



ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÌA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Exploración de aguas subterráneas en Cadeate para el
abastecimiento de la Comunidad.**

INGENIERÌA EN GEOLOGÌA

Presentado por:

Marcela Toalombo Chimborazo.

Guayaquil- Ecuador

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme vivir esta vida que él eligió para mí y darme la fuerza y valor para culminar con una de las etapas.

A mi madre Nelly Chimborazo quien me ha llevado por el buen camino de la vida brindando su apoyo incondicional.

Al Dr. Paul Carrión por permitirme formar parte de su Centro de Investigación y haber dirigido mi tesis.

Al Dr. Javier Montalván por su dedicación y ayuda prestada durante todo el proyecto.

A la Junta Regional de Agua Potable de Manglaralto (JRAPM) por haberme permitido realizar los estudios respectivos en Cadeate.

A mis tíos y primos quienes siempre me han apoyado cada paso que doy.

A Luis Reyes, Tatiana Gavin y a todos quienes me han apoyado y ayudado en el trabajo campo.

A mis profesores, compañeros, amigos y familiares personas de las cuales he adquirido valores y enseñanzas en el transcurso de mi vida.

DEDICATORIA

A mi madre

A mi familia

A mis amigos

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Paul Carrión

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Graduación de la Espol).

Marcela Del Rocío Toalombo Chimborazo.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca determinar mediante información geológica, geofísica (S.E.V) los lugares idóneos para el desarrollo de la explotación de un acuífero que proporcione agua a la Comuna de Cadeate, debido a que en la actualidad no hay ningún pozo de agua en el sector de estudio que permita el abastecimiento a los habitantes del lugar. La Junta de Agua Potable Regional de Manglaralto (JAPRM) se encuentra abasteciendo de agua al sector desde 1988 lo que ayuda a enfrentar el problema de la demanda de agua en la zona.

El abastecimiento de agua en dicho sector de estudio se realiza mediante la explotación de agua subterránea con los pozos ubicados en el acuífero costero de Manglaralto, limitando la cantidad del líquido vital a las viviendas del lugar. A su vez el agua es también distribuida mediante tanqueros, los cuales tienen un precio elevado y sin garantizar las normas de calidad.

Para el desarrollo en general de la población en Santa Elena y la reducción de la pobreza en la zona es un factor importante disponer del agua potable suficiente que permita un desarrollo sostenible del área. Este proyecto consiste en realizar dieciséis sondeos eléctricos verticales en la comuna de Cadeate, los cuales permitan caracterizar las capas del subsuelo del área de estudio, para determinar mediante dicha información la posibilidad de la construcción de pozos en la Comuna Cadeate, mediante una propuesta técnica y ambiental del sistema de explotación del acuífero

Los datos de resistividades obtenidos en campo fueron procesados en oficina bajo el programa Ipi2win, realizando curvas de campo las cuales fueron ajustadas a un margen de error no más del 5%, en las que se presentaron datos de espesor y profundidades de las capas del subsuelo mismas que fueron definidas por el tipo de material geológico que permite establecer las posibles capas con reservas de agua.

Se estableció un corte geológico a través del cual se puede correlacionar las capas del subsuelo y definir los sitios con mayor probabilidad para la elaboración de un acuífero.

Bajo los parámetros estudiados en campo; espesor, profundidad y tipo de material se estableció un esquema para la formación de los acuíferos en Cadeate.

ÌNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÌNDICE GENERAL.....	IX
ABREVIATURAS.....	XIV
ÌNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÌNDICE DE TABLAS.....	XVIII

CAPÍTULO 1.....	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1 Preámbulo.....	1
1.2 Planteamiento del Problema y Justificación	3
1.3 Elaboración de la Hipótesis.....	6
1.4 Delimitación de la Zona de Estudio	7
1.5 Estudios Previos Realizados en la Zona de Interés.....	9
1.6 Metodología General de la Investigación.....	10
1.7 Objetivos General.....	14
1.8 Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO 2.....	16
2. BASE TEÓRICA.....	16
2.1 Conceptos de Hidrología	16
2.1.1 Ciclo Hidrológico.....	16
2.1.2 Sistema Hidrológico	17
2.2 Acuífero.....	19
2.2.1 Generalidades	19
2.2.2 Clasificación de los Acuíferos por el grado de presión a la que se encuentran sometido.....	20
2.2.3 Clasificación de los Acuíferos según el tipo de hueco.	21
2.2.4 Intrusión marina	22
2.2.5 Clasificación de los Acuíferos según las características litológicas.	23
2.3 Exploración Hidrogeológica.	24
2.3.1 Métodos Geológicos	24
2.3.2 Métodos Geoeléctricos de Prospección.	25
2.3.3 Resistividad Eléctrica de Suelos.	30
2.3.4 Método Tradicional del Sondeo Eléctrico Vertical.	34
2.3.5 Proceso de Medición en el campo.....	38
2.3.6 La interpretación.....	39

2.3.7	Sondeos eléctricos en las investigaciones hidrogeológicas.	40
CAPÍTULO 3.		43
3.1	Geomorfología.....	43
3.2	Estratigrafía.....	44
3.2.1	FORMACIÒN SAN JOSÈ.....	45
3.2.2	FORMACIÒN ARENISCAS ATLANTA U OLISTOLITO.....	45
	ATLANTA (Eoceno Inferior).....	45
3.2.3	UNIDAD PASSAGE BEDS.....	46
3.2.4	GRUPO ANCÒN.....	46
3.2.5	ARENISCAS SANTO TOMAS.....	47
3.2.6	MIEMBRO CLAY PEBBLE BEDS.....	47
3.2.7	FORMACIÒN SECA.....	48
3.2.8	FORMACIÒN TABLAZO.....	48
3.2.9	FORMACIÒN ZAPOTAL.....	48
3.2.10	DEPÒSITOS ALUVIALES.....	49
3.3	INVESTIGACIONES CLIMATOLÒGICAS.....	49
3.3.1	Temperatura.....	55
3.4	Distribución de agua potable en Cadeate.....	56
CAPÍTULO 4.		60
4.	TRABAJO DE CAMPO Y OFICINA.....	60
4.2	Sondeos Eléctricos Verticales.....	62
4.3	Ajuste de la curva de campo en el software IPI2win.....	86
CAPÍTULO 5.		89
INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....		89
5.1	SONDEOS ELÈCTRICOS VERTICALES.....	89
5.1.1	CORRELACIÒN DE CAPAS.....	142
5.2	UBICACIÒN DE LOS POZOS ELABORADOS EN CADEATE MEDIANTE EL PROGRAMA ARCGIS.....	146
5.3	PROPUESTA PARA LA ELABORACIÒN DE UN POZO.....	147
5.4	DISEÑO BASE PARA LA ELABORACIÒN DE POZOS EN CADEATE.....	147
5.4.1	Metodología de campo para la elaboracion de un pozo.....	147
5.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	150

5.5.1	CONCLUSIONES.....	150
5.5.2	RECOMENDACIONES.....	152

ABREVIATURAS

m	Metros.
mm	Milímetros.
m^3	Metros Cúbicos
K	Kilómetro
K^2	Kilómetro Cuadrado
°C	Grados centígrados.
USD	Dólares Americanos
PSE.	Península De Santa Elena.
Ωm	Ohmios Metros.
CA	Corriente alterna.
CC	Corriente continua.
ΔV	Variación de voltaje.
HP	Caballos de fuerza.
K	Permeabilidad.
T	Transmisividad.
S	Sondeo.
SEV	Sondeo eléctricos vertical
Q	Caudal.
CE	Conductividad Eléctrica

I	Intensidad de Corriente
ρ_a	Resistividad aparente.

ÌNDICE DE FIGURA

Figura 1.3 Ubicación geográfica del área de estudio. Comuna Cadeate	8
(Fuente: Cipat-ESPOL)	8
Figura 1.4 Esquema Metodológico	11
Figura 2.1 Ciclo Hidrológico.....	16
Figura 2.2 Sistema Hidrológico.....	17
Figura 2.3 Tipos de acuíferos	21
Figura 2.4 Representación de la intrusión marina	22
Figura 2.4 Tipos de Acuíferos según las características litológicas	24
Figura 2.5 Fenómenos Físicos.	26
Figura 2.6 Valores de Resistividad de diferentes rocas.....	32
Figura 2.6 Dispositivo electródico convencional Simétrico.	35
Figura 2.7 Método Schlumberger	36
Figura 2.8 Terrameter 4000	37
Figura 2.9 Método de Medición.....	42
Figura 3.1 Geomorfología de la zona de estudio	43
Figura 3.2 Relación Estratigráfica entre la Formación Santa Elena y Cuenca Progreso.....	44
Figura 3.4 Mapa de Isoyetas del Ecuador	51
Figura 3.4 Mapa de Precipitaciones	52
Figura 3.5 Normal vs. Acumulada Octubre 2015	52
Figura 3.6 Normal vs Acumulada Noviembre 2015	53
Figura 3.7 Precipitación acumulada entre el 11 y 20 de Diciembre 2015.....	54
Figura 3.8 Mapa de Isotermas del Ecuador.....	55
Figura 3.9 Mapa de la distribución de agua potable en tanque de 250 litros	56
Figura 3.10 Cadeate y la elaboración del pan tradicional	57
Figura 3.11 Terreno de sembrío.....	58
Figura 4.1 Realización del sondeo eléctrico vertical en Cadeate	62
Figura 4.2 Realización del sondeo eléctrico vertical en Libertador Bolívar	63
Figura 4.3 Realización del SEV-1.....	64
Figura 4.4 Realización del SEV-2	65
Figura 4.5 Realización del SEV-3	67

Figura 4.6 Realización del SEV-1	68
Figura 4.7 Realización del SEV-5	69
Figura 4.8 Realización del SEV-6	69
Figura 4.9 Realización del SEV-7.....	70
Figura 4.9 Realización del SEV-8.....	71
Figura 4.10 Realización del SEV-9	71
Figura 4.11 Realización del SEV-10	73
Figura 4.12 Realización del SEV-11	74
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015	74
Figura 4.13 Realización del SEV-12	75
Figura 4.14 Realización del SEV-13.....	76
Figura 4.15 Realización del SEV-14	78
Figura 4.16 Realización del SEV-15.....	79
Figura 4.17 Realización del SEV-16.....	80
Figura 4.18 Realización del SEV-1 LB.....	82
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015	82
Figura 4.19 Realización del SEV-2 LB.....	83
Figura 4.20 Realización del SEV-3 LB.....	84
Figura 4.21 Terrameter SAS 4000	86
Figura 4.22 Partes de un Equipo completo ABEM para un SEV Schlumberger.....	86
Figura 4.23 Panel de ingreso de datos en el Software IPI2win	87
Figura 4.24 Ajuste de la curva de campo	87
Figura 5.2 Interpretación del SEV-2. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	94
Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.....	94
Figura 5.3 Interpretación del SEV-3. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada	97
Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.....	97
Figura 5.4 Interpretación del SEV-4. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	100
Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.....	100
Figura 5.5. Interpretación del SEV-5. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	103

Figura 5.6. Interpretación del SEV-6. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	106
Figura 5.7 Interpretación del SEV-7. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	109
Figura 5.8 Interpretación del SEV-8. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	111
Figura 5.9 Interpretación del SEV-9. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	114
Figura 5.10 Interpretación del SEV-10. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	117
Figura 5.11 Interpretación del SEV-11. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	120
Figura 5.12 Interpretación del SEV-12. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	123
Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.	123
Figura 5.13 Interpretación del SEV-13. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	125
Figura 5.14 Interpretación del SEV-14. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	128
Figura 5.15 Interpretación del SEV-15. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	131
Figura 5.16 Interpretación del SEV-16. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	133
Figura 5.17 Interpretación del SEV-1. Libertador Bolívar (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	136
Figura 5.18.- Interpretación del SEV-2. Libertador Bolívar (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada. Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.	138
Figura 5.19 Interpretación del SEV-3. Libertador Bolívar (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.	141
Figura 5.20 SEV1- SEV4-SEV6.	142
Figura 5.21 SEV1- SEV4-SEV6.	144
Figura 5.22 SEV2- SEV5-SEV12.	145
Figura 5.23 Ubicación de los Sondeos en Cadeate.	146
Figura 5.24 Diseño general para la construcción de un pozo en Cadeate.	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Operacionalización de la Hipótesis.....	7
Tabla 1.2 Resistividad de las rocas más comunes; Minerales y Químicos	32
Tabla 1.3 Resistividad de algunos materiales. Fuente.- (Miranda)	36
Tabla 4.1 Coordenadas de los SEV en Cadeate.	63
Tabla 4.2 Coordenadas de los SEV en Libertador Bolívar	64
Tabla 4.3 SEV-1.....	64
Tabla 4.4 SEV-2.....	66
Tabla 4.5 SEV-3.....	67
Tabla 4.6 SEV- 9.....	72
Tabla 4.7 SEV-10.....	73
Tabla 4.8 SEV 11	74
Tabla 4.9 SEV-12.....	75
Tabla 4.10 SEV-13.....	77
Tabla 4.11 SEV-14.....	78
Tabla 4.12 SEV 15	79
Tabla 4.13 SEV- 16.....	81
Tabla 4.14 SEV-1LB.....	82
Tabla 4.15 SEV-2LB.....	83
Tabla 4.16 SEV - 3LB.....	84
Tabla 5.1. Capas de resistividad SEV-1.....	92
Tabla 5.2 Capas de resistividad SEV-2.....	95
Tabla 5.3 Capas de resistividad SEV-3.....	98
Tabla 5.4. Capas de resistividad SEV-4.....	101
Tabla 5.5. Capas de resistividad SEV-5.....	103
Tabla 5.6 Capas de resistividad SEV-6.....	107
Tabla 5.7 Capas de resistividad SEV-7.....	109
Tabla 5.8 Capas de resistividad SEV-8.....	112
Tabla 5.9. Capas de resistividad SEV-9.....	115

Tabla 5.10. Capas de resistividad SEV-10.....	118
Tabla 5.11. Capas de resistividad SEV-11.....	121
Tabla 5.12 Capas de resistividad SEV-12.....	123
Tabla 5.13. Capas de resistividad SEV-13.....	126
Tabla 5.14. Capas de resistividad SEV-14.....	128
Tabla 5.15 Capas de resistividad SEV-15.....	131
Tabla 5.16 Capas de resistividad SEV-16.....	134
Tabla 5.17. Capas de resistividad SEV-1 Libertador Bolívar.....	136
Tabla 5.18. Capas de resistividad SEV-2 Libertador Bolívar.....	139

CAPÍTULO 1.

1. ANTECEDENTES

1.1 Preámbulo.

En la Península de Santa Elena (PSE) en el transcurso del tiempo se han desarrollado estudios hidrogeológicos en ciertos sectores del lugar permitiendo establecer los sitios con mayor probabilidad para la explotación de agua subterránea de un acuífero. En épocas anteriores, el desabastecimiento del agua era notorio para todos los habitantes de la Península, sin embargo en la zona norte específicamente en Manglaralto actualmente Montañita, Rio chico, Manglaralto, San Antonio, Libertador Bolívar, Cadeate perteneciente a la Península de Santa Elena reciben agua mediante la organización de la Junta Regional de Agua Potable de Manglaralto.

Santa Elena presenta un clima tropical semiárido. Las temperaturas medias anuales que presenta el sector de Cadeate es de aproximadamente 24°C, con precipitaciones alrededor de 323mm. Estudios realizados por los Técnicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI) muestran que para el año 2015 las lluvias superan sus normales en las zonas costeras de Santa Elena.

Las bajas precipitaciones registradas en Santa Elena el 2015 producirá más calor en el ambiente y a su vez aumentará el déficit de agua para los pobladores del sector lo cual ocasionará

una disminución del caudal en los ríos y a su vez dificulta la recarga de los pozos de agua ya existentes.

El problema que se viene suscitando en la Península de Santa Elena se debe al desabastecimiento del agua como recurso vital para el desarrollo de los habitantes del Sector, debido a las épocas de sequía en la zona. Los 13 pozos de agua existentes en Manglaralto abastecen a las Comunas de Nueva Montañita, Montañita, Rio Chico, Manglaralto, San Antonio, Libertador Bolívar, Cadeate, el total de personas de dichas Comunas que se abastece por los pozos es de 17.587 según los datos presentados por el INEC en el 2010.

Debido a la alta demanda que se presenta para satisfacer el desarrollo agropecuario y turístico los pozos de agua han bajado su nivel freático; disminuyendo el caudal de los pozos, reduciendo la cantidad de agua en la distribución hacia las Comunas, además las precipitaciones han resultado muy bajas en los últimos tres años. Estudios hidrogeológicos realizados en Santa Elena han permitido la explotación de agua subterránea mejorando la calidad de vida en el lugar, sectores como Olón ya cuentan con pozos de agua administradas por la Junta Regional de agua.

La Comuna Cadeate actualmente no cuenta con pozos de agua, por lo cual no se puede abastecer de agua directamente a los habitantes del sector, el estudio presente busca receptar toda aquella información de los lugares dentro de Cadeate que presenten aquellas capas de interés acuíferas.

El desarrollo social, cultural, personal, emocional son herramientas imprescindibles que debe tener el ser humano para crear un ambiente hostil de trabajo y avance de la Comuna, siendo esta la causa primordial por la cual se realiza el estudio para el hallazgo de pozos de agua que permitan el desarrollo de las Comunas y de Santa Elena en general.

1.2 Planteamiento del Problema y Justificación

¿Es factible con estudios geológicos y geoelectricos ofrecer una propuesta para el abastecimiento sostenible de agua del acuífero costero de Cadeate para la Comunidad?

Santa Elena actualmente cuenta con agua potable lo cual le permite una distribución limitada desde hace ya algún tiempo, cuando entonces la obtención del agua dulce o a veces salobre se cogía de albarradas, remediando esta ardua tarea mediante tanqueros que llevaban esta misma agua hasta los hogares. Ante la dificultad de garantizar la calidad y cantidad del agua los pobladores del lugar idean tener una planta potabilizadora que les facilite la llegada del agua a las viviendas.

Según los datos analizados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial la población en el Cantón de Santa Elena al inicio del año 1990 registró 84.010 habitantes y hacia fines del año 2010 finalizó con 137.199 habitantes según los datos presentados por el INEC, aumentando 53.189 personas durante cuatro años cuyo crecimiento afecta al sector debido a

que el aumento de los pobladores requiere una mayor demanda de servicios tales como son; el agua, luz, alimentación, trabajo; siendo uno de los factores principales por lo que pasa Santa Elena el desabastecimiento del agua, al ser una provincia en vías de desarrollo afecta circunstancialmente el aumento de dicha población.

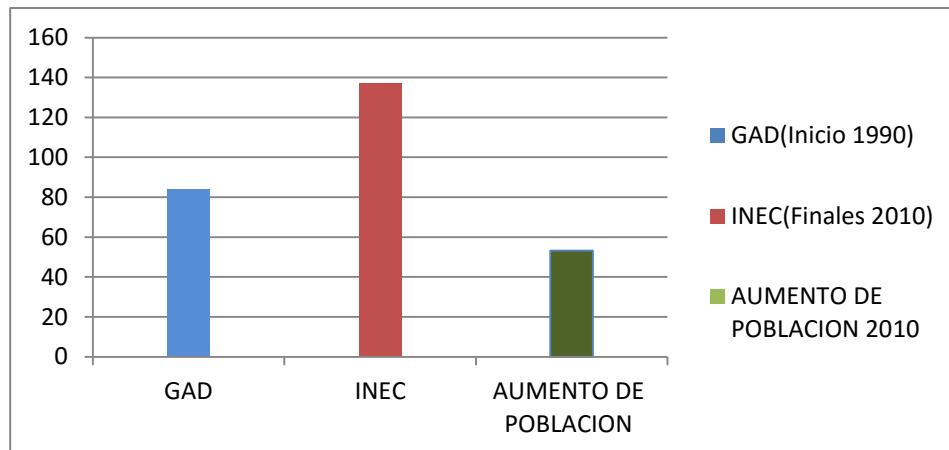


Figura 1.1 Crecimiento de la población en Santa Elena
Fuente (GAD-INEC 2010)

La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo realizó un análisis sobre las necesidades básicas insatisfechas el 25 de Febrero del 2014, cuya comparación muestra en la tabla que la pobreza en el cantón de Santa Elena es de 52.3% con respecto a la provincia de Santa Elena.

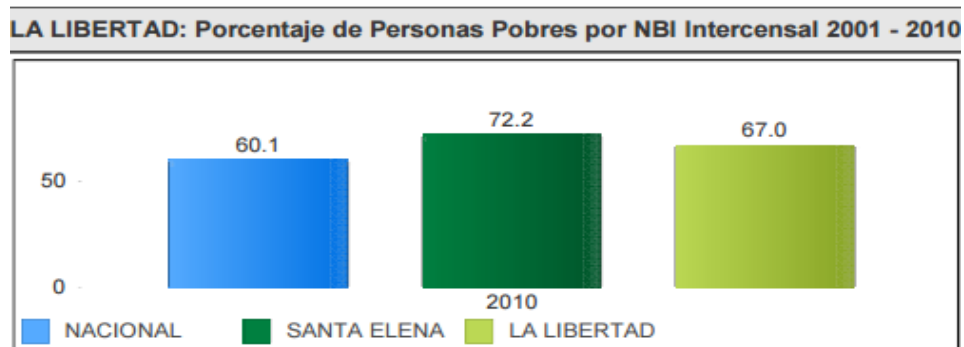


Figura 1.2 Porcentaje de personas pobres.
Fuente (NBI 2001-2010)

La comuna Cadeate actualmente busca fomentar el sector como un buen lugar para ser visitado por los turistas, para lo cual se busca que los comuneros del sector desarrollen un plan de negocio para elaborar como producto base el típico pan del sector, el cual será de exquisitez por ser horneado con leña proporcionándole un sabor y textura difícilmente igualables, el mismo que ya ha sido elaborado por más de cinco años. Para el crecimiento de esta idea es necesario contar con el servicio básico del agua, debido a que es fundamental para la elaboración del producto y limpieza de los hornos, las personas a cargo del progreso de este plan han determinado que el déficit de agua en el sector es un gran inconveniente a la hora de poner en marcha el avance del proyecto debido a que se pierde tiempo y se dificulta la obtención de agua mediante tanqueros, y la cantidad de la misma es limitada para cada persona en el hogar, sin contar con la salubridad en la que llega a su destino final.

AGUAPEN actualmente no llega a la zona de Manglaralto por lo cual provee de agua a la parte urbana de la Península de Santa Elena, Sin embargo esta distribución no es suficiente para todos los habitantes del sector por lo cual se han explotado algunos acuíferos que permiten la extracción del agua y facilita el desarrollo en la Península.

Actualmente la cantidad de agua que proporciona AGUAPEN no es suficiente para los pobladores del lugar debido a que muchos de los habitantes se dedican a la preparación del pan, labores de construcción y demás por los que es necesario buscar y adquirir el agua mediante baldes y cisternas.

La distribución del agua potable ha sido un problema que con el pasar del tiempo no ha visto mejora, la cabecera cantonal suspendió las clases a mediados de octubre debido a que AGUAPEN paso por ciertos daños en las bombas, afectando el desarrollo de los estudiantes en el sector de Santa Elena.

La ayuda recibida por parte del Gobierno no es suficiente a la hora de abastecer a las escuelas, hogares y construcciones, debido a estos inconvenientes algunas obras como la construcción de canchas de futbol con césped sintético e iglesias han tenido que ser suspendidas limitando el progreso de la comunidad.

El proyecto para el avance de la comuna comienza a mando de Otto Vera de Alianza País, y lo continua Dionicio Gonzabay. Estudios reportan que se necesita 20 millones de dólares para cambiar el sistema de tuberías de asbesto por tuberías PVC y 15 millones para potencializar la planta. Esta suma de dinero resulta difícil de conseguir o gestionar para los presidentes de las comunas por lo cual se realizó un llamado al presidente Rafael Correa para que se solidarice con el sector y se ofrezca un crédito al Banco del Estado logrando que dicha suma de dinero resuelva los problemas del sector. (la historia , 2014)

1.3 Elaboración de la Hipótesis

Para el siguiente Proyecto de graduación se utilizará la siguiente Hipótesis:

Los estudios geológicos y geoelectricos permitirán obtener una propuesta de aprovechamiento sostenible del acuífero costero de Cadeate que complete el abastecimiento de agua en el sector.

Variable X: Estudios geológicos y geoelectricos.

Variable Y: Propuesta para el abastecimiento sostenible.

Tabla 1.1 Operacionalización de la Hipótesis

HIPOTESIS	VARIABLES X y Y	INDICADORES
Los estudios geológicos y geoelectricos permitirán obtener una propuesta de aprovechamiento costero de Cadeate que complete el abastecimiento de agua en el sector.	X: Estudios geológicos y geoelectricos. Y: Propuesta para el abastecimiento sostenible	X1: Correlación de información geológica y datos geofísicos. X2: 16 Sondeos eléctricos verticales. X3: Indicadores de capas con estratos favorables para la obtención de agua. Y: Construcción de un pozo de agua.

Fuente y Elaboración: Marcela Toalombo Ch.

1.4 Delimitación de la Zona de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicado al norte de la provincia de Santa Elena, en la parroquia Manglaralto, en la cuenca del rio

Manglaralto específicamente en la comuna Cadeate, donde se realizaron todos los sondeos eléctricos verticales.

La comuna de Cadeate está ubicada a orillas del mar, localizado al noroeste de la provincia de Santa Elena, aproximadamente a 56 Km. A sus alrededores encontramos las comunidades de Manglaralto, Montañita y Río Chico al norte; mientras que por el sur se sitúa a San Antonio y Simón Bolívar. (Infocentro Manglaralto) (Figura 1.3).

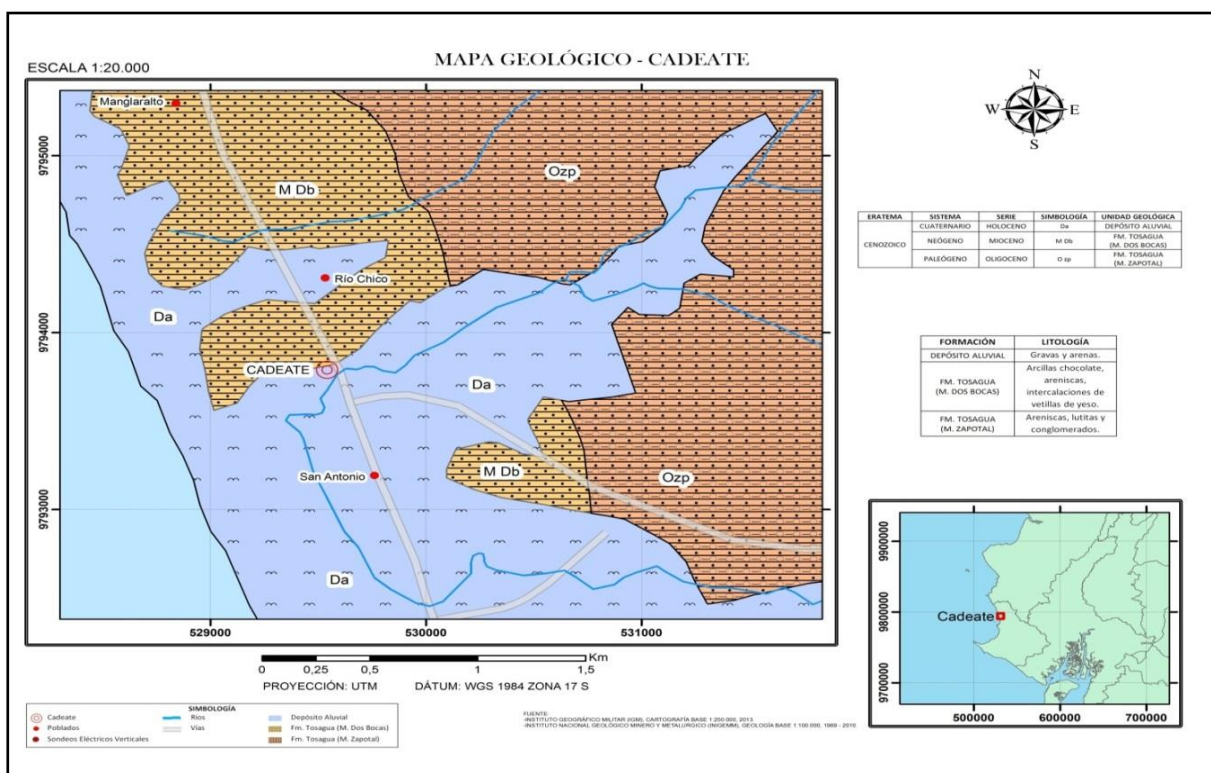


Figura 1.3 Ubicación geográfica del área de estudio. Comuna Cadeate
(Fuente: Cipat-ESPOL)

La distribución de aguas es llevada por la comunidad, a través de la Junta Regional de Agua Potable Manglaralto conformada por 6 personas, las mismas que se encargan de administrar el recurso y limitarlo a las necesidades de las comunidades para las que fueron destinados dichos pozos.

1.5 Estudios Previos Realizados en la Zona de Interés.

Para el desarrollo de este proyecto se ha recopilado toda aquella información geológica proporcionada por estudios previos:

Plan Regional Integrado de la Cuenca del Río Guayas y de la Península de Santa Elena.- Propuesta del Plan Hidráulico Regional.

Caracterización geofísica de los Acuíferos en el Sector Olón de la Península de Santa Elena-. La elaboración de este estudio tiene como objetivo base idear un Plan de Explotación de aguas subterráneas caracterizando geofísicamente el acuífero en el Sector de Olón.

Estudio Geoeléctrico y planeamiento de Explotación de Aguas Subterráneas en el Sector de Santa Elena, Atahualpa, Ancón y Pechiche. Comprende una caracterización geoeléctrica dirigido a cargo por el Doctor Paul Carrión.

La Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Escuela Superior Politécnica Del Litoral realizaron Estudios Hidrológicos en el Sector de Manglaralto , Lugar perteneciente a la Provincia de Santa Elena; con el fin de elaborar un plan para la Recarga de Acuíferos, buscando cuidar la calidad y mantener el adecuado nivel de abastecimiento del agua.

Caracterización y Propuesta Técnica de la Acuicultura en el Sector comprendido entre las Comunas Ayangue y Montañita de la Península de Santa Elena.

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011-2016 realizado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Manglaralto.

Caracterización Geoeléctrica del Acuífero de la Cuenca del Río Olón para Propuesta de Plan de Explotación dirigido por el Dr. Paul Carrión.

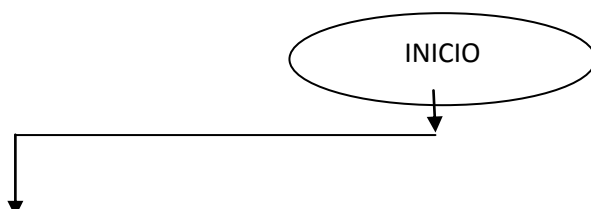
Caracterización Hidrológica de la Cuenca del Río Valdivia.- El desarrollo de este proyecto se basó en datos geológicos, geoeléctricos, niveles piezométricos y análisis físicos y químicos de las muestras tomadas en el Sector.

Análisis de la Variación del Contenido Isotópica de Oxígeno -18 y Deuterio en el Acuífero de Manglaralto, Península de Santa Elena y Determinación de Patrones Locales para mediciones por Estereoscopia Laser por Absorción.- CIPAT.

Estudio realizados por Priscila Valverde y Byron Galarza sobre la Caracterización Geoquímica e Isotópica del agua superficial y subterránea en el área de influencia del Río Siete y de las Actividades Mineras en el Distrito Minero de Ponce Enríquez (2012).

1.6 Metodología General de la Investigación

Los pasos que se llevaron a cabo para el desarrollo del presente estudio en el Recinto Cadeate fueron los siguientes:



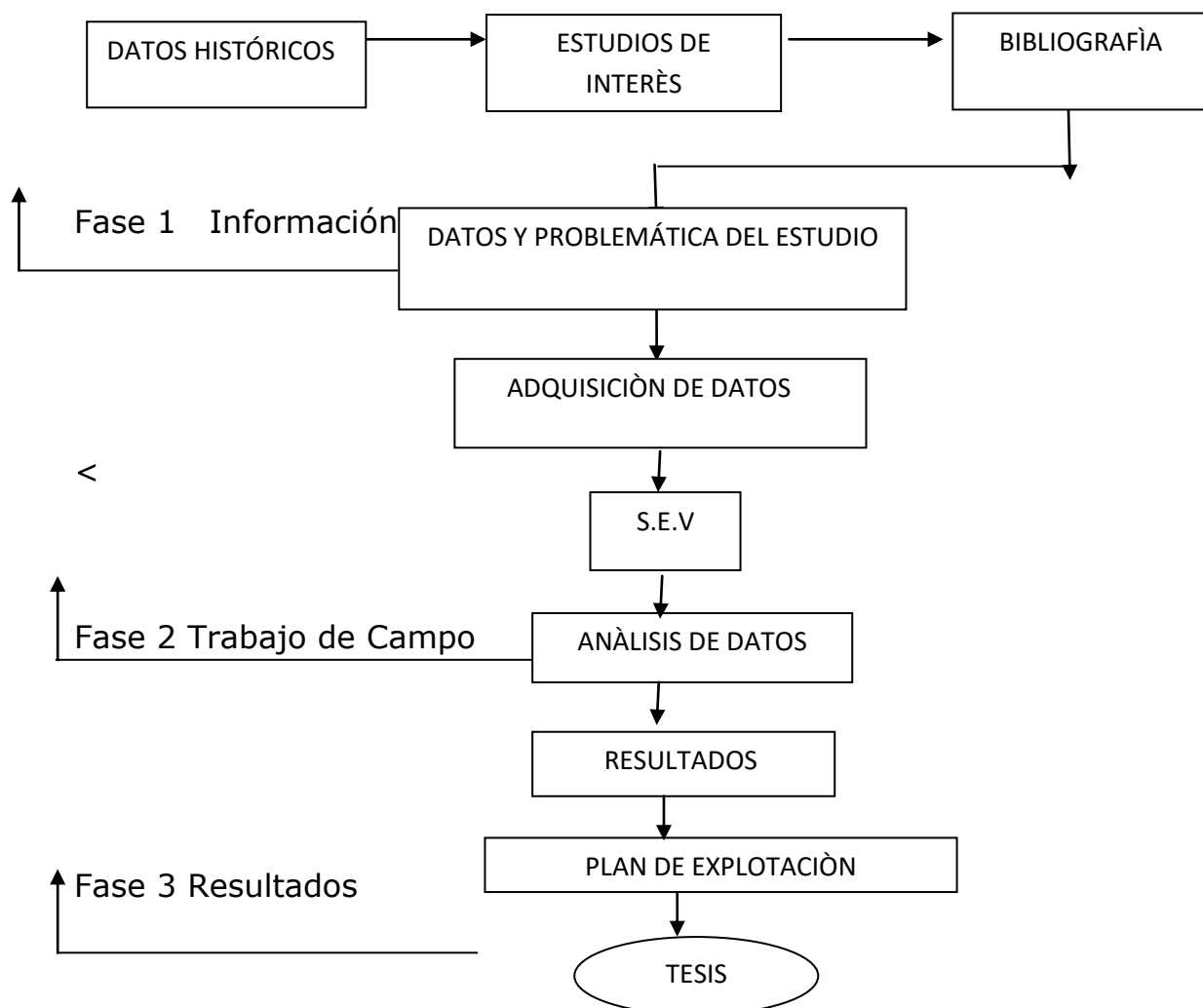


Figura 1.4 Esquema Metodológico
 Fuente: Toalombo M., 2015

1.- FASE 1: Recopilación de la Información.- Reunir toda aquella información existente de la Parroquia Manglaralto y su Recinto Cadeate, tal como el mapa geológico del respectivo Sector así como también los datos meteorológicos.

La información geológica realizada por diversos investigadores en tiempo anteriores es utilizada actualmente por las personas a cargo del proyecto debido a que es importante tener un reconocimiento de los sedimentos por los cuales está conformada

el área de estudio en general, información que resulta indispensable para el reconocimiento del lugar, en este caso será estudiada la Geología de Santa Elena.

Datos meteorológicos indican que el clima de la zona es semiárido debido a eso las precipitaciones en el lugar son escasas, lo que dificulta en gran cantidad el riego de agua sobre los cultivos.

Datos obtenidos por INEC en el año 2010 ha permitido determinar la cantidad de población existente en el Cantón Santa Elena lo que proporciona una idea de la cantidad de agua que se necesita para abastecer las diversas parroquias que permiten el desarrollo de la región.

Se procedió a localizar los lugares con mayor información geológica e hidrológica en base a indicios preponderante de la existencia de agua subterránea o a su vez de lugares cercanos o sus alrededores, con el fin de realizar un excelente trabajo de campo que facilite la obtención de la resistividad de cada uno de los estratos presentes, los mismos que permitan un análisis de la posible existencia de agua.

2.-FASE 2: Trabajo de Campo.-Datos históricos realizados por diversos investigadores en tiempo anteriores se tomaron como base para los estudios realizados en el campo; Datos Geológicos, Geomorfológicos, Geofísicos, fueron recogidos con el fin de realizar un correcto estudio de los sectores idóneos para la elaboración de los pozos de agua en la Comuna Cadeate.

Las salidas de campo realizadas permitieron la toma de medidas a los alrededores del Recinto Cadeate, tomando como punto de partida lugares donde se conoce la posible existencia de agua subterránea, cuya información fue relatada por los comuneros del lugar, que son aquellas personas que llevan viviendo en el sitio por muchos años y conocen aquellos lugares con mayor posibilidad de agua.

Una correcta observación de los estratos presentes en la superficie y de la geomorfología del lugar fue esencial con la información de los comuneros para definir aquellos lugares en los cuales se realizaron los sondeos eléctricos verticales.

Se realizaron sondeos eléctricos verticales a $AB/2 : 100$ metros permitiéndonos obtener mayor profundidad según la extensión horizontal a la cual fueron tomadas las medidas, para captar mayor información el desplazamiento horizontal fue de 100 metros a la izquierda y derecha del resistivímetro de esta manera con mayor precisión las capas del subsuelo y la resistividad de cada una de estas capas será analizada mediante el programa IPI2win obteniendo valores que demuestren la posible presencia de agua.

3.-FASE 3: Interpretación y Resultados de Datos.-Es resultado de toda la información recopilada junto con los datos adquiridos en el campo y la evaluación de los valores de resistividad en oficina.

Determina la interpretación final de los datos tomados en el campo y del análisis de los datos de resistividad realizados en la oficinas del CIPAT, ubicado dentro de las instalaciones de la ESPOL, mediante el programa IPI2win, el cual permite realizar

una interpretación de las posibles capas que se pueden encontrar debajo de la superficie los mismos que nos dan un indicio de las posibilidades de encontrar agua. (Figura 1.4)Esquema Metodológico.

1.7 Objetivos General

Establecer un Modelo geoelectrico mediante Sondeos Eléctricos verticales en el Sector de Cadeate que permita elaborar una propuesta para el desarrollo sustentable mediante los lineamientos para la explotación de aguas subterráneas cubriendo la demanda que existe por los pobladores del Recinto.

1.8 Objetivos Específicos

Realizar una campaña de Sondeos Eléctricos Verticales mediante la metodología Schlumberger para conocer las posibles zonas de existencia de agua subterránea en Cadeate.

Elaborar perfiles y columnas geoelectricas mediante correlación de SEV y observaciones de campo que permitan establecer la

constitución del terreno por medio de métodos de prospección geofísica y la toma de datos geológicos analizados e interpretados en el programa IPI2win.

Determinar el terreno adecuado mediante análisis de la información procesada y resultados de SEV y perfiles geoelectricos para la elaboración de posibles pozos que mejoren la calidad de agua

CAPÍTULO 2.

2. BASE TEÓRICA

2.1 Conceptos de Hidrología

2.1.1 Ciclo Hidrológico

El ciclo Hidrológico comprende una sucesión de etapas por las cuales pasa el agua, al pasar de la tierra a la atmosfera y de regreso a la tierra permitiendo que el fluido se encuentre en constante movimiento para lo cual se va desarrollando acciones como la evaporación del mar, suelo o agua continentales. (Galvez)



Figura 2.1 Ciclo Hidrológico
(Fuente: Ambientum.com)

2.1.2 Sistema Hidrológico

Se define como sistema hidrológico al conjunto de acciones que se generan debido a acciones anteriores, formando una conexión entre ellas al irse desarrollando en la superficie de la tierra. (Galvez)

El sistema hidrológico viene conformado por los siguientes componentes:

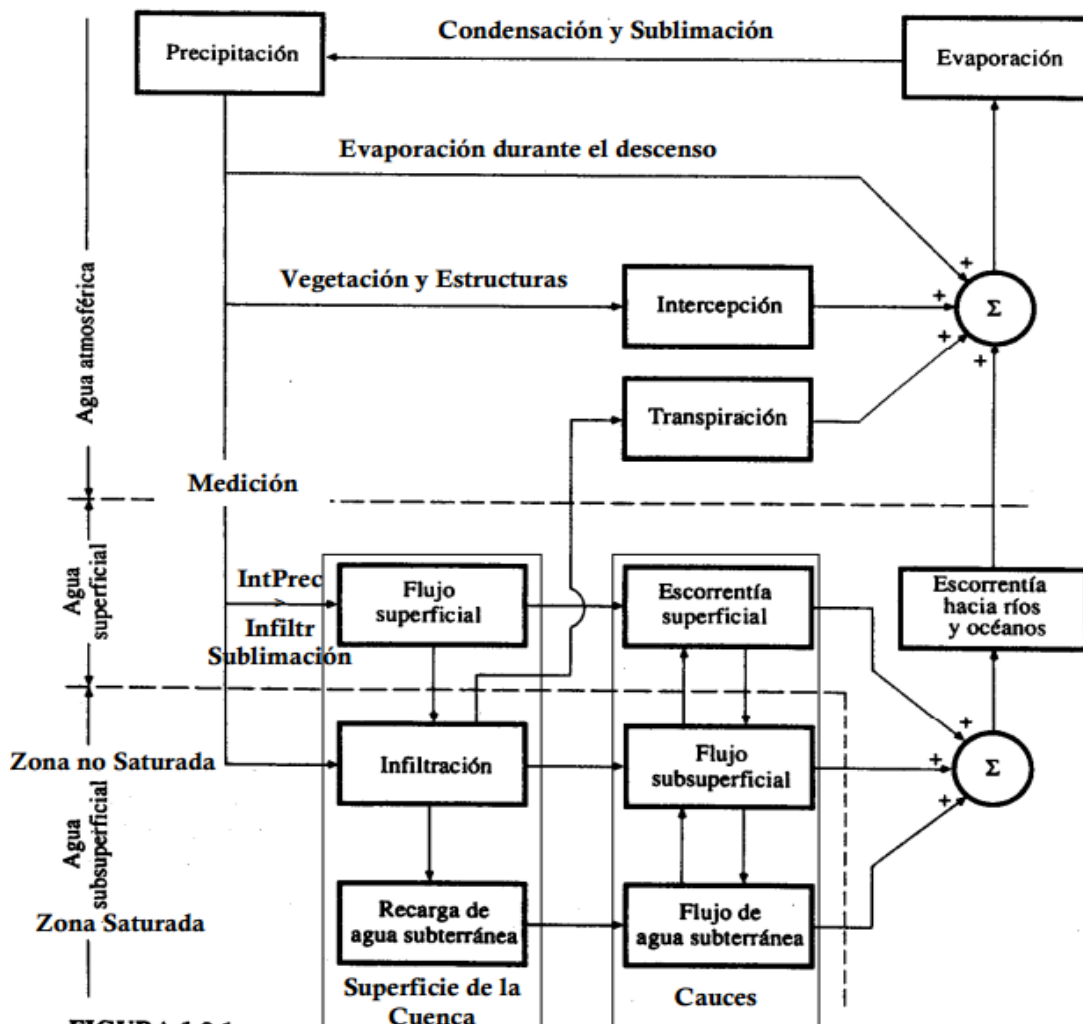


Figura 2.2 Sistema Hidrológico

Fuente.- Galvez

✓ **PRECIPITACIÒN**

La precipitación es una fase importante del ciclo hidrológico y se basa en toda aquella agua que cae sobre la superficie de la tierra en estado líquido sólido, cuya acción se produce debido a la condensación del vapor ya sea por la influencia del aumento de presión o temperatura.

Según los estudios realizados se ha clasificado a la precipitación en diferentes tipos; los cuales han sido determinados debido a su forma de precipitar. (Galvez).

PRECIPITACIÒN CONVECTIVA

Se denomina precipitación convectiva a la acción que se genera cuando pequeñas masas de aire cálidas ascienden en altura, provocando el enfriamiento de las mismas, generando la condensación que formara una nubosidad en forma de tormenta la cual tendrá duraciones en la escala del tiempo, aproximadamente menos de una hora. (IPEM)

PRECIPITACIÒN OROGRÀFICA

Se encuentra relacionada con la presencia de barreras montañosas durante el ascenso en altura de una nube, provocando durante la elevación que la temperatura disminuya, influenciando una precipitación en estado líquido (IPEM)

PRECIPITACIÓN CICLÓNICA

Se produce debido al contacto en la atmosfera de dos masas de aire a diferentes temperaturas y humedad generando la superposición de la una con la otra en base al peso , colocándose arriba el aire a mayor temperatura el mismo que al enfriarse lo hace en forma de lluvia. (FUNGLODEIGFDD)

✓ **EVAPORACIÓN**

Es un proceso mediante el cual se permite el cambio de estado del agua; de estado líquido hacia un estado gaseoso. (Galvez)

✓ **CONDENSACIÓN**

Es el cambio de estado de la materia de fase gaseosa a líquida, resultando ser el proceso inverso a evaporación. (Galvez).

2.2 Acuífero

2.2.1 Generalidades

Un acuífero es una formación geológica la cual se forma en el transcurso del tiempo, es considerado geológicamente como una capa que almacena volúmenes de agua la cual retiene y circula en el interior de los poros de aquellos materiales que fueron depositados tales como; calizas, gravas, areniscas, arenas de playas y hasta formaciones geológicas, permitiendo la extracción de la misma en cantidades económicamente aprovechables por el ser humano. (artinaid, 2013)

Los acuíferos ser recargan a través del agua de lluvia la misma que regresa al suelo y mediante las grietas de las rocas permite el ingreso

por infiltración en el interior del subsuelo hacia el acuífero la misma que varía en relación al tiempo. (civilgeeks)

La renovación de las reservas de agua que se infiltran en el acuífero dependerá de las condiciones geológicas, físicas, químicas, vegetación y el clima del medio ambiente las mismas condiciones que influyen en la precipitación, la observación geomorfológica es indispensable al realizar un análisis de las posibles reservas de agua. (artinaid, 2013).

2.2.2 Clasificación de los Acuíferos por el grado de presión a la que se encuentran sometido

ACUÍFERO LIBRE

También llamado no confinado o freático.

Son aquellos acuíferos cuya capa de agua se encuentra a presión atmosférica debido a las condiciones geológicas en las cuales se formó; la misma que se conoce geológicamente como la superficie freática constituyendo el límite superior del acuífero. (slideshare, 2014)

ACUÍFERO CONFINADO

Son aquellos acuíferos que se encuentran limitados por una capa superior e inferior la cual es impermeable, al ser perforado este tipo de acuíferos el nivel del agua alcanza una longitud de decenas hasta centenas de metros. (artinaid, 2013).

ACUÍFERO SEMI-CONFINADO

El techo o base de este tipo de acuífero no es totalmente impermeable, permitiendo la entrada del agua también llamada gotea por la capa semipermeable; sin embargo la misma recarga puede perderse por la base o el techo. (Obando)

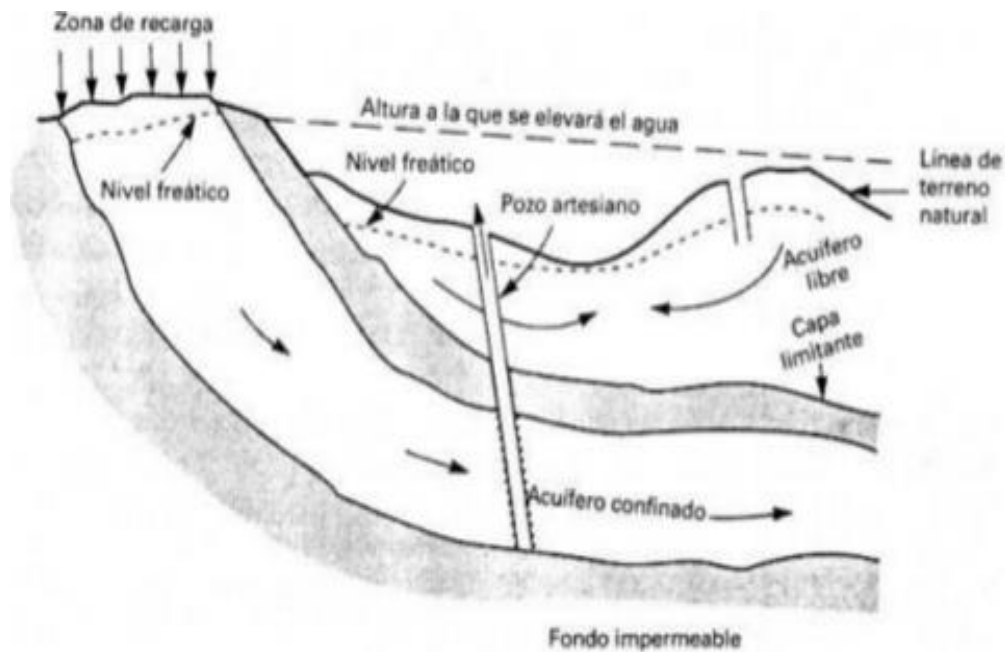


Figura 2.3 Tipos de acuíferos
Fuente.- UTN Regional Concepción de Uruguay

2.2.3 Clasificación de los Acuíferos según el tipo de hueco.

POROSO

Se considera un acuífero poroso a aquellos en los cuales el agua circula con gran facilidad debido a los espacios libres entre los diferentes tipos de materiales que conforman el subsuelo; como son las rocas no consolidadas, existiendo la permeabilidad entre arenas y gravas. (artinaid, 2013)

FISURADOS

El agua que circula a través de este tipo de acuíferos lo hace mediante las fisuras de las rocas recorriendo de forma heterogénea el terreno. (artinaid, 2013).

2.2.4 Intrusión marina

La intrusión marina es la primera causa de la contaminación de los acuíferos, lo cual es consecuencia de la sobreexplotación siendo un fenómeno común en las áreas que rodean las costas produciendo daños irreversibles. (Mercado)

La intrusión marina es producto de la extracción de agua subterránea disminuyendo el flujo de la cantidad de agua dulce almacenada y donde el frente de agua salada avanza tierra adentro desplazando el agua dulce y contaminando el agua del consumo humano. (Lopez)

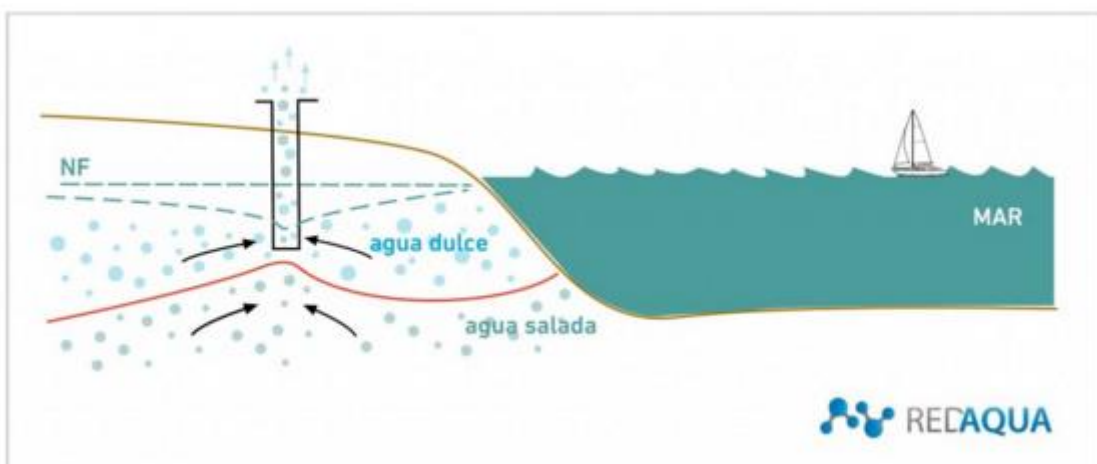


Figura 2.4 Representación de la intrusión marina
Fuente.- (REDITES, 2011)

La figura muestra como el agua salada migra hacia la zona de agua dulce como consecuencia de una sobreexplotación del acuífero produciendo un daño irreversible.

Los acuíferos costeros tienen su principal definición en que se encuentran conectado con el mar (agua salada),

Es conveniente determinar el problema contaminante a tiempo de modo que se pueda proponer las medidas adecuadas que lo permitan controlar en sus primeras etapas, el costo de restauración de un acuífero contaminado es elevado y su recuperación es lenta. (Mercado)

2.2.5 Clasificación de los Acuíferos según las características litológicas.

DETRÍTICOS

Son aquellos acuíferos formados por rocas o sedimentos de material detrítico dominados por gravas, arenas conglomerados, areniscas, su permeabilidad se debe a la porosidad intergranular (hispania).

CARBONATADOS

Acuíferos en rocas carbonatadas afectadas por eventos físicos y químicos como son la fracturación y disolución, dicho acuífero se caracteriza por poseer una matriz rocosa permeable la cual permite el paso del flujo de agua. (Los Acuíferos Karsticos , 2008).

MIXTOS

Su porosidad se debe al conjunto de las características del acuífero detrítico y carbonatado. (hispagua)

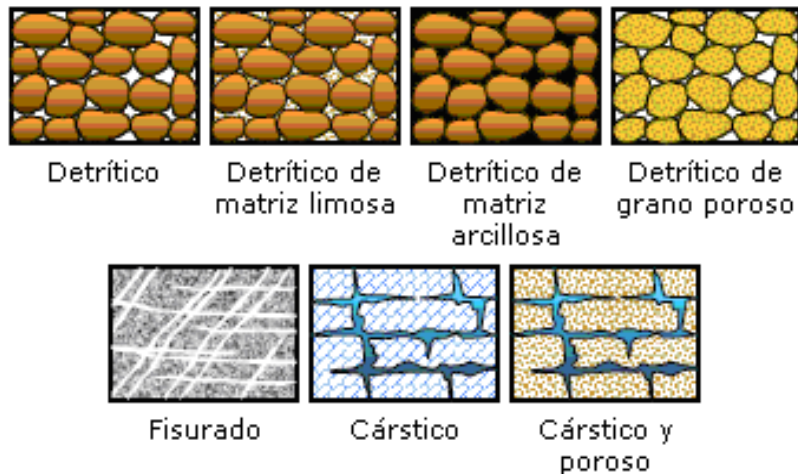


Figura 2.4 Tipos de Acuíferos según las características litológicas
Fuente.- Sistema Integrado de Información del agua. SIA

2.3 Exploración Hidrogeológica.

2.3.1 Métodos Geológicos

La prospección de agua subterránea comienza con el estudio geológico del sector y la búsqueda de las zonas más prometedoras según el fin buscado, en los cuales será fructífero el trabajo de campo logrando conseguir agua en el subsuelo. (ORELLANA, 1982)

Es de importancia estudiar y conocer la geología del terreno para lo cual el geólogo debe analizar aquella información bibliográfica realizada en épocas anteriores como; es el estudio de un mapa

geológico de la zona y fotografías aéreas que nos permite tener un detalle mucho más amplio de aquello que no es observable a simple vista. (Montes).

En el campo es posible realizar perfiles y cortes geológicos que permitan una representación de los diferentes tipos de rocas que se observen en el lugar de estudio, siendo un modelo aproximado de la distribución de las rocas en la profundidad. (Montes)

El geofísico es la persona encargada de analizar toda la información bibliográfica del lugar de estudio y determinar mediante el método geofísico más apropiado y sus modalidades de aplicación, seguida por la interpretación conjunta del geofísico y del geólogo basándose en el trabajo de campo y los datos procesados en oficina junto con la información geológica del lugar (ORELLANA, 1982).

La exactitud y la confiabilidad de resultados eficaces dependerán del estudio detallado de la geología del lugar a cargo del geólogo y del trabajo del método geoelectrico realizado por el geofísico. (ORELLANA, 1982).

2.3.2 Métodos Geoelectricos de Prospección.

El estudio de la Geofísica nos permite investigar los fenómenos físicos a los cuales se encuentra expuesto nuestro planeta como las ondas sísmicas, el electromagnetismo, el corriente eléctrico etc. (Int15)

La prospección geofísica nos permite caracterizar el subsuelo, el cual es un estudio muy utilizado en el estudio de aguas subterráneas, civiles, mineros, petroleros, incluso en estudios

arqueológicos debido a que se permite establecer la búsqueda de ciudades perdidas. (Klarica).

Método geofísico utilizado	Tipo	Fenómeno físico medido	Propiedad física deducida
Gravimetría	Natural	Aceleración de la gravedad	Densidad
Magnetismo	Natural	Campo magnético	Susceptibilidad
M. Eléctrico polarización espontánea	Natural	Campo eléctrico	Resistividad
M. Eléctrico polarización inducida	Provocado	Campo eléctrico	Resistividad
Electromagnético	Provocado	Campo electromagnético	Resistividad
Sismología	Natural	Tiempo de llegada de la ondas	Velocidad
Sísmica refracción	Provocado	Tiempo de llegada de la ondas	Velocidad
Sísmica reflexión	Provocado	Tiempo de llegada + amplitud de la ondas	Velocidad Impedancia acústica = densidad x velocidad
Radioactividad	Natural	Mineral radioactivo	Mineral radioactivo
Georadar	Provocado	Tiempo de llegada + amplitud de la ondas	Velocidad
Mediciones de pozos	Provocado	Varios	Varios

Figura 2.5 Fenómenos Físicos.
Fuente.- Klarica

Métodos Gravimétricos

El fenómeno físico medido mediante el método gravimétrico es la aceleración de la gravedad en distintos sectores del lugar de estudio, dicha variaciones de la gravedad se debe a los cambios bruscos de la densidad en el área. (Int15).

El gravímetro es aquel instrumento utilizado para realizar los estudios gravimétricos en el terreno y es a través del cual se puede determinar las diferencias de la gravedad que existen a lo largo del subsuelo. (W.Griem, 1999).

Las anomalías gravimétricas encontradas en el interior de la tierra nos permiten realizar una correcta interpretación geológica de los estratos que se han ido asentando en el tiempo geológico, definiendo unidades litológicas desde la superficie hasta su continuidad con el subsuelo. (SEGEMAR).

Mediante los estudios gravimétricos se puede definir estratos, límites de acuíferos, detección de minerales demás estudios significativos para el desarrollo del ser humano.

Método Magnético

El estudio magnético nos permite definir las variaciones en el campo magnético de la tierra donde las anomalías de los materiales permiten la clasificación del subsuelo.

Los estudios magnéticos son muy utilizados para estudios mineros, geológicos, arqueológicos debido a que nos ayuda a representar los materiales magnéticos y no magnéticos en el interior, así como a su vez se permite definir sistemas de fallamiento, fracturas donde es posible el alojamiento de diversos materiales junto con el almacenamiento y drenaje de aguas subterráneas facilitando la búsqueda y explotación de los lugares idóneos para la ubicación de acuíferos. (EM)

Método Sismológico

El método sismológico consiste en emitir ondas sísmicas artificiales desde la superficie las cuales recorren hacia dentro del subsuelo y al chocar las ondas elásticas con los sedimentos rebotan enviando la velocidad de propagación de las ondas las

mismas que permitirán caracterizar el terreno, detectar las formas de las estructuras geológicas y sus profundidades. (Estrada, 2008)

Estudios como la caracterización de la roca del terreno son importantes para la detección de agua subterránea para lo cual se utiliza la sísmica de refracción, reflexión, ruido sísmico. (Geofísica Exploraciones)

Método Sísmico de Reflexión

La sísmica de reflexión trata sobre las reflexión es del frente de las ondas sísmica en el subsuelo, datos que son receptados por los geófonos ubicados en la superficie; mediante el estudio de la sísmica de reflexión se ha podido determinar los acuíferos y sus límites, debido a que nos proporciona datos de las capas del subsuelo hasta unos 100 metros al igual este método es utilizado pos las industrias petrolíferas. (Chunga).

Método Sísmico de Refracción

El fenómeno físico medido durante la sísmica de refracción es el tiempo de llegada de las ondas, lo cual es de uso para el estudio de superficies a gran velocidad sin embargo el detalle es mayor en la sísmica de reflexión método que resulta ser más costoso, por su bajo costo la sísmica de refracción es más utilizado para estudios hidrogeológicos, petroleros, civiles y demás. (Chunga).

Método de Prospección Eléctrica

La corriente eléctrica que pasa a través de las rocas esta explicado por el postulado de la Ley de Ohm que establece que el flujo de corriente en ampere que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente proporcional a la resistencia en ohm de la carga que tiene conectada. (Martinez E. , 2006).

El método de prospección eléctrica estudia la conductividad o resistividad de las rocas por las que está compuesto el subsuelo siendo las propiedades de las mismas, actualmente es el método más utilizado debido a su bajo costo en la aplicación en el campo junto con la simplicidad y elaboración de la preparación en el terreno a la hora de tomar los datos. (W.Griem, 1999).

La prospección eléctrica trabajada en el campo necesita de varios electrodos los mismos que son clavados en el subsuelo a lo largo del terreno de estudio, por el cual se van a transmitir la corriente eléctrica generada por el resistivímetro que se encuentra en la superficie, dicha corriente es detectada por la roca. (W.Griem, 1999)

El alcance con respecto a la profundidad depende de los metros que se requieran abarcar, mientras más extenso sea el extendido de los electrodos mayor será la cantidad de datos alcanzados. (W.Griem, 1999).

La prospección eléctrica se clasifica en dos puede ser activa o pasiva; se conoce como activa cuando el potencial eléctrico es producido por la mano del hombre, mientras que es pasiva cuando el potencial eléctrico es espontaneo debido a la naturaleza a la cual se encuentra expuesto el subsuelo debido a los diversos

factores geológicos de la tierra. (Introducción a la prospección geofísica).

En el campo de la hidrogeología este método es muy aplicado para determinar datos que indiquen la posibilidad de encontrar agua en el subsuelo, los valores obtenidos en el campo ayudan a describir las capas que se encuentran debajo de la superficie, identificando las propiedades estructurales del tipo de roca por la cual este formado el terreno. (W.Griem, 1999).

La resistividad detecta el agua presente dentro de las rocas y nos permite determinar la salinidad debido a que las rocas saturadas sufren cambio delimitando de esta manera el tipo de agua presente tales como dulce o salada. (Goldman).

Los minerales presentes en el interior del subsuelo no son conductores de la resistividad, siendo un buen conductor el agua por lo que las rocas secas son menos conductores que las rocas con presencia de fluido salado que son las de mayor conductividad. (Miranda)

Aquellas rocas que en el interior del subsuelo se encuentran expuestas a fisuras junto con la presencia de agua presentan una disminución de la resistividad.

2.3.3 Resistividad Eléctrica de Suelos.

Los estudios de resistividad eléctrica de suelos son habituales para determinar mediante corriente eléctrica las capas que componen el terreno bajo estudio.

La resistividad en el interior del subsuelo es variable obteniendo valores de resistividad distinta debido a que todas las sustancias se oponen al paso de la corriente eléctrica en menor o mayor cantidad y a su vez varios factores influyen en la resistividad del suelo tales como: (Area Ingenieria Distribucion, 2008)

- Mezcla de diversos tipos de Subsuelo
- Temperatura
- Presión
- Compactación
- Humedad
- Granulometría
- Estratigrafía

La resistividad de los terrenos rara vez es homogénea debido a la mezcla de diversos tipos de materiales, por lo cual al pasar la corriente eléctrica continua debajo del suelo los valores descritos serán diferentes. (Leòn)

La humedad es una condición climática que varía según las etapas del año y las condiciones de la naturaleza siendo aconsejable no realizar este tipo de estudios en épocas lluviosas. (FLUKE).

La compactación del suelo puede variar dependiendo de las condiciones de asentamiento y al tener una mayor compactación la distancia entre cada una de las partículas disminuye notablemente; y se obtiene una mejor conducción a través de la humedad contenida en los sedimentos. (Garcia, 2011).

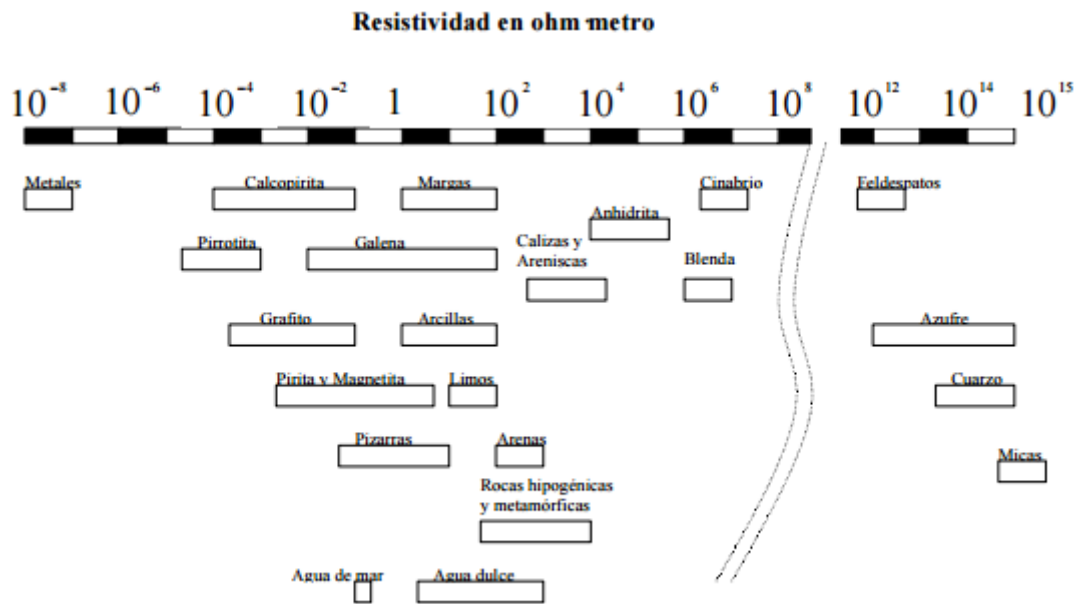


Figura 2.6 Valores de Resistividad de diferentes rocas
Fuente.- (Orellana, 1982)

Estudios realizados por Keller y Frischknecht 1966, Daniels y Alberty 1966 han permitido realizar una tabla que muestra los diferentes valores de resistividad de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias; valores detallado continuación: (Andres Lopez)

Tabla 1.2 Resistividad de las rocas más comunes; Minerales y Químicos

Material	Resistividad(ohm.m)
Rocas Ígneas y Metamórficas	
Granito	$5 \cdot 10^3 - 10^6$
Basalto	$10^3 - 10^6$
Pizarra	$6 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^5$
Mármol	$10^2 - 2.5 \cdot 10^8$
Cuarcita	$10^2 - 2 \cdot 10^8$
Rocas Sedimentarias	
Arenisca	$8 - 4 \cdot 10^3$

Esquisto	$20-2*10^3$
Limolita	$50-4*10^2$
Suelos y Agua	
Arcilla	1-100
Aluvión	10-800
Agua fresca	10-100
Agua de mar	0.2
Químicos	
Hierro	$9.074*10^{-8}$
0.01 M Cloruro de Potasio	0.708
0.01 M Cloruro de Sodio	0.843
0.01 M Ácido Acético	6.13
Xileno	$6.998*10^{16}$

Los valores resistivimétricos de las rocas ígneas y metamórficas varían en cuanto a la cantidad de agua que se ubica en los espacios generados por las fracturas presentando valores de resistividad altos; mientras que las rocas sedimentarias presenta según la tabla valores de resistividad bajo lo cual es producto de la porosidad . (Andres Lopez).

La tabla muestra un valor de 0.2 para el agua de mar; siendo un valor relativamente bajo y esto se debe a la cantidad de sal presente en el agua por lo que muchos investigadores consideran una técnica ideal para limitar el agua dulce del agua salada, solucionando de esta manera las dificultades y problemas debido a la mezcla del 2% de agua salobre con agua dulce lo que la hace no apta para el consumo y desarrollo humano. (Andres Lopez).

Los valores resistivimétricos de químicos son datos importantes de conocer debido a que a las diversas condiciones del medio la

tierra se ve expuesta a la presencia de diferentes químicos que pueden ser detectados. (Andres Lopez).

El aumento rápido de la resistividad dependerá del descenso de la temperatura a la cual se encuentre expuesto el material en el interior de la corteza terrestre mientras que a temperaturas más bajas el crecimiento será aún más suave. (ORELLANA, 1982).

La presión es un factor importante al momento de analizar la resistividad de los materiales, sabiendo que a cierta profundidad la variación de la presión en el interior de la tierra no es constante, lo que a su vez depende de los poros de la roca; los cuales serán los primeros en cerrarse por efecto de la presión dificultando la conducción por enlazar los poros más grandes. (ORELLANA, 1982).

2.3.4 Método Tradicional del Sondeo Eléctrico Vertical.

El método de sondeo eléctrico vertical tiene su origen en el año de 1920 y actualmente es el más usado debido a su fácil accesibilidad y aplicación sobre el terreno, siendo el método geofísico que determina la resistividad de las rocas.

En este método el espaciamiento de los electrodos colocados en el terreno es mucho más amplio dependiendo de la cantidad de información que se desee obtener del subsuelo de estudio. (Andres Lopez)

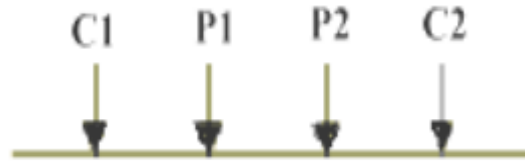


Figura 2.6 Dispositivo electrodico convencional Simétrico.
Fuente (Andres Lopez)

Se utilizan 4 electrodos de acero inoxidable mismo que son utilizados para transmitir la corriente eléctrica, dichos valores serán procesados en el resistivímetro colocado en la superficie. (Chunga)

Los valores obtenidos son multiplicados por la constante de proporcionalidad y procesados en el programa Ipi2Win donde se ajustara dicha curva a los diferentes materiales posibles que puedan ser encontrados en el subsuelo. (Chunga)

Los sondeos eléctricos verticales son utilizados para buscar información geológica en aquellos lugares de difícil acceso teniendo como base estudios realizados en épocas anteriores, permitiendo delimitar las capas del subsuelo junto con sus espesores.

La resistividad de las rocas encontradas en el subsuelo son variantes debido a la porosidad, el contenido de agua y salinidad, estudios realizados se ha estandarizado una tabla con valores en el siguiente orden:

Tabla 1.3 Resistividad de algunos materiales. Fuente.- (Miranda)

<i>Aguas y rocas</i>	<i>Resistividad (ohm*m)</i>
Agua de mar.....	0.2
Agua de acuíferos aluviales.....	10 – 30
Agua de fuentes.....	50 – 100
Arenas y gravas secas.....	1000 – 10000
Arenas y gravas con agua dulce.....	50 – 500
Arenas y gravas con agua salada.....	0.5 – 5
Arcillas.....	2 – 20
Margas.....	20 – 100
Calizas.....	300 – 10000
Areniscas arcillosas.....	50 – 300
Areniscas cuarcitas.....	300 – 10000
Tobas volcánicas.....	20 – 100
Lavas.....	300 – 10000
Esquistos grafitosos.....	0.5 – 5
Esquistos arcillosos.....	100 – 300
Esquistos sanos.....	300 – 3000
Gneis, granito alterado.....	100 – 1000
Gneis, granito sanos.....	1000 – 10000

El método utilizado para el estudio de este proyecto es el de Sondeos eléctricos verticales método Schlumberger el cual consiste en cuatro electrodos, donde A y B son electrodos externos de corriente y M y N son electrodos de potencial. (aprChile)

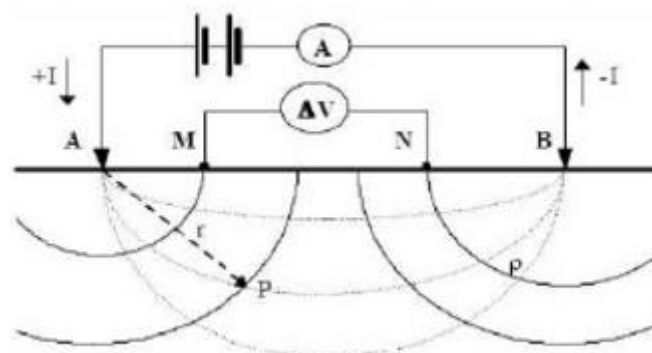


Figura 2.7 Método Schlumberger

Las líneas de flujo se profundizan a medida que la separación entre los electrodos de corriente aumenta. (aprChile).

Las líneas de flujo se profundizan a medida que la separación entre los electrodos de corriente aumenta. (aprChile).

El equipo utilizado es el terrameter 4000 de marca ABEM el cual consta del aparato SAS 4000 con cuatro canales de entradas, cable de entrada de corriente continua, memoria de almacenamiento y adaptador para batería externa y sus respectivas herramientas. (ABEM).



Figura 2.8 Terrameter 4000

El terrameter tiene tres funcionalidades como; Calcular la resistividad de los sedimentos a grandes profundidades, en modo de polarización inducida mide la caída de tensión transitorio para ciertos intervalos de tiempo, mientras que en el modo de medición de tensión mide los potenciales de corriente continua naturales. (ABEM).

El terrameter 4000 es colocado en la mitad del camino del terreno de estudio entre los electrodos de potencial (M y N), los terminales P1 y P2 deben conectarse a los terminales M y N, y conectar los electrodos de corriente (A y B) a los terminales C1 y C2, los cables deben

extenderse horizontalmente a lo largo del terreno, mientras más extenso mayor recepción de datos verticales serán obtenidos; Encender el aparato y percatarse de que se encuentre en modo de resistividad. (ABEM)

Es prescindible realizar varias campañas de sondeos que permitan determinar los datos geofísicos de un área grande de estudio, sin embargo los antecedentes o información de pozos cerca del lugar de estudio genera una lluvia de ideas de los posibles lugares más cercanos donde se puede hallar la reserva de agua subterránea.

2.3.5 Proceso de Medición en el campo

El proceso que se lleva a cabo al realizar los sondeos eléctricos verticales depende de la distancia AB por lo cual se los ha clasificado en cuatro grupos:

Sondeos eléctricos verticales cortos, con AB final de hasta 200 m

Sondeos eléctricos verticales normales con un AB final > 200 m y no superior a 2 o 3 kilómetros.

Sondeos eléctricos verticales largos con AB final comprendido entre 2 o 3 y 30 o 40 km.

Sondeos eléctricos verticales muy largos con un valor máximo de 1200km.

La arqueología como la Ingeniería Civil son dos ciencias que basan sus estudios e investigaciones en sondeos eléctricos verticales cortos, $AB = 200m$.

En estudios hidrogeológicos la prospección de agua subterránea utiliza sondeos eléctricos verticales normales no superior a los 3 km.

Los sondeos eléctricos verticales largos son utilizados por las industrias petroleras, en sus importantes e interesados hallazgos de pozos petroleros.

La geofísica pura realiza estudios con un valor máximo de 1200Km. (ORELLANA, 1982).

2.3.6 La interpretación.

La interpretación es el paso siguiente de los sondeos eléctricos verticales el cual depende de dos etapas en diferentes áreas; los datos de resistividad adquiridos en el terreno mediante la geofísica y la apreciación geológica de los datos obtenidos, adquiriendo un corte geológico a partir de un corte geoeléctrico. (ORELLANA, 1982).

Dos franceses geofísicos, KUNETZ Y ROCROI (1970), en un trabajo sobre la aplicación de ordenadores a la interpretación de SEV dicen textualmente: "Por lo tanto, nos hemos guardado muy bien de querer invadir con nuestra maquinas, el dominio reservado a la interpretación propiamente dicha." (ORELLANA, 1982).

El dominio de la interpretación en un estudio geofísico está basado fundamentalmente en la aportación de un ser inteligente como lo es el geofísico y el geólogo; que realizan el análisis sobre los datos obtenidos en el corte geoeléctrico y las observaciones en campo. (ORELLANA, 1982)

2.3.7 Sondeos eléctricos en las investigaciones hidrogeológicas.

Según ASTIER (1968) el 80 % de los estudios hidrogeológicos se realizan a base de los sondeos eléctricos verticales debido a su fácil accesibilidad y profundidad, logrando la obtención de datos resistivimétricos que permiten detectar la presencia de agua. (ORELLANA, 1982).

Las rocas compactas almacenan el agua subterránea en las grietas, mientras que en zonas abundantes de calizas se puede obtener resistividades bajas y altas, siendo los valores altos encontrados en rocas compactas con fracturas vacías, los valores intermedios a grietas o fisuras llenas de agua dulce, y valores pequeños clasificando a las rocas con presencia de agua salada. Estudios para determinar zonas kársticas son realizados mediante sondeos eléctricos verticales mostrando valores de resistividad bajos. (ORELLANA, 1982).

En zonas volcánicas es frecuente encontrar rocas efusivas de bastante permeabilidad y que indiquen una zona ideal para la presencia de agua subterránea, por lo cual la elaboración de campañas de sondeos eléctricos verticales es esencial ya que permiten determinar el espesor de la roca y la capa permeable que la diferencia de la impermeable por sus valores de resistividad. (ORELLANA, 1982).

2.3.8.1 Sondeos Eléctricos verticales en la Geotecnia

La geotecnia es otra de las ciencias que basan sus estudios en los sondeos eléctricos verticales debido a que muchas de sus investigaciones no sobrepasan los 200 metros de profundidad del dispositivo Schlumberger y permite diferenciar las capas horizontales del terreno sin la necesidad de perforar. (ORELLANA, 1982).

En Ingeniería Civil los sondeos eléctricos verticales son aplicables para estudios de cimentaciones de edificios y en la búsqueda de materiales de construcción determinando los espesores y naturaleza de las capas superficiales del terreno. (ORELLANA, 1982)

2.3.8.2 Método Wenner

El método Wenner fue desarrollado en el año de 1915 por el Dr. Frank Wenner es también conocido como el método de los cuatro puntos el cual consiste en calcular la resistividad aparente insertando cuatro electrodos en línea recta, obteniendo la resistividad a las capas más profundas del subsuelo lo cual es resultado de penetrar los electrodos al mismo nivel y con la misma distancia sin necesidad de penetrarlo a grandes profundidades. (Garcia, 2011).

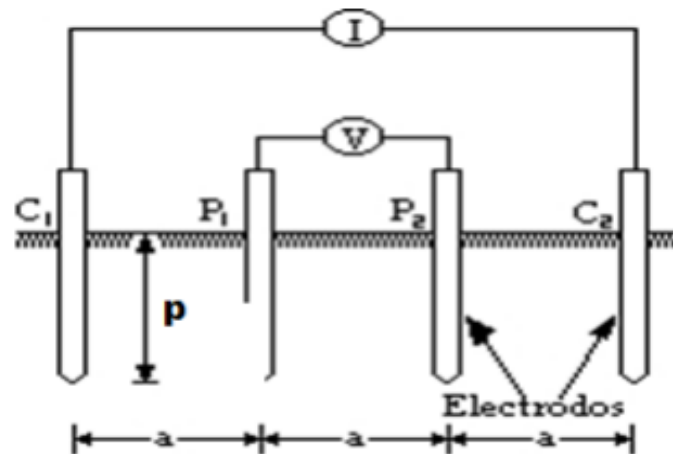


Figura 2.9 Método de Medición.
Fuente (Garcia, 2011)

Los cuatro electrodos tipo varilla son enterrados a una profundidad p y espaciados a una distancia a , una corriente I se inyecta a través de los electrodos C_1 y C_2 y el potencial V entre los electrodos P_1 y P_2 será medido por el aparato. (epm, 2008).

La resistividad aparente está dada por la siguiente ecuación;

$$\rho := \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{\left[1 + \left[\frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right]}$$

ρ = Resistividad promedio en ohmios por metro (Ω -m).

a = Distancia de separación entre electrodos.

R = Lectura del telurómetro en ohmios (Ω).

$\pi = 3.1415926\dots$

(Garcia, 2011)

CAPÍTULO 3.

3. INFORMACIÓN GENERAL

3.1 Geomorfología.

El reconocimiento en campo realizado el sector de Cadeate muestra que está formado por terrazas aluviales las cuales fueron creadas en un prolongado tiempo de evolución, las mismas que permiten la recarga de agua y el almacenamiento en el subsuelo.



Figura 3.1 Geomorfología de la zona de estudio

Fuente Zona de estudio

3.2 Estratigrafía

La Formación Santa Elena se encuentra subyaciendo a la formación Cayo, estudios realizados clasifican a esta formación de edad Cretáceo Superior en base a las muestras micropaleontológicas. (MS.C., Geología del Ecuador, 2003)

Azad (1964,1968) demostró que los afloramientos de cherts encontrados en Carolina Santa Paula, Santa Elena, son bloques aislados que descansan sobre rocas eocénicas. (MS.C., Geología del Ecuador, 2003).

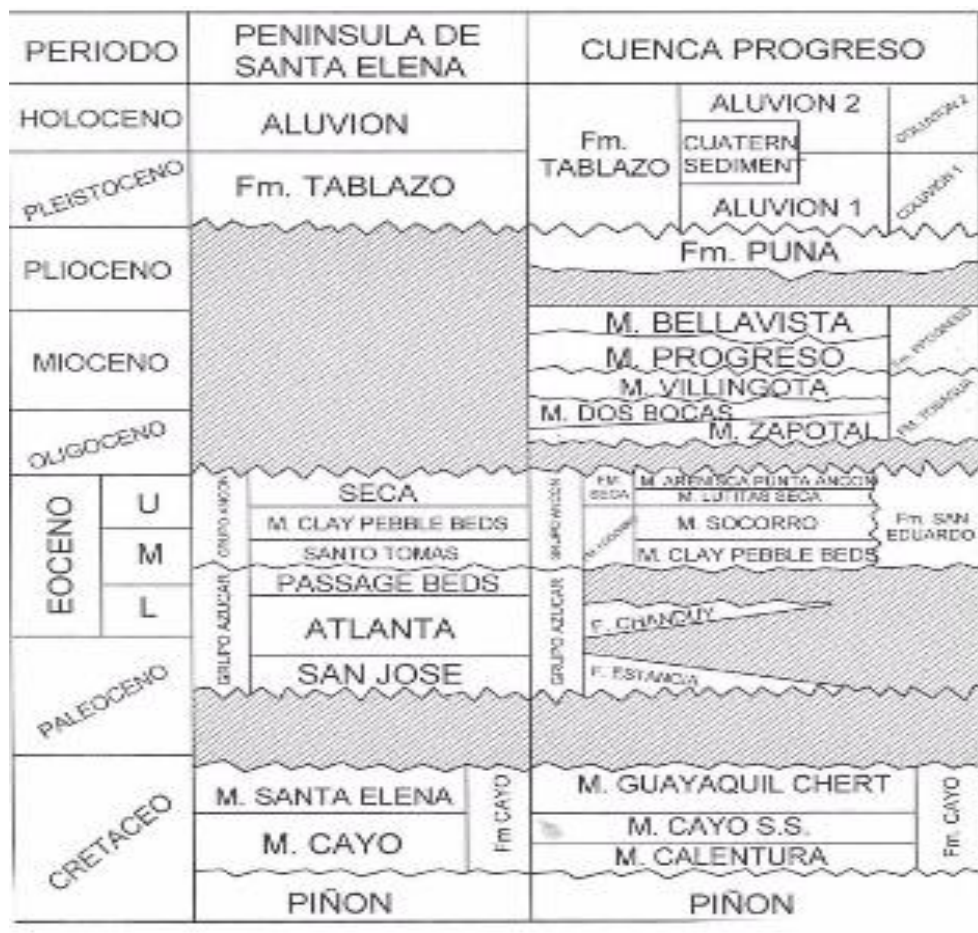


Figura 3.2 Relación Estratigráfica entre la Formación Santa Elena y Cuenca Progreso.

Fuente (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

3.2.1 FORMACIÓN SAN JOSÉ

La formación San José representa al paleoceno de la península de Santa Elena, siendo considerada esta unidad estratigráfica como parte del complejo olistotrómico de Santa Elena, debido a que ocurre en bosques erráticos emplazados sobre formaciones terciarias más jóvenes. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

El nombre de San José se lo debe a la localidad tipo, los cerros del mismo nombre ubicados a 7 kilómetros al oeste de los poblados de Dos Bocas. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

Litológicamente está formado por areniscas micáceas de tonalidades verdosas a gris verdosas, las mismas que sufren una transformación química causando la disgregación de las rocas tomando un color ladrillo. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

3.2.2 FORMACIÓN ARENISCAS ATLANTA U OLISTOLITO

ATLANTA (Eoceno Inferior)

Comprende estratigráficamente el nivel medio del grupo azúcar, formado litológicamente de areniscas grises a verdes la cual sometida a diversos factores que implican la meteorización; es decir una disgregación de la roca en pequeños fragmentos y un cambio de tonalidad a color café. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

Las areniscas son las rocas sedimentarias más comunes de la corteza terrestre, por lo general son rocas resistentes es decir la mayoría son duras, bien cementadas y su matriz es argilacea. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

La formación Atlanta se caracteriza por dos unidades; en la base formada por areniscas Atlanta las cuales se relacionan estratigráficamente con la formación Chanduy y en su tope por lutitas Atlanta. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

Se denominó a las lutitas Atlanta como Olistolito Atlanta y a las lutitas Atlanta como PassageBeds. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

3.2.3 UNIDAD PASSAGE BEDS

Pertenece a Eoceno Inferior a Medio; litológicamente se trata de horizontes delgados de areniscas, limos y arcillas con espesores de hasta 800 metros y con una fauna nerítica hasta arrecifal. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003).

Los estudios paleontológicos y las descripciones litológicas indican una rápida depositación en un ambiente profundo involucrando materiales provenientes de depósitos litorales. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

3.2.4 GRUPO ANCÓN

El grupo Ancón toma su nombre del campo petrolero Ancón; está comprendido por rocas silicoclásticas y está formado por tres

formaciones, en la base se ubica la formación Santo Tomas, en la parte intermedia ClayPebbleBeds, y en su base Seca. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

3.2.5 ARENISCAS SANTO TOMAS

El miembro Santo Tomas pertenece al Eoceno Medio, Según Canfield (1966) se ubica a este horizonte como la parte basal de la formación Socorro del grupo Ancón, Subyacido por la unidad PassageBeds y sobreyacido por la ClayPebbleBeds. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

Litológicamente formado por un banco de areniscas conglomeráticas duras, bien cementadas. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

3.2.6 MIEMBRO CLAY PEBBLE BEDS

Fue definida por Barrington Brown, (reporte inédito AEO, 6,1922); Estudios paleontológicos determinan edades del Eoceno Medio y Eoceno Superior, El techo aflora en los acantilados de Ancón y descansa sobre Santo Tomas. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

Litológicamente está formado por una matriz de arcilla de variable tamaños llegando hasta los 10 centímetros. (MS.C., Geologia del Ecuador, 2003; MS.C., Geologia del Ecuador, 2003).

3.2.7 FORMACIÓN SECA

Estudios radiolarios y nanofósiles asignan a la formación Seca al Eoceno Medio y se la interpreta como una unidad litotectónica; la localidad tipo de esta unidad es la quebrada Seca, ubicada al suroeste de Ancón. Está constituida fundamentalmente por arcillolitas gris verdosas con intercalaciones de areniscas finas y lutitas color café. (M.S.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003).

3.2.8 FORMACIÓN TABLAZO

Actualmente se conoce a esta formación como Tablazo sin embargo se la conocía en la costa como tableland que significa geológicamente terrenos de masa y playas elevadas.

Marchant (1961), la clasificó bajo sus estudios en 4 etapas; el más antiguo, el segundo nivel, el tercer nivel y finalmente el más moderno.

El más antiguo comprende los 75 a 90 metros de altura correspondientes a mesetas bien disectadas por erosión, un conjunto de lumaquelas comprende a los sedimentos pertenecientes a un medio salobre.

3.2.9 FORMACIÓN ZAPOTAL

La estratigráfica de la Formación Zapotal le atribuye en el tiempo geológico el Mioceno Inferior. Muestras obtenidas en el campo indican que el miembro Zapotal está formado por areniscas de grano medio en una base de conglomerados junto con la

presencia de cuarzo, chert, areniscas de grano grueso, porosas, arenisca tobácea, y calizas con una alternancia de diversos tamaños. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

Estudios realizados por Smith en el año 1947 y Small 1962 muestran que la litología contiene plantas terrestres y fósiles marinos totalmente preservados.

3.2 .10 DEPÓSITOS ALUVIALES

Los depósitos aluviales están constituidos por arenas, limos y arcillas no consolidadas resultado del arrastre del material de los ríos y la depositación debido a la corriente de agua dulce los cuales dependen de la capacidad de transporte de los granos. (MS.C., GEOLOGIA DEL ECUADOR, 2003)

3.3 INVESTIGACIONES CLIMATOLÓGICAS

Según estudios realizados y publicados en el 2011 por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca muestran en la figura# el mapa de tipos de climas que indican que la Península de Santa Elena dispone de un clima Tropical MegatérmicoSemiárido.

Las condiciones climáticas a las cuales se encuentra expuesta Santa Elena se ven relacionada principalmente con la corriente de Humboldt pasando por la península, la corriente cálida del niño y el desplazamiento de la zona de convergencia intertropical.

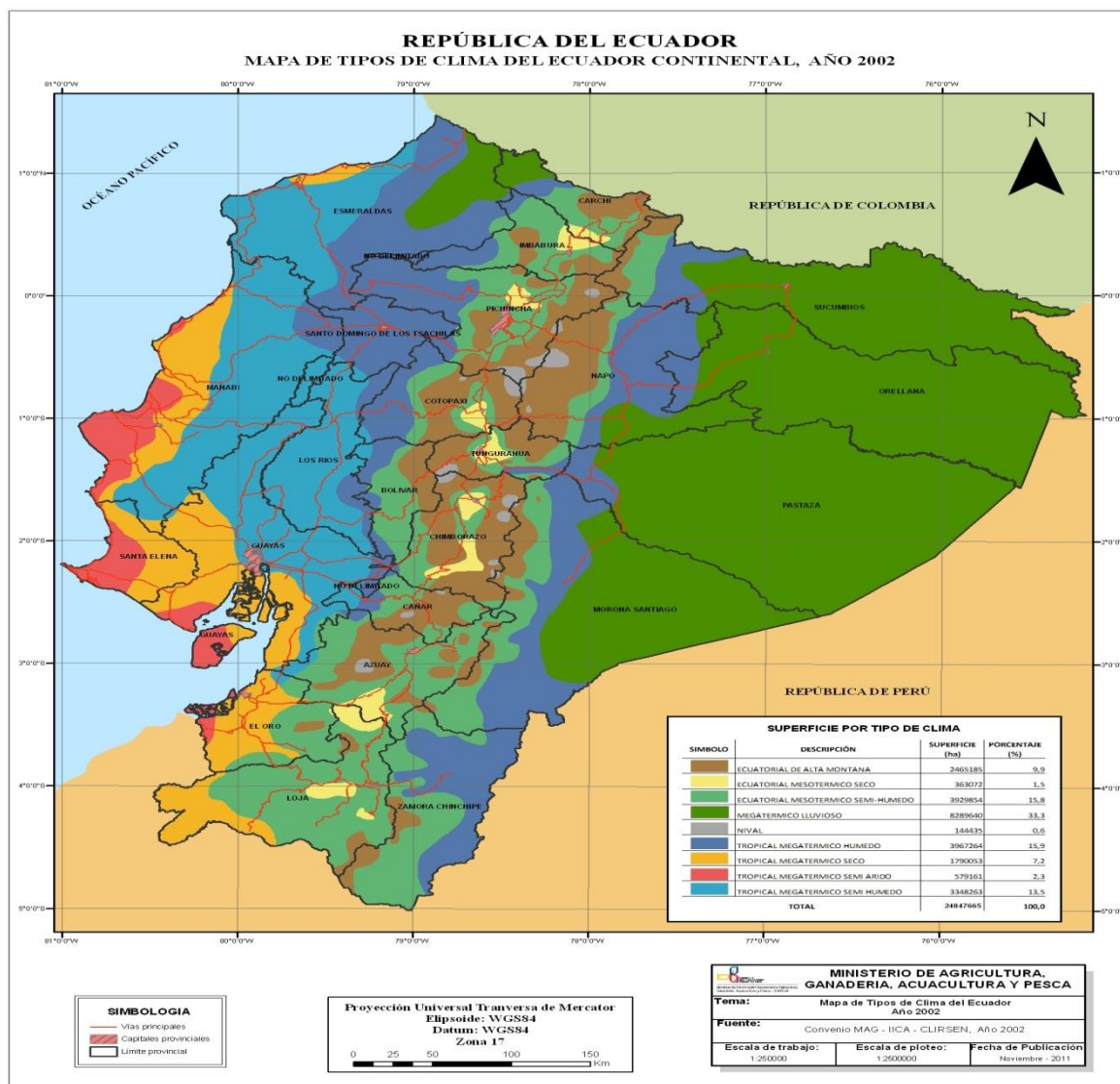


Figura 3.3 Mapa de tipo de Climas
Fuente.-Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

Debido al clima Semiárido de la Península las precipitaciones anuales en Santa Elena son casi escasas por lo cual los sectores que conforman el lugar de estudio se ven afectadas por la poca lluvia que recibe, dificultando el avance de agricultura, ganadería y demás factores importantes en el desarrollo social.

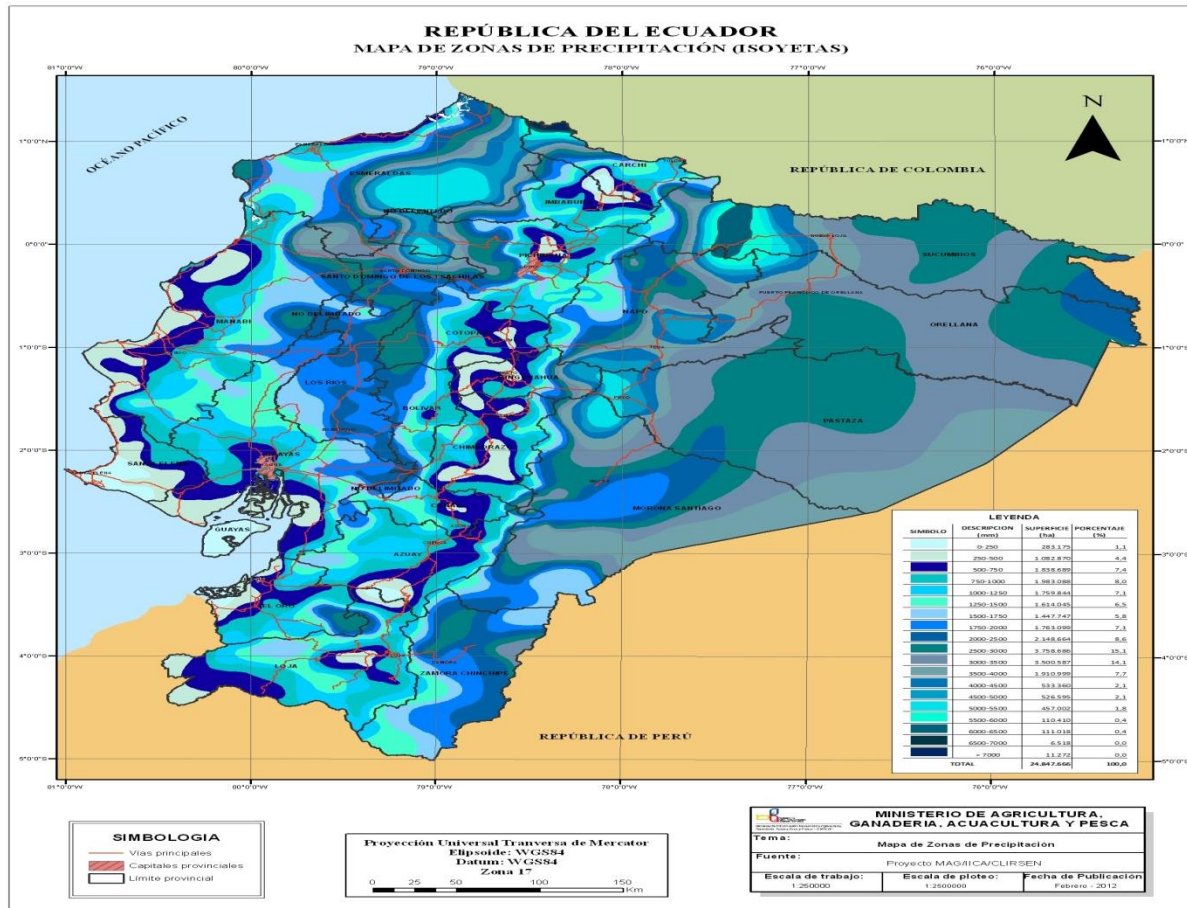


Figura 3.4 Mapa de Isoyetas del Ecuador
Fuente Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

En el mes de Octubre del 2015 se registraron las mayores precipitaciones en Puerto Ila con una máxima acumulada de 180.5 mm y 67.5 en Santo Domingo considerado como los lugares con valores altos mientras que para el resto las precipitaciones van bajando en grandes cantidades llegando hasta 0.2 mm en manta, se estima según la gráfica que Santa Elena tendría aproximadamente 0.8 mm.

Según la escala de colores se puede observar que aquellos lugares marcados de tonalidad verdosa a amarillenta son los sitios con valores de precipitaciones bajas, consideradas desde 5 mm a 0.1 mm.

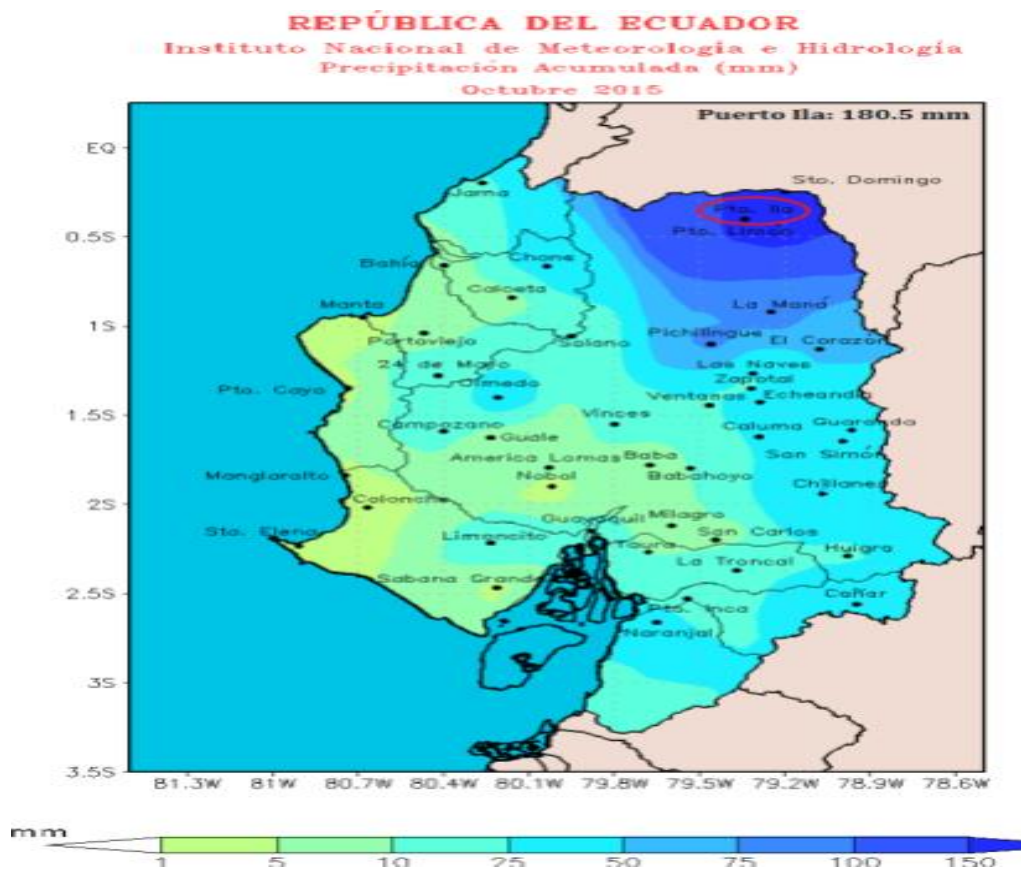


Figura 3.4 Mapa de Precipitaciones
Fuente INAMHI

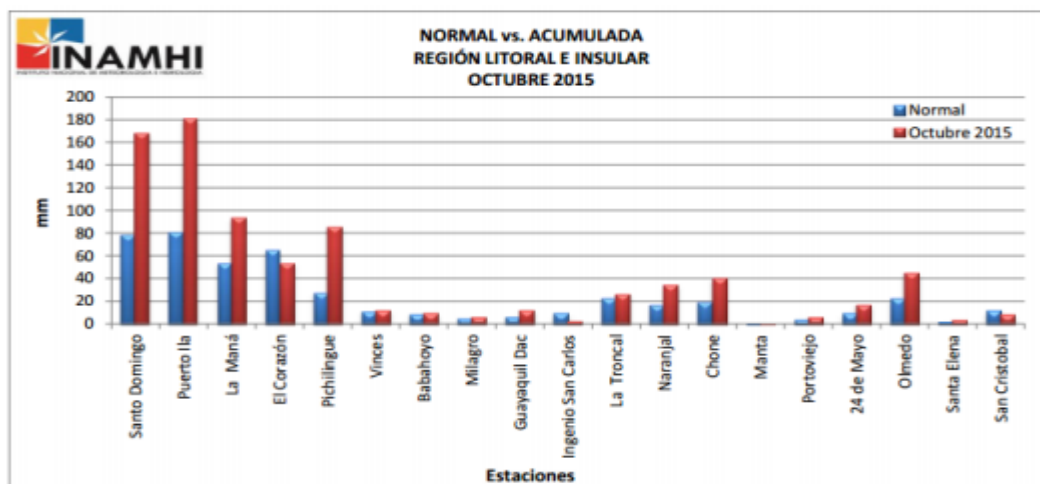


Figura 3.5 Normal vs. Acumulada Octubre 2015
Fuente.- INAHMI

A continuación, se muestra la precipitación histórica realizada por el INAMHI entre los años 2003 a 2015 en el mes de noviembre.

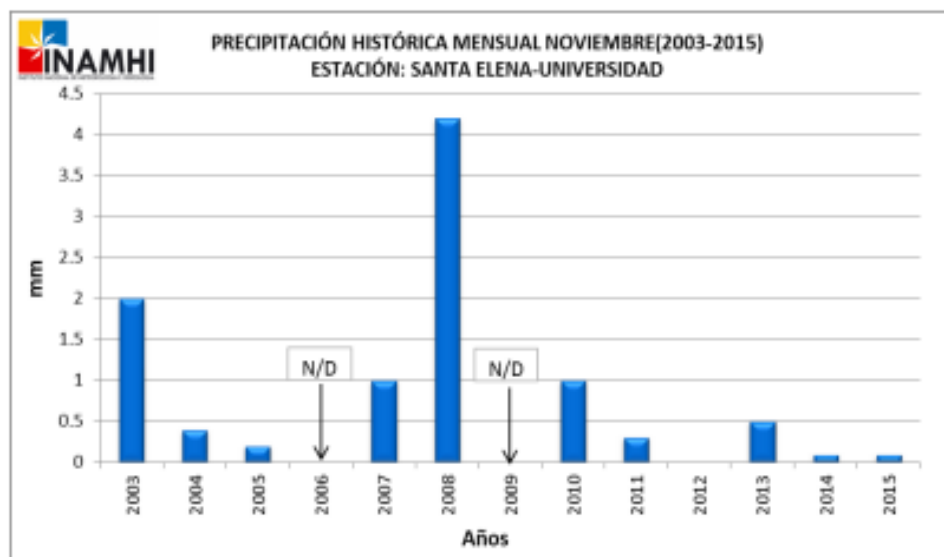


Figura 3.6 Normal vs Acumulada Noviembre 2015
Fuente INAMHI

En la gráfica se observa que el presente año tiene gran variabilidad en referencia a años anteriores, en el 2008 Santa Elena tuvo menos problemas con la recarga de agua para los acuíferos mientras que en el 2014-2015 la escasez de agua era notoria, debido al poco aporte recibido de las precipitaciones, la cual es la única y exclusiva fuente de recarga de los acuíferos de la zona, por lo que varias comunas se vieron expuestas a obtener el agua mediante tanqueros, puesto que los niveles bajaron hasta 12 metros disminuyendo el caudal a 1.5L/s.

Estudios climatológicos sobre las precipitaciones acumulada entre el 11 y 20 de diciembre realizados por el Inamhi, muestra que el volumen de precipitaciones podría disminuir desde el norte hacia el sur en la cuenca del río Guayas.



Figura 3.7 Precipitación acumulada entre el 11 y 20 de Diciembre 2015
Fuente.-INAMHI

El gráfico muestra que en la parte norte se encuentran los más altos volúmenes de agua, mientras que al sur se observa zonas donde la precipitación es baja o a su vez aún no se han dado temporales de lluvia como en la provincia del guayas y la zona de estudio.

Manglaralto, Cadeate y demás zonas de Santa Elena registran escasez de lluvia única fuente de recarga, lo que produce malestar en las diversas comunas, debido a que se abastece exclusivamente de agua subterránea. Montañita siendo actualmente considerado un lugar turístico, necesita tener a su disposición más volumen de agua para abastecer a los turistas.

3.3.1 Temperatura

La temperatura en la Península de Santa Elena oscila desde los 17°C hasta los 35°C.

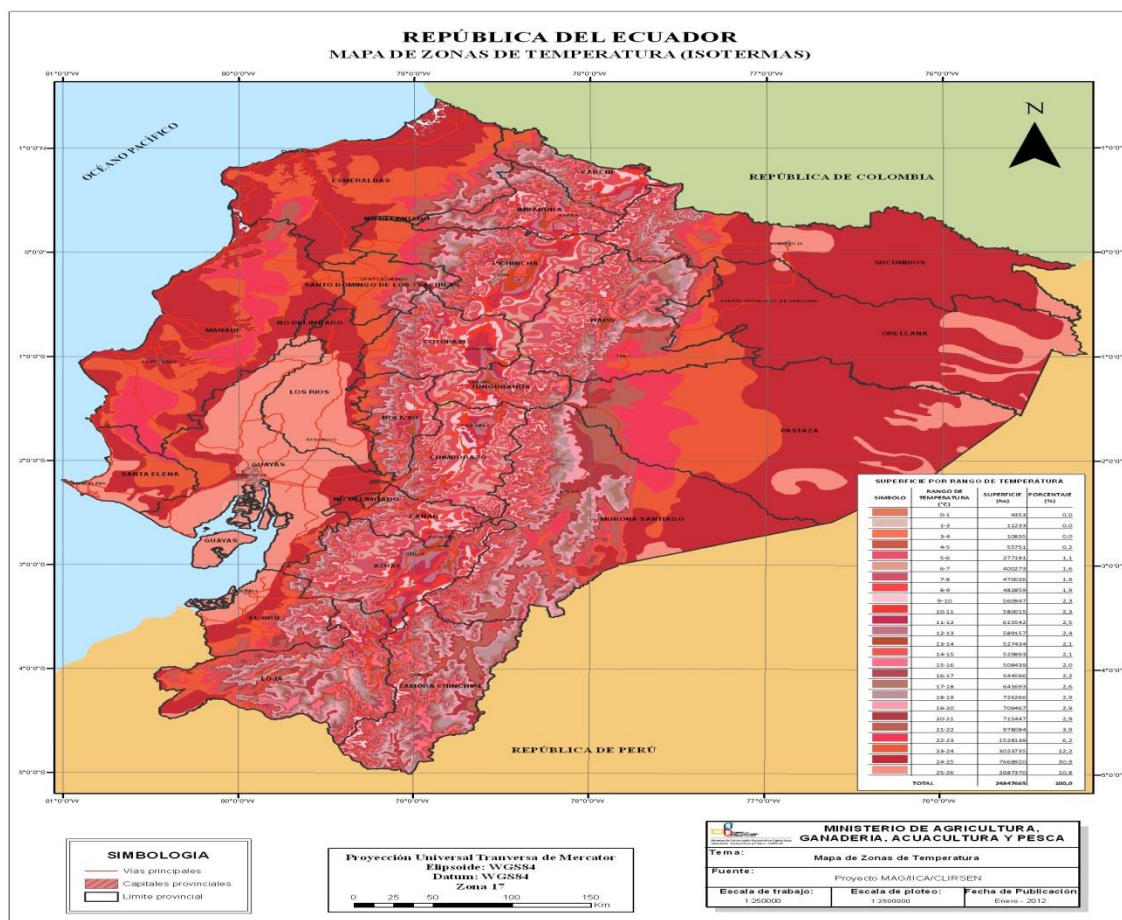


Figura 3.8 Mapa de Isothermas del Ecuador
Fuente.- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

3.4 Distribución de agua potable en Cadeate

La distribución del agua potable hacia Cadeate es realizada mediante la Junta de Agua Potable de Manglaralto, entidad que distribuye de agua a las comunas de Santa Elena, los acuíferos reciben la recarga de agua mediante la precipitación sin embargo en estos últimos tiempos la sequia ha disminuido el aporte continuo de agua requiriendo de tal manera a los tanqueros que distribuyen el agua a un precio de 0.--- por litro, sin embargo este valor resulta difícil conseguir para algunos habitantes del sector. (Ponce, 2015)

Según la Secretaria de Gestión de Riesgos en el mes de Septiembre se abasteció de agua mediante tanqueros a 9700 habitantes para lo cual se coordinó 1984250 galones de agua.

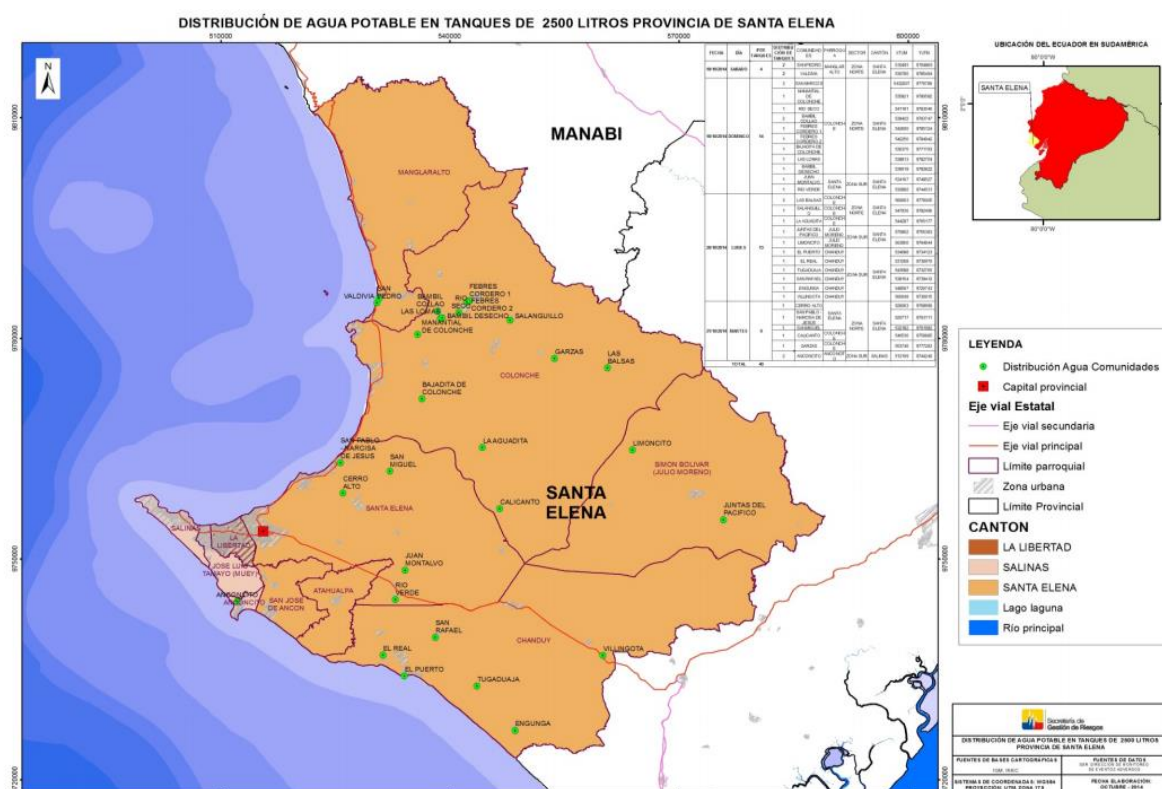


Figura 3.9 Mapa de la distribución de agua potable en tanque de 250 litros
Fuente INAMHI

3.5 Utilidad del Agua

La Provincia de Santa Elena necesita disponer del agua potable para realizar sus múltiples labores que permiten el desarrollo de las comunas.

La Comuna Cadeate utiliza el agua como fuente para la elaboración del pan, ideando este sitio como un lugar turístico donde se prevé mostrar la elaboración del pan tradicional en hornos de barro calentados con leña por lo cual es considerado con un sabor único. (la historia , 2014).



Figura 3.10 Cadeate y la elaboración del pan tradicional
Fuente.- El universo

La actividad pesquera y los platos servidos en Santa Elena forman parte del atractivo turístico para aquellas personas que visitan el sector en tiempos vacacionales, disfrutando de las playas y de las variedades de mariscos frescos recién obtenidos del mar, siendo un factor importante la limpieza de cada una de estas delicias por lo que resulta indispensable el agua para la elaboración de los platos típicos.

La artesanía forma parte de la atención del turista, la elaboración de collares a base de concha o sombreros de paja toquilla son el principal atractivo en la vestimenta representativa del lugar.

La alimentación del ganado es un factor preponderante en el avance de las comunas para lo cual es indispensable el agua como fuente vital de desarrollo.

La higiene y la salud son las principales causas por lo que los habitantes de las Comunas se ven expuestos a la lucha por la obtención del agua.



Figura 3.11 Terreno de sembrío

CAPÍTULO 4.

4. TRABAJO DE CAMPO Y OFICINA

4.1 Geología

El reconocimiento en campo realizado durante la toma de medidas de los sondeos eléctricos verticales permite definir que la Comuna Cadeate se encuentra asentada sobre depósitos aluviales, que consiste en arenas gruesas y gravas que fueron depositados a través de la corriente, en base a la prospección geofísica en diferentes sectores de la zona de estudio se permite determinar cuáles son los puntos idóneos para la elaboración de posibles pozos de agua.

La ubicación de cada sondeo fue tomada mediante el GPS dispositivo que nos muestra el sistema de posicionamiento mediante las coordenadas X y Y.

4.2 Geofísica

Se realizó diecinueve SEV de tipo Schlumberger que consistieron en separar progresivamente los electrodos inyectoros A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo P. Las distancias a las que se situaron los electrodos

dependieron de los objetivos planteados y del modo de trabajo del equipo.

Los sondeos eléctricos verticales fueron realizados a 100 metros de longitud horizontal lo que permite obtener mayor profundidad vertical, de esta manera se obtendrá una mayor información de las capas del suelo.

Valores de resistividad obtenidos por el Terrameter SAS 4000 son procesados en oficina para lo cual se ingresa el valor de resistividades en el programa IPI2win esperándose obtener la curva de campo parámetro que nos permite establecer los materiales por los cuales está conformado el sector de Cadeate.

La curva de campo debe ser ajustada con un error máximo del 5% a partir de lo cual se realizará una descripción detallada del subsuelo que permitirá definir la capa almacén de agua.

La capa que se definirá con posible existencia de agua recibe el aporte debido a la precipitación que discurre hacia la superficie misma que se infiltra en el terreno.

Densas lluvias caen de manera suave y uniforme sobre pendientes más graduales compuestas por materiales que son fácilmente penetrados por el agua, infiltrándose un porcentaje (hasta 10%) del agua en el suelo.

Para determinar un acuífero se necesita tener como base una capa impermeable y una capa permeable y porosa que almacenara el agua en el interior del subsuelo.

4.2 Sondeos Eléctricos Verticales.

La campaña de sondeos eléctricos verticales a los alrededores de la comuna Cadeate fueron realizados sobre la Formación Tosagua, Formación Zapotal y los Depósitos Aluviales.

Se realizaron 16 sondeos eléctricos verticales dentro de la comuna de Cadeate y 3 sondeos dentro En Libertador Bolívar lo cual tienen como objetivo base determinar si la roca almacén es la misma en las dos comunas.



Figura 4.1 Realización del sondeo eléctrico vertical en Cadeate



Figura 4.2 Realización del sondeo eléctrico vertical en Libertador Bolívar

La ubicación de los sondeos eléctricos verticales se detallan en la tabla #4.1 Cadeate y tabla #4.2 Libertador Bolívar en la cual se puede observar la posición de los sondeos haciendo referencia a las coordenadas X y Y obtenidas a partir de GPS.

Tabla 4.1 Coordenadas de los SEV en Cadeate.

SEV	COORD. X	COORD. Y
CD-01	531526	9794949
CD-02	531031	9794341
CD-03	531304	9794645
CD-04	531304	9794648
CD-05	530862	9794252
CD-06	531472	9794769
CD-07	532421	9794679
CD-08	532702	9794939
CD-9	531635	9794520
CD-10	531344	9794419
CD-11	531096	9794369
CD-12	531047	9794349
CD-13	530621	9794022
CD-14	530426	9793895
CD-15	530230	9793766
CD-16	529779	9793678

Tabla 4.2 Coordenadas de los SEV en Libertador Bolívar

SEV	COORD. X	COORD. Y
SN-01	532587	9792844
SN-02	532246	9792722
SN-03	531874	9792537

SEV – 1

Las coordenadas receptadas por el GPS en el primer posicionamiento establecido a la toma de resistividades sobre una superficie arenosa-limosa se muestran a continuación:

- X: 531526
- Y: 9794949 (**Figura #4.3**).



Figura 4.3 Realización del SEV-1
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFISICO: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.3 SEV-1

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistividad
Punto	AB/2	MN/2	K	(ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	15.932
2	1.47	0.20	16.66	17.28

3	2.15	0.20	35.99	16.768
4	3.16	0.20	78.11	15.724
5	4.64	0.20	168.78	13.844
6	4.64	0.50	66.85	19.88
7	6.81	0.20	363.92	12.191
8	6.81	0.50	144.91	17.188
9	10.00	0.50	313.37	13.265
10	14.70	0.50	678.08	9.75
11	14.70	2.00	166.58	10.455
12	21.50	0.50	1451.42	5.785
13	21.50	2.00	359.91	7.402
14	31.60	2.00	781.13	5.075
15	46.40	2.00	1687.79	5.293
16	46.40	5.00	668.52	6.483
17	68.10	2.00	3639.24	10.4
18	68.10	5.00	1449.10	78.856

SEV – 2

La ubicación establecida durante la toma de datos del Segundo sondeo se muestra en las siguientes coordenadas.

- X: 531031
- Y: 9794341 (**Figura #4.4**).



Figura 4.4 Realización del SEV-2
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.4 SEV-2

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistividad
Punto	AB/2	MN/2	K	(ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	10.05
2	1.47	0.20	16.66	11.373
3	2.15	0.20	35.99	10.405
4	3.16	0.20	78.11	7.986
5	4.64	0.20	168.78	5.060
6	4.64	0.50	66.85	9.167
7	6.81	0.20	363.92	4.413
8	6.81	0.50	144.91	7.304
9	10.00	0.50	313.37	7.028
10	14.70	0.50	678.08	8.014
11	14.70	2.00	166.58	7.090
12	21.50	0.50	1451.42	11.376
13	21.50	2.00	359.91	8.050
14	31.60	2.00	781.13	9.36
15	46.40	2.00	1687.79	11.50
16	46.40	5.00	668.52	8.996
17	68.10	2.00	3639.24	21.50
18	68.10	5.00	1449.10	17.511

SEV-3

Coordenadas tomadas en el tercer posicionamiento de la salida de campo sobre la superficie areno-limosa

- X: 531304
- Y: 9794645 (**Figura #4.5**)



Figura 4.5 Realización del SEV-3
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.5 SEV-3

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	20.207
2	1.47	0.20	16.66	15.663
3	2.15	0.20	35.99	12.707
4	3.16	0.20	78.11	10.975
5	4.64	0.20	168.78	96.757
6	4.64	0.50	66.85	10.9
7	6.81	0.20	363.92	10.418
8	6.81	0.50	144.91	10.985
9	10.00	0.50	313.37	9.560
10	14.70	0.50	678.08	12.30
11	14.70	2.00	166.58	9.198
12	21.50	0.50	1451.42	20.30
13	21.50	2.00	359.91	11.937
14	31.60	2.00	781.13	15.279
15	46.40	2.00	1687.79	20.7
16	46.40	5.00	668.52	15.4
17	68.10	2.00	3639.24	21.30
18	68.10	5.00	1449.10	19.70
19	100.00	5.00	3133.75	17.40
20	100.00	10.00	1555.09	14.80

SEV-4

La ubicación para el cuarto punto de estudio se realizó en las siguientes coordenadas

- X: 531304
- Y: 9794648 (**Figura #4.6**).



Figura 4.6 Realización del SEV-1
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SEV-5

Las coordenadas obtenidas por el GPS sobre la superficie limo-arenosa están definidas por:

- X: 530862
- Y: 9794252 (**Figura #4.7**).



Figura 4.7 Realización del SEV-5
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SEV-6

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 531472
- Y: 9794769 (**Figura #4.8**).



Figura 4.8 Realización del SEV-6
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SEV-7

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 531421
- Y: 9794769 (**Figura #4.9**).



Figura 4.9 Realización del SEV-7
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SEV-8

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 532702
- Y: 9794939 (**Figura #4.9**).



Figura 4.9 Realización del SEV-8
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SEV- 9

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 531635
- Y: 9794520 (**Figura #4.10**).



Figura 4.10 Realización del SEV-9
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 9: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.6 SEV-9

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	86.51
2	1.47	0.20	16.66	53.39
3	2.15	0.20	35.99	39.43
4	3.16	0.20	78.11	19.34
5	4.64	0.20	168.78	16.33
6	4.64	0.50	66.85	12.94
7	6.81	0.20	363.92	17.53
8	6.81	0.50	144.91	11.57
9	10.00	0.50	313.37	18.51
10	14.70	0.50	678.08	29.50
11	14.70	2.00	166.58	12.57
12	21.50	0.50	1451.42	65.08
13	21.50	2.00	359.91	19.41
14	31.60	2.00	781.13	15
15	46.40	2.00	1687.79	34.77
16	46.40	5.00	668.52	9.07
17	68.10	2.00	3639.24	32.19
18	68.10	5.00	1449.10	34.68
19	100.00	5.00	3133.75	86.96
20	100.00	10.00	1555.09	45.32

SEV -10

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 531344
- Y: 9794419 (**Figura 4.11**).



Figura 4.11 Realización del SEV-10
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 10: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.7 SEV-10

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	75.30
2	1.47	0.20	16.66	51.71
3	2.15	0.20	35.99	42.78
4	3.16	0.20	78.11	32.48
5	4.64	0.20	168.78	26.37
6	4.64	0.50	66.85	19.02
7	6.81	0.20	363.92	24.63
8	6.81	0.50	144.91	15.93
9	10.00	0.50	313.37	16.78
10	14.70	0.50	678.08	14.05
11	14.70	2.00	166.58	9.82
12	21.50	0.50	1451.42	11.26
13	21.50	2.00	359.91	9.07
14	31.60	2.00	781.13	6.77
15	46.40	2.00	1687.79	37.22
16	46.40	5.00	668.52	23.49
17	68.10	2.00	3639.24	71.66
18	68.10	5.00	1449.10	80.44

19	100.00	5.00	3133.75	70.44
20	100.00	10.00	1555.09	21.01

SEV -11

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 531096
- Y: 9794369 (**Figura #4.12**).



Figura 4.12 Realización del SEV-11
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 11: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.8 SEV 11

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	63.47
2	1.47	0.20	16.66	35.22
3	2.15	0.20	35.99	31.43
4	3.16	0.20	78.11	24.52
5	4.64	0.20	168.78	24.38
6	4.64	0.50	66.85	17.43
7	6.81	0.20	363.92	26.17
8	6.81	0.50	144.91	15.46
9	10.00	0.50	313.37	17.72
10	14.70	0.50	678.08	23.34

11	14.70	2.00	166.58	12.67
12	21.50	0.50	1451.42	25.77
13	21.50	2.00	359.91	13.63
14	31.60	2.00	781.13	39.90
15	46.40	2.00	1687.79	62.79
16	46.40	5.00	668.52	101.75
17	68.10	2.00	3639.24	91.07
18	68.10	5.00	1449.10	26.16
19	100.00	5.00	3133.75	92.09
20	100.00	10.00	1555.09	150.19

SEV - 12

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 531047
- Y: 9794349 (**Figura 4.13**).



Figura 4.13 Realización del SEV-12
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 12: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.9 SEV-12

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistividad
Punto	AB/2	MN/2	K	(ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	54.86
2	1.47	0.20	16.66	42.69
3	2.15	0.20	35.99	37.91

4	3.16	0.20	78.11	35.04
5	4.64	0.20	168.78	34.83
6	4.64	0.50	66.85	28.36
7	6.81	0.20	363.92	47.52
8	6.81	0.50	144.91	31.50
9	10.00	0.50	313.37	52.86
10	14.70	0.50	678.08	72.55
11	14.70	2.00	166.58	39.27
12	21.50	0.50	1451.42	78.52
13	21.50	2.00	359.91	33.98
14	31.60	2.00	781.13	96.93
15	46.40	2.00	1687.79	204.32
16	46.40	5.00	668.52	112.61
17	68.10	2.00	3639.24	470.63
18	68.10	5.00	1449.10	86.74
19	100.00	5.00	3133.75	833.95
20	100.00	10.00	1555.09	339.67

SEV - 13

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 530621
- Y: 9794022 (**Figura #4.14**).



Figura 4.14 Realización del SEV-13
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 13: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.10 SEV-13

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	59.90
2	1.47	0.20	16.66	31.64
3	2.15	0.20	35.99	22.77
4	3.16	0.20	78.11	15.22
5	4.64	0.20	168.78	15.56
6	4.64	0.50	66.85	11.16
7	6.81	0.20	363.92	21.23
8	6.81	0.50	144.91	20.73
9	10.00	0.50	313.37	22.27
10	14.70	0.50	678.08	25.31
11	14.70	2.00	166.58	11.06
12	21.50	0.50	1451.42	59.16
13	21.50	2.00	359.91	18.27
14	31.60	2.00	781.13	44.02
15	46.40	2.00	1687.79	69.93
16	46.40	5.00	668.52	36.53
17	68.10	2.00	3639.24	244.32
18	68.10	5.00	1449.10	98.56
19	100.00	5.00	3133.75	272.29
20	100.00	10.00	1555.09	163.30

SEV - 14

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 530426
- Y: 9793895 (**Figura 4.15**).



Figura 4.15 Realización del SEV-14
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 14: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.11 SEV-14

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	101.93
2	1.47	0.20	16.66	55.08
3	2.15	0.20	35.99	30.03
4	3.16	0.20	78.11	21.01
5	4.64	0.20	168.78	20.00
6	4.64	0.50	66.85	13.10
7	6.81	0.20	363.92	19.36
8	6.81	0.50	144.91	9.35
9	10.00	0.50	313.37	21.66
10	14.70	0.50	678.08	16.23
11	14.70	2.00	166.58	9.68
12	21.50	0.50	1451.42	9.76
13	21.50	2.00	359.91	14.85
14	31.60	2.00	781.13	16.28
15	46.40	2.00	1687.79	49.70
16	46.40	5.00	668.52	40.19
17	68.10	2.00	3639.24	92.61
18	68.10	5.00	1449.10	66.47
19	100.00	5.00	3133.75	97.79
20	100.00	10.00	1555.09	125.60

SEV - 15

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 530230
- Y: 9793766 (**Figura 4.16**).



Figura 4.16 Realización del SEV-15
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 15: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.12 SEV 15

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	45.96
2	1.47	0.20	16.66	27.61
3	2.15	0.20	35.99	19.60
4	3.16	0.20	78.11	15.73
5	4.64	0.20	168.78	17.76
6	4.64	0.50	66.85	13.14
7	6.81	0.20	363.92	27.85
8	6.81	0.50	144.91	15.57
9	10.00	0.50	313.37	31.56

10	14.70	0.50	678.08	59.70
11	14.70	2.00	166.58	13.38
12	21.50	0.50	1451.42	44.76
13	21.50	2.00	359.91	19.63
14	31.60	2.00	781.13	22.48
15	46.40	2.00	1687.79	87.23
16	46.40	5.00	668.52	50.79
17	68.10	2.00	3639.24	136.29
18	68.10	5.00	1449.10	53.91
19	100.00	5.00	3133.75	331.14
20	100.00	10.00	1555.09	184.86

SEV - 16

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 529779
- Y: 9793678 (**Figura 4.17**).



Figura 4.17 Realización del SEV-16
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 16: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.13 SEV- 16

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistividad
Punto	AB/2	MN/2	K	(ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	74.08
2	1.47	0.20	16.66	55.07
3	2.15	0.20	35.99	82.80
4	3.16	0.20	78.11	23.29
5	4.64	0.20	168.78	9.56
6	4.64	0.50	66.85	8.23
7	6.81	0.20	363.92	16.07
8	6.81	0.50	144.91	8.94
9	10.00	0.50	313.37	17.26
10	14.70	0.50	678.08	47.08
11	14.70	2.00	166.58	35.08
12	21.50	0.50	1451.42	48.72
13	21.50	2.00	359.91	31.90
14	31.60	2.00	781.13	26.74
15	46.40	2.00	1687.79	79.77
16	46.40	5.00	668.52	67.20
17	68.10	2.00	3639.24	47.85
18	68.10	5.00	1449.10	63.70
19	100.00	5.00	3133.75	141.46
20	100.00	10.00	1555.09	79.62

SEV - 1- Libertador Bolívar

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 532587
- Y: 9792844 (**Figura 4.18**).



Figura 4.18 Realización del SEV-1 LB.

Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 1 LB: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.14 SEV-1LB

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	62.75
2	1.47	0.20	16.66	46.98
3	2.15	0.20	35.99	43.83
4	3.16	0.20	78.11	30.99
5	4.64	0.20	168.78	35.70
6	4.64	0.50	66.85	31.85
7	6.81	0.20	363.92	18.79
8	6.81	0.50	144.91	16.97
9	10.00	0.50	313.37	14.11
10	14.70	0.50	678.08	26.17
11	14.70	2.00	166.58	5.52
12	21.50	0.50	1451.42	90.32
13	21.50	2.00	359.91	60.00
14	31.60	2.00	781.13	10.98
15	46.40	2.00	1687.79	88.66
16	46.40	5.00	668.52	103.25
17	68.10	2.00	3639.24	181.26
18	68.10	5.00	1449.10	124.28
19	100.00	5.00	3133.75	343.30
20	100.00	10.00	1555.09	139.62

SEV - 2- Libertador Bolívar

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 532246
- Y: 9792722 (**Figura 4.19**).



Figura 4.19 Realización del SEV-2 LB.
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 2 LB: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.15 SEV-2LB

Estación Punto	Abertura AB/2	Abertura MN/2	Constante K	Resistividad (ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	29.26
2	1.47	0.20	16.66	23.75
3	2.15	0.20	35.99	21.09
4	3.16	0.20	78.11	21.20
5	4.64	0.20	168.78	18.45
6	4.64	0.50	66.85	16.70
7	6.81	0.20	363.92	13.56
8	6.81	0.50	144.91	13.86
9	10.00	0.50	313.37	10.96
10	14.70	0.50	678.08	11.05
11	14.70	2.00	166.58	16.88

12	21.50	0.50	1451.42	22.25
13	21.50	2.00	359.91	17.03
14	31.60	2.00	781.13	19.22
15	46.40	2.00	1687.79	53.18
16	46.40	5.00	668.52	11.50
17	68.10	2.00	3639.24	110.25
18	68.10	5.00	1449.10	87.89
19	100.00	5.00	3133.75	32.09
20	100.00	10.00	1555.09	17.90

SEV - 3- Libertador Bolívar

Datos tomados por el GPS muestran las siguientes coordenadas:

- X: 531874
- Y: 9792537 (**Figura 4.20**).



Figura 4.20 Realización del SEV-3 LB.
Fuente CIPAT-ESPOL TECH E.P 2015

SONDAJE GEOFÍSICO 3 LB: MÉTODO SCHLUMBERGER

Tabla 4.16 SEV - 3LB

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistividad
Punto	AB/2	MN/2	K	(ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	25.69
2	1.47	0.20	16.66	18.46
3	2.15	0.20	35.99	15.02
4	3.16	0.20	78.11	10.62
5	4.64	0.20	168.78	6.05

6	4.64	0.50	66.85	8.95
7	6.81	0.20	363.92	4.45
8	6.81	0.50	144.91	7.80
9	10.00	0.50	313.37	6.47
10	14.70	0.50	678.08	8.50
11	14.70	2.00	166.58	4.69
12	21.50	0.50	1451.42	38.96
13	21.50	2.00	359.91	6.04
14	31.60	2.00	781.13	5.47
15	46.40	2.00	1687.79	83.04
16	46.40	5.00	668.52	87.90
17	68.10	2.00	3639.24	78.72
18	68.10	5.00	1449.10	59.00
19	100.00	5.00	3133.75	276.46
20	100.00	10.00	1555.09	252.42

Este aparato comprende la alimentación de energía por batería por lo cual fue necesario revisar que el equipo se encuentre cargado antes de salir al campo, la separación de los electrodos es de 2000 metros en buenas condiciones de estudio, la relación entre la tensión e intensidad se obtiene automáticamente y los valores de resistividad aparecen en la pantalla del equipo.

Al tomar los valores de resistividad la corriente transmitida se convierte en una forma de energía adecuada para obtener datos con el menor porcentaje de error posible.

Los accesorios anexos al equipo son; carretes, cables, electrodos de cobre.



Figura 4.21 Terrameter SAS 4000
Fuente.- Toalombo M.

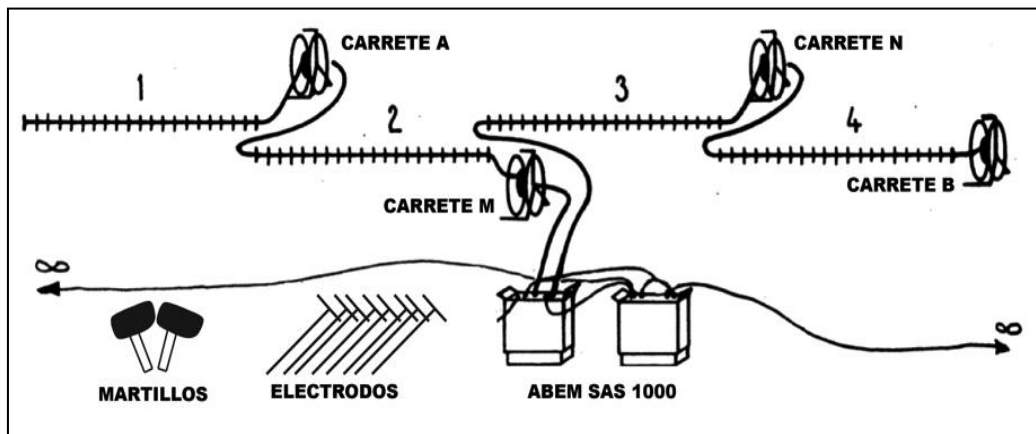


Figura 4.22 Partes de un Equipo completo ABEM para un SEV Schlumberger

4.3 Ajuste de la curva de campo en el software IPI2win.

El trabajo de campo es procesado en oficina a través del software IPI2win para lo cual se establece una tabla de Excel con los valores obtenidos de las resistividades a las aberturas establecidas según el método de Schlumberger, la curva de campo obtenida debe ser ajustada a un error máximo del 5% en base a cuatro capas que son añadidas secuencialmente, dichas capas permitirán determinar las resistividades a partir de lo cual se definirá los sedimentos en el subsuelo con sus respectivas

profundidades y espesores, definiendo de esta manera la capa almacén de agua que permitirá reconocer los lugares con mayor posibilidad para la elaboración de un acuífero.

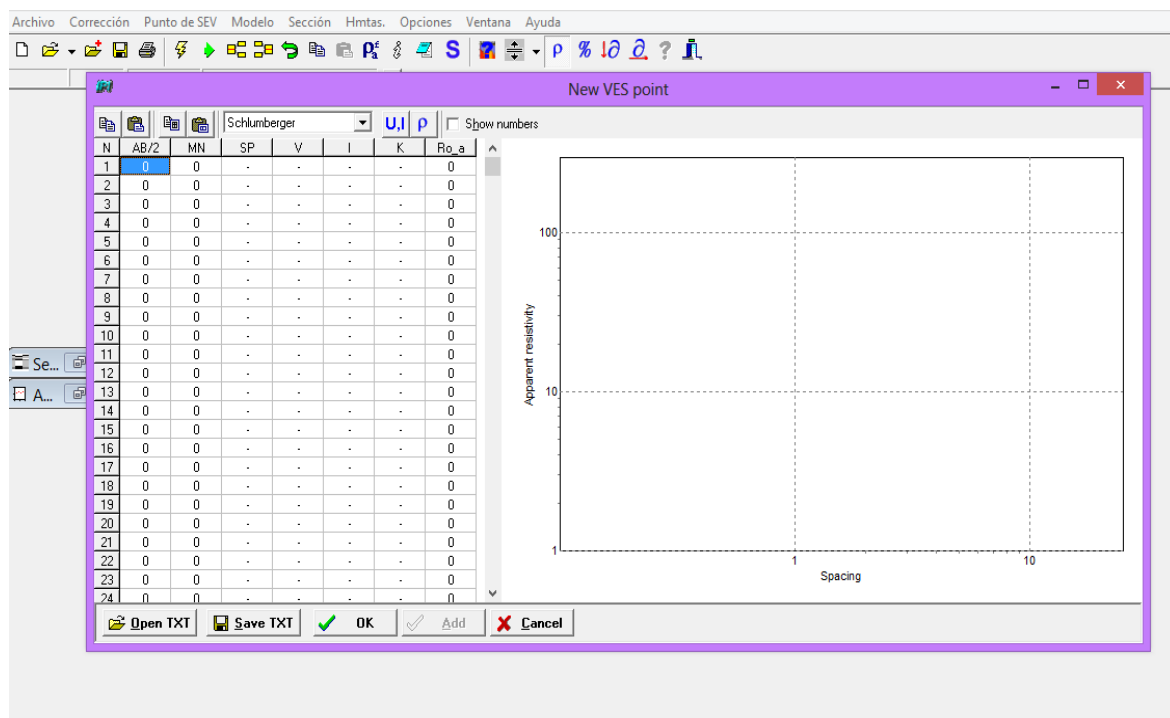


Figura 4.23 Panel de ingreso de datos en el Software IPI2win
Fuente.- Toalombo M.

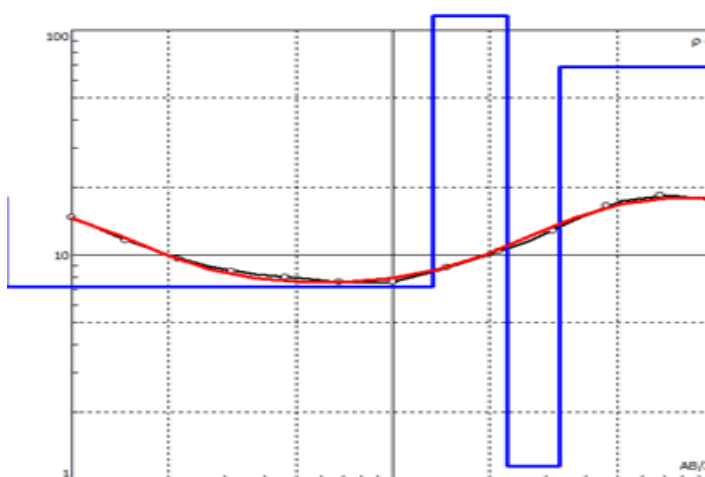


Figura 4.24 Ajuste de la curva de campo
Fuente.- Toalombo M.

CAPÍTULO 5.

INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

5.1 SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

SEV1

COORDENADAS: 531526; 9794949; 100m

La **Figura 5.1 (a)** representa el ajuste de la curva obtenida en el campo a partir de los valores de resistividad captados durante el primer SEV, la **Figura 5.1 (b)** muestra los datos y capas geoelectricas establecidas durante el ajuste de la curva y **la Figura 5.1 (c)** define gráficamente los valores de resistividad en base a las profundidades del terreno.

El ajuste de la curva realizado en el primer S.E.V muestra un error obtenido del 4.38%, valor que puede ser deducido según las observaciones en el terreno siendo la irregularidad un factor preponderante en la toma de medidas, a su vez la vegetación era abundante en el sector por lo cual se rapo el lugar antes de realizar la toma de medidas, intercalaciones de distintos sedimentos puede influir en los valores obtenidos o las diversas interferencias durante las mediciones.

La figura 5.1 b muestra que en el primer sondeo realizado en el sector de Cadeate se logró captar datos de resistividad y espesor hasta una profundidad de 23.6 metros resultado que se encuentra dentro de los parámetros establecidos según la distancia del sondeo que se realizó.

La **Tabla #5.1** muestra una descripción detallada de los valores obtenidos de la resistividad a partir del ajuste de la curva, obteniéndose para la primera capa un valor de $7.3 \Omega\text{m}$ el cual está representado geológicamente como un suelo areno-limoso mismo que pudo ser observado visualmente en el reconocimiento de campo durante el primer sondeo

El segundo valor obtenido es de $39 \Omega\text{m}$, valor que muestra una capa permeable a 0.735 metros de profundidad la cual podría contener flujo con salinidad.

La tercera capa según el SEV-1 muestra una resistividad de $3.94 \Omega\text{m}$, la cual se interpreta como una capa formada por material poco permeable con una profundidad de 11.7 metros.

La cuarta capa muestra una resistividad de $110 \Omega\text{m}$ a una profundidad de 23.6 metros la cual se la interpreta como una capa de material permeable de gravas y arenas siendo considerada geológicamente e hidrológicamente como el lugar con mayor posibilidades de almacenamiento de agua.

La potencia interpretada en este sondeo es de aproximadamente 23.6 metros, incluyendo todas las capas previamente mencionadas.

Para una quinta capa no bien definida se obtiene un valor de $855 \Omega\text{m}$ sin embargo los valores de espesor y profundidad no son observables debido a la distancia del SEV, se podría estimar en

cuanto al dato de la resistividad que la siguiente capa también se mantiene constituida de material permeable.

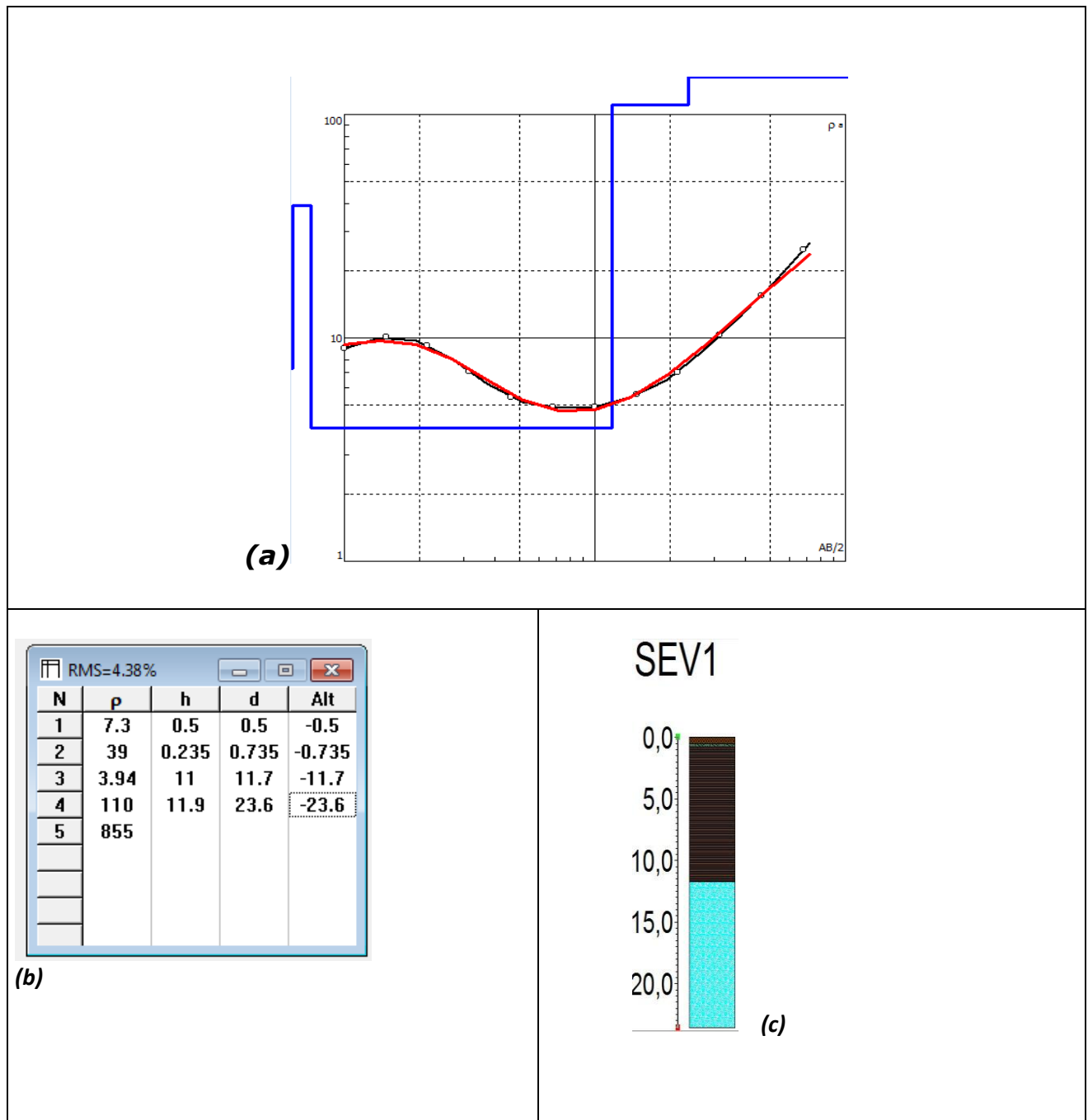


Figura 5.1 Interpretación del SEV-1. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.1. Capas de resistividad SEV-1

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie areno-limosa	0.5	0.5	7.3
2	Permeable saturado de flujo con salinidad (arenas) Posible presencia de agua	0.235	0.735	39
3	Poco permeable (arcillas)	11	11.7	3.94
4	Muy permeable (Gravas y arenas) Posible presencia de agua	11.9	23.6	110
5	Posible continuidad de material muy permeable			855

Fuente.-CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV2

COORDENADAS: 531031; 9794341; 100m

La **Figura 5.2** es la representación de los datos adquiridos en el segundo SEV. **Figura 5.2 (a)** Presenta la curva adquirida en base a los datos obtenidos en campo, **Figura 5.2 (b)** muestra el error adquirido en el ajuste de la curva, las profundidades y espesores de las capas y **Figura 5.2 (c)** se muestra la interpretación de las capas geoelectricas a diferentes profundidades.

El ajuste de la curva del SEV#2 muestra un error de 4.7 % el cual sería producto de las dificultades en la toma de medidas, las irregularidades del terreno, la vegetación, intercalaciones de distintos materiales que conforman el subsuelo.

Los valores de espesor, resistividad y profundidad fueron receptados hasta una profundidad de 33.3 metros.

En la **Tabla 5.2** se muestra la descripción de las capas del subsuelo obtenidas en el segundo SEV. La primera capa muestra una resistividad de $21.6\Omega\text{m}$ la cual define a esta capa como un suelo areno-limoso según las observaciones de campo y los valores de resistividad.

La segunda capa tiene una resistividad de $15.2\Omega\text{m}$ a 7.85 metros de profundidad la cual se encuentra como material permeable saturado de flujo con salinidad.

La tercera capa se encuentra ubicada a una profundidad de 17.9 metros con una resistividad de $2.06\Omega\text{m}$ definida material poco permeable.

La cuarta capa tiene una resistividad de $95\Omega\text{m}$ a una profundidad de 33.3 metros de la superficie representada como una capa formada de material muy permeable con una posible ocurrencia de gravas y arenas de 15.4 metros de espesor.

El ultimo valor obtenido de la resistividad es de $673\Omega\text{m}$ el cual es interpretado como una secuencia de material muy permeable ideal para el almacenamiento de agua y recargas de un posible acuífero sin embargo para obtener los datos de espesores y profundidades la distancia del SEV debe ser más amplia.

Este material correspondería a depósitos aluviales cuaternarios que afloran en la superficie según la geología de la zona.

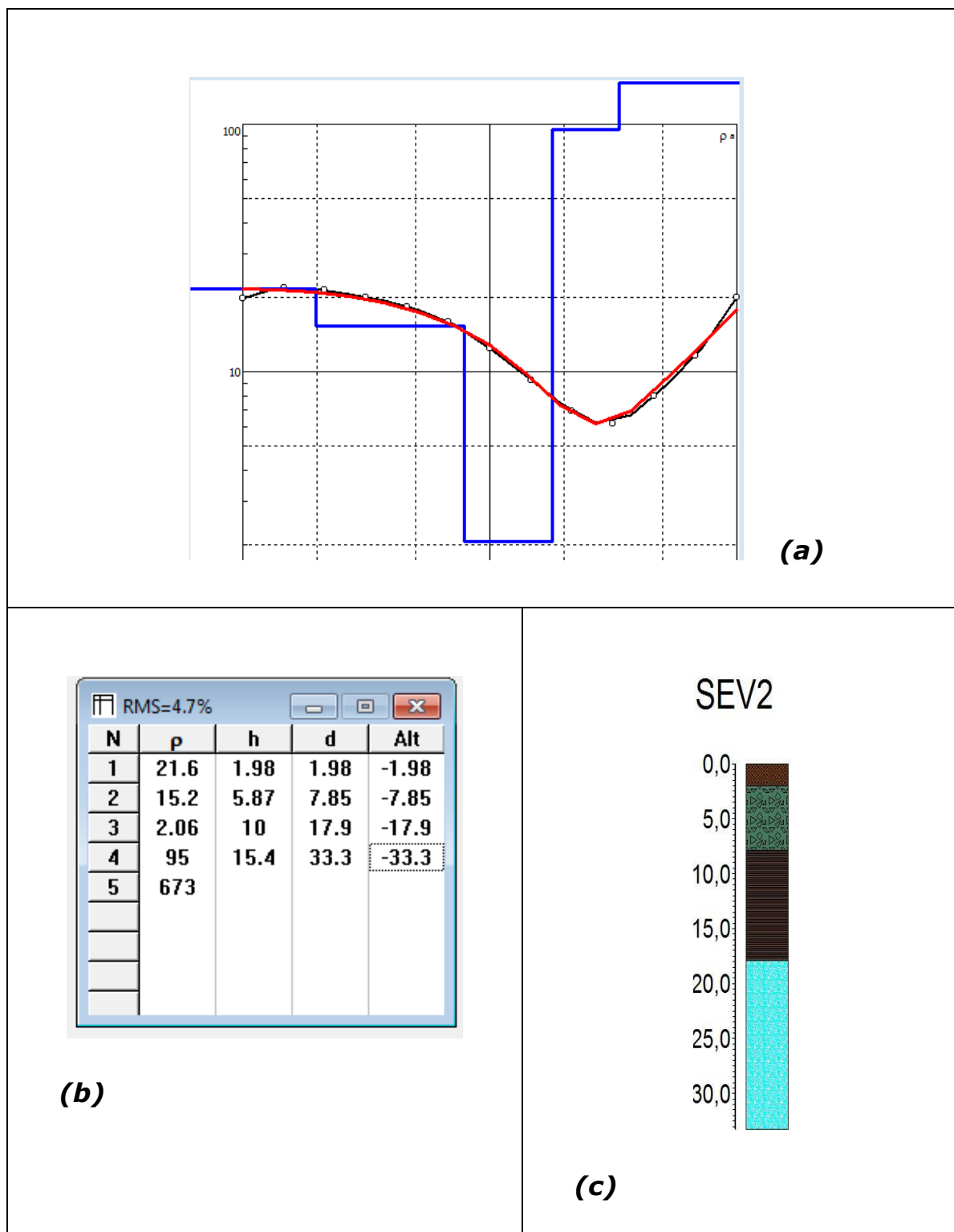


Figura 5.2 Interpretación del SEV-2. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015

Tabla 5.2 Capas de resistividad SEV-2

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie areno-limosa	1.98	1.98	21.6
2	Permeable saturado de flujo con salinidad	5.87	7.85	15.2
3	Poco permeable (arcillas)	10	17.9	2.0
4	Muy permeable (Gravas y arenas) Posible presencia de agua saturada	15.4	33.3	374
5	Posible continuidad de material muy permeable			1336

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV 3

COORDENADAS: 531304; 9794645; 100m

La **Figura 5.3 (a)** muestra la gráfica de la curva obtenida en base a los valores de la resistividad del tercer SEV la **Figura 5.3 (b)** presenta los valores de profundidad y espesor de las cada una de las capas del subsuelo y la **Figura 5.3 (c)** representa la

interpretación gráfica de los estratos con sus respectivas profundidades.

El error obtenido en el tercer sondeo es de 2.63% producto de las irregularidades del terreno, acumulación de vegetación, sequedad del terreno, intercalaciones de distintos materiales. Se pudo interpretar hasta una profundidad de 33 metros, que va acorde con la distancia del sondeo realizado, definiendo todas las unidades geoelectricas caracterizadas por los valores de resistividad, espesor y profundidad.

En la **Tabla 5.3** representa la descripción litológica de las capas del subsuelo a partir de las resistividades obtenidas por el terrameter SAS 4000 utilizado en campo.

El reconocimiento nos permite determinar visualmente que la primera capa del subsuelo en Cadeate es un suelo areno-limoso, a su vez el valor de resistividad entra en el rango característico de este material en seco.

7.18 Ωm es el valor de la resistividad para la segunda capa del SEV-3 a un profundidad de 13.3 metros interpretándose geológicamente como un material poco permeable.

La tercera capa muestra una resistividad de 116 Ωm dato previsto por la tabla de materiales como una posible capa muy permeable formada por gravas y arenas con 9.4 metros de espesor a 22.7 metros de profundidad. La cuarta capa tiene una resistividad de 1.15 Ωm considerado como un material poco permeable.

El ultimo valor de resistividad receptado por el terrameter es de 68.7 Ωm interpretándose esta capa como la continuidad del material muy permeable idóneo para la captación de agua.

Este material correspondería a depósitos aluviales cuaternarios que afloran en la superficie según la geología de la zona.

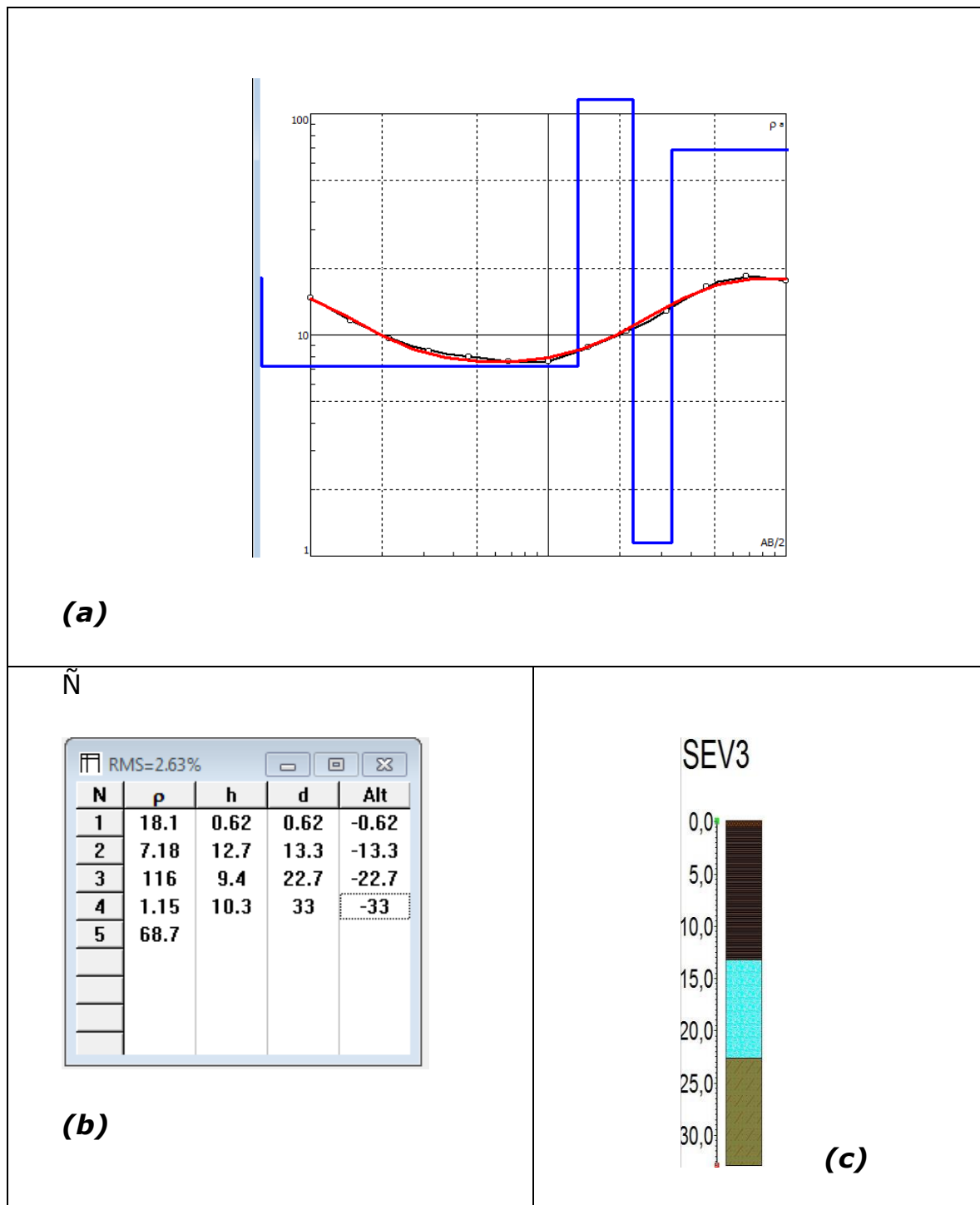


Figura 5.3 Interpretación del SEV-3. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.3 Capas de resistividad SEV-3

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie arenolimsa	0.62	0.62	18.1
2	Poco permeable	12.7	13.3	7.18
3	Muy permeable (Gravas y arenas) Posible presencia de agua	9.4	22.7	116
4	Muy poco permeable	10.3	33	1.15
5	Posible continuidad de material muy permeable			68.7

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV 4

COORDENADAS: 531304; 9794648; 147m

La **Figura 5.4 (a)** presenta el ajuste de la curva obtenida por los valores de las resistividades de los diferentes materiales en campo. **Figura 5.4 (b)** muestra la tabla de la profundidades y espesores de cada una de las capas y en la **Figura 5.4 (c)** se realiza la interpretación de las capas obtenidas a partir del ajuste de la curva según los valores obtenidos de las resistividades en campo.

El error obtenido durante el ajuste de la curva es de 4.15% el cual puede ser producto de las intercalaciones de los diversos materiales que se disponen en el subsuelo, las irregularidades en campo suele representar siempre una variación de los datos adquiridos en el terreno a su vez la vegetación impide la toma exacta de las resistividades.

En la **Tabla 5.4** se realiza una descripción detallada de los sedimentos por los que está compuesta cada capa según los valores obtenidos de las resistividades en el ajuste.

En la primera capa se obtuvo una resistividad de 16.1, valor correspondiente a la primera capa visible en el campo interpretada como un suelo areno-limoso con un espesor de 1.5 metros.

En la segunda capa según el SEV-4 la resistividad obtenida es de 5.07 Ωm , valor interpretado geológicamente como una capa compuesta de material poco permeable a una profundidad de 12.6 metros.

La tercera capa del sondeo se encuentra a 23.1 metros de profundidad con un espesor de 10.5 metros a una resistividad de 53.4 Ωm valor que se representa como una capa formada de material muy permeable como las gravas y arenas. La potencia interpretada en este sondeo es de aproximadamente 28.8 metros, incluyendo todas las capas previamente mencionadas.

El valor obtenido para la siguiente capa es de 0.0188 Ωm , que se interpreta como un material muy poco permeable a 28.8 metros de profundidad.

El ajuste de la curva ha permitido llegar hasta una quinta capa con una resistividad de 96.1 Ωm sin haberse obtenido valores en

cuanto espesor y profundidad debido a la distancia del SEV se puede deducir a partir del valor de la resistividad como una capa muy permeable favorable para la explotación a mayores profundidades.

Este material correspondería a depósitos aluviales cuaternarios que afloran en la superficie según la geología de la zona.

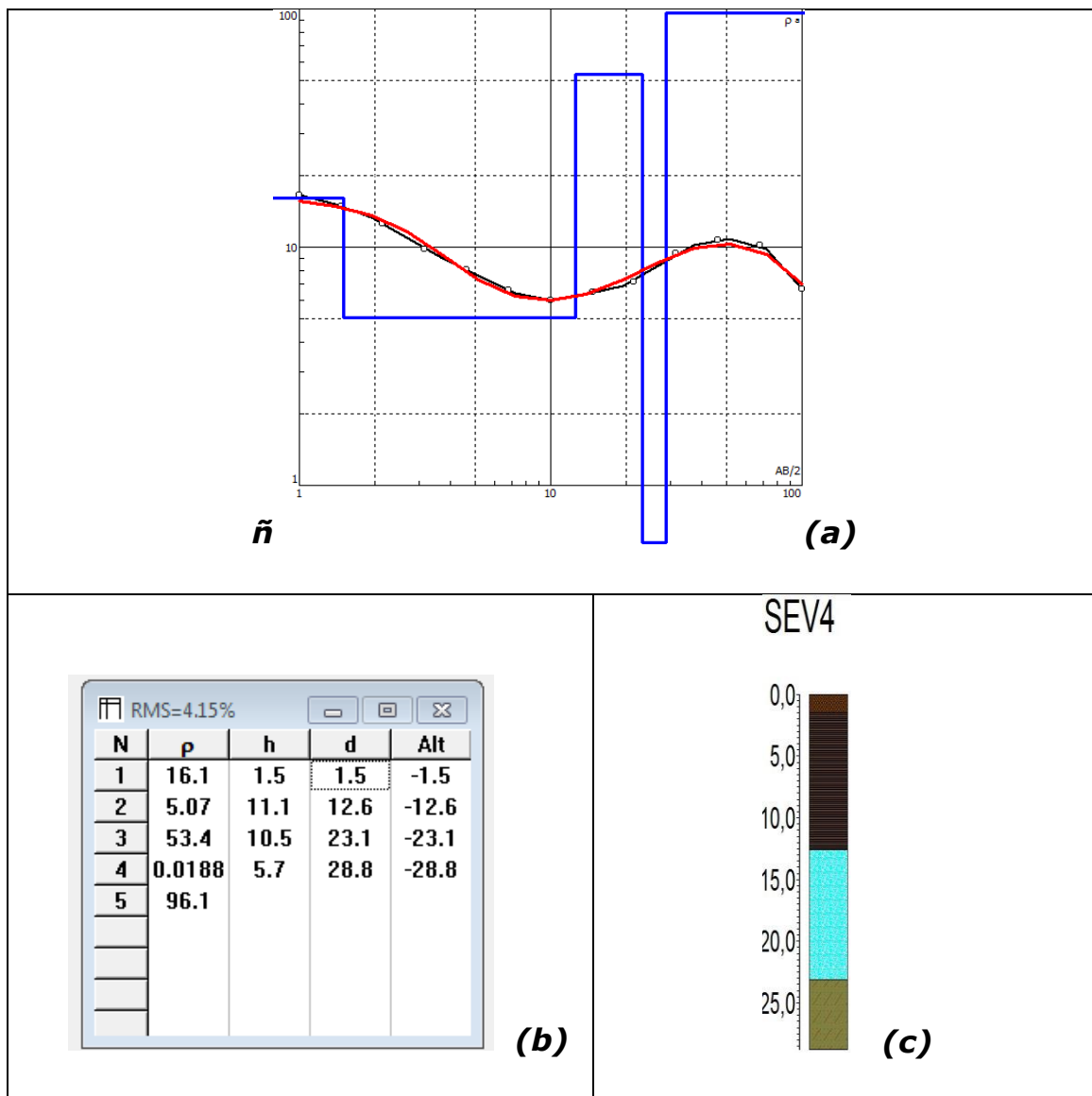


Figura 5.4 Interpretación del SEV-4. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.4. Capas de resistividad SEV-4

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie arenolimsa	1.5	1.5	16.1
2	Poco permeable	11.1	12.6	5.07
3	Muy permeable (Gravas y arenas) Posible presencia de agua	10.5	23.1	53.4
4	Muy poco permeable	5.7	28.8	0.0188
5	Posible continuidad de material muy permeable			96.1

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV 5

COORDENADAS: 530862; 9794252; 147m

La **Figura 5.5 (a)** presenta el ajuste a la curva de campo obtenida mediante el valor de resistividades de los resultados del SEV-5 en la **Figura 5.5 (b)** y **(c)** se muestra la interpretación de las capas geoelectricas obtenidas a partir de las resistividades del terreno a diferentes profundidades.

El error obtenido en el ajuste de la curva para el quinto sondeo fue de 3.3%, error producto de la vegetación presente, las

irregularidades del sector de estudio, las intercalaciones de los distintos materiales en el subsuelo. Se pudo realizar una interpretación hasta una profundidad de 22 metros, valor que va de acorde con la distancia del sondeo realizado.

En la **Tabla 5.5** se realiza una descripción tentativa de los datos obtenidos en campo a partir de las resistividades del subsuelo. La primera capa que corresponde a la capa de superficie obtuvo un valor de resistividad de 25 Ωm valor que es interpretado como un suelo areno-limoso.

La segunda tiene una resistividad de 11.7 Ωm interpretada como material poco permeable, a una profundidad de 3.6 metros.

La tercera capa está constituida de material muy poco permeable según el valor obtenido de la resistividad a 6.65 metros de profundidad.

El estrato favorable para la explotación, se ve representado por una posible secuencia de capas de material muy permeable, inicialmente una posible ocurrencia de gravas y arenas con 15.4 metros de espesor a 22 metros de profundidad.

El valor de la resistividad obtenida en la última capa es de 552 Ωm lo que por falta de datos en cuanto a profundidad y espesor nos permite inferir que dicha capa está formada de material muy permeable favorable para la explotación a mayores profundidades.

Este material correspondería a depósitos aluviales cuaternarios que afloran en la superficie según la geología de la zona.

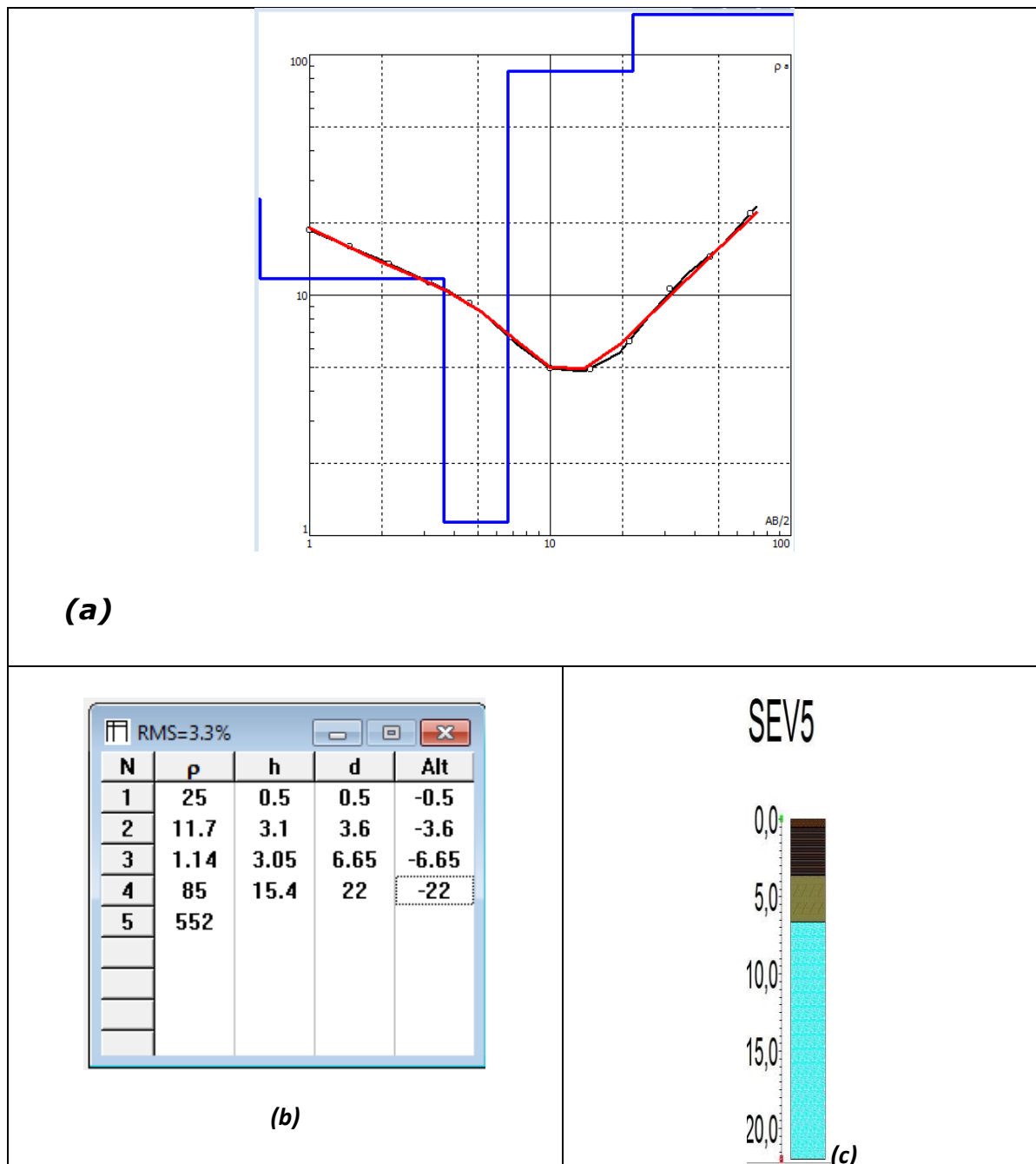


Figura 5.5. Interpretación del SEV-5. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.5. Capas de resistividad SEV-5

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1				
2				
3				
4				
5				

1	Superficie arenolimsa	0.5	0.5	25
2	Poco permeable	3.1	3.6	11.7
3	Muy poco permeable	3.05	6.65	1.14
4	Muy permeable (Gravas y arenas) Posible presencia de agua	15.4	22	85
5	Posible continuidad de material muy permeable			552

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV 6

COORDENADAS: 531472; 9794769; 147m

La **Figura 5.6 (a)** presenta el ajuste de la curva de campo obtenida de los resultados del SEV-6 y en la **Figura 5.6 (b)** y **(c)** se muestra la interpretación de capas geoelectricas según las resistividades del terreno a diferentes profundidades a partir de los datos obtenidos.

Se obtuvo un ajuste con errores del 4.31%, debido a irregularidades en las capas del subsuelo, intercalaciones de distintos materiales e interferencias al momento de la medición. Se pudo interpretar hasta una profundidad de 33 metros, que va acorde con la distancia del sondeo realizado, definiendo todas las

unidades geoelectricas caracterizadas por los valores de resistividad, espesor y profundidad.

En la **Tabla 5.6** se realiza una descripción tentativa de las capas de resistividad obtenidas en el ajuste. La primera capa que corresponde a la capa de superficie que se interpreta como un suelo areno - limoso, de acuerdo con lo que se reconoció en campo y el valor de resistividad que entra en el rango característico de este material en seco.

La segunda capa según el SEV-6 revela una capa con $5.18\Omega\text{m}$, que se interpreta como una capa de un material permeable saturado de flujo con salinidad, a 20.6 metros de profundidad.

El estrato favorable para la explotación, se ve representado por una posible secuencia de capas de material muy permeable, inicialmente una posible ocurrencia de gravas y arenas con 12.4 metros de espesor a 33 metros de profundidad. La potencia interpretada en este sondeo es de aproximadamente 33 metros, incluyendo todas las capas previamente mencionadas.

La interpretación permite identificar como último valor una resistividad de $627\ \Omega\text{m}$, la distancia del SEV realizado no permite interpretar este valor como una capa definida sin embargo indica la posible continuidad del material muy permeable favorable para la explotación a mayores profundidades.

Este material correspondería a la ocurrencia de la Formación Tosagua Zapotal que aflora en superficie según la geología de la zona.

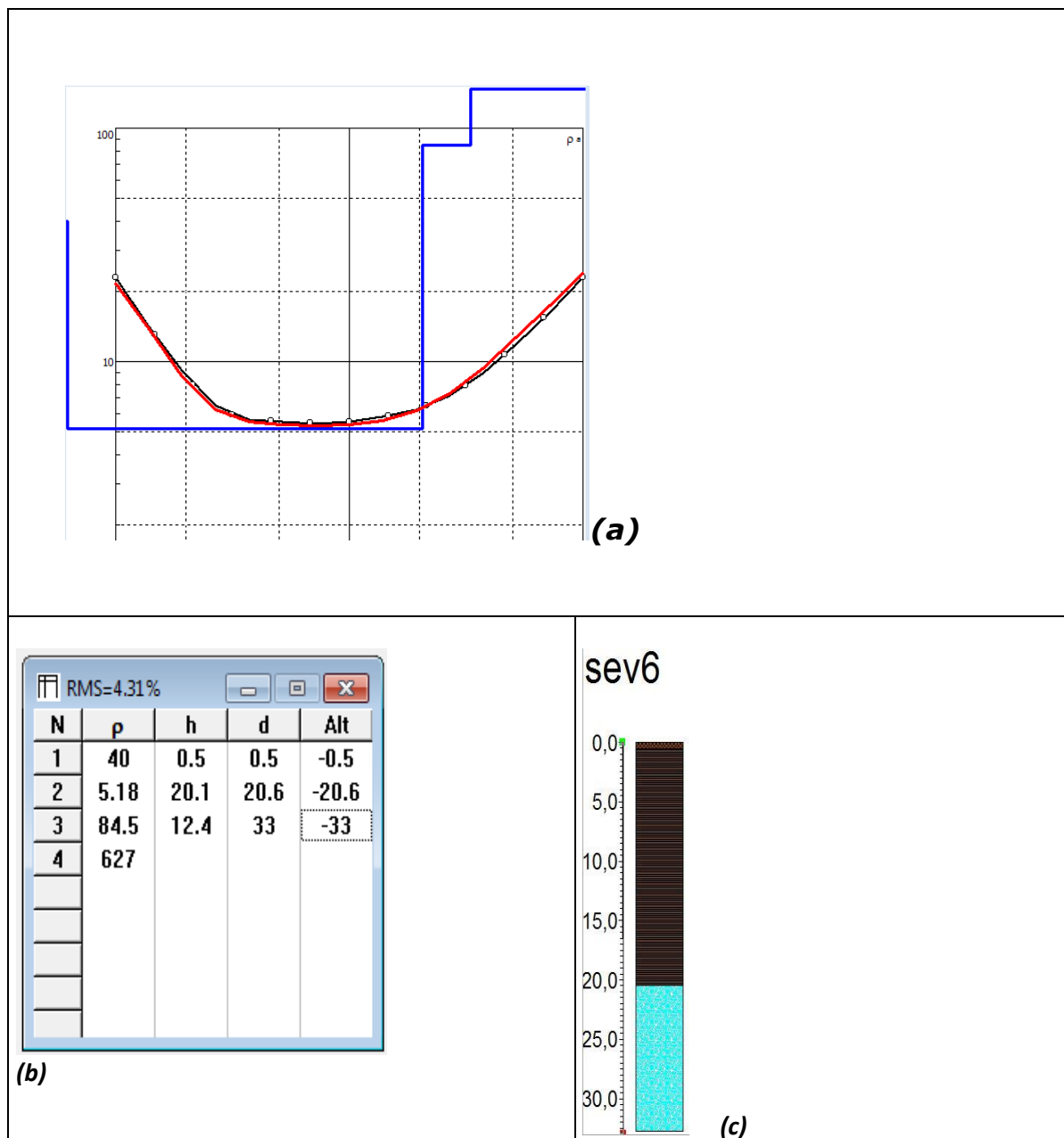


Figura 5.6. Interpretación del SEV-6. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: **CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.**

Tabla 5.6 Capas de resistividad SEV-6

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie arenolimsa	0.5	0.5	40
2	Poco permeable (arcillas)	20.1	20.6	5.18
3	Muy permeable (Gravas y arenas) Posible presencia de agua	12.4	33	84.5
4	Posible continuidad de material muy permeable			627

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV7

COORDENADAS: 532421; 9794679

La **Figura 5.7 (a)** hace referencia a la curva de campo obtenida a partir de las resistividades por el terrameter, la **Figura 5.7 (b)** y **(c)** muestran las profundidades y espesores de cada capa junto con el error porcentual del ajuste de la curva.

Durante el ajuste de la curva de campo se alcanzó un error porcentual del 2.2%, producto de la irregularidad del terreno, la vegetación del medio, las intercalaciones de los diversos tipos de materiales en el subsuelo.

La **Tabla 5.7** muestra una descripción detallada de los materiales ubicados a profundidad según las resistividades obtenidas por el estudio geofísico en el campo.

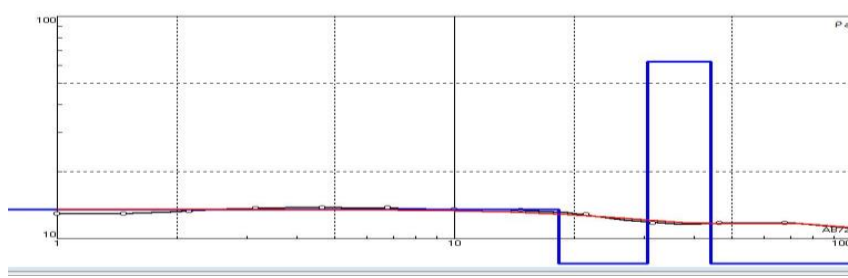
La primera capa obtenida por el terremater muestra una resistividad de 13.4 Ωm , indicando una superficie limo arenoso con un espesor de 18.3 metros a una profundidad de 18.3 metros de la superficie.

El material ubicado en la segunda capa es material poco permeable (arcillas), muestra una resistividad de 5.78 Ωm a una profundidad de 2.257 metros.

Una resistividad de 62.4 Ωm se presenta para una tercera capa a una profundidad de 37.16 metros con una espesor de 34.9 metros; capa que está definida como material muy permeable (gravas y arenas en su interior).

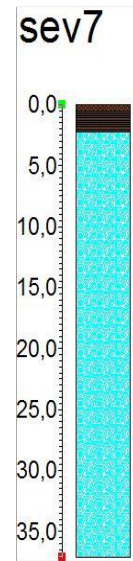
La resistividad obtenida para la siguiente capa es de 1.34 Ωm , sin conocer valores de profundidad y espesor se indica que esta capa está formada por material poco permeable.

(a)



N	p	h	d	Alt
1	13.5	18.3	18.3	-18.3
2	5.78	12.3	30.6	-30.64
3	62.4	13.7	44.3	-44.32
4	1.34			

(b)



(c)

Figura 5.7 Interpretación del SEV-7. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.7 Capas de resistividad SEV-7

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie limo arenoso	0.5	0.5	13.4
2	Material poco permeable (arcillas)	1.757	2.257	5.78

3	Material muy permeable (gravas y arenas)	34.9	37.16	62.4
4	Material poco permeable			1.34

SEV8

COORDENADAS: 532702; 9794939.

La **Figura 5.8 (a)** muestra los datos de resistividades a través de la curva de campo, la **Figura 5.8 (b)** y **(c)** indican el error según el ajuste de la curva que muestran las capas del subsuelo.

Ajustando la curva de campo se logró llegar hasta un error del 1.2% mismo que podría deberse a la sequedad del terreno debido a que la lluvia no se ha hecho presente en los últimos meses junto con las irregularidades en las capas del subsuelo, intercalaciones de distintos materiales e interferencias al momento de la medición, se logró interpretar hasta una profundidad de 37 metros.

En la **Tabla 5.8** se indica los materiales por los cuales se encuentra formado dicho sector, siendo la primera capa una superficie areno material que fue observable en el campo a una profundidad de 0.5 metros, la segunda capa muestra una profundidad de 2.25 metros con una resistividad de 5.76 Ωm clasificada como material poco permeable(limo arcilloso).

La tercera capa según el SEV indica una capa a un profundidad de 37.16 metros con una resistividad de 4.68 Ωm considerada como material arcilloso, mientras que la profundidad y espesor de la

cuarta capa no fueron obtenidos pero se conoce que la resistividad es de $12.04 \Omega\text{m}$ donde el material poco permeable es arena y arcillas.

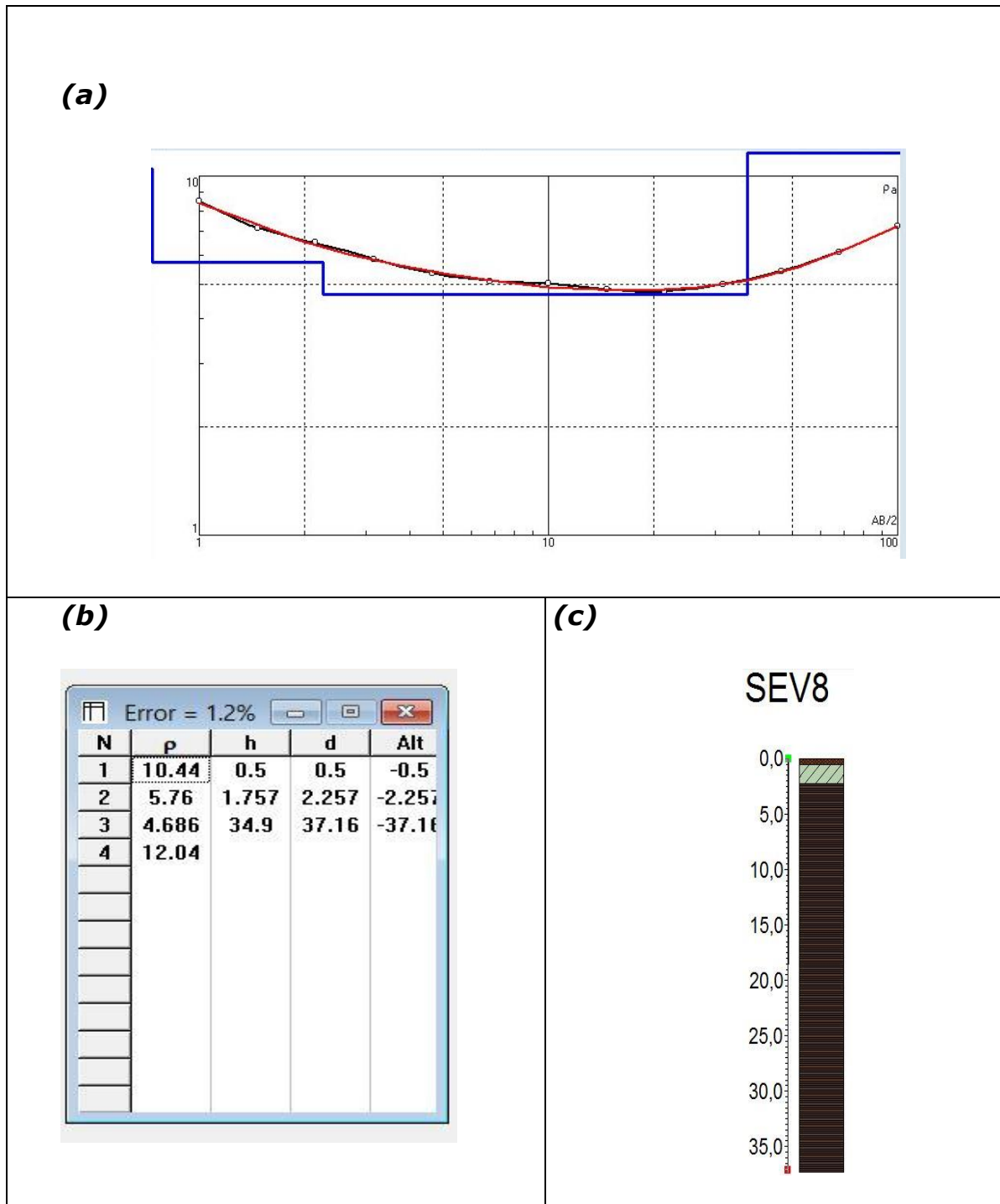


Figura 5.8 Interpretación del SEV-8. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.8 Capas de resistividad SEV-8

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie arenolimonosa	0.5	0.5	10.44
2	Material poco permeable (limo arcilloso)	1.757	2.257	5.76
3	Arcilloso	34.9	37.16	4.686
4	Posible continuidad de material poco permeable (arcillas-arena)			12.04

SEV9

COORDENADAS: 531635; 9794520

La **Figura 5.9 (a)** muestra la curva de campo de resistividades obtenida en el SEV 9 la cual fue ajustada a un error de 2.65% y **Figura 5.9 (b)** y **(c)** indican la interpretación de las capas geoelectricas con sus respectivos espesores y profundidades que indican el tipo de material presente.

Durante la toma de muestras del Sondeo 9 se tuvo que rapar la vegetación para disminuir la interferencia en el terreno sin embargo durante el ajuste de la curva se obtuvo un error menor del 3%.

En la **Tabla 5.9** se realiza una descripción tentativa de los datos obtenidos en campo a partir de las resistividades del subsuelo.

La primera capa indica un espesor de 0.6084 metros con una resistividad de 91.3 Ωm , a pesar de mostrar valores altos de resistividad el suelo observable en la zona de estudio es limo arcilloso, seguido de una segunda capa a una resistividad de 15.6 Ωm con una profundidad de 1.953 metros valores que indican material limo arenoso.

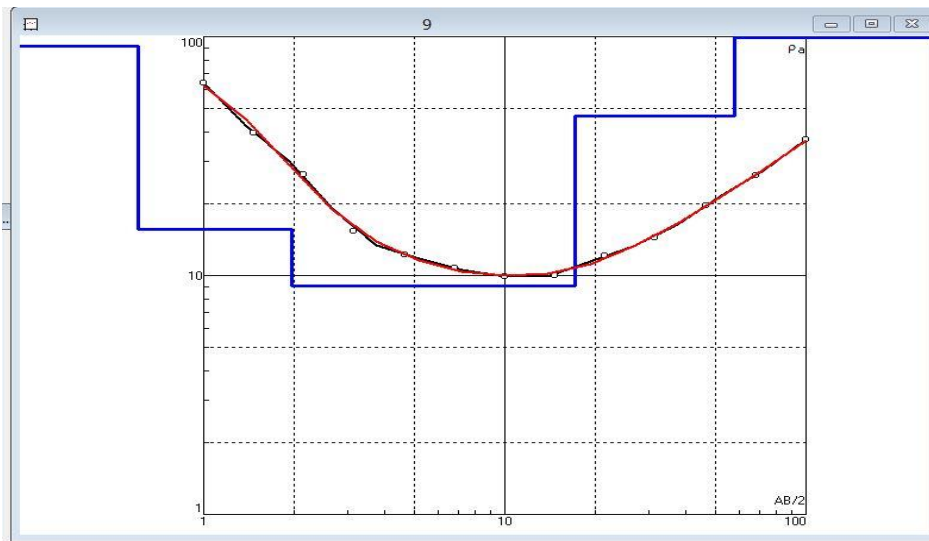
Valores obtenidos de las resistividades para la tercera capa indican material arcillo arenoso con un espesor de 15.2 metros y a una profundidad de 17.2 metros.

La resistividad de 46.7 Ωm para la cuarta capa indican gravas y arenas a una profundidad de 57.9 metros y un espesor de 40.7 metros.

Una quinta capa muestra una resistividad de 706 Ωm , sin conocer valores de profundidad y espesor se puede inferir que la capa está formada por basamento (lutitas).

El estrato favorable para la explotación es la cuarta capa que se encuentra formada por gravas las mismas que servirá de almacén del agua.

(a)



(b)

Error = 2.65%				
N	p	h	d	Alt
1	91.3	0.608	0.608	-0.6084
2	15.6	1.35	1.95	-1.953
3	9.06	15.2	17.2	-17.18
4	46.7	40.7	57.9	-57.85
5	706			

(c)

sev9

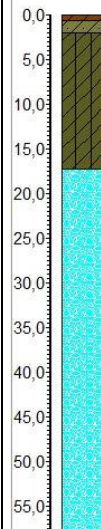


Figura 5.9 Interpretación del SEV-9. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.9. Capas de resistividad SEV-9

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie limo-arcilloso	0.608	0.6084	91.3
2	Material limo arenoso	1.35	1.95	15.6
3	Arcillo-arenoso	15.2	17.2	9.06
4	Materia permeable	40.7	57.9	46.7
5	Basamento			706

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV10

COORDENADAS: 531344; 9794419.

La **Figura 5.10 (a)** muestra la curva de campo del SEV 10, la **Figura 5.10 (b)** indica las capas del subsuelo con sus respectivos espesores a diferentes profundidades y en la **Figura 5.10 (c)** se realiza una interpretación gráfica del tipo de material diferenciando las capas del subsuelo.

El error obtenido para el sondeo 10 fue de 4.31% para lo cual se hizo una consideración de 5 capas en donde se observan diferentes materiales.

La irregularidad en el campo durante la toma de medidas justifican una de las razones por las cuales se obtiene un error superior al 4%, las intercalaciones de materiales y vegetación son también indicadores del error obtenido durante el ajuste de la curva de campo.

En la **Tabla 5.10** muestra las capas del subsuelo obtenidas según los valores adquiridos en campo.

La primera capa muestra una resistividad de 69.2 Ωm ubicada a una profundidad de 0.677, observación en el campo indica material limo arcilloso.

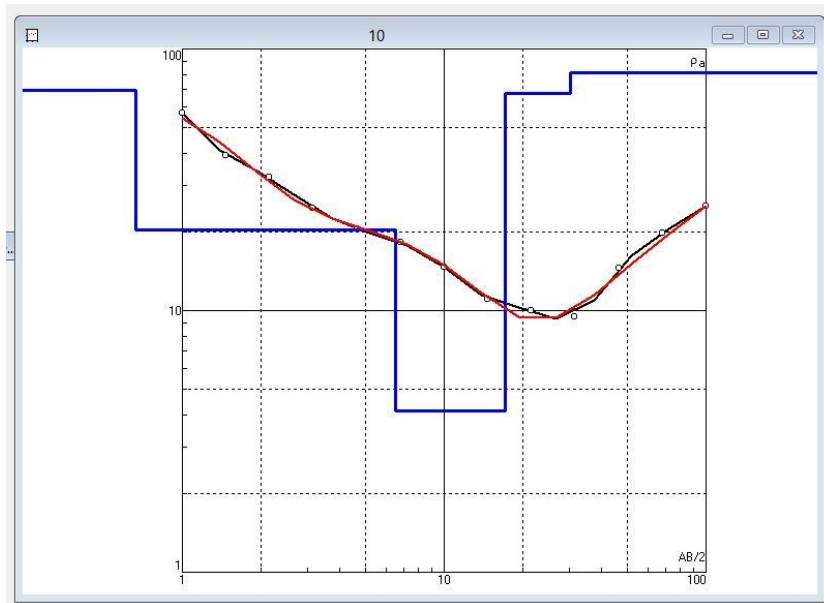
La segunda capa presenta una resistividad de 20.4 Ωm con un espesor de 5.88 metros, siendo una capa de material limo arenoso a una profundidad de 6.54 metros.

La tercera capa está a 17.13 metros de profundidad y abarca un espesor de 10.6 metros, la resistividad de 4.13 Ωm indica material poco permeable.

La cuarta capa a una resistividad de 67.7 Ωm es interpretada como gravas arenosas con intercalaciones de limo a una profundidad de 30.31 metros y un espesor de 13.2 metros.

La quinta capa muestra una resistividad de 81.3 Ωm , formada por material muy permeable y la posible presencia de agua, valores de profundidad y espesor no son conocidos durante el ajuste de la curva sin embargo dichos datos pueden ser adquiridos en estudios a mayor profundidad.

(a)



(b)

Error = 4.31%				
N	ρ	h	d	Alt
1	69.2	0.667	0.667	-0.667
2	20.4	5.88	6.55	-6.546
3	4.13	10.6	17.1	-17.13
4	67.7	13.2	30.3	-30.31
5	81.3			

(c)

sev10

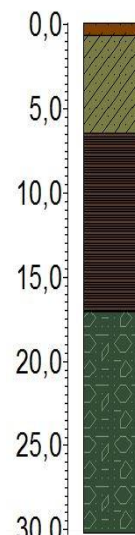


Figura 5.10 Interpretación del SEV-10. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.10. Capas de resistividad SEV-10

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie limo-arcilloso	0.667	0.667	69.2
2	Material limo arenoso	5.88	6.548	20.4
3	Material poco permeable	10.6	17.13	4.13
4	Gravas arenosas con intercalaciones de limo	13.2	30.31	67.7
5	Material muy permeable, posible presencia de agua			81.3

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV11

COORDENADAS: 531096; 9794369

La **Figura 5.11 (a)** es la representación gráfica de los valores obtenidos en campo durante el onceavo sondeo, la **Figura 5.11 (b)** indica el error según el ajuste de la curva de campo y **la Figura 5.11 (c)** muestra gráficamente las capas según el tipo de material.

El error obtenido durante el ajuste de la curva es de 5.02% el cual se encuentra expresado en 5 capas que se definen según el tipo de material del subsuelo.

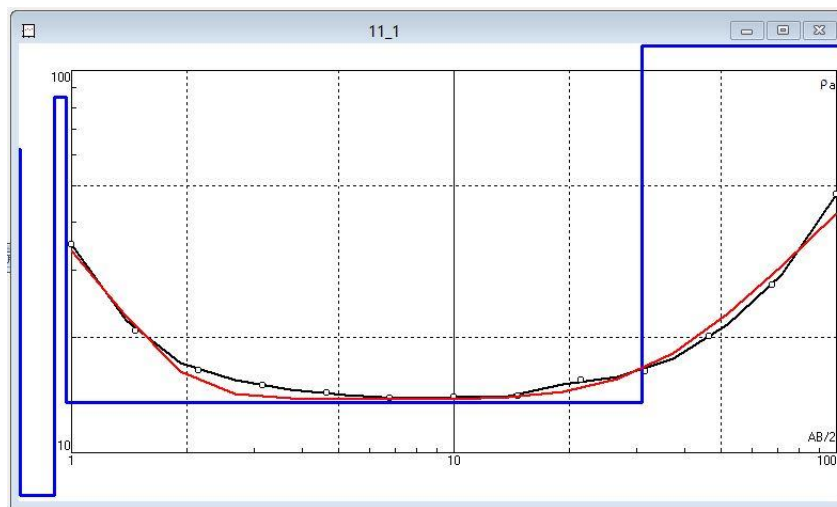
La vegetación, la sequedad del terreno, intercalaciones de distintos materiales bajo superficie y su irregularidad del terreno son factores considerados en el valor obtenido según el error de la gráfica.

La **Tabla 5.11** indica las capas del subsuelo y sus respectivos espesores a partir de los valores obtenidos en campo.

La primera capa está representada por una superficie limo arcilloso con una resistividad de $62 \Omega\text{m}$ y un espesor de 0.5 metros, la segunda capa se encuentra a 0.902 metros de profundidad y una resistividad de $5.92 \Omega\text{m}$ considerable como material poco permeable posiblemente arcilla.

La tercera capa del SEV 11 muestra una resistividad de $85.3 \Omega\text{m}$ y un espesor de 0.069 metros, capa formada por material muy permeable de gravas y arena y la posible presencia de agua.

La resistividad de $13.5 \Omega\text{m}$ mostrada para la cuarta capa a una profundidad de 31.01 metros y a un espesor de 30 metros muestran una capa de material poco permeable (arcillas), seguida de una quinta capa que no presenta valores de profundidad y espesor sin embargo el valor de la resistividad mostrada es de $1403 \Omega\text{m}$, capa que podría estar representada por basamento.

(a)**(b)**

Error = 5.02%				
N	p	h	d	Alt
1	62	0.5	0.5	-0.5
2	5.97	0.402	0.902	-0.9023
3	85.3	0.069	0.971	-0.9713
4	13.5	30	31	-31.01
5	1403			

sev11

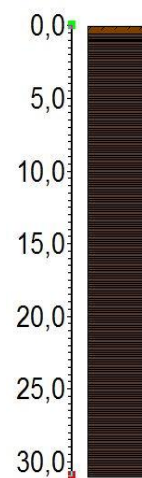
**(c)**

Figura 5.11 Interpretación del SEV-11. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.11. Capas de resistividad SEV-11

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie limo-arcilloso	0.5	0.5	62
2	Material poco permeable (arcillas)	0.402	0.9023	5.97
3	Material muy permeable (gravas y arena) posible presencia de agua	0.069	0.9713	85.3
4	Material poco permeable (arcillas)	30	31.01	13.5
5	Basamento			1403

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV12

COORDENADAS: 531047; 9794349

La **Figura 5.12 (a)** muestra el ajuste de la curva de campo, **Figura 5.12 (b)** presenta una tabla con las diferentes capas del subsuelo indicando profundidades y espesores a partir del ajuste de la curva y la **Figura 5.12 (c)** representa gráficamente en una columna vertical las profundidades de las capas.

Durante el ajuste de la curva de campo se obtuvo un error del 4.97%, cuyas razones deben ser intercalaciones de diversos

materiales en el terreno durante su depositación, la irregularidad del terreno y su vegetación.

En la **Tabla 5.12** se realiza la interpretación de los materiales según las resistividades obtenidas para cada capa.

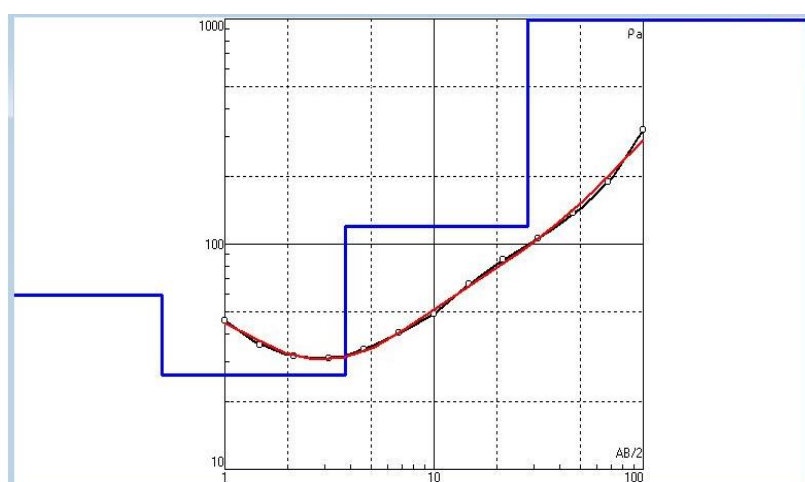
La resistividad obtenida para la primera capa es de $59.6 \Omega\text{m}$, representada como una superficie limo arcilloso a una profundidad de 0.5 metros.

La segunda capa se encuentra a una profundidad de 3.791 metros abarcando un espesor de 3.29 metros y una resistividad de $26.2 \Omega\text{m}$, representado como arena con intercalaciones de arcilla.

El valor obtenido de la resistividad durante el ajuste de la curva de campo para la tercera capa es de $120 \Omega\text{m}$ con un espesor de 24.4 metros, capa que se define como material muy permeable (gravas y arenas).

La resistividad de $14956 \Omega\text{m}$ para la última capa indica la presencia de basamento.

(a)



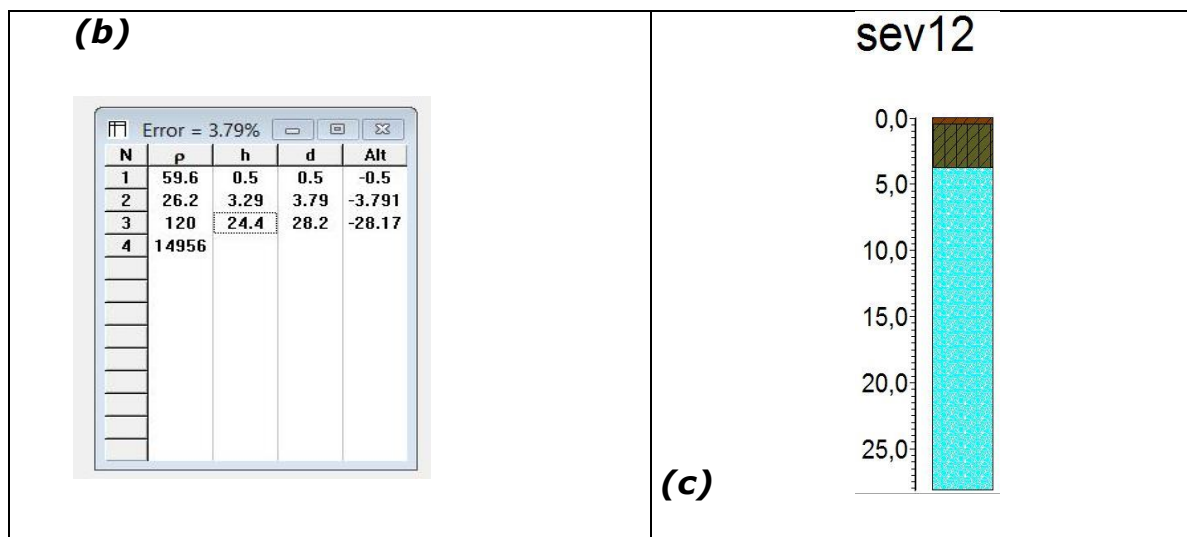


Figura 5.12 Interpretación del SEV-12. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.12 Capas de resistividad SEV-12

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1	Superficie limo-arcilloso	0.5	0.5	59.6
2	Arena con intercalaciones de arcilla	3.29	3.791	26.2
3	Material muy permeable (gravas y arena)	24.4	28.17	120
4	Basamento			14956

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV13

COORDENADAS: 530621; 9794022

La **Figura 5.13 (a)** representa la curva de campo y su ajuste, la **Figura 5.13 (b)** muestra las capas del subsuelo y el error durante el ajuste de la curva y la **Figura 5.13 (c)** es la representación gráfica de los estratos en el programa rockwork.

La variabilidad del terreno junto con su irregularidad y la vegetación son causas importantes por las cuales se obtiene cierto porcentaje de error, para el SEV 13 se obtuvo un error de 1.88%.

La **Tabla 5.13** muestra los materiales depositados durante el paso de los años, análisis que permite definir las diversas capas del subsuelo.

El ajuste de la curva durante este sondeo permitió definir 4 capas; la primera capa presenta una resistividad de 83.03 Ωm a una profundidad y espesor de 0.5 metros, capa representada por una Superficie limo arcilloso.

A una profundidad de 5.8428 metros se encuentra ubicada la segunda capa con un espesor de 5.343 metros y una resistividad de 13.45 Ωm , representada por material limo arenoso.

La tercera capa muestra una resistividad de 49.49 Ωm ubicada a una profundidad de 9.4343 metros, capa considerada como material muy permeable (gravas y arenas) con un espesor de 3.592 metros.

Una resistividad de 81.28 Ωm a una profundidad de 20.418 metros son los valores que se observan para la cuarta capa del SEV 12, valor de resistividad que indica un material muy permeable posible presencia de agua.

La resistividad de 7063 Ωm muestra basamento para la última capa.

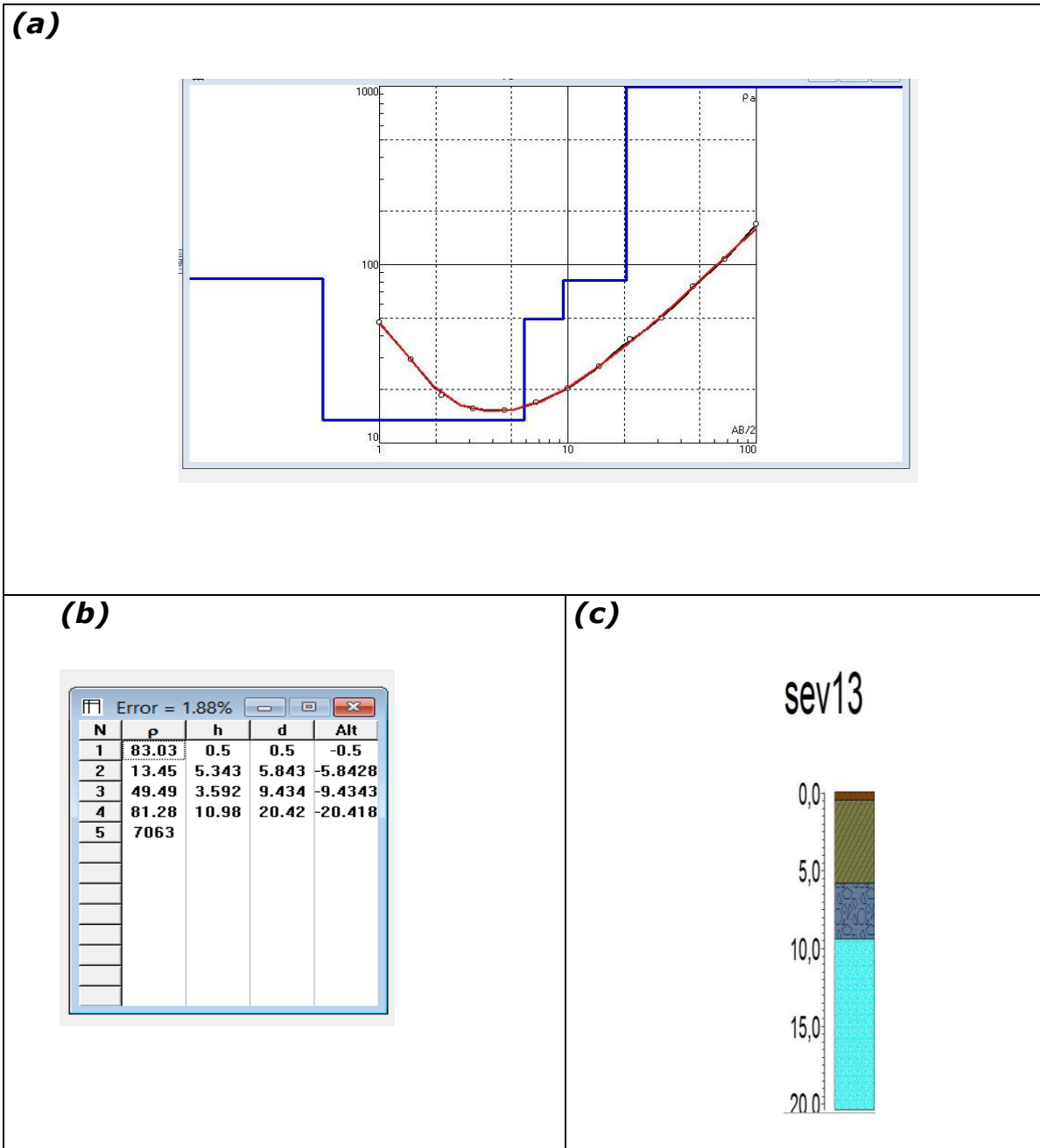


Figura 5.13 Interpretación del SEV-13. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.13. Capas de resistividad SEV-13

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie limo-arcilloso	0.5	0.5	83.03
2	Material limo arenoso	5.343	5.8428	13.45
3	Material muy permeable (gravas y arena)	3.592	9.4343	49.49
4	Material muy permeable posible presencia de agua	10.98	20.418	81.28
5	Basamento			7063

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV14

COORDENADAS: 530621; 9794022

La **Figura 5.14 (a)**, **(b)** representan la curva de campo y el error porcentual durante su ajuste, junto con los espesores y profundidades del terreno y la **Figura 5.14 (b)** indica las capas y sus profundidades gráficamente.

El ajuste de la curva de campo muestra un error del 3% producto de la vegetación, irregularidad e intercalaciones de diversos materiales.

La **Tabla 5.14** hace una descripción detallada de las capas del subsuelo con sus respectivos materiales analizados en base a las resistividades obtenidas en campo.

Una superficie limo arcillosa es observable durante el sondeo, la resistividad obtenida de la curva de campo es de 140 Ωm ubicada a una profundidad de 0.54 metros.

El valor de la resistividad para la segunda capa disminuye notablemente a 14.6 Ωm con un espesor de 9.08 metros, capa considerable como material limo arenoso.

Un espesor de 14.9 metros a una profundidad de 24.57 metros indican una resistividad de 31.6 Ωm , resistividad que define a la capa como material permeable saturado de flujo con salinidad.

El último valor de resistividad observado en la tabla b no indica valores de profundidad y espesor sin embargo la resistividad presente es de 9676 Ωm , calificando esta última capa como basamento.

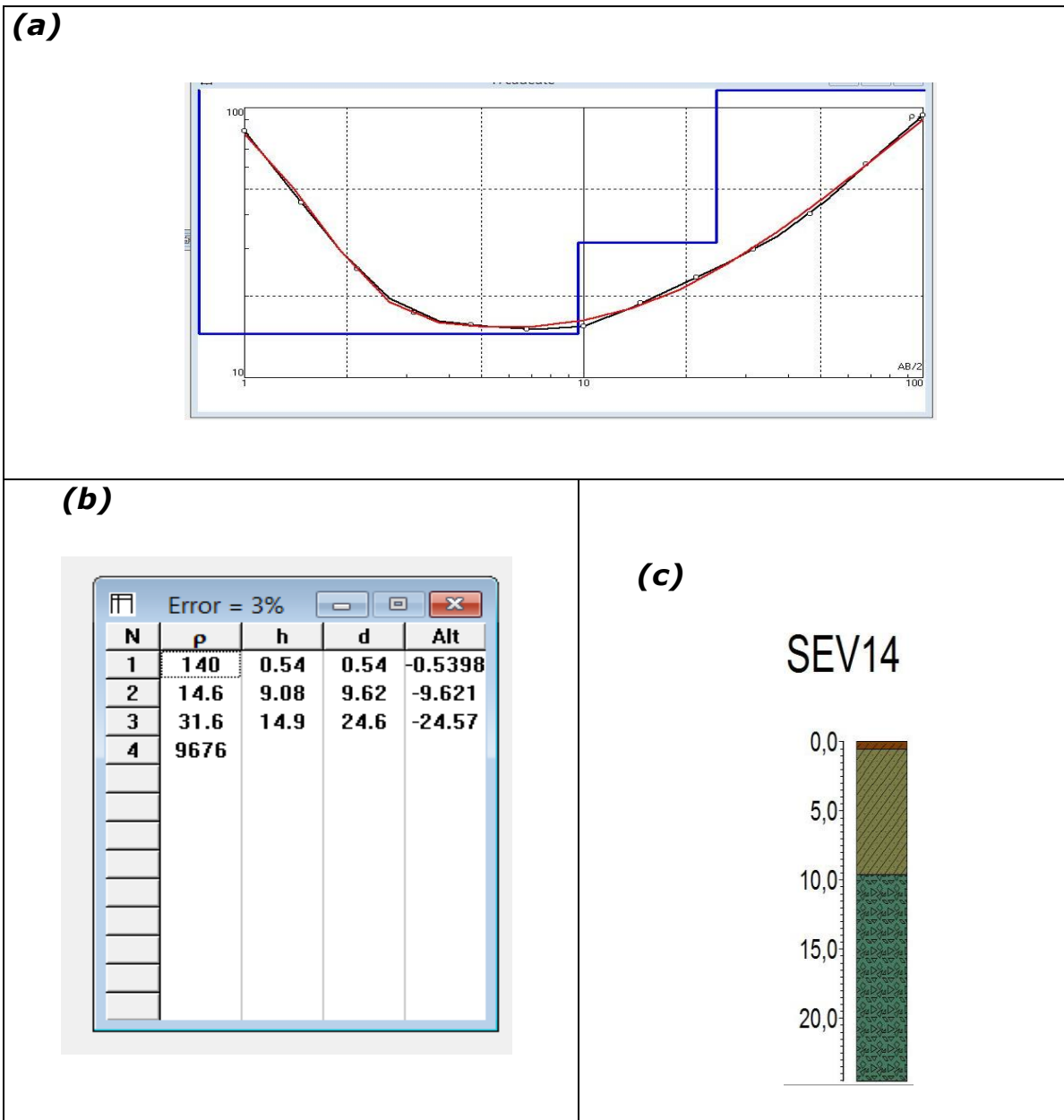


Figura 5.14 Interpretación del SEV-14. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.14. Capas de resistividad SEV-14

N	Descripción	Esesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie limo-arcilloso	0.54	0.5398	140

2	Material limo arenoso	9.08	9.621	14.6
3	Permeable saturado de flujo con salinidad	14.9	24.57	31.6
4	Basamento			9676

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV15

COORDENADAS: 530230; 9793766

La **Figura 5.15 (a), (b)** muestran la curva de campo obtenida durante el ajuste realizado en el programa Ipi2win y **la Figura 5.15 (c)** indica mediante un gráfico las profundidades de las capas.

Durante la toma de medidas de 15 sondeo la lluvia fue participe por lo cual se humedeció el terreno y los valores de las resistividades se mostraron con mayor rapidez, el error obtenido en el ajuste de la curva fue de 5.09% lo cual se debe a las irregularidades de la zona, la vegetación y las intercalaciones de diversos materiales.

En la **Tabla 5.15** se muestra a detalle los materiales por los cuales se encuentran formadas las capas obtenidas según los estudios realizados.

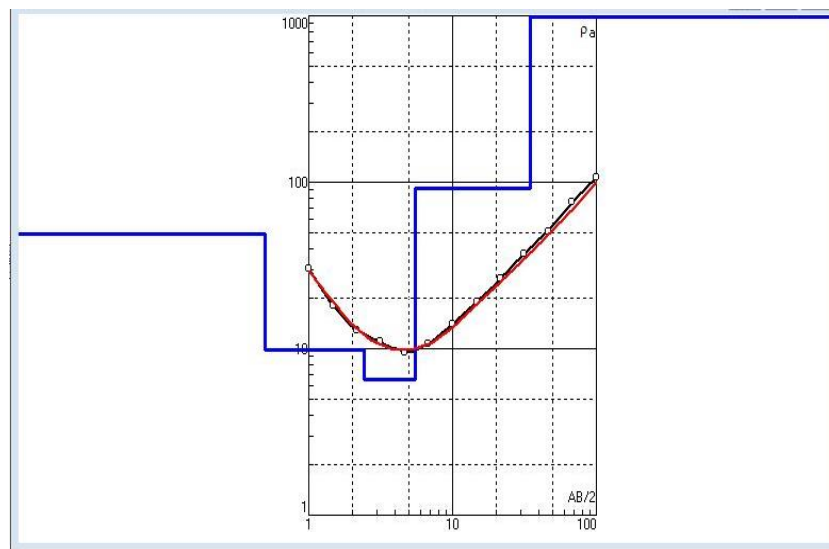
Una resistividad de 49.2 Ωm se hace presente para la primera capa de superficie areno limosa a una profundidad de 0.5 metros, la segunda capa del subsuelo está compuesto de material poco permeable como arcillas en su interior, abarcando un espesor de 1.92 metros a una profundidad de 2.418 metros.

Una tercera capa se presenta a una profundidad de 5.498 metros con un espesor de 3.08 metros, la resistividad de $6.49 \Omega\text{m}$ indican una capa poco permeable.

La resistividad de $91.4 \Omega\text{m}$ muestran una cuarta capa de material muy permeable (gravas y arenas) en su interior ubicados a una profundidad de 34.52 metros.

Valores de resistividad para la última capa indican basamento con una resistividad de $12818 \Omega\text{m}$

(a)



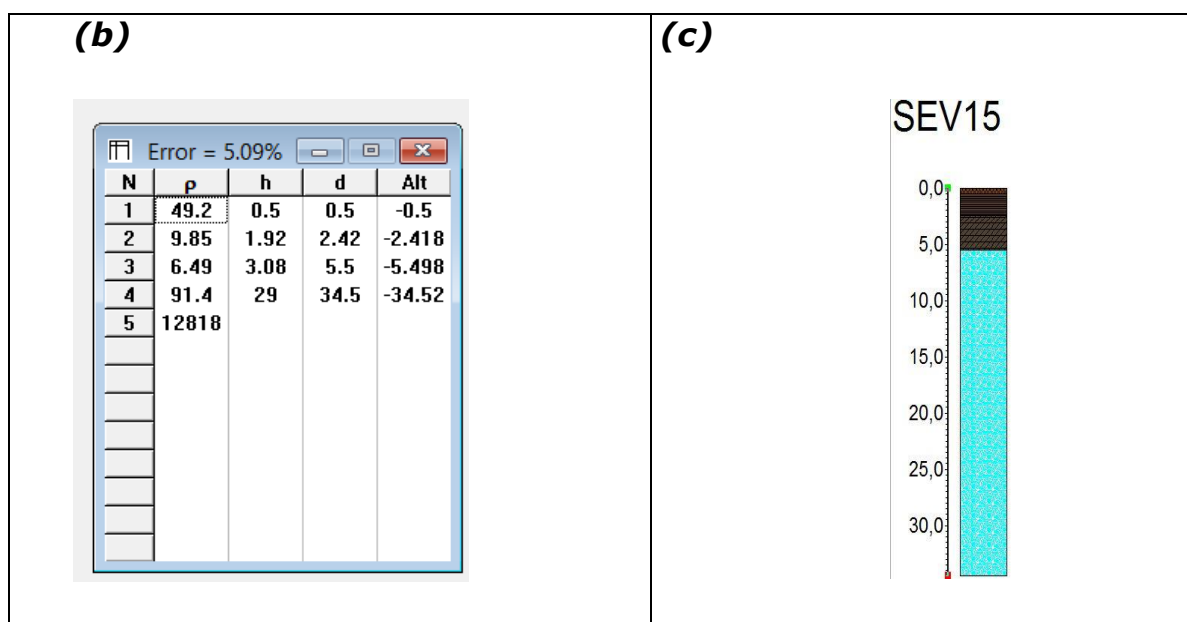


Figura 5.15 Interpretación del SEV-15. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.15 Capas de resistividad SEV-15

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1	Superficie arenosa limosa	0.5	0.5	49.2
2	Material poco permeable (arcilla)	1.92	2.418	9.85
3	Posible continuidad de material poco permeable	3.08	5.498	6.49
4	Material muy permeable (gravas y arenas)	29	34.52	91.4

5	Basamento			12818
---	-----------	--	--	-------

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV16

COORDENADAS: 529779; 9793678

La **Figura 5.16 (a)** muestra el ajuste de la curva de campo, la **Figura 5.16 (b)** presenta el error de la curva de campo con sus respectivas capas, espesores y profundidades y **la Figura 5.16 (c)** indica las capas del subsuelo.

Las imperfecciones del terreno junto con las intercalaciones de los materiales y la vegetación son razones del error durante el ajuste de la curva.

La **Tabla 5.16** hace una descripción detallada de los materiales en profundidad.

La resistividad recibida para la primera capa es de 19.8 Ωm con un espesor de 0.747 metros representando como primer material una superficie areno limosa.

La segunda capa muestra una resistividad de 4.48 Ωm a una profundidad de 5.112 metros, considerada como material poco permeable (arcillas).

Una resistividad de 569 Ωm con un espesor de 25.7 metros indican una capa muy permeable (gravas y arena) a una profundidad de 30.82 metros.

Una quinta capa que no muestra valores de profundidad y espesor tiene una resistividad de 6630 Ωm representada como basamento.

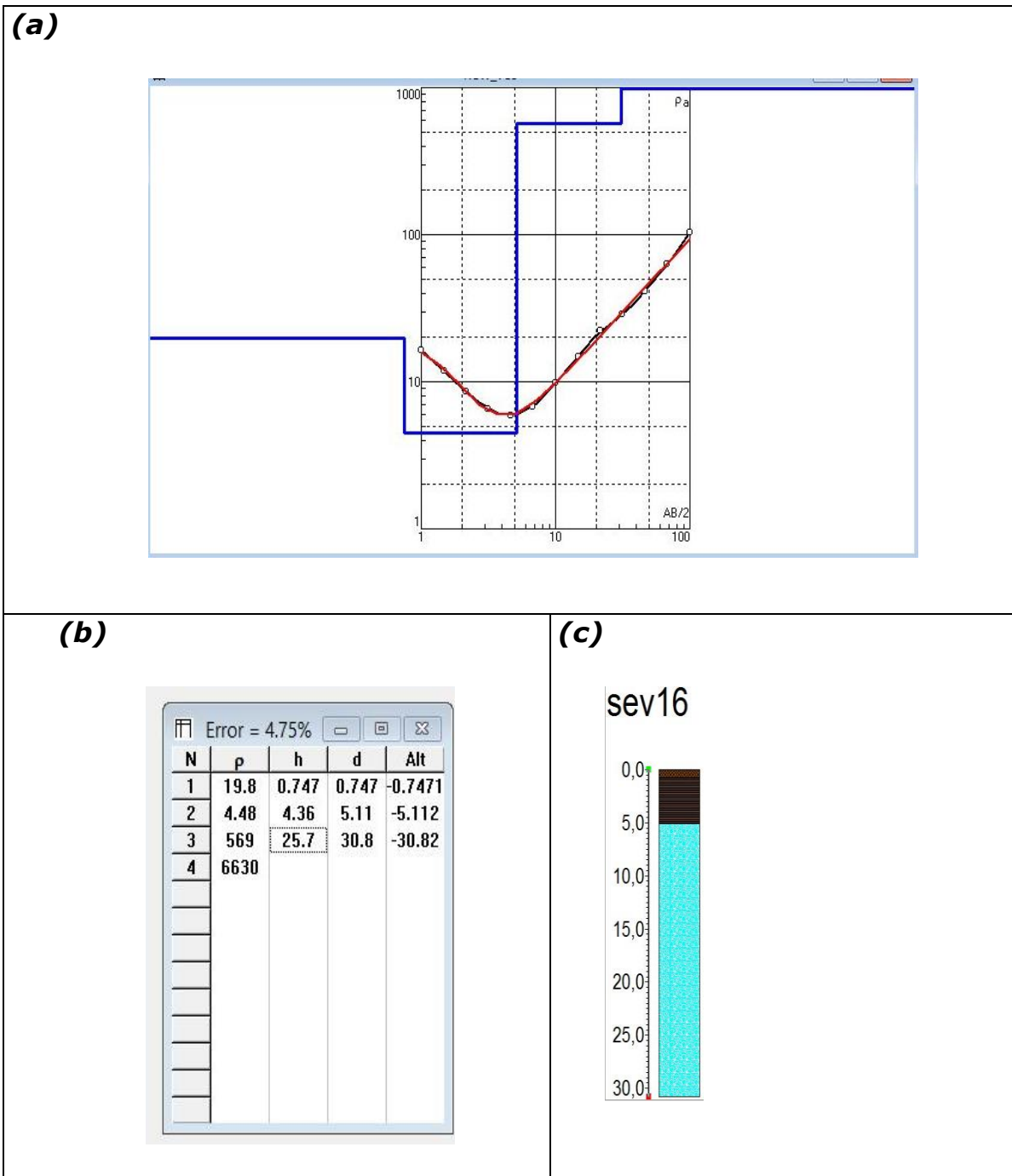


Figura 5.16 Interpretación del SEV-16. (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.16 Capas de resistividad SEV-16

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie arenosa limosa	0.747	0.747	19.8
2	Poco permeable (arcillas)	4.36	5.11	4.48
3	Muy permeable (gravas y arena)	25.7	30.82	569
4	Basamento			6630

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV 1 Libertador Bolívar

COORDENADAS: 532587; 9792844

La **Figura 5.17 (a)** representa el ajuste de la curva obtenida durante el primer sondeo realizado en Libertador Bolívar, la **Figura 5.17 (b)** muestra el error porcentual debido a las irregularidades del terreno y **la Figura 5.17 (c)** es la gráfica realizada en cuanto a las profundidades de las capas.

Variabilidad de la zona, intercalaciones de materiales y la vegetación son factores considerados en el error obtenido durante el ajuste de la gráfica de campo.

La **Tabla 5.17** realiza una clasificación detallada de los materiales en profundidad.

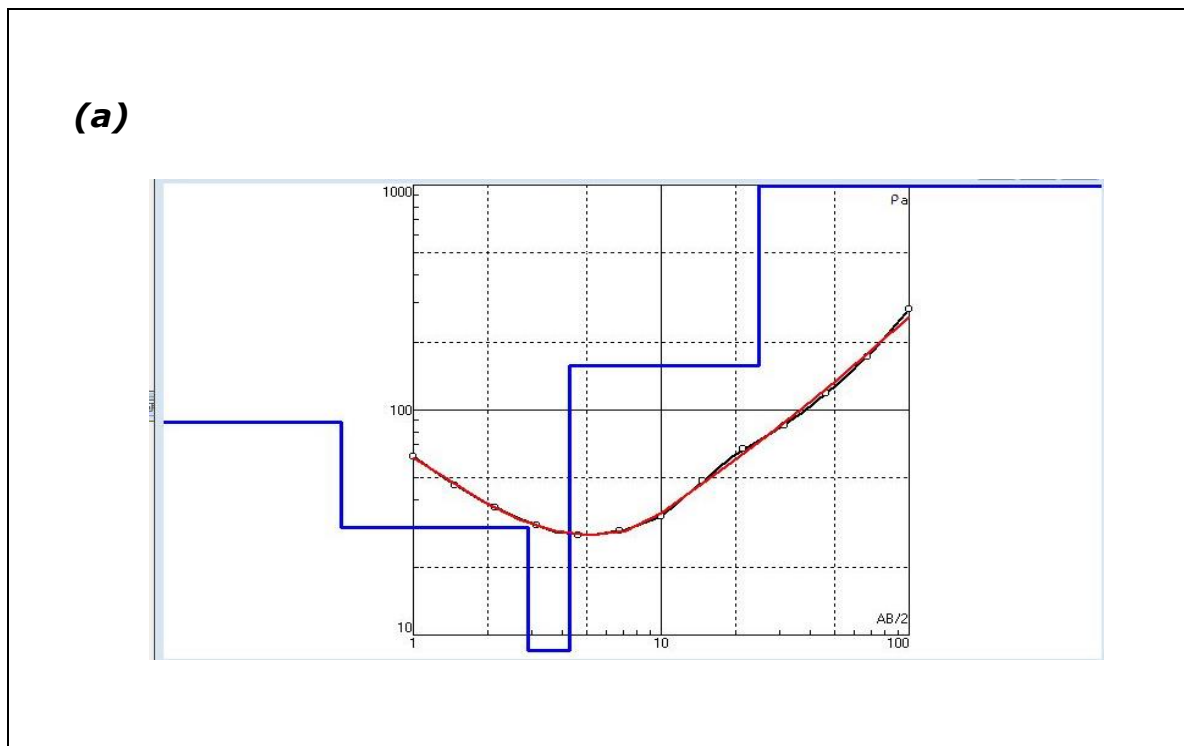
La primera capa según el valor de resistividad obtenida en campo y a su observación indica una superficie limo arcillosa con una resistividad de $88.4 \Omega\text{m}$ a una profundidad de 0.5 metros

Una resistividad de $30 \Omega\text{m}$ a una profundidad de 2.89 metros y un espesor de 2.38 metros muestran una capa de arenas con intercalaciones de arcilla.

La tercera capa muestra una resistividad de $8.55 \Omega\text{m}$ y un espesor de 1.36 metros a 4.25 metros de profundidad, indicando una capa de arcilla con arenas.

La resistividad de $157 \Omega\text{m}$ a una profundidad de 24.79 metros, hacen referencia a una capa muy permeable (gravas y arenas) con la posible presencia de agua.

Se registra una quinta capa con una resistividad de $9719 \Omega\text{m}$ lo cual dentro de los rangos de resistividades se registra como basamento.



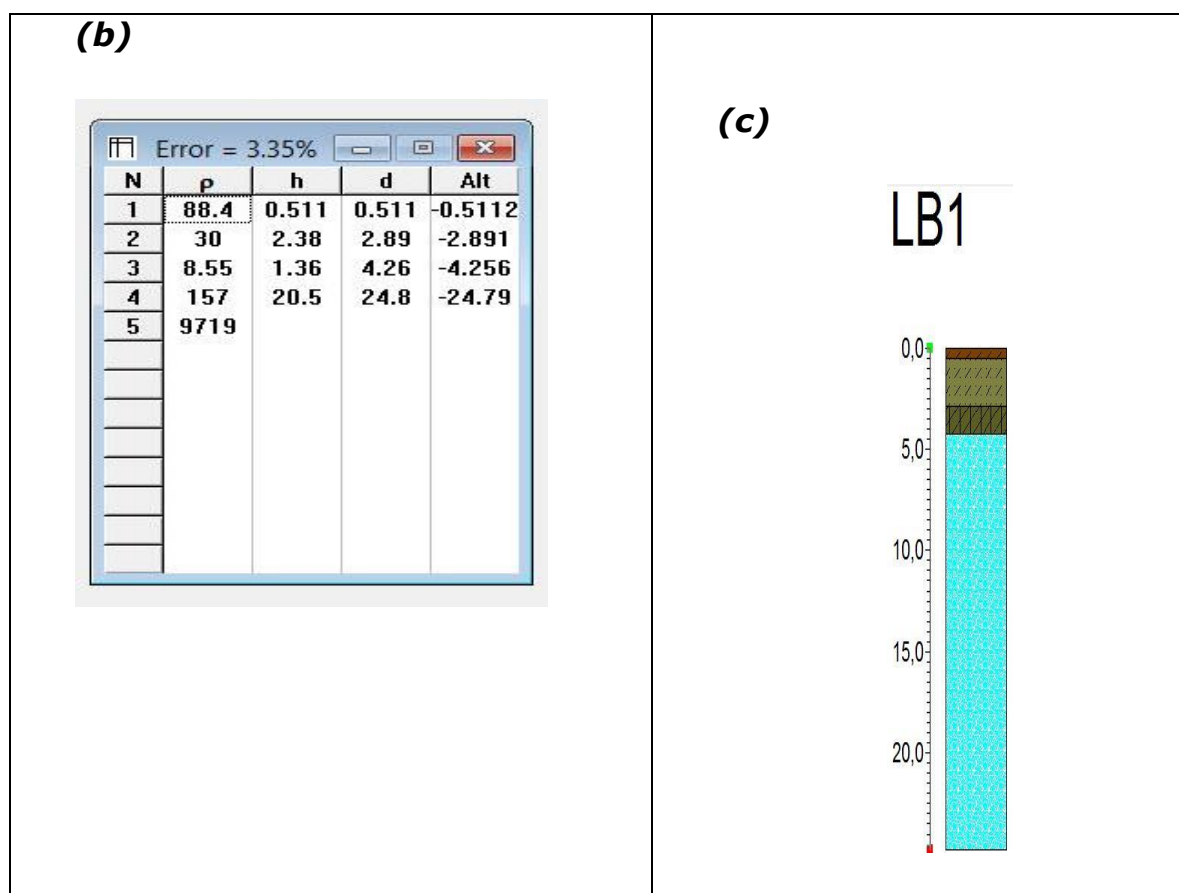


Figura 5.17 Interpretación del SEV-1. Libertador Bolívar (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.17. Capas de resistividad SEV-1 Libertador Bolívar

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1	Superficie arcillosa limo	0.511	0.511	88.4
2	Arena con intercalaciones de arcilla	2.38	2.891	30
3	Arcilla con arenas	1.36	4.256	8.55

4	Muy permeable (gravas y arenas)	20.5	24.79	157
5	Basamento			9719

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV 2 Libertador Bolivar

COORDENADAS: 532246; 9792722

La **Figura 5.18 (a)**, **Figura 5.18 (b)** representa la curva de campo, profundidades y espesores y **la Figura 5.18 (c)** es la gráfica realizada en cuanto a las profundidades de las capas.

El error obtenido durante el ajuste de la curva de campo para el segundo sondeo eléctrico vertical fue de 3.63 %, razones como las intercalaciones de los diversos materiales en su interior, la vegetación y la interferencia en el terreno de datos en el campo se encuentran dentro del error.

La **Tabla 5.18** muestra una descripción de los materiales en profundidad, y sus resistividades permiten la clasificación del material.

La primera capa indica un espesor de 0.689 metros con una resistividad de 18.2 Ωm , al ser observable la primera capa del suelo se lo puede definir como un suelo limo arenoso, seguido de una segunda capa a una resistividad de 8.79 Ωm con una profundidad de 18.21 metros valores que indican material poco permeable (arcillas).

La tercera capa muestra una resistividad de 537 Ωm y un espesor de 5.57 metros a 23.8 metros de profundidad, indicando una capa de material permeable (gravas y arenas).

Se registra una cuarta capa con una resistividad de 2856 Ωm , sin embargo datos de profundidad y espesor no son observables debido a la profundidad del estudio.

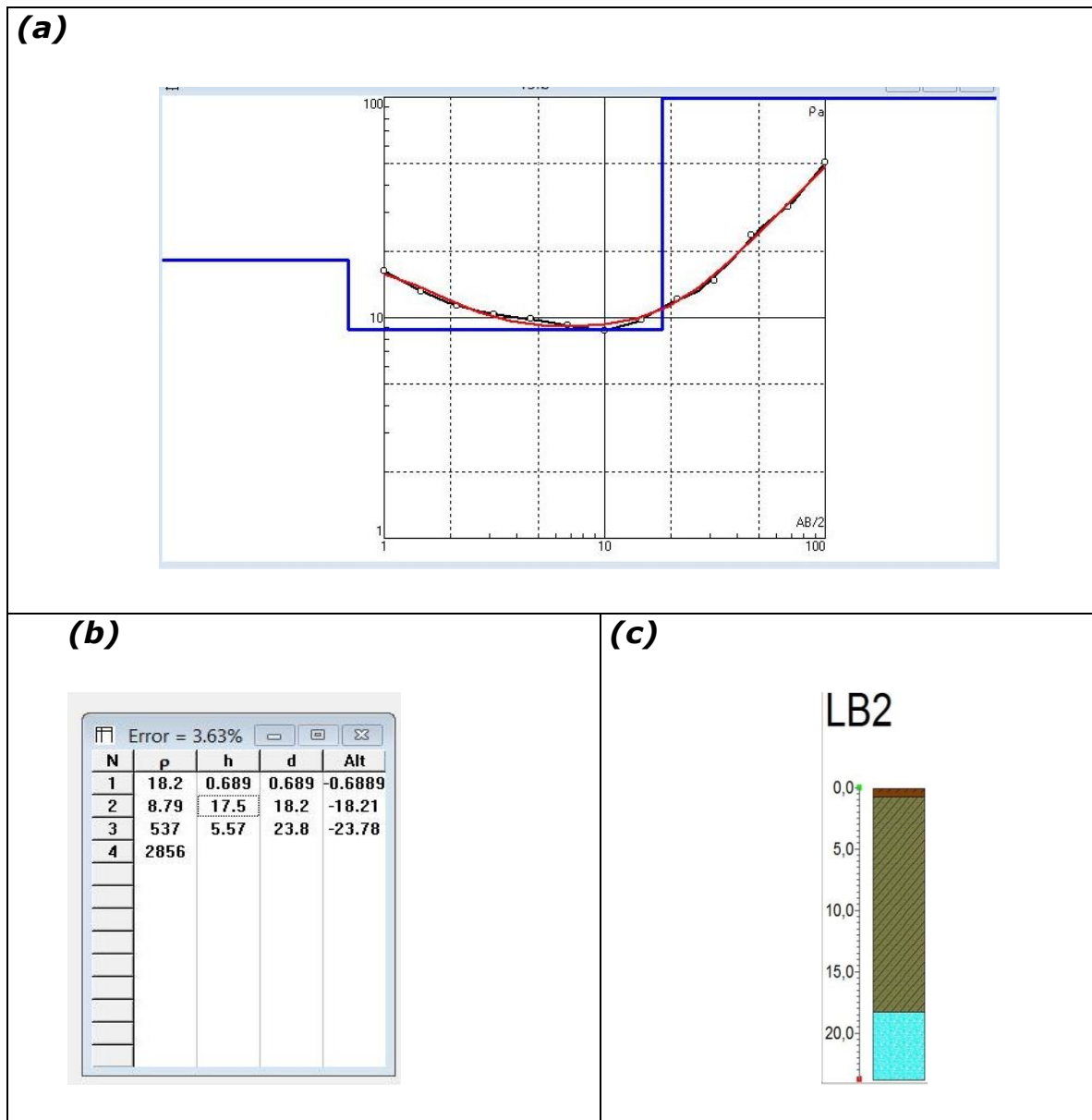


Figura 5.18.- Interpretación del SEV-2. Libertador Bolívar (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.18. Capas de resistividad SEV-2 Libertador Bolívar

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Superficie limo arcillosa	0.698	0.698	18.2
2	Material limo arenoso	17.5	18.21	8.79
3	Muy permeable (gravas y arenas).	5.57	23.78	537
4	Basamento			2856

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

SEV 3 Libertador Bolivar

COORDENADAS: 531874; 9792537

La **Figura 5.19 (a)** representa la curva de campo obtenida durante el sondeo, **Figura 5.19 (b)** muestra el error del ajuste de la curva el cual no debe exceder el 5% y la **Figura 5.19 (c)** es la representación gráfica de las capas del subsuelo.

El ajuste de la curva de campo presento un error de 4.19%, razones como las intercalaciones de los materiales en el interior del subsuelo suelen ser parte del error, a su vez la irregularidad del terreno como su vegetación son factores considerados.

En la **Tabla 5.19** se hace referencia a los datos obtenidos de las resistividades indicando el tipo de material presente en el subsuelo.

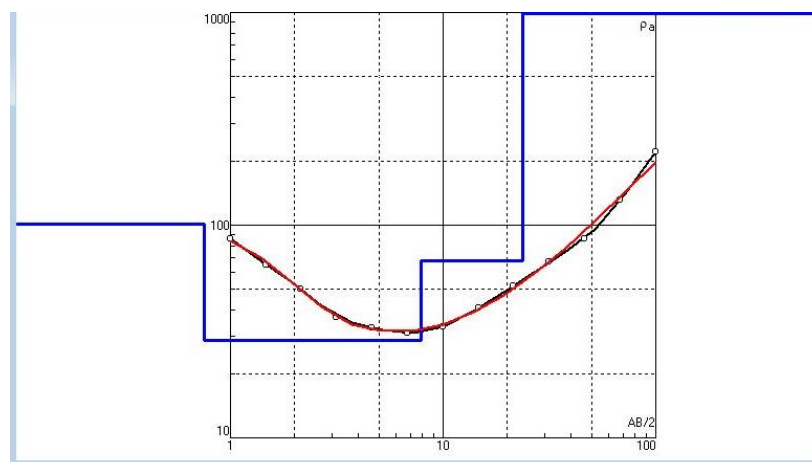
Se obtiene una resistividad de 102 Ω m para una capa de material limo arcilloso a una profundidad de 0.753 metros.

Según la resistividad obtenida la segunda capa está formada por material limo arenoso, presentando una resistividad de $28.6 \Omega\text{m}$ con un espesor de 7.15 metros y a una profundidad de 7.90 metros.

La resistividad de $67.9 \Omega\text{m}$ para la tercera capa indica material muy permeable como gravas y arenas en su interior, ubicada a una profundidad de 23.74 metros con un espesor de 15.8 metros.

Una cuarta capa indica un valor de resistividad de $5818 \Omega\text{m}$ considerada como basamento, espesores y profundidades no son conocidos sin embargo se podría determinar dichos valores.

(a)



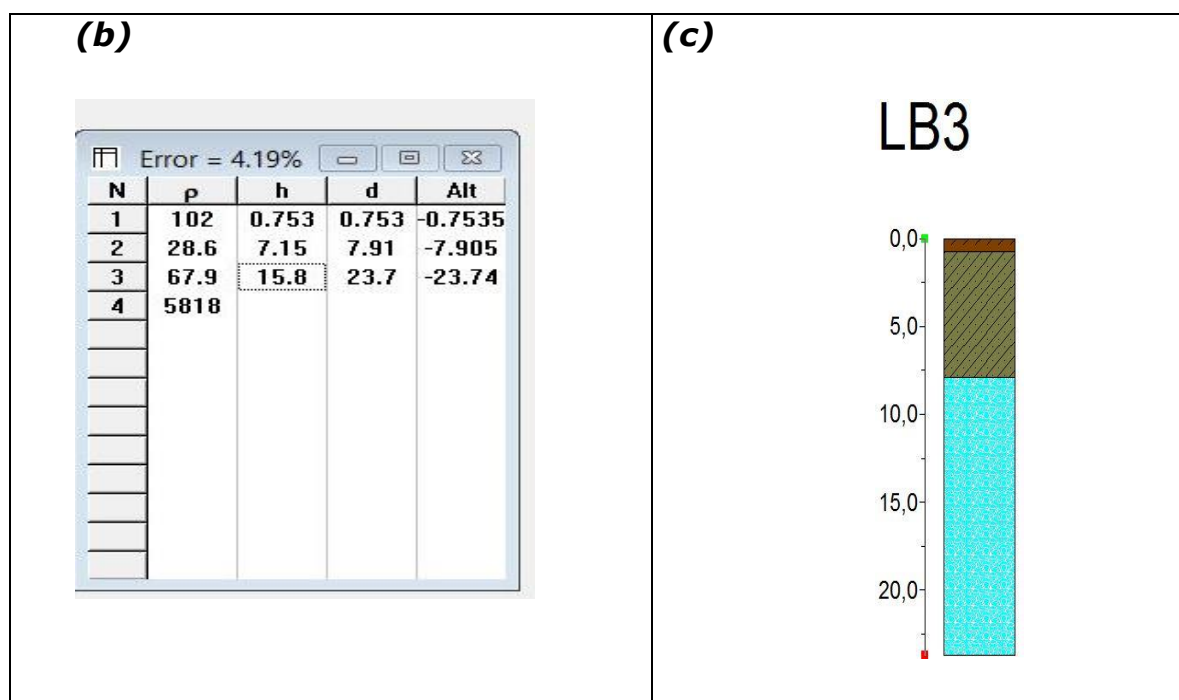


Figura 5.19 Interpretación del SEV-3. Libertador Bolívar (a) Ajuste a la curva de campo. (b) Interpretación de capas de resistividades. (c) Representación de la columna litológica interpretada.

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.19 Capas de resistividad SEV-3 Libertador Bolívar

N	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1	Superficie limo arcillosa	0.7536	0.7535	102
2	Material limo arenoso	7.15	7.905	28.6
3	Material permeable (gravas y arenas)	15.8	23.74	67.9
4	Basamento			5818

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

Tabla 5.20 Resistividades – Cadeate

Material	Resistividad
Superficie Areno-Limosa	5 Ω m- 40 Ω m
Material permeable saturado de flujo con salinidad	15 Ω m- 30 Ω m
Material poco permable(arcillas)	2 Ω m- 11 Ω m
Material muy permeable(gravas y arena)	50 Ω m- 200 Ω m
Posible continuidad de material muy permeable	60 Ω m- 1300 Ω m
Material muy poco permeable	0.01 - 15 Ω m

5.1.1 CORRELACIÓN DE CAPAS

SEV 1-SEV 4-SEV 6

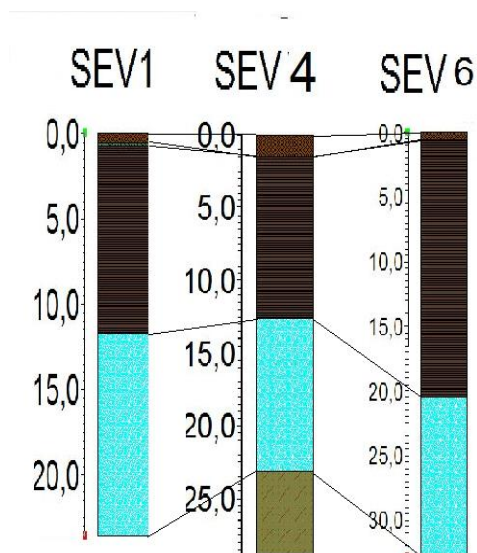


Figura 5.20 SEV1- SEV4-SEV6
Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

En la **Figura 5.20** se puede apreciar la disposición de las capas del suelo hasta determinada profundidad (33 m), según los perfiles geo-eléctricos se ha recomendado una profundidad de 36 metros para el pozo a construirse en la comuna Cadeate siendo la posición de las capas con mayor probabilidad de agua aquellas que en su interior tiene material permeable de gravas y arenas consideradas como el material con las mejores características para la construcción del pozo en el punto estudiado.

Se correlacionaron tres sondeos eléctricos verticales; aquellos con mayor probabilidad de captación acuífera, SEV1-SEV4-SEV6 ; Donde se puede observar que el material permeable de gravas y arenas se muestra en el primer sondeo a partir de 11.7 metros hasta una profundidad de 23.6 metros siendo la cuarta capa del subsuelo, a su vez se observa la misma capa de material a una profundidad de 12.6 metros hasta los 23.1 metros durante el cuarto sondeo; a casi una profundidad similar se observa la cuarta capa del SEV-6 con el mismo tipo de material permeable ubicado a 20.6 metros hasta los 33 metros lo cual indica que dentro de esta zona la cuarta capa es aquella con material permeable y se encuentra ubicada en un rango desde los 11 metros hasta los 33 metros, sobre la cual se ubica material poco permeable(arcillas).

SEV 9-SEV 10-SEV 11

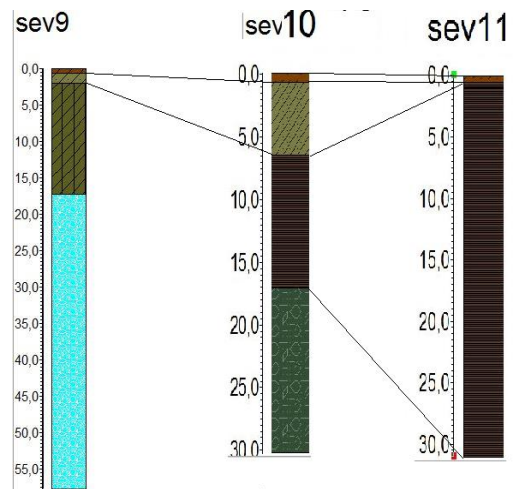


Figura 5.21 SEV1- SEV4-SEV6
Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

La correlación del SEV 9-SEV10- SEV11 muestra que hay una variabilidad de los materiales dispuestos a profundidad, la capa permeable se encuentra a una profundidad de 17.2 metros en el sondeo eléctrico vertical 9 hasta los 57.9 metros, durante el SEV 11 se encontró la misma capa de gravas y arenas a una profundidad de 0.9023 metros la cual llega hasta los 0.9713 metros donde el espesor de dicha capa es 0.069 metros, siendo la capa con mayor espesor aquella que está formada de material poco permeable la cual tiene un espesor de 30 metros material que se encuentra constante en el SEV 10 con un espesor de 10.6 metros.

SEV 2-SEV 5-SEV 11

Se realizó un corte estratigráfico de los sondeos eléctricos verticales 2-5 y 11 ubicados en forma horizontal; donde se correlacionan las capas según el tipo de material observado en las profundidades a partir de las resistividades obtenidas en campo.

La figura 5.22 muestra que la capa del material permeable se mantiene constante para los tres sondeos; el SEV2 muestra una capa de material poco permeable a una profundidad de 2.0 metros misma que se mantiene en el SEV 5 a una profundidad de 3.6 metros mientras que espesor de la capa permeