

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE FÍSICA



TRABAJO DE GRADUACION
“MODELO CONCEPTUAL Y VULNERABILIDAD
INTRÍNSECA DEL ACUÍFERO QUEZALTEPEQUE-NEJAPA”

PRESENTADO POR:
CÉSAR ARMANDO ALVARADO BATRES

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN FÍSICA

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE FÍSICA



TRABAJO DE GRADUACION
“MODELO CONCEPTUAL Y VULNERABILIDAD
INTRÍNSECA DEL ACUÍFERO QUEZALTEPEQUE-NEJAPA”

PRESENTADO POR:
CÉSAR ARMANDO ALVARADO BATRES

ASESORES: M. Sc. DAGOBERTO AREVALO HERRERA
M. Sc. JULIO RENE ACOSTA MARTINEZ

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, SEPTIEMBRE DE 2007

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR: DRA. MARIA ISABEL RODRIGUEZ

SECRETARIA GENERAL: LIC: ALICIA MARGARITA RIVAS

FISCAL GENERAL: LIC. PEDRO ROSALIO ESCOBAR

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

DECANO: M. Sc. HECTOR ELIAS

SECRETARIA: LICDA. MARTA NOEMI DE ROSALES

DIRECTOR DE LA
ESCUELA DE FISICA: LIC. AMERICO MEJIA

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, SEPTIEMBRE DE 2007

DEDICATORIA

- * A Dios que me ha ayudado en cada momento de mi vida, y esta etapa no fue la excepción.
- * A mis padres: Blanca Imelda Batres de Alvarado y Encarnación Alvarado Coreas, que gracias a su ayuda completa y desinteresada logre culminar con mis estudios universitarios.
- * A mi esposa e hijos, Claudia de Jesús Munguia Beltrán, César Alejandro Alvarado Munguia y Claudia Leticia Alvarado Munguia. Que gracias a la motivación y apoyo incondicional y amor he podido finalizar la licenciatura.
- * A mis hermanos Imelda Guadalupe, Mario Ernesto y Nelson Mauricio. Que por medio de sus palabras de aliento me impulsaron a terminar con mi carrera.
- * A mis amigos y amigas que de una u otra forma han estado conmigo.
- * Una dedicatoria muy especial a Leti, ya que durante toda mi carrera me acompaño, dándome toda la ayuda que necesite en los momentos mas difíciles y que hasta hoy sigue caminando a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar A Dios, ya que sin el no lo hubiera podido lograr.

A mis asesores de tesis:

- ❖ M.Sc. Dagoberto Arévalo Herrera. Y M.Sc. Julio Rene Acosta Martínez. Que se mantuvieron pendientes en cada paso de esta investigación, ya que gracias a ellos se logro mucha colaboración de otras instituciones de manera eficaz.

A los observadores asignados por la Escuela de Física:

- ❖ M.Sc. Laura Gil y M.Sc, Luís Alfonso Castillo y M.Sc Nelson E. Cedillos Gómez. Que con sus aportaciones y sugerencias a las diferentes partes del manuscrito legan a la Escuela de Física una fuente importante de consulta para los alumnos que deseen continuar en el área de Hidrogeología.

En la parte metodologica, se desea agradecer mucho las siguientes instituciones y oficinas:

- ❖ Universidad de El Salvador.
- ❖ Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS).
- ❖ Alcaldías de Nejapa y Quezaltepeque.
- ❖ Laboratorio de Sistemas de Información Geográfico de la Universidad de El Salvador.
- ❖ Geólogos del Mundo.
- ❖ Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

En especial a:

- ✓ Muy especial agradecimiento a M.Sc. Laura Gil.
- ✓ Alex Chávez, Karla Rodríguez, José Maria Polo, Don Feliciano, Luís Castillo, Marco Antonio Ayala.

INDICE GENERAL

| | |
|--|-------------|
| INDICE DE TABLAS. _____ | <i>iii</i> |
| INDICE DE FIGURAS. _____ | <i>v</i> |
| INDICE DE ANEXOS. _____ | <i>vii</i> |
| RESUMEN. _____ | <i>viii</i> |
| INTRODUCCION. _____ | <i>ix</i> |
| OBBJETIVOS. _____ | <i>x</i> |
| | |
| Capítulo 1 MARCO TEORICO. _____ | 1 |
| 1.2 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO. _____ | 1 |
| 1.2 UBICACIÓN. _____ | 1 |
| 1.3 RELIEVE NACIONAL. _____ | 1 |
| 1.4 GEOLOGIA. _____ | 3 |
| 1.4.1 Estratos de San Salvador (Holoceno hasta Pleistoceno). _____ | 5 |
| .14.2 Estratos de Cuscatl1án o Guazapa (Pleistoceno hasta Plioceno). _ | 5 |
| 1.4.3 Estratos de la Cordillera del bálsamo (Plioceno). _____ | 6 |
| 1.5 PROSPECCION GEOFISICA. _____ | 7 |
| 1.5.1 Métodos Eléctricos. _____ | 8 |
| 1.6 FUNDAMENTOS DE LA PROSPECCION ELECTRICA POR CORRIENTE CONTINUA. _____ | 9 |
| 1.7 TECNICA DEL SONDEO ELECTRICO VERTICAL. _____ | 12 |
| 1.7.1 Arreglo Schlumberger. _____ | 13 |
| 1.8 INFILTRACION DEL AGUA EN EL SUELO. _____ | 14 |
| 1.8.1 infiltración. _____ | 14 |
| 1.8.2 Factores que influyen en el proceso de infiltración. _____ | 15 |
| 1.8.3 Ecuación de infiltración. _____ | 16 |
| 1.8.4 Método de los cilindros infiltrómetros. _____ | 17 |
| 1.9 VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION DE ACUIFEROS. _____ | 17 |
| 1.9.1 Principios básicos para la evaluación de la Vulnerabilidad. ____ | 18 |
| 1.9.2 Aplicación del índice de vulnerabilidad GOD. _____ | 19 |
| | |
| Capítulo 2 METODOLOGIA. _____ | 24 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.1 | Investigación de parámetros físicos de la zona de estudio. | 24 |
| 2.1.1 | Geología. | 24 |
| 2.1.2 | Litología. | 24 |
| 2.1.3 | Precipitación. | 24 |
| 2.1.4 | Evaporación. | 24 |
| 2.1.5 | Topología. | 24 |
| 2.1.6 | Hidrogeología. | 25 |
| 2.1.7 | Uso de la Tierra. | 26 |
| 2.2 | Medición de parámetros físicos in situ. | 26 |
| 2.2.1 | Ubicación de pozos y manantiales. | 26 |
| 2.2.2 | Pruebas de Infiltración. | 30 |
| 2.2.3 | Sondeos Eléctricos Verticales. | 31 |
| 2.2.4 | Perfil Geológico. | 32 |
| Capítulo 3 RESULTADOS Y ANALISIS. | | 34 |
| 1.1 | MODELO CONCEPTUAL. | 34 |
| 1.2 | INDICE DE VULNERABILIDAD GOD. | 42 |
| 1.2.1 | Grado de confinamiento hidráulico (G). | 42 |
| 1.2.2 | Ocurrencia del sustrato suprayacente (O). | 44 |
| 1.2.3 | Distancia al nivel del agua subterráneo o techo del acuífero. (D). | 46 |
| 1.2.4 | Vulnerabilidad del acuífero (índice GOD). | 48 |
| Capítulo 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | | 50 |
| 4.1 | CONCLUSIONES. | 50 |
| 4.2 | RECOMENDACIONES. | 51 |
| BILIOGRAFIA. | | 53 |
| ANEXOS. | | 54 |

INDICE DE TABLAS

Capítulo 1

| | | |
|--|-------|----|
| Tabla I.1: Escala del tiempo geológico, proporcionado por el Centro de Investigaciones Geotécnicas (M.O.P.). | _____ | 3 |
| TABLA I.2. Definiciones de cada una de las clases de vulnerabilidad. | _____ | 19 |
| TABLA I.3. Esta tabla muestra los parámetros a utilizar para determinar el índice de vulnerabilidad de contaminación del acuífero. (Foster, et al,2003). | _____ | 21 |
| Tabla I.4 Factores hidrogeológicos que controlan la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos. | _____ | 22 |

Capítulo 2

| | | |
|---|-------|----|
| TABLA II.1 Muestra la información recolectada en el inventario de pozos del municipio de Nejapa. | _____ | 26 |
| TABLA II.2 Muestra la información recolectada en el inventario de pozos de los municipios de Apopa y Quezaltepeque. | _____ | 28 |
| TABLA II.3 Muestra la información recolectada en el inventario de manantiales de los municipios de Nejapa, Apopa y Quezaltepeque. | _____ | 29 |
| TABLA II.4 Muestra la información recolectada en el desarrollo de las pruebas de infiltración en Nejapa, Apopa y Quezaltepeque. | _____ | 29 |

Capítulo 3

| | | |
|---|-------|----|
| Tabla III.1 Muestra el índice de la ocurrencia del sustrato suprayacente. | _____ | 44 |
| Tabla III.2 Muestra el índice de la distancia al nivel del agua subterránea (no confinado) o al techo del acuífero (semiconfinado). | _____ | 46 |
| Tabla III.3 Muestra el índice de vulnerabilidad intrínseca del acuífera Quezaltepeque-Nejapa, obtenido a través de la aplicación de la metodología GOD. | _____ | 48 |

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

| | | |
|--|-------|----|
| Figura 1.1: Ubicación de la zona de estudio. | _____ | 2 |
| Figura 1.2: Mapa geológico de la zona de estudio. | _____ | 4 |
| Figura 1.3 Inyección de corriente en un terreno. | _____ | 10 |
| Figura 1.4: Esquema de la composición de los electrodos del sondeo eléctrico vertical. | _____ | 12 |

Capítulo 2

| | | |
|---|-------|----|
| Figura 2.1 Muestra la medición de parámetros de los pozos en la zona de estudio. | _____ | 25 |
| Figura 2.2 Muestra la aplicación de la prueba de infiltración. | _____ | 30 |
| Figura 2.3 Muestra la realización del sondeo eléctrico vertical. | _____ | 31 |
| Figura 2.4. La imagen muestra los datos del Sev24-06, con un error 9.52%, utilizando Ipi2win. | _____ | 32 |
| Figura 2.5. Perfil geológico 1-1´. | _____ | 33 |

Capítulo 3

| | | |
|--|-------|----|
| Figura 3.1. Muestra, la distribución de las unidades hidrogeológicas, sobre el área de estudio en el acuífero de Quezaltepeque-Nejapa. | _____ | 35 |
| Figura 3.2. Mapa de curvas isofreáticas. | _____ | 37 |
| Figura 3.3 Perfil geológico 2-2´ | _____ | 38 |
| Figura 3.4 Perfil geológico 3-3´ | _____ | 39 |
| Figura 3.5 Perfil geológico 4-4´ | _____ | 40 |
| Figura 3.6 Perfil geológico 6-6´ | _____ | 41 |
| Figura 3.7 Muestra el mapa del grado de confinamiento de la zona de estudio. | _____ | 43 |

| | | |
|--|-------|----|
| Figura 3.8 Muestra el mapa de ocurrencia del sustrato suprayacente de la zona de estudio. | _____ | 45 |
| Figura 3.9 Muestra el mapa de distancia al nivel de agua de la zona de estudio. | _____ | 47 |
| Figura 3.10 Muestra el índice GOD de la zona de estudio. | _____ | 49 |

INDICE DE ANEXOS

| | | |
|--|-------|-----|
| Anexo 1. Mapa Hidrogeológico de El Salvador, cortesía de SNET. | _____ | 55 |
| Anexo 2. Cuenca del río Lempa de El Salvador. Cortesía de SNET. | _____ | 56 |
| Anexo 3. División de la Cuenca del Río Lempa del PLAMDARH, cortesía SNET. | _____ | 57 |
| Anexo 4. Distribución de pozos en la zona de estudio. | _____ | 58 |
| Anexo 5. Distribución de pruebas de infiltración en la zona de estudio. | _____ | 59 |
| Anexo 6. Distribución de sondeos eléctricos verticales en la zona de estudio. | _____ | 60 |
| Anexo 7. Distribución de perfiles en la zona de estudio. | _____ | 61 |
| Anexo 8. Datos de campo de los sondeos eléctricos verticales procesados en hoja de Excel. | _____ | 62 |
| Anexo 9. Modelos de interpretación de 34 sondeos eléctricos verticales con el arreglo Schlumberger realizados en la zona de Quezaltepeque-Nejapa en el periodo de 12 de mayo de 2006 al 12 de julio de 2006. | _____ | 96 |
| Anexo 10. Perfiles geoeléctricos realizados con la información geológica, estratigráfica y geofísica. | _____ | 113 |

RESUMEN

La zona de estudio es el acuífero de Quezaltepeque-Nejapa, esta ubicado en la frontera de los departamentos de La Libertad y San Salvador respectivamente y pertenece a la cuenca del río San Antonio.

El objetivo principal es la determinación de un modelo conceptual hidrológico y su vulnerabilidad intrínseca del acuífero aplicando la metodología GOD. Por la importancia que tiene para el suministro del recurso hídrico de la zona metropolitana y de los municipios de Quezaltepeque y Nejapa.

Se realizaron sondeos eléctricos verticales con el arreglo Schlumberger, cuya correlación con la litología de los pozos en la zona de estudio y la geología superficial, sirvieron de base para la aplicación de la metodología GOD. También se realizaron pruebas de infiltración con el método de los cilindros infiltrometros y se correlacionaron con los registros de evapotranspiracion y precipitación. Sirviendo de base para la determinación del modelo conceptual.

Los resultados demuestran que el acuífero de Quezaltepeque-Nejapa, se encuentra en una capa geoelectrica con resistividades entre 10 y 100 Ω m. asociada a depósitos piroclásticos y alteraciones de lavas fracturadas.

Las líneas de flujo muestran que el río San Antonio tiene un comportamiento efluente y recibe parte de la descarga del acuífero.

El acuífero presenta vulnerabilidad que va desde despreciable hasta alta, siendo en las lavas fracturadas y depósitos piroclasticos donde varía de baja a media. El área más cercana al volcán de San Salvador es donde se encuentra un índice de alta vulnerabilidad. y donde no existe capacidad de acuífero, en la parte norte de la zona de estudio es despreciable la vulnerabilidad.

Dados los resultados, es importante la realización a corto plazo de medidas de protección del acuífero para el uso sostenible del recurso hídrico, iniciando con la delimitación del área de recarga del acuífero. Así como también el uso restringido de la tierra.

INTRODUCCIÓN

El Salvador tiene una extensión territorial de 20,740 Km² y una población superior a los 6 millones de habitantes. Por lo tanto la demanda de agua en un país densamente poblado es enorme.

El Salvador se divide en diez regiones o cuencas hidrográficas, cuya división ha sido realizada por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Cada cuenca se le ha asignado con el nombre de región, desde la región A hasta la región J. La cuenca del río Lempa (región A), es la más importante del país ya que abarca en mayor porcentaje al país con un área de 10,255 Km² y un perímetro de 933 Km.

Las principales zonas de recarga de los acuíferos (formaciones geológicas que contienen recursos hídricos utilizables) en el país, se encuentran en los volcanes de San Salvador, Santa Ana, San Miguel, San Vicente y Conchagua; cada acuífero presenta una dimensión superficial establecida y por lo tanto un volumen de recarga determinada.

Los recursos hídricos estimados en El Salvador son de aproximadamente 17971,3 millones de metros cúbicos. Estos recursos se distribuyen en 65.75 por ciento a recursos superficiales y 34.25 por ciento a recursos subterráneos (Losilla, et al 2005). Aproximadamente un 51 % de habitantes tiene acceso al agua potable y de esta el 81 % es abastecido con agua subterránea.

De ahí la gran importancia de los acuíferos, puesto que en el país no existe una percepción y concientización de parte de la sociedad ante los problemas de la calidad de los recursos hídricos subterráneos y la degradación de los mismos.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo conceptual y determinar la vulnerabilidad aplicando la metodología GOD del acuífero Quezaltepeque-Nejapa. Para este propósito fue necesario realizar 34 sondeos eléctricos verticales, 15 pruebas de infiltración y se obtuvo la información de la geología de la zona, con la ayuda de 75 pozos, 55 excavados y 20 perforados. Para la aplicación de la metodología GOD (por sus siglas en inglés *Groundwater Hydraulic confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater*) y la elaboración del mapa de vulnerabilidad fue necesario utilizar el programa “Arc View Gis 3.1” para presentar el producto final.

OBJETIVOS

GENERAL

Proponer el modelo hidrogeológico conceptual del acuífero Quezaltepeque-Nejapa y evaluar su vulnerabilidad intrínseca, caracterizando parámetros como litología, capacidad de infiltración, profundidad del agua y dirección del agua.

ESPECIFICOS

- Realizar perfiles hidrogeológicos basados en la información recolectada de los Sondeos Eléctricos Verticales, utilizando el arreglo de Schlumberger y el inventario de pozos.
- Proponer el modelo hidrogeológico conceptual en base a la información obtenida de las pruebas de infiltración, utilizando el método de los cilindros infiltrómetros, perfiles geoelectrónicos, perfiles litológicos, valores de precipitación y evapotranspiración.
- Aplicar la metodología GOD para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos de la zona de estudio.

Capítulo 1

MARCO TEORICO

1.1 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

1.2 UBICACIÓN.

La zona de estudio esta ubicada en los departamentos de San Salvador y La Libertad, en los municipios de Quezaltepeque y Nejapa (figura 1.1).

1.3 RELIEVE NACIONAL.

La mayor parte del territorio salvadoreño se distingue por una topografía montañosa debido a las actividades volcánicas y tectónicas que experimentó en su proceso formativo. La característica geológica más perceptible es la cadena de volcanes del periodo final del Pleistoceno en la región meridional del país. Los rasgos geomorfológicos más notables del relieve son:

- I. Planicie aluvial costera.
- II. Cadena costera.
- III. Meseta o fosa central.
- IV. Cadena interior.
- V. Cordillera fronteriza.

Los municipios de Quezaltepeque y Nejapa corresponden a la denominada Meseta o Fosa Central a una altitud de 200 a 500 msnm. Debido a que este espacio corresponde entre la Cadena Costera y la Cordillera Fronteriza caracterizado por una topografía plana comparada con las fuertes pendientes de los sistemas orográficos que la limitan. Se extiende de Este a Oeste a todo lo largo de la república con una longitud de unos 240 kilómetros y una anchura promedio de 45 a 50 kilómetros. Cubre unos 10197 kilómetros cuadrados. A lo largo de su extensión emergen cuatro prominencias que por su elevación y por estar alineadas siempre se han considerado un sistema orográfico diferenciado; al cual se denomina cadena Interior (Centro nacional de Registro; 2000).

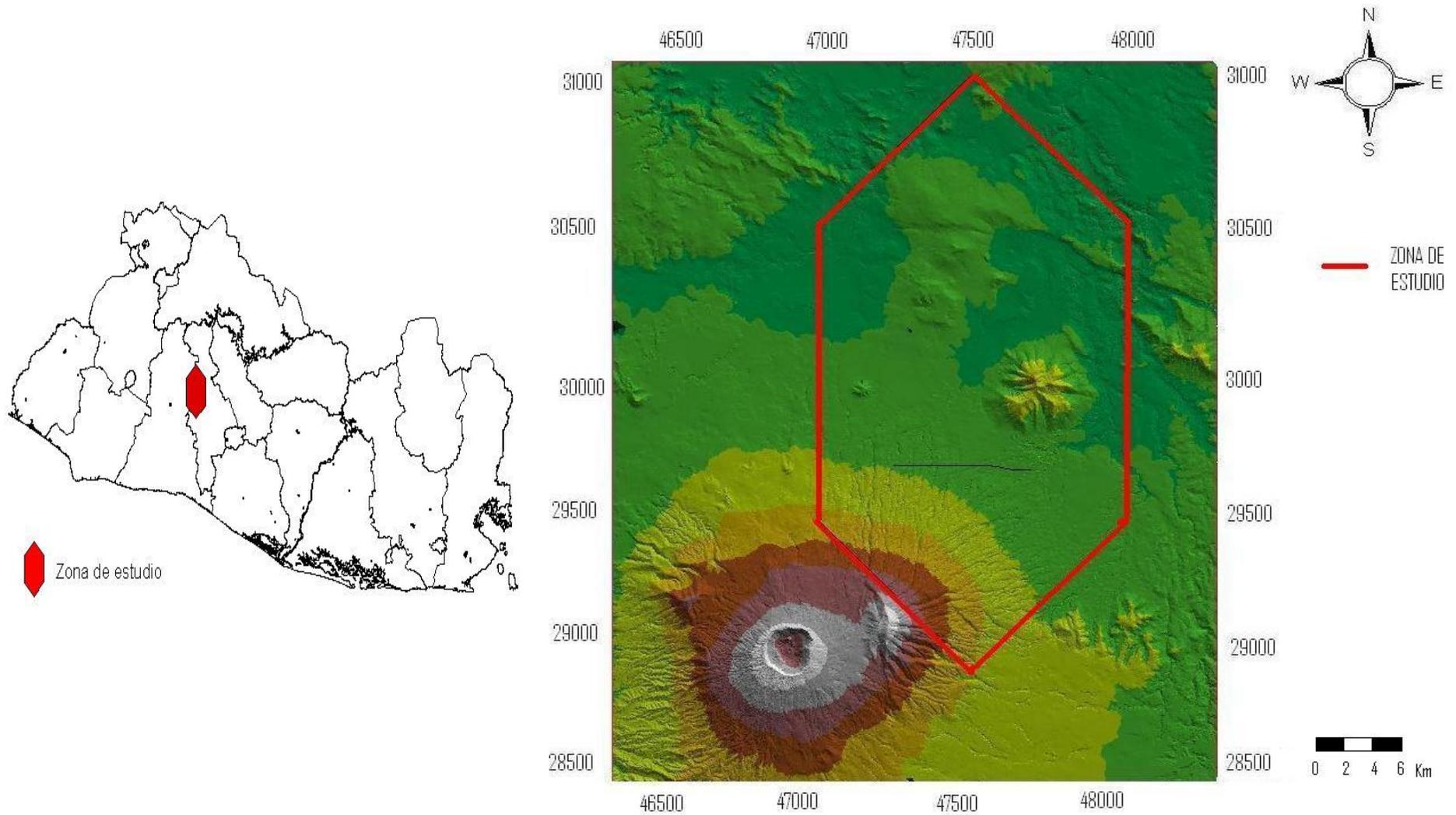


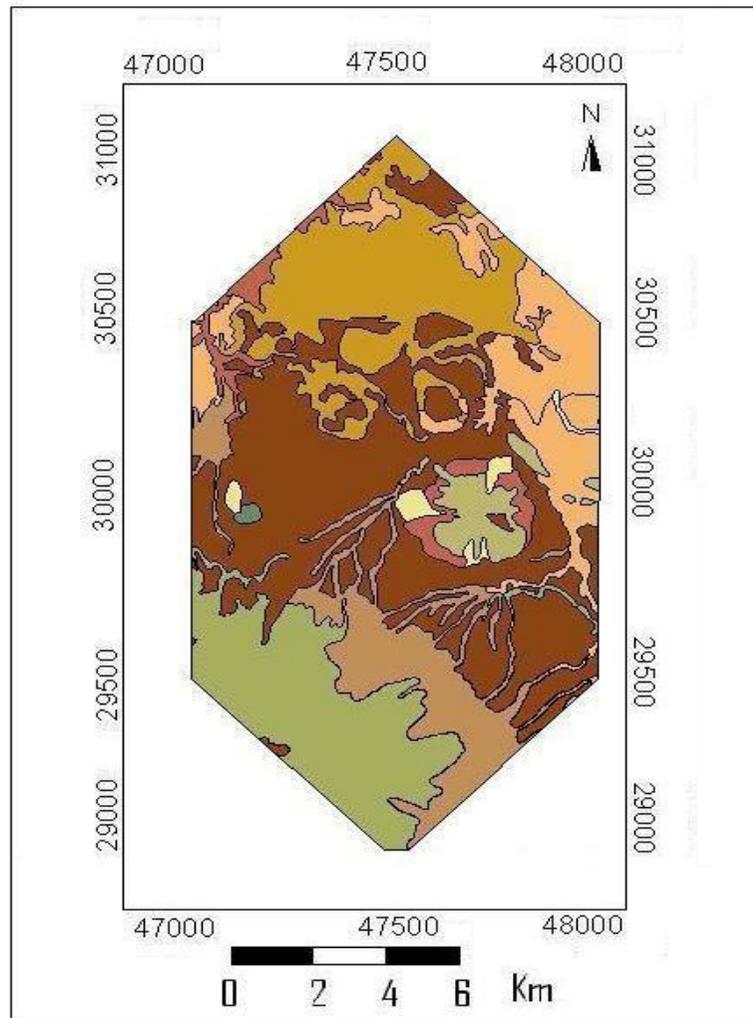
Figura 1.1 Ubicación de la zona de estudio.

1.4 GEOLOGÍA.

Un 25% del territorio nacional es de edad Pleistocénica y un 70% está cubierto por rocas de edad Terciaria, predominando la época Pliocénica. Por eso, las capas de edad Cretácica, que cubren aproximadamente el 5% del territorio salvadoreño no juegan un papel importante para la constitución geológica total de la república. Solamente estas últimas capas son de origen sedimentario marino, todas las demás rocas, con pocas excepciones, están originadas por fenómenos volcánicos. También se conocen algunas rocas Intrusivas que pertenecen a la época del Mioceno; es decir, también son terciarias.

Tabla I.1 Escala del tiempo geológico, proporcionado por el Centro de Investigaciones Geotécnicas (M.O.P.) 2000.

| ERA | PERIODO | EPOCA | Millones de años antes del presente |
|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------|
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | 0.011 hasta el presente |
| | | Pleistoceno | 1.8 hasta 0.011 |
| | Terciario | Plioceno | 5 hasta 1.8 |
| | | Mioceno | 23 hasta 5 |
| | | Oligoceno | 38 hasta 23 |
| | | Eoceno | 54 hasta 38 |
| | | Paleoceno | 65 hasta 54 |
| Mesozoico | Cretácico | | 146 hasta 65 |
| | Jurásico | | 208 hasta 146 |
| | Triásico | | 245 hasta 208 |
| Paleozoico | Pérmico | | 286 hasta 245 |
| | Carbonífero | | 360 hasta 286 |
| | Devónico | | 410 hasta 360 |
| | Silúrico | | 440 hasta 410 |
| | Ordovícico | | 505 hasta 440 |
| | Cámbrico | | 544 hasta 505 |
| Precámbrico | | | 4500 (origen de la Tierra) hasta 544 |



Miembros geológicos.

- b1** Epiclastitas volcánicas y piroclásticas; localmente, rocas efusivas básicas-intermedias intercaladas.
- b2** Efusivas básicas-intermedias, piroclásticas, epiclastitas volcánicas subordinadas (estratos no diferenciados y edificios volcánicos).
- b3** Efusivas básicas intermedias.
- c1** Piroclásticas acidas, epiclastitas volcánicas (ignimbritas).
- c2** Efusivas acidas e intermedias-acidas.
- c3** Efusivas básicas intermedias.
- Qf** Depósitos sedimentarios del cuaternario.
- s2** Efusivas básicas-intermedias, piroclásticas subordinadas.
- s3a** Piroclásticas acidas, epiclastitas volcánicas (tobas color café).
- s4** Piroclásticas acidas y epiclastitas volcánicas subordinadas; localmente efusivas acidas (tierra blanca).
- s5a** Efusivas básicas intermedias (lavas escoriáceas).
- s5b** Conos de acumulación (escorias, tobas de lapilli, cinder).
- s5c** Cenizas volcánicas y tobas de lapilli (s5' c).

Figura 1.2 Mapa geológico de la zona de estudio.

1.4.1 Estratos de San Salvador (Holoceno hasta Pleistoceno)

Son productos extrusivos de los volcanes individuales de la cadena volcánica joven que atraviesa la parte sur del país. Estos productos son: corrientes de lava, cúpulas de lava, tobas fundidas, tobas, pómez, escoria y cenizas volcánicas, que se encuentran a veces intercalados con sedimentos lacustres. El espesor de los estratos y la sucesión varía de volcán a volcán. También se encuentran suelos fósiles color café y negro a poca profundidad (hasta 4 metros).

La formación de San Salvador se ha dividido en 8 miembros:

- a) Piroclastitas acidas, epiclastitas volcánicas; localmente efusivas básicas-intermedias (s1).
- b) Efusivas básicas-intermedias, piroclastitas subordinadas (s2).
- c) Piroclastitas acidas, epiclastitas volcánicas (tobas color café) (s3´a)
- d) Efusivas acidas (s3´b).
- e) Piroclastitas acidas y epiclastitas volcánicas subordinadas; localmente efusivas acidas (tierra blanca) (s4).
- f) Efusivas básicas intermedias (lavas escoriáceas) (s5´a).
- g) Conos de acumulación (escorias, tobas de lapilli, cinder) (s5´b).
- h) Cenizas volcánicas y tobas de lapilli (s5´c).
- i) Depósitos sedimentarios del cuaternario (Qf).

1.4.2 Estratos de Cuscatlán o Guazapa (Pleistoceno hasta Plioceno)

Son productos extrusivos de los volcanes individuales de la cadena volcánica vieja que atraviesa la parte norte del país. Estos productos son: corrientes de lava, aglomerados, tobas, escorias y cenizas volcánicas endurecidas y tobas fundidas con intercalaciones de sedimentos lacustres y fluviales. El espesor de los estratos y su sucesión varía de volcán a volcán. También se encuentran suelos fósiles de color rojo de poca profundidad (hasta 4 metros). Esta formación se divide en tres miembros:

- a) Piroclastitas acidas, epiclastitas volcánicas (ignimbritas) (c1).
- b) Efusivas acidas e intermedias-acidas (c2).
- c) Efusivas básicas intermedias (c3).

1.4.3 Estratos de la Cordillera del bálsamo (Plioceno)

Compuestos por productos volcánicos en los cuales prevalecen los aglomerados con intercalaciones de tobas endurecidas y corrientes de lava basáltica-andesítica con un espesor aproximado de 500 m. también hay suelos fósiles de color rojo de gran profundidad (hasta 20 m). Además, se encuentran rocas extrusivas con pocas intercalaciones de tobas y aglomerados; la parte inferior es de carácter andesítico y la parte superior basáltica. Hay afloramientos más ácidos (hasta riolíticos) sobre todo en el este del país. El espesor aproximado de esta serie es mayor de 1000 m.

Esta formación comprende tres miembros:

- a) Epiclastitas volcánicas y piroclastitas; localmente, rocas efusivas básicas-intermedias intercaladas (b1).
- b) Efusivas básicas-intermedias, piroclastitas, epiclastitas volcánicas subordinadas (estratos no diferenciados y edificios volcánicos) (b2).
- c) Efusivas básicas intermedias (b3).

Principalmente el área de estudio esta constituido en superficie por los siguientes miembros de las formaciones de San Salvador, Cuscatlán y Bálsamo:

A) Formación San Salvador:

- 1) Piroclastitas acidas y epiclastitas volcánicas subordinadas; localmente efusivas acidas (tierra blanca) (s4).
- 2) Piroclastitas acidas, epiclastitas volcánicas (tobas color café) (s3´a).
- 3) Efusivas básicas intermedias (lavas escoriaceas) (s5´a).
- 4) Depósitos sedimentarios del cuaternario (Qf).
- 5) Conos de acumulación (escorias, tobas de lapilli, cinder) (s5´b).
- 6) Cenizas volcánicas y tobas de lapilli (s5´c).

B) Formación Cuscatlan:

- 1) Piroclastitas acidas, epiclastitas volcánicas (ignimbritas) (c1).
- 2) Efusivas básicas intermedias (c3).

C) Formación Bálsamo

- 1) Epiclastitas volcánicas y piroclastitas; localmente, rocas efusivas básicas-intermedias intercaladas (b1).
- 2) Efusivas básicas intermedias (b3).

En El Salvador son 26 las cuencas hidrográficas más importantes, siendo la del río Lempa una de ellas; es por ello que se ha realizado el proyecto de investigación en una zona de dicha cuenca.

La cuenca del río Lempa tiene un área total de 18,246 Kms² (Guatemala, Honduras y El Salvador); el área nacional es de 10,121.75 kms². Lo que corresponde a un 48.1 % de cubrimiento sobre el país y un perímetro de 933 kms.

La elevación máxima es de 2730 msnm. Suelos-grupos: Zona Baja: Aluviales, Coluviales. Zona Central: Latosotes Arcillo-rojizos y Litosoles. Zona Alta: Podzolicos Rojo-amarillentos y Latosoles Hidro-húmicos. Pertenecen las clases II, III, IV, V VI, VII y VIII y los usos de suelos son: D, C1, B2, B4, B4 y P2, B5, B6.

En la clasificación climática pertenece a: Tierra Caliente, Calurosa, Templada, Fría. Con un rango de temperatura desde 10° C hasta 28°C. La precipitación promedio anual varía entre 1400 – 2400 mm. Y para finalizar la vegetación en la zona baja y central es bosque húmedo subtropical y en la zona alta es de bosque muy húmedo Montano bajo y algunas de estas áreas pertenecen a los bosques muy húmedos subtropical (A V Consultores S A de C V y Alcaldía Municipal de Nejapa; 2003).

1.5 PROSPECCION GEOFISICA.

La geofísica estudia la tierra en su composición y dinámica, sobre la base de medidas de tipo físico que normalmente se realizan desde la superficie del planeta. Cuando este estudio tiene que ver con áreas relativamente pequeñas y profundidades que no sobrepasen máximo unos pocos kilómetros, para obtener un fin económico inmediato, se habla de geofísica aplicada, y el conjunto de métodos para obtener ese fin constituyen la prospección geofísica.

Se pueden inferir informaciones sobre la composición del subsuelo mediante algún parámetro físico medido en superficie, que puede ser la velocidad de una onda mecánica, o variaciones de un campo gravitacional producidas por diferencias de densidad, o la intensidad de una corriente asociada a la mayor o menor facilidad de propagación de las cargas eléctricas.

Los métodos ofrecen una forma de obtener información detallada acerca de las condiciones del suelo y rocas del subsuelo. Esta capacidad de caracterizar rápidamente las condiciones

del subsuelo sin perturbar el sitio ofrece el beneficio de costos más bajos y menos riesgo, dando mejor entendimiento general de las condiciones complejas del sitio. Es necesario a menudo utilizar más de un método para lograr obtener la información deseada.

1.5.1 Métodos eléctricos.

Estos métodos utilizan las variaciones de las propiedades eléctricas, de las rocas y minerales, y más especialmente su resistividad. Generalmente, emplean un campo artificial eléctrico creado en la superficie por el paso de una corriente en el subsuelo.

Se emplean como métodos de reconocimiento y de detalle, sobre todo en prospección de aguas subterráneas. Los mapas de isoresistividad permiten definir los límites del acuífero, el nivel del agua en los acuíferos, la presencia de agua salada y permite la cartografía de las unidades litológicas.

Los métodos geoelectrónicos pueden clasificarse en dos grandes grupos:

1. En los métodos *inductivos* se trabajan con corrientes inducidas en el subsuelo a partir de frecuencias relativamente altas (entre 100 Hz y 1 MHz).
2. En el caso de los métodos *conductivos*, se introduce en el subsuelo una corriente continua o de baja frecuencia (hasta unos 15 Hz), mediante electrodos.

Los métodos eléctricos de prospección geofísica comprenden variedad de técnicas que emplean tanto fuentes naturales como artificiales, de las cuales son de aplicación más amplia.

Este método permite suministrar una información cuantitativa de las propiedades conductoras del subsuelo y se puede determinar aproximadamente la distribución vertical de su resistividad. El método de resistividades permite no sólo el estudio de formaciones subhorizontales, sino también la determinación de formaciones subverticales (fallas, filones, zonas de contacto, etc.).

El más importante de los métodos que utilizan corriente continua producida por generadores artificiales es el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV). Encuentra su aplicación principal en regiones cuya estructura geológica puede considerarse formada por estratos horizontales. La finalidad del S.E.V. es la determinación de las profundidades de las capas del subsuelo y las resistividades o conductividades eléctricas de las mismas, mediante mediciones efectuadas en la superficie.

1.6 FUNDAMENTOS DE LA PROSPECCION ELECTRICA POR CORRIENTE CONTINUA.

Consideremos un subsuelo compuesto por un semiespacio homogéneo de resistividad ρ y el otro semiespacio de resistividad infinita que representará la atmósfera (Fig. 1.3). Utilizando una fuente de corriente continúa, conectada por medio de cables, a cuatro electrodos A y B, parcialmente clavados en el suelo. Considerando a los electrodos como puntuales. La corriente I_A penetrará por A en el suelo y luego de recorrer, saldrá por B con intensidad I_B volviendo a la fuente de corriente continúa, para entrar al circuito (ORELLANA; 1982).

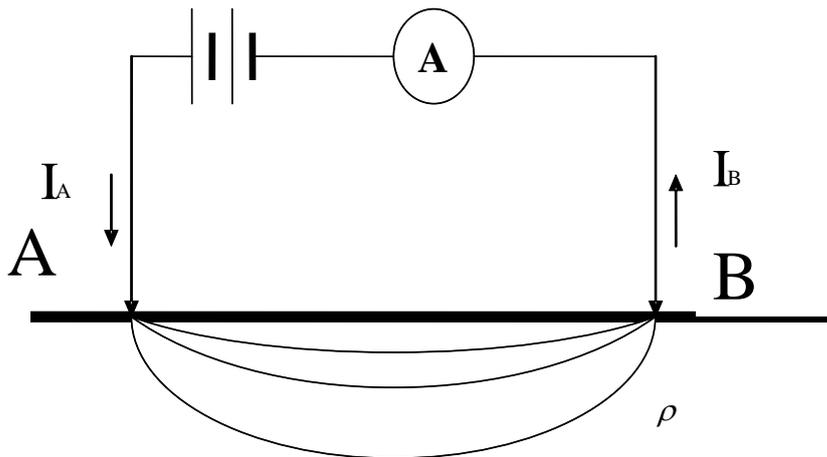
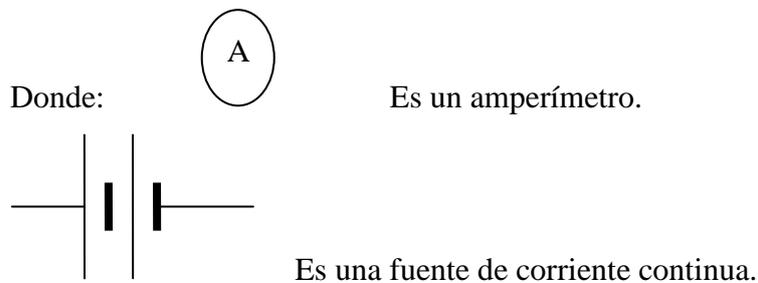


Figura 1.3 Inyección de corriente en un terreno.



A y B son electrodos.

I_A y I_B son las corrientes que atraviesan el circuito.

Para establecer las leyes del fenómeno. Se inicia con las leyes de Maxwell.

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad \text{Ec. I.1}$$

Donde $\nabla \times E$: El rotacional del campo eléctrico.

$-\frac{\partial B}{\partial t}$: La derivada parcial, respecto del tiempo del campo magnético.

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad \text{Ec. I.2}$$

Donde $\nabla \times H$: El rotacional de la intensidad del campo magnético.

$\frac{\partial D}{\partial t}$: La derivada parcial respecto del tiempo del desplazamiento eléctrico.

J : La densidad de corriente.

En donde, por tratarse de un campo estacionario, habrán de anularse las derivadas temporales, así:

$$\nabla \times \mathbf{E} = 0 \quad \text{Ec. I.3}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} \quad \text{Ec. I.4}$$

Por lo que de la ecuación I.3 se deduce que el campo eléctrico \mathbf{E} es conservativo o irrotacional, por lo que deriva un potencial escalar U . Esto es

$$\mathbf{E} = -\nabla U \quad \text{Ec. I.5}$$

Donde ∇U : El gradiente del potencial escalar eléctrico.

Por otra parte habrá de cumplirse la ley de Ohm, en forma diferencial para medios isótropos.

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad \text{Ec. I.6}$$

Donde σ es conductividad eléctrica.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{J} = 0 \quad \text{Ec. I.7}$$

La ecuación I.6 nos dice que la densidad de corriente \mathbf{J} en un punto, tiene la misma dirección y sentido que el campo eléctrico \mathbf{E} en el mismo punto y es proporcional a él. El factor de proporcionalidad es la conductividad eléctrica, inversa de la resistividad. En todos los puntos se cumplirá la ecuación de **continuidad** (Ec. I.7) que por tratarse de condiciones estacionarias; es decir, que no varía con el tiempo.

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = \nabla \cdot (\sigma \mathbf{E}) = 0 \quad \text{Ec. I.8}$$

En todos los puntos, excepto en los electrodos.

Combinando las ecuaciones I.8 y I.5, tendremos que:

$$\nabla \cdot (\sigma \mathbf{E}) = \sigma \nabla \cdot \mathbf{E} + \mathbf{E} \cdot \nabla \sigma = -\sigma \nabla \cdot \nabla U + \mathbf{E} \cdot \nabla \sigma = -\sigma \nabla^2 U + \mathbf{E} \cdot \nabla \sigma = 0 \quad \text{Ec. I.9}$$

Esta ecuación es la mas general de la prospección eléctrica y en la que U representa el potencial escalar eléctrico. Para cada zona de conductividad uniforme se cumple que $\nabla\sigma = 0$, y por lo tanto

$$\nabla^2 U = 0 \quad \text{Ec. I.10}$$

Que es la ecuación de Laplace, la cual será valida en todo el semiespacio conductor, pero no en los electrodos, ni en las superficies de discontinuidad de la resistividad, que aparece en toros casos (ORELLANA; 1982).

1.7 TECNICA DEL SONDEO ELECTRICO VERTICAL.

Las técnicas del Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) consisten básicamente en el análisis e interpretación de un parámetro físico: la resistividad eléctrica, obtenido a partir de medidas efectuadas en la superficie del terreno, investigando de manera puntual sus variaciones en la profundidad (figura I.4).

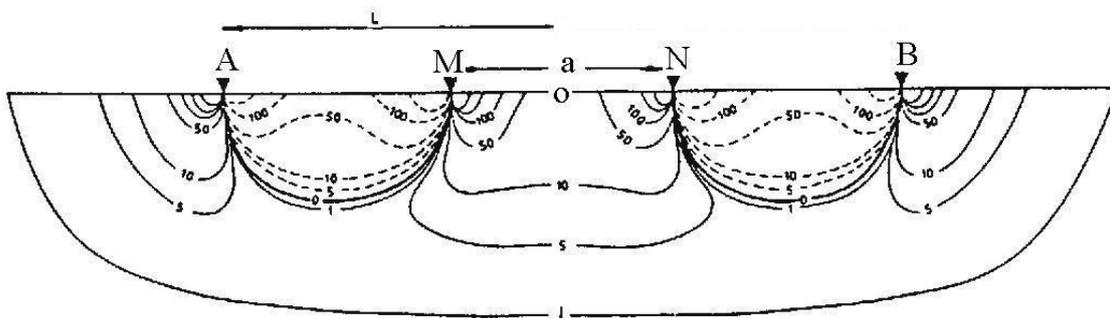


Figura 1.4: Esquema de la composición de los electrodos del sondeo eléctrico vertical.

Donde A, M, N y B son los electrodos.

a es la distancia entre los electrodos M y N.

L es la distancia del electrodo A hacia el origen.

Los arreglos de campo mas utilizadas en la técnica de SEV. Colocando cuatro electrodos en la superficie del terreno dispuesto simétricamente en relación a un centro "o" y sobre una misma recta (Figura 1.4).

1.7.1 Arreglo Schlumberger.

El sondeo eléctrico vertical es una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción. El dispositivo puede ser simétrico o asimétrico, su azimut y su centro deben permanecer fijos durante la medición.

Son muy empleados los dispositivos en los que 4 electrodos A, M, N, B (A y B de emisión de corriente, y M y N de potencial) se encuentran, en este orden sobre una misma recta. Si además, los 4 electrodos se disponen simétricamente respecto de un centro "O", tendremos un dispositivo simétrico.

El coeficiente del dispositivo correspondiente puede calcularse por medio de la siguiente ecuación:

$$r_a = \rho \left(\frac{r(r+a)}{a} \right) \cdot \left(\frac{V}{I} \right) \quad \text{Ec. I.11}$$

Donde r_a es resistividad aparente, ρ la constante $\pi=3.1416$, V es voltaje, I es corriente, y r es la distancia entre AM.

Si las distancias entre los electrodos contiguos son lineales, $AM=MN=NB$ o sea $r = a$ resulta el dispositivo llamado Wenner, el coeficiente del este dispositivo es $K= 2 \rho a$.

Si llamamos L a la distancia $OA=OB$ la expresión de r_a toma la siguiente forma:

$$r_a = \left(\frac{\rho}{a} \right) \cdot \left(L^2 - \left(\frac{a}{2} \right)^2 \right) \cdot \left(\frac{V}{I} \right) \quad \text{Ec. I.12}$$

que es la fórmula general para dispositivos lineales simétricos.

El más eficaz y usado de estos dispositivos es el Schlumberger. Se trata en realidad de un dispositivo límite que aunque irrealizable prácticamente de modo riguroso, presenta grandes ventajas teóricas, y puede llevarse a la práctica con suficiente aproximación. La idea de Schlumberger es hacer que la distancia "a" que separa los electrodos MN tienda a 0. El Segundo miembro de la ecuación de r_a no tiende sin embargo, a infinito, pues V decrece al mismo tiempo que a . Se tendrá que el límite de V/a cuando "a" tiende a 0, es el gradiente del potencial, o sea el campo.

La idea Schlumberger consiste, en utilizar una distancia $MN=a$ muy corta, de tal modo que pueda tomarse como válida la ecuación del límite. Los desarrollos teóricos se establecen suponiendo que lo que se mide es realmente el campo E , el cual en la práctica, se toma igual a V/a . Es decir que, si bien en la teoría matemática se emplea la fórmula del límite en las observaciones de campo la que se utiliza realmente es la de ra , por lo cual el error que se comete al emplear esta expresión es sólo el que proviene de despreciar el término $a^2/4$. Este error es muy pequeño. En las mediciones de campo suele tomarse la norma de que MN es menor o igual que $AB/5$. como MN es igual a “ a ” y $2L$ es igual a AB , el error relativo será igual al 4%. para MN igual a $AB/5$.

Normalmente, MN es mucho más pequeño respecto de AB , y el error será muy reducido. Por otra parte, la precisión de las mediciones geoelectricas de campo están muy limitadas por heterogeneidades irrelevantes del terreno (ruido geológico), por lo que no puede exigírsele gran exactitud.

En resumen, se puede decir que el dispositivo Schlumberger es un dispositivo lineal simétrico en el que la distancia MN es muy pequeña (todo lo más una quinta parte de la distancia AB).

1.8 INFILTRACION DEL AGUA EN EL SUELO

1.8.1 Infiltración.

El término de infiltración se refiere a la entrada del agua hacia el interior del suelo, siendo la única fuente de humedad para mantener el crecimiento de la vegetación y el suministro de agua subterránea a los pozos y arroyos, teniendo generalmente una dirección vertical.

Se entiende por capacidad de infiltración, velocidad de infiltración o tasa de infiltración, al volumen de agua que pasa por el suelo por unidad de área por unidad de tiempo:

$$I = V/AT \qquad \text{Ec I.13}$$

Donde: I es la infiltración del agua.

V : es el volumen de agua que pasa por el suelo.

A : es el área del suelo donde se infiltra el agua.

T : es el tiempo que tarda en infiltrarse.

Muchos factores influyen en la tasa de infiltración, incluyendo la condición de la superficie del suelo y su cubierta vegetal, las propiedades del suelo, tales como la porosidad y la conductividad hidráulica y el contenido de humedad presente en el suelo. Estratos del suelo con propiedades físicas diferentes pueden suponerse unos sobre otros formando *horizontes* o zonas de humedad.

La infiltración puede describirse mediante ecuaciones matemáticas solamente en forma aproximada y lleva un proceso muy complejo en el interior de la superficie de la tierra, ya que tiene que pasar por cuatro zonas de humedad las cuales son:

1. Zona saturada: es la que esta cerca de la superficie.
2. Zona de transmisión: es la zona de flujo no saturado y contenido de humedad aproximadamente uniforme.
3. Zona de mojado: en la cual la humedad decrece con la profundidad.
4. Frente mojado: en el cual el cambio de contenido de la humedad con la profundidad es tan grande que da la apariencia de una discontinuidad aguda entre el suelo mojado arriba y el suelo seco debajo.

Dependiendo de la cantidad de infiltración y de las propiedades físicas del suelo, al frente mojado puede penetrar en el suelo desde unos pocos centímetros hasta varios metros.

En general la infiltración del suelo es alta en los primeros estados, especialmente cuando el suelo esta seco, tiende a decrecer en forma monótona y eventualmente a acercarse asintóticamente a una velocidad constante, denominada capacidad de infiltración final, es decir que el proceso ha alcanzado una velocidad constante, se conoce también como infiltración estable de equilibrio o infiltración básica (MONSALVE; 1999).

1.8.2 Factores que influyen en el proceso de infiltración

Existen varios factores que influyen en la infiltración del agua, los cuales tiene que ser tomados en cuenta para las pruebas que se necesiten realizar.

1. Suelo: actúa como un medio poroso que proporciona gran numero de canales para que el agua penetre a través de la superficie, así, la infiltración varia según el tamaño de los poros y su permanencia, los que a su vez dependen del tamaño de las partículas, “textura”, el grado de cohesión entre las partículas y agregados,

“estructura”. Mientras mas grande se mantenga el tamaño de los poros, será mayor el grado de infiltración.

2. Vegetación: la formación de la capa selladora de la superficie se puede reducir considerablemente con vegetación. En general la cubierta vegetal y las condiciones en que se encuentra la superficie del suelo tiene mayor importancia sobre la infiltración que el tipo y la textura del suelo.
3. Humedad previa: un suelo seco tiene mayor capacidad de infiltración inicial por el hecho de que se suman fuerzas gravitacionales y de capilaridad.
4. Otros factores: pendiente del terreno, la temperatura del agua, la salinidad, también son muy importantes.

1.8.3 Ecuación de Infiltración.

Kostiakov, en 1932, fue el primero que propuso el uso de una ecuación empírica que hasta hoy es de amplio uso para analizar los resultados experimentales que se obtiene de las pruebas de campo. La ecuación es:

$$I = K * T^n \quad \text{Ec. I.14}$$

Donde I = velocidad de infiltración.

T = Tiempo (min.)

K = Constante que representa la velocidad de infiltración.

n = pendiente de la curva de velocidad de infiltración con respecto al tiempo.

La infiltración acumulada se obtiene integrando la ecuación de infiltración respecto al tiempo.

$$D = \sum_{t=0}^t I dt \quad \text{Ec. I.15}$$

Integrando se obtiene:

$$D = c * T^m \quad \text{Ec. I.16}$$

Donde D = Infiltración acumulada.

c = Infiltración en el perfil cuando T = 1.

m = pendiente de la curva de infiltración vrs tiempo.

1.8.4 Método de los cilindros infiltrómetros.

El método del cilindro, ideado por Musgrave en 1935, es el método más extendido para el estudio de la infiltración de agua en el suelo, con el que se determina la velocidad de infiltración, así como la lamina que se acumula durante el proceso de infiltración.

De acuerdo a Gurovich en 1999, los primeros estudios emplearon cilindros simples; pero los resultados obtenidos presentaron una gran variabilidad, posiblemente debido al movimiento lateral del agua no controlado. Posteriormente se empleó cilindros dobles o multicilindros, con el objeto de minimizar el flujo por medio de un área tampón alrededor del cilindro central.

Es un método de campo que busca simular las condiciones que se dan cuando un terreno es inundado por lluvia y mediante la toma de lecturas de láminas infiltradas explicar el fenómeno.

La limitación más seria es su ubicación en el suelo que produce un cierto grado de alteración de las condiciones naturales, destrucción de la estructura o compactación, lo que provoca a su vez gran variación en las velocidades de infiltración (GUROVICH R., L.A. 1999).

1.9 VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION DE ACUIFEROS

Desde 1968 que se introdujera el término “vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación”, se han sucedido numerosas definiciones, calificaciones y metodologías sobre el mismo, en muchos casos orientados a su representación cartográfica.

Una está representada por aquellos investigadores que consideran a la vulnerabilidad como una propiedad referida exclusivamente al medio (tipo de acuífero y cobertura, permeabilidad, profundidad, recarga, etc.), sin tener en cuenta la incidencia de las sustancias contaminantes (vulnerabilidad intrínseca) y en la otra orientación, se agrupan los que sí le otorgan, además del comportamiento del medio, trascendencia al tipo y carga del contaminante (vulnerabilidad específica).

También existen divergencias respecto a la utilidad de las representaciones cartográficas y así la vulnerabilidad debe mantenerse en un marco cualitativo o pasar a otro cuantitativo.

En este sentido en el Congreso XXIX de la Asociación Internacional de Hidrología (IAH), realizado en Bratislava en 1999, se produjo una fuerte controversia entre las escuelas Alemana y Checa, al sostener la primera la necesidad de adecuar nuevas metodologías para transformar a la vulnerabilidad en una variable cuantitativa, mientras que los Checos propiciaron el mantenimiento del alcance cualitativo del término, debido al inconveniente que implica la asignación de magnitudes representativas a los componentes y procesos que inciden en la vulnerabilidad.

Foster e Hirata en 1991 conceptualizan que la “vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta”. En este caso al citar a una carga contaminante impuesta.

Otro concepto íntimamente asociado a la vulnerabilidad es el de riesgo a la contaminación, aunque este también genera diferencias en su definición, utilidad y técnicas para el mapeo. El riesgo se define como el peligro de deterioro en la calidad de un acuífero, por la existencia real o potencial de sustancias contaminantes en su entorno.

En el entendimiento del suscrito, la vulnerabilidad intrínseca tiene mayor utilidad en los trabajos de planificación de uso del territorio y del agua. Particularmente en lo que respecta a la preservación de la calidad del recurso. En los sitios donde no está afectado, ni se realizan prácticas como fertilización, aplicación de plaguicidas, riego, cría concentrada de ganado, ni actividades domésticas, urbanas, o industriales, que por su intensidad pudieran afectarlo.

La vulnerabilidad específica incluye parcialmente el concepto de riesgo, toda vez que se refiere al peligro de deterioro en relación a sustancias contaminantes específicas.

1.9.1 Principios básicos para la evaluación de la Vulnerabilidad.

Los mecanismos de recarga del agua subterránea y la capacidad de atenuación natural del perfil de suelo a los contaminantes varían ampliamente con las condiciones geológicas cercanas a la superficie del terreno. Así, en lugar de aplicar controles universales sobre los usos del territorio potencialmente contaminante para el acuífero y la descarga de efluentes, es más efectivo (y menos perjudicial para el desarrollo económico) modificar el tipo y nivel de control de acuerdo a esta capacidad de atenuación. Esta es la premisa básica del

concepto de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos y lo que conduce a la necesidad de contar con el mapeo de la misma.

De acuerdo a la complejidad de factores que gobiernan el transporte de contaminantes en los acuíferos, puede parecer a simple vista que las condiciones hidrogeológicas son demasiado complejas para ser encapsuladas en zonas mediante el mapeo de la vulnerabilidad y también se puede tratar cada actividad contaminante en forma individual y emprender una evaluación independiente del peligro de contaminación que esta genera.

Sin embargo con este enfoque es poco probable arribar a una caracterización universal del peligro de contaminación y evitar decisiones inconsistentes, también se requiere una gran cantidad de recursos humanos e inversiones financieras cuantiosas destinadas a las investigaciones de campo y se pueden presentar problemas administrativos en aquellos casos donde la responsabilidad institucional es compartida.

1.9.2 Aplicación del índice de vulnerabilidad GOD.

TABLA I.2. Definiciones de cada una de las clases de vulnerabilidad.

| CLASE DE VULNERABILIDAD | DEFINICION CORRESPONDIENTE |
|-------------------------|--|
| Extrema | Vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación. |
| Alta | Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación. |
| Moderada | Vulnerable a algunos contaminantes, solo cuando son continuamente descargados o lixiviados |
| Baja | Solo vulnerables a contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo. |
| Despreciable | Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante. |

El método GOD (por sus siglas en inglés *Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater*) para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos ha sido ampliamente utilizada en América Latina y el Caribe durante la década de los 90's. debido a su claridad conceptual y a su simplicidad de aplicación. El método considera dos factores básicos:

- El grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada.
- La capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero.

Estos factores no son directamente medibles; dependen a su vez de la combinación de distintos parámetros. Dado que la información relacionada con la mayoría de estos parámetros no esta generalmente disponible.

Sobre la base de tales consideraciones, el índice de vulnerabilidad GOD caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los siguientes parámetros (generalmente disponibles o fácilmente determinables):

- Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración.
- Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes) en términos de características litológicas y grado de consolidación, que determina su capacidad de atenuación de contaminantes.
- Distancia al agua, determinada como: la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados.

TABLA I.3. Esta tabla muestra los parámetros a utilizar para determinar el índice de vulnerabilidad de contaminación del acuífero. (Foster, et al, 2003)

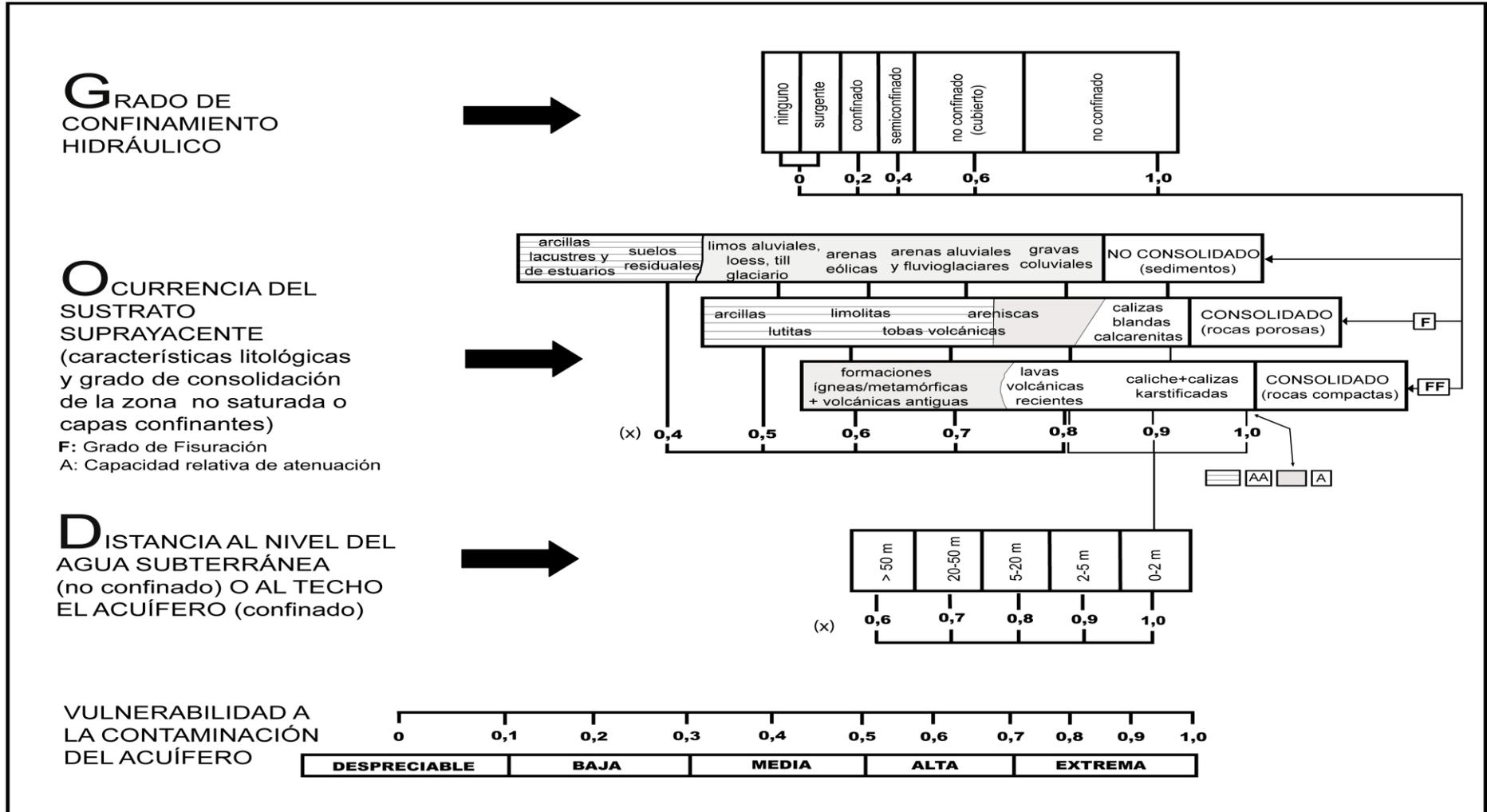


Tabla I.4 Factores hidrogeológicos que controlan la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.

| COMPONENTE DE LA VULNERABILIDAD | INFORMACION HIDROGEOLOGICA | |
|---------------------------------|--|--|
| | Idealmente requerida | Normalmente disponible |
| Inaccesibilidad Hidráulica | <p>Grado de confinamiento del acuífero.</p> <p>Profundidad del agua subterránea o al techo del acuífero.</p> <p>Contenido de humedad de la zona.</p> <p>Conductividad hidráulica vertical de los estratos de la zona no saturada o de las capas confinantes.</p> | <p>Tipo de acuífero.</p> <p>Profundidad al agua subterránea o al techo del acuífero confinado.</p> |
| Capacidad de Atenuación | <p>Distribución del tamaño de granos y fisuras en la zona no saturada o en las capas confinantes.</p> <p>Mineralogía de los estratos de la zona no saturada o capas confinantes.</p> | <p>Grado de consolidación/fisuración de estos estratos</p> <p>Características litológicas de estos estratos.</p> |

Consecuentemente, la estimación del índice de vulnerabilidad GOD (Foster e Hirata, 1988) involucra una serie de etapas concretas:

1. Identificar el grado de confinamiento hidráulico del acuífero y asignarle un índice a este parámetro en una escala de 0.0 a 1.0.
2. Especificar las características del sustrato suprayacente a la zona saturada del acuífero en términos de:
 - a) Grado de consolidación (teniendo en cuenta la probable presencia o ausencia de permeabilidad por fisuras).
 - b) Tipo de litología (considerando indirectamente porosidad efectiva, permeabilidad de la matriz y contenido de humedad en la zona no saturada)

o retención específica) y asignar un índice a este parámetro con una escala de 0.4 a 1.0

3. Estimar la distancia o profundidad al nivel del agua (en acuíferos no confinados) o profundidad al techo del primer acuífero confinado, con la consiguiente asignación de un índice en una escala de 0.6 a 1.0.

El índice final integrado de vulnerabilidad de acuíferos GOD es el producto de los índices obtenidos para cada uno de estos parámetros. Es importante tener en cuenta que figura de parámetros a utilizar para determinar el índice de vulnerabilidad de contaminación del acuífero contiene ligeras modificaciones respecto a la versión original que consideran las experiencias obtenidas por su aplicación en los años 90's. Estas modificaciones incluyen:

- una pequeña reducción en los índices del parámetro de “distancia al agua”
- una simplificación en la caracterización geológica del sustrato suprayacente, para las “rocas potencialmente fracturadas de vulnerabilidad intrínseca intermedia”
- una aclaración para el índice de “confinamiento del acuífero” en acuíferos semiconfinados.

Se debe notar también que cuando se presenta una secuencia de depósitos diferentes se debe seleccionar la litología predominante o limitante para caracterizar al sustrato suprayacente.

2.1.6 Hidrogeología.

Para esta parte se ha consultado varios libros entre ellos: Manejo de aguas subterráneas, Los Acuíferos Volcánicos y el Desarrollo Sostenible en América Central, Atlas de El Salvador.

2.1.7 Uso de la Tierra.

La información del uso de la Tierra ha sido obtenida por medio de la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS). Esta institución nos ha proporcionado todo tipo de información en Shapes, así como: fallas, curvas de nivel, línea ferroviaria, ríos y división departamental entre otros.

2.2 Medición de parámetros físicos in situ.

La realización del trabajo de campo, consiste en la medición de los diferentes parámetros físicos in situ, y esta etapa del proyecto de graduación se divide en las siguientes partes:

2.2.1 Ubicación de pozos y manantiales.

Esta etapa consiste en la ubicación en coordenadas espaciales y la medida de la profundidad a la que se encuentra el agua para el caso de los pozos, como se observa en la figura 2.1 y otras medidas de menor importancia, en esta parte se logró ubicar 75 pozos entre estos 20 perforados y 55 excavados y 13 manantiales.

En esta etapa del trabajo se obtuvo la colaboración logística de parte de la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), geólogos del Mundo y de las alcaldías de Quezaltepeque, Nejapa y Apopa.



Figura 2.1 Muestra la medición de parámetros de los pozos en la zona de estudio.

TABLA II.1 Muestra la información recolectada en el inventario de pozos del municipio de Nejapa.

| No | Fecha: | Lugar: | Tipo de Pozo | Profundidad d | Brocal:(m) | Altura(m) | Y o W | X o N | Precision(m) | Observacione | Municipio | Col. Litologica |
|----|------------|-----------------------------------|--------------|---------------|------------|-----------|-----------|----------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| 1 | 20/02/2006 | EMBOSALVA | Perforado | | | 469 | 13.81814 | 89.24317 | 8 | | Nejapa | No |
| 2 | 20/02/2006 | EMBOSALVA | Perforado | | | 469 | 13.81996 | 89.24441 | 10 | | Nejapa | No |
| 3 | 20/02/2006 | Pozo de ANDA # 7, Calle al MIDES | Perforado | | | 467 | 13.81873 | 89.24945 | 5 | | Nejapa | |
| 4 | 20/02/2006 | Pozo de ANDA # 8, Calle al MIDES | Perforado | | | 454 | 13.82648 | 89.2442 | 4 | | Nejapa | Si |
| 5 | 20/02/2006 | Caserio El Anonal | Excavado | 2.28 | 0.24 | 453 | 13.84686 | 89.23275 | 8 | | Nejapa | No |
| 6 | 20/02/2006 | Caserio El Anonal | Excavado | 9.87 | 0.42 | 458 | 13.84813 | 89.23476 | 4 | | Nejapa | No |
| 7 | 20/02/2006 | Caserio El Anonal | Excavado | 7.84 | 0.53 | 457 | 13.847140 | 89.23476 | 8 | | Nejapa | No |
| 8 | 20/02/2006 | Plan SABAR Hda Mapilapa | Perforado | | | 426 | 13.8321 | 89.22705 | 8 | | Nejapa | Si |
| 9 | 20/02/2006 | Mapilapa, Sector el Junquillo | Excavado | 5 | 0.37 | 432 | 13.82065 | 89.22929 | 6 | | Nejapa | No |
| 10 | 20/02/2006 | Pozo de ANDA El Salitre | Perforado | > 100 | | 478 | 13.81283 | 89.2402 | 4 | | Nejapa | |
| 11 | 20/02/2006 | Pozo de ANDA # 3 | Perforado | | | 454 | 13.82648 | 89.2442 | 4 | | Nejapa | Si |
| 12 | 20/02/2006 | Lotif. El Cedral I | Excavado | 27 | 0.29 | 505 | 13.80322 | 89.22227 | 8 | | Nejapa | No |
| 13 | 20/02/2006 | Lotif. El Cedral I | Excavado | 20.8 | 0.6 | 506 | 13.80424 | 89.22111 | 9 | | Nejapa | No |
| 14 | 20/02/2006 | Lotif. El Cedral I | Excavado | 12.83 | 0.78 | 498 | 13.8044 | 89.22035 | 6 | | Nejapa | No |
| 15 | 22/02/2006 | Pozo de ANDA, Barrio San Antonio | Excavado | 4.76 | 0.46 | 431 | 13.81784 | 89.2333 | 6 | | Nejapa | No |
| 16 | 22/02/2006 | Lotif. Macance | Excavado | 8.65 | 0.72 | 436 | 13.81829 | 89.23095 | 12 | | Nejapa | No |
| 17 | 22/02/2006 | Aldea Las Mercedes, Cuesta Blanca | Excavado | 10.44 | 0.36 | 496 | 13.80034 | 89.22017 | 15 | | Nejapa | No |
| 18 | 22/02/2006 | Aldea Las Mercedes, Cuesta Blanca | Excavado | 11.39 | 0.54 | 499 | 13.80017 | 89.22022 | 5 | | Nejapa | No |
| 19 | 22/02/2006 | Finca San Antonio | Excavado | | | 474 | 13.81113 | 89.2366 | 6 | | Nejapa | No |
| 20 | 22/02/2006 | Canton Camotepeque. | Excavado | 10.2 | 0.57 | 438 | 13.83037 | 89.21988 | 21 | | Nejapa | No |
| 21 | 22/02/2006 | Canton Camotepeque. | Excavado | | | 425 | 13.83337 | 89.21616 | 8 | Sin Agua | Nejapa | No |
| 22 | 22/02/2006 | Canton Camotepeque. | Excavado | 8.24 | 0.34 | 413 | 13.83443 | 89.20778 | 5 | | Nejapa | No |

CONTINUACIÓN DE TABLA II.1 Muestra la información recolectada en el inventario de pozos del municipio de Nejapa.

| No | Fecha: | Lugar: | Tipo de Pozo | Profundidad d | Brocal:(m) | Altura(m) | Y o W | X o N | Precision(m) | Observacione | Municipio | Col. Litologica |
|----|------------|---|--------------|---------------|------------|-----------|----------|----------|--------------|---------------|-----------|-----------------|
| 23 | 22/02/2006 | Canton Camotepeque, Barba Rubia | Excavado | 13.53 | 0.7 | 411 | 13.83543 | 89.20648 | 7 | | Nejapa | No |
| 24 | 22/02/2006 | Canton Camotepeque, Barba Rubia | Excavado | 4.15 | 0.3 | 440 | 13.83222 | 89.20351 | 7 | | Nejapa | No |
| 25 | 27/02/2006 | Canton Las Marias | Excavado | 5.9 | 0.56 | 415 | 13.82945 | 89.22195 | 16 | | Nejapa | No |
| 26 | 27/02/2006 | Canton Camotepeque, | Excavado | 8.67 | 0.15 | 405 | 13.83301 | 89.21059 | 12 | | Nejapa | No |
| 27 | 27/02/2006 | Canton Camotepeque. Caserio El Jute | Excavado | 15.82 | 0.58 | 425 | 13.83671 | 89.20242 | 6 | | Nejapa | No |
| 28 | 27/02/2006 | Canton Camotepeque, Caserio las mariitas | Excavado | 25.34 | 0.58 | 444 | 13.82174 | 89.22386 | 21 | | Nejapa | No |
| 29 | 27/02/2006 | Canton Camotepeque, Caserio las mariitas | Excavado | 8 | 0.56 | 433 | 13.82168 | 89.2259 | 16 | | Nejapa | No |
| 30 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 20.96 | 0.57 | 414 | 13.80102 | 89.18757 | 16 | | Apopa | No |
| 31 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 15.56 | 0.38 | 424 | 13.80127 | 89.18668 | 7 | | Apopa | No |
| 32 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 13.79 | 0.56 | 421 | 13.80106 | 89.18643 | 7 | | Apopa | No |
| 33 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 11.51 | 0.28 | 425 | 13.79931 | 89.18657 | 14 | | Apopa | No |
| 34 | 01/03/2006 | Pozo de ANDA # 1y2, Lotif El Castillo | Perforado | | | 433 | 13.7999 | 89.19005 | 7 | | Apopa | No |
| 35 | 01/03/2006 | Pozo de ANDA # 4, Lotif El Castillo | Perforado | | | 434 | 13.79886 | 89.19293 | 18 | | Apopa | Si |
| 36 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 12.24 | 0.57 | 439 | 13.79925 | 89.18871 | 10 | | Apopa | No |
| 37 | 01/03/2006 | Comunidad Ismatapa | Excavado | 29.06 | 0.28 | 452 | 13.79662 | 89.18955 | 5 | | Apopa | No |
| 38 | 06/03/2006 | Pozo de Nejapa Power | Perforado | | | 499 | 13.77661 | 89.20083 | 5 | | Apopa | No |
| 39 | 08/03/2006 | San Luis Mariona, Ctn Las Flores, Km. 12, | Excavado | 18.4 | 0.4 | 471 | 13.78 | 89.18764 | 12 | | Apopa | No |
| 40 | 08/03/2006 | Bodegas RAMSA | Perforado | | | 517 | 13.78151 | 89.2022 | 6 | | Apopa | No |
| 41 | 20/03/2006 | El Sitio | Excavado | 25.56 | 0.47 | 445 | 13.80777 | 89.19182 | 11 | | Apopa | No |
| 42 | 20/03/2006 | El Sitio | Excavado | 7.35 | 0.56 | 454 | 13.80943 | 89.19235 | 8 | | Apopa | No |
| 43 | 20/03/2006 | Bodegas Hiper Paiz. | Perforado | | | 556 | 13.77942 | 89.21568 | 18 | Prof. 216 m * | Apopa | No |
| 44 | 20/03/2006 | Santa Carlota | Excavado | 17.91 | 0.47 | 462 | 13.80243 | 89.20546 | 13 | | Apopa | No |

TABLA II.2 Muestra la información recolectada en el inventario de pozos de los municipios de Apopa y Quezaltepeque.

| No | Fecha: | Lugar: | Tipo de Pozo | Profundidad de pozo(m) | Brocal:(m) | Altura(m) | Y o W | X o N | Precision(m) | Municipio | Col. Litologica |
|----|------------|---|--------------|------------------------|------------|-----------|----------|----------|--------------|---------------|-----------------|
| 1 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 20.96 | 0.57 | 414 | 13.80102 | 89.18757 | 16 | Apopa | No |
| 2 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 15.56 | 0.38 | 424 | 13.80127 | 89.18668 | 7 | Apopa | No |
| 3 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 13.79 | 0.56 | 421 | 13.80106 | 89.18643 | 7 | Apopa | No |
| 4 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 11.51 | 0.28 | 425 | 13.79931 | 89.18657 | 14 | Apopa | No |
| 5 | 01/03/2006 | Pozo de ANDA # 1y2, Lotif El Castillo | Perforado | | | 433 | 13.7999 | 89.19005 | 7 | Apopa | No |
| 6 | 01/03/2006 | Pozo de ANDA # 4, Lotif El Castillo | Perforado | | | 434 | 13.79886 | 89.19293 | 18 | Apopa | Si |
| 7 | 01/03/2006 | Lotif. El Castillo | Excavado | 12.24 | 0.57 | 439 | 13.79925 | 89.18871 | 10 | Apopa | No |
| 8 | 01/03/2006 | Comunidad Ismatapa | Excavado | 29.06 | 0.28 | 452 | 13.79662 | 89.18955 | 5 | Apopa | No |
| 9 | 06/03/2006 | Pozo de Nejapa Power | Perforado | | | 499 | 13.77661 | 89.20083 | 5 | Apopa | No |
| 10 | 08/03/2006 | San Luis Mariona, Ctn Las Flores, Km. 12, | Excavado | 18.4 | 0.4 | 471 | 13.78 | 89.18764 | 12 | Apopa | No |
| 11 | 08/03/2006 | Bodegas RAMSA | Perforado | | | 517 | 13.78151 | 89.2022 | 6 | Apopa | No |
| 12 | 20/03/2006 | El Sitio | Excavado | 25.56 | 0.47 | 445 | 13.80777 | 89.19182 | 11 | Apopa | No |
| 13 | 20/03/2006 | El Sitio | Excavado | 7.35 | 0.56 | 454 | 13.80943 | 89.19235 | 8 | Apopa | No |
| 14 | 20/03/2006 | Bodegas Hiper Paiz. | Perforado | | | 556 | 13.77942 | 89.21568 | 18 | Apopa | No |
| 15 | 20/03/2006 | Santa Carlota | Excavado | 17.91 | 0.47 | 462 | 13.80243 | 89.20546 | 13 | Apopa | No |
| 16 | 17/05/2006 | Platanillo, El Proyecto | Excavado | 5.85 | 0.51 | 387 | 471361 | 303650 | 6 | Quezaltepeque | No |
| 17 | 02/06/2006 | Canton Santa Rosa | Excavado | 18.5 | 0.7 | 468 | 471873 | 300072 | 7 | Quezaltepeque | No |
| 18 | 02/06/2006 | Col. Lupita | Excavado | 17.28 | 0.53 | 473 | 472077 | 300128 | 8 | Quezaltepeque | No |
| 19 | 02/06/2006 | Calle Vieja | Excavado | 8.41 | 0.53 | 465 | 471837 | 300397 | 8 | Quezaltepeque | No |
| 20 | 02/06/2006 | Canton Santa Rosa | Excavado | 2.83 | 0.18 | 463 | 471466 | 300629 | 6 | Quezaltepeque | No |
| 21 | 02/06/2006 | Canton Santa Rosa Abajo | Excavado | 5.92 | 0.64 | 468 | 471465 | 301090 | 6 | Quezaltepeque | No |
| 22 | 02/06/2006 | Lotif. Los Izotes | Excavado | 4.03 | 0.58 | 449 | 471673 | 301471 | 11 | Quezaltepeque | No |
| 23 | 02/06/2006 | Santa Lucia | Excavado | 6.84 | 0.5 | 406 | 471295 | 302102 | 8 | Quezaltepeque | No |
| 24 | 02/06/2006 | Lotif. San Rafael, Finca El Guitarron | Excavado | 13.91 | 0.46 | 438 | 471448 | 302829 | 13 | Quezaltepeque | No |
| 25 | 02/06/2006 | Platanillo | Excavado | 10.75 | 0.63 | 431 | 471745 | 303408 | 8 | Quezaltepeque | No |
| 26 | 14/02/2006 | Canton Santa Rosa | Excavado | 9 | 0.66 | 468 | 472256 | 300205 | 10 | Quezaltepeque | No |
| 27 | 14/02/2006 | Canton Santa Rosa | Excavado | 15.35 | 0.89 | 474 | 472390 | 300172 | 5 | Quezaltepeque | No |
| 28 | 15/02/2006 | Las Margaritas, La Ceiba | Excavado | 6.84 | 0.38 | 492 | 472087 | 299962 | 6 | Quezaltepeque | No |

TABLA II.3 Muestra la información recolectada en el inventario de manantiales de los municipios de Nejapa, Apopa y Quezaltepeque.

| No | Fecha: | Lugar: | Altura(m) | Y o W | X o N | Precision(| municipio |
|----|------------|-------------------------|-----------|----------|----------|------------|---------------|
| 1 | 14/02/2006 | Nac. Rio San Antonio | 448 | 13.81756 | 89.23368 | 4 | Nejapa |
| 2 | 22/02/2006 | Nac. Tres piedras | 425 | 13.81818 | 89.2325 | 7 | Nejapa |
| 3 | 20/02/2006 | Nac. El Anonal | 445 | 13.84575 | 89.23358 | 9 | Nejapa |
| 4 | 27/02/2006 | Nac. La Galera | 425 | 13.8424 | 89.22321 | 11 | Nejapa |
| 5 | 01/03/2006 | Nac. Chacalapa | 424 | 13.79561 | 89.20569 | 10 | Apopa |
| 6 | 01/03/2006 | Urb Los Angeles | 449 | 13.79488 | 89.18923 | 4 | Apopa |
| 7 | 01/03/2006 | Nac. La Periquera | 451 | 13.795 | 89.20414 | 8 | Apopa |
| 8 | 01/03/2006 | Nac. La pila del sanjon | 455 | 13.79631 | 89.2094 | 9 | Apopa |
| 9 | 01/03/2006 | Quebrada del muerto | 448 | 13.79732 | 89.21165 | 9 | Apopa |
| 10 | 06/03/2006 | Nac. Chaguite | 424 | 13.80421 | 89.17824 | 11 | Apopa |
| 11 | 20/03/2006 | Nac. El Caguie | 456 | 13.80514 | 89.1774 | 17 | Apopa |
| 12 | 20/03/2006 | Quebrada Las Lajas | 469 | 13.79584 | 89.2063 | 5 | Apopa |
| 13 | 17/05/2006 | Platanillo | 388 | 304634 | 471766 | 7 | Quezaltepeque |

TABLA II.4 Muestra la información recolectada en el desarrollo de las pruebas de infiltración en Nejapa, Apopa y Quezaltepeque.

| Prueba | Fecha | Altura (m) | N | W | Precision (m) | Tipo de uso de suelo | Tipo de miembro | infiltracion mm/h |
|--------|------------|------------|----------|----------|---------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 15/03/2006 | 465 | 13.81308 | 89.23533 | 5 | café | S4 | 15.0 |
| 2 | 20/03/2006 | 505 | 13.80047 | 89.24223 | 13 | café | S4 | 11.4 |
| 3 | 20/03/2006 | 487 | 13.80668 | 89.23575 | 5 | café | S4 | 7.5 |
| 4 | 22/03/2006 | 463 | 13.8468 | 89.2321 | 5 | Caña de azucar. | C3 | 10.3 |
| 5 | 27/03/2006 | 480 | 13.81332 | 89.24081 | 5 | café | S3a | 29.6 |
| 6 | 29/03/2006 | 496 | 13.7814 | 89.19165 | 4 | Caña de azucar. | S4 | 8.0 |
| 7 | 03/04/2006 | 461 | 13.79593 | 89.20614 | 8 | tejido urbano | S3a | 17.9 |
| 8 | 05/04/2006 | 605 | 13.77518 | 89.2212 | 8 | Caña de azucar. | S2 | 14.4 |
| 9 | 10/04/2006 | 472 | 13.79631 | 89.19541 | 4 | mosaico de cultivo | S4 | 11.7 |
| 10 | 10/04/2006 | 478 | 13.79572 | 89.19028 | 4 | mosaico de cultivo | S3a | 8.3 |
| 11 | 12/04/2006 | 582 | 13.77772 | 89.21935 | 4 | Caña de azucar. | S2 | 7.0 |
| 12 | 17/04/2006 | 442 | 13.80325 | 89.1972 | 6 | tejido urbano | C1 | 8.7 |
| 13 | 17/04/2006 | 625 | 13.80841 | 89.20513 | 4 | granos basicos | b3 | 23.1 |
| 14 | 14/04/2006 | 456 | 13.81637 | 89.23435 | 5 | tejido urbano | S4 | 14.1 |
| 15 | 19/04/2006 | 437 | 13.7992 | 89.19447 | 7 | bosque mixto | S2 | 12.9 |

2.2.2 Pruebas de Infiltración.

En el caso de las pruebas de infiltración se lograron hacer 15 pruebas de infiltración, para ello se decidieron hacerlas en base al tipo de miembro geológico y el tipo de uso de suelo. En esta etapa, también la OPAMSS y Geólogos del mundo fue quienes aportaron la ayuda necesaria y el equipo para realizar las pruebas de infiltración fue proporcionado por el Laboratorio SIG de la UES, este equipo consiste en los anillos infiltrómetros, como se observa en la figura 2.2, un mazo de goma, una regla de 30 centímetros con escala de 1 centímetro, un cronometro y agua. En la tabla II.4, muestra la información recolectada en las pruebas de infiltración.



Figura 2.2 Muestra la aplicación de la prueba de infiltración.

2.2.3 Sondeos Eléctricos Verticales.

La realización de los sondeos eléctricos verticales fue realizada con el equipo de la UES, específicamente este es de marca CHARGY utilizando este, la separación máxima entre los electrodos A y B, que se puede alcanzar es de 600m. Lo que significa que el poder de penetración aproximada es de 210m de profundidad. Y el equipo de Sondeo Eléctrico Vertical marca OYO que le pertenece a ANDA, el cual tiene una separación máxima entre los electrodos A y B de 1000m. Al final se realizaron 34 SEV's.

En esta ocasión también se tuvo la colaboración de la OPAMSS y Geólogos del Mundo.



Figura 2.3 Muestra la realización del sondeo eléctrico vertical.

2.2.4 Perfil Geológico.

Esta etapa consiste en la realización de los perfiles geológicos, utilizando la información de los SEV, columnas de pozos y la información en Arc View, ya antes organizada.

En este caso se utilizan los SEV previamente interpretado, para ello se utilizaron los software “IPI2WIN” y “QWSLN”. A continuación se procedió a graficarlos en el software Arc View.

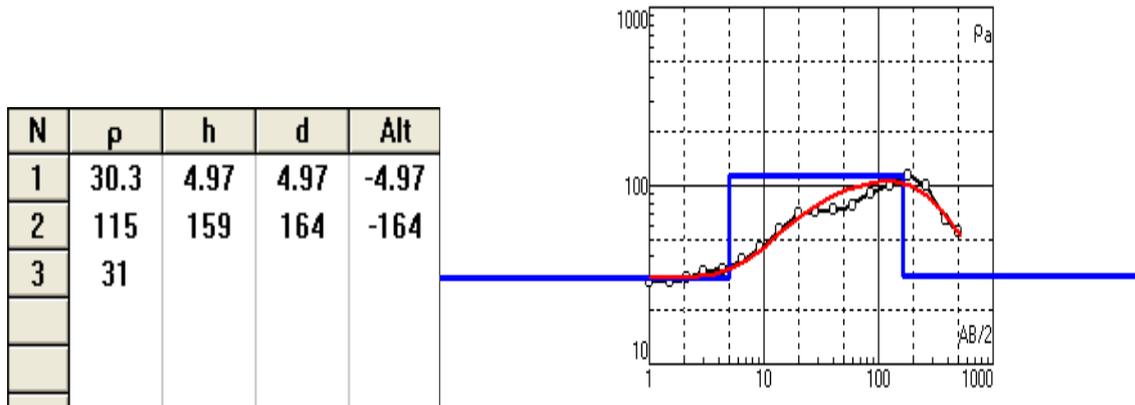


Figura 2.4. La imagen muestra los datos del Sev24-06, con un error 9.52%, utilizando Ipi2win.

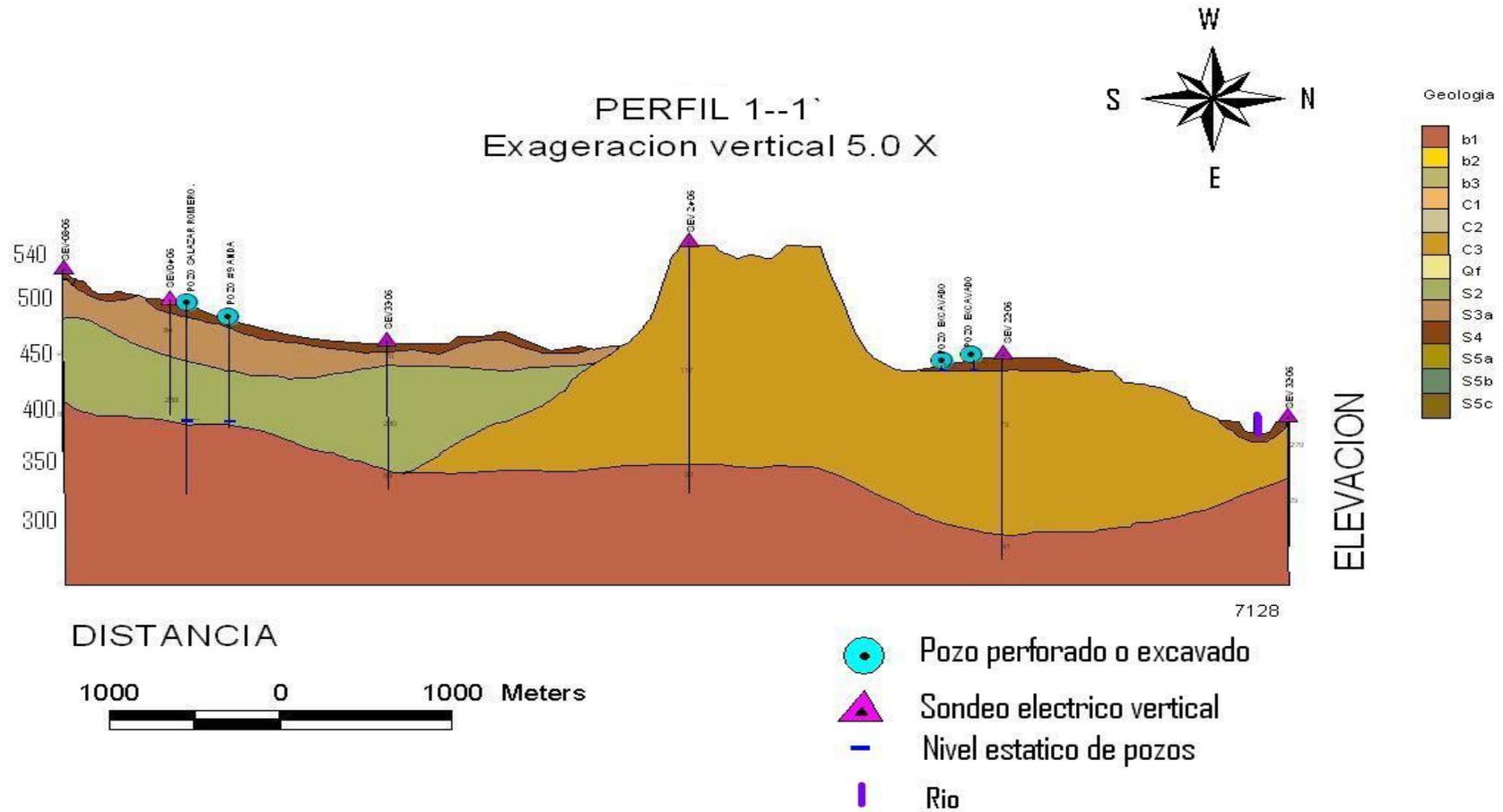


Figura 2.5. Perfil geológico 1-1'.

Para ver en total todos los gráficos de los sondeos, revisar el anexo 5. Y todos los perfiles geológicos, revisar el anexo 6.

Capítulo 3 RESULTADOS Y ANALISIS.

3.1 MODELO CONCEPTUAL.

En el área de estudio, se puede concluir que existen dos acuíferos; el primer acuífero es el superficial y se encuentra aproximadamente entre 5 y 25 metros de profundidad. Este acuífero es el de interés ya que es el que está más expuesto a la contaminación y al que se tiene alcance con la información recolectada.

Mientras que el otro acuífero, es el que existe a una profundidad aproximada de 150 metros; de este acuífero no se puede describir mucho, porque la información registrada no tiene la amplitud necesaria para describir un modelo conceptual; sin embargo, por la profundidad a la que se encuentra este, el riesgo de ser contaminado disminuye considerablemente. Por lo tanto, a continuación nos referiremos como acuífero solamente al que está más superficial.

En las orillas del volcán de San Salvador, se encuentran los mayores espesores del acuífero.

El acuífero de Quezaltepeque-Nejapa se puede clasificar tres unidades hidrogeológicas, estas son las siguientes:

1. Unidad hidrogeológica de depósitos piroclásticos.
2. Unidad hidrogeológica de lavas fracturadas.
3. Unidad hidrogeológica de tobas endurecidas.

1. Unidad Hidrogeológica de lavas fracturadas (Holoceno hasta Pleistoceno). Consiste en corrientes de lava basáltica, tobas color café, ceniza y lavas, piroclásticas ácidas, epiclastitas volcánicas y están depositados sobre las formaciones de Cuscatlán y Bálsamo. En esta unidad hidrogeológica se recolecta la información de un manantial, dos pruebas de infiltración, un pozo perforado y dos sondeos eléctricos verticales.

La unidad de lavas fracturadas está ubicada en la parte noreste del volcán de San Salvador y de todas las unidades hidrogeológicas es la que abarca un área territorial de 19 Km². En esta parte es la zona de precipitación más alta entre 1900 y 2100 mm.

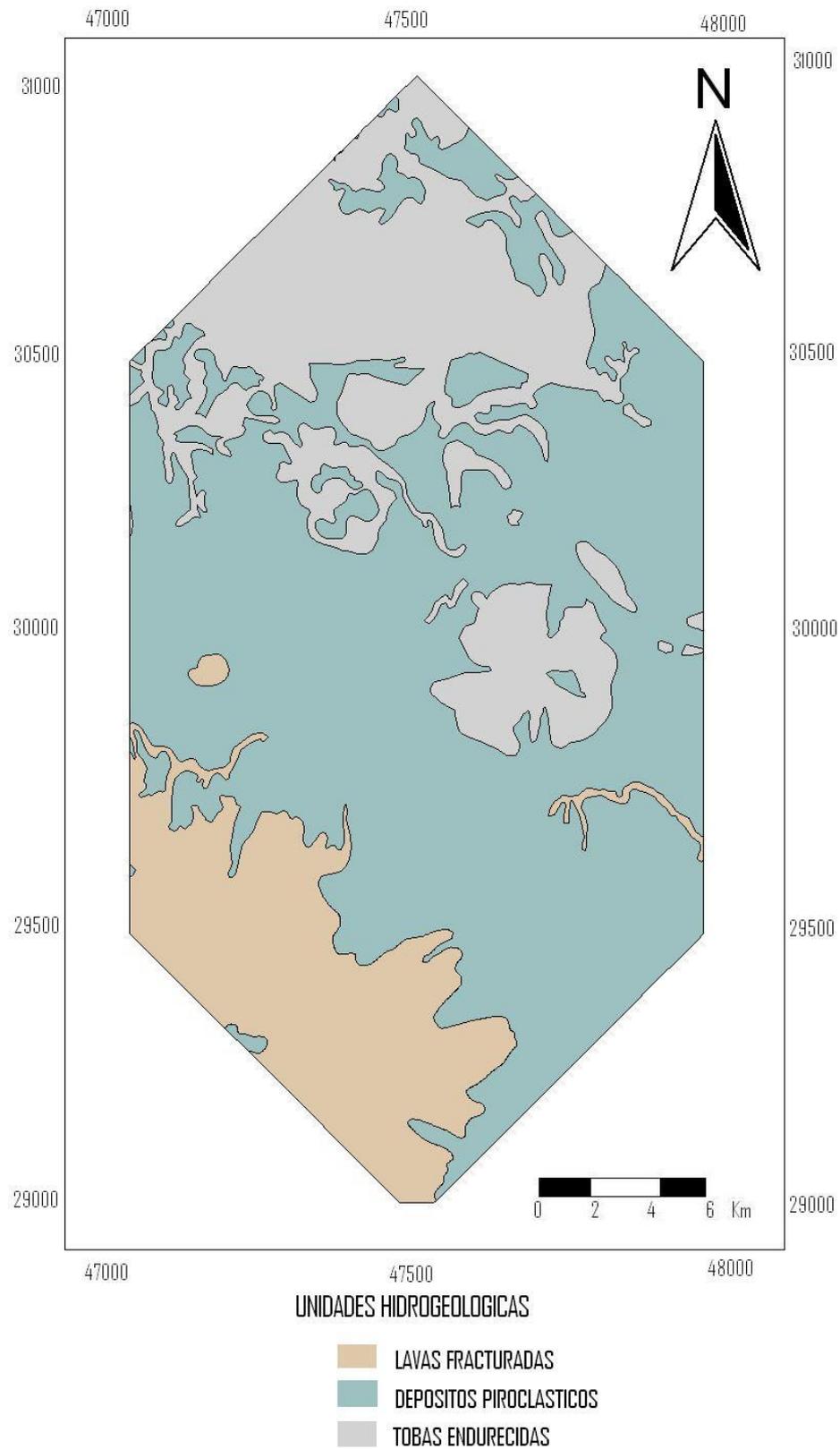


Figura 3.1. Distribución de las unidades hidrogeológicas, sobre el área de estudio en el acuífero de Quezaltepeque-Nejapa.

2. Unidad Hidrogeológica de depósitos piroclásticos (Holoceno hasta Plioceno). Consiste principalmente de productos piroclásticos depositados sobre la formación de bálsamo (b1) y también efusivas andesíticas y basálticas.

La información que se registra en esta unidad es la siguiente: veinte sondeos eléctricos verticales, diez manantiales, 12 pruebas de infiltración y la ubicación de 19 pozos perforados y 51 excavados.

Esta unidad hidrogeológica abarca una extensión territorial de 55 Km², dentro de la zona de estudio y por lo tanto la más importante.

El promedio de infiltración en esta zona es de 12.5 mm/h. con rangos que varían desde 7 y 30 mm/h. ubicándose los valores de infiltración más alta al lado oeste del cerro de Nejapa. También la mayoría de manantiales se ubican a los costados sur y oeste del cerro de Nejapa. La mayor proporción de pozos esta dispuesta de este-oeste, iniciando al extremo oeste del cerro de Nejapa y finalizando al costado este del casco urbano de Quezaltepeque.

3. Unidad hidrogeológica de mínima capacidad acuífera (Plioceno). Consiste en lavas andesíticas con valores muy bajos de impermeabilidad.

Los datos obtenidos de estas unidades hidrogeológicas son: una prueba de infiltración, tres pozos y seis sondeos eléctricos verticales.

La evapotranspiración se divide en dos zonas, la parte norte y noroeste del cerro de Nejapa es de 1850-1950mm/h y la parte sur y suroeste es de 1750-1850mm/h. La infiltración promedio es de 13.3 mm/h.

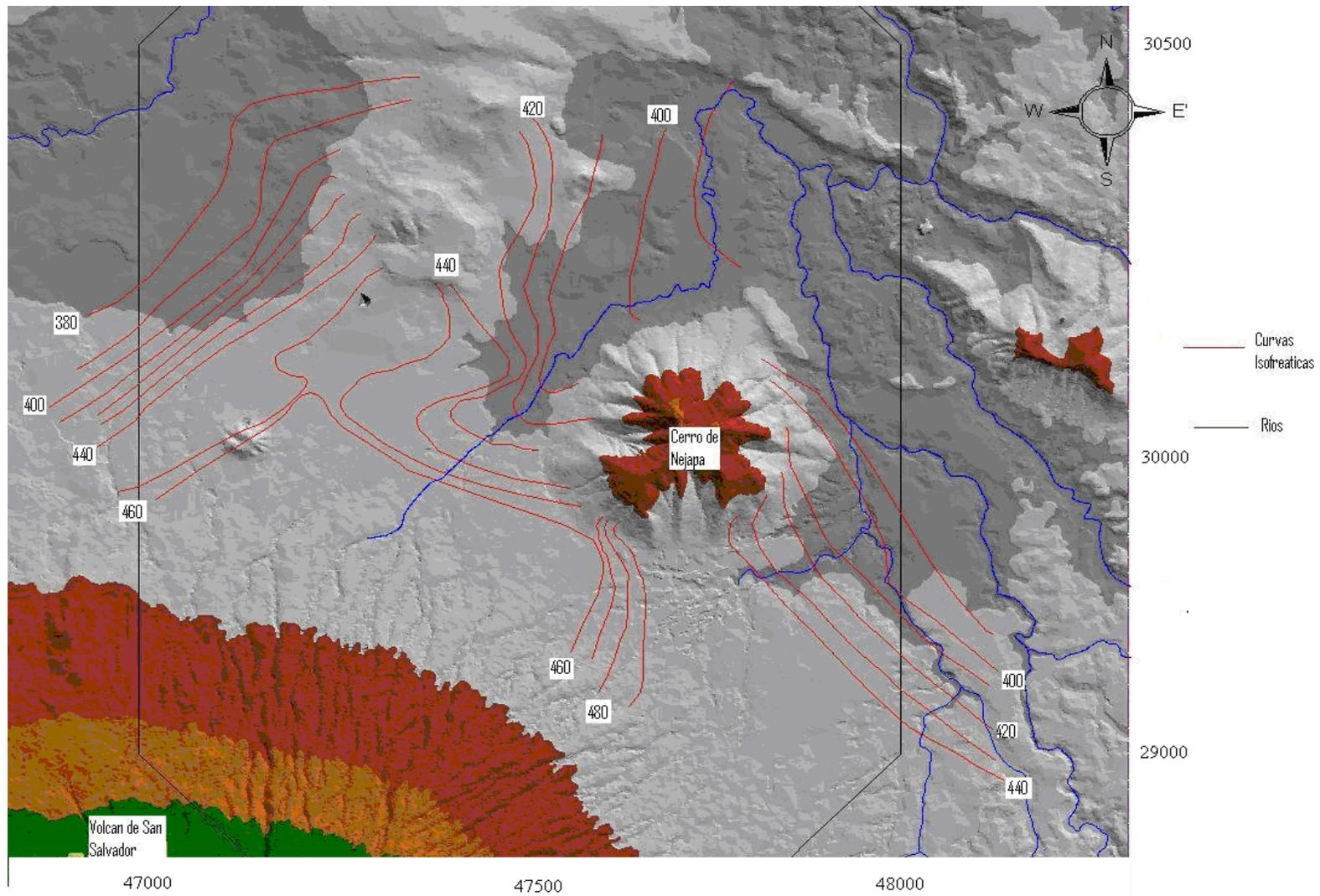


Figura 3.2. Mapa de curvas isofreáticas.

Se puede observar en base al mapa de curvas isofreáticas, que el acuífero es quien cede agua al río San Antonio, río Acelhuate y río Tomayate.

La dirección del flujo del agua es de la siguiente manera:

De la parte noreste del volcán de San Salvador hacia la parte sur del cerro de Nejapa.

Donde se encuentra el nivel de agua a una elevación promedio de 470 msnm.

De la parte oeste del cerro de Nejapa hasta el cantón Galera Quemada.

De la parte norte del cerro de Nejapa hasta los cantones de Camotepeque y tutultepeque.

De la parte sureste del cerro de Nejapa hacia la finca El Ángel.

De la zona norte de Quezaltepeque hacia el casco urbano de Quezaltepeque.

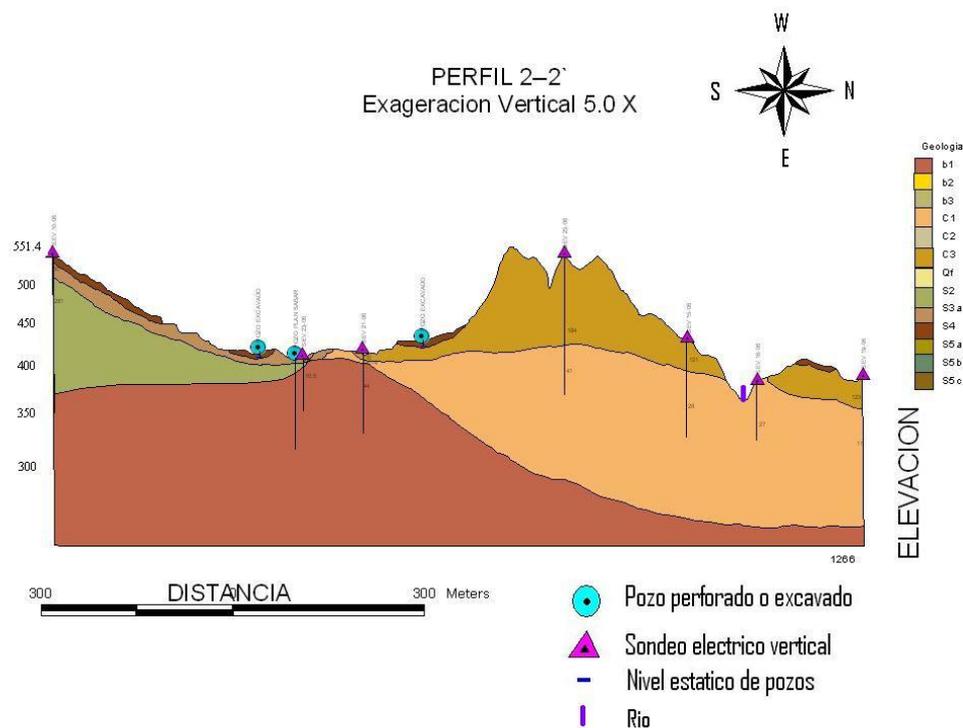


Figura 3.3 Perfil geológico 2-2'

El perfil 2-2' esta trazado con ocho sondeos eléctricos verticales y tres pozos, esta ubicado de sur a norte en la parte central de la zona de estudio, iniciando en el cantón galera quemada, a orilla del volcán de San Salvador, pasando al costado oeste del cerro de Nejapa hasta llegar al cantón Tutultepeque, al norte de Nejapa. En el perfil se observa en los primeros 500 metros de distancia vertical una capa de tierra blanca y ceniza volcánica, a 50 metros de profundidad, se encuentran lavas fracturadas, con capacidad acuífera hasta unos 125 metros, teniendo como basamento rocas basálticas.

Continuando el perfil, desde 500 hasta 1000 metros de distancia horizontal nos encontramos con la unidad hidrogeológica de mínima capacidad acuífera y en el final del perfil se observa la unidad hidrogeológica de depósitos piroclásticos de 150 metros.

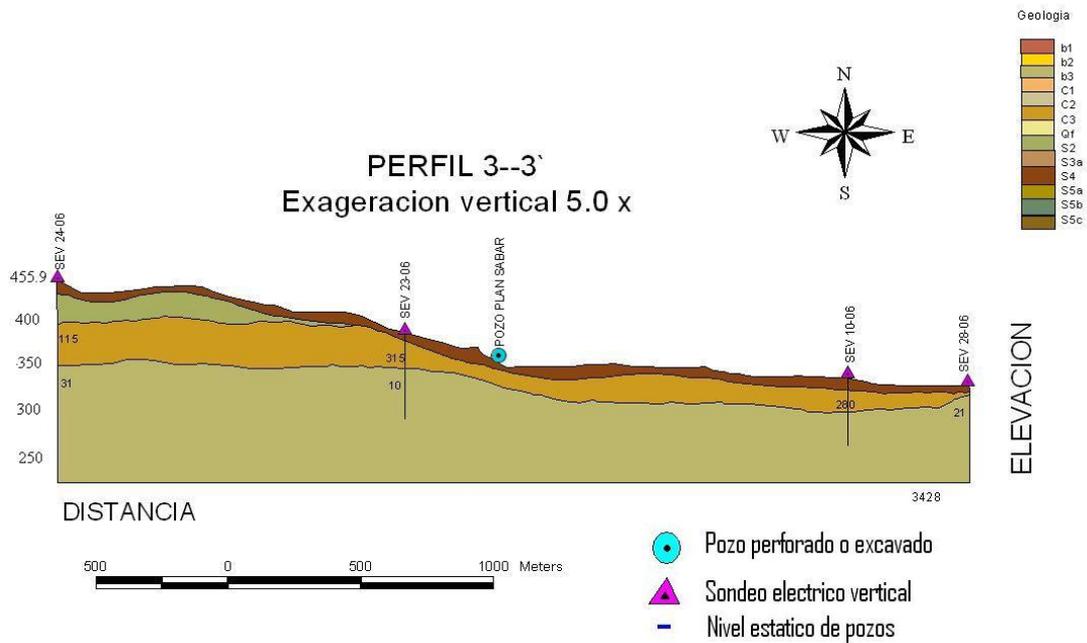


Figura 3.4 Perfil geológico 3-3'

El perfil 3-3' está trazado con cuatro sondeos eléctricos verticales y un pozo perforado, está ubicado de oeste a este, iniciando en el cantón Galera Quemada, hasta el costado norte del cerro de Nejapa, hasta el río San Antonio. A lo largo de todo el perfil existe la unidad hidrogeológica de depósitos piroclásticos hasta una profundidad de 10 metros, teniendo como basamento rocas basálticas.

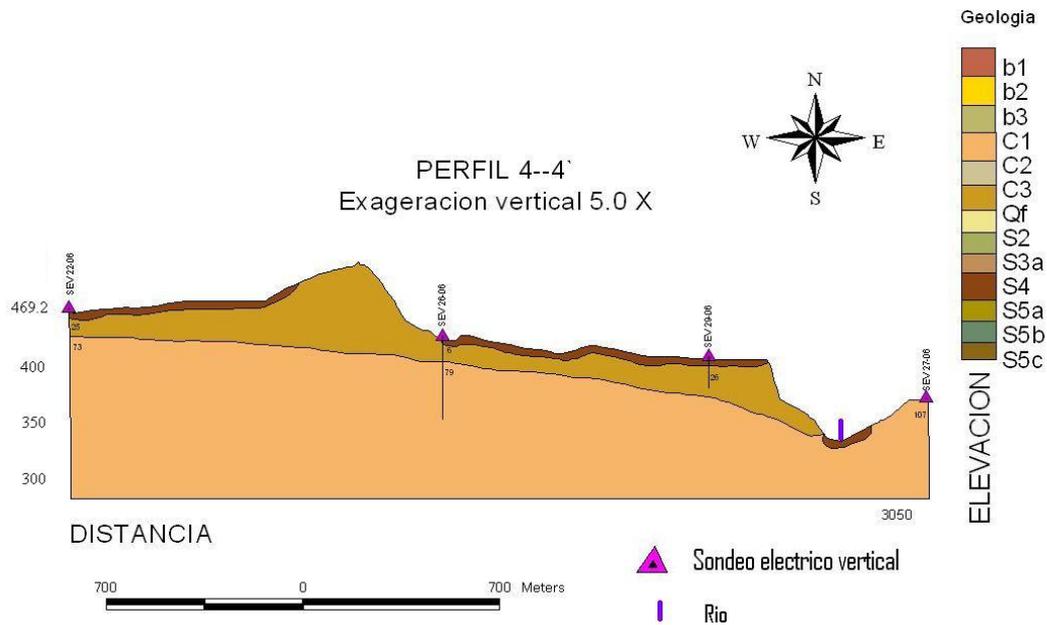


Figura 3.5 Perfil geológico 4-4'

El perfil 4-4' esta trazado con cuatro sondeos eléctricos verticales, esta ubicado de oeste-este, desde el cantón Camotepeque hasta el cantón Bonete. En los primeros 750 metros de distancia horizontal se observa tierra blanca con una profundidad de 12 metros. Continuando un área de rocas basálticas de unos 500 metros, continúa con la misma tierra blanca a lo largo de 1200 metros de distancia horizontal y a la orilla del río San Antonio. Al extremo se observa con mayor profundidad la unidad hidrogeológica de depósitos piroclásticos, hasta unos 50 metros.

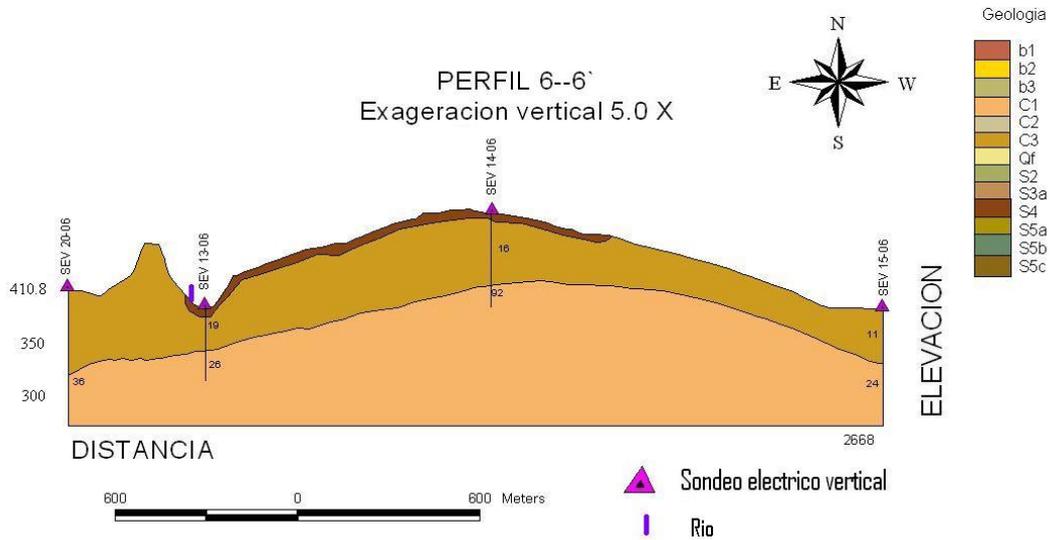


Figura 3.6 Perfil geológico 6-6´

El perfil 6-6´ esta trazado con 4 sondeos eléctricos verticales. Esta ubicado de oeste-este. En el cantón de Tutultepeque, la parte más norte de Nejapa. El perfil presenta dos unidades hidrogeológicas. La de depósitos piroclásticos y el de mínima capacidad acuífera. La de depósitos piroclásticos se extiende en la parte central del perfil a lo largo de 1800 metros. Con una profundidad de 15 metros. Y alrededor de esta, la otra unidad hidrogeológica.

3.2 INDICE DE VULNERABILIDAD GOD.

Basándose en la tabla I.5, de la determinación del índice de vulnerabilidad de un acuífero, las unidades hidrogeológicas y utilizando el software de Arc View podemos presentar el mapa de vulnerabilidad del acuífero de Quezaltepeque-Nejapa. El cual es una multiplicación de tres mapas.

3.2.1 Grado de confinamiento hidráulico (G).

Este esta definido por el tipo de acuífero y el grado de confinamiento y el índice varia de 0 a 1. Para el caso de la unidad hidrogeológica de mínima capacidad acuífera, se le asigno el valor de cero y la unidad hidrogeológica de depósitos piroclásticos se le asigno un índice de 0,50 como acuífero semiconfinado dado que las capas son depósitos piroclásticos recientes. Y a las zonas donde el nivel estático es mayor de 30 metros se le asigno un índice de 0,80 como acuífero no confinado cubierto.

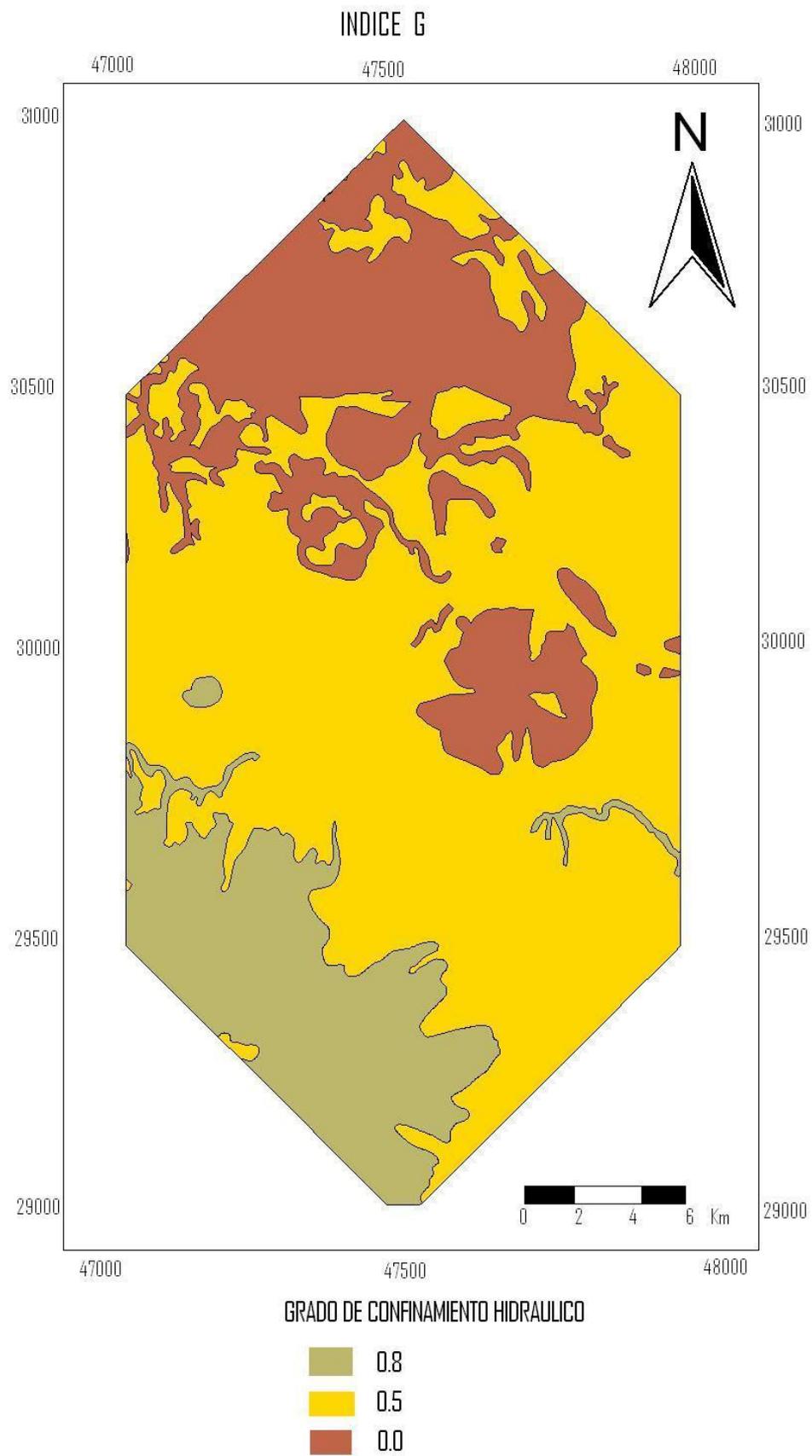


Figura 3.7 Mapa del grado de confinamiento de la zona de estudio.

3.2.2 Ocurrencia del sustrato suprayacente (O).

Este esta determinada por las características litológicas que presenta la zona de estudio, en este caso el índice varia entre 0,4 y 1.

Para la asignación de estos valores se tomo en cuenta la tabla III.1 donde es presentan los valores que hay que asignar a cada tipo de sustrato suprayacente.

Tabla III.1 Muestra el índice de la ocurrencia del sustrato suprayacente (Arévalo Herrera; 2004).

| Litología | Características | Índice |
|--|--|--------|
| Efusivas básicas intermedias (lavas escoriaáceas). | Alta porosidad. | 1,00 |
| Efusivas básicas intermedias, piroclastitas subordinadas. | Alto grado de fracturamiento. | 0,90 |
| Piroclastos pocos consolidados. | Poco consolidados. | 0,80 |
| Efusivas básicas intermedias, piroclastitas subordinadas. | Alto grado de fracturamiento. | 0,90 |
| Piroclastitas acidas, epiclastitas volcánicas (tobas café) | Grado medio de compactación. | 0,70 |
| Cenizas volcánicas y tobas de lapillo. | Grado medio de Compactación. | 0,70 |
| Piroclastitas acidas y epiclastitas volcánicas subordinadas (tierra blanca). | Poco consolidados. | 0,80 |
| Piroclastitas acidas, epiclastitas volcánicas (ignimbritas). | Grado medio de facturación. | 0,70 |
| Depósitos sedimentarios del cuaternario. | Granulometría heterogénea y poco compacta. | 0,90 |

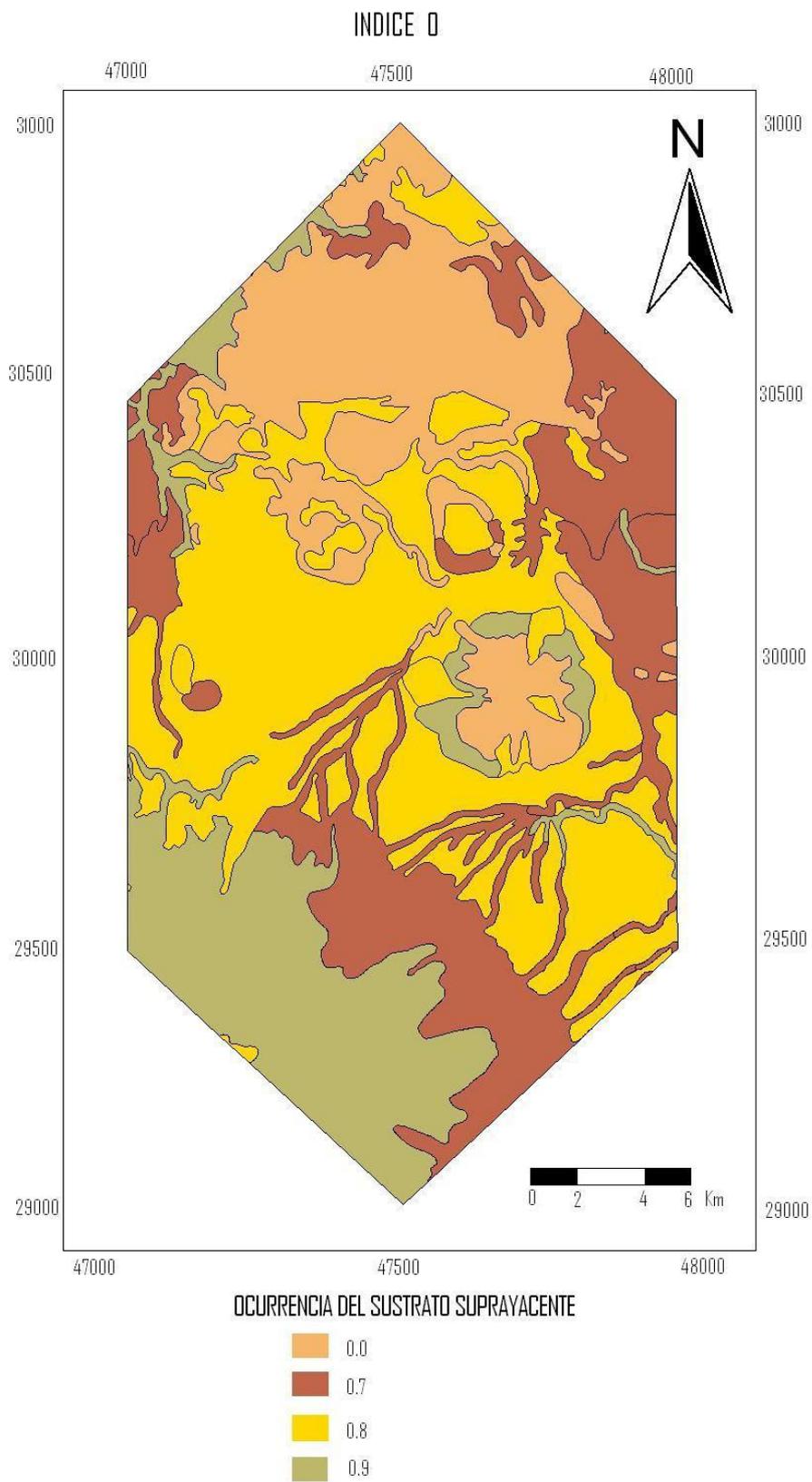


Figura 3.8 Mapa de ocurrencia del sustrato suprayacente de la zona de estudio.

3.2.3 Distancia al nivel del agua subterráneo o techo del acuífero. (D).

Para este índice se toma en cuenta la profundidad a la cual se encuentra el nivel del agua subterránea para los acuíferos no confinados y al techo de este cuando es confinado, el índice varía de 0,6 a 1,0.

Tabla III.2 .Muestra el índice de la distancia al nivel del agua subterránea (no confinado) o al techo del acuífero (semiconfinado).

| Profundidad al techo del acuífero. | Índice. |
|------------------------------------|---------|
| 2 - 5 m. | 0.95 |
| 5 - 20 m. | 0.85 |
| 20 - 50 m | 0.75 |
| Mayor de 50 m. | 0.65 |

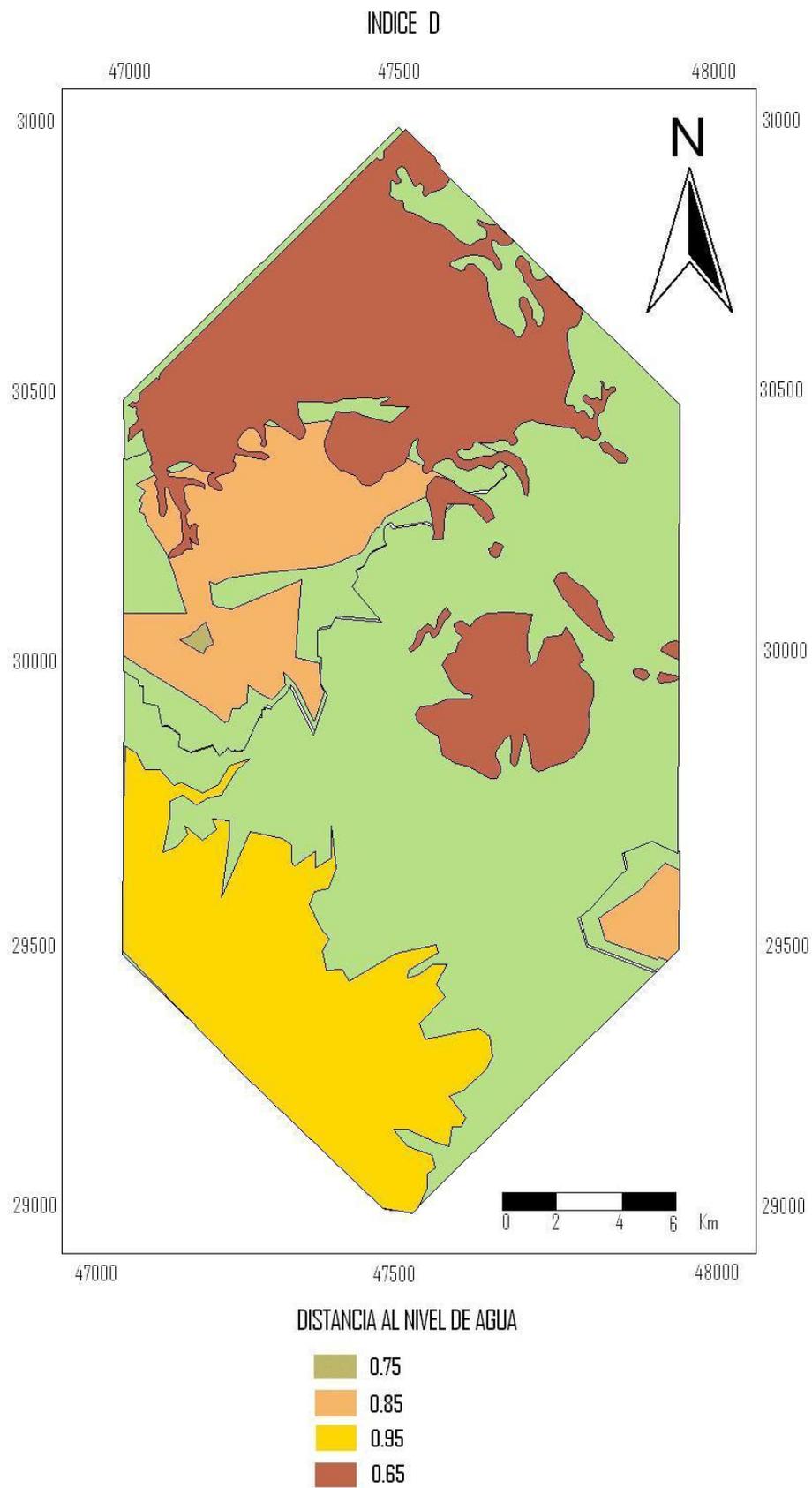


Figura 3.9 Mapa de distancia al nivel de agua en la zona de estudio.

3.2.4 Vulnerabilidad del acuífero (índice GOD).

Teniendo en cuenta los mapas grado de confinamiento, de ocurrencia del sustrato suprayacente y profundidad de agua. Se procedió a calcular el índice GOD, como el producto de los índices individuales G, O y D (figura 3.10).

Para ello y en la elaboración de todos los mapas, fue necesario la utilización de los programas de sistemas de información geográfica (SIG), de ahí se obtiene el siguiente cuadro y mapa.

Tabla III.3 .Muestra el índice de vulnerabilidad intrínseca del acuífera Quezaltepeque-Nejapa, obtenido a través de la aplicación de la metodología GOD.

| Vulnerabilidad | Definición correspondiente. | Índice GOD |
|------------------|--|------------|
| Extrema | No se aprecia. | 0,7 – 1,0 |
| Alta | El área más cercana al volcán de San Salvador. En la parte sur de la zona de estudio. | 0,5 – 0,7 |
| Moderada (media) | Es la zona de los depósitos piroclastos y a las orillas del río San Antonio y la parte central de la zona de estudio La zona donde existe lavas fracturadas. | 0,3 – 0,5 |
| Baja | No se aprecia en grandes extensiones. | 0,1 – 0,3 |
| Despreciable | Donde no existe capacidad de acuífera. En la parte norte de la zona de estudio. | 0,0 – 0,1 |

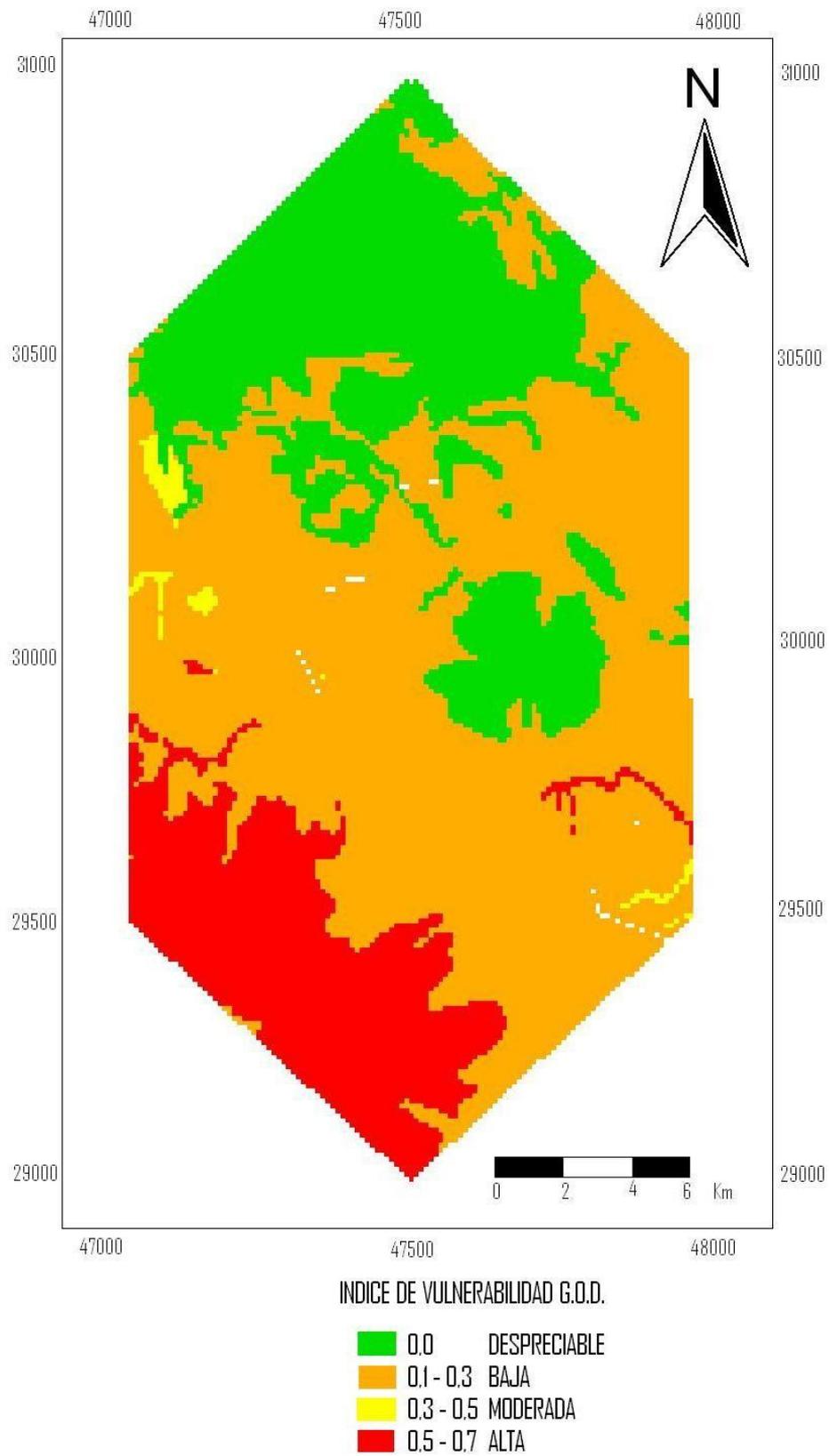


Figura 3.10 Muestra el índice GOD de la zona de estudio.

Capítulo 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 CONCLUSIONES.

La presente investigación se logró elaborar con éxito, mediante la aplicación de la metodología GOD y el modelo conceptual hidrológico.

El proceso involucro conocer en primer lugar la teoría relacionada con las técnicas de prospección geofísica, métodos de infiltración del agua, geología, hidrogeología, vulnerabilidad de acuíferos y metodología GOD. Además de aplicar en la recolección de información los conocimientos adquiridos de la técnica Schlumberger para el sondeo eléctrico vertical, la técnica de los cilindros infiltrómetros y medición de parámetros en el campo y en el inventario de los pozos,

También se ha desarrollado la utilidad del software QWSLN, IPI2WIN y Arc View 3.1. Los cuales han sido fundamentales para la realización de esta investigación.

- En base a la aplicación de del índice de vulnerabilidad, también se concluye que el acuífero de Quezaltepeque-Nejapa presenta una vulnerabilidad alta en el área más cercana al volcán de San Salvador.
- En la parte sur de la zona de estudio, presenta una vulnerabilidad moderada, en la zona de los depósitos piroclásticos y a las orillas del río San Antonio y la parte central de la zona de estudio La zona donde existe lavas fracturadas,
- Vulnerabilidad baja no se aprecia en grandes extensiones.
- Despreciable donde no existe capacidad de acuífera. En la parte norte de la zona de estudio.
- El acuífero de Quezaltepeque-Nejapa se encuentra en depósitos piroclásticos sin consolidar, con alternancia de lavas fracturadas del tipo andesititas.
- El promedio de infiltración en la zona de estudio es de 13.3 mm/h.
- La profundidad al nivel estático de los pozos excavados oscila entre lo 2 y 30 metros.
- Se han determinado tres tipos de unidades hidrogeológicas, las cuales son:
 1. Unidad hidrogeológica de depósitos piroclásticos.
 2. Unidad hidrogeológica de lavas fracturadas.
 3. Unidad hidrogeológica de tobas endurecidas.

- La evapotranspiración se divide en dos zonas, la parte norte y noroeste del cerro de Nejapa es de 1850-1950mm/h y la parte sur y suroeste es de 1750-1850mm/h.
- Tomando en cuenta las líneas de flujo se concluye que el río San Antonio, tiene un comportamiento efluente y recibe parte de las descargas del acuífero; entonces.
- El río San Antonio se encuentra a un alto riesgo de contaminación.

4.2 RECOMENDACIONES

Al finalizar esta investigación, tomando en cuenta todos los acontecimientos en el desarrollo de la misma, se pueden hacer diversas recomendaciones, mencionando las de mayor trascendencia.

- En primer lugar, la recomendación más importante, es que donde está ubicado la unidad hidrogeológica de depósitos piroclásticos, tenga mayor protección del exceso de construcciones industriales y de vivienda que se avecina, por el establecimiento del anillo periférico. Para ello es necesario delimitar perímetros de protección a los pozos, manantiales y a las zonas de recarga del acuífero.
- También tomando en cuenta para las alcaldías, que han desarrollado estudios de reordenamiento territorial, que procuren llevar a cabo los lineamientos trazados por dichos estudios, y además convertirse en un órgano regulador de los actuales procesos que desarrollan las industrias en los municipios.
- Para aquellas alcaldías que no tienen dicho estudio, que lo realicen a la más brevedad de tiempo posible.
- Se recomienda, que se lleven a cabo más investigaciones sobre la vulnerabilidad de acuíferos en todo el país, ya que de esa forma se pueden tomar decisiones basadas en fundamentos técnicos.
- En estudios próximos de los acuíferos, se pueda agregar análisis químicos y biológicos, para tener un resultado acerca de la calidad del agua del acuífero.

- Apoyo de otras instituciones de forma directa e indirecta; la intervención activa de instituciones gubernamentales hubiese servido de mucha ayuda para la finalización del trabajo de investigación.
- Se pudo observar que en diferentes viviendas existía la letrina de fosa, por lo tanto, se recomienda que se implemente otro tipo de servicio de letrinas que no contamine el acuífero.
- Realizar un mapa de fuentes potenciales de contaminación y evaluar el riesgo del acuífero.
- Utilizar las herramientas geofísicas para la determinación del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFIA.

REYNOLDS VARGAS J; 2002; Manejo de aguas subterráneas; Editorial Universidad Estatal a Distancia; San José, Costa Rica.

LOSILLA M, *et al*; 2001; Los Acuíferos Volcánicos y el Desarrollo Sostenible en América Central; Editorial de la Universidad de Costa Rica; San José, Costa Rica.

FOSTER S. *et al*; 2002; Protección de la Calidad del Agua Subterránea; Editorial Mundi-Prensa; México D.F.

ORELLANA, ERNESTO; 1982; Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua; segunda edición, editorial paraninfo; Madrid.

MONSALVE SAENZ, GERMAN; 1999; Hidrológica en la Ingeniería; segunda edición; Editorial Alfaomega; Bogota.

A V Consultores S A de C V y Alcaldía Municipal de Nejapa; Plan Estratégico Participativo de Nejapa; 2003.

INFORMES Y PROYECTOS, S.A. (INYPSA Plan de Desarrollo Territorial para el Valle de San Andrés); 2004.

GUROVICH R., L.A. 1999; Riego Superficial Tecnificado; ALFAOMEGA. Universidad Católica de Chile. México.

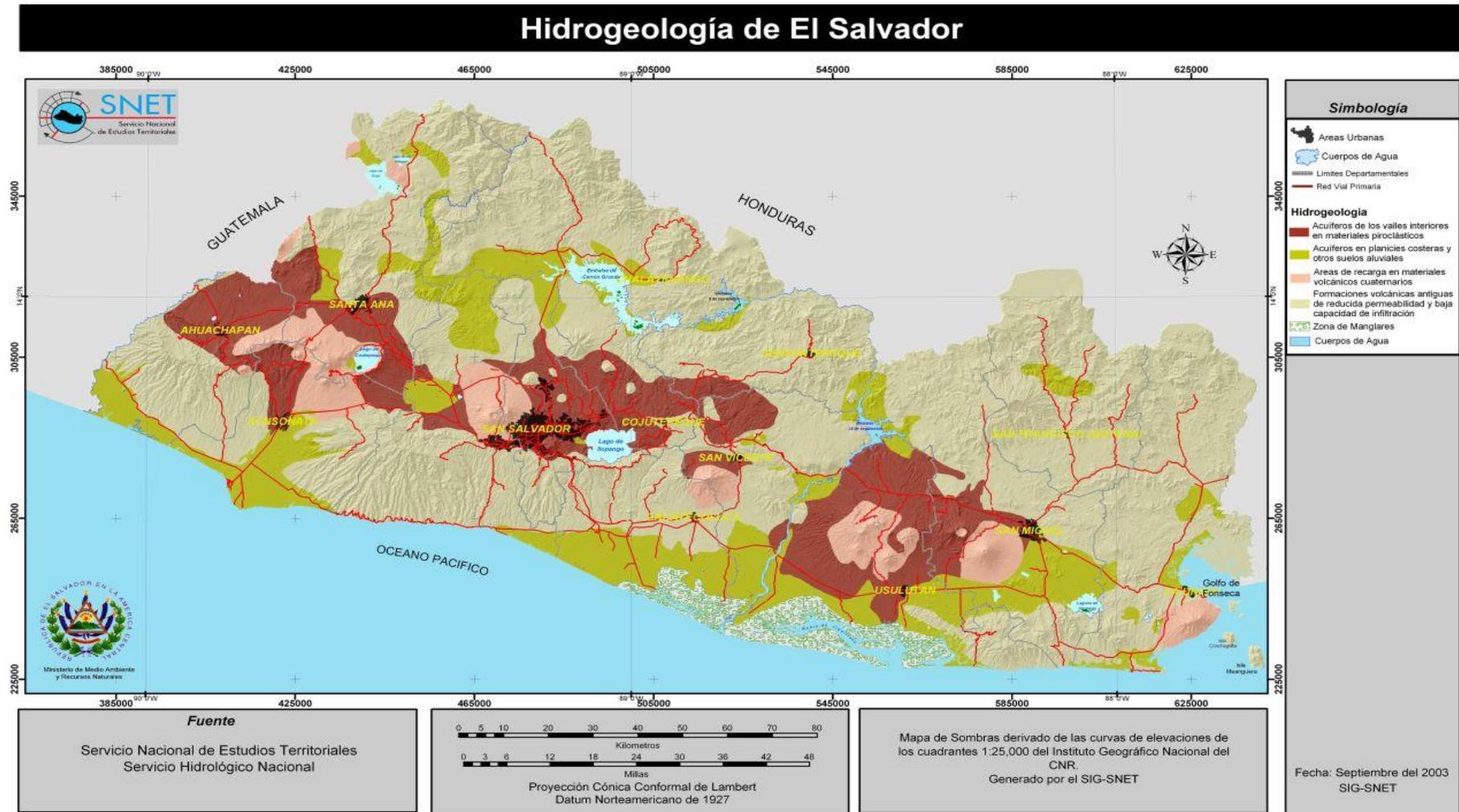
Arévalo Herrera; 2004; Determinación de la Vulnerabilidad del acuífero Opico-Quezaltepeque; Tesis.

REYNOLDS, JOHN M.; 2002; An Introduction to Applied and Environmental Geophysics; Editorial Wiley; England.

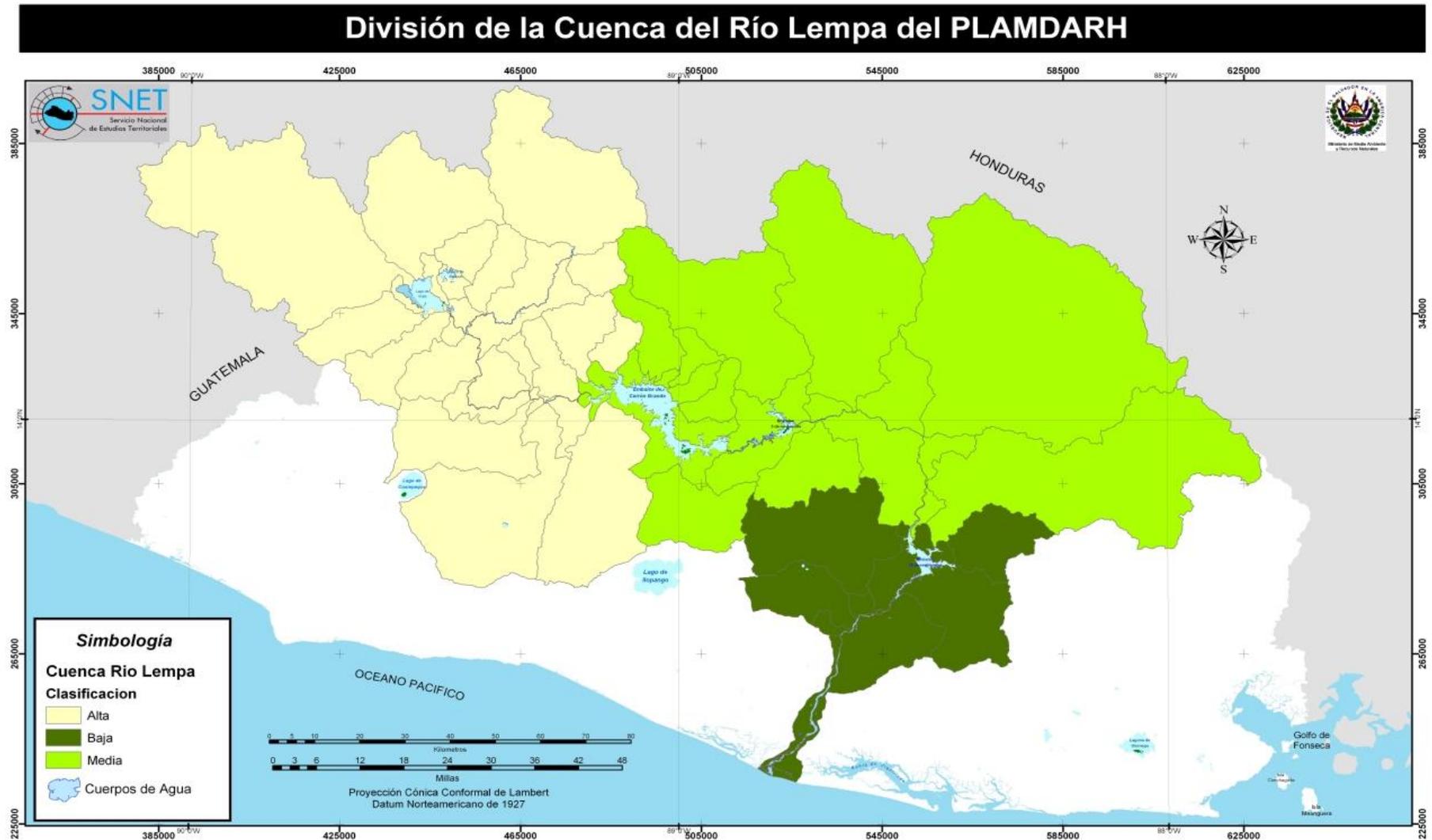
TEJADA, JOSE MAURICIO; 2004; Infiltración del agua en el suelo; Universidad de El Salvador.

ANEXOS.

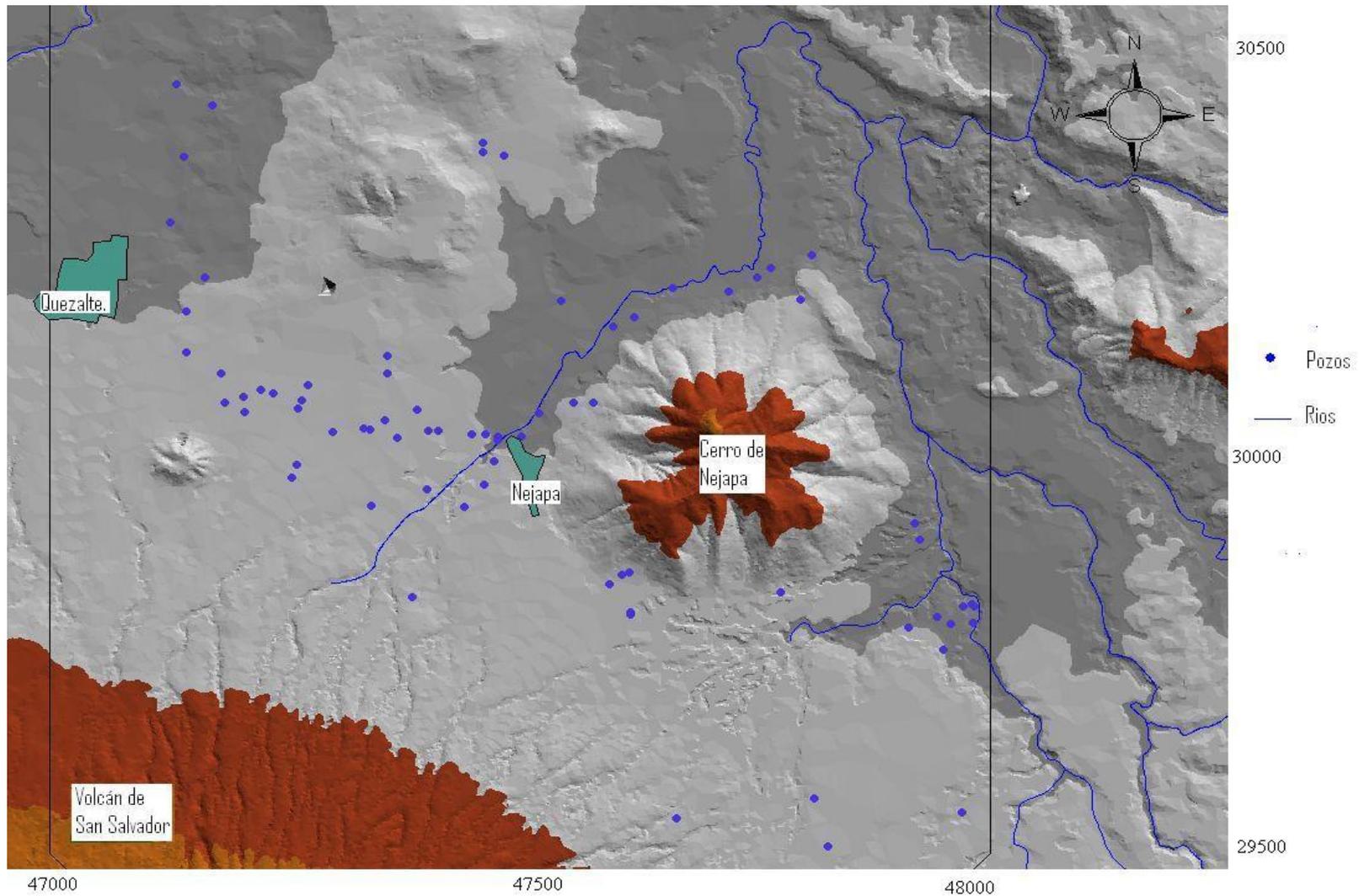
Anexo 1. Mapa Hidrogeológico de El Salvador, (Fuente: SNET)



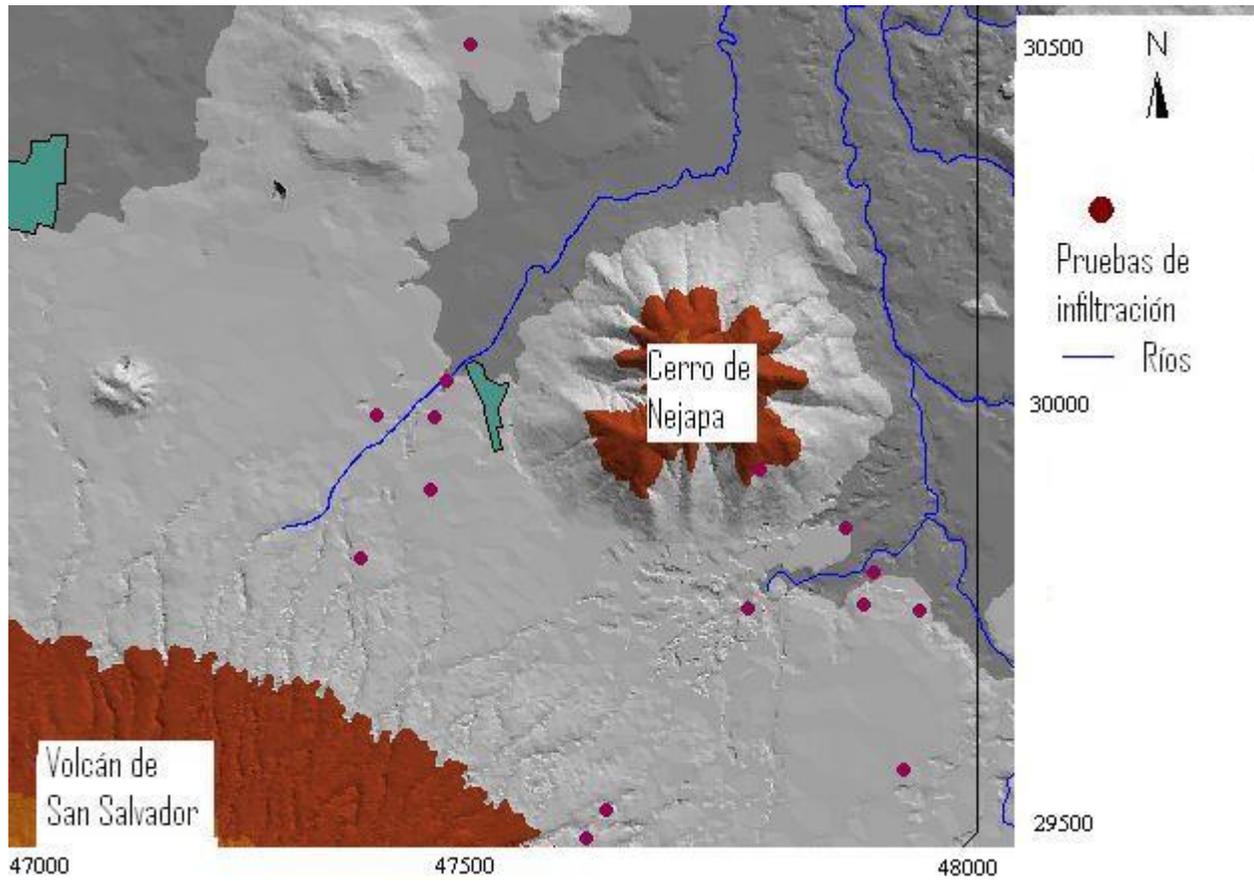
Anexo 3. División de la Cuenca del Río Lempa del PLAMDARH, (Fuente: SNET)



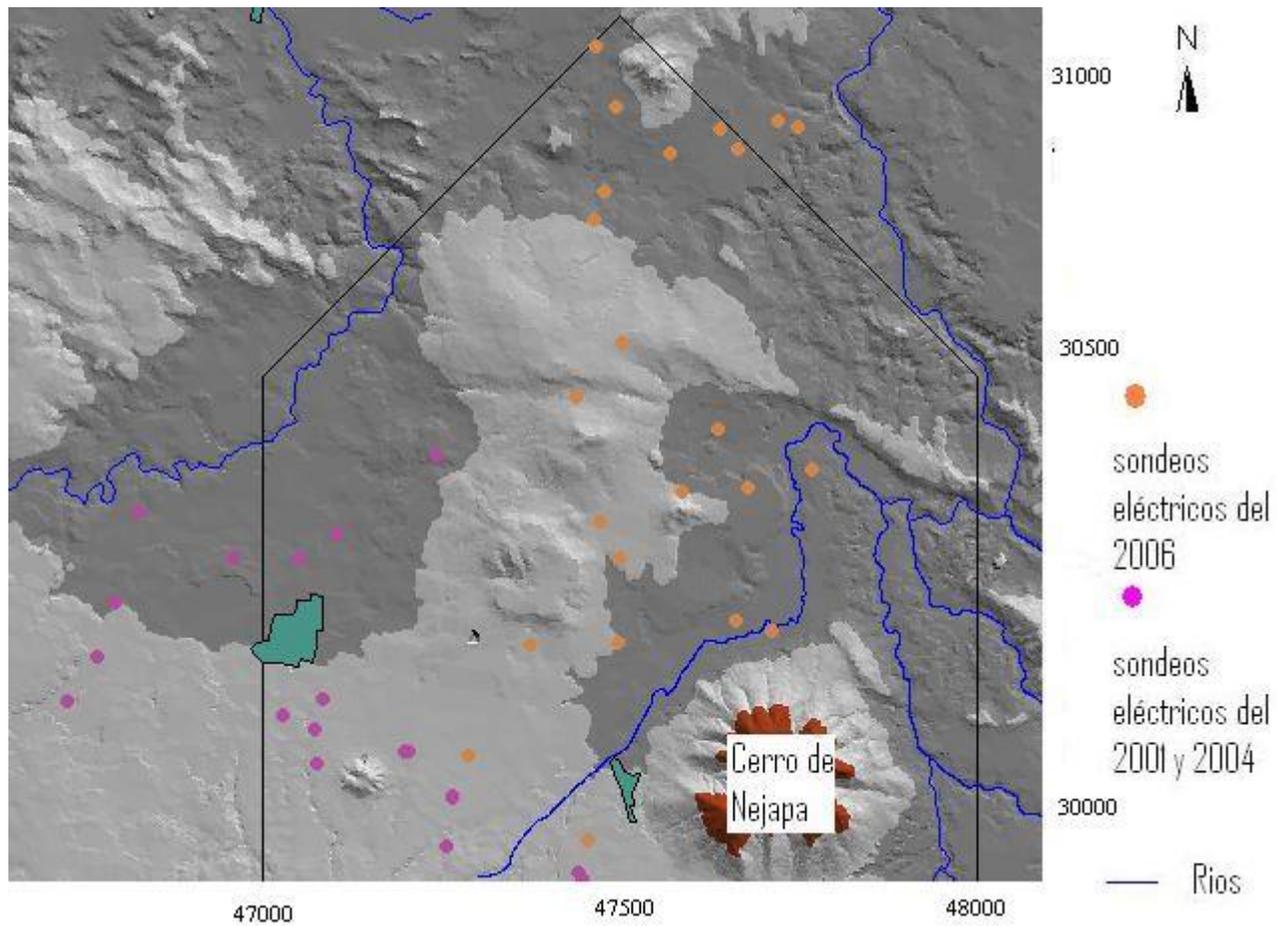
Anexo 4. Distribución de pozos en la zona de estudio.



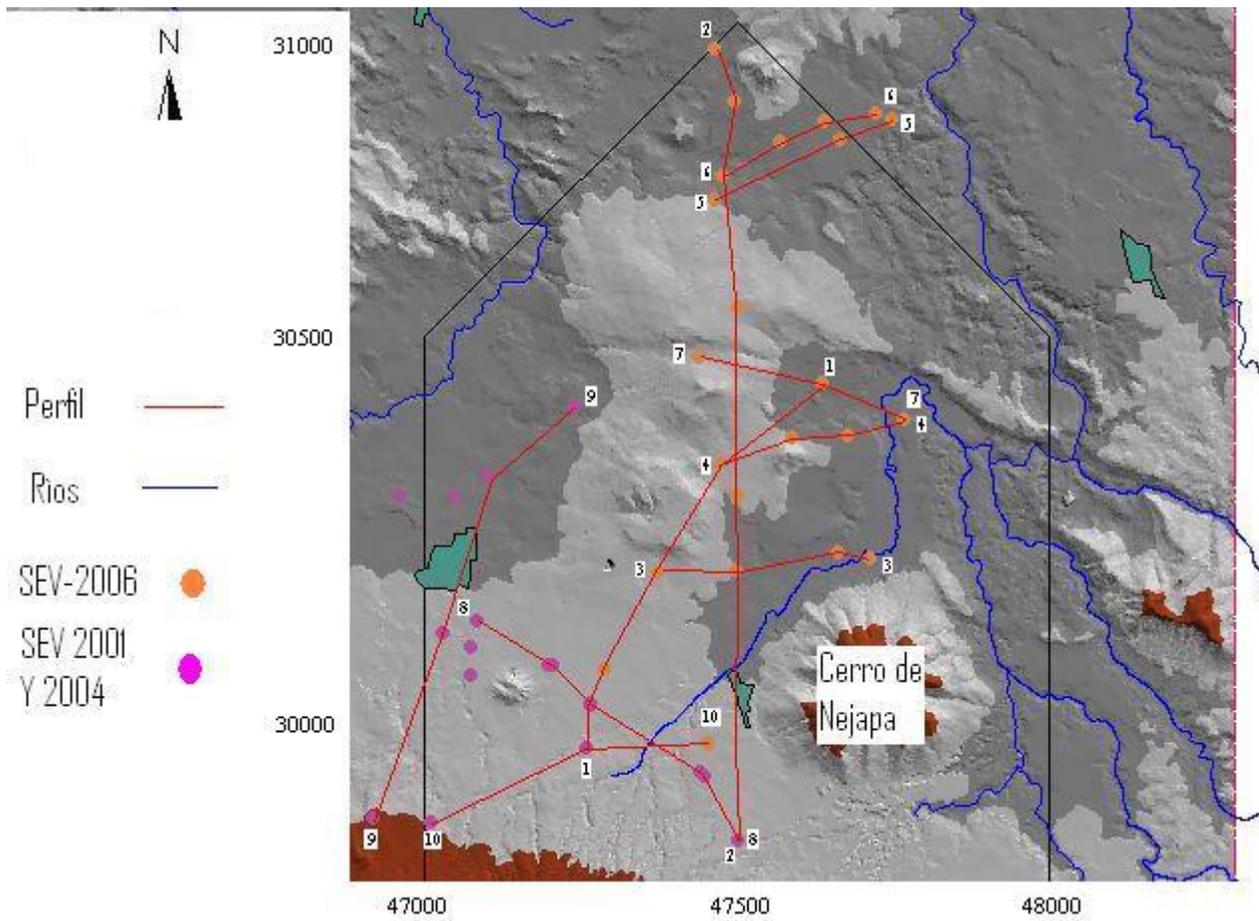
Anexo 5. Distribución de pruebas de infiltración en la zona de estudio.



Anexo 6. Distribución de sondeos eléctricos verticales en la zona de estudio.



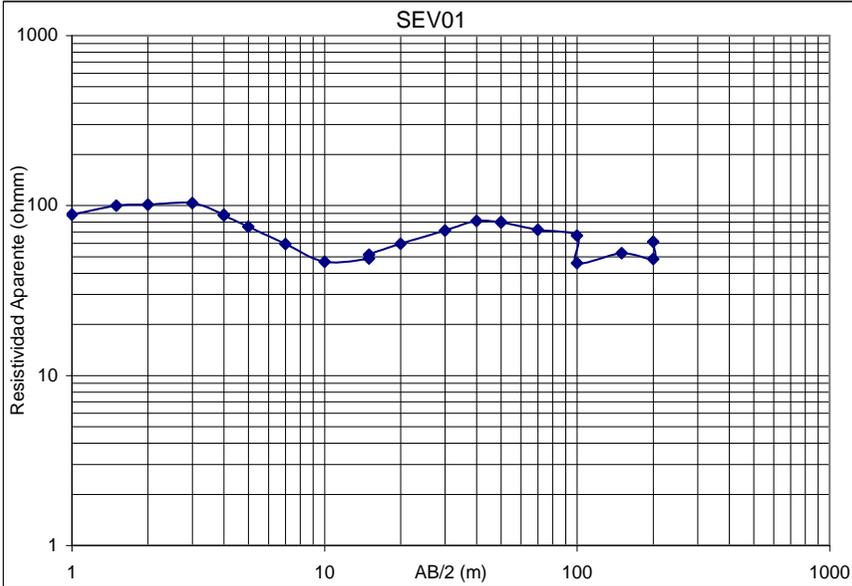
Anexo 7. Distribución de perfiles en la zona de estudio.



Anexo 8. Datos de campo de los sondeos eléctricos verticales procesados en hoja de Excel.

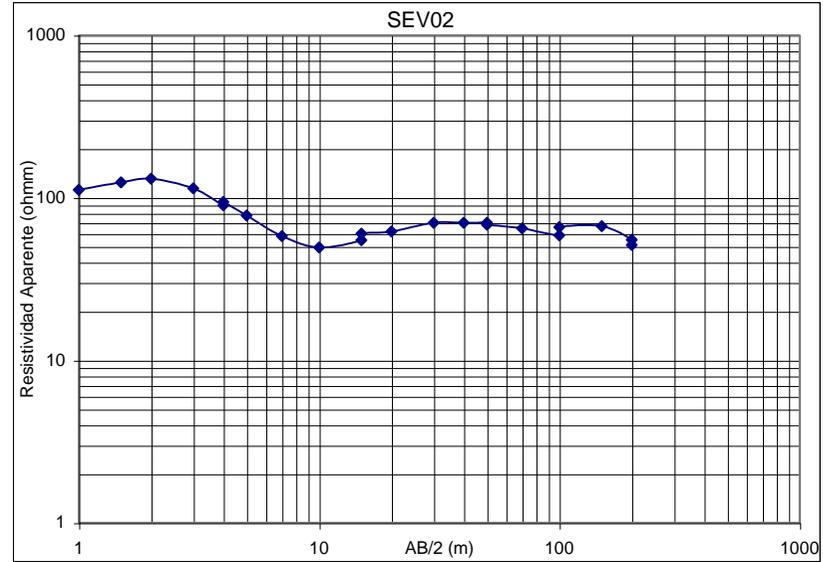
| | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------------|---------------|-----------|--|
| Fecha de Realización | 12/05/2006 | Código de Sondeo | SEV01 | | |
| Ubicación | Canton Santa Rosa | Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 472012 | W: 299766 | |
| Responsable | César | Elevación | Z: 496 | | |
| | | Condiciones de terreno | humedo, monte | | |

| SEV01 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|-------|--------|--------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | I | p (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 96.40 | 5.20 | 88.33 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 45.80 | 5.20 | 99.61 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 25.70 | 5.20 | 101.18 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 11.50 | 5.20 | 103.17 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 5.50 | 5.20 | 88.11 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 38.70 | 10.40 | 87.68 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 20.70 | 10.40 | 75.04 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 8.20 | 10.40 | 59.45 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 7.80 | 26.00 | 46.65 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 3.60 | 26.00 | 48.72 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 9.70 | 26.00 | 51.28 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 2.50 | 10.40 | 59.47 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 3.30 | 26.00 | 71.27 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 2.10 | 25.90 | 81.19 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 2.60 | 51.30 | 79.41 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 10.90 | 51.40 | 79.95 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 4.90 | 51.40 | 71.88 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 2.20 | 51.50 | 66.43 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 6.70 | 110.00 | 45.92 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 3.10 | 102.50 | 52.50 |
| 21 | 200 | 400 | 20 | 40 | 3110.18 | 1.60 | 102.70 | 48.45 |
| 22 | 200 | 400 | 30 | 60 | 2047.27 | 2.30 | 76.90 | 61.23 |
| 23 | 300 | 600 | 30 | 60 | 4665.27 | | | |
| | 400 | 800 | 30 | 60 | 8330.46 | | | |
| | 400 | 800 | 50 | 100 | 4948.01 | | | |
| | 500 | 1000 | 50 | 100 | 7775.44 | | | |



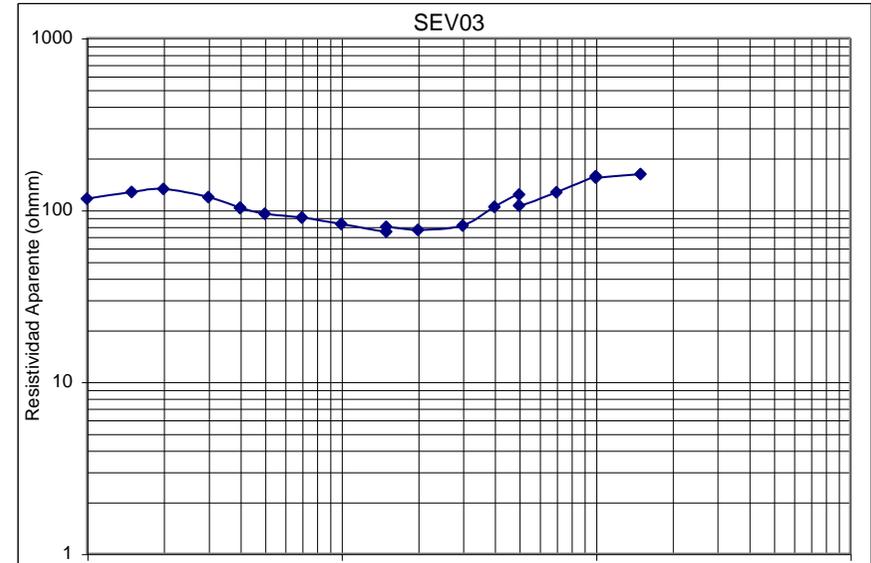
| | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------------|---------------|-----------|--|
| Fecha de Realización | 12/05/2006 | Código de Sondeo | SEV02 | | |
| Ubicación | Canton Santa Rosa | Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 472071 | W: 299761 | |
| Responsable | César | Elevación | Z: 502 | | |
| | | Condiciones de terreno | humedo, monte | | |

| SEV02 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | l | ρ (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 122.10 | 5.20 | 111.88 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 57.20 | 5.20 | 124.41 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 33.20 | 5.20 | 130.71 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 12.70 | 5.20 | 113.94 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 5.60 | 5.20 | 89.71 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 20.80 | 5.20 | 94.25 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 10.70 | 5.20 | 77.57 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 4.00 | 5.20 | 58.00 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 3.30 | 10.40 | 49.34 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 1.60 | 10.30 | 54.66 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 4.50 | 10.30 | 60.05 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 2.60 | 10.40 | 61.85 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 1.30 | 10.40 | 70.19 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 3.60 | 51.40 | 70.14 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 2.30 | 51.50 | 69.98 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 9.30 | 51.40 | 68.21 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 4.40 | 51.20 | 64.80 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 2.90 | 76.90 | 58.64 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 6.70 | 76.80 | 65.78 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 3.90 | 101.30 | 66.82 |
| 21 | 200 | 400 | 20 | 40 | 3110.18 | 1.80 | 101.50 | 55.16 |
| 22 | 200 | 400 | 30 | 60 | 2047.27 | 3.80 | 152.00 | 51.18 |



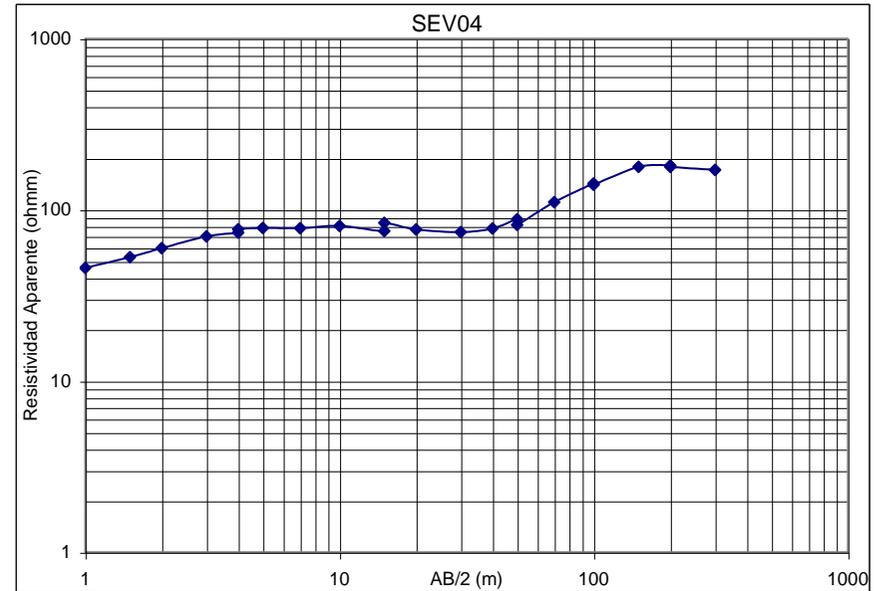
| | | | | | |
|----------------------|------------|------------------------|-----------------------------------|-----------|--|
| Fecha de Realización | 19/05/2006 | Código de Sondeo | SEV03 | | |
| Ubicación | Nejapa | Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 472667 | W: 299129 | |
| Responsable | César | Elevación | Z: 469 | | |
| | | Condiciones de terreno | ripió, escombros, material rocoso | | |

| SEV03 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|--------|-------|--------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | l | ρ (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 126.80 | 5.20 | 116.19 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 58.40 | 5.20 | 127.02 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 33.60 | 5.20 | 132.29 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 13.20 | 5.20 | 118.43 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 6.40 | 5.20 | 102.53 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 44.90 | 10.30 | 102.71 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 26.20 | 10.40 | 94.97 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 12.30 | 10.30 | 90.04 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 13.60 | 25.60 | 82.61 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 5.40 | 25.50 | 74.51 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 14.80 | 25.50 | 79.77 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 7.90 | 25.60 | 76.35 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 3.70 | 25.60 | 81.16 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 2.70 | 26.00 | 103.99 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 4.00 | 51.10 | 122.65 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 14.40 | 51.20 | 106.03 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 8.60 | 51.30 | 126.40 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 5.10 | 50.50 | 157.05 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 10.30 | 50.50 | 153.78 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 4.70 | 50.60 | 161.22 |



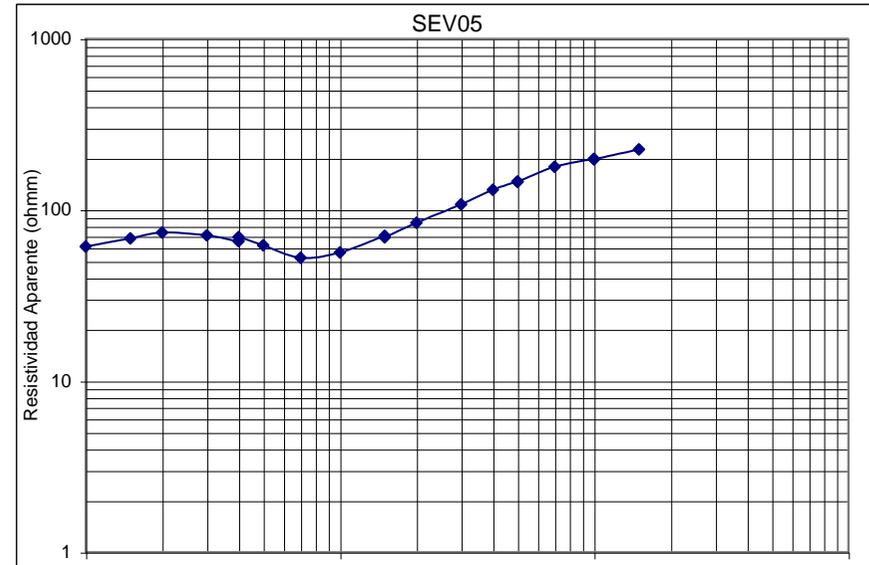
| | | | | | |
|----------------------|------------|------------------------|-----------------------------------|-----------|--|
| Fecha de Realización | 19/05/2006 | Código de Sondeo | SEV04 | | |
| Ubicación | Nejapa | Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 472687 | W: 299153 | |
| Responsable | César | Elevación | Z: 487 | | |
| | | Condiciones de terreno | ripio, escombros, material rocoso | | |

| SEV04 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|-------|--------|----------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | l | ρ (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 50.10 | 5.20 | 45.91 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 24.40 | 5.20 | 53.07 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 15.20 | 5.20 | 59.84 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 7.80 | 5.20 | 69.98 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 4.60 | 5.20 | 73.69 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 17.00 | 5.20 | 77.03 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 10.80 | 5.20 | 78.30 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 5.50 | 5.30 | 78.24 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 5.40 | 10.40 | 80.74 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 2.20 | 10.30 | 75.15 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 6.30 | 10.30 | 84.07 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 3.20 | 10.30 | 76.86 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 3.40 | 25.70 | 74.29 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 2.00 | 25.70 | 77.93 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 2.90 | 51.60 | 88.06 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 11.20 | 51.60 | 81.83 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 11.10 | 75.50 | 110.85 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 7.00 | 76.30 | 142.67 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 14.20 | 76.30 | 140.32 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 5.30 | 51.60 | 178.28 |
| 21 | 200 | 400 | 20 | 40 | 3110.18 | 6.00 | 102.80 | 181.53 |
| 22 | 200 | 400 | 30 | 60 | 2047.27 | 6.70 | 77.00 | 178.14 |
| 23 | 300 | 600 | 30 | 60 | 4665.27 | 4.70 | 128.00 | 171.3027 |



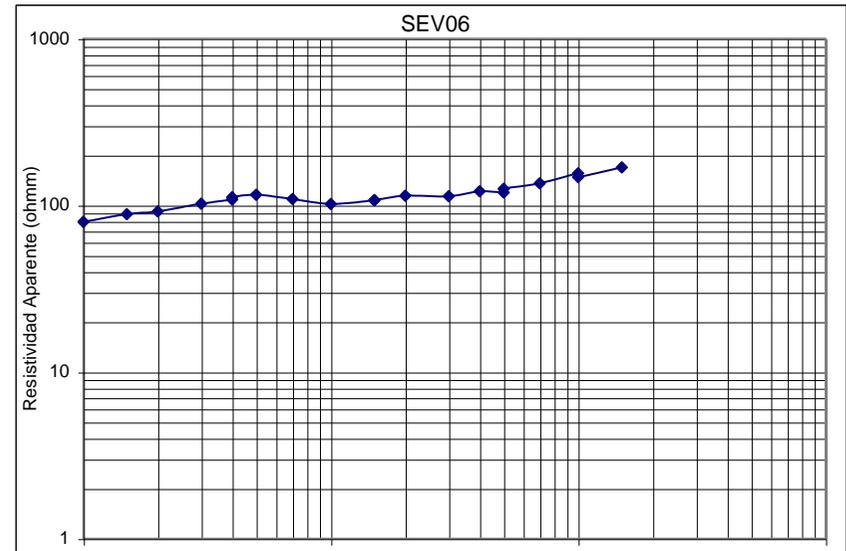
| | | | | | |
|----------------------|------------|------------------------|--------------|-----------|--|
| Fecha de Realización | 19/05/2006 | Código de Sondeo | SEV05 | | |
| Ubicación | Nejapa | Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 475034 | W: 296972 | |
| Responsable | César | Elevación | Z: 543 | | |
| | | Condiciones de terreno | cultiva caña | | |

| SEV05 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|-------|--------|--------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | l | ρ (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 67.80 | 5.30 | 60.95 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 31.90 | 5.30 | 68.07 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 18.70 | 5.20 | 73.62 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 7.90 | 5.20 | 70.88 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 4.10 | 5.20 | 65.68 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 15.30 | 5.20 | 69.33 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 17.10 | 10.40 | 61.99 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 7.30 | 10.50 | 52.42 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 3.80 | 10.50 | 56.28 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 5.20 | 26.00 | 70.37 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 13.00 | 25.90 | 68.99 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 8.80 | 25.90 | 84.06 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 5.00 | 26.10 | 107.58 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 3.40 | 26.00 | 130.95 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 4.80 | 51.40 | 146.32 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 29.60 | 76.70 | 145.49 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 18.10 | 76.60 | 178.16 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 9.80 | 76.80 | 198.44 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 26.80 | 102.50 | 197.14 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 13.30 | 102.50 | 225.22 |



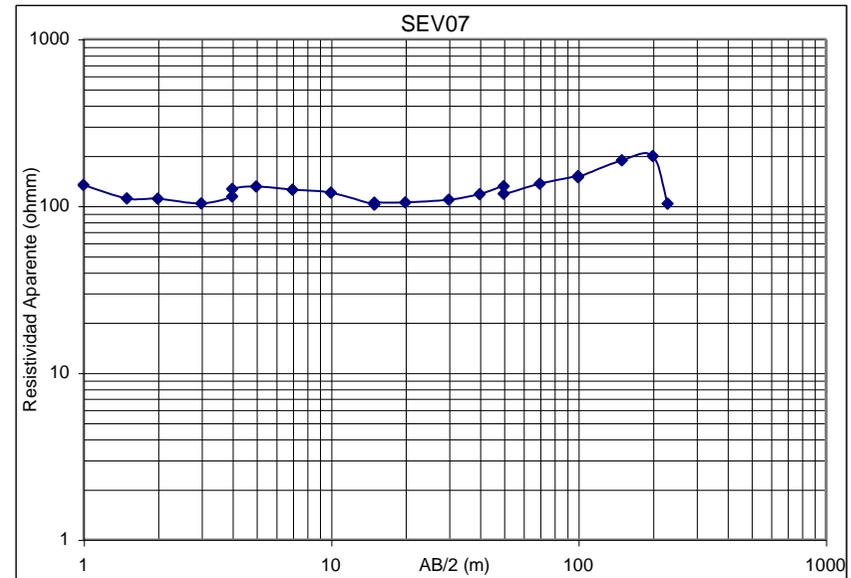
| | | | | | |
|----------------------|------------|------------------------|---------------|-----------|--|
| Fecha de Realización | 25/05/2006 | Código de Sondeo | SEV06 | | |
| Ubicación | El Castaño | Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 474424 | W: 298082 | |
| Responsable | César | Elevación | Z: 499 | | |
| | | Condiciones de terreno | humedo, monte | | |

| SEV06 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|-------|--------|--------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | l | ρ (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 86.70 | 5.20 | 79.44 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 40.60 | 5.20 | 88.30 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 23.30 | 5.20 | 91.73 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 11.40 | 5.20 | 102.28 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 13.40 | 10.30 | 108.38 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 48.80 | 10.30 | 111.63 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 31.60 | 10.30 | 115.66 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 14.90 | 10.30 | 109.07 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 6.80 | 10.40 | 101.68 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 7.80 | 25.60 | 107.21 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 19.90 | 25.50 | 107.26 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 11.30 | 24.50 | 114.11 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 5.10 | 25.30 | 113.20 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 6.20 | 51.10 | 121.50 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 5.80 | 76.20 | 119.26 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 25.40 | 76.20 | 125.66 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 18.30 | 101.90 | 135.41 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 10.10 | 101.10 | 155.36 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 19.80 | 101.20 | 147.52 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 9.90 | 101.70 | 168.96 |



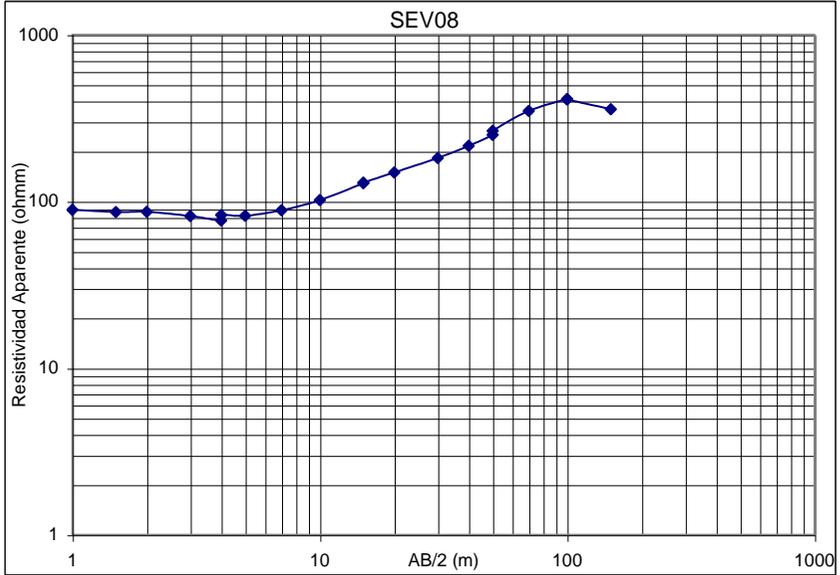
| | | | | | |
|----------------------|------------|------------------------|---------------|-----------|--|
| Fecha de Realización | 25/05/2006 | Código de Sondeo | SEV07 | | |
| Ubicación | El Castaño | Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 474506 | W: 298000 | |
| Responsable | César | Elevación | Z: 497 | | |
| | | Condiciones de terreno | humedo, monte | | |

| SEV07 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | l | ρ (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 145.40 | 5.20 | 133.23 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 50.80 | 5.20 | 110.49 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 28.00 | 5.20 | 110.24 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 11.50 | 5.20 | 103.17 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 7.10 | 5.20 | 113.74 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 27.80 | 5.20 | 125.97 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 18.00 | 5.20 | 130.50 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 8.60 | 5.20 | 124.70 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 4.00 | 5.20 | 119.62 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 3.00 | 10.40 | 101.50 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 7.90 | 10.40 | 104.41 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 4.40 | 10.40 | 104.67 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 5.00 | 25.80 | 108.83 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 6.00 | 51.30 | 117.12 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 4.30 | 51.50 | 130.83 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 16.10 | 51.40 | 118.08 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 9.20 | 51.20 | 135.48 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 5.00 | 51.50 | 150.98 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 15.10 | 76.80 | 148.24 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 8.10 | 75.20 | 186.96 |
| 21 | 200 | 400 | 20 | 40 | 3110.18 | 6.50 | 102.00 | 198.20 |
| 22 | 230 | 460 | 20 | 40 | 2047.27 | 5.10 | 101.60 | 102.77 |



| | | | | |
|----------------------|------------|------------------------|---------------|-----------|
| Fecha de Realización | 05/07/2006 | Código de Sondeo | SEV08 | |
| Ubicación | Mecafe | Orientación del Sondeo | N-S | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 472600 | W: 298454 |
| Responsable | César | Elevación | Z: 518 | |
| | | Condiciones de terreno | humedo, monte | |

| SEV08 | | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|-------|--------|--------|--|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | I | ρ (m) | |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 98.90 | 5.30 | 88.91 | |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 39.70 | 5.20 | 86.35 | |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 22.00 | 5.20 | 86.62 | |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 9.10 | 5.20 | 81.64 | |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 4.80 | 5.20 | 76.90 | |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 18.30 | 5.20 | 82.92 | |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 11.30 | 5.20 | 81.92 | |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 6.10 | 5.20 | 88.45 | |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 3.40 | 5.20 | 101.68 | |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 1.90 | 5.20 | 128.56 | |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 4.90 | 5.20 | 129.52 | |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 15.60 | 25.90 | 149.01 | |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 8.40 | 25.90 | 182.13 | |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 11.00 | 51.10 | 215.56 | |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 12.20 | 76.30 | 250.53 | |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 53.80 | 76.60 | 264.78 | |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 35.20 | 76.10 | 348.75 | |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 20.10 | 75.90 | 411.82 | |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 54.90 | 101.40 | 408.22 | |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 21.00 | 102.10 | 357.01 | |
| 21 | 200 | 400 | 20 | 40 | 3110.18 | | | | |
| 22 | 230 | 460 | 20 | 40 | 2047.27 | | | | |
| 23 | 300 | 600 | 30 | 60 | 4665.27 | | | | |

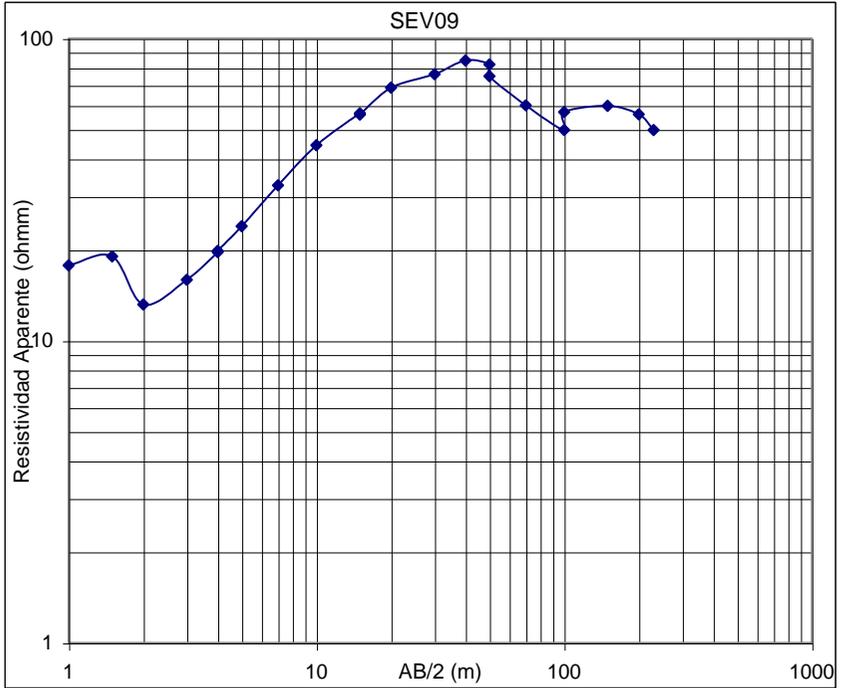


| | |
|----------------------|------------|
| Fecha de Realización | 12/07/2006 |
| Ubicación | Platanillo |
| Proyecto | Tesis |
| Responsable | César |

| |
|------------|
| 12/07/2006 |
| Platanillo |
| Tesis |
| César |

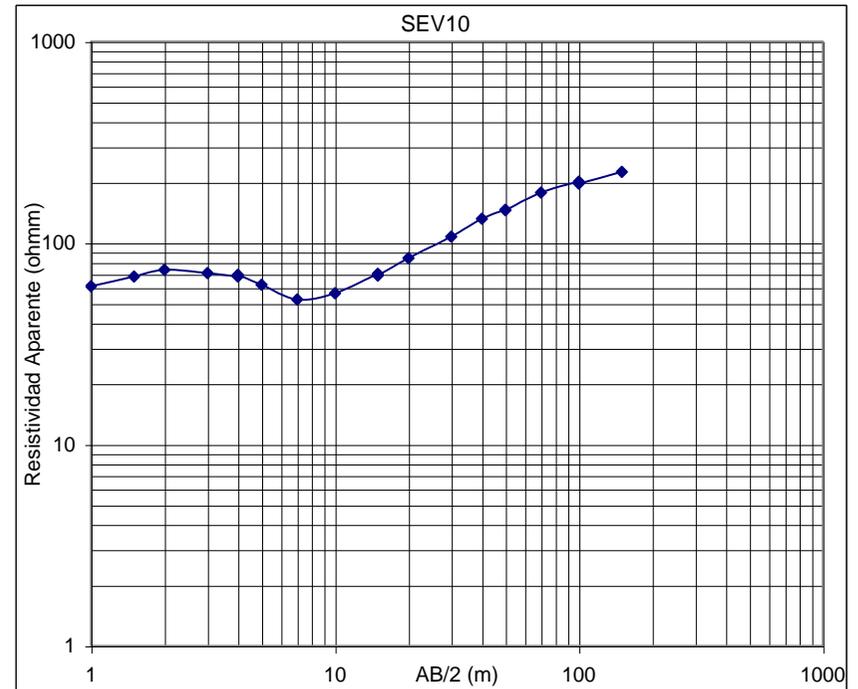
| | | | |
|------------------------|---------------|--------|-----------|
| Código de Sondeo | SEV09 | | |
| Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Coordenadas | N: | 472438 | W: 303874 |
| Elevación | Z: | 414 | |
| Condiciones de terreno | humedo, monte | | |

| SEV09 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|-------|--------|-------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | I | ρ (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 19.40 | 5.20 | 17.78 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 17.50 | 10.40 | 19.03 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 16.60 | 25.80 | 13.17 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 17.50 | 51.30 | 15.91 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 12.10 | 51.30 | 19.65 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 43.20 | 51.30 | 19.84 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 32.40 | 51.00 | 23.95 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 22.20 | 51.20 | 32.69 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 14.60 | 51.20 | 44.34 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 12.30 | 76.50 | 56.57 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 31.20 | 76.50 | 56.06 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 21.00 | 75.50 | 68.81 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 10.30 | 75.90 | 76.21 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 8.60 | 101.70 | 84.68 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 8.00 | 152.80 | 82.04 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 30.40 | 152.70 | 75.05 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 8.00 | 100.30 | 60.14 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 4.90 | 153.00 | 49.80 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 9.50 | 125.50 | 57.07 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 4.40 | 127.60 | 59.85 |
| 21 | 200 | 400 | 20 | 40 | 3110.18 | 2.30 | 127.30 | 56.19 |
| 22 | 230 | 460 | 20 | 40 | 2047.27 | 3.10 | 127.30 | 49.85 |
| 23 | 300 | 600 | 30 | 60 | 4665.27 | | | |
| | 400 | 800 | 30 | 60 | 8330.46 | | | |
| | 400 | 800 | 50 | 100 | 4948.01 | | | |
| | 500 | 1000 | 50 | 100 | 7775.44 | | | |



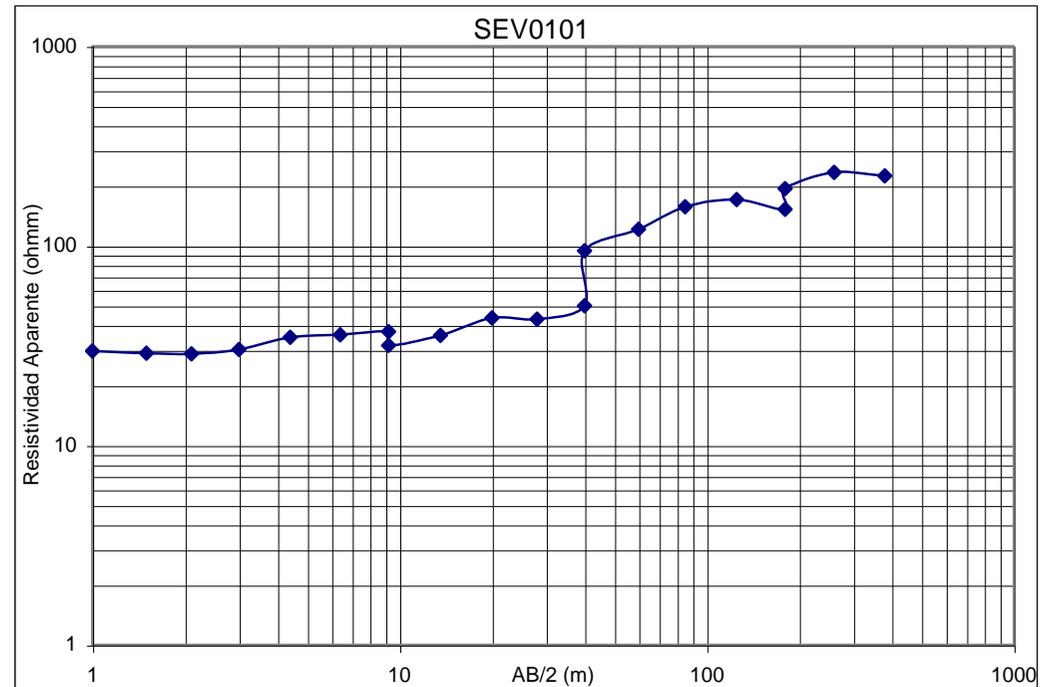
| | | | | | |
|----------------------|---------------|------------------------|-----------|-----------|--|
| Fecha de Realización | 12/07/2006 | Código de Sondeo | SEV10 | | |
| Ubicación | Quezaltepeque | Orientación del Sondeo | N-S | | |
| Proyecto | Tesis | Coordenadas | N: 475034 | W: 296972 | |
| Responsable | César | Elevación | Z: 543 | | |
| | | Condiciones de terreno | seco | | |

| SEV10 | | | | | | | | |
|-------|------------|--------|------------|--------|---------|-------|--------|--------|
| Punto | AB / 2 (m) | AB (m) | MN / 2 (m) | MN (m) | K | V | I | ρ (m) |
| 1 | 1 | 2 | 0.3 | 0.6 | 4.76 | 67.80 | 5.30 | 60.95 |
| 2 | 1.5 | 3 | 0.3 | 0.6 | 11.31 | 31.90 | 5.30 | 68.07 |
| 3 | 2 | 4 | 0.3 | 0.6 | 20.47 | 18.70 | 5.20 | 73.62 |
| 4 | 3 | 6 | 0.3 | 0.6 | 46.65 | 7.90 | 5.20 | 70.88 |
| 5 | 4 | 8 | 0.3 | 0.6 | 83.30 | 8.50 | 10.40 | 68.09 |
| 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 23.56 | 31.00 | 10.50 | 69.56 |
| 7 | 5 | 10 | 1 | 2 | 37.70 | 17.10 | 10.40 | 61.99 |
| 8 | 7 | 14 | 1 | 2 | 75.40 | 7.30 | 10.50 | 52.42 |
| 9 | 10 | 20 | 1 | 2 | 155.51 | 9.40 | 26.00 | 56.22 |
| 10 | 15 | 30 | 1 | 2 | 351.86 | 5.20 | 26.00 | 70.37 |
| 11 | 15 | 30 | 2.5 | 5 | 137.44 | 13.00 | 25.90 | 68.99 |
| 12 | 20 | 40 | 2.5 | 5 | 247.40 | 8.80 | 25.90 | 84.06 |
| 13 | 30 | 60 | 2.5 | 5 | 561.56 | 5.00 | 26.10 | 107.58 |
| 14 | 40 | 80 | 2.5 | 5 | 1001.38 | 6.80 | 51.60 | 131.97 |
| 15 | 50 | 100 | 2.5 | 5 | 1566.87 | 4.80 | 51.40 | 146.32 |
| 16 | 50 | 100 | 10 | 20 | 376.99 | 29.60 | 76.70 | 145.49 |
| 17 | 70 | 140 | 10 | 20 | 753.98 | 18.10 | 76.60 | 178.16 |
| 18 | 100 | 200 | 10 | 20 | 1555.09 | 13.30 | 102.40 | 201.98 |
| 19 | 100 | 200 | 20 | 40 | 753.98 | 26.80 | 102.50 | 197.14 |
| 20 | 150 | 300 | 20 | 40 | 1735.73 | 13.30 | 102.50 | 225.22 |
| 21 | 200 | 400 | 20 | 40 | 3110.18 | | | |
| 22 | 230 | 460 | 20 | 40 | 2047.27 | | | |
| 23 | 300 | 600 | 30 | 60 | 4665.27 | | | |
| | 400 | 800 | 30 | 60 | 8330.46 | | | |
| | 400 | 800 | 50 | 100 | 4948.01 | | | |
| | 500 | 1000 | 50 | 100 | 7775.44 | | | |



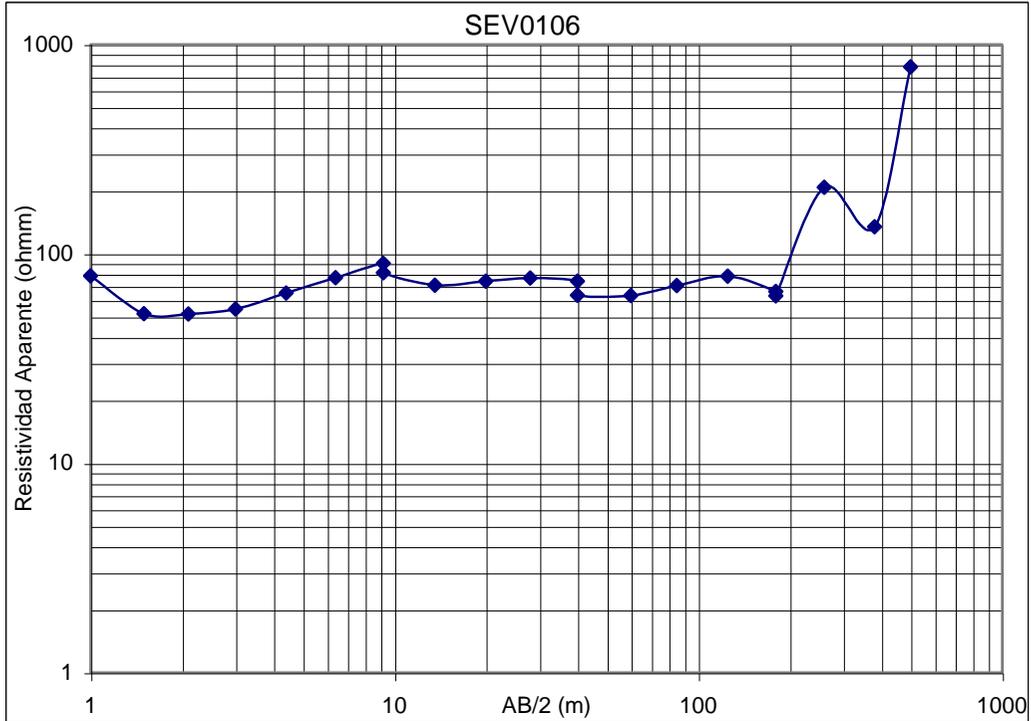
| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|--|------------------------|--|--------------|-------------|----|-------------|
| Fecha de Realización | | 19/07/2001 | | Código de Sondeo | | SEV0101 | | | |
| Ubicación | | Linea Ferrea | | Orientación del Sondeo | | | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: | 13°47'34.6" | W: | 89°13'52.4" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | | | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | | | |

| SEV0101 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|-------|----------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (°) | $\rho\text{-a}$ (/m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 12.6 | 29.688 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 4.6 | 28.903 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 2.2 | 28.752 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 1.1 | 30.238 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.58 | 34.821 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.28 | 35.810 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.14 | 37.117 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.5 | 31.667 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.25 | 35.531 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.14 | 43.542 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.07 | 42.883 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.04 | 50.140 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.4 | 94.248 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.22 | 120.951 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.14 | 156.687 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.07 | 170.706 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.03 | 152.210 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.16 | 193.522 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.09 | 233.263 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.04 | 224.310 |



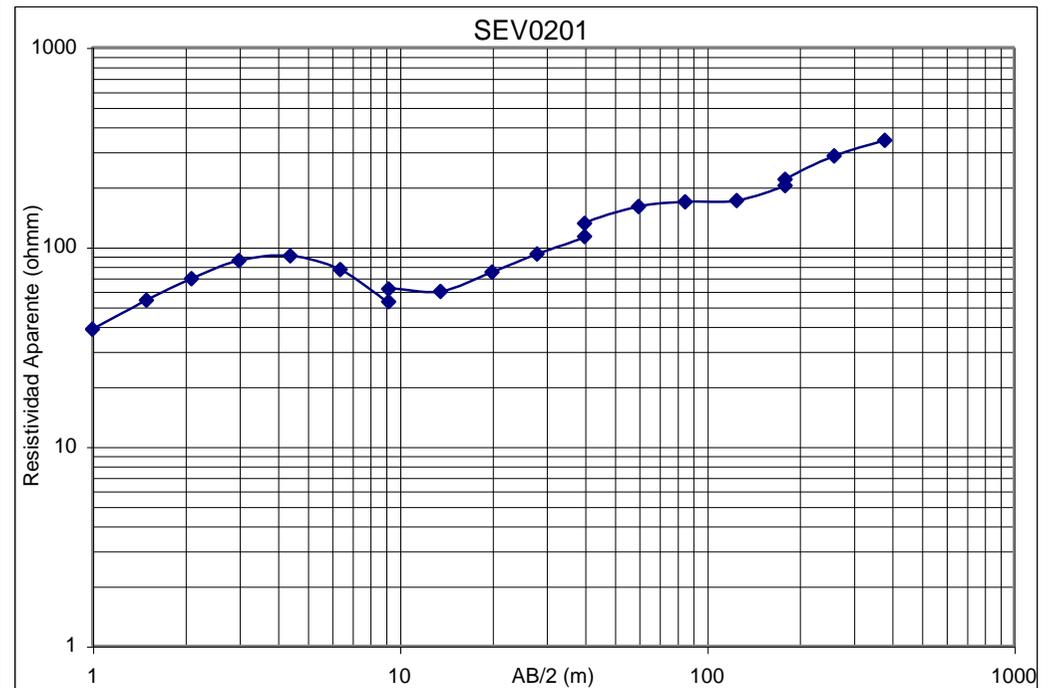
| | | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|--|------------------------|--|----------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 26/01/2006 | | Código de Sondeo | | SEV0106 | |
| Ubicación | | Tutultepeque | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°53'50,5" | W: 89°12'29,1" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV0106 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|-------------|-----------------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (π) | ρ -a (πm) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 33.3 | 78.461 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 8.2397 | 51.772 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 3.9447 | 51.553 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 1.9825 | 54.497 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 1.08 | 64.839 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.6 | 76.737 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.34 | 90.140 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 1.28 | 81.068 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.497 | 70.636 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.238 | 74.022 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.125 | 76.576 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.059 | 73.956 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.2686 | 63.287 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.115 | 63.225 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.063 | 70.509 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.032 | 78.037 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.013 | 65.958 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.052 | 62.895 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.08 | 207.345 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.024 | 134.586 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.08 | 780.372 |



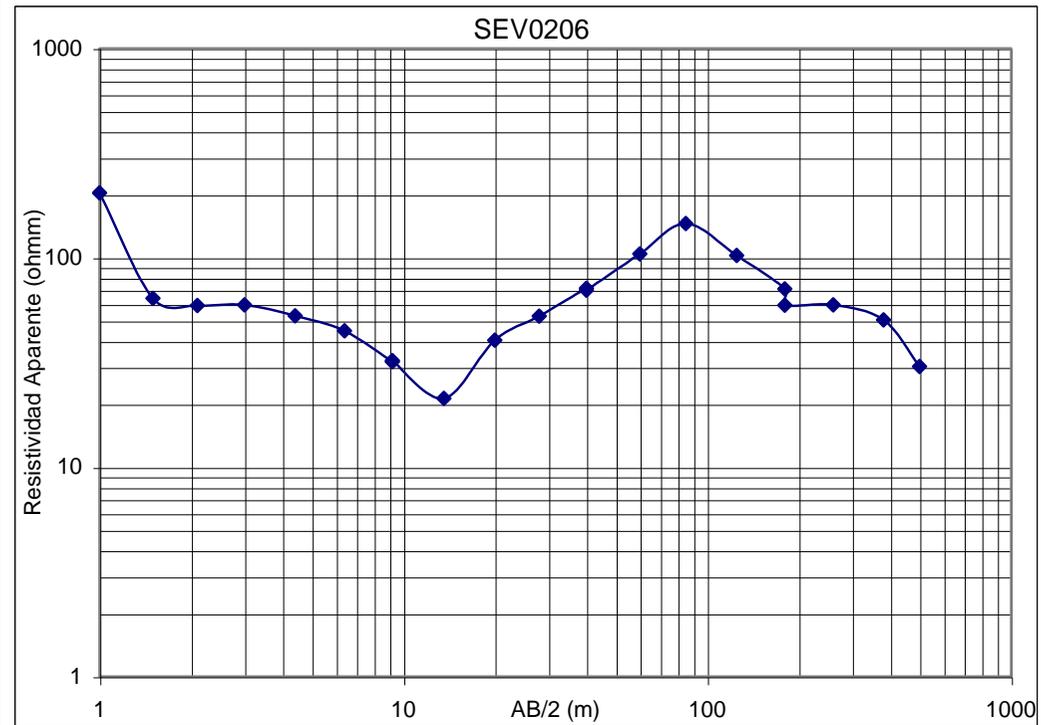
| | | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|--|------------------------|--|--------------|-----------|
| Fecha de Realización | | 19/07/2001 | | Código de Sondeo | | SEV0201 | |
| Ubicación | | Linea Ferrea | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: | 13°47'38" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |
| | | | | W: | | 89°13'56.9" | |

| SEV0201 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|-------|----------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (°) | ρ -a (/m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 16.4 | 38.642 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 8.6 | 54.035 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 5.3 | 69.266 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 3.1 | 85.216 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 1.5 | 90.054 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.6 | 76.737 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.2 | 53.024 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.97 | 61.434 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.42 | 59.693 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.24 | 74.644 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.15 | 91.892 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.09 | 112.815 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.556 | 131.004 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.29 | 159.436 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.15 | 167.879 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.07 | 170.706 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.04 | 202.947 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.18 | 217.712 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.11 | 285.100 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.061 | 342.072 |



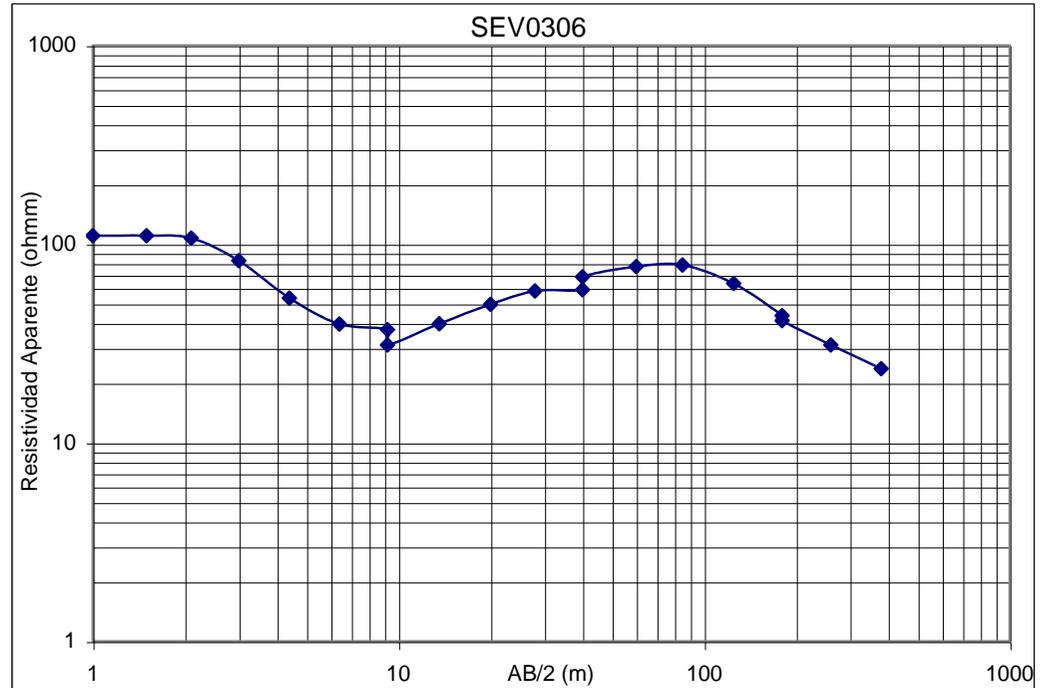
| | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|------------------------|--|----------------|---------------|
| Fecha de Realización | | 26/01/2006 | Código de Sondeo | | SEV0206 | |
| Ubicación | | Tutultepeque | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | Coordenadas | | N: 13°53'79,1" | W: 89°13'5,3" |
| Responsable | | | Elevación | | Z: | |
| | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV0206 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (π) | ρ-a (πm) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 86.6 | 204.046 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 10.19 | 64.026 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 4.52 | 59.072 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 2.17 | 59.651 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.88 | 52.832 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.35 | 44.763 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.12 | 31.814 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.51 | 32.301 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.15 | 21.319 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.13 | 40.432 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.086 | 52.685 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.057 | 71.449 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.297 | 69.979 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.19 | 104.458 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.13 | 145.495 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.042 | 102.424 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.014 | 71.031 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.049 | 59.266 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.023 | 59.612 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.009 | 50.470 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0031 | 30.239 |



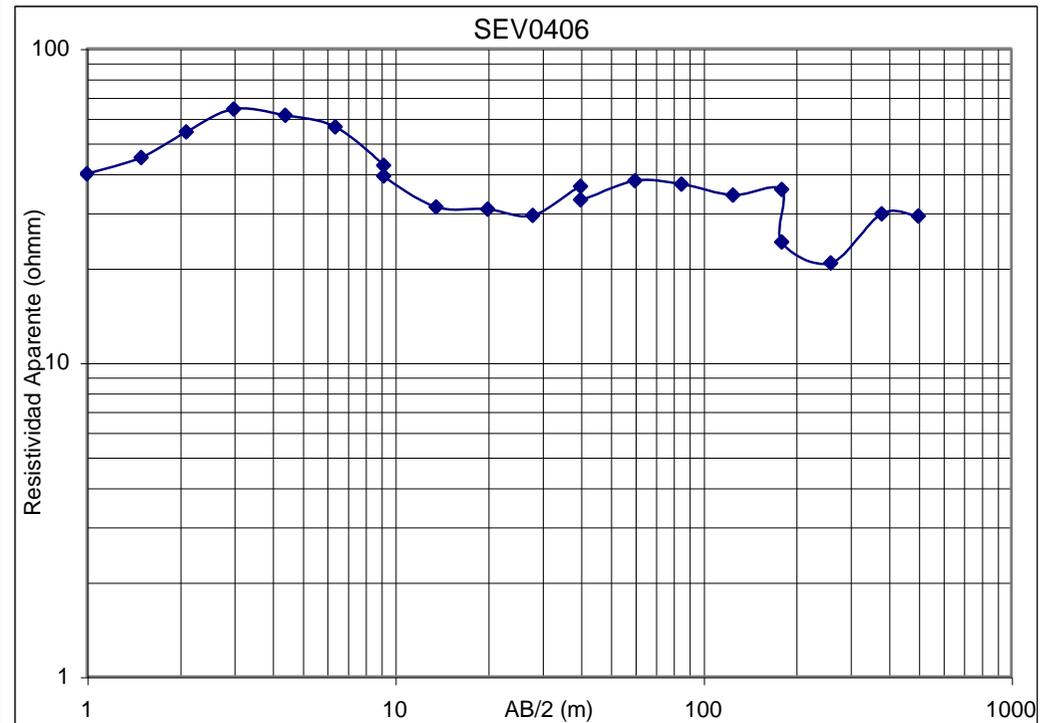
| | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|------------------------|--|----------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 26/01/2006 | Código de Sondeo | | SEV0306 | |
| Ubicación | | Tutultepeque | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | Coordenadas | | N: 13°53'38,4" | W: 89°13'28,8" |
| Responsable | | | Elevación | | Z: | |
| | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV0306 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (°) | $\rho\text{-a}$ (Ωm) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 46.8 | 110.270 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 17.52 | 110.081 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 8.186 | 106.983 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 3.007 | 82.659 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.89 | 53.432 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.31 | 39.647 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.14 | 37.117 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.49 | 31.034 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.28 | 39.795 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.16 | 49.763 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.095 | 58.198 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.047 | 58.914 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.29 | 68.330 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.14 | 76.969 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.07 | 78.343 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.026 | 63.405 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.0086 | 43.634 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.034 | 41.123 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.012 | 31.102 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0042 | 23.553 |



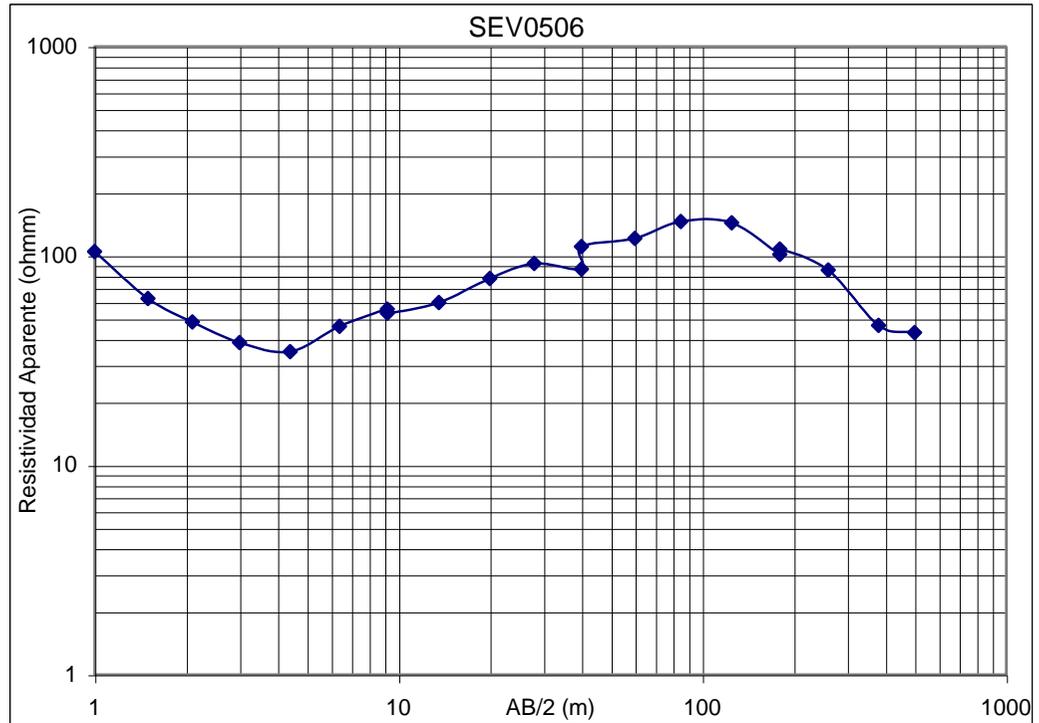
| | | | | | |
|----------------------|--|--------------|------------------------|--|-------------------------------|
| Fecha de Realización | | 27/01/2006 | Código de Sondeo | | SEV0406 |
| Ubicación | | Tutultepeque | Orientación del Sondeo | | |
| Proyecto | | | Coordenadas | | N: 13°53'21,2" W: 89°13'59,6" |
| Responsable | | | Elevación | | Z: |
| | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco |

| SEV0406 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (◆) | $\rho\text{-a}$ (◆m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 16.92 | 39.867 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 7.15 | 44.925 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 4.15 | 54.236 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 2.33 | 64.049 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 1.02 | 61.237 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.44 | 56.273 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.16 | 42.419 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.62 | 39.267 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.22 | 31.268 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.099 | 30.791 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.048 | 29.405 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.029 | 36.351 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.14 | 32.987 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.069 | 37.935 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.033 | 36.933 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.014 | 34.141 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.007 | 35.516 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.02 | 24.190 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.008 | 20.735 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0053 | 29.721 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.003 | 29.264 |



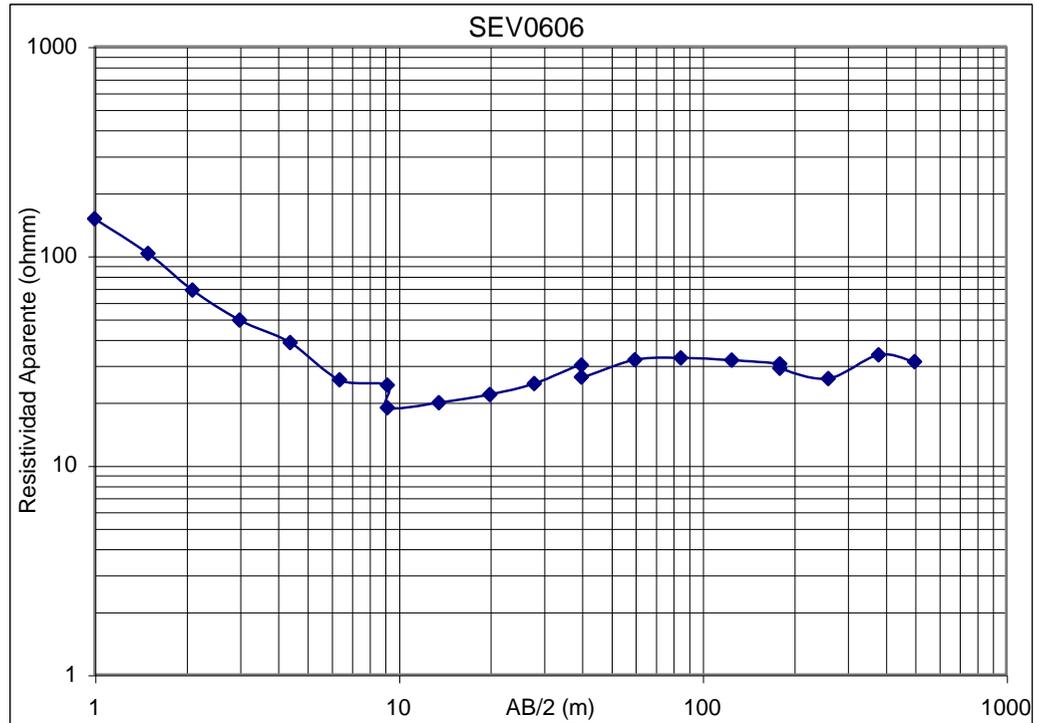
| | | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|--|------------------------|--|----------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 27/01/2006 | | Código de Sondeo | | SEV0506 | |
| Ubicación | | Tutultepeque | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°53'59,9" | W: 89°13'53,4" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV0506 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (Ω) | ρ-a (Ωm) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 44.4 | 104.615 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 9.94 | 62.455 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 3.7 | 48.355 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 1.4 | 38.485 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.58 | 34.821 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.36 | 46.042 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.21 | 55.675 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.84 | 53.201 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.42 | 59.693 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.25 | 77.754 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.15 | 91.892 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.069 | 86.491 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.47 | 110.741 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.22 | 120.951 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.13 | 145.495 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.059 | 143.881 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.02 | 101.473 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.089 | 107.647 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.033 | 85.530 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0083 | 46.544 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0044 | 42.920 |



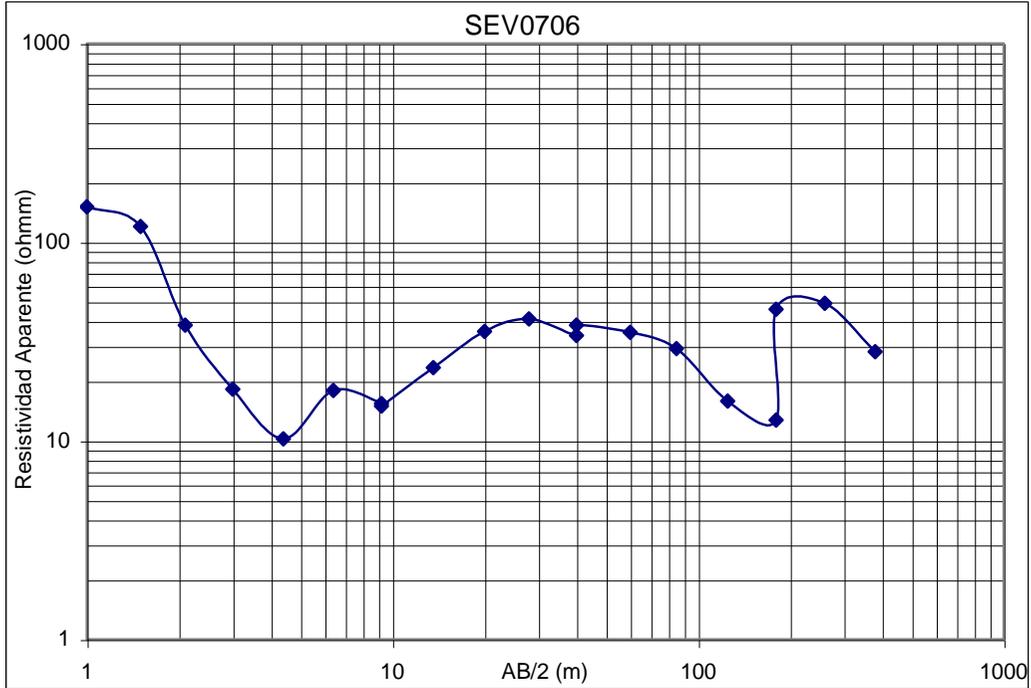
| | | | | | | |
|----------------------|--|-----------------------|------------------------|--|---------------|---------------|
| Fecha de Realización | | 31/01/2006 | Código de Sondeo | | SEV0606 | |
| Ubicación | | Tutultepeque, potrero | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | Coordenadas | | N: 13°53'8,8" | W: 89°14'4,4" |
| Responsable | | | Elevación | | Z: | |
| | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV0606 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (♦) | ρ -a (♦m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 63.8 | 150.325 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 16.3 | 102.416 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 5.25 | 68.612 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 1.79 | 49.205 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.64 | 38.423 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.2 | 25.579 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.091 | 24.126 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.297 | 18.810 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.14 | 19.898 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.07 | 21.771 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.04 | 24.504 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.024 | 30.084 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.112 | 26.389 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.058 | 31.887 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.029 | 32.457 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.013 | 31.703 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.006 | 30.442 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.024 | 29.028 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.01 | 25.918 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.006 | 33.646 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0032 | 31.215 |



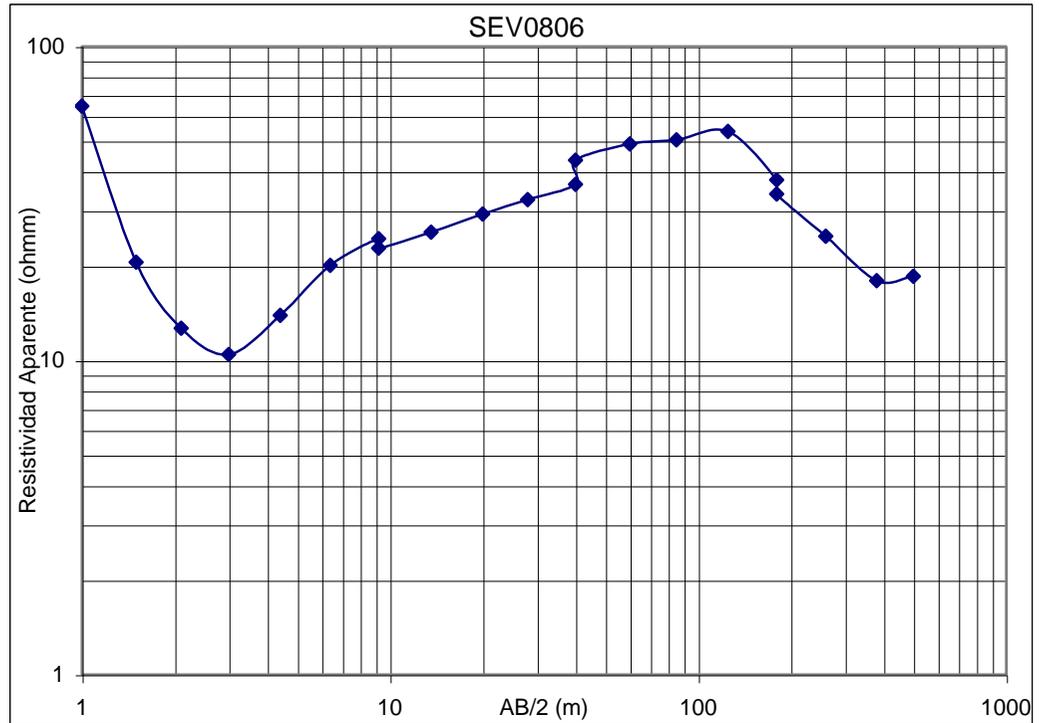
| | | | | | | |
|----------------------|--|---------------------|------------------------|--|----------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 31/01/2006 | Código de Sondeo | | SEV0706 | |
| Ubicación | | Tutultepeque, cañal | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | Coordenadas | | N: 13°53'40,0" | W: 89°12'56,6" |
| Responsable | | | Elevación | | Z: | |
| | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV0706 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|-------------|----------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (π) | ρ -a (π m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 63.8 | 150.325 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 19.07 | 119.820 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 2.92 | 38.162 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 0.66 | 18.143 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.17 | 10.206 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.14 | 17.905 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.058 | 15.377 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.236 | 14.947 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.164 | 23.309 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.114 | 35.456 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.067 | 41.045 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.027 | 33.844 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.162 | 38.170 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.064 | 35.186 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.026 | 29.099 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.0065 | 15.851 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.0025 | 12.684 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.038 | 45.962 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.019 | 49.244 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.005 | 28.039 |



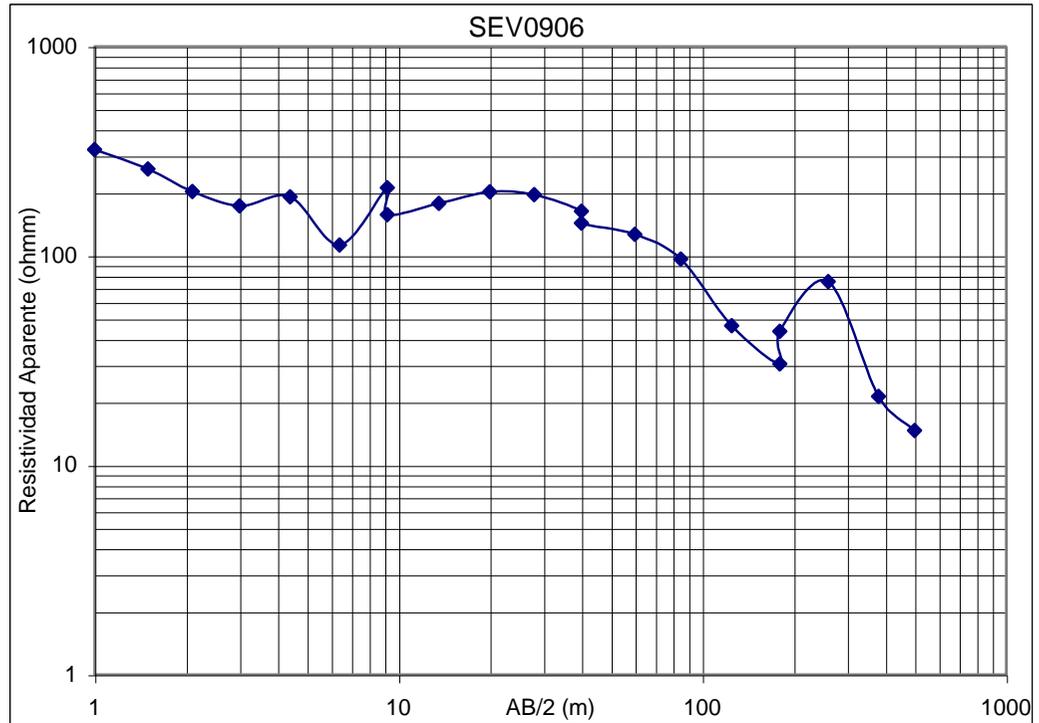
| | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|--|------------------------|--|---------------|---------------|
| Fecha de Realización | | 06/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV0806 | |
| Ubicación | | Tutultepeque, | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°54'3,5" | W: 89°14'3,5" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV0806 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|-----------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R () | $\rho\text{-a}$ (m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 27.4 | 64.560 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 3.27 | 20.546 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 0.97 | 12.677 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 0.38 | 10.446 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.232 | 13.928 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.157 | 20.079 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.092 | 24.391 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.36 | 22.800 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.18 | 25.583 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.094 | 29.236 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.053 | 32.468 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.029 | 36.351 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.184 | 43.354 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.089 | 48.930 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.045 | 50.364 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.022 | 53.651 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.0074 | 37.545 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.028 | 33.866 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.0096 | 24.881 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0032 | 17.945 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0019 | 18.534 |



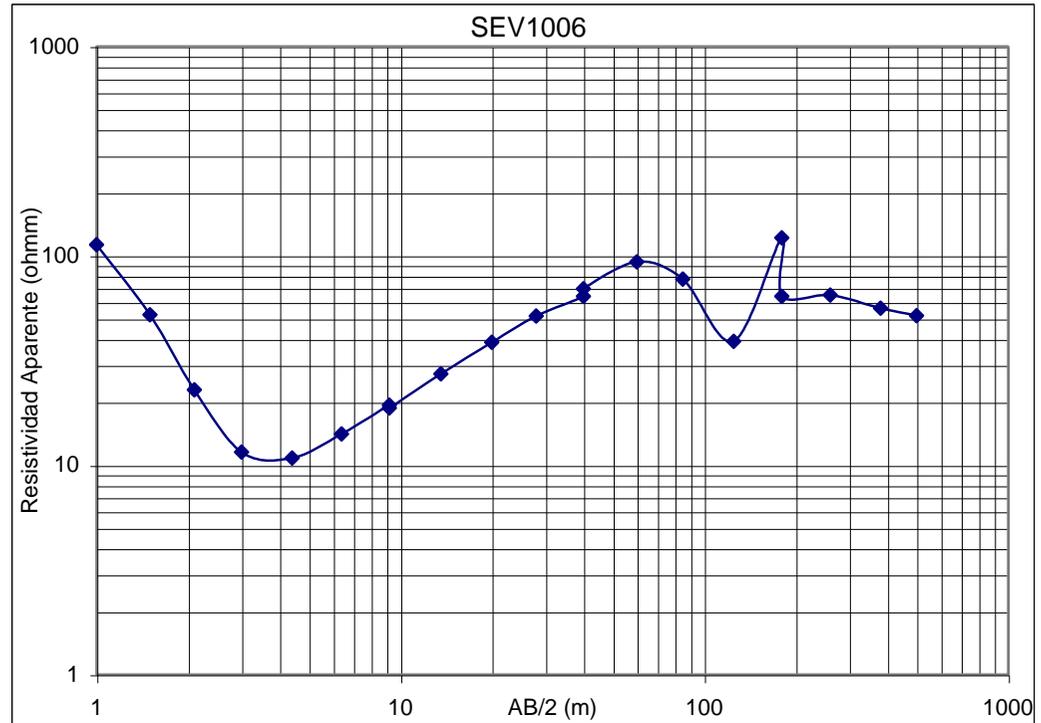
| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|--|------------------------|--|--------------|-------------|----|-------------|
| Fecha de Realización | | 06/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV0906 | | | |
| Ubicación | | Tutultepeque, | | Orientación del Sondeo | | | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: | 13°53'53,2" | W: | 89°12'38,2" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | | | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | | | |

| SEV0906 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|-----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (Ω) | ρ-a (Ω/m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 136.3 | 321.149 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 41.3 | 259.496 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 15.51 | 202.701 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 6.3 | 173.180 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 3.18 | 190.914 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.88 | 112.547 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.797 | 211.300 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 2.478 | 156.943 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 1.252 | 177.941 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.649 | 201.850 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.32 | 196.035 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.13 | 162.954 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.607 | 143.021 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.23 | 126.449 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.086 | 96.251 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.019 | 46.335 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.006 | 30.442 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.036 | 43.542 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.029 | 75.163 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0038 | 21.309 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0015 | 14.632 |



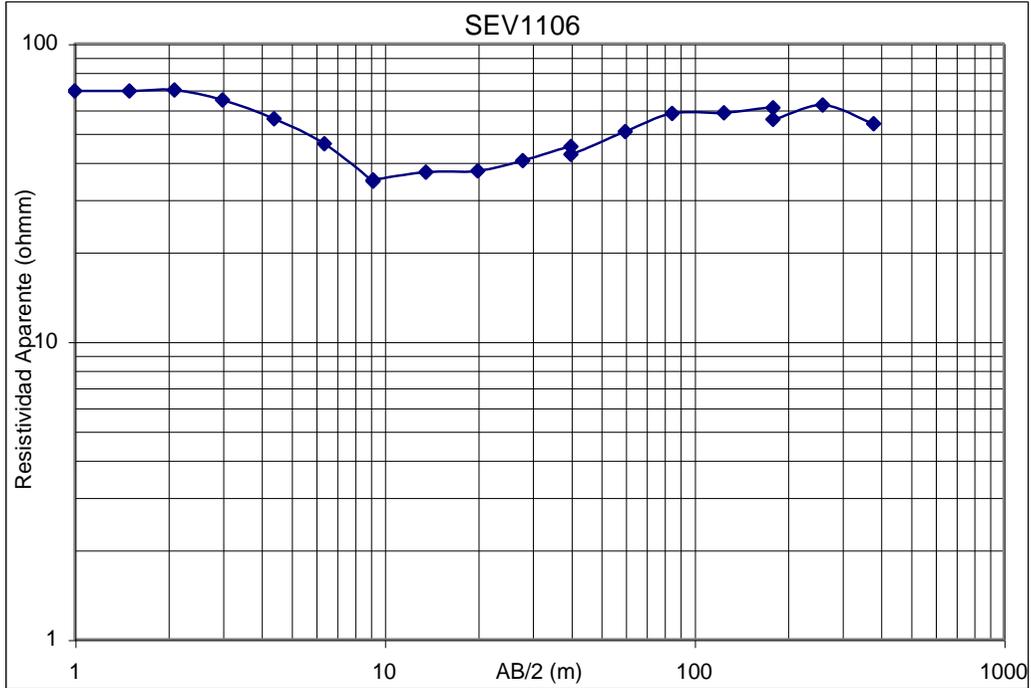
| | | | | | | | |
|----------------------|--|-----------------|--|------------------------|--|----------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 07/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV1006 | |
| Ubicación | | Calle a Relleno | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°50'35,8" | W: 89°13'51,4" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV1006 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (□) | ρ-a (□m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 47.89 | 112.838 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 8.31 | 52.213 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 1.75 | 22.871 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 0.42 | 11.545 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.18 | 10.806 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.11 | 14.068 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.073 | 19.354 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.296 | 18.747 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.192 | 27.288 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.124 | 38.566 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.084 | 51.459 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.051 | 63.928 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.295 | 69.508 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.17 | 93.462 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.069 | 77.224 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.016 | 39.019 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.024 | 121.768 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.053 | 64.104 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.025 | 64.795 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.01 | 56.077 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0053 | 51.700 |



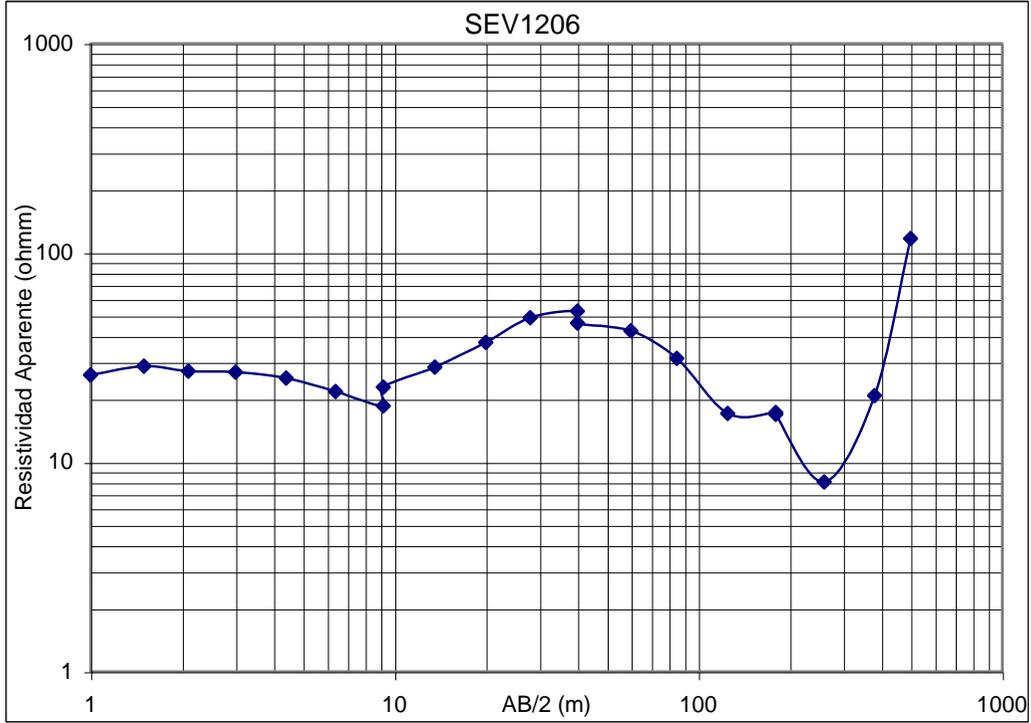
| | | | | | |
|------------------------|--|------------------------|-----------|--------------|------------|
| Código de Sondeo | | SEV1106 | | | |
| Fecha de Realización | | 07/02/2006 | | | |
| Orientación del Sondeo | | | | | |
| Ubicación | | Calle a Relleno | | Coordenadas | |
| | | N: | 13°50'52" | W: | 89°14'0,8" |
| Proyecto | | Elevación | | Z: | |
| Responsable | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV1106 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|-----------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (°) | ρ -a (Ω/m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 29.4 | 69.272 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 11.02 | 69.241 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 5.34 | 69.789 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 2.35 | 64.599 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.93 | 55.833 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.36 | 46.042 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.13 | 34.465 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.55 | 34.834 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.26 | 36.953 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.12 | 37.322 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.066 | 40.432 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.036 | 45.126 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.18 | 42.412 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.092 | 50.580 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.052 | 58.198 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.024 | 58.528 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.012 | 60.884 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.046 | 55.638 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.024 | 62.204 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0096 | 53.834 |



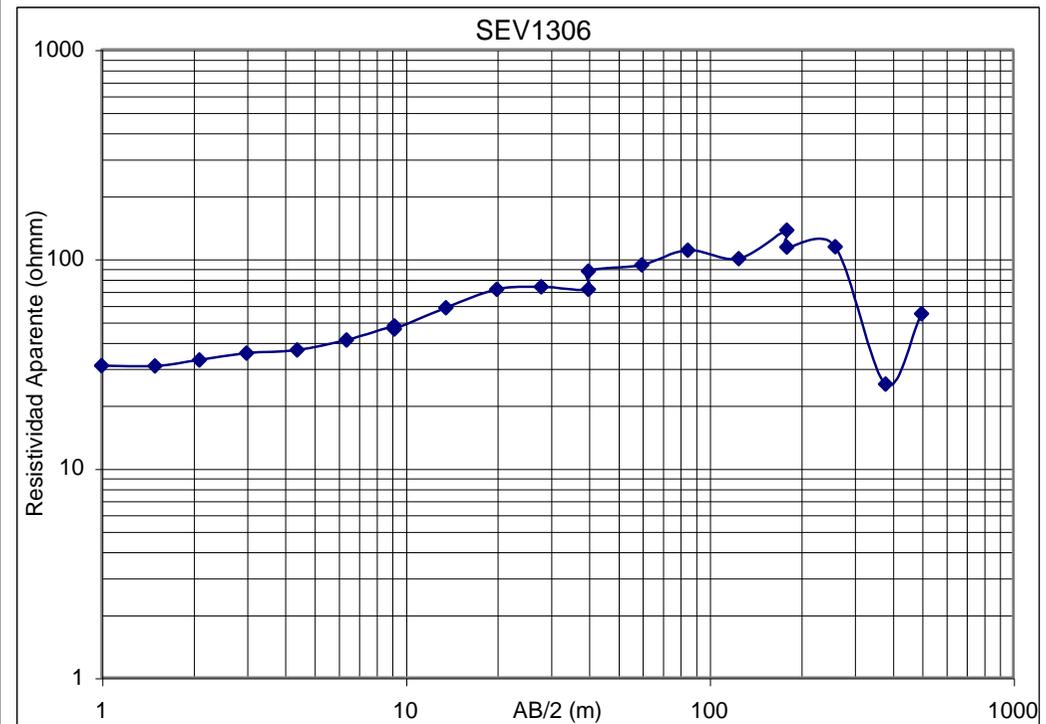
| | | | | | |
|------------------------|--|------------------------|--|----------------|--|
| Código de Sondeo | | SEV1206 | | | |
| Fecha de Realización | | 08/02/2006 | | | |
| Orientación del Sondeo | | | | | |
| Ubicación | | Calle a Mapilapa | | Coordenadas | |
| | | N: 13°49'57,1" | | W: 89°13'52,2" | |
| Proyecto | | Elevación | | Z: | |
| Responsable | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV1206 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (□) | ρ-a (□m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 11.08 | 26.107 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 4.57 | 28.714 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 2.08 | 27.184 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 0.98 | 26.939 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.42 | 25.215 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.17 | 21.742 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.07 | 18.558 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.36 | 22.800 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.2 | 28.425 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.12 | 37.322 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.08 | 49.009 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.042 | 52.647 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.196 | 46.181 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.077 | 42.333 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.028 | 31.337 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.007 | 17.071 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.0034 | 17.250 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.014 | 16.933 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.0031 | 8.035 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0037 | 20.749 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.012 | 117.056 |



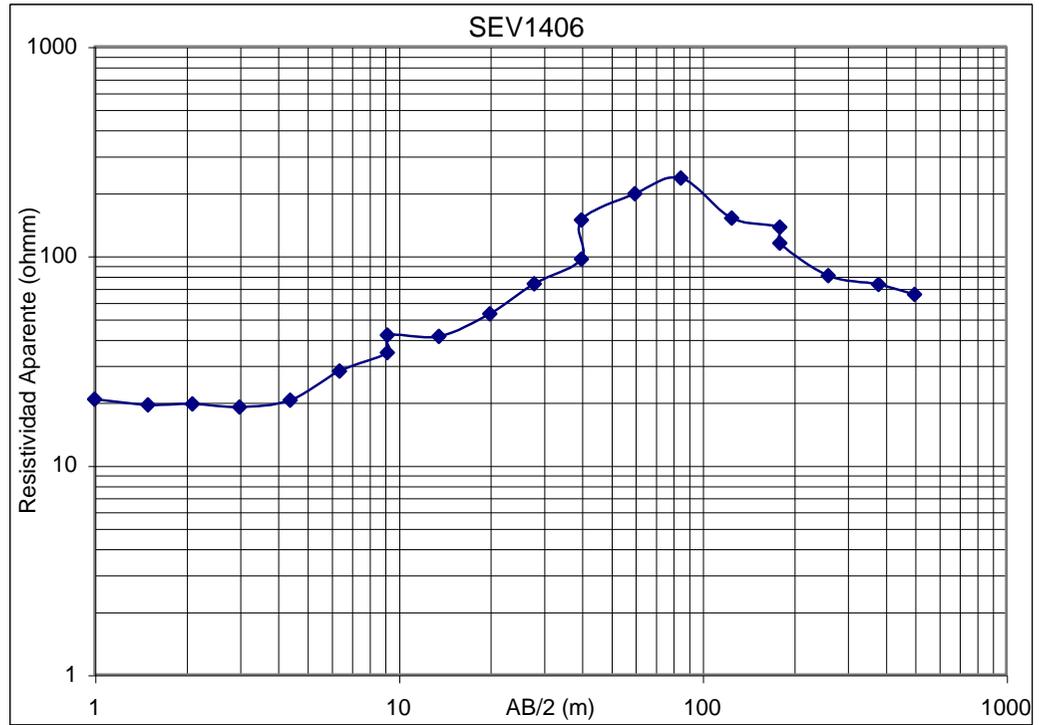
| | | | | | | | |
|----------------------|--|------------|--|------------------------|--|----------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 08/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV1306 | |
| Ubicación | | Calle | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°49'56,5" | W: 89°14'33,6" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV1306 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|-----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (Ω) | ρ-a (Ω/m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 13.1 | 30.866 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 4.9 | 30.788 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 2.51 | 32.803 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 1.29 | 35.461 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.61 | 36.622 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.32 | 40.926 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.18 | 47.721 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.73 | 46.234 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.41 | 58.272 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.23 | 71.534 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.12 | 73.513 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.057 | 71.449 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.37 | 87.179 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.17 | 93.462 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.098 | 109.681 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.041 | 99.985 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.027 | 136.989 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.094 | 113.694 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.044 | 114.040 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0045 | 25.235 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0056 | 54.626 |



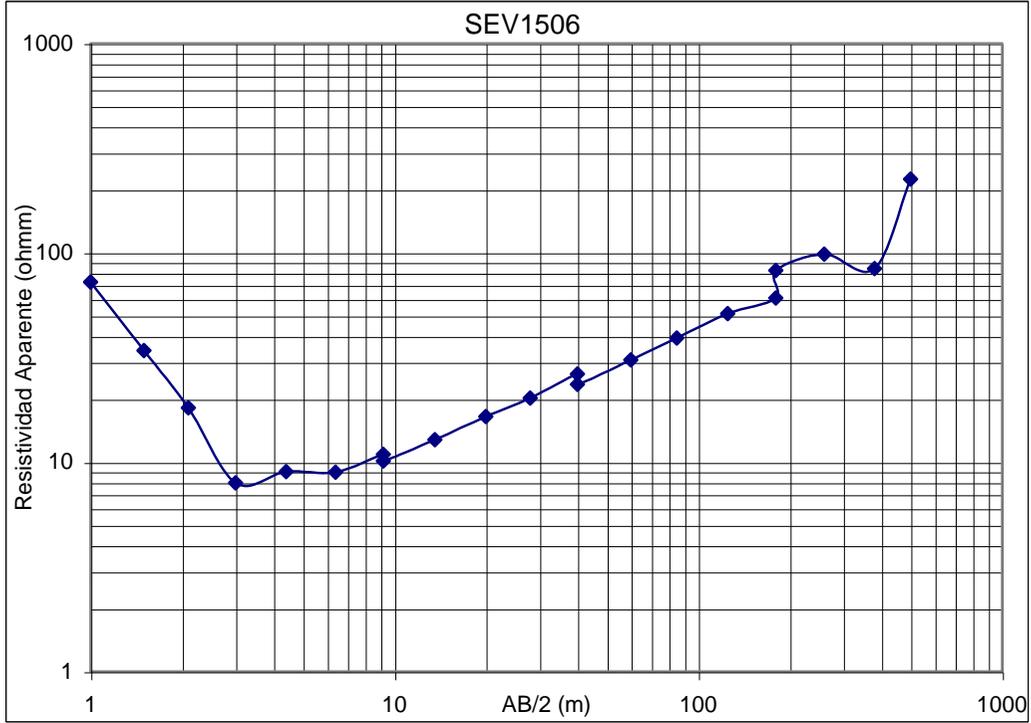
| | | | | | | | |
|----------------------|--|----------------|--|------------------------|--|----------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 09/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV1406 | |
| Ubicación | | Cerro La Tabla | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°52'13,4" | W: 89°13'50,6" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV1406 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (□) | ρ-a (□m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 8.77 | 20.664 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 3.09 | 19.415 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 1.5 | 19.604 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 0.69 | 18.967 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.34 | 20.412 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.22 | 28.137 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.13 | 34.465 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.66 | 41.801 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.29 | 41.216 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.17 | 52.873 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.12 | 73.513 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.077 | 96.519 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.63 | 148.440 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.36 | 197.920 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.21 | 235.030 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.062 | 151.197 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.027 | 136.989 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.095 | 114.904 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.031 | 80.346 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.013 | 72.901 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0067 | 65.356 |



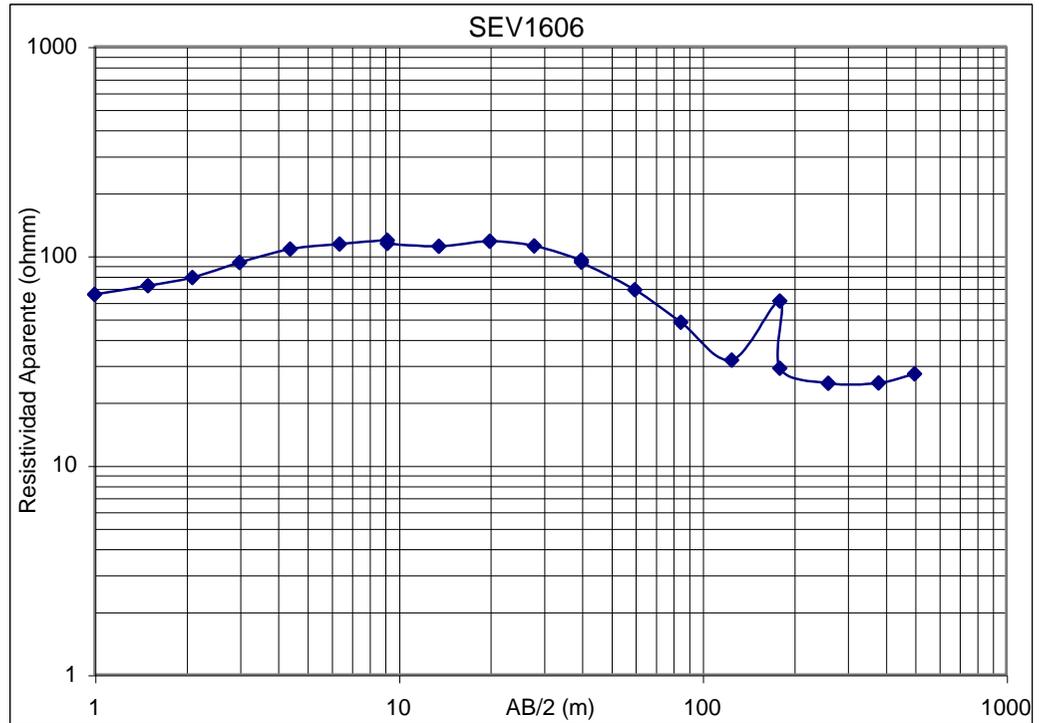
| | | | | | | | |
|----------------------|--|-------------------|--|------------------------|--|---------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 09/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV1506 | |
| Ubicación | | Cerro Ojo de Agua | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°51'5,8" | W: 89°13'22,5" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV1506 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|-------|-----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (Ω) | ρ-a (Ω/m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 30.79 | 72.547 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 5.43 | 34.118 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 1.39 | 18.166 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 0.29 | 7.972 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.15 | 9.005 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.07 | 8.953 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.041 | 10.870 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.16 | 10.134 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.09 | 12.791 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.053 | 16.484 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.033 | 20.216 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.021 | 26.323 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.1 | 23.562 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.056 | 30.788 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.035 | 39.172 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.021 | 51.212 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.012 | 60.884 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.068 | 82.247 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.038 | 98.489 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.015 | 84.116 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.023 | 224.357 |



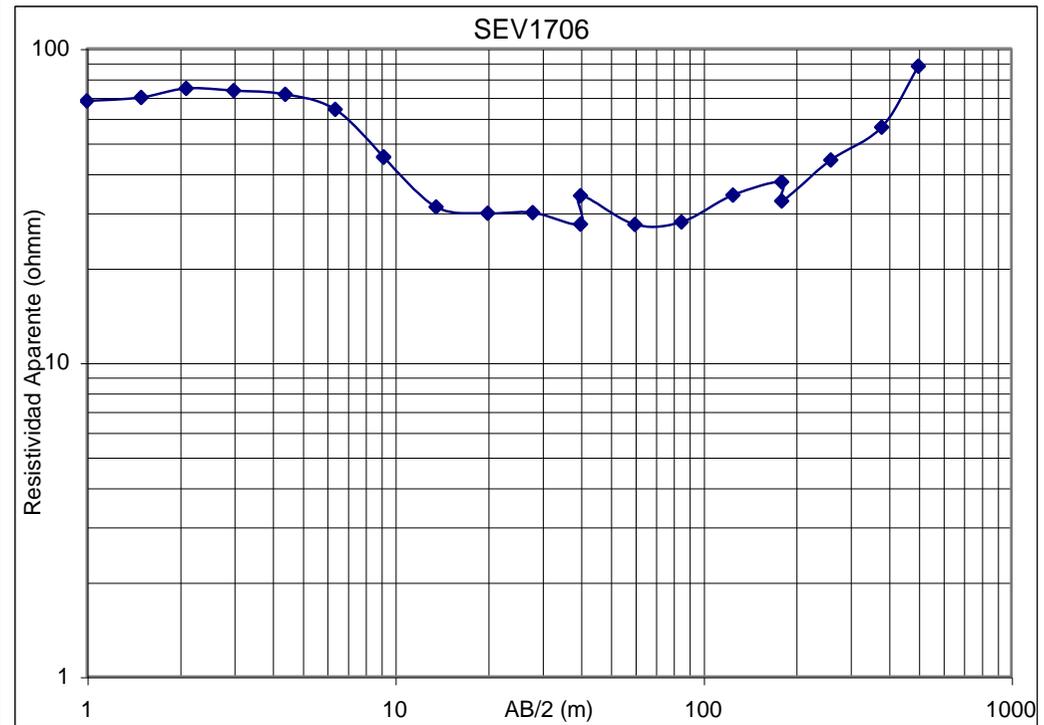
| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|-------------------|--|------------------------|--|--------------|-------------|----|-------------|
| Fecha de Realización | | 13/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV1606 | | | |
| Ubicación | | Las Vegas, Nejapa | | Orientación del Sondeo | | | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: | 13°51'15.5" | W: | 89°12'22,7" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | | | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | | | |

| SEV1606 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (□) | ρ-a (□m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 27.77 | 65.432 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 11.45 | 71.942 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 6.03 | 78.806 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 3.38 | 92.913 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 1.79 | 107.464 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.89 | 113.826 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.447 | 118.508 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 1.81 | 114.635 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.78 | 110.858 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.377 | 117.254 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.182 | 111.495 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.076 | 95.266 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.395 | 93.070 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.125 | 68.722 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.043 | 48.125 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.013 | 31.703 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.012 | 60.884 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.024 | 29.028 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.0095 | 24.622 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0044 | 24.674 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0028 | 27.313 |



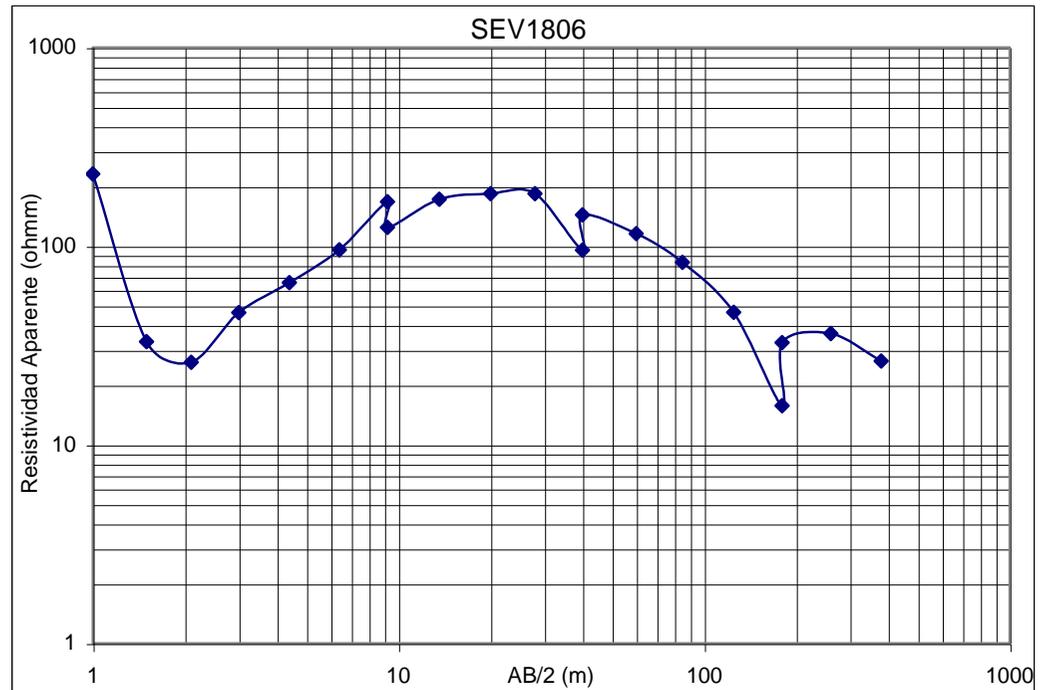
| | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------------|--|------------------------|--|----------------|----------------|
| Fecha de Realización | | 13/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV1706 | |
| Ubicación | | Barba Rubia, Nejapa | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°50'03.1" | W: 89°12'41.2" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV1706 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (°) | $\rho\text{-a}$ (Ωm) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 28.9 | 68.094 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 11.1 | 69.743 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 5.7 | 74.493 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 2.67 | 73.395 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 1.19 | 71.443 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.5 | 63.947 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.17 | 45.070 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.71 | 44.968 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.22 | 31.268 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.096 | 29.858 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.049 | 30.018 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.022 | 27.577 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.144 | 33.929 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.05 | 27.489 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.025 | 27.980 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.014 | 34.141 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.0074 | 37.545 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.027 | 32.657 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.017 | 44.061 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.01 | 56.077 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.009 | 87.792 |



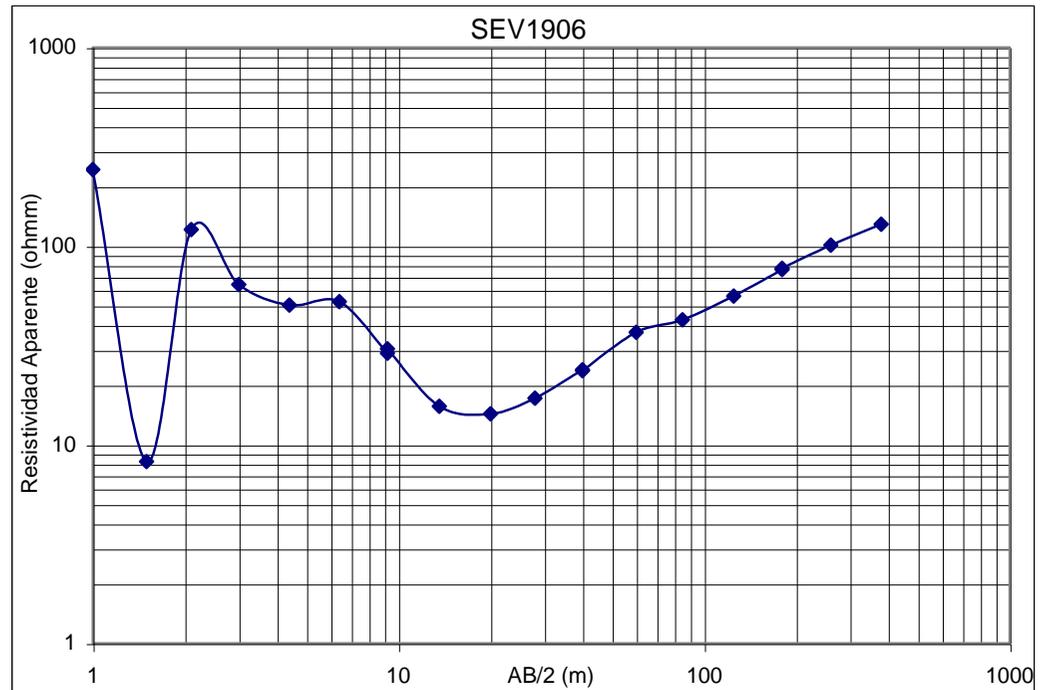
| | | | | | | | |
|----------------------|--|------------------|--|------------------------|--|--------------|------------|
| Fecha de Realización | | 14/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV1806 | |
| Ubicación | | Cerro La Tabla 2 | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: | 13°51'7.3" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV1806 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (□) | ρ-a (□m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 98.01 | 230.931 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 5.25 | 32.987 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 1.99 | 26.007 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 1.68 | 46.181 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 1.09 | 65.439 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.75 | 95.921 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.63 | 167.025 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 1.96 | 124.136 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 1.21 | 171.972 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.59 | 183.500 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.3 | 183.783 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.076 | 95.266 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.61 | 143.728 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.21 | 115.454 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.074 | 82.820 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.019 | 46.335 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.0031 | 15.728 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.027 | 32.657 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.014 | 36.285 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0047 | 26.356 |



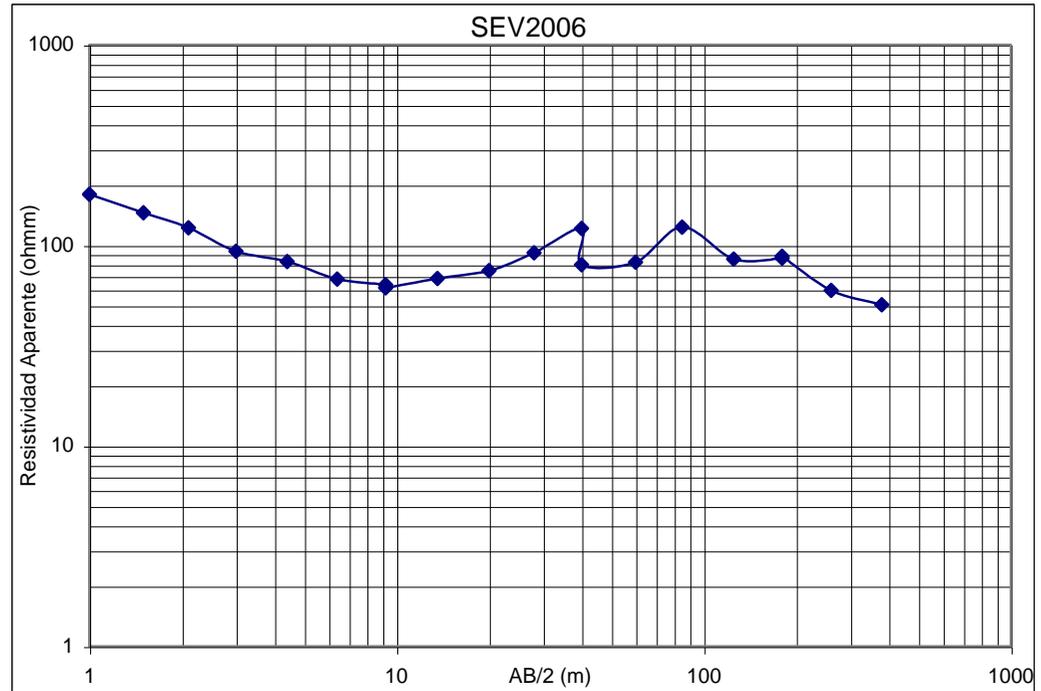
| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|-------------|--|------------------------|--|--------------|-----------|----|-------------|
| Fecha de Realización | | 14/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV1906 | | | |
| Ubicación | | Joya Galana | | Orientación del Sondeo | | | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: | 13°51'48" | W: | 89°14'12.2" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | | | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | | | |

| SEV1906 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (°) | $\rho\text{-a}$ (Ωm) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 102.88 | 242.405 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 1.31 | 8.231 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 9.28 | 121.281 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 2.33 | 64.049 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 0.84 | 50.430 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.41 | 52.437 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.109 | 28.898 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.48 | 30.401 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.11 | 15.634 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.046 | 14.307 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.028 | 17.153 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.019 | 23.816 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.1 | 23.562 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.067 | 36.835 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.038 | 42.529 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.023 | 56.089 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.015 | 76.105 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.064 | 77.409 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.039 | 101.081 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.023 | 128.978 |



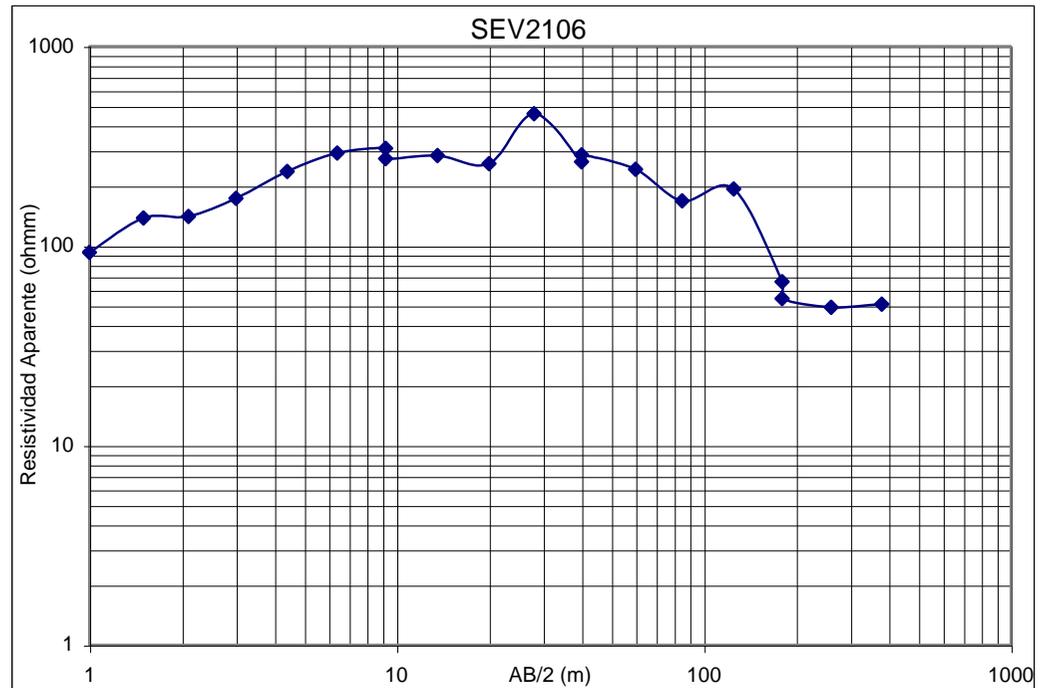
| | | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|--|------------------------|--|---------------|---------------|
| Fecha de Realización | | 15/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV2006 | |
| Ubicación | | Linea Ferrea | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°49'6.1" | W: 89°15'2.1" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

| SEV2006 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (□) | ρ-a (□m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 76.12 | 179.354 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 23.14 | 145.393 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 9.37 | 122.457 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 3.4 | 93.462 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 1.38 | 82.849 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.53 | 67.784 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.24 | 63.629 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 0.97 | 61.434 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.48 | 68.220 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.24 | 74.644 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.15 | 91.892 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.097 | 121.589 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.34 | 80.111 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.15 | 82.467 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.11 | 123.111 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.035 | 85.353 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.017 | 86.252 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.073 | 88.294 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.023 | 59.612 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.009 | 50.470 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.0079 | 77.062 |



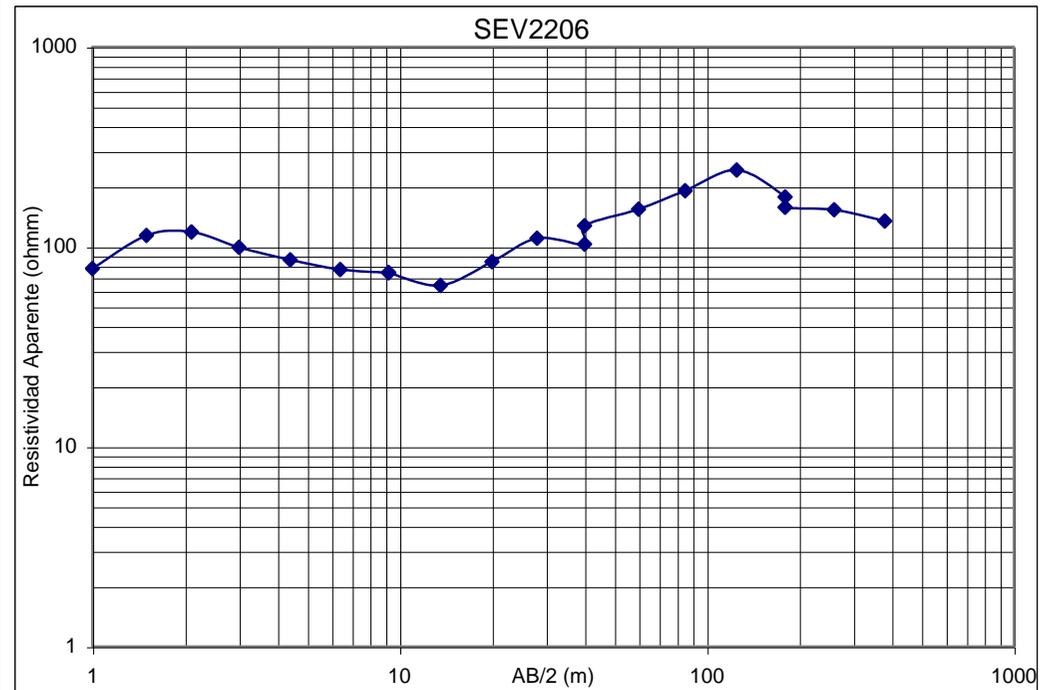
| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|-----------------------------|--|------------------------|--|--------------|-------------|----|------------|
| Fecha de Realización | | 15/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV2106 | | | |
| Ubicación | | Costado Oriente del Relleno | | Orientación del Sondeo | | | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: | 13°51'33.6" | W: | 89°13'6.5" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | | | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | | | |

| SEV2106 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|--------|----------------------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (°) | $\rho\text{-a}$ (/m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 39.4 | 92.834 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 21.9 | 137.602 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 10.75 | 140.492 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 6.29 | 172.905 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 3.93 | 235.941 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 2.28 | 291.599 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 1.16 | 307.538 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 4.319 | 273.542 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 1.99 | 282.830 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.83 | 258.145 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.75 | 459.458 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.21 | 263.234 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 1.21 | 285.100 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.44 | 241.903 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.15 | 167.879 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.079 | 192.654 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.013 | 65.958 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.045 | 54.428 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.019 | 49.244 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.0091 | 51.030 |



| | | | | | | | |
|----------------------|--|--------------|--|------------------------|--|--------------|---------------|
| Fecha de Realización | | 15/02/2006 | | Código de Sondeo | | SEV2106 | |
| Ubicación | | Linea Ferrea | | Orientación del Sondeo | | | |
| Proyecto | | | | Coordenadas | | N: 13°48'28" | W: 89°14'6.8" |
| Responsable | | | | Elevación | | Z: | |
| | | | | Condiciones de terreno | | Terreno Seco | |

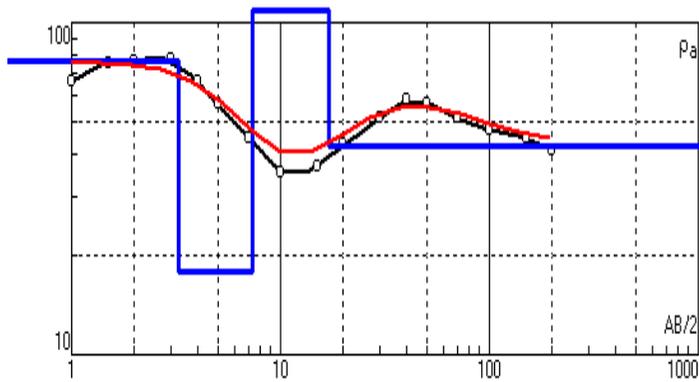
| SEV2206 | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|-------|-----------|
| Punto | AB/2 (m) | MN/2 (m) | K | R (Ω) | ρ-a (Ω/m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 2.356 | 33 | 77.754 |
| 2 | 1.5 | 0.5 | 6.283 | 18.11 | 113.788 |
| 3 | 2.1 | 0.5 | 13.069 | 9.05 | 118.275 |
| 4 | 3 | 0.5 | 27.489 | 3.61 | 99.235 |
| 5 | 4.4 | 0.5 | 60.036 | 1.43 | 85.851 |
| 6 | 6.4 | 0.5 | 127.894 | 0.6 | 76.737 |
| 7 | 9.2 | 0.5 | 265.119 | 0.28 | 74.233 |
| 8 | 9.2 | 2 | 63.335 | 1.17 | 74.101 |
| 9 | 13.6 | 2 | 142.126 | 0.45 | 63.957 |
| 10 | 20 | 2 | 311.018 | 0.27 | 83.975 |
| 11 | 28 | 2 | 612.611 | 0.18 | 110.270 |
| 12 | 40 | 2 | 1253.495 | 0.082 | 102.787 |
| 13 | 40 | 10 | 235.619 | 0.54 | 127.235 |
| 14 | 60 | 10 | 549.779 | 0.28 | 153.938 |
| 15 | 85 | 10 | 1119.192 | 0.17 | 190.263 |
| 16 | 125 | 10 | 2438.661 | 0.099 | 241.427 |
| 17 | 180 | 10 | 5073.672 | 0.035 | 177.579 |
| 18 | 180 | 40 | 1209.513 | 0.13 | 157.237 |
| 19 | 260 | 40 | 2591.814 | 0.059 | 152.917 |
| 20 | 380 | 40 | 5607.743 | 0.024 | 134.586 |
| 21 | 500 | 40 | 9754.645 | 0.012 | 117.056 |



Anexo 9. Modelos de interpretación de 34 sondeos eléctricos verticales con el arreglo Schlumberger realizados en la zona de Quezaltepeque-Nejapa en el periodo de 12 de mayo de 2006 al 12 de julio de 2006.

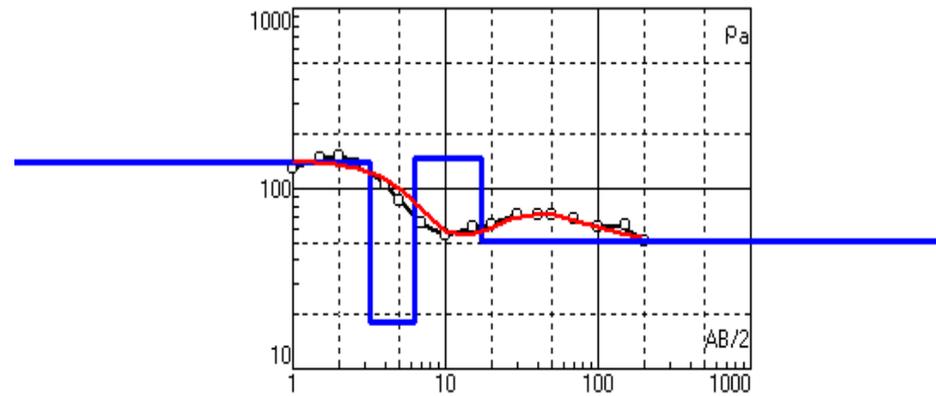
Sev01-06 error 7.32%

| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 76.6 | 3.24 | 3.24 | -3.24 |
| 2 | 17.9 | 4.08 | 7.32 | -7.32 |
| 3 | 121 | 9.75 | 17.1 | -17.07 |
| 4 | 42.7 | 50 | 67.1 | -67.07 |
| 5 | 42.7 | | | |



Sev02-06 error 8.11%

| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 140 | 3.24 | 3.24 | -3.24 |
| 2 | 17.9 | 3.03 | 6.27 | -6.27 |
| 3 | 146 | 10.8 | 17.1 | -17.07 |
| 4 | 50.8 | 50 | 67.1 | -67.07 |
| 5 | 50.8 | | | |



Sev04-06

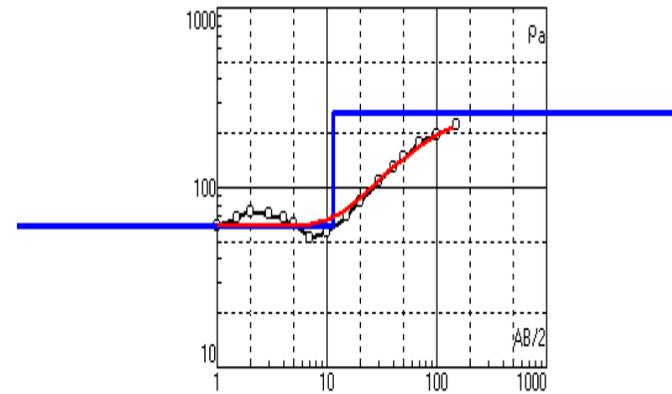
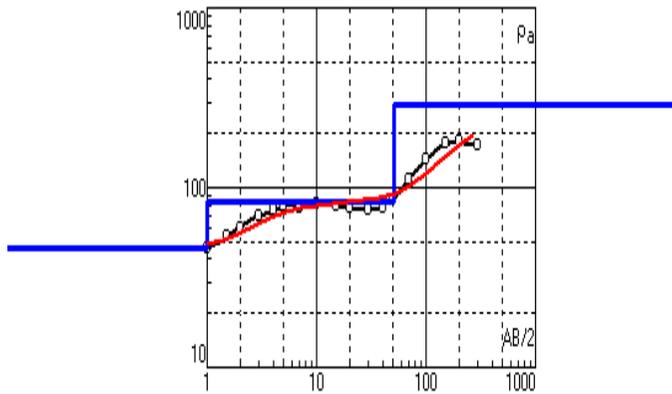
error 9.81%

| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 46 | 1.01 | 1.01 | -1.01 |
| 2 | 84.4 | 50.5 | 51.5 | -51.51 |
| 3 | 288 | 50 | 102 | -101.5 |
| 4 | 288 | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Sev05-06

error 9.94%

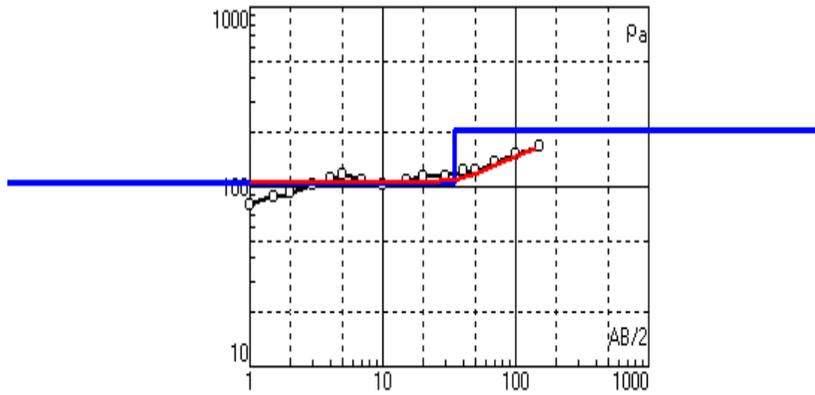
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|-------|
| 1 | 61 | 11.4 | 11.4 | -11.4 |
| 2 | 261 | 40 | 51.4 | -51.4 |
| 3 | 261 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev06-06

error 9.81%

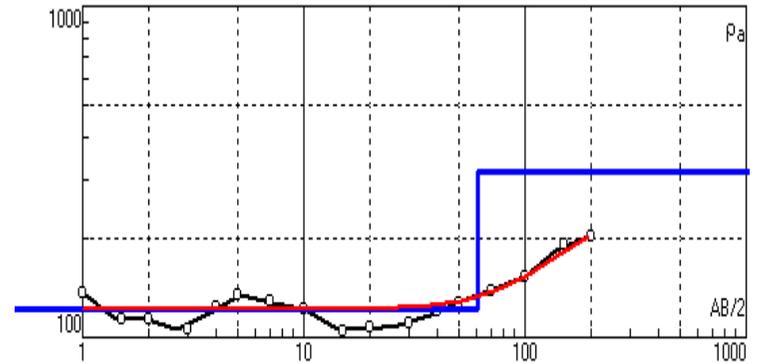
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 104 | 34.7 | 34.7 | -34.7 |
| 2 | 208 | 8.79 | 43.5 | -43.49 |
| 3 | 208 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev07-06

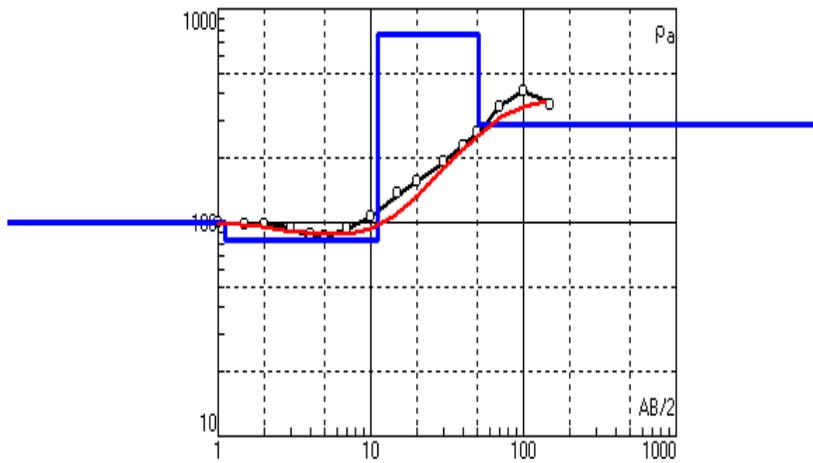
error 8.08%

| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|-------|
| 1 | 122 | 61.4 | 61.4 | -61.4 |
| 2 | 318 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |



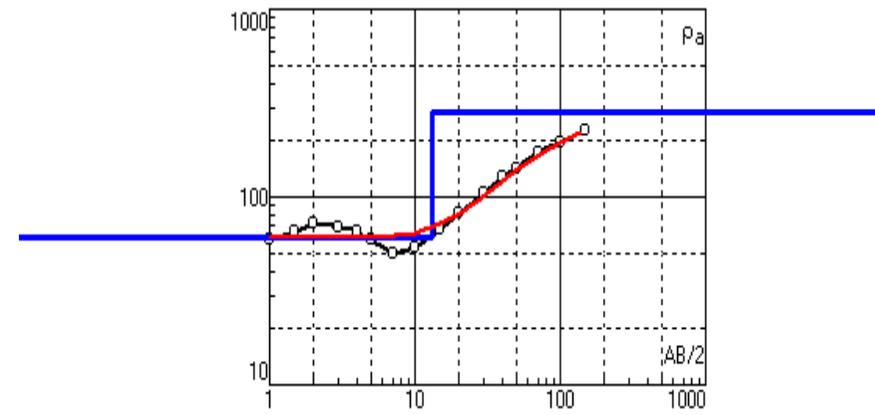
Sev08-06 error 9.25%

| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 101 | 1.12 | 1.12 | -1.12 |
| 2 | 82.1 | 10 | 11.1 | -11.12 |
| 3 | 754 | 39.6 | 50.7 | -50.72 |
| 4 | 288 | 50 | 101 | -100.7 |
| 5 | 288 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev10-06 error 10.1%

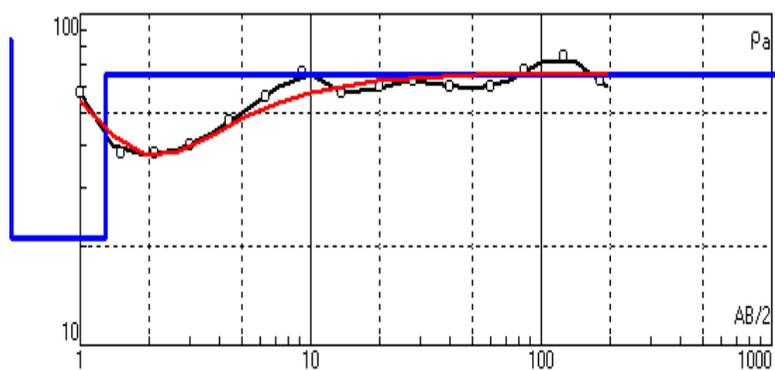
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 60.7 | 13.1 | 13.1 | -13.09 |
| 2 | 281 | 38.1 | 51.2 | -51.2 |
| 3 | 281 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev11-06

error 7.14%

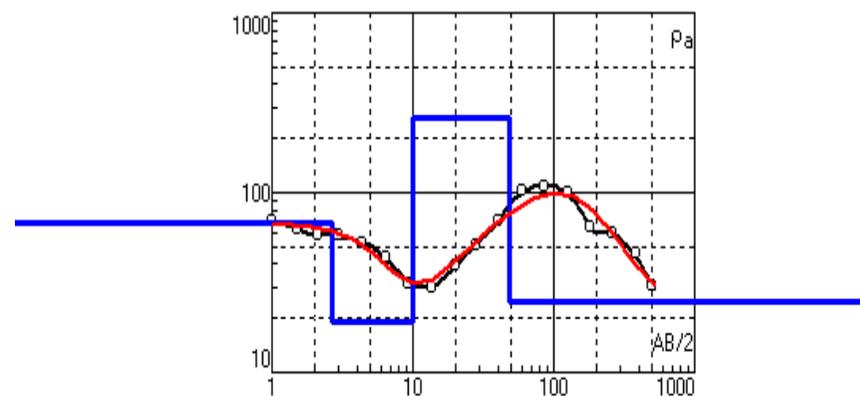
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|-------|------|--------|
| 1 | 83.1 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 20.9 | 0.782 | 1.28 | -1.282 |
| 3 | 65.7 | 60 | 61.3 | -61.28 |
| 4 | 65.7 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev13-06

error 9.69%

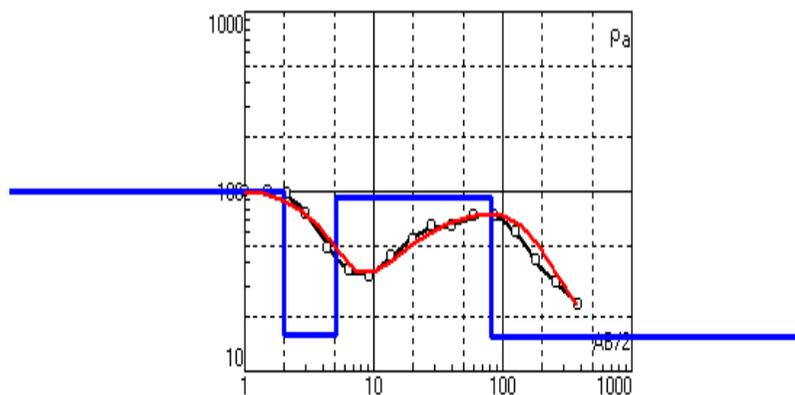
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 67.3 | 2.65 | 2.65 | -2.65 |
| 2 | 19.1 | 7.35 | 10 | -10 |
| 3 | 261 | 38.7 | 48.7 | -48.7 |
| 4 | 24.5 | 125 | 174 | -173.7 |
| 5 | 24.5 | | | |
| | | | | |



Sev14-06

error 9.06%

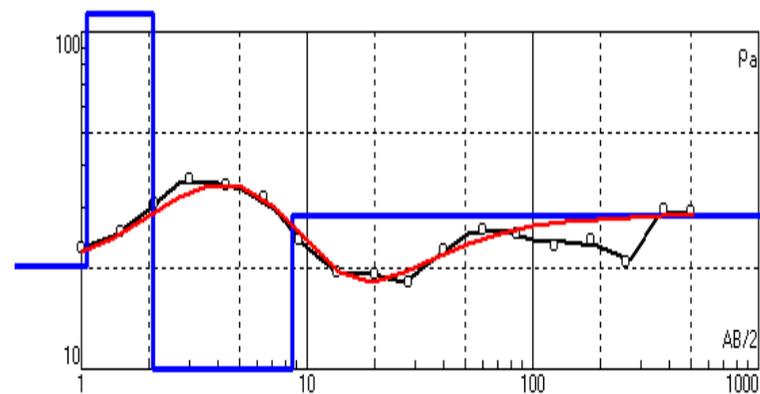
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 101 | 2.03 | 2.03 | -2.03 |
| 2 | 15.9 | 3.12 | 5.15 | -5.15 |
| 3 | 91.9 | 76.9 | 82.1 | -82.05 |
| 4 | 15.7 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev15-06

error 9.31%

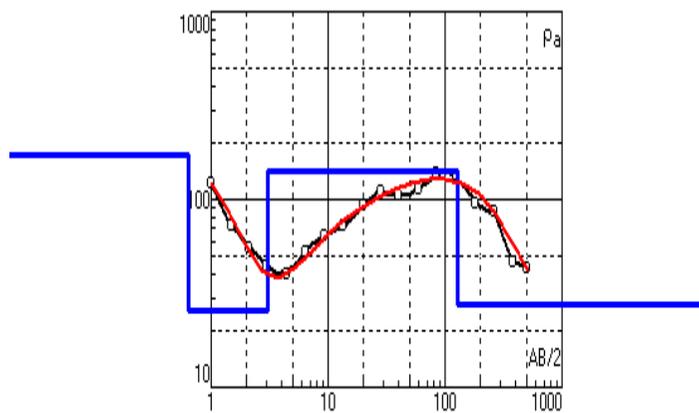
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 20.1 | 1.06 | 1.06 | -1.06 |
| 2 | 121 | 1.01 | 2.07 | -2.07 |
| 3 | 10 | 6.52 | 8.59 | -8.59 |
| 4 | 28.6 | 160 | 169 | -168.6 |
| 5 | 28.6 | | | |
| | | | | |



Sev16-06

error 8.84%

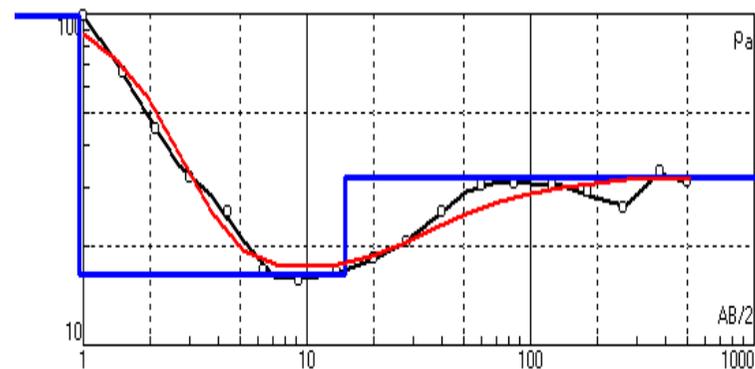
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|-------|-------|--------|
| 1 | 171 | 0.645 | 0.645 | -0.645 |
| 2 | 25.9 | 2.4 | 3.05 | -3.045 |
| 3 | 140 | 126 | 129 | -129 |
| 4 | 27.3 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev17-06

error 9.31%

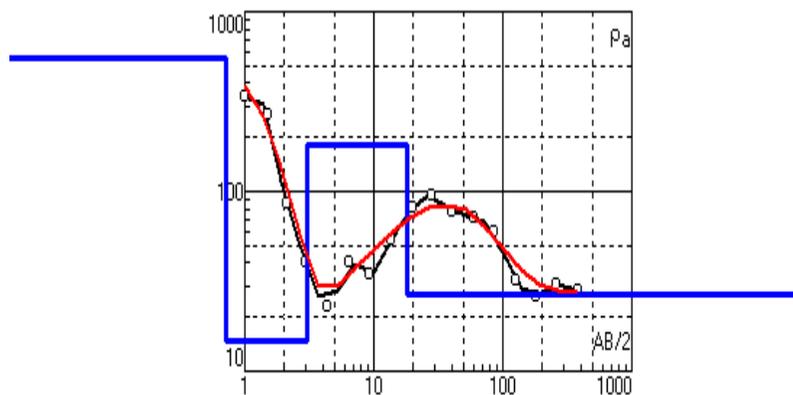
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|-------|-------|--------|
| 1 | 99 | 0.963 | 0.963 | -0.963 |
| 2 | 16.3 | 13.8 | 14.8 | -14.76 |
| 3 | 32.1 | 160 | 175 | -174.8 |
| 4 | 32.1 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev18-06

error 13.4%

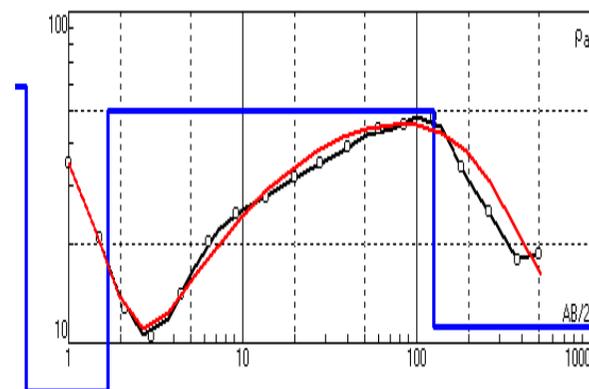
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 554 | 0.71 | 0.71 | -0.71 |
| 2 | 14.9 | 2.34 | 3.05 | -3.05 |
| 3 | 181 | 15.3 | 18.4 | -18.35 |
| 4 | 26.9 | 85 | 103 | -103.3 |
| 5 | 26.9 | | | |



Sev19-06

error 10%

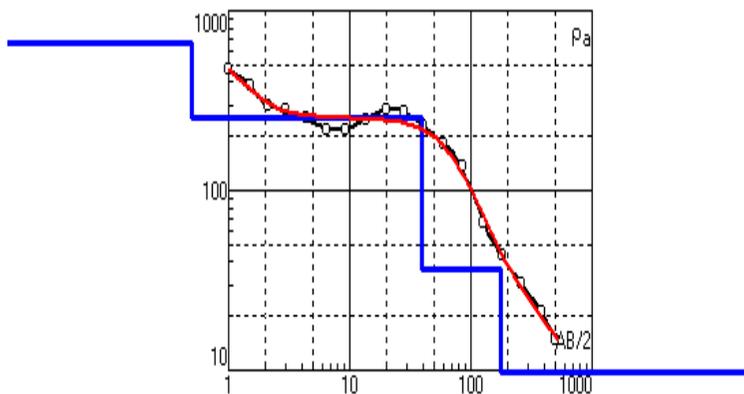
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 59.2 | 0.57 | 0.57 | -0.57 |
| 2 | 4.67 | 1.1 | 1.67 | -1.67 |
| 3 | 50 | 123 | 125 | -124.7 |
| 4 | 11.2 | | | |



Sev20-06

error 7.59%

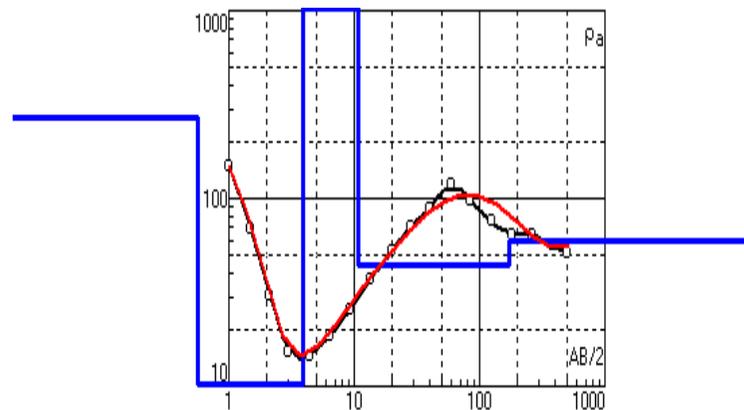
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 669 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 251 | 39.4 | 39.9 | -39.9 |
| 3 | 36.7 | 136 | 176 | -175.9 |
| 4 | 9.72 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev21-06

error 9.29%

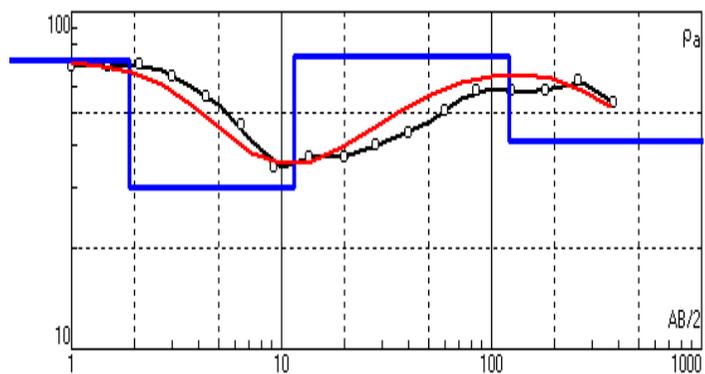
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 272 | 0.56 | 0.56 | -0.56 |
| 2 | 10.3 | 3.38 | 3.94 | -3.94 |
| 3 | 1014 | 6.76 | 10.7 | -10.7 |
| 4 | 44.1 | 160 | 171 | -170.7 |
| 5 | 60.1 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev22-06

error 9.57%

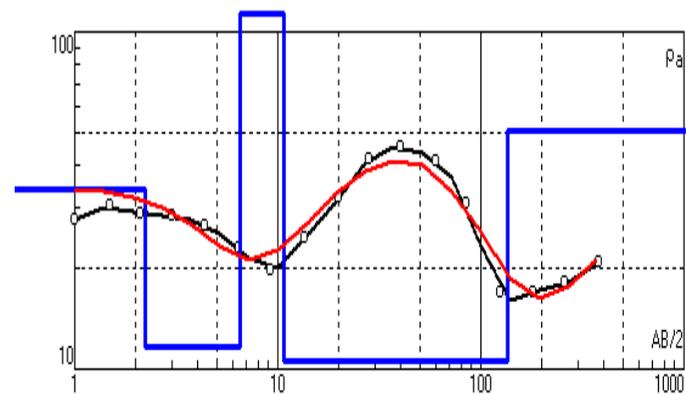
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 71.5 | 1.88 | 1.88 | -1.88 |
| 2 | 30 | 9.57 | 11.4 | -11.45 |
| 3 | 73.7 | 110 | 121 | -121.4 |
| 4 | 41.1 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev23-06

error 9.29%

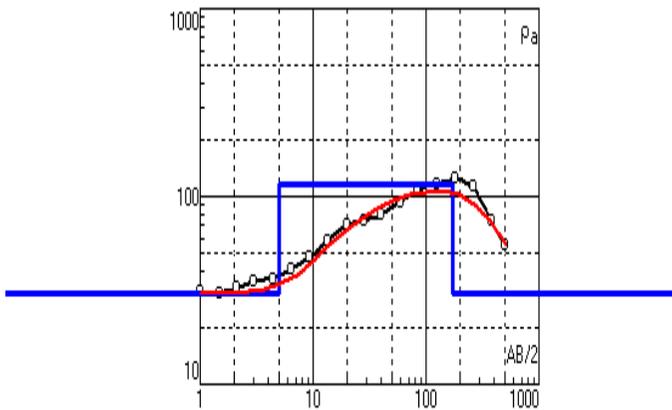
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 34.3 | 2.22 | 2.22 | -2.22 |
| 2 | 11.6 | 4.26 | 6.48 | -6.48 |
| 3 | 364 | 4.2 | 10.7 | -10.68 |
| 4 | 10.5 | 124 | 135 | -134.7 |
| 5 | 51.2 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev24-06

error 9.83%

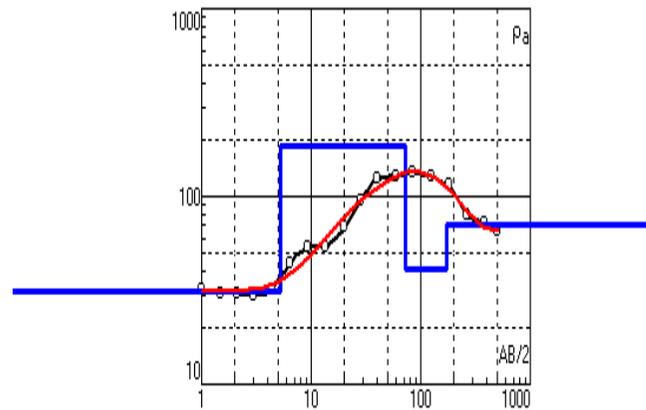
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|-------|
| 1 | 30.3 | 4.97 | 4.97 | -4.97 |
| 2 | 117 | 169 | 174 | -174 |
| 3 | 30.3 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev25-06

error 7.46%

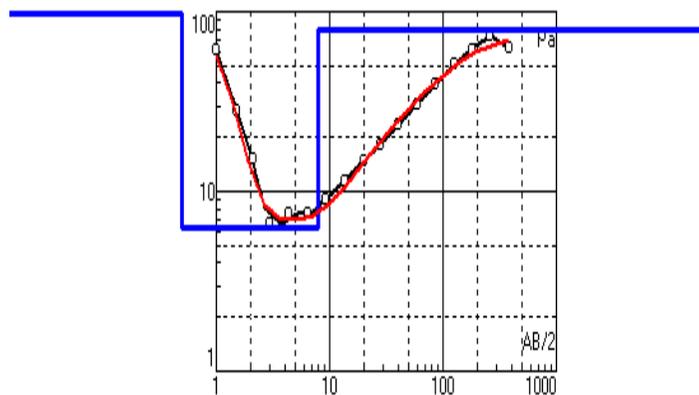
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 31.3 | 5.28 | 5.28 | -5.28 |
| 2 | 184 | 68.1 | 73.4 | -73.38 |
| 3 | 41.1 | 99.6 | 173 | -173 |
| 4 | 70.4 | | | |
| | | | | |



Sev26-06

error 7.95%

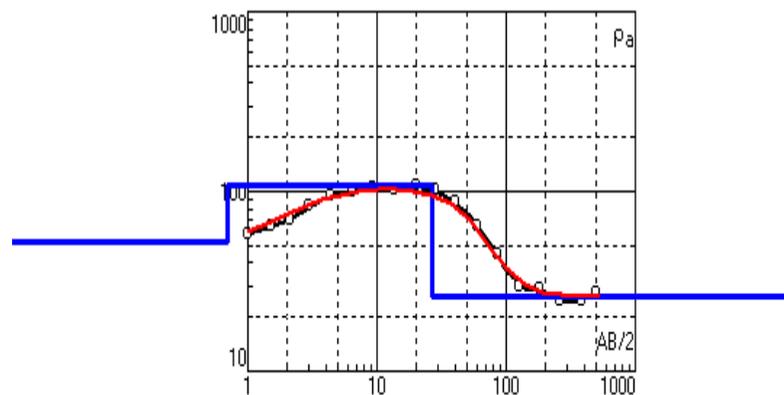
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|-------|
| 1 | 120 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 6.28 | 7.47 | 7.97 | -7.97 |
| 3 | 79.3 | 160 | 168 | -168 |
| 4 | 79.3 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev27-06

error 5.23%

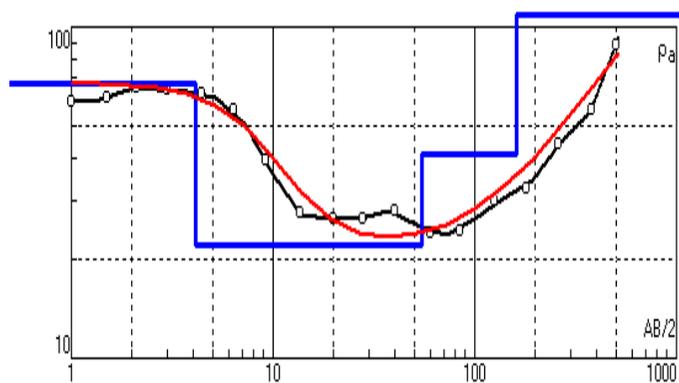
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 52 | 0.7 | 0.7 | -0.7 |
| 2 | 107 | 25.7 | 26.4 | -26.4 |
| 3 | 25.9 | 162 | 188 | -188.4 |
| 4 | 25.9 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev28-06

error 9.82%

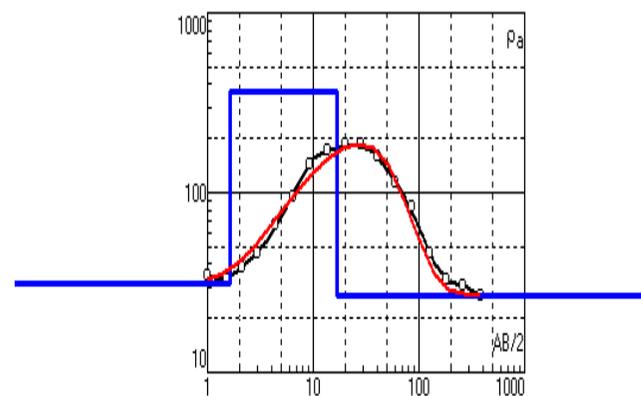
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 67.6 | 4.15 | 4.15 | -4.15 |
| 2 | 21.9 | 50.6 | 54.7 | -54.75 |
| 3 | 41.1 | 106 | 161 | -160.8 |
| 4 | 346 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev29-06

error 9.17%

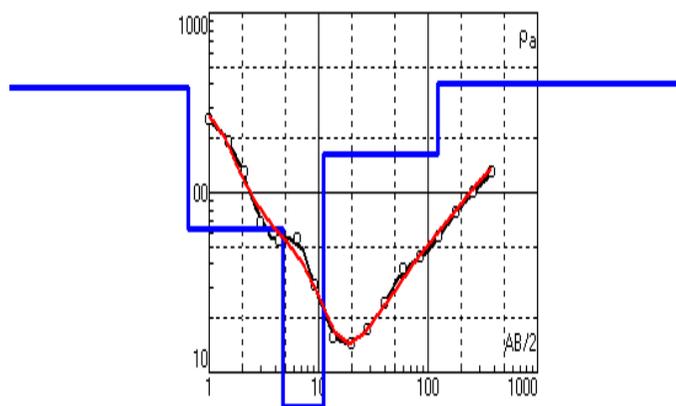
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 31.4 | 1.62 | 1.62 | -1.62 |
| 2 | 362 | 15 | 16.6 | -16.62 |
| 3 | 26.5 | 110 | 127 | -126.6 |
| 4 | 26.5 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev30-06

error 7.86%

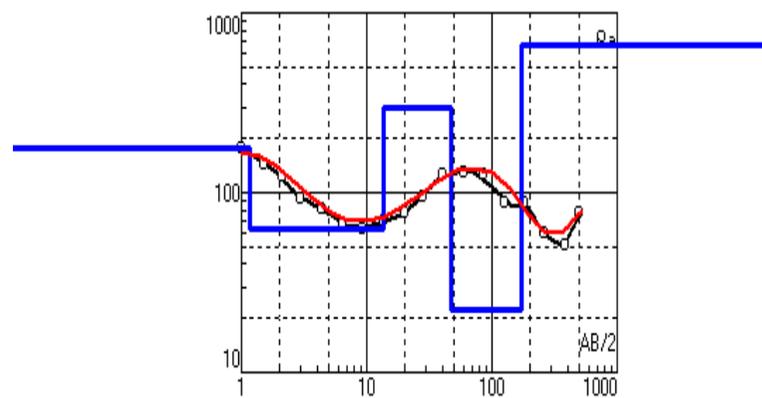
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|-------|-------|--------|
| 1 | 381 | 0.646 | 0.646 | -0.646 |
| 2 | 62.2 | 4.12 | 4.77 | -4.766 |
| 3 | 4.5 | 6.25 | 11 | -11.02 |
| 4 | 164 | 112 | 123 | -123 |
| 5 | 405 | | | |



Sev31-06

error 9.9%

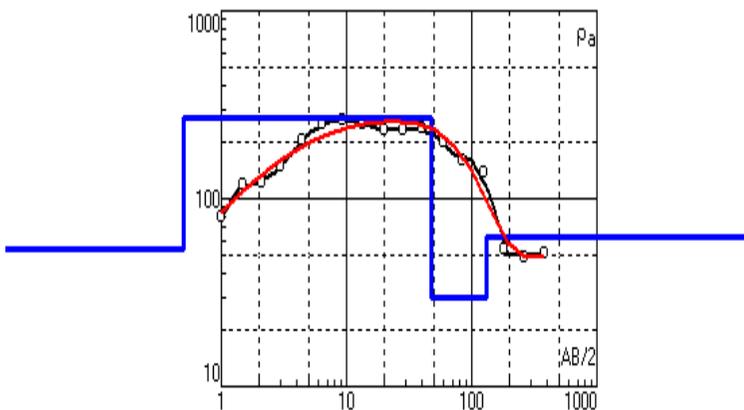
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 178 | 1.18 | 1.18 | -1.18 |
| 2 | 62.8 | 12.5 | 13.7 | -13.68 |
| 3 | 300 | 33 | 46.7 | -46.68 |
| 4 | 22.3 | 126 | 173 | -172.7 |
| 5 | 655 | | | |



Sev32-06

error 9.79%

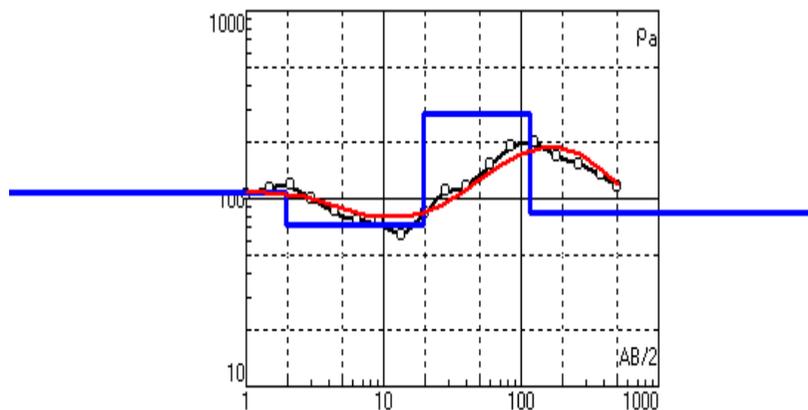
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 53.5 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 270 | 46.8 | 47.3 | -47.3 |
| 3 | 29.7 | 85.4 | 133 | -132.7 |
| 4 | 61.9 | | | |
| | | | | |



Sev33-06

error 9.93%

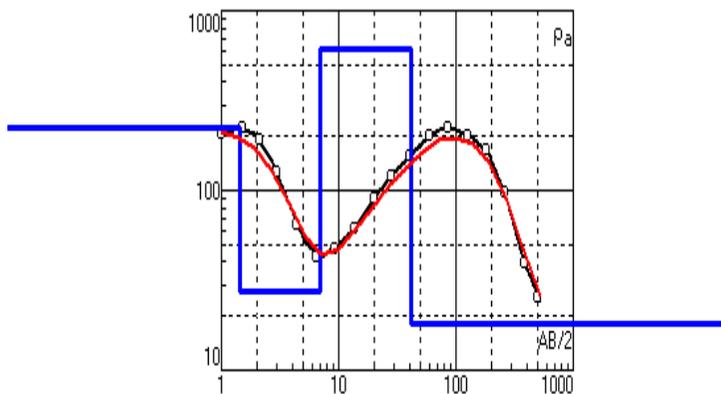
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 109 | 1.94 | 1.94 | -1.94 |
| 2 | 73.3 | 17.5 | 19.4 | -19.44 |
| 3 | 280 | 95.8 | 115 | -115.2 |
| 4 | 84.4 | 60 | 175 | -175.2 |
| 5 | 84.4 | | | |



Sev07-01

error 9.25%

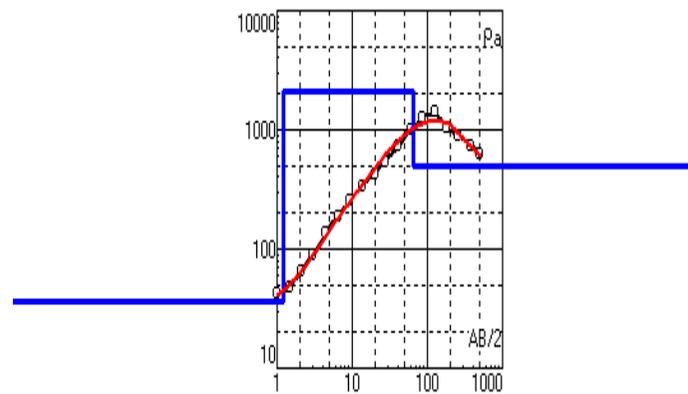
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|-------|
| 1 | 224 | 1.44 | 1.44 | -1.44 |
| 2 | 27.3 | 5.56 | 7 | -7 |
| 3 | 619 | 34.7 | 41.7 | -41.7 |
| 4 | 18.1 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev07-04

error 7.05%

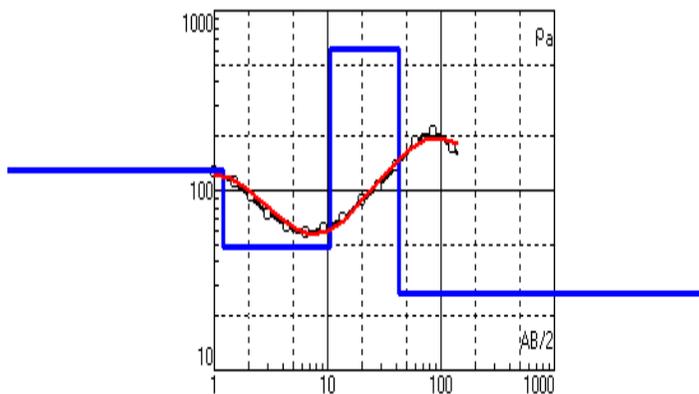
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 36.2 | 1.2 | 1.2 | -1.2 |
| 2 | 2080 | 63.9 | 65.1 | -65.1 |
| 3 | 498 | 97.7 | 163 | -162.8 |
| 4 | 498 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Sev10-01

error 5.7%

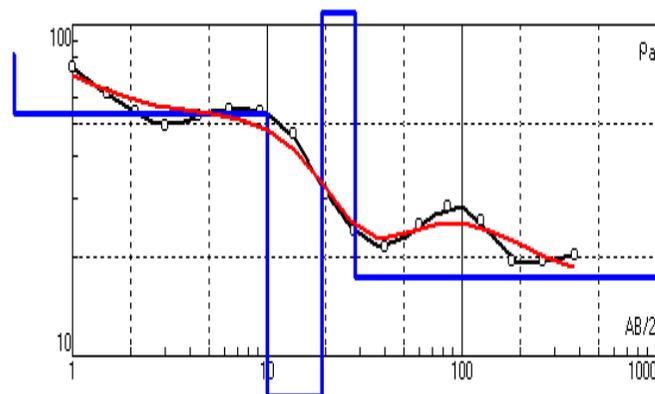
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 129 | 1.21 | 1.21 | -1.21 |
| 2 | 48.8 | 9.45 | 10.7 | -10.66 |
| 3 | 615 | 32.3 | 43 | -42.96 |
| 4 | 26.4 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



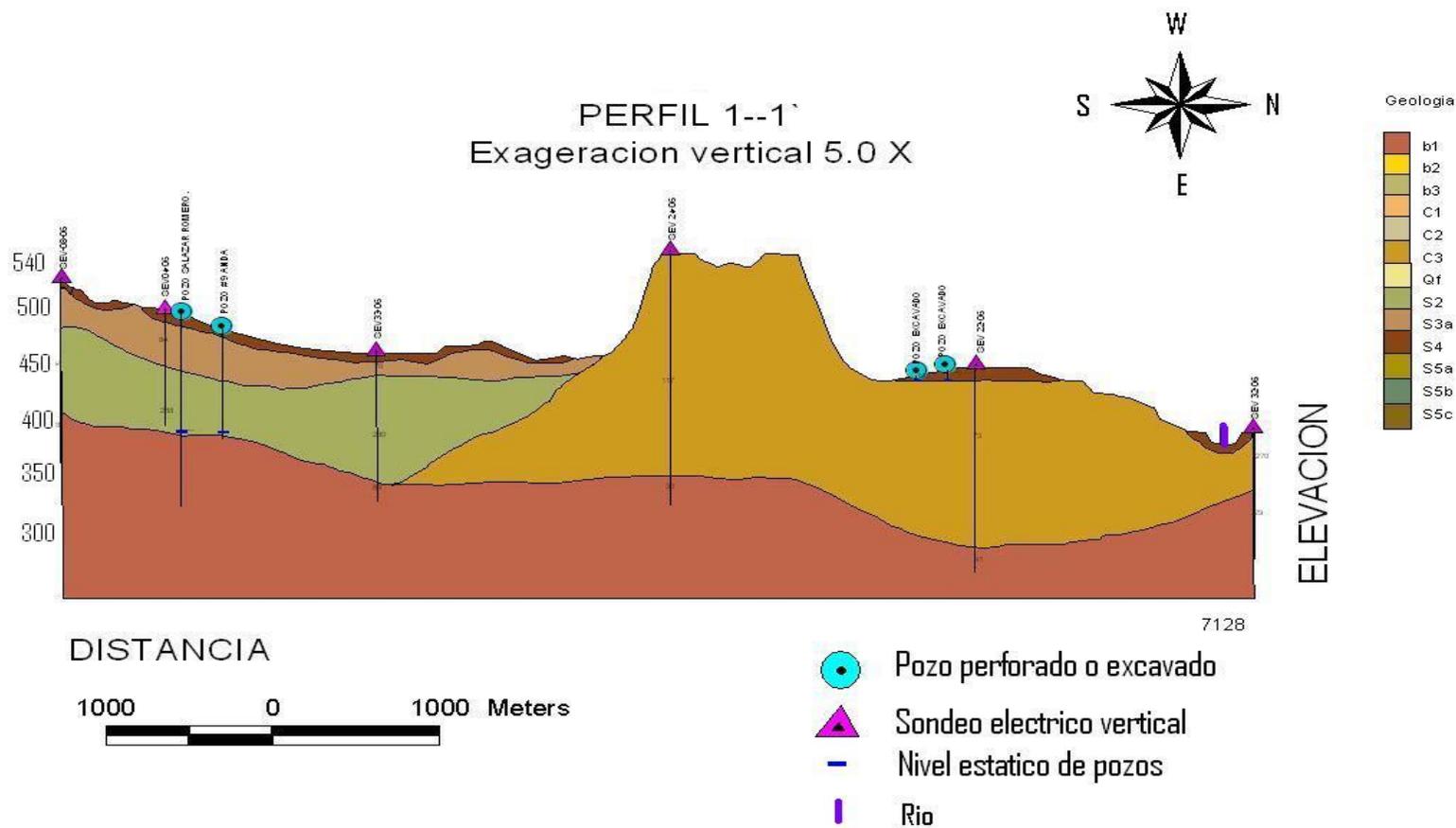
Sev02-04

error

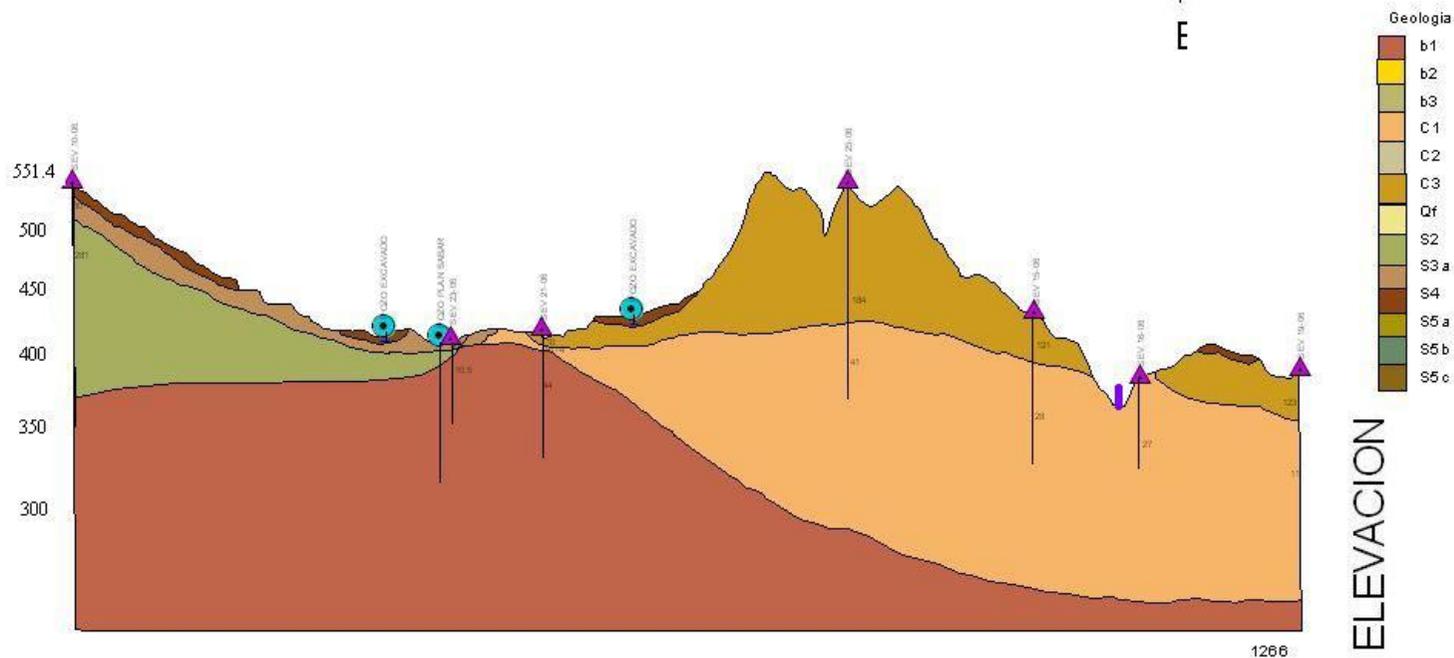
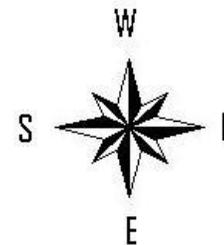
| N | ρ | h | d | Alt |
|---|--------|------|------|--------|
| 1 | 80.8 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 54.1 | 9.44 | 9.94 | -9.941 |
| 3 | 7.58 | 9.1 | 19 | -19.04 |
| 4 | 123 | 9.31 | 28.3 | -28.35 |
| 5 | 17.3 | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Anexo 10. Perfiles geoelectricos realizados con la información geológica, estratigráfica y geofísica.



PERFIL 2-2`
Exageracion Vertical 5.0 X



- Pozo perforado o excavado
- Sondeo electrico vertical
- Nivel estatico de pozos
- Rio

