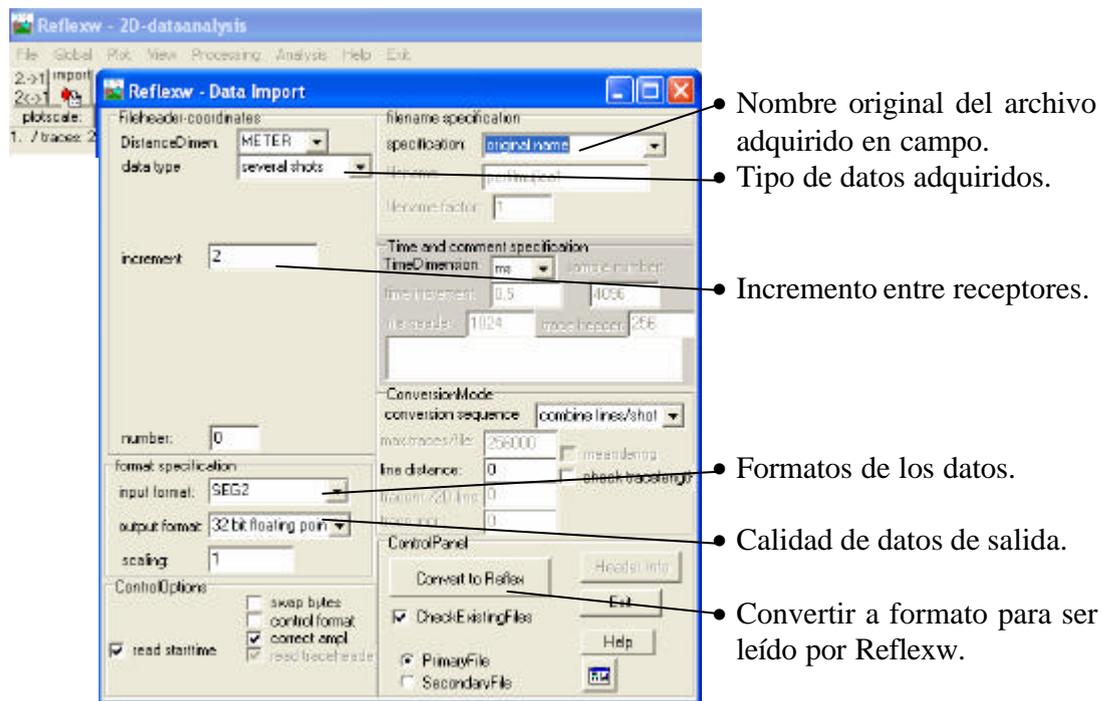


Fig. N° 4.5: Ventana de importación de los datos sísmicos en Reflexw .

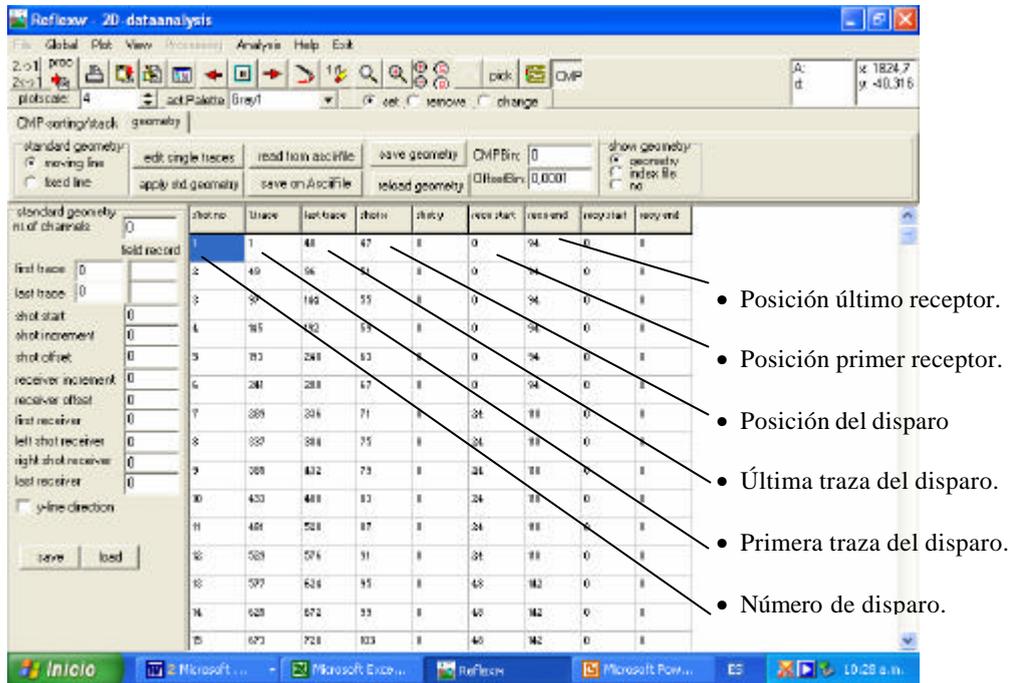


Fig. N° 4.6: Esquema de adquisición utilizado en campo para cada disparo. Total de disparos: 150.

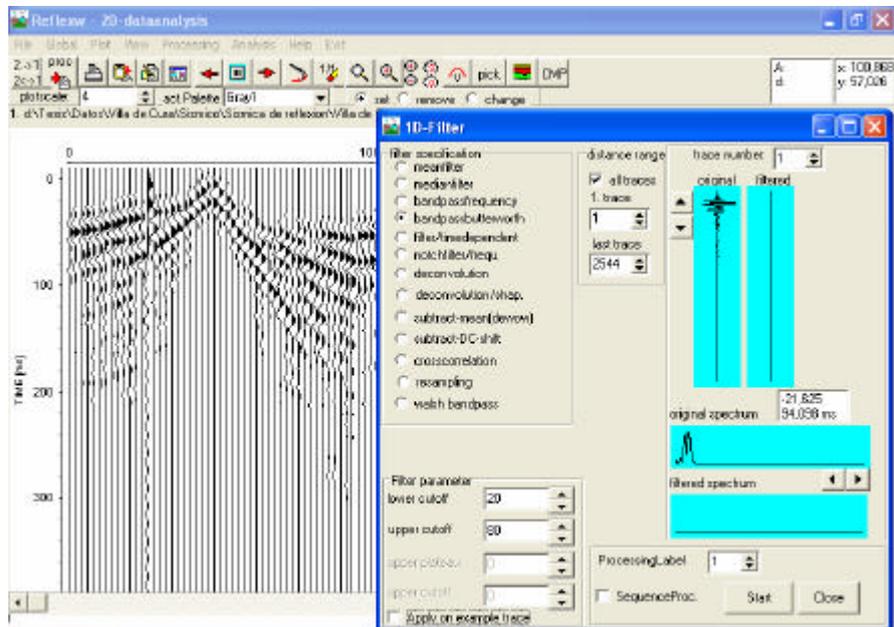


Fig. N° 4.7: Filtro pasa banda “butterworth” en frecuencia. Filtrando las frecuencias entre 20 Hz y 80 Hz, Elimina frecuencias de corriente e léctrica.

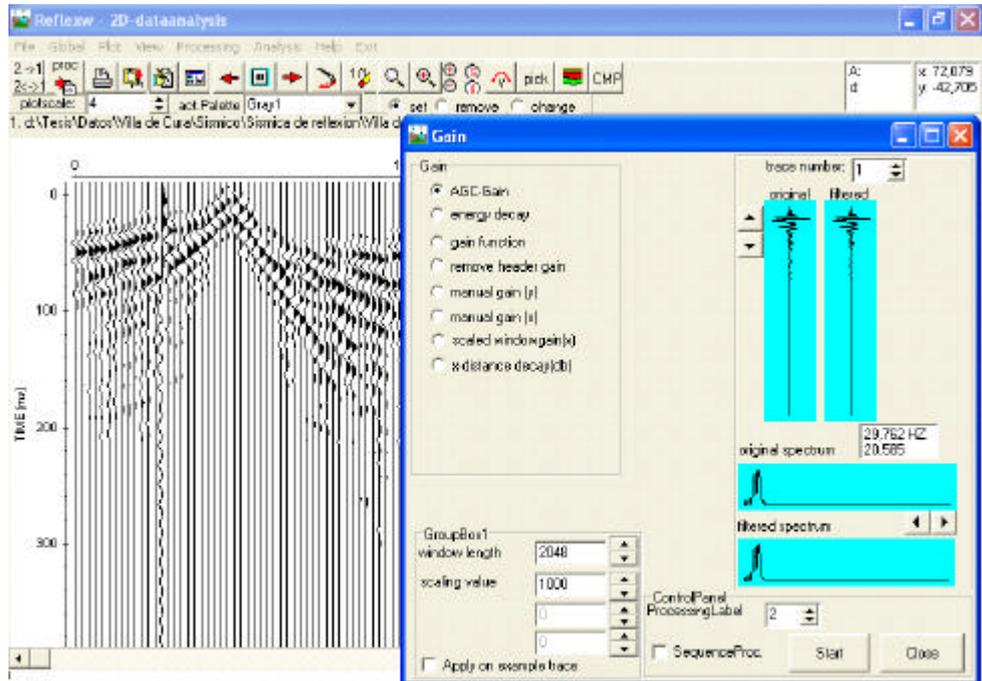


Fig. N° 48: Ganancia automática “AGC Gain”, aplicada a toda la ventana de adquisición (2048 msec), y un valor factor de multiplicación de 1000.

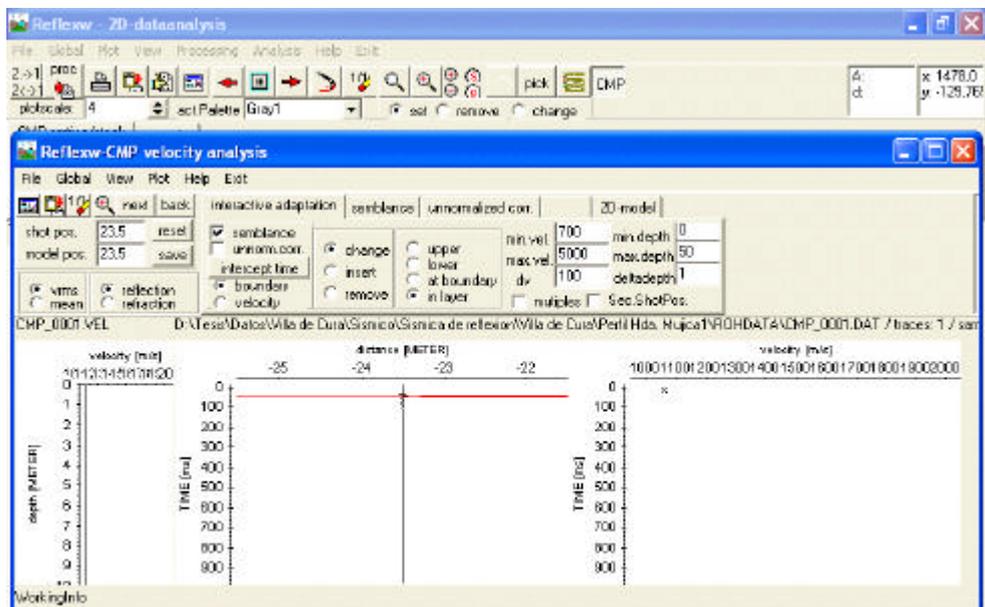


Fig. N° 4.9: Esquema de análisis de velocidad por semblanza, hecho por CMP “common mid point” para realización de modelo. Velocidad promedio primera capa: 800 m/s.

Luego de realizado el análisis de velocidad se procedió a construir el modelo 2D, apilando y aplicando NMO “Normal Move Out” y de este modo proceder a los procesamientos post-apilamiento.

4.4.2.- Post-apilamiento.

Dentro del procesamiento post-apilamiento se encuentran, filtros de ruido ambiental y otros, corrección de estática, acortamiento de tiempo y ganancia en profundidad, como se muestra en las siguientes figuras:

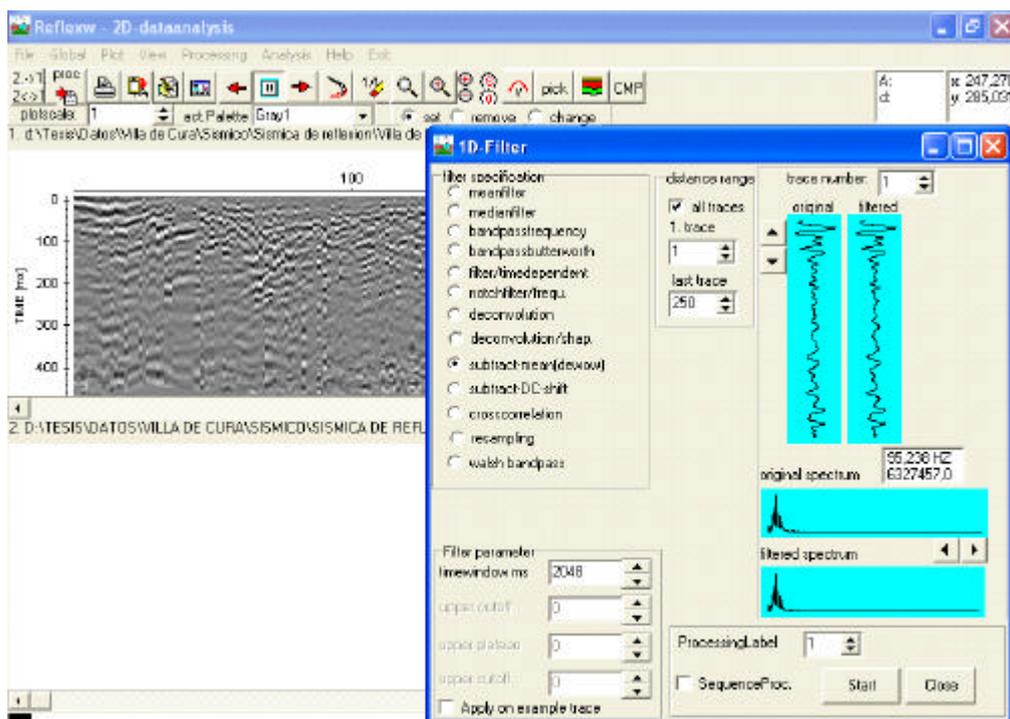


Fig. N° 410: Aplicación de filtro “subtract mean (dewow)” utilizado para eliminar el ruido de baja frecuencia.

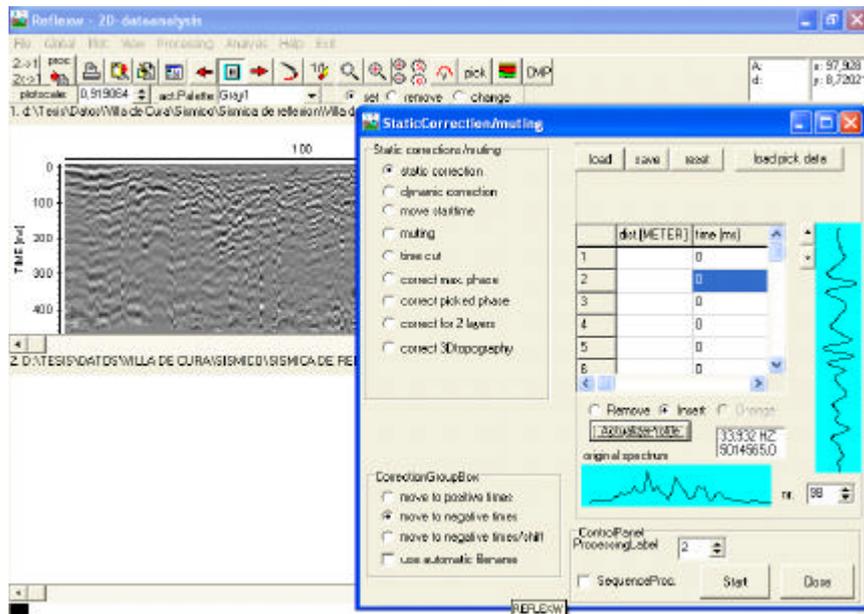


Fig. N° 4.11: Aplicación de corrección de estática, para compensar la influencia de las capas de baja velocidad cercanas a la superficie de la tierra y las diferencias topográficas de elevación entre los receptores y la fuente.

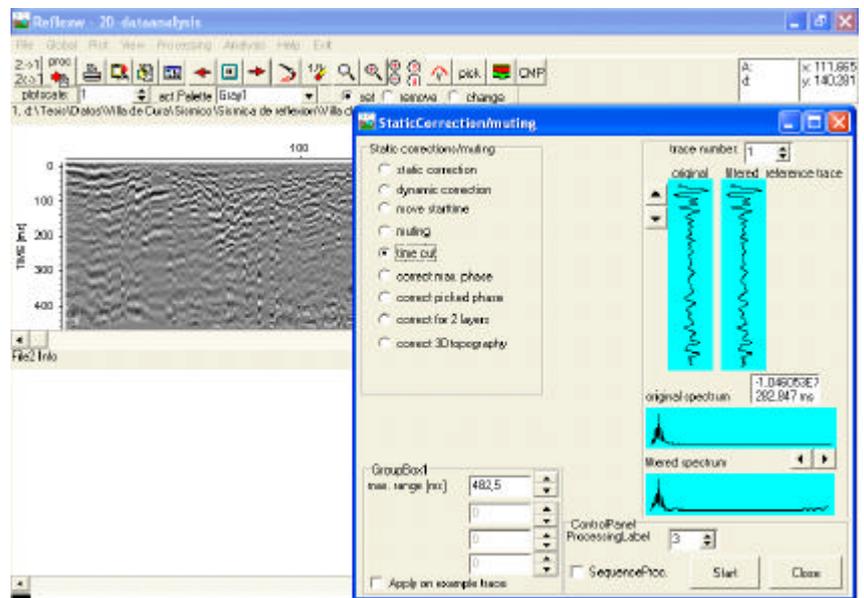


Fig. N° 4.12: La aplicación de un corte, en tiempo, permite visualizar únicamente el rango de tiempo donde se pueden verificar continuidad de reflectores y las posibles fallas o contactos que se encuentren en el perfil.

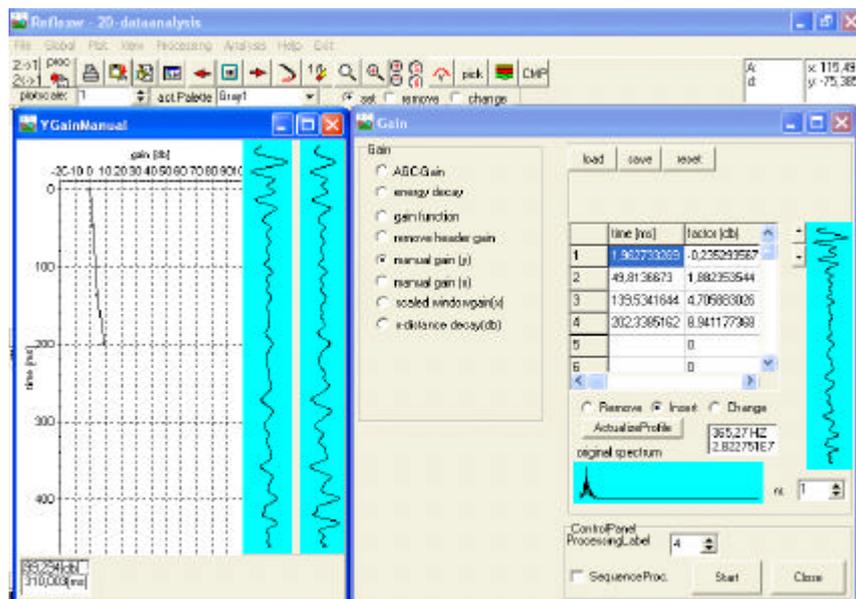


Fig. N° 4.12: Por último y para observar mejor los reflectores más profundos, se aplico un “Control Automático de Ganancia” (AGC), con los decibeles en profundidad como se indica en la figura (izquierda), observando la traza sin ganancia (traza izquierda) y luego de aplicar la ganancia (traza derecha).

V.- Resultados y Análisis.

5.1.- Electromagnético de muy baja frecuencia (VLF) en Villa de Cura.

Agrupando ambos perfiles de VLF EM16R, se pueden determinar las posiciones de cada una de los posibles contactos de fallas presentes al SE de Villa de Cura. (Ver Fig. N° 5.1).

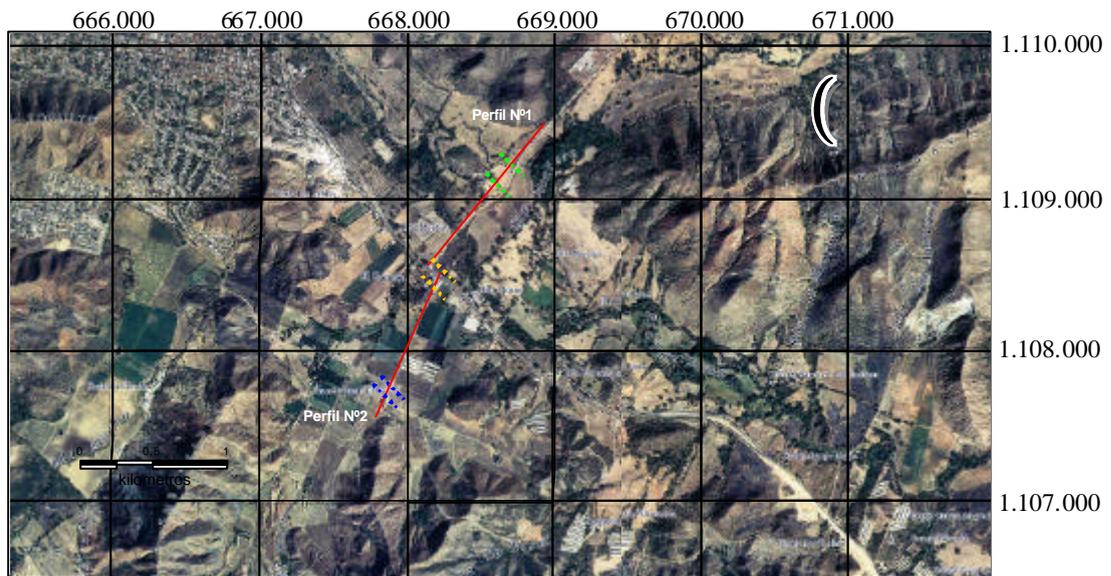


Fig. N° 5.1: Posible ubicación de fallas geológicas a partir de datos electromagnéticos adquiridos con EM16, Villa de Cura (Línea intermitente verde: falla norte, línea intermitente azul: falla SW, línea intermitente amarilla: tendido eléctrico).

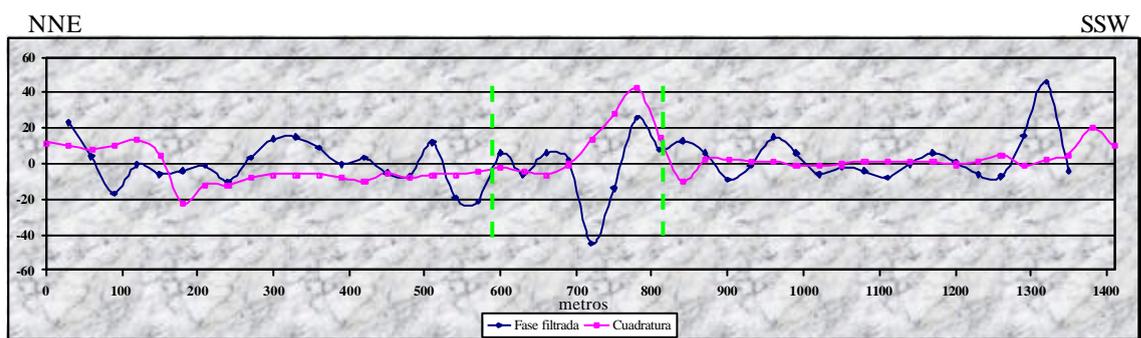


Fig. N° 5.2: Perfil 1. Zona de falla (verde).

En la figura 5.2, se puede observar una zona (marcada en verde), donde la fase y la cuadratura divergen entre ellas, esto hace inferir un contacto en el subsuelo de

características electromagnéticas diferentes, en este caso posiblemente causada por un contacto de falla que altera las propiedades de la roca al momento de su deformación.

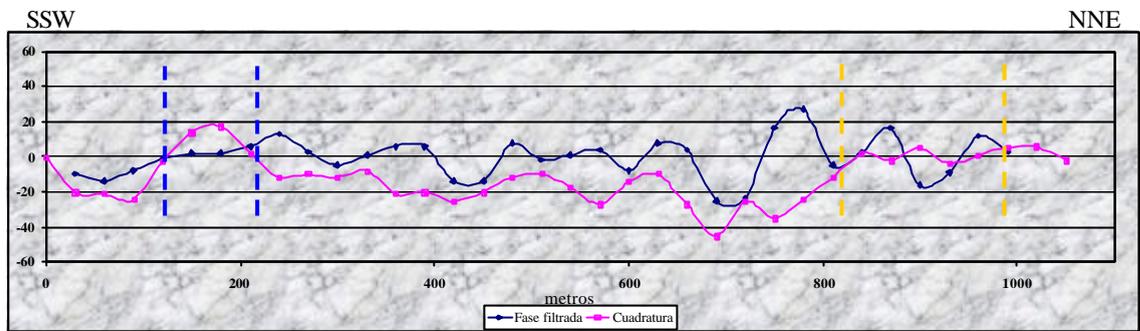


Fig. N° 53: Perfil 2. Zona de falla (azul) y zona de afloramiento metamórfico (amarillo).

En este perfil, (Fig. N° 5.3), se pueden observar dos zonas de posibles fallas, la primera entre 160 y 220 metros, en donde se observa una divergencia entre la fase y la cuadratura de los datos. Eso se infiere que es a causa de una zona de fractura, ya que dicha divergencia es muy puntual dentro del perfil. Se puede observar en la segunda zona (marcada en amarillo), que la anomalía observada se mantiene a lo largo del final del perfil, desde los 800 metros hasta 1000 metros, esto infiere la presencia de un contacto mayor o cambio de tipo de roca, en este caso interpretamos un contacto mayor entre aluviones cuaternarios y un afloramiento de esquistos pertenecientes a la formación El Carmen.

5.2.- Electromagnético de muy baja frecuencia (VLF) en Barlovento.

En el siguiente mapa (Fig. N° 5.4) se puede observar el perfil adquirido con el instrumento EM16R, electromagnético de muy baja frecuencia (VLF) en azul, los perfiles adquiridos sin resultados satisfactorios debido a mal funcionamiento en el equipo en líneas rojas, la posible ubicación de la falla en línea verde y un rango de ubicación de la falla por datos de VLF. Dicho rango es de aproximadamente de 130 metros. Si bien no es muy precisa su localización, la función de los datos

electromagnéticos es ubicar relativamente la falla para realizar la adquisición con el radar de penetración de suelos.

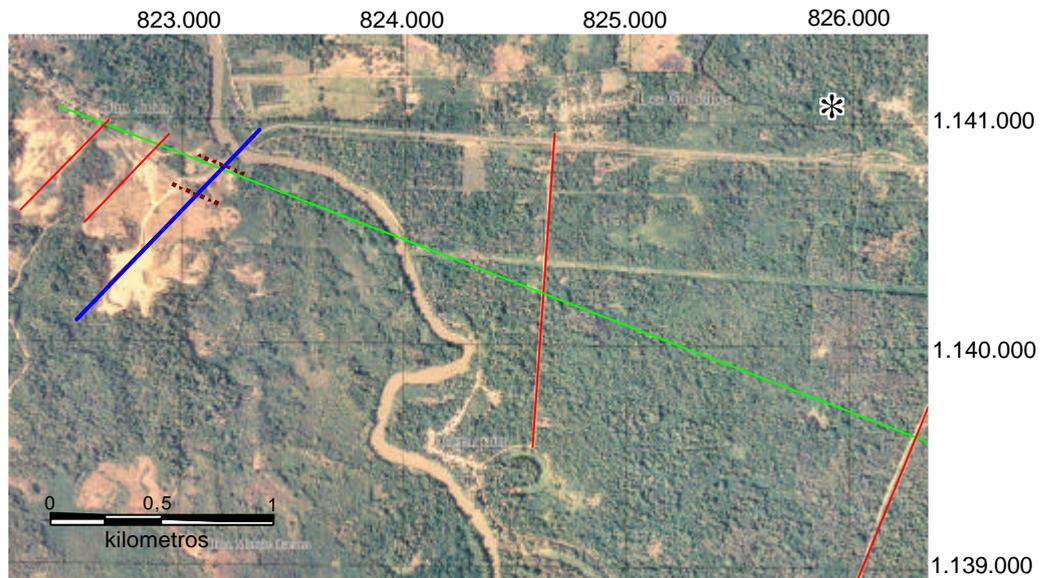


Fig. N° 54: Posible ubicación de falla geológica a partir de datos electromagnéticos adquiridos con EM16 (línea intermitente vino tinto), posible ubicación de la falla en línea verde, perfiles adquiridos con mal funcionamiento del aparato en línea roja, perfil adquirido en línea azul. San José de Río Chico, Barlovento.

El perfil de la figura N° 5.5, muestra una forma de la fase y cuadratura muy homogénea a lo largo del mismo hasta los 750 metros del perfil donde la fase experimenta un incremento significativo y muy puntual que es atribuible a un contacto de falla. Esta zona anómala se extiende desde los 750 hasta los 880 metros del perfil en cuestión.

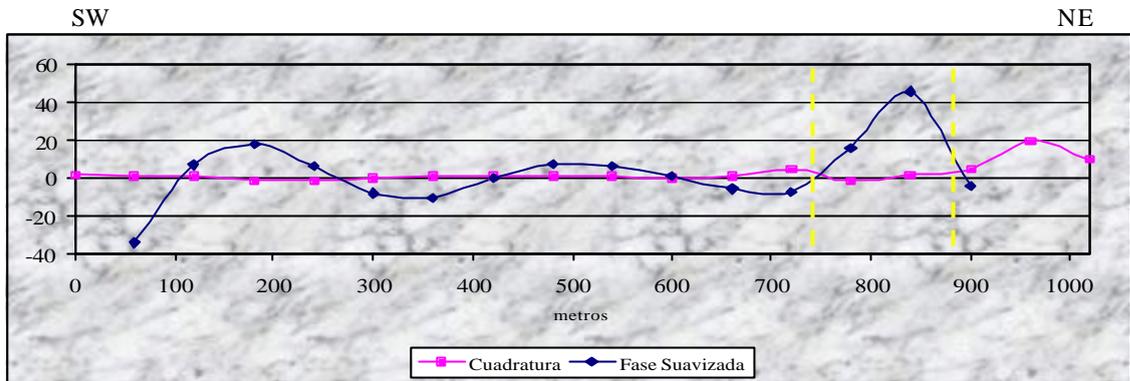


Fig. N° 55: Perfil VLF Barlovento. Zona de falla (amarillo).

5.3.- Conductividad (EM34) en Villa de Cura.

En la siguiente gráfica, Fig. N° 5.6, se puede observar la situación de los contactos observados por el instrumento EM34, de medición de conductividad aparente. Cabe destacar que el aparato fue utilizado únicamente en este perfil debido a las disponibilidades del mismo y por ende se puede observar solamente la falla presente en la zona norte del mapa, como se indica en la figura en líneas blancas discontinuas.



Fig. N° 5.6: Posible ubicación de fallas geológicas a partir de datos electromagnéticos adquiridos con EM34 (línea blanca), hacienda Mujica, Villa de Cura.

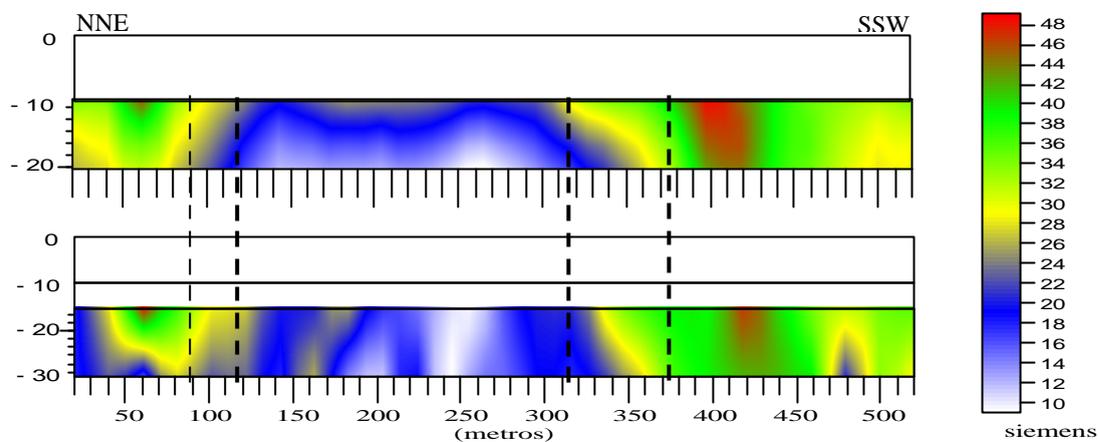


Fig. N° 5.7: Perfil 1. Dipolo horizontal (arriba), dipolo vertical (abajo), posibles zonas de fallas en línea intermitente negra.

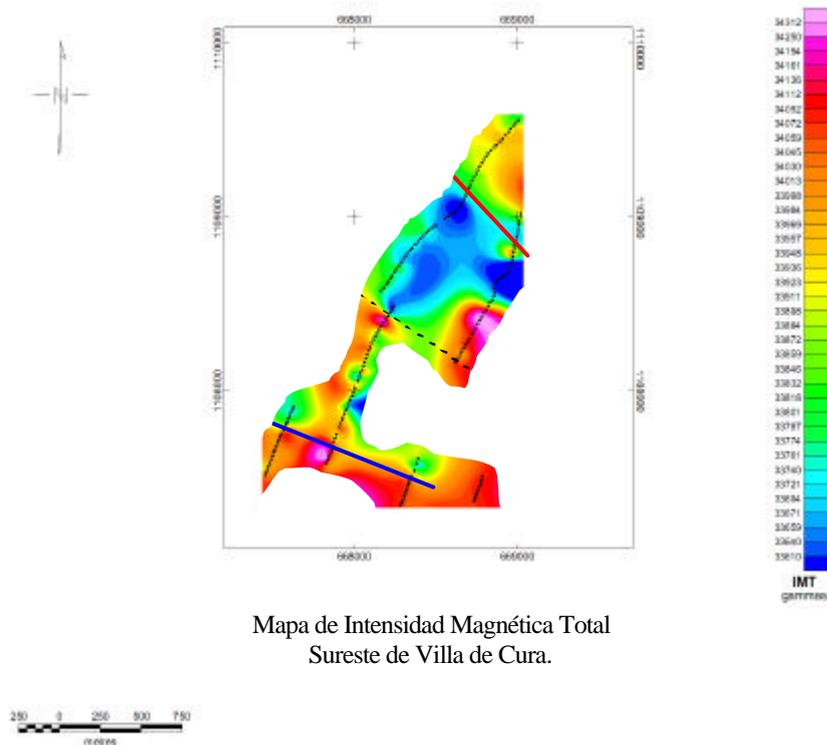
En la gráfica anterior, (Fig. N° 5.7), se observa una zona de baja conductividad (zona azul), alrededor de conductividades mayores. En ambos casos, dipolo horizontal y dipolo vertical, las características del perfil son las mismas, en ese sentido se observan dos zonas de contacto entre materiales de diferente conductividad que evidencian la presencia de una zona de fallamiento entre los 90 y 120 metros y entre los 325 y 370 metros.

5.4.- Magnético.

5.4.1.- Mapa de Intensidad Magnética Total (IMT) en Villa de Cura.

En el mapa de Intensidad Magnética Total (IMT) del SE de Villa de Cura (ver Fig. N° 5.8), se puede observar una alineación de anomalías al noreste del mismo, donde se puede inferir la presencia de una falla; y otra anomalía al sur del mapa, representando la otra falla que conforma la estructura “Pull Apart” de la zona. En este sentido, existe un bloque (parte de la zona verde y azul), que delimita a ambas fallas que representa al bloque deprimido de la estructura.

De igual modo es notable la presencia dentro de este bloque de zonas de anomalías pequeñas que no se visualizan bien debido a la poca información, ya que no se realizó un mallado para conformar el mapa, sino que se realizaron perfiles para estudiar separadamente cada uno de ellos, pero se puede inferir que estas anomalías dentro del bloque en cuestión pueden representar fallas de menor grado relacionadas a la estructura ‘Pull Apart’. No obstante es importante destacar la presencia de una anomalía en la parte central del mapa (línea negra discontinua), esto es debido a que en esa zona existe la carretera principal vía San Juan de los Morros y se supone que los cables de alta tensión eléctrica producen este efecto.



Mapa de Intensidad Magnética Total
Sureste de Villa de Cura.

Fig. N° 5.8: Posible ubicación de fallas a partir de datos magnéticos adquiridos, línea azul: falla sur, línea roja: falla norte y línea negra: paso de carretera vía San Juan de los Morros. SE de Villa de Cura.

5.4.2.- Mapa de Reducción al polo en Villa de Cura.

La reducción al polo es un procesamiento que permite visualizar los objetivos causantes de las anomalías de manera directa en el mapa. En tal sentido, elimina los

efectos causados por la inclinación y declinación magnética, es decir, elimina el aspecto bipolar del mapa de IMT. De este modo se puede observar en la Fig. N° 5.9 un contacto muy evidente al noreste (línea roja), representando posiblemente una falla. De igual forma al sur (línea azul), pero no muy notorio, se observa una anomalía contrastante con la zona central del mapa que infiere la presencia de una falla en esta zona del mapa. Cabe destacar la presencia de una zona (parte central del mapa, línea negra discontinua), donde se puede observar el efecto que producen las líneas de alta tensión que pasan por la carretera vía San Juan de Los Morros. Cabe destacar que realizando este procesamiento, las anomalías pequeñas que se observaban en la parte central del mapa de Intensidad Magnética Total, no se observan, es decir que posiblemente no existan bloques pequeños o “escalones” dentro del “Pull Apart”. Del lado sureste no se puede observar anomalías evidentes debido a la escasa cantidad de datos.

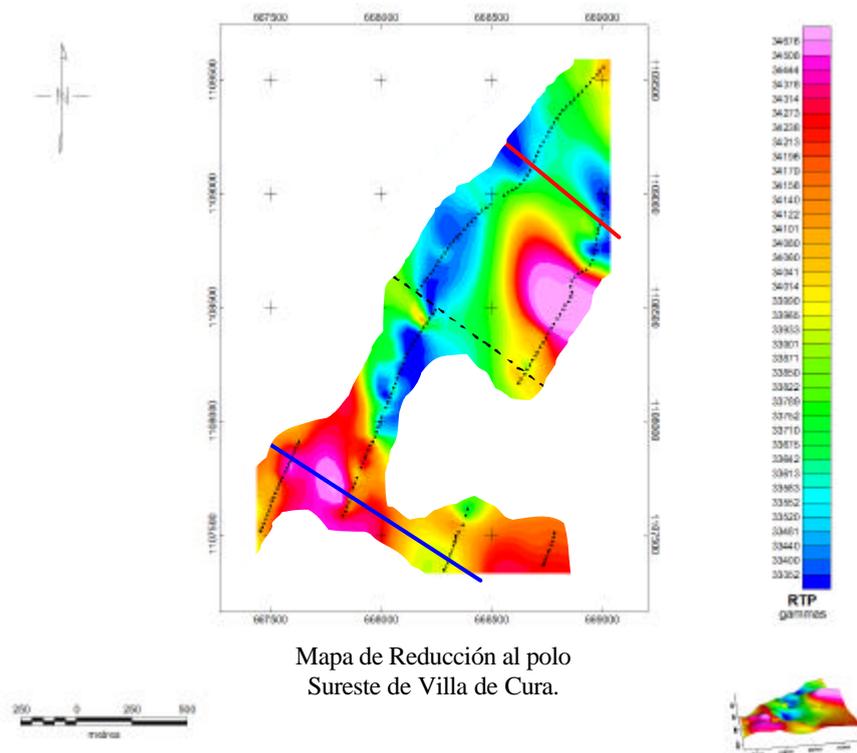
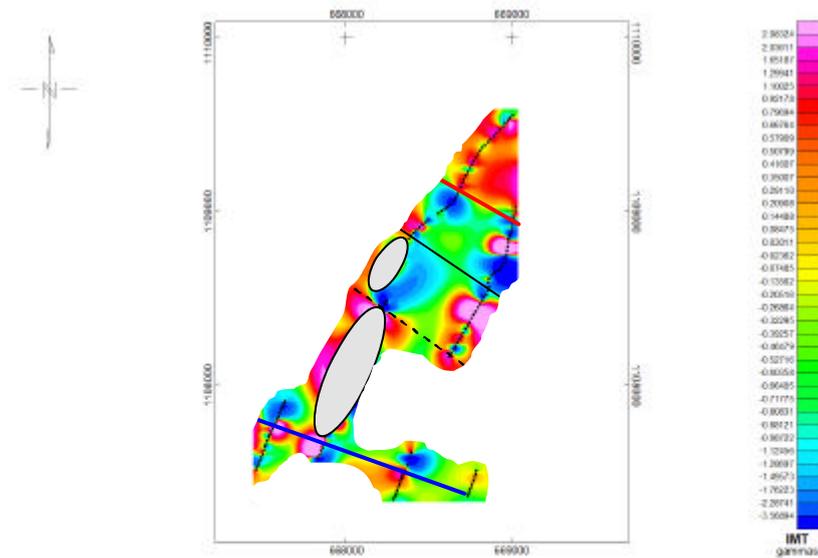


Fig. N° 5.9: Posible ubicación de fallas geológicas a partir de datos procesados de reducción al polo, línea azul: falla sur, línea roja: falla norte y línea negra: paso de carretera vía San Juan de los Morros. SE de Villa de Cura.

5.4.3.- Derivada vertical del mapa de IMT en Villa de Cura.

Al realizar el procesamiento de derivada vertical al mapa de Intensidad Magnética Total, se desea observar la continuidad de las anomalías en profundidad, es de este modo como se puede inferir si las anomalías presentes en el mapa de IMT son superficiales o continúan en el subsuelo. En la figura 5.10, se pueden evidenciar y corroborar las fallas principales de la estructura de la cuenca “Pull Apart” de Villa de Cura (Líneas en azul y rojo), igualmente se observa, en línea negra continua, la trayectoria del tendido eléctrico de alta tensión sobre la carretera hacia San Juan de los Morros. Sin embargo en este gráfico se pueden denotar otras anomalías o cierres pequeños (óvalos oscuros), que pueden ser debidos a la falta de información para interpolar entre las estaciones adquiridas, sin embargo es de notar que en los perfiles de la parte norte del mapa se pueden correlacionar unas anomalías que bien podrían ser un pequeño bloque fallado (línea negra), dentro del “Pull Apart”.



Mapa de Derivada Vertical
Sureste de Villa de Cura.

Fig. N° 5.10: Mapa de derivada vertical del SE de Villa de Cura, donde se pueden observar las zonas de anomalías en línea azul: falla sur, línea roja: falla norte y línea negra: paso de carretera vía San Juan de los Morros, la línea intermitente negra.

5.4.4.- Análisis espectral del mapa de IMT en Villa de Cura

En el análisis espectral se puede observar que existen dos profundidades predominantes de las anomalías del mapa, ambas menores a 100 metros, esto indica que la falla está sellada por poca cantidad de sedimentos cuaternarios. En este sentido, la grafica N° 5.11 denota la presencia de cuerpos a una profundidad de 70-75 metros y otros a 50 metros aproximadamente, esto hace inferir la posible existencia de escalones dentro del “Pull Apart”. Es de notar que la tercera pendiente indica o es creada por ruido ambiental en los datos magnéticos.

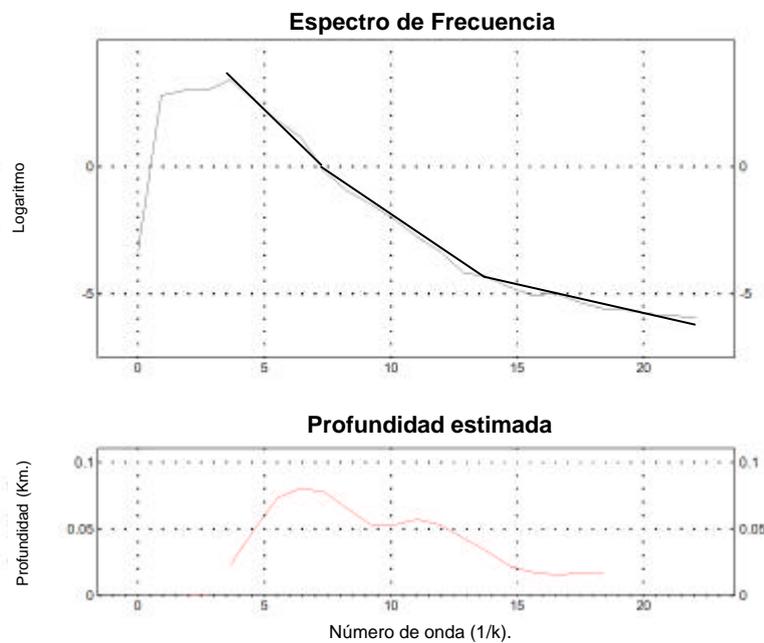


Fig. N° 5.11: Análisis espectral de los datos del mapa del SE de Villa de Cura.

5.5.- Mapa de Intensidad Magnética Total en Barlovento.

Al realizar la adquisición de datos magnéticos en la zona de Barlovento no se tuvo la posibilidad de acceso a algunas zonas importantes para obtener una distribución de datos en toda la zona de interés. De tal manera, al mapa de la figura

Nº 5.12, no se le puede realizar un estudio o análisis, ya que no se observa alguna continuidad a los datos obtenidos en campo. Sin embargo, cabe destacar que en el perfil noroeste se observa una anomalía notoria, la cual será analizada como perfil más adelante.

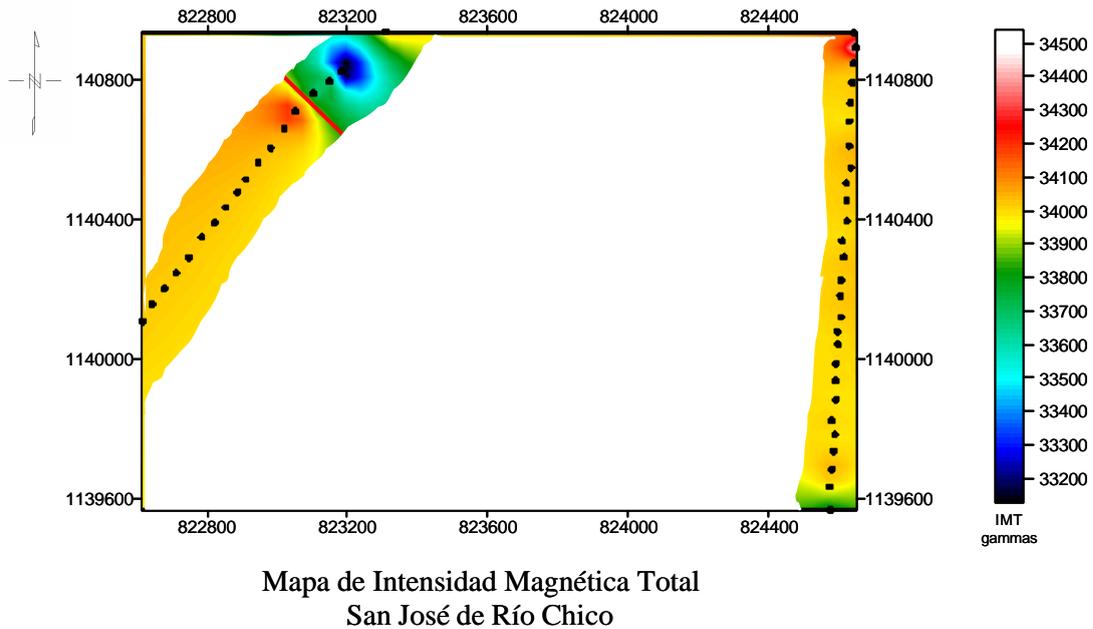


Fig. Nº 5.12: Mapa de Intensidad Magnética Total, San José de Río Chico.

5.6.- Perfiles Intensidad Magnética Total y Derivada vertical.

5.6.1.- Perfil “hacienda Mujica” en Villa de Cura.

Se puede observar en el siguiente gráfico (Fig. Nº 5.13), una zona de anomalía de aproximadamente 200 metros, enmarcada entre líneas azules. En dicha zona la anomalía de la derivada vertical es evidente para inferir la presencia de un contacto de falla, aunque esta anomalía se puede reducir a una banda de 60 metros aproximadamente (línea intermitente azul), donde se observa de manera más precisa la anomalía magnética.

En la zona sur del perfil (cuadro amarillo), se tiene una anomalía producida por líneas de alta tensión que pasan perpendicularmente al perfil por la carretera vía San Juan de Los Morros.

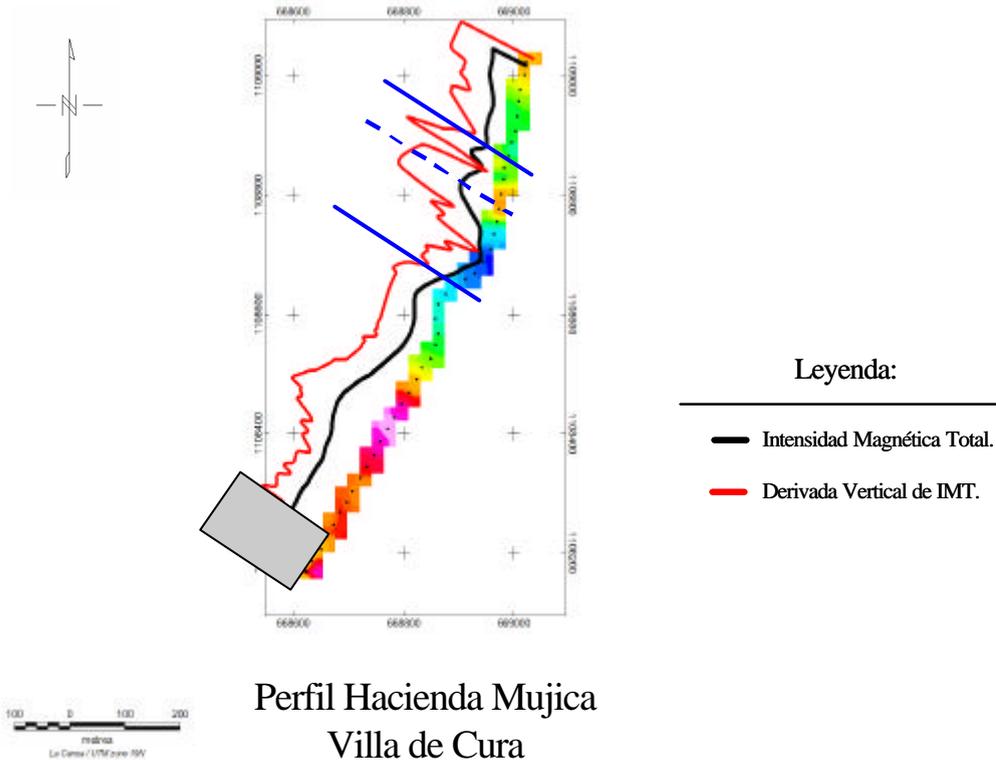


Fig. N° 5.13: Perfil de Intensidad Magnética Total y Derivada Vertical de IMT, “hacienda Mujica”, Villa de Cura. Línea azul: Zona de falla, Línea azul intermitente: mayor anomalía y posible ubicación de la falla, recuadro: zona donde pasa la carretera vía San Juan de Los Morros.

5.6.2.- Análisis espectral del perfil “hacienda Mujica”.

El análisis espectral del perfil “Mujica”, denota una profundidad del objetivo causante de la anomalía entre 70 y 50 metros, observando una a 20 metros que se atribuye a ruido ambiental en los datos (ver Fig. N° 5.14).

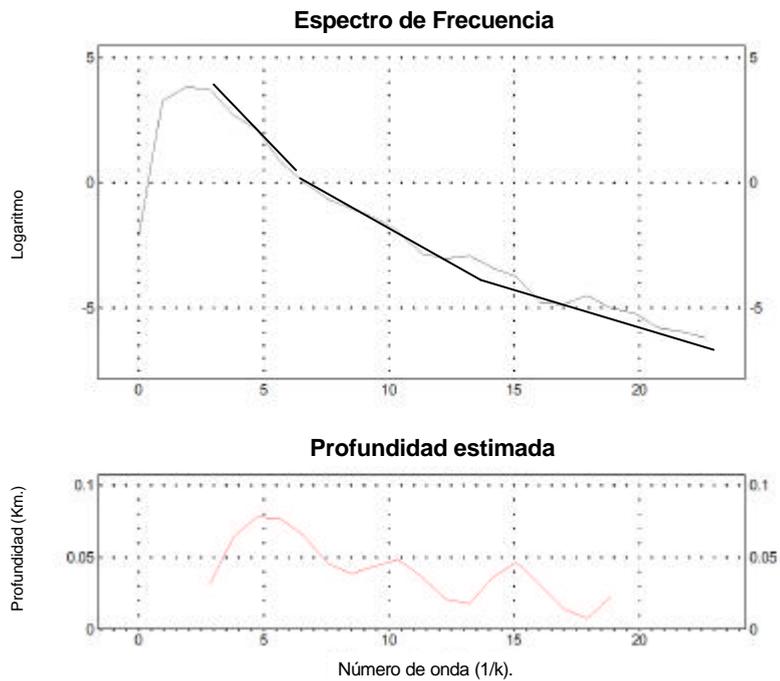


Fig. N° 5.14: Análisis espectral de IMT del perfil, se observa las distintas pendientes para calcular las profundidades, “hacienda Mujica”, Villa de Cura.

5.6.3.-Perfil Sureste de Villa de Cura.

La figura N° 5.15, refleja, en la parte norte, la misma influencia del tendido eléctrico de la carretera vía San Juan de Los Morros en la zona norte del perfil enmarcado en cuadro amarillo (ver también Fig. 5.8 – 5.10). Cabe destacar que para esta zona existe un afloramiento metamórfico que influye en la respuesta obtenida.

En la zona sur del perfil se observa una anomalía puntual causada por la presencia de un contacto, en este caso, posiblemente el contacto de la falla al sur del “Pull Apart” de Villa de Cura.

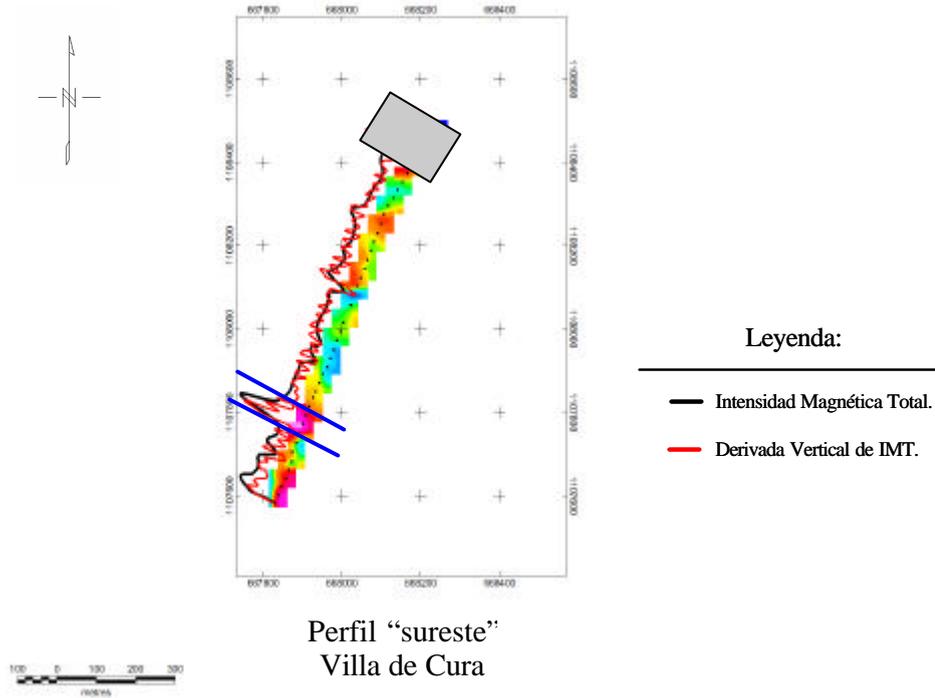


Fig. N° 5.15: Perfil "sureste" de Intensidad Magnética Total y Derivada Vertical de IMT, línea azul: zona de falla, recuadro: influencia de la carretera vía San Juan de Los Morros. SE Villa de Cura.

5.6.4.- Análisis espectral del perfil sureste de Villa de Cura.

Se pueden observar tres pendientes que denotan diferentes profundidades, las dos primeras entre 70 y 50 metros atribuibles a la estructura y la tercera se le atribuye a ruido ambiental en los datos.

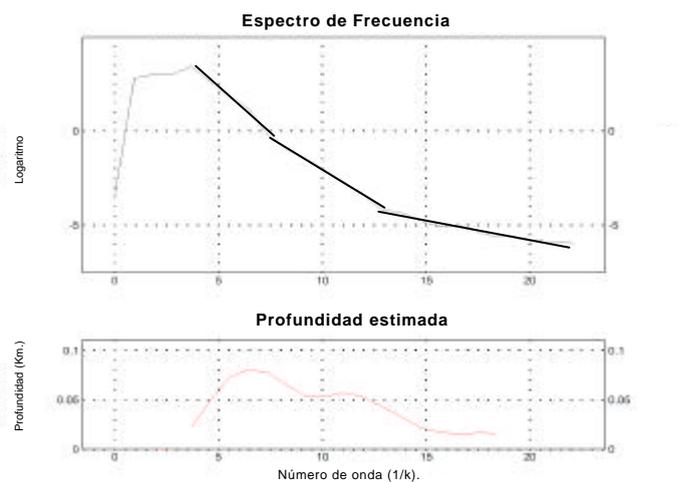


Fig. N° 5.16: Análisis espectral de IMT del perfil "sureste", Villa de Cura.

5.6.5.-Perfil Barlovento.

El siguiente perfil muestra un comportamiento uniforme entre 0 y 700 metros con un valor de intensidad magnética de 34.000 aproximadamente. Es notoria la presencia de una variación evidente entre los 700 y 1000 metros del perfil (línea verde segmentada), posiblemente generada por el puente que se encuentra a lo largo de la carretera vía La Madre Nueva que altera la medición del magnetómetro. Por esta razón, los datos del perfil de la figura N° 5.17 no son tomados en cuenta para una integración posterior, aunque es muy notable que no existen anomalías evidentes en los primeros 700 metros del perfil, esto podría significar que no existen cambios litológicos significativos en la zona de estudio.

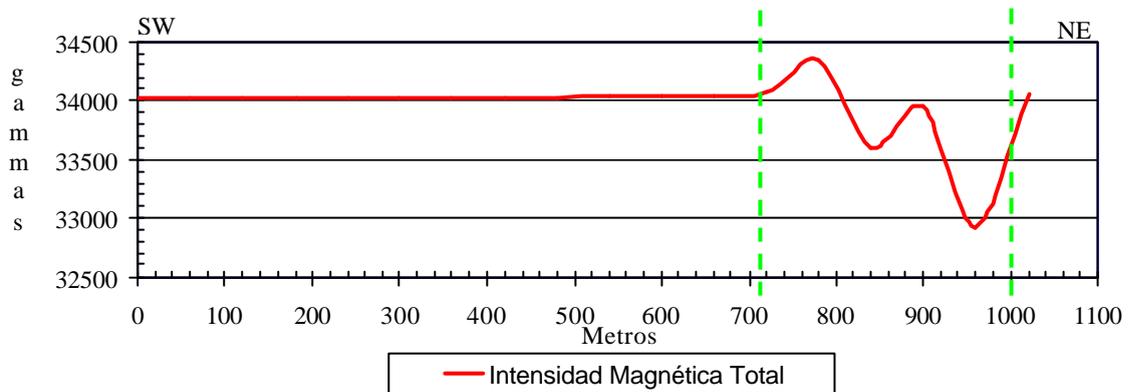


Fig. N° 5.17: Perfil de Intensidad Magnética Total en cantera, Barlovento.

5.7.- Radar de penetración del subsuelo (GPR).

5.7.1.- Perfil “Los Colorados”

La figura N° 5.18 muestra el perfil GPR del subsuelo en el afloramiento COL11 “Los Colorados” (Espínola y Ollarves, 2002), adquirido con antenas de 50, 100 y 200 Mhz, respectivamente. Se puede observar la presencia de una falla normal principal (F1), acompañada de un riedel (R1) ocasionado posiblemente por eventos de cizalla pura. Otra falla que se observa en las tres secciones es la denotada como S2, esta falla ha sido descrita por Espínola y Ollarves como una falla sinistral, aunque con la secciones obtenidas no se puede corroborar tal descripción. Existe una serie de fallas de acomodo de material (F3), todas ellas como fallas normales. Es de

destacar la presencia de una zona de fracturas jóvenes (F4) que se comportan igualmente como fallas normales. Se observa en el perfil un “Achinchorramiento” en los reflectores, esto podría representar un efecto espejo o una imagen especular de la topografía sobre la cual se realizó el levantamiento, es decir, que esta geometría se debe al efecto topográfico obtenido al momento de la adquisición y no a un efecto causado por la litología de la zona.

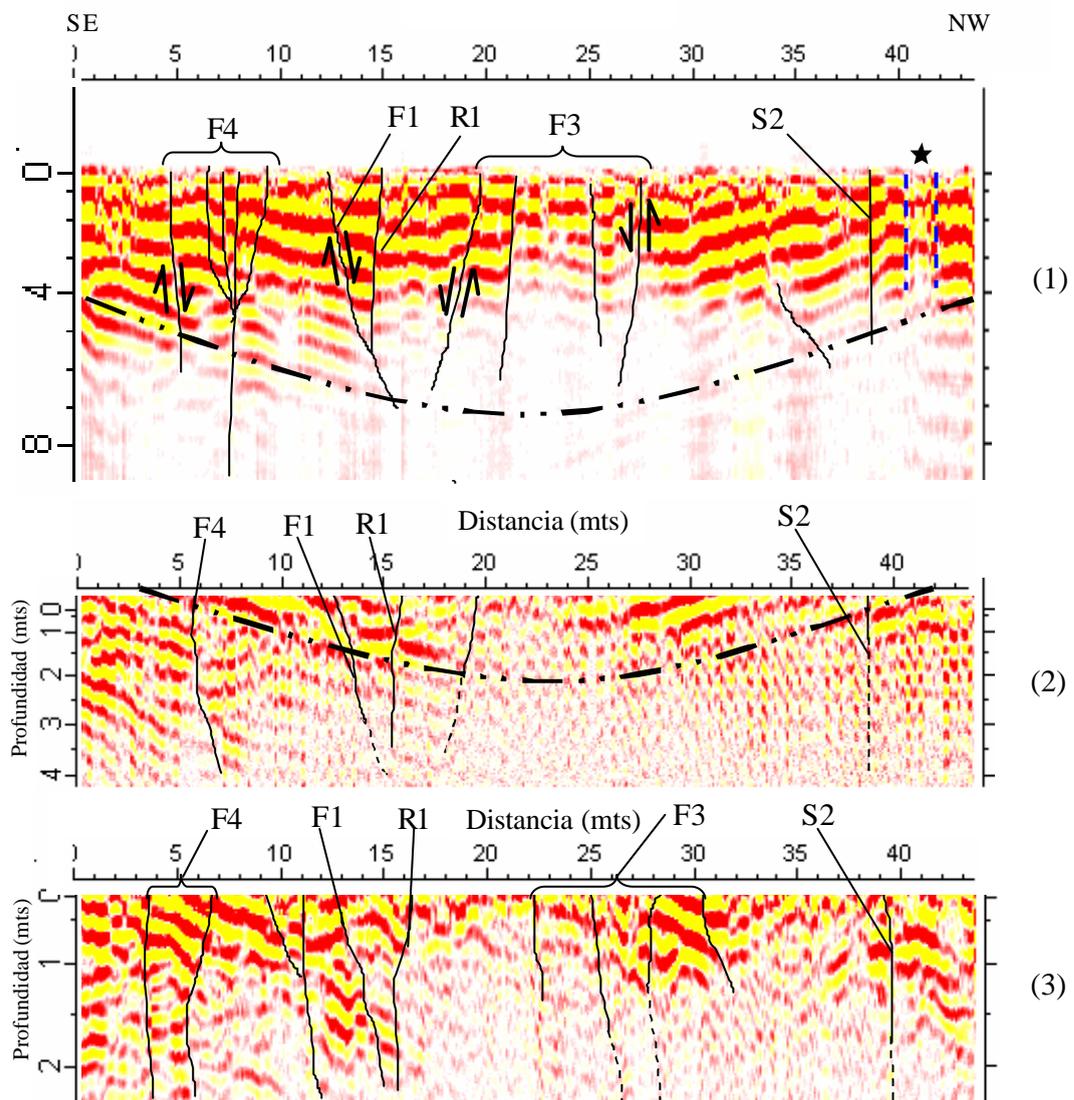


Fig. N° 5.18: Perfil de Radar de penetración de suelos, (1) antena 50 Mhz adquisición cada 2 metros, (2) antena de 100 Mhz adquisición cada 2 metros, (3) antena de 200 Mhz adquisición cada metro. Afloramiento COL11, Barlovento.

5.7.2.- Perfil “Cantera”

El perfil de radar de penetración de suelos realizado en la cantera por la carretera vía San José de Río Chico, no arrojó ningún resultado satisfactorio para el estudio estructural de la zona. Se realizó la adquisición con la antena de 50 Mhz únicamente para obtener mayor penetración y una profundización de la señal, ya que el objetivo se ubica bajo varios metros de sedimentos cuaternarios. El procesamiento de los datos sólo visualizo los primeros 8 metros del subsuelo con una mala relación señal/ruido. Por tal motivo, con la antena no blindada de 50 Mhz no se llega al objetivo en cuestión. Se pueden observar en el perfil parábolas que indican posibles objetos puntuales en el subsuelo que puedan ocasionar esta respuesta. En este sentido, se pudieran encontrar en la zona, tuberías cercanas a la carretera principal vía La Madre Nueva, y es de notar el hecho que en ambos perfiles de la zona se observan las parábolas en la misma ubicación del tendido.

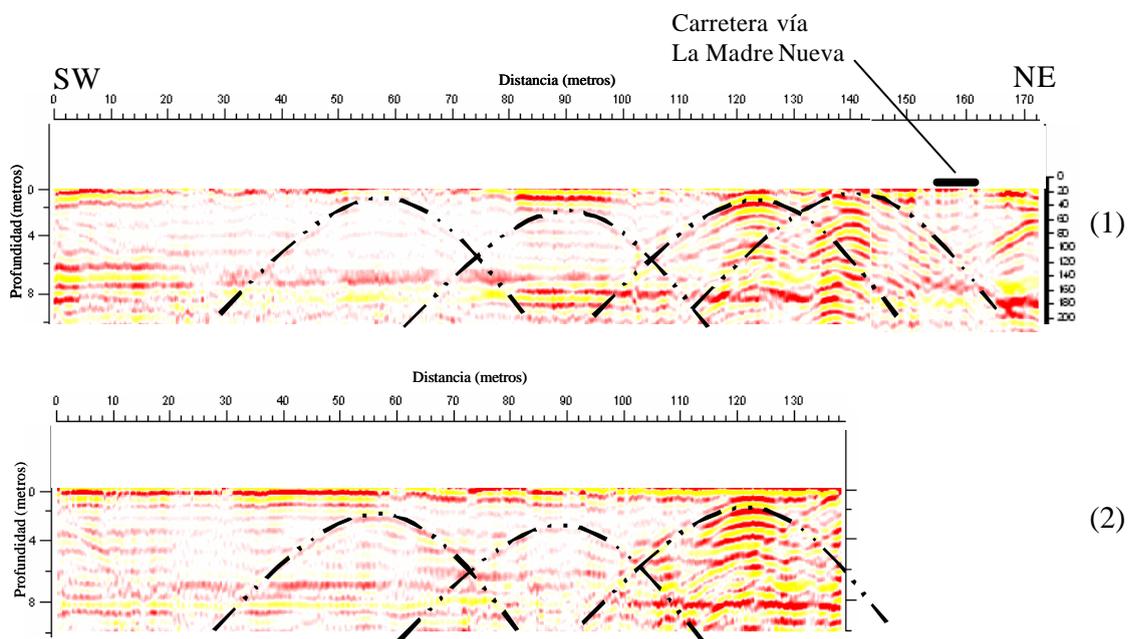


Fig. N° 5.19: Perfil de Radar de penetración de suelos, (1) antena 50 Mhz adquisición cada metro, (2) antena de 50 Mhz adquisición cada 2 metros, Cantera Barlovento.

5.8.- Sísmica.

5.8.1.- Perfil “hacienda Mujica” en Villa de Cura.

La sísmica realizada en la hacienda Mujica en Villa de Cura arrojó como resultado, una imagen con algunas distorsiones o saltos en los reflectores, que se interpretan como factores adjudicables a la adquisición como son los siguientes:

- La poca compactación del material en estudio (sedimentos cuaternarios) influyen en el acople de los geófonos al suelo, esto hace que la onda se atenúe con gran facilidad, de este modo la sección se observa con ruido que opaca o se superpone a los reflectores.
- La fuente utilizada (cartuchos calibre 12mm y pólvora negra), no es la adecuada en este tipo de suelos para generar una señal con una frecuencia deseada, es decir, la frecuencia generada por la fuente es de 50 Hz aproximadamente y para realizar estudios de sísmica somera de alta resolución se requiere o se espera tener una señal con frecuencias entre los 100 y 150 Hz. En consecuencia, la poca energía y su contenido frecuencial conlleva a una rápida atenuación de dicha señal en profundidad.
- Existen saltos cortos en los reflectores que infieren problemas de estática. El perfil se realizó sobre una carretera de tierra no transitada, con poca pendiente y sin saltos abruptos entre zonas cercanas, es decir, la diferencia de cota entre un receptor y otro contiguo no es mayor a 15 cm. Por esta razón, las observaciones de la posición topográfica de cada receptor y disparo, no varía la posición de los reflectores, aunque es de destacar que los datos fueron corregidos por estática residual con el programa Reflex y que pueden existir algunos detalles en dicho procesamiento en el programa utilizado que conllevaría a los errores que muestra la sección de la figura N° 5.20.

Por estas razones expuestas, se observa unos reflectores de poca continuidad que sin embargo permiten inferir la presencia de un salto entre los 140 y 160 metros

del perfil. Las discontinuidades en los reflectores son interpretadas como un salto de una falla tipo normal y se descarta que se pueda catalogar como problemas de procesamiento o de estática ya que la continuidad de dichos reflectores es lo bastante prolongada y los problemas en la sísmica causada por la estática deberían de ser de menos longitud, tal como se observa hacia el extremo SW del perfil.

En los extremos de la sección presentada se puede observar el efecto de borde que ocurre con el procesamiento de los datos sísmicos por la falta de información para apilar en dichas zonas (ver Fig. N° 5.20, círculos transparentes).

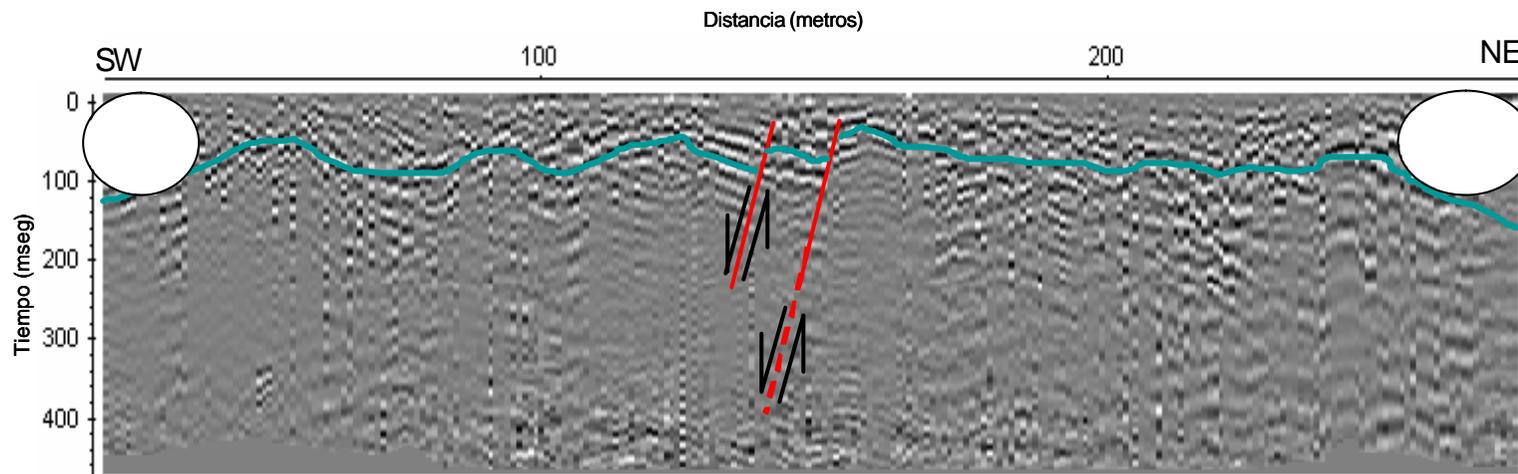


Fig. N° 5.20: Sección del perfil sísmico realizado en la hacienda Mujica al sureste de Villa de Cura. Inicio: Long. 669.021, Lat. 1.109.023, Fallas en línea roja, reflector visualizado en línea azul.

5.9.- Análisis integrado.

5.9.1.- Perfil “hacienda Mujica”.

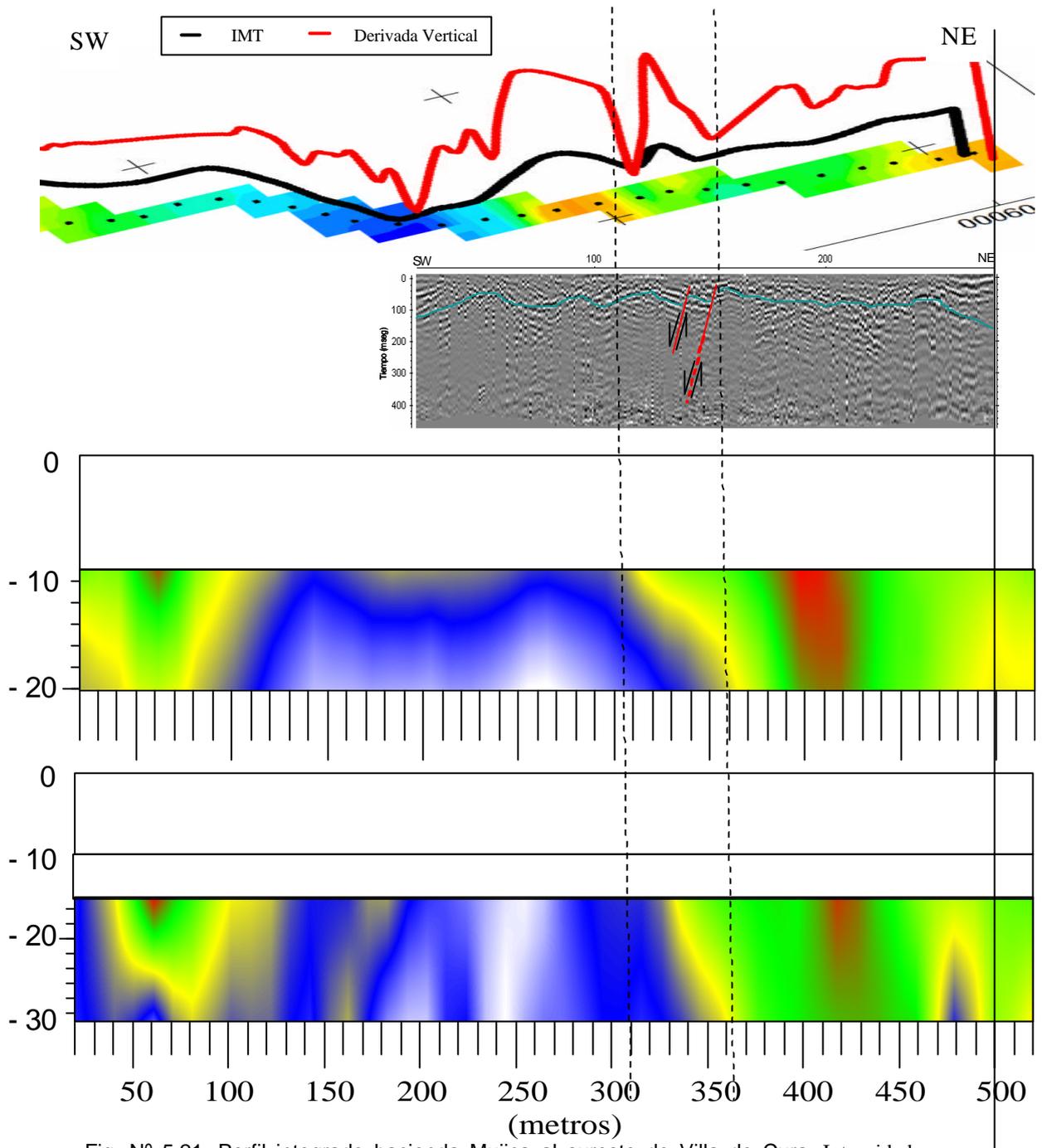


Fig. N° 5.21: Perfil integrado hacienda Mujica al sureste de Villa de Cura. Intensidad Magnética Total (arriba), Sísmica de Reflexión (Centro), Conductividad aparente EM34, Dipolo horizontal y dipolo vertical (abajo). Ubicación en la Fig. N° 5.1, perfil N°1.

En el perfil “hacienda Mujica” (Fig. N° 5.21, ubicación Fig. N° 5.1), realizado en las cercanías del poblado de Villa de Cura y con dirección SW-NE, se pudieron obtener resultados de tres diferentes métodos de prospección geofísica; magnetometría, sísmica y conductividad aparente.

Comenzando los perfiles desde el NE, en todos los casos, se puede observar una anomalía magnética a los 170 metros del comienzo al norte del perfil, que bien se correlaciona con el contraste en la conductividad y que se observa en la sísmica como una falla de tipo normal a los 150 metros del inicio del perfil. El ancho de la zona anómala donde se puede esperar la presencia de un contacto de falla es de 50 metros, observando en la sísmica un posible contacto de falla a los 120 metros del norte del perfil. Es importante resaltar la presencia de una zona de contraste de conductividad hacia la zona sur del perfil sin que haya evidencia de alguna anomalía en los datos magnéticos y sísmicos, por lo que se descarta su origen en una falla.

5.9.2.- Perfil “sureste Villa de Cura”.

La figura N° 5.22 muestra la integración de los datos de intensidad magnética total (IMT, línea negra), derivada vertical de IMT (línea roja) en el perfil SW de Villa de Cura (ubicación Fig. N° 5.1, perfil N° 2), en la parte inferior se pueden observar los datos electromagnéticos a muy baja frecuencia (VLF), fase (línea azul) y cuadratura (línea rosada). El magnetismo presenta dos anomalías resaltantes a los 200 metros del comienzo del perfil y entre los 840 y 1050 metros hacia el noreste. La primera anomalía, muy puntual, también se puede observar en los datos de VLF, pudiendo representar un contacto de falla. En la zona noreste del perfil se puede observar una anomalía con ambos métodos que se extiende por unos 240 metros aproximadamente, representando dos posibles eventos, la influencia del tendido eléctrico en la carretera vía San Juan de Los Morros y la presencia de un afloramiento de rocas metamórficas pertenecientes a la formación Santa Isabel.

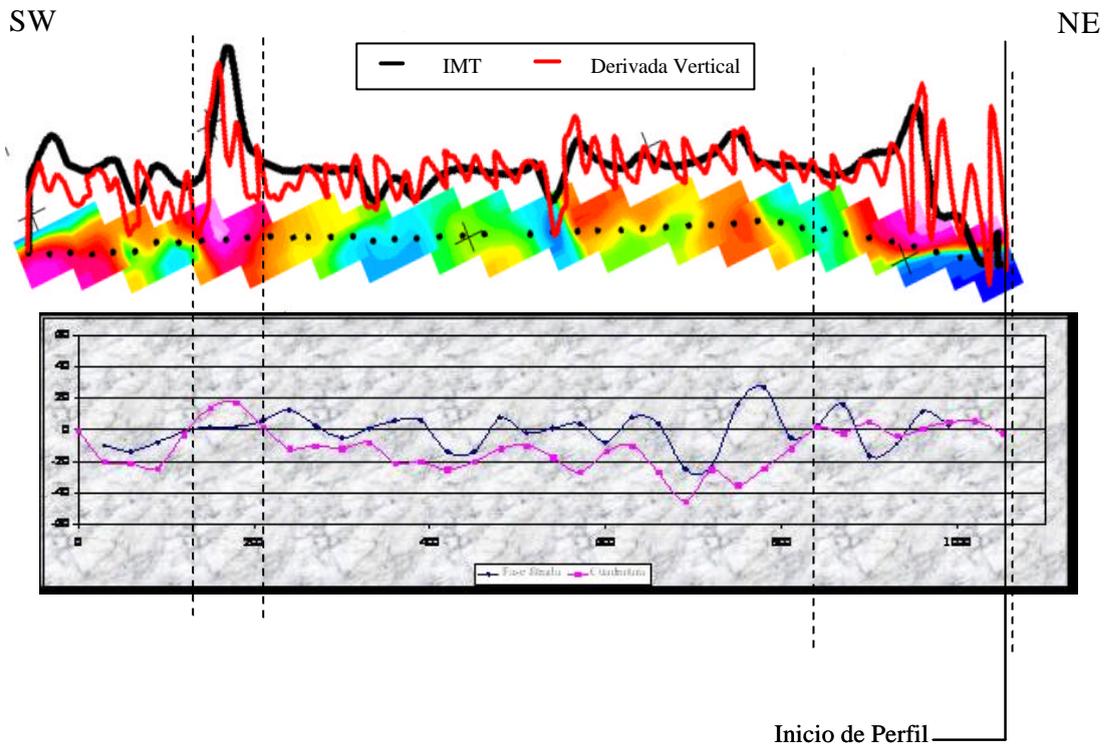


Fig. N° 5.22: Perfil integrado "sureste Villa de Cura". Intensidad Magnética Total (arriba), Electromagnético a muy baja frecuencia VLF (abajo)

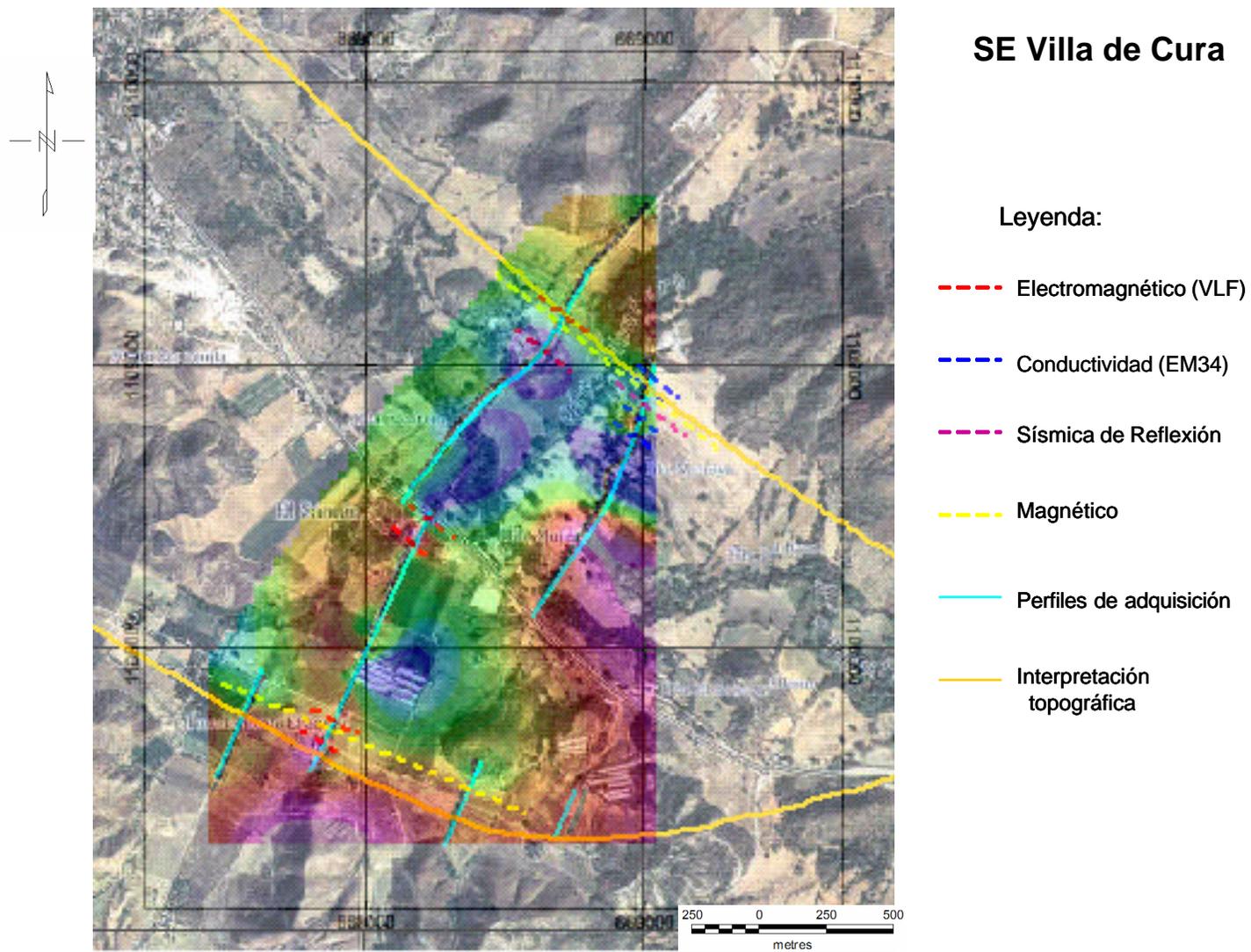


Fig. N° 5.23: Mapa “sureste Villa de Cura” con las posibles fallas observadas por los diferentes métodos.

Conclusiones y Recomendaciones

Luego de realizados los análisis de resultados e integrar los datos adquiridos en cada zona, se pueden realizar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- De manera global se pueden observar dos fallas al sureste de Villa de Cura que evidencian la posible presencia de una estructura tipo “Pull Apart”, interpretación que se puede corroborar con un análisis del relieve de la zona a partir de la Ortofotomapa e integrando con los datos obtenidos con los diferentes instrumentos se puede inferir, con cierta consistencia, dicha estructura (ver Fig. N° 5.23).
- En la zona de Barlovento no se observan cambios o anomalías evidentes en los datos magnéticos y electromagnéticos causadas por eventos geológicos, lo que puede indicar que no existen diferencias litológicas significativas a ambos lados de la falla que puedan corroborarse por estos métodos.
- Se puede inferir un fallamiento muy joven en el afloramiento de “Los Colorados” (COL11) probablemente causados por una falla mayor sellada cercana a la zona del afloramiento, ya que se visualizan pequeñas fallas que poseen un riedel y fallas menores o fracturas recientes.
- Cuando en los datos electromagnéticos de muy baja frecuencia se observa una divergencia entre la fase y la cuadratura del campo magnético secundario medido, se puede esperar la presencia de un cuerpo que contrasta con el entorno de estudio y que podría representar un contacto de falla.
- Las respuestas de los datos electromagnéticos de muy baja frecuencia son diferentes dependiendo de los cuerpos que se encuentran. En un afloramiento metamórfico en la zona sureste de Villa de Cura se observa una anomalía extendida a lo largo de todo el afloramiento. De manera contraria, donde se espera la presencia de un contacto de falla se observa una anomalía muy acentuada en forma de un pulso en el perfil.

- La respuesta de conductividad aparente en zonas sedimentarias depende en gran medida de la saturación de agua. Teniendo sedimentos blandos poco consolidados en Villa de Cura, es de esperar que la saturación de agua sea elevada y en consecuencia la respuesta de conductividad también sea alta.
- En zonas de sedimentos rígidos o de mayor consolidación la conductividad aparente disminuye debido a la poca porosidad de los sedimentos que no permiten el percolamiento de agua y en su defecto hacen la roca más resistiva. Tal es el caso del perfil realizado con el instrumento EM34 en la hacienda Mujica al sureste de Villa de Cura, donde se observa, hacia la zona norte del perfil, un aumento de la conductividad debido a sedimentos recientes depositados en el abanico aluvial, en contraste con las zonas del sur y centro del perfil donde se observan valores de conductividad mas bajos debido a la mayor compactación del suelo.
- El estudio magnético permite observar cambios hacia el sur y norte de la zona de Villa de Cura. Esto podría ser una respuesta de un bloque deprimido dentro de dos fallas y representar la estructura “Pull Apart” de la cuenca de Villa de Cura.
- Siempre que se realicen adquisiciones magnéticas para la realización de mapas, es recomendable estructurar un mallado y realizar la adquisición en cada nodo del mismo, ya que si no se tiene una buena distribución de los datos es posible que se observen anomalías ficticias o que no reflejen lo que se tiene en el subsuelo.
- La profundidad del objetivo en cuestión en la zona de Villa de Cura se encuentra entre 70 y 50 metros, lo que indica que la falla podría encontrarse muy somera. Esto se puede observar en los análisis espectrales de los perfiles, observando de igual modo la influencia del ruido ambiental en dichos análisis.
- Para obtener datos confiables de intensidad magnética total, es obligatorio realizar perfiles perpendiculares al objetivo a buscar, ya que la anomalía se observa de manera puntual, en este sentido y haciendo uso de herramientas de procesamiento como la derivada vertical se puede conocer si el contacto observado es un contacto lateral (cambio litológico) o es un contacto en profundidad (posible contacto de falla). A partir de todo lo indicado anteriormente se puede observar en

los datos obtenidos en el sureste de Villa de Cura un contacto vertical que afianza aun más la idea de la existencia de la falla.

- La zona de estudio en Barlovento está compuesta en gran parte por sedimentos arcillosos que no permiten la penetración de la señal de algunas herramientas geofísicas. Tal es el caso de la adquisición con radar de penetración de suelos (GPR), la cual no profundiza lo esperado, ya que para la utilización de antenas de 50 Mhz generalmente se puede obtener una profundidad de 20 a 40 metros. Sin embargo las mayores profundidades observadas en la zona con esta antena son de 8 metros. De igual modo ocurre con las antenas de 100 y 200 Mhz cuyas profundidades máximas para cada uno son de 4 y 3 metros respectivamente.
- Cuando se tienen sedimentos poco consolidados no es de gran utilidad realizar adquisición con Radar de penetración de suelos (GPR) ya que la atenuación de la señal es muy rápida y no se puede observar reflectores en las zonas más profundas. Sin embargo, es posible que esta poca penetración se deba a la utilización de antenas no blindadas y que reciben ruido ambiental de todo el entorno.
- La falla estudiada por la sísmica de reflexión en Villa de Cura, se puede interpretar como una falla normal, ya que se observa un bloque deprimido hacia la parte sur del tendido donde se tiene la parte más profunda de la cuenca de Villa de Cura.
- “Toda falla genera una anomalía, mas no toda anomalía representa la existencia de una falla” En este sentido, se puede inferir con los datos magnéticos y electromagnéticos la posible existencia de una falla, pero la veracidad de la misma no se podrá conocer únicamente con este tipo de métodos, mas aun, los métodos electromagnéticos y magnéticos son datos que se deben integrar con otros métodos para aseverar la posible ubicación de la falla en cuestión.
- La integración de datos geofísicos permite disminuir la incertidumbre que se puede tener al realizar estudios estructurales. De tal manera mientras mayor y mejor es la información de una zona de estudio, se podrá llegar a conclusiones e interpretaciones más representativas de las estructuras del subsuelo. Tal es el caso

de los perfiles “Mujica” y “SE Villa de Cura” donde se pudo integrar datos de diferentes métodos geofísicos como: Magnetometría, conductividad, electromagnetismo de baja frecuencia y sísmica, conjuntamente con un análisis topográfico a partir de las ortofotomapas, conduciendo a interpretaciones más exactas de la estructura presente en la zona.

- Es importante tener en cuenta ciertos aspectos para realizar una adquisición sísmica de reflexión somera ya que existen muchos factores que influyen directamente en las trazas obtenidas en una sísmica de alta resolución. La topografía del perfil, el tipo de fuente utilizada, el tipo de material en el subsuelo, el objetivo a buscar (profundidad y extensión) y el esquema de adquisición a utilizar son de vital importancia para poder obtener datos fiables y realizar un buen procesamiento y por consiguiente una interpretación en concordancia con el subsuelo.
- Es recomendable realizar un estudio de radar de penetración de suelos (GPR) en la zona de Barlovento con el uso de antenas blindadas y de este modo direccionar en profundidad la señal de las ondas electromagnéticas para poder obtener mayor penetración, ya que posiblemente la rápida atenuación de la señal debido al tipo de material no está permitiendo observar la falla que se espera a mayor profundidad que la obtenida por el instrumento.
- La parte más importante de un trabajo geofísico es la etapa de la adquisición. Para la realización de adquisición de datos con diferentes métodos geofísicos en una zona determinada es recomendable realizar un buen reconocimiento de la zona de estudio, como se realizó en el presente trabajo, y así, seleccionar esquemas que permitan definir con precisión el objetivo a estudiar, especificar que tipos de instrumentos se van a utilizar para cada zona dependiendo de su litología y obtener datos de buena calidad para un buen procesamiento y por consiguiente una buena interpretación.

Bibliografía y Referencias citadas

- AUDEMARD, F., F. DE SANTIS Y A. SINGER (1989) Evidencias Geomorfológicas de una actividad tectónica reciente a lo largo de la falla del Río Guárico, VII Congreso Geológico Venezolano, Barquisimeto, Edo. Lara - Venezuela. 3: 1022-1034.
- BECK, Cristian (1986) Géologie de la Chaîne Caraïbe au méridien de Caracas, Venezuela; Société Géologique du Nord, Publication n° 14. p. 17.
- BELTRÁN, C. y C. GIRALDO (1989) Aspectos neotectónicos de la región nororiental de Venezuela, Mem. VII Congreso Geológico Venezolano, Barquisimeto, 3:1000-1021.
- BERMÚDEZ, P. (1966) Consideraciones sobre los sedimentos del Mioceno medio al Reciente de las costas central y oriental de Venezuela. Bol. Geol., Caracas, 7 (14): 333-441.
- CANTOS F. José. (1974) Tratado de Geofísica Aplicada. Edit. Litoprint, España, 520 p.
- DENGO, G (1953) Geology of the Caracas region, Venezuela, Geol. Soc. Am., Bull., vol. 64, n° 1, p. 7-40.
- DOBRIN, M.B. (1960) Introducción a la Prospección Geofísica. Edit. McGraw Hill, New York, 630 p.
- ESPÍNOLA, E. y OLLARVES, R. (2002) Estudio Tectono-Estratigráfico del Margen Meridional de la Cuenca de Barlovento, Estado Miranda. Implicaciones

Neotectónicas. U.C.V. Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado. 240 p.

GONZÁLEZ DE JUANA, C., J. ITURRALDE DE AROZENA y X. PICARD (1980) Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Caracas, Edit. Foninves, 2 tomos. 1021 p.

HERNÁNDEZ, J. y E. ROJAS (2002) Estudio tectono-estratigráfico del margen meridional de la Cuenca de Barlovento: Implicaciones Neotectónicas, Departamento de Geología, Universidad Central de Venezuela. 169 p.

OGILVY, R. D. and A. C. LEE, (1991) Interpretation of VLF-EM in-phase data using current density pseudosections. *Geophysical Prospecting*, 39, 567-580.

OLHOEFT, G.R., (2000) Maximizing the information return from ground penetrating radar." *J. of Applied Geophysics*, 43(2-4), 175-187.

PARASNIS, D. S. (1970) Principios de Geofísica Aplicada. Edit. Paraninfo. Madrid, 367 p.

PATRICK, H. (1958) Geology of the Cariaco Basin. Archivos LAGOVEN, informe 2000.11-2.

PDVSA – INTEVEP (1997) Código Geológico de Venezuela. Actualización enero 2002. Disponible: <http://www.pdv.com/lexico>, [Consulta: junio 2003].

SEIDERS, V. M., (1965). Geología de Miranda central, Venezuela. *Bol. Geol.*, Caracas, 6(12): 289-416.

SHAGAM, R. (1960). Geología de Aragua central, Venezuela. Memorias tercer Congreso Geológico Venezolano, Tomo III, p. 574-671.

Venezuela. Dirección de Cartografía Nacional. (1995) La Madre Nueva. Hoja 6946 I NE, Caracas. Escala: 1:25.000. Ortofotomapa.

Venezuela. Dirección de Cartografía Nacional. (1995) Villa de Cura. Hoja 6746 III SO, Caracas. Escala: 1:25.000. Ortofotomapa.

Venezuela. Dirección de Cartografía Nacional. (1999) Los Tanques. Hoja 6646 II SE, Caracas. Escala: 1:25.000. Carta Catastral.

APÉNDICES

Apéndice A: Datos Electromagnéticos muy baja frecuencia (VLF).

Tabla A.1: Perfil N° 1 Barlovento.

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	Fase	Cuadratura
1	824.573	1.139.569	-6	-20
2	824.573	1.139.634	-4	-24
3	824.578	1.139.684	-3	-24
4	824.583	1.139.735	3	-22
5	824.586	1.139.784	4	-20
6	824.577	1.139.824	4	-28
7	824.590	1.139.884	4	-30
8	824.589	1.139.937	2	-24
9	824.589	1.139.986	4	-20
10	824.595	1.140.041	-4	-19
11	824.594	1.140.079	-3	-14
12	824.604	1.140.119	0	-22
13	824.602	1.140.180	-2	-24
14	824.604	1.140.225	-2	-24
15	824.613	1.140.291	-6	-20
16	824.608	1.140.336	-4	-30
17	824.621	1.140.394	-10	-20
18	824.620	1.140.451	-6	-18
19	824.620	1.140.502	-4	-18
20	824.632	1.140.546	-2	-12
21	824.627	1.140.609	-5	-14
22	824.628	1.140.679	-2	-16
23	824.631	1.140.732	-1	-16
24	824.636	1.140.790	-5	-14
25	824.640	1.140.844	15	4
26	824.646	1.140.890	7	22
27	824.641	1.140.931	10	-10

Tabla A.2: Perfil N° 2 Barlovento.

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	Fase	Cuadratura
28	822.616	1.140.107	-15	2
29	822.644	1.140.155	3	1
30	822.680	1.140.201	15	1
31	822.712	1.140.245	7	-1
32	822.750	1.140.289	4	-1
33	822.786	1.140.348	0	0
34	822.822	1.140.390	5	1
35	822.854	1.140.433	7	1
36	822.887	1.140.476	8	1
37	822.911	1.140.513	4	1
38	822.946	1.140.559	3	0
39	822.980	1.140.603	3	1
40	823.021	1.140.659	3	5
41	823.051	1.140.708	9	-1
42	823.103	1.140.759	4	2
43	823.149	1.140.793	-8	5
44	823.184	1.140.822	-25	20
45	823.308	1.140.934	25	10

Tabla A.3: Perfil N° 1, Villa de Cura.

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	Fase	Cuadratura
1	667.794	1.107.566	-6	0
2	667.827	1.107.580	-4	-20
3	667.845	1.107.604	-3	-21
4	667.849	1.107.638	3	-24
5	667.865	1.107.661	4	-3
6	667.865	1.107.696	4	5
7	667.876	1.107.727	4	8
8	667.888	1.077.524	2	2
9	667.900	1.107.779	4	-12
10	667.909	1.107.806	-4	-10
11	667.924	1.107.837	-3	-12

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	Fase	Cuadratura
12	667.936	1.107.865	0	-8
13	667.950	1.107.896	-2	-21
14	667.967	1.107.919	-2	-20
15	667.969	1.107.947	-6	-25
16	667.983	1.107.979	-4	-20
17	667.991	1.108.001	10	-12
18	668.006	1.108.028	-6	-10
19	668.020	1.108.054	4	-17
20	668.021	1.108.086	2	-27
21	668.036	1.108.114	-5	-14
22	668.054	1.108.131	7	-10
23	668.032	1.108.135	-2	-27
24	668.070	1.108.192	-4	-45
25	668.081	1.108.215	5	-41
26	668.100	1.108.245	14	-37
27	668.103	1.108.272	10	-24
28	668.113	1.108.281	-7	-12
29	668.128	1.108.324	4	2
30	668.137	1.108.345	4	-2
31	668.160	1.108.367	-10	5
32	668.170	1.108.392	2	-4
33	668.189	1.108.411	8	1
34	668.204	1.108.441	-7	5
35	668.217	1.108.464	5	6
36	668.248	1.108.505	-7	-2

Tabla A.4: Perfil N° 2, Villa de Cura.

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	Fase	Cuadratura
37	668.932	1.109.489	2	12
38	668.914	1.109.468	4	10
39	668.898	1.109.452	-5	8
40	668.882	1.109.436	-12	10
41	668.860	1.109.415	7	14
42	668.840	1.109.396	-7	5

43	668.823	1.109.379	2	-22
44	668.807	1.109.361	4	-12
45	668.792	1.109.340	-5	-12
46	668.777	1.109.316	12	-8
47	668.764	1.109.300	-3	-6
48	668.753	1.109.279	7	-6
49	668.744	1.109.259	-12	-6
50	668.729	1.109.232	1	-8
51	668.717	1.109.210	-15	-10
52	668.704	1.109.187	4	-5
53	668.695	1.109.165	-21	-8
54	668.686	1.109.137	15	-6
55	668.675	1.109.116	-25	-6
56	668.663	1.109.093	7	-4
57	668.651	1.109.071	2	-2
58	668.637	1.109.053	1	-4
59	668.616	1.109.034	2	-6
60	668.597	1.109.022	7	0
61	668.577	1.109.013	-10	14
62	668.555	1.108.999	17	28
63	668.536	1.108.986	25	43
64	668.513	1.108.974	-4	15
65	668.476	1.108.949	20	-10
66	668.455	1.108.932	-7	2
67	668.435	1.108.913	10	2
68	668.419	1.108.891	-3	1
69	668.403	1.108.873	15	1
70	668.385	1.108.853	-7	-1
71	668.367	1.108.834	4	-1
72	668.347	1.108.815	-2	0
73	668.334	1.108.798	5	1
74	668.314	1.108.774	-1	1
75	668.299	1.108.753	8	1
76	668.279	1.108.732	4	1
77	668.267	1.108.712	3	0
78	668.251	1.108.693	3	1
79	668.235	1.108.667	3	5
80	668.214	1.108.642	9	-1
81	668.199	1.108.621	4	2
82	668.180	1.108.600	-8	5

83	668.162	1.108.576	-25	20
84	668.144	1.108.559	25	10

Apéndice B: Variación magnética diurna.

Tabla B.1: Datos de variación diurna adquirida en la hacienda “Mujica” en Villa de Cura, en la estación de longitud: 668.752,20 y latitud: 1.108.347,80.

Hora	IMT (gammas)	Hora	IMT (gammas)	Hora	IMT (gammas)
8:02:00	33.988,90	11:42:00	33.993,50	15:22:00	33.979,30
8:12:00	33.987,00	11:52:00	33.994,40	15:32:00	33.979,20
8:22:00	33.986,31	12:02:00	33.995,14	15:42:00	33.978,60
8:32:00	33.986,80	12:12:00	33.991,30	15:52:00	33.979,00
8:42:00	33.987,19	12:22:00	33.991,56	16:02:00	33.977,50
8:52:00	33.987,34	12:32:00	33.991,80	16:12:00	33.976,10
9:02:00	33.986,90	12:42:00	33.990,06	16:22:00	33.975,60
9:12:00	33.987,40	12:52:00	33.988,82	16:32:00	33.976,00
9:22:00	33.988,80	13:02:00	33.989,00	16:42:00	33.974,10
9:32:00	33.988,98	13:12:00	33.987,48	16:52:00	33.973,40
9:42:00	33.989,52	13:22:00	33.985,96	17:02:00	33.972,80
9:52:00	33.990,78	13:32:00	33.985,74	17:12:00	33.972,40
10:02:00	33.990,50	13:42:00	33.985,72	17:22:00	33.971,50
10:12:00	33.991,88	13:52:00	33.985,00	17:32:00	33.972,60
10:22:00	33.992,42	14:02:00	33.983,34	17:42:00	33.971,50
10:32:00	33.993,04	14:12:00	33.982,92	17:52:00	33.974,50
10:42:00	33.992,30	14:22:00	33.982,92	18:02:00	33.972,20
10:52:00	33.992,50	14:32:00	33.982,76	18:12:00	33.972,40
11:02:00	33.992,20	14:42:00	33.982,32	18:22:00	33.977,50
11:12:00	33.992,98	14:52:00	33.981,50	18:32:00	33.972,80
11:22:00	33.992,50	15:02:00	33.981,00		
11:32:00	33.993,00	15:12:00	33.979,92		

Apéndice C: Datos magnéticos

Tabla C.1: Perfil N° 1: Intensidad Magnética Total (IMT), Barlovento.

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	IMT (gammas)
1	824.573	1.139.569	33.767,63
2	824.573	1.139.634	34.011,16
3	824.578	1.139.684	34.060,62
4	824.583	1.139.735	34.008,49
5	824.586	1.139.784	33.982,37
6	824.577	1.139.824	34.021,35
7	824.590	1.139.884	33.983,58
8	824.589	1.139.937	34.010,81
9	824.589	1.139.986	33.996,88
10	824.595	1.140.041	34.014,04
11	824.594	1.140.079	33.997,67
12	824.604	1.140.119	34.027,84
13	824.602	1.140.180	34.030,07
14	824.604	1.140.225	34.017,15
15	824.613	1.140.291	34.041,46
16	824.608	1.140.336	33.996,23
17	824.621	1.140.394	34.015,86
18	824.620	1.140.451	34.027,57
19	824.620	1.140.502	34.021,83
20	824.632	1.140.546	34.037,15
21	824.627	1.140.609	34.060,61
22	824.628	1.140.679	33.979,34
23	824.631	1.140.732	34.024,93
24	824.636	1.140.790	34.027,17
25	824.640	1.140.844	33.983,60
26	824.646	1.140.890	34.551,05
27	824.641	1.140.931	34.076,15

Tabla C.2: Perfil N° 2: Intensidad Magnética Total (IMT), Barlovento.

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	IMT (gammas)
28	822.616	1.140.107	34.022,93
29	822.644	1.140.155	34.021,50
30	822.680	1.140.201	34.023,96
31	822.712	1.140.245	34.025,44
32	822.750	1.140.289	34.024,11
33	822.786	1.140.348	34.024,33
34	822.822	1.140.390	34.027,37
35	822.854	1.140.433	34.028,20
36	822.887	1.140.476	34.027,96
37	822.911	1.140.513	34.033,94
38	822.946	1.140.559	34.032,87
39	822.980	1.140.603	34.036,98
40	823.021	1.140.659	34.069,02
41	823.051	1.140.708	34.337,95
42	823.103	1.140.759	33.597,78
43	823.149	1.140.793	33.937,20
44	823.184	1.140.822	32.929,87
45	823.308	1.140.934	34.048,53

Tabla C.3: Perfil N° 1: Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	IMT (gammas)
1	667.794	1.107.566	34.063,72
2	667.827	1.107.580	34.071,10
3	667.845	1.107.604	34.080,84
4	667.849	1.107.638	35.279,95
5	667.865	1.107.661	34.095,30
6	667.865	1.107.696	33.771,31
7	667.876	1.107.727	33.897,14
8	667.888	1.077.524	34.003,20
9	667.900	1.107.779	34.020,39
10	667.909	1.107.806	34.079,02
11	667.924	1.107.837	34.066,33

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	IMT (gammas)
12	667.936	1.107.865	34.059,51
13	667.950	1.107.896	34.015,35
14	667.967	1.107.919	34.053,32
15	667.969	1.107.947	33.803,48
16	667.983	1.107.979	33.964,17
17	667.991	1.108.001	33.857,89
18	668.006	1.108.028	34.033,05
19	668.020	1.108.054	33.958,78
20	668.021	1.108.086	33.817,62
21	668.036	1.108.114	34.373,53
22	668.054	1.108.131	34.258,69
23	668.032	1.108.135	34.130,07
24	668.070	1.108.192	33.911,83
25	668.081	1.108.215	33.921,88
26	668.100	1.108.245	34.225,41
27	668.103	1.108.272	32.693,14
28	668.113	1.108.281	33.921,51
29	668.128	1.108.324	33.801,87
30	668.137	1.108.345	33.809,69
31	668.160	1.108.367	34.551,72
32	668.170	1.108.392	35.169,21
33	668.189	1.108.411	33.844,58
34	668.204	1.108.441	33.664,22
35	668.217	1.108.464	33.440,99
36	668.248	1.108.505	33.957,46

Tabla C.4: Perfil N° 2: Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	IMT (gammas)
37	668.932	1.109.489	33.970,27
38	668.914	1.109.468	33.942,77
39	668.898	1.109.452	33.979,89
40	668.882	1.109.436	34.003,31
41	668.860	1.109.415	33.960,87
42	668.840	1.109.396	33.952,46

43	668.823	1.109.379	33.938,76
44	668.807	1.109.361	33.915,16
45	668.792	1.109.340	33.931,97
46	668.777	1.109.316	33.937,48
47	668.764	1.109.300	33.936,83
48	668.753	1.109.279	33.947,71
49	668.744	1.109.259	33.888,21
50	668.729	1.109.232	34.034,95
51	668.717	1.109.210	33.863,21
52	668.704	1.109.187	33.842,01
53	668.695	1.109.165	33.836,19
54	668.686	1.109.137	33.825,40
55	668.675	1.109.116	33.787,83
56	668.663	1.109.093	33.673,38
57	668.651	1.109.071	33.621,92
58	668.637	1.109.053	33.552,04
59	668.616	1.109.034	33.548,24
60	668.597	1.109.022	33.589,86
61	668.577	1.109.013	33.662,31
62	668.555	1.108.999	33.756,08
63	668.536	1.108.986	36.422,50
64	668.513	1.108.974	42.257,17
65	668.476	1.108.949	33.748,70
66	668.455	1.108.932	33.868,19
67	668.435	1.108.913	33.866,14
68	668.419	1.108.891	33.793,80
69	668.403	1.108.873	33.780,62
70	668.385	1.108.853	33.781,02
71	668.367	1.108.834	33.786,94
72	668.347	1.108.815	33.656,60
73	668.334	1.108.798	33.780,90
74	668.314	1.108.774	33.678,49
75	668.299	1.108.753	33.792,78
76	668.279	1.108.732	33.856,48
77	668.267	1.108.712	33.827,47
78	668.251	1.108.693	33.838,80
79	668.235	1.108.667	33.855,88
80	668.214	1.108.642	33.877,78
81	668.199	1.108.621	33.893,23
82	668.180	1.108.600	33.846,52

83	668.162	1.108.576	33.915,68
84	668.144	1.108.559	33.851,33

Datos Adquiridos según Fig. N° 3.3:

Tabla C.5: Perfil N°1 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
0	668.315,02	1.108.776,67	33.680,10	
1	668.328,47	1.108.793,34	33.676,00	
2	668.344,26	1.108.811,22	33.635,10	
3	668.358,90	1.108.824,34	33.750,70	
4	668.377,63	1.108.844,60	33.723,00	
5	668.393,42	1.108.862,47	33.725,90	
6	668.408,64	1.108.878,56	33.656,80	
7	668.425,61	1.108.894,66	33.765,60	
8	668.442,00	1.108.911,94	33.811,40	
9	668.458,99	1.108.926,26	33.780,90	
10	668.477,15	1.108.939,99	33.741,30	
11	668.496,49	1.108.954,32	33.566,50	
12	668.516,43	1.108.966,87	35.140,60	Tendido Eléctrico
13	668.536,37	1.108.979,43	35.082,90	Tendido Eléctrico
14	668.556,89	1.108.992,58	33.634,50	
15	668.576,23	1.109.006,32	33.641,30	
16	668.596,17	1.109.017,09	33.576,10	
17	668.612,59	1.109.027,25	33.533,30	
18	668.631,34	1.109.042,76	33.503,90	
19	668.650,06	1.109.063,02	33.549,80	
20	668.662,90	1.109.083,26	33.556,10	
21	668.674,57	1.109.103,48	33.646,70	
22	668.684,47	1.109.125,49	33.773,80	
23	668.693,78	1.109.145,10	33.793,40	
24	668.703,09	1.109.167,70	33.811,90	
25	668.713,00	1.109.186,13	33.813,30	
26	668.722,88	1.109.209,91	33.833,80	
27	668.734,55	1.109.231,33	33.808,80	

28	668.749,74	1.109.252,76	33.831,70	
29	668.759,64	1.109.273,57	33.938,30	
30	668.771,31	1.109.292,61	33.900,80	
31	668.784,15	1.109.313,44	33.903,00	
32	668.796,41	1.109.333,07	33.900,90	
33	668.809,25	1.109.352,12	33.888,20	
34	668.822,70	1.109.369,39	33.856,60	
35	668.839,09	1.109.384,30	33.917,00	
36	668.857,83	1.109.401,60	33.917,60	
37	668.873,05	1.109.416,50	33.916,80	
38	668.892,96	1.109.435,58	33.958,40	
39	668.909,34	1.109.452,26	33.932,00	
40	668.929,24	1.109.472,53	33.935,10	
41	668.946,79	1.109.492,19	33.915,90	
42	668.961,42	1.109.509,47	33.852,90	
43	668.978,39	1.109.526,16	33.947,20	
44	668.988,91	1.109.540,45	33.958,70	
46	669.005,88	1.109.558,33	33.654,70	

Tabla C.6: Perfil N°2 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
47	668.302,75	1.108.760,00	33.612,10	
48	668.289,31	1.108.740,95	33.651,00	
49	668.277,05	1.108.722,50	33.850,60	
50	668.261,84	1.108.704,03	33.818,60	
51	668.249,58	1.108.686,18	33.757,30	
52	668.234,97	1.108.664,75	33.741,90	
53	668.225,05	1.108.649,88	33.835,30	
54	668.209,85	1.108.630,22	33.814,60	
55	668.198,74	1.108.615,93	33.868,20	
56	668.182,96	1.108.594,50	33.767,50	
57	668.166,58	1.108.575,43	33.798,40	
58	668.234,11	1.108.471,92	33.704,10	
59	668.231,75	1.108.473,09	33.642,10	

Tabla C.7: Perfil N°3 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
60	667.830,11	1.107.582,44	34.025,10	
61	667.840,02	1.107.602,06	34.412,70	
62	667.847,57	1.107.622,27	34.101,90	
63	667.858,06	1.107.641,90	34.093,40	
64	667.865,03	1.107.662,11	34.172,90	
65	667.873,75	1.107.682,91	33.749,30	Tendido Eléctrico
66	667.874,82	1.107.706,06	34.033,50	
67	667.884,13	1.107.726,87	33.845,90	
68	667.892,26	1.107.748,86	33.902,10	
69	667.901,57	1.107.771,45	35.141,70	Tendido Eléctrico
70	667.908,53	1.107.793,43	34.151,50	
71	667.917,24	1.107.814,83	33.963,20	
72	667.927,73	1.107.835,65	33.915,50	
73	667.933,55	1.107.849,91	33.954,00	
74	667.942,86	1.107.871,31	33.923,80	
75	667.951,59	1.107.891,53	33.943,20	
76	667.963,86	1.107.908,79	33.678,30	
77	667.971,40	1.107.929,59	33.881,00	
78	667.979,54	1.107.950,99	33.674,10	
79	667.987,67	1.107.972,98	33.880,40	
80	667.996,39	1.107.994,97	33.931,60	
81	668.004,52	1.108.016,37	33.879,60	
82	668.023,73	1.108.059,18	33.923,50	
83	668.023,14	1.108.059,18	33.951,70	
84	668.031,27	1.108.081,17	33.583,20	
85	668.040,57	1.108.104,35	34.153,60	
86	668.048,72	1.108.123,37	33.952,50	
87	668.058,03	1.108.144,77	33.880,50	
88	668.065,57	1.108.166,17	33.991,20	
89	668.074,30	1.108.187,57	33.871,80	
90	668.082,43	1.108.209,56	33.888,50	
91	668.091,15	1.108.230,96	33.948,60	
92	668.099,28	1.108.252,95	34.149,20	
93	668.107,41	1.108.275,53	33.858,30	

94	668.117,89	1.108.296,94	33.840,70	
95	668.131,35	1.108.314,80	33.885,40	
96	668.141,83	1.108.335,03	33.823,30	
97	668.154,09	1.108.354,07	33.868,20	
98	668.167,52	1.108.374,30	34.082,00	
99	668.179,78	1.108.393,94	34.141,00	
100	668.193,22	1.108.412,99	34.617,70	
101	668.207,24	1.108.432,04	33.651,50	
102	668.221,27	1.108.451,69	33.668,40	
103	668.236,46	1.108.471,34	33.304,00	
104	668.245,20	1.108.489,18	33.690,60	
105	667.827,74	1.107.585,40	34.020,30	

Tabla C.8: Perfil N°4 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
106	668.335,83	1.107.465,54	34.068,60	
107	668.285,82	1.107.343,67	34.082,70	
108	668.293,98	1.107.359,14	34.052,20	
109	668.301,55	1.107.376,38	34.068,80	
110	668.307,35	1.107.393,02	34.055,80	
111	668.313,73	1.107.411,45	34.070,40	
112	668.321,29	1.107.429,87	34.072,50	
113	668.328,85	1.107.448,89	34.054,30	
114	668.337,00	1.107.466,73	34.069,90	
115	668.340,45	1.107.482,76	34.031,60	
116	668.332,88	1.107.467,89	34.064,90	

Tabla C.9: Perfil N°5 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
117	668.737,93	1.107.374,26	34.076,20	
118	668.716,38	1.107.329,07	35.132,90	Tendido Eléctrico
119	668.725,13	1.107.345,13	35.183,70	Tendido Eléctrico
120	668.733,86	1.107.364,75	34.056,10	
121	668.743,75	1.107.387,93	34.078,60	

122	668.750,14	1.107.403,99	34.074,30	
123	668.757,12	1.107.420,63	34.087,30	
124	668.762,35	1.107.433,11	34.095,60	
125	668.770,50	1.107.452,14	34.082,80	
126	668.776,88	1.107.470,56	34.089,70	
127	668.782,09	1.107.488,38	34.085,80	
128	668.785,53	1.107.507,38	34.074,40	
129	668.737,35	1.107.373,07	34.073,10	

Tabla C.10: Perfil N°6 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
130	667.456,97	1.107.516,63	34.027,00	
131	667.463,95	1.107.533,28	33.990,00	
132	667.471,53	1.107.548,74	33.913,10	
133	667.479,08	1.107.568,35	33.956,80	
134	667.486,64	1.107.586,19	33.985,70	
135	667.495,38	1.107.605,21	33.947,60	
136	667.502,34	1.107.625,42	34.067,80	
137	667.508,71	1.107.647,99	33.970,30	
138	667.515,11	1.107.661,67	34.023,80	
139	667.523,25	1.107.681,29	33.987,40	
140	667.531,98	1.107.701,50	34.039,20	
141	667.538,37	1.107.718,73	33.950,30	
142	667.547,11	1.107.736,57	34.120,40	
143	667.555,27	1.107.752,04	34.036,60	
144	667.568,69	1.107.774,65	33.935,20	
145	667.576,85	1.107.791,89	34.037,10	
146	667.585,00	1.107.809,13	34.010,50	
147	667.591,40	1.107.822,81	33.882,20	
148	667.598,96	1.107.842,43	34.085,70	
149	667.606,52	1.107.860,85	33.970,50	
150	667.614,67	1.107.878,69	34.016,10	
151	667.623,99	1.107.897,13	34.061,70	
152	667.629,81	1.107.910,21	33.886,30	
153	667.456,99	1.107.513,66	34.031,60	

Tabla C.11: Perfil N°7 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
154	668.623,66	1.108.167,58	34.076,30	
155	668.634,16	1.108.186,03	34.090,40	
156	668.650,54	1.108.205,68	33.804,70	
157	668.660,44	1.108.226,49	34.091,70	
158	668.673,28	1.108.246,73	34.087,90	
159	668.684,36	1.108.268,14	34.093,40	
160	668.697,22	1.108.284,81	34.084,30	
161	668.707,13	1.108.303,25	34.067,40	
162	668.721,72	1.108.325,87	34.051,40	
163	668.733,40	1.108.344,90	34.132,30	
164	668.746,24	1.108.363,95	34.183,60	
165	668.757,90	1.108.387,15	34.313,70	
166	668.771,33	1.108.407,97	34.404,80	
167	668.783,00	1.108.427,01	34.370,50	
168	668.796,42	1.108.449,62	34.212,40	
169	668.809,86	1.108.468,67	34.040,90	
170	668.823,86	1.108.491,28	33.897,50	
171	668.833,18	1.108.510,91	33.756,20	
172	668.849,58	1.108.525,82	33.750,60	
173	668.858,29	1.108.548,40	33.683,00	
174	668.862,91	1.108.567,41	33.662,50	
175	668.857,50	1.108.592,90	33.553,30	
176	668.862,68	1.108.617,25	33.590,00	
177	668.876,71	1.108.633,93	33.505,40	
178	668.893,70	1.108.647,65	33.394,30	
179	668.911,88	1.108.659,01	33.282,00	
180	668.928,89	1.108.668,58	33.280,30	
181	668.944,68	1.108.688,24	33.065,30	
182	668.958,69	1.108.709,07	33.310,60	
183	668.963,87	1.108.734,61	33.378,50	
184	668.969,65	1.108.755,40	33.778,00	
185	668.973,08	1.108.776,77	34.054,20	
186	668.977,08	1.108.801,71	33.929,60	
187	668.981,67	1.108.826,65	33.566,90	

188	668.982,17	1.108.845,64	33.899,30	
189	668.990,31	1.108.865,26	33.566,70	
190	668.996,08	1.108.888,43	33.685,50	
191	669.003,06	1.108.907,44	33.709,70	
192	669.005,87	1.108.932,38	33.626,50	
193	669.008,69	1.108.957,90	33.711,40	
194	669.011,55	1.108.976,90	33.819,60	
195	669.019,66	1.109.001,86	33.862,60	
196	669.021,91	1.109.023,23	33.881,90	
197	668.620,73	1.108.166,98	34.028,40	

Datos adquiridos según la figura N° 3.4.

Tabla C.12: Perfil N°8 y N°9 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
1	664.422,75	1.111.572,19	33.923,80	
2	664.412,24	1.111.554,94	34.075,60	
3	664.401,74	1.111.536,50	34.043,90	
4	664.391,83	1.111.518,06	34.023,80	
5	664.380,74	1.111.499,62	34.018,40	
6	664.367,32	1.111.478,20	34.015,00	
7	664.356,81	1.111.462,13	34.015,40	
8	664.348,66	1.111.443,70	34.014,70	
9	664.338,16	1.111.424,67	34.015,30	
10	664.327,08	1.111.405,04	34.012,00	
11	664.316,58	1.111.386,00	34.014,50	
12	664.304,90	1.111.367,56	34.010,70	
13	664.295,00	1.111.347,93	34.015,60	
14	664.285,67	1.111.328,90	34.042,40	
15	664.275,77	1.111.308,09	34.113,90	
16	664.263,51	1.111.289,64	34.018,60	
17	664.252,42	1.111.271,79	34.020,60	
18	664.241,92	1.111.252,76	34.011,50	
19	664.230,83	1.111.234,32	34.014,40	
20	664.219,74	1.111.215,28	34.010,40	

21	664.208,66	1.111.196,24	34.015,80	
22	664.196,99	1.111.177,21	34.012,80	
23	664.183,54	1.111.160,53	34.009,20	
24	664.167,74	1.111.143,25	34.006,10	
25	664.154,89	1.111.124,80	34.001,90	
26	664.144,97	1.111.106,37	33.998,70	
27	664.131,52	1.111.090,28	33.880,60	
28	663.835,22	1.111.206,41	33.937,20	
29	663.842,76	1.111.227,80	33.988,70	
30	663.852,09	1.111.246,24	33.980,60	
31	663.861,41	1.111.265,27	33.960,00	
32	663.872,49	1.111.284,90	33.967,70	
33	663.883,00	1.111.302,74	33.925,00	
34	663.893,49	1.111.321,78	33.997,30	
35	663.904,58	1.111.341,41	34.003,80	
36	663.913,90	1.111.359,84	34.002,30	
37	663.923,82	1.111.377,69	33.942,00	
38	663.936,67	1.111.395,54	33.990,50	
39	663.946,58	1.111.415,76	34.011,50	
40	663.957,66	1.111.434,80	33.993,80	
41	663.968,76	1.111.451,46	34.022,30	
42	663.979,26	1.111.468,71	34.031,50	
43	663.990,35	1.111.488,34	34.039,70	
44	663.999,67	1.111.506,78	34.093,20	
45	664.005,47	1.111.525,20	34.333,60	
46	664.016,55	1.111.545,42	33.263,00	
47	664.032,89	1.111.572,19	36.369,40	Tendido eléctrico
48	664.047,53	1.111.585,91	36.007,80	Tendido Eléctrico
49	664.064,51	1.111.601,41	32.270,80	
50	664.079,14	1.111.617,50	32.807,60	
51	664.419,80	1.111.573,96	33.562,10	

Tabla C.13: Perfil N°10 de Intensidad Magnética Total (IMT), Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	IMT (gammas)	Observaciones
52	663.934,78	1.111.165,34	34.018,00	
53	663.945,26	1.111.187,34	33.972,00	
54	663.955,77	1.111.204,59	33.999,00	

55	663.966,86	1.111.222,44	33.997,00	
56	663.977,35	1.111.242,66	33.997,00	
57	663.987,25	1.111.265,25	33.993,00	
58	663.998,33	1.111.284,88	33.993,00	
59	664.008,83	1.111.303,32	33.996,00	
60	664.021,68	1.111.321,77	34.000,00	
61	664.033,35	1.111.342,00	34.006,00	
62	664.043,25	1.111.363,40	34.058,00	
63	664.054,33	1.111.384,81	34.006,00	
64	664.065,41	1.111.405,03	34.007,00	
65	664.076,48	1.111.426,44	33.934,00	
66	664.086,97	1.111.446,66	34.007,00	
67	664.098,07	1.111.464,51	34.002,00	
68	664.110,32	1.111.484,74	34.002,00	
69	664.120,82	1.111.503,78	34.002,00	
70	664.128,39	1.111.518,64	33.998,00	
71	664.141,23	1.111.541,84	33.996,00	
72	664.151,72	1.111.562,06	33.988,00	
73	664.162,81	1.111.579,32	33.994,00	
74	664.170,94	1.111.602,49	33.798,00	
75	663.937,12	1.111.167,13	33.963,00	

Apéndice D: Datos conductividad aparente (Instrumento: EM34).

Tabla D.1: Perfil N°1, Conductividad aparente Villa de Cura (Extensión: 520 mts.). Punto de inicio: 669.031,30 longitud, 1.109.063,40 latitud coordenadas UTM PSAD 56 zona 19N.

Estación	Distancia	Cable 10 mts		Cable 20 mts	
	(mts)	DH	DV	DH	DV
1	20	38	18	28	18
2	40	36	28	30	23
3	60	50	50	36	15
4	80	36	38	30	28
5	100	30	29	26	22,5
6	120	28	28	20	24
7	140	23	20	15	17
8	160	26	19	16	28
9	180	30	28	17	14
10	200	30	18	16	9
11	220	28	15	18	22
12	240	28	11	16	8
13	260	26	9	12	15
14	280	26	18	15	15,5
15	300	26	21	18	20
16	320	38	21	21	17,5
17	340	40	34	25	22
18	360	39	38	30	28
19	380	44	40	36	38
20	400	50	39	46	40
21	420	42	48	46	42
22	440	38	40	38	42
23	460	34	34	36	40
24	480	34	32	32	20
25	500	34	35	29	34
26	520	36	36	30	29

Apéndice E: Datos de Intensidad Magnética Total corregidos.

Tabla N° E.1: Perfil N°1: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Barlovento. Varmin = -0,35 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	824.573	1.139.569	9:28:01	0:00:00	0,00	33.767,63	33.767,63
1	824.573	1.139.634	9:28:37	0:00:36	0,60	34.011,16	34.010,95
2	824.578	1.139.684	9:29:23	0:01:22	1,37	34.060,62	34.060,15
3	824.583	1.139.735	9:29:52	0:01:51	1,85	34.008,49	34.007,85
4	824.586	1.139.784	9:30:25	0:02:24	2,40	33.982,37	33.981,54
5	824.577	1.139.824	9:30:50	0:02:49	2,82	34.021,35	34.020,38
6	824.590	1.139.884	9:31:20	0:03:19	3,32	33.983,58	33.982,43
7	824.589	1.139.937	9:31:56	0:03:55	3,92	34.010,81	34.009,45
8	824.589	1.139.986	9:32:34	0:04:33	4,55	33.996,88	33.995,31
9	824.595	1.140.041	9:33:04	0:05:03	5,05	34.014,04	34.012,29
10	824.594	1.140.079	9:33:42	0:05:41	5,68	33.997,67	33.995,70
11	824.604	1.140.119	9:34:18	0:06:17	6,28	34.027,84	34.025,67
12	824.602	1.140.180	9:34:54	0:06:53	6,88	34.030,07	34.027,69
13	824.604	1.140.225	9:35:22	0:07:21	7,35	34.017,15	34.014,61
14	824.613	1.140.291	9:36:03	0:08:02	8,03	34.041,46	34.038,68
15	824.608	1.140.336	9:36:46	0:08:45	8,75	33.996,23	33.993,20
16	824.621	1.140.394	9:37:24	0:09:23	9,38	34.015,86	34.012,61
17	824.620	1.140.451	9:38:11	0:10:10	10,17	34.027,57	34.024,05
18	824.620	1.140.502	9:39:35	0:11:34	11,57	34.021,83	34.017,83
19	824.632	1.140.546	9:40:06	0:12:05	12,08	34.037,15	34.032,97
20	824.627	1.140.609	9:40:48	0:12:47	12,78	34.060,61	34.056,19
21	824.628	1.140.679	9:41:28	0:13:27	13,45	33.979,34	33.974,69
22	824.631	1.140.732	9:42:08	0:14:07	14,12	34.024,93	34.020,05
23	824.636	1.140.790	9:42:50	0:14:49	14,82	34.027,17	34.022,04
24	824.640	1.140.844	9:43:43	0:15:42	15,70	33.983,60	33.978,17
25	824.646	1.140.890	9:44:26	0:16:25	16,42	34.551,05	34.545,37
26	824.641	1.140.931	9:44:54	0:16:53	16,88	34.076,15	34.070,31
Cierre	824.573	1.139.569	9:45:30	0:17:29	17,48	33.773,68	33.767,63

Tabla N° E.2: Perfil N°2: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Barlovento. Varmin = -0,30 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	822.616	1.140.107	9:47:31	0:00:00	0,00	34.022,93	34.022,93
27	822.644	1.140.155	9:48:03	0:00:32	0,53	34.021,50	34.021,34
28	822.680	1.140.201	9:48:43	0:01:12	1,20	34.023,96	34.023,60
29	822.712	1.140.245	9:49:27	0:01:56	1,93	34.025,44	34.024,86
30	822.750	1.140.289	9:50:04	0:02:33	2,55	34.024,11	34.023,34
31	822.786	1.140.348	9:50:48	0:03:17	3,28	34.024,33	34.023,34
32	822.822	1.140.390	9:51:19	0:03:48	3,80	34.027,37	34.026,22
33	822.854	1.140.433	9:51:55	0:04:24	4,40	34.028,20	34.026,87
34	822.887	1.140.476	9:52:30	0:04:59	4,98	34.027,96	34.026,45
35	822.911	1.140.513	09:53:03	0:05:32	5,53	34.033,94	34.032,27
36	822.946	1.140.559	09:53:33	0:06:02	6,03	34.032,87	34.031,05
37	822.980	1.140.603	09:54:09	0:06:38	6,63	34.036,98	34.034,97
38	823.021	1.140.659	09:54:43	0:07:12	7,20	34.069,02	34.066,84
39	823.051	1.140.708	10:02:33	0:15:02	15,03	34.337,95	34.333,40
40	823.103	1.140.759	10:03:02	0:15:31	15,52	33.597,78	33.593,09
41	823.149	1.140.793	10:03:35	0:16:04	16,07	33.937,20	33.932,34
42	823.184	1.140.822	10:04:21	0:16:50	16,83	32.929,87	32.924,78
43	823.308	1.140.934	10:05:09	0:17:38	17,63	34.048,53	34.043,20
Cierre	822.616	1.140.107	10:15:02	0:27:31	27,52	34.031,25	34.022,93

Tabla N° E.3: Perfil N°1: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = -0,67 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	668.315	1.108.777	17:25:19	0:00:00	0,00	33.680,10	33.680,10
1	668.328	1.108.793	17:26:05	0:00:46	0,77	33.676,00	33.676,52
2	668.344	1.108.811	17:26:46	0:01:27	1,45	33.635,10	33.636,07
3	668.359	1.108.824	17:27:24	0:02:05	2,08	33.750,70	33.752,10
4	668.378	1.108.845	17:27:53	0:02:34	2,57	33.723,00	33.724,72

5	668.393	1.108.862	17:28:19	0:03:00	3,00	33.725,90	33.727,92
6	668.409	1.108.879	17:29:01	0:03:42	3,70	33.656,80	33.659,29
7	668.426	1.108.895	17:29:32	0:04:13	4,22	33.765,60	33.768,43
8	668.442	1.108.912	17:30:12	0:04:53	4,88	33.811,40	33.814,68
9	668.459	1.108.926	17:30:41	0:05:22	5,37	33.780,90	33.784,51
10	668.477	1.108.940	17:31:14	0:05:55	5,92	33.741,30	33.745,28
11	668.496	1.108.954	17:32:06	0:06:47	6,78	33.566,50	33.571,06
12	668.516	1.108.967	17:32:51	0:07:32	7,53	35.140,60	35.145,66
13	668.536	1.108.979	17:33:18	0:07:59	7,98	35.082,90	35.088,26
14	668.557	1.108.993	17:33:47	0:08:28	8,47	33.634,50	33.640,19
15	668.576	1.109.006	17:34:14	0:08:55	8,92	33.641,30	33.647,29
16	668.596	1.109.017	17:34:48	0:09:29	9,48	33.576,10	33.582,47
17	668.613	1.109.027	17:35:19	0:10:00	10,00	33.533,30	33.540,02
18	668.631	1.109.043	17:35:52	0:10:33	10,55	33.503,90	33.510,99
19	668.650	1.109.063	17:36:22	0:11:03	11,05	33.549,80	33.557,23
20	668.663	1.109.083	17:36:53	0:11:34	11,57	33.556,10	33.563,87
21	668.675	1.109.103	17:37:27	0:12:08	12,13	33.646,70	33.654,85
22	668.684	1.109.125	17:38:07	0:12:48	12,80	33.773,80	33.782,40
23	668.694	1.109.145	17:38:43	0:13:24	13,40	33.793,40	33.802,40
24	668.703	1.109.168	17:39:14	0:13:55	13,92	33.811,90	33.821,25
25	668.713	1.109.186	17:39:41	0:14:22	14,37	33.813,30	33.822,95
26	668.723	1.109.210	17:40:07	0:14:48	14,80	33.833,80	33.843,74
27	668.735	1.109.231	17:40:45	0:15:26	15,43	33.808,80	33.819,17
28	668.750	1.109.253	17:42:16	0:16:57	16,95	33.831,70	33.843,09
29	668.760	1.109.274	17:42:56	0:17:37	17,62	33.938,30	33.950,14
30	668.771	1.109.293	17:43:27	0:18:08	18,13	33.900,80	33.912,98
31	668.784	1.109.313	17:43:50	0:18:31	18,52	33.903,00	33.915,44
32	668.796	1.109.333	17:44:16	0:18:57	18,95	33.900,90	33.913,63
33	668.809	1.109.352	17:44:41	0:19:22	19,37	33.888,20	33.901,21
34	668.823	1.109.369	17:45:20	0:20:01	20,02	33.856,60	33.870,05
35	668.839	1.109.384	17:45:53	0:20:34	20,57	33.917,00	33.930,82
36	668.858	1.109.402	17:46:17	0:20:58	20,97	33.917,60	33.931,69
37	668.873	1.109.417	17:46:43	0:21:24	21,40	33.916,80	33.931,18
38	668.893	1.109.436	17:47:14	0:21:55	21,92	33.958,40	33.973,13
39	668.909	1.109.452	17:47:44	0:22:25	22,42	33.932,00	33.947,06
40	668.929	1.109.473	17:48:09	0:22:50	22,83	33.935,10	33.950,44
41	668.947	1.109.492	17:48:44	0:23:25	23,42	33.915,90	33.931,64

42	668.961	1.109.509	17:49:16	0:23:57	23,95	33.852,90	33.868,99
43	668.978	1.109.526	17:49:47	0:24:28	24,47	33.947,20	33.963,64
44	668.989	1.109.540	17:50:20	0:25:01	25,02	33.958,70	33.975,51
Cierre	668.315	1.108.777	18:03:07	0:37:48	37,80	33.654,70	33.680,10

Tabla N° E.4: Perfil N°2: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = 1,81 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	668.303	1.108.760	18:04:14	0:00:00	0,00	33.612,10	33.612,10
48	668.289	1.108.741	18:04:53	0:00:39	0,65	33.651,00	33.649,83
49	668.277	1.108.723	18:05:37	0:01:23	1,38	33.850,60	33.848,10
50	668.262	1.108.704	18:06:00	0:01:46	1,77	33.818,60	33.815,41
51	668.250	1.108.686	18:06:30	0:02:16	2,27	33.757,30	33.753,21
52	668.235	1.108.665	18:07:09	0:02:55	2,92	33.741,90	33.736,63
53	668.225	1.108.650	18:07:48	0:03:34	3,57	33.835,30	33.828,86
54	668.210	1.108.630	18:08:13	0:03:59	3,98	33.814,60	33.807,41
55	668.199	1.108.616	18:08:38	0:04:24	4,40	33.868,20	33.860,26
56	668.183	1.108.595	18:09:11	0:04:57	4,95	33.767,50	33.758,56
57	668.167	1.108.575	18:09:59	0:05:45	5,75	33.798,40	33.788,02
58	668.234	1.108.472	18:10:37	0:06:23	6,38	33.704,10	33.692,58
Cierre	668.303	1.108.760	18:20:51	0:16:37	16,62	33.642,10	33.612,10

Tabla N° E.5: Perfil N°3: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = -0,14 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	667.830	1.107.582	18:36:27	0:00:00	0,00	34.025,10	34.025,10
61	667.840	1.107.602	18:37:05	0:00:38	0,63	34.412,70	34.412,79
62	667.848	1.107.622	18:38:06	0:01:39	1,65	34.101,90	34.102,13
63	667.858	1.107.642	18:38:35	0:02:08	2,13	34.093,40	34.093,69

64	667.865	1.107.662	18:39:09	0:02:42	2,70	34.172,90	34.173,27
65	667.874	1.107.683	18:40:02	0:03:35	3,58	33.749,30	33.749,79
66	667.875	1.107.706	18:40:40	0:04:13	4,22	34.033,50	34.034,08
67	667.884	1.107.727	18:41:22	0:04:55	4,92	33.845,90	33.846,58
68	667.892	1.107.749	18:41:47	0:05:20	5,33	33.902,10	33.902,84
69	667.902	1.107.771	18:42:33	0:06:06	6,10	35.141,70	35.142,54
70	667.909	1.107.793	18:43:00	0:06:33	6,55	34.151,50	34.152,40
71	667.917	1.107.815	18:43:38	0:07:11	7,18	33.963,20	33.964,19
72	667.928	1.107.836	18:44:14	0:07:47	7,78	33.915,50	33.916,57
73	667.934	1.107.850	18:44:35	0:08:08	8,13	33.954,00	33.955,12
74	667.943	1.107.871	18:45:01	0:08:34	8,57	33.923,80	33.924,98
75	667.952	1.107.892	18:45:37	0:09:10	9,17	33.943,20	33.944,46
76	667.964	1.107.909	18:47:12	0:10:45	10,75	33.678,30	33.679,78
77	667.971	1.107.930	18:47:46	0:11:19	11,32	33.881,00	33.882,56
78	667.980	1.107.951	18:48:14	0:11:47	11,78	33.674,10	33.675,73
79	667.988	1.107.973	18:49:09	0:12:42	12,70	33.880,40	33.882,15
80	667.996	1.107.995	18:49:34	0:13:07	13,12	33.931,60	33.933,41
81	668.005	1.108.016	18:50:09	0:13:42	13,70	33.879,60	33.881,49
82	668.024	1.108.059	18:50:42	0:14:15	14,25	33.923,50	33.925,47
83	668.023	1.108.059	18:51:08	0:14:41	14,68	33.951,70	33.953,73
84	668.031	1.108.081	18:51:59	0:15:32	15,53	33.583,20	33.585,34
85	668.041	1.108.104	18:52:33	0:16:06	16,10	34.153,60	34.155,82
86	668.049	1.108.123	18:53:17	0:16:50	16,83	33.952,50	33.954,82
87	668.058	1.108.145	18:53:41	0:17:14	17,23	33.880,50	33.882,88
88	668.066	1.108.166	18:54:06	0:17:39	17,65	33.991,20	33.993,64
89	668.074	1.108.188	18:54:31	0:18:04	18,07	33.871,80	33.874,29
90	668.082	1.108.210	18:54:56	0:18:29	18,48	33.888,50	33.891,05
91	668.091	1.108.231	18:55:29	0:19:02	19,03	33.948,60	33.951,23
92	668.099	1.108.253	18:56:05	0:19:38	19,63	34.149,20	34.151,91
93	668.107	1.108.276	18:56:39	0:20:12	20,20	33.858,30	33.861,09
94	668.118	1.108.297	18:57:12	0:20:45	20,75	33.840,70	33.843,56
95	668.131	1.108.315	18:57:56	0:21:29	21,48	33.885,40	33.888,36
96	668.142	1.108.335	18:58:23	0:21:56	21,93	33.823,30	33.826,33
97	668.154	1.108.354	18:58:50	0:22:23	22,38	33.868,20	33.871,29
98	668.168	1.108.374	18:59:26	0:22:59	22,98	34.082,00	34.085,17
99	668.180	1.108.394	18:59:51	0:23:24	23,40	34.141,00	34.144,23
100	668.193	1.108.413	19:00:36	0:24:09	24,15	34.617,70	34.621,03

101	668.207	1.108.432	19:01:10	0:24:43	24,72	33.651,50	33.654,91
102	668.221	1.108.452	19:01:52	0:25:25	25,42	33.668,40	33.671,91
103	668.236	1.108.471	19:02:22	0:25:55	25,92	33.304,00	33.307,58
104	668.245	1.108.489	19:02:50	0:26:23	26,38	33.690,60	33.694,24
Cierre	667.828	1.107.585	19:11:14	0:34:47	34,78	34.020,30	34.025,10

Tabla N° E.6: Perfil N°4: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = -0,34 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	668.336	1.107.466	7:53:13	0:00:00	0,00	34.068,60	34.068,60
107	668.286	1.107.344	7:56:37	0:03:24	3,40	34.082,70	34.083,86
108	668.294	1.107.359	7:57:17	0:04:04	4,07	34.052,20	34.053,59
109	668.302	1.107.376	7:57:52	0:04:39	4,65	34.068,80	34.070,39
110	668.307	1.107.393	7:58:28	0:05:15	5,25	34.055,80	34.057,59
111	668.314	1.107.411	7:59:03	0:05:50	5,83	34.070,40	34.072,39
112	668.321	1.107.430	7:59:41	0:06:28	6,47	34.072,50	34.074,71
113	668.329	1.107.449	8:00:24	0:07:11	7,18	34.054,30	34.056,75
114	668.337	1.107.467	8:01:08	0:07:55	7,92	34.069,90	34.072,60
115	668.340	1.107.483	8:02:18	0:09:05	9,08	34.031,60	34.034,70
Cierre	668.333	1.107.468	8:04:04	0:10:51	10,85	34.064,90	34.068,60

Tabla N° E.7: Perfil N°5: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = -0,22 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	668.738	1.107.374	8:17:31	0:00:00	0,00	34.076,20	34.076,20
118	668.716	1.107.329	8:20:10	0:02:39	2,65	35.132,90	35.133,48
119	668.725	1.107.345	8:20:51	0:03:20	3,33	35.183,70	35.184,43
120	668.734	1.107.365	8:21:25	0:03:54	3,90	34.056,10	34.056,96
121	668.744	1.107.388	8:22:23	0:04:52	4,87	34.078,60	34.079,67
122	668.750	1.107.404	8:23:46	0:06:15	6,25	34.074,30	34.075,68

123	668.757	1.107.421	8:24:24	0:06:53	6,88	34.087,30	34.088,82
124	668.762	1.107.433	8:25:00	0:07:29	7,48	34.095,60	34.097,25
125	668.770	1.107.452	8:25:35	0:08:04	8,07	34.082,80	34.084,58
126	668.777	1.107.471	8:26:16	0:08:45	8,75	34.089,70	34.091,63
127	668.782	1.107.488	8:26:53	0:09:22	9,37	34.085,80	34.087,86
128	668.786	1.107.507	8:27:54	0:10:23	10,38	34.074,40	34.076,69
Cierre	668.737	1.107.373	8:31:36	0:14:05	14,08	34.073,10	34.076,20

Tabla N° E.8: Perfil N°6: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = 0,21 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	667.456,97	1.107.516,63	8:50:09	0:00:00	0,00	34.027,00	34.027,00
131	667.463,95	1.107.533,28	8:50:59	0:00:50	0,83	33.990,00	33.989,82
132	667.471,53	1.107.548,74	8:51:50	0:01:41	1,68	33.913,10	33.912,74
133	667.479,08	1.107.568,35	8:52:38	0:02:29	2,48	33.956,80	33.956,27
134	667.486,64	1.107.586,19	8:53:35	0:03:26	3,43	33.985,70	33.984,96
135	667.495,38	1.107.605,21	8:54:33	0:04:24	4,40	33.947,60	33.946,66
136	667.502,34	1.107.625,42	8:55:26	0:05:17	5,28	34.067,80	34.066,67
137	667.508,71	1.107.647,99	8:56:24	0:06:15	6,25	33.970,30	33.968,96
138	667.515,11	1.107.661,67	8:57:33	0:07:24	7,40	34.023,80	34.022,22
139	667.523,25	1.107.681,29	8:58:09	0:08:00	8,00	33.987,40	33.985,69
140	667.531,98	1.107.701,50	8:58:52	0:08:43	8,72	34.039,20	34.037,33
141	667.538,37	1.107.718,73	8:59:35	0:09:26	9,43	33.950,30	33.948,28
142	667.547,11	1.107.736,57	9:00:37	0:10:28	10,47	34.120,40	34.118,16
143	667.555,27	1.107.752,04	9:01:34	0:11:25	11,42	34.036,60	34.034,16
144	667.568,69	1.107.774,65	9:02:24	0:12:15	12,25	33.935,20	33.932,58
145	667.576,85	1.107.791,89	9:03:07	0:12:58	12,97	34.037,10	34.034,32
146	667.585,00	1.107.809,13	9:03:46	0:13:37	13,62	34.010,50	34.007,58
147	667.591,40	1.107.822,81	9:04:34	0:14:25	14,42	3.882,20	33.879,11
148	667.598,96	1.107.842,43	9:05:16	0:15:07	15,12	34.085,70	34.082,46
149	667.606,52	1.107.860,85	9:05:53	0:15:44	15,73	33.970,50	33.967,13
150	667.614,67	1.107.878,69	9:06:44	0:16:35	16,58	34.016,10	34.012,55
151	667.623,99	1.107.897,13	9:07:25	0:17:16	17,27	34.061,70	34.058,00
152	667.629,81	1.107.910,21	9:08:07	0:17:58	17,97	33.886,30	33.882,45

Cierre	667.456,99	1.107.513,66	9:11:38	0:21:29	21,48	34.031,60	34.027,00
--------	------------	--------------	---------	---------	-------	-----------	-----------

Tabla N° E.9: Perfil N°7: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = -1,28 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	668.624	1.108.168	9:28:01	0:00:00	0,00	34.076,30	34.076,30
155	668.634	1.108.186	9:28:37	0:00:36	0,60	34.090,40	34.091,17
156	668.651	1.108.206	9:29:23	0:01:22	1,37	33.804,70	33.806,44
157	668.660	1.108.226	9:29:52	0:01:51	1,85	34.091,70	34.094,06
158	668.673	1.108.247	9:30:25	0:02:24	2,40	34.087,90	34.090,96
159	668.684	1.108.268	9:30:50	0:02:49	2,82	34.093,40	34.096,99
160	668.697	1.108.285	9:31:20	0:03:19	3,32	34.084,30	34.088,53
161	668.707	1.108.303	9:31:56	0:03:55	3,92	34.067,40	34.072,40
162	668.722	1.108.326	9:32:34	0:04:33	4,55	34.051,40	34.057,21
163	668.733	1.108.345	9:33:04	0:05:03	5,05	34.132,30	34.138,74
164	668.746	1.108.364	9:33:42	0:05:41	5,68	34.183,60	34.190,85
165	668.758	1.108.387	9:34:18	0:06:17	6,28	34.313,70	34.321,72
166	668.771	1.108.408	9:34:54	0:06:53	6,88	34.404,80	34.413,58
167	668.783	1.108.427	9:35:22	0:07:21	7,35	34.370,50	34.379,88
168	668.796	1.108.450	9:36:03	0:08:02	8,03	34.212,40	34.222,65
169	668.810	1.108.469	9:36:46	0:08:45	8,75	34.040,90	34.052,07
170	668.824	1.108.491	9:37:24	0:09:23	9,38	33.897,50	33.909,48
171	668.833	1.108.511	9:38:11	0:10:10	10,17	33.756,20	33.769,17
172	668.850	1.108.526	9:39:35	0:11:34	11,57	33.750,60	33.765,36
173	668.858	1.108.548	9:40:06	0:12:05	12,08	33.683,00	33.698,42
174	668.863	1.108.567	9:40:48	0:12:47	12,78	33.662,50	33.678,81
175	668.857	1.108.593	9:41:28	0:13:27	13,45	33.553,30	33.570,46
176	668.863	1.108.617	9:42:08	0:14:07	14,12	33.590,00	33.608,02
177	668.877	1.108.634	9:42:50	0:14:49	14,82	33.505,40	33.524,31
178	668.894	1.108.648	9:43:43	0:15:42	15,70	33.394,30	33.414,34
179	668.912	1.108.659	9:44:26	0:16:25	16,42	33.282,00	33.302,95
180	668.929	1.108.669	9:44:54	0:16:53	16,88	33.280,30	33.301,85
181	668.945	1.108.688	9:45:30	0:17:29	17,48	33.065,30	33.087,61
182	668.959	1.108.709	9:46:08	0:18:07	18,12	33.310,60	33.333,72

183	668.964	1.108.735	9:46:54	0:18:53	18,88	33.378,50	33.402,60
184	668.970	1.108.755	9:47:31	0:19:30	19,50	33.778,00	33.802,89
185	668.973	1.108.777	9:48:03	0:20:02	20,03	34.054,20	34.079,77
186	668.977	1.108.802	9:48:43	0:20:42	20,70	33.929,60	33.956,02
187	668.982	1.108.827	9:49:27	0:21:26	21,43	33.566,90	33.594,25
188	668.982	1.108.846	9:50:04	0:22:03	22,05	33.899,30	33.927,44
189	668.990	1.108.865	9:50:48	0:22:47	22,78	33.566,70	33.595,78
190	668.996	1.108.888	9:51:19	0:23:18	23,30	33.685,50	33.715,24
191	669.003	1.108.907	9:51:55	0:23:54	23,90	33.709,70	33.740,20
192	669.006	1.108.932	9:52:30	0:24:29	24,48	33.626,50	33.657,75
193	669.009	1.108.958	9:53:03	0:25:02	25,03	33.711,40	33.743,35
194	669.012	1.108.977	9:53:33	0:25:32	25,53	33.819,60	33.852,19
195	669.020	1.109.002	9:54:09	0:26:08	26,13	33.862,60	33.895,95
196	669.022	1.109.023	9:54:43	0:26:42	26,70	33.881,90	33.915,97
Cierre	668.621	1.108.167	10:05:33	0:37:32	37,53	34.028,40	34.076,30

Tabla N° E.10: Perfil N°8 y N°9: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = -7,35 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
Apertura	664.423	1.111.572	10:31:00	0:00:00	0,00	33.923,80	33.923,80
2	664.412	1.111.555	10:32:05	0:01:05	1,08	34.075,60	34.083,56
3	664.402	1.111.537	10:32:46	0:01:46	1,77	34.043,90	34.056,88
4	664.392	1.111.518	10:33:19	0:02:19	2,32	34.023,80	34.040,83
5	664.381	1.111.500	10:34:02	0:03:02	3,03	34.018,40	34.040,69
6	664.367	1.111.478	10:34:34	0:03:34	3,57	34.015,00	34.041,21
7	664.357	1.111.462	10:35:05	0:04:05	4,08	34.015,40	34.045,41
8	664.349	1.111.444	10:35:32	0:04:32	4,53	34.014,70	34.048,02
9	664.338	1.111.425	10:36:07	0:05:07	5,12	34.015,30	34.052,90
10	664.327	1.111.405	10:36:35	0:05:35	5,58	34.012,00	34.053,03
11	664.317	1.111.386	10:37:00	0:06:00	6,00	34.014,50	34.058,59
12	664.305	1.111.368	10:37:33	0:06:33	6,55	34.010,70	34.058,84
13	664.295	1.111.348	10:38:02	0:07:02	7,03	34.015,60	34.067,29
14	664.286	1.111.329	10:38:49	0:07:49	7,82	34.042,40	34.099,85
15	664.276	1.111.308	10:39:24	0:08:24	8,40	34.113,90	34.175,63

16	664.264	1.111.290	10:40:00	0:09:00	9,00	34.018,60	34.084,74
17	664.252	1.111.272	10:40:29	0:09:29	9,48	34.020,60	34.090,29
18	664.242	1.111.253	10:41:05	0:10:05	10,08	34.011,50	34.085,60
19	664.231	1.111.234	10:41:33	0:10:33	10,55	34.014,40	34.091,93
20	664.220	1.111.215	10:42:03	0:11:03	11,05	34.010,40	34.091,61
21	664.209	1.111.196	10:42:39	0:11:39	11,65	34.015,80	34.101,42
22	664.197	1.111.177	10:43:10	0:12:10	12,17	34.012,80	34.102,21
23	664.184	1.111.161	10:43:40	0:12:40	12,67	34.009,20	34.102,29
24	664.168	1.111.143	10:44:17	0:13:17	13,28	34.006,10	34.103,72
25	664.155	1.111.125	10:44:54	0:13:54	13,90	34.001,90	34.104,05
26	664.145	1.111.106	10:45:40	0:14:40	14,67	33.998,70	34.106,49
27	664.132	1.111.090	10:46:21	0:15:21	15,35	33.880,60	33.993,41
28	663.835	1.111.206	10:55:19	0:24:19	24,32	33.937,20	34.115,91
29	663.843	1.111.228	10:55:56	0:24:56	24,93	33.988,70	34.171,94
30	663.852	1.111.246	10:56:30	0:25:30	25,50	33.980,60	34.168,00
31	663.861	1.111.265	10:57:03	0:26:03	26,05	33.960,00	34.151,45
32	663.872	1.111.285	10:57:35	0:26:35	26,58	33.967,70	34.163,06
33	663.883	1.111.303	10:58:07	0:27:07	27,12	33.925,00	34.124,28
34	663.893	1.111.322	10:58:51	0:27:51	27,85	33.997,30	34.201,97
35	663.905	1.111.341	10:59:25	0:28:25	28,42	34.003,80	34.212,64
36	663.914	1.111.360	10:59:58	0:28:58	28,97	34.002,30	34.215,18
37	663.924	1.111.378	11:00:46	0:29:46	29,77	33.942,00	34.160,76
38	663.937	1.111.396	11:01:20	0:30:20	30,33	33.990,50	34.213,42
39	663.947	1.111.416	11:02:01	0:31:01	31,02	34.011,50	34.239,45
40	663.958	1.111.435	11:02:34	0:31:34	31,57	33.993,80	34.225,79
41	663.969	1.111.451	11:03:07	0:32:07	32,12	34.022,30	34.258,33
42	663.979	1.111.469	11:03:46	0:32:46	32,77	34.031,50	34.272,31
43	663.990	1.111.488	11:04:22	0:33:22	33,37	34.039,70	34.284,92
44	664.000	1.111.507	11:04:56	0:33:56	33,93	34.093,20	34.342,58
45	664.005	1.111.525	11:05:58	0:34:58	34,97	34.333,60	34.590,57
46	664.017	1.111.545	11:06:57	0:35:57	35,95	33.263,00	33.527,20
47	664.033	1.111.572	11:08:15	0:37:15	37,25	36.369,40	36.643,16
48	664.048	1.111.586	11:09:25	0:38:25	38,42	36.007,80	36.290,13
49	664.065	1.111.601	11:10:50	0:39:50	39,83	32.270,80	32.563,54
50	664.079	1.111.618	11:11:43	0:40:43	40,72	32.807,60	33.106,83
Cierre	664.420	1.111.574	11:20:13	0:49:13	49,22	33.562,10	33.923,80

Tabla N° E.11: Perfil N°10: Intensidad magnética total corregida por deriva diurna (IMT cdd). Villa de Cura. Varmin = -3,37 gammas/min.

Estación	Longitud	Latitud	Hora	Tiempo	Tiempo en minutos	IMT (gammas)	IMT cdd (gammas)
52	663.935	1.111.165	13:20:30	0:00:00	0,00	34.018,00	34.018,00
53	663.945	1.111.187	13:20:56	0:00:26	0,43	33.972,00	33.973,46
54	663.956	1.111.205	13:21:22	0:00:52	0,87	33.999,00	34.001,92
55	663.967	1.111.222	13:21:51	0:01:21	1,35	33.997,00	34.001,55
56	663.977	1.111.243	13:22:16	0:01:46	1,77	33.997,00	34.002,95
57	663.987	1.111.265	13:22:46	0:02:16	2,27	33.993,00	34.000,63
58	663.998	1.111.285	13:23:13	0:02:43	2,72	3.993,00	34.002,15
59	664.009	1.111.303	13:23:38	0:03:08	3,13	33.996,00	34.006,55
60	664.022	1.111.322	13:24:03	0:03:33	3,55	34.000,00	34.011,95
61	664.033	1.111.342	13:24:27	0:03:57	3,95	34.006,00	34.019,30
62	664.043	1.111.363	13:24:51	0:04:21	4,35	34.058,00	34.072,65
63	664.054	1.111.385	13:25:19	0:04:49	4,82	34.006,00	34.022,22
64	664.065	1.111.405	13:25:46	0:05:16	5,27	34.007,00	34.024,73
65	664.076	1.111.426	13:26:12	0:05:42	5,70	33.934,00	33.953,19
66	664.087	1.111.447	13:26:36	0:06:06	6,10	34.007,00	34.027,54
67	664.098	1.111.465	13:27:02	0:06:32	6,53	34.002,00	34.024,00
68	664.110	1.111.485	13:27:27	0:06:57	6,95	34.002,00	34.025,40
69	664.121	1.111.504	13:27:53	0:07:23	7,38	34.002,00	34.026,86
70	664.128	1.111.519	13:28:32	0:08:02	8,03	33.998,00	34.025,05
71	664.141	1.111.542	13:29:02	0:08:32	8,53	33.996,00	34.024,73
72	664.152	1.111.562	13:29:27	0:08:57	8,95	33.988,00	34.018,14
73	664.163	1.111.579	13:29:51	0:09:21	9,35	33.994,00	34.025,48
74	664.171	1.111.602	13:30:23	0:09:53	9,88	33.798,00	33.831,28
75	663.937	1.111.167	13:36:50	0:16:20	16,33	33.963,00	34.018,00

Apéndice F: Datos electromagnéticos corregidos (filtro “Frasser”).

Tabla N° F.1: Perfil N°1: Datos electromagnéticos a frecuencia muy baja (VLF) filtrados. Barlovento.

Estación	Longitud	Latitud	Fase	Fase Suavizada		Cuadratura
1	824.573	1.139.569	-6	-10		-20
2	824.573	1.139.634	-4	-7	-10	-24
3	824.578	1.139.684	-3	0	-14	-24
4	824.583	1.139.735	3	7	-8	-22
5	824.586	1.139.784	4	8	-1	-20
6	824.577	1.139.824	4	8	2	-28
7	824.590	1.139.884	4	6	2	-30
8	824.589	1.139.937	2	6	6	-24
9	824.589	1.139.986	4	0	13	-20
10	824.595	1.140.041	-4	-7	3	-19
11	824.594	1.140.079	-3	-3	-5	-14
12	824.604	1.140.119	0	-2	1	-22
13	824.602	1.140.180	-2	-4	6	-24
14	824.604	1.140.225	-2	-8	6	-24
15	824.613	1.140.291	-6	-10	6	-20
16	824.608	1.140.336	-4	-14	6	-30
17	824.621	1.140.394	-10	-16	-4	-20
18	824.620	1.140.451	-6	-10	-10	-18
19	824.620	1.140.502	-4	-6	-3	-18
20	824.632	1.140.546	-2	-7	1	-12
21	824.627	1.140.609	-5	-7	-4	-14
22	824.628	1.140.679	-2	-3	-1	-16
23	824.631	1.140.732	-1	-6	-13	-16
24	824.636	1.140.790	-5	10	-28	-14
25	824.640	1.140.844	15	22	-7	4
26	824.646	1.140.890	7	17		22
27	824.641	1.140.931	10			-10

Tabla N° F.2: Perfil N°2: Datos electromagnéticos a frecuencia muy baja (VLF) filtrados. Barlovento.

Estación	Longitud	Latitud	Fase	Fase filtrada		Cuadratura
1	822.616	1.140.107	-15	-12		2
2	822.644	1.140.155	3	18	-34	1
3	822.680	1.140.201	15	22	7	1
4	822.712	1.140.245	7	11	18	-1
5	822.750	1.140.289	4	4	6	-1
6	822.786	1.140.348	0	5	-8	0
7	822.822	1.140.390	5	12	-10	1
8	822.854	1.140.433	7	15	0	1
9	822.887	1.140.476	8	12	8	1
10	822.911	1.140.513	4	7	6	1
11	822.946	1.140.559	3	6	1	0
12	822.980	1.140.603	3	6	-6	1
13	823.021	1.140.659	3	12	-7	5
14	823.051	1.140.708	9	13	16	-1
15	823.103	1.140.759	4	-4	46	2
16	823.149	1.140.793	-8	-33	-4	5
17	823.184	1.140.822	-25	0		20
18	823.308	1.140.934	25			10

Tabla N° F.3: Perfil N°1: Datos electromagnéticos a frecuencia muy baja (VLF) filtrados. Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	Fase	Fase filtrada		Cuadratura
1	667.794	1.107.566	-6	-10		0
2	667.827	1.107.580	-4	-7	-10	-20
3	667.845	1.107.604	-3	0	-14	-21
4	667.849	1.107.638	3	7	-8	-24
5	667.865	1.107.661	4	8	-1	-3
6	667.865	1.107.696	4	8	2	5
7	667.876	1.107.727	4	6	2	8
8	667.888	1.077.524	2	6	6	2

9	667.900	1.107.779	4	0	13	-12
10	667.909	1.107.806	-4	-7	3	-10
11	667.924	1.107.837	-3	-3	-5	-12
12	667.936	1.107.865	0	-2	1	-8
13	667.950	1.107.896	-2	-4	6	-21
14	667.967	1.107.919	-2	-8	6	-20
15	667.969	1.107.947	-6	-10	-14	-25
16	667.983	1.107.979	-4	6	-14	-20
17	667.991	1.108.001	10	4	8	-12
18	668.006	1.108.028	-6	-2	-2	-10
19	668.020	1.108.054	4	6	1	-17
20	668.021	1.108.086	2	-3	4	-27
21	668.036	1.108.114	-5	2	-8	-14
22	668.054	1.108.131	7	5	8	-10
23	668.032	1.108.135	-2	-6	4	-27
24	668.070	1.108.192	-4	1	-25	-45
25	668.081	1.108.215	5	19	-23	-41
26	668.100	1.108.245	14	24	16	-37
27	668.103	1.108.272	10	3	27	-24
28	668.113	1.108.281	-7	-3	-5	-12
29	668.128	1.108.324	4	8	3	2
30	668.137	1.108.345	4	-6	16	-2
31	668.160	1.108.367	-10	-8	-16	5
32	668.170	1.108.392	2	10	-9	-4
33	668.189	1.108.411	8	1	12	1
34	668.204	1.108.441	-7	-2	3	5
35	668.217	1.108.464	5	-2		6
36	668.248	1.108.505	-7			-2

Tabla N° F.4: Perfil N°2: Datos electromagnéticos a frecuencia muy baja (VLF) filtrados. Villa de Cura.

Estación	Longitud	Latitud	Fase	Fase filtrada		Cuadratura
37	668.932	1.109.489	2	6		12
38	668.914	1.109.468	4	-1	23	10
39	668.898	1.109.452	-5	-17	4	8
40	668.882	1.109.436	-12	-5	-17	10
41	668.860	1.109.415	7	0	0	14
42	668.840	1.109.396	-7	-5	-6	5
43	668.823	1.109.379	2	6	-4	-22
44	668.807	1.109.361	4	-1	-1	-12
45	668.792	1.109.340	-5	7	-10	-12
46	668.777	1.109.316	12	9	3	-8
47	668.764	1.109.300	-3	4	14	-6
48	668.753	1.109.279	7	-5	15	-6
49	668.744	1.109.259	-12	-11	9	-6
50	668.729	1.109.232	1	-14	0	-8
51	668.717	1.109.210	-15	-11	3	-10
52	668.704	1.109.187	4	-17	-5	-5
53	668.695	1.109.165	-21	-6	-7	-8
54	668.686	1.109.137	15	-10	12	-6
55	668.675	1.109.116	-25	-18	-19	-6
56	668.663	1.109.093	7	9	-21	-4
57	668.651	1.109.071	2	3	6	-2
58	668.637	1.109.053	1	3	-6	-4
59	668.616	1.109.034	2	9	6	-6
60	668.597	1.109.022	7	-3	2	0
61	668.577	1.109.013	-10	7	-45	14
62	668.555	1.108.999	17	42	-14	28
63	668.536	1.108.986	25	21	26	43
64	668.513	1.108.974	-4	16	8	15
65	668.476	1.108.949	20	13	13	-10
66	668.455	1.108.932	-7	3	6	2
67	668.435	1.108.913	10	7	-9	2
68	668.419	1.108.891	-3	12	-1	1
69	668.403	1.108.873	15	8	15	1

70	668.385	1.108.853	-7	-3	6	-1
71	668.367	1.108.834	4	2	-6	-1
72	668.347	1.108.815	-2	3	-2	0
73	668.334	1.108.798	5	4	-4	1
74	668.314	1.108.774	-1	7	-8	1
75	668.299	1.108.753	8	12	0	1
76	668.279	1.108.732	4	7	6	1
77	668.267	1.108.712	3	6	1	0
78	668.251	1.108.693	3	6	-6	1
79	668.235	1.108.667	3	12	-7	5
80	668.214	1.108.642	9	13	16	-1
81	668.199	1.108.621	4	-4	46	2
82	668.180	1.108.600	-8	-33	-4	5
83	668.162	1.108.576	-25	0		20
84	668.144	1.108.559	25			10

Apéndice G: Datos de conductividad aparente corregidos.

Tabla N° G.1: Perfil de datos electromagnéticos de conductividad aparente adquiridos con el EM34 con sus respectivas profundidades de medición, hacienda Mujica. Villa de Cura. Estación de inicio de adquisición del perfil: longitud 669.031,30 / latitud 1.109.063,40 coordenadas UTM PSAD 56 zona 19N.

Estación	distancia (mts)	Conductividad Aparente	Profundidad (mts)	Estación	distancia (mts)	Conductividad Aparente	Profundidad (mts)
1	20	38	-7,5	1	20	18	-15
2	40	36	-7,5	2	40	28	-15
3	60	50	-7,5	3	60	50	-15
4	80	36	-7,5	4	80	38	-15
5	100	30	-7,5	5	100	29	-15
6	120	28	-7,5	6	120	28	-15
7	140	23	-7,5	7	140	20	-15
8	160	26	-7,5	8	160	19	-15
9	180	30	-7,5	9	180	28	-15
10	200	30	-7,5	10	200	18	-15
11	220	28	-7,5	11	220	15	-15
12	240	28	-7,5	12	240	11	-15
13	260	26	-7,5	13	260	9	-15
14	280	26	-7,5	14	280	18	-15
15	300	26	-7,5	15	300	21	-15
16	320	38	-7,5	16	320	21	-15
17	340	40	-7,5	17	340	34	-15
18	360	39	-7,5	18	360	38	-15
19	380	44	-7,5	19	380	40	-15
20	400	50	-7,5	20	400	39	-15
21	420	42	-7,5	21	420	48	-15
22	440	38	-7,5	22	440	40	-15
23	460	34	-7,5	23	460	34	-15
24	480	34	-7,5	24	480	32	-15
25	500	34	-7,5	25	500	35	-15
26	520	36	-7,5	26	520	36	-15
1	20	28	-15	1	20	18	-30
2	40	30	-15	2	40	23	-30

3	60	36	-15	3	60	15	-30
4	80	30	-15	4	80	28	-30
5	100	26	-15	5	100	22,5	-30
6	120	20	-15	6	120	24	-30
7	140	15	-15	7	140	17	-30
8	160	16	-15	8	160	28	-30
9	180	17	-15	9	180	14	-30
10	200	16	-15	10	200	9	-30
11	220	18	-15	11	220	22	-30
12	240	16	-15	12	240	8	-30
13	260	12	-15	13	260	15	-30
14	280	15	-15	14	280	15,5	-30
15	300	18	-15	15	300	20	-30
16	320	21	-15	16	320	17,5	-30
17	340	25	-15	17	340	22	-30
18	360	30	-15	18	360	28	-30
19	380	36	-15	19	380	38	-30
20	400	46	-15	20	400	40	-30
21	420	46	-15	21	420	42	-30
22	440	38	-15	22	440	42	-30
23	460	36	-15	23	460	40	-30
24	480	32	-15	24	480	20	-30
25	500	29	-15	25	500	34	-30
26	520	30	-15	26	520	29	-30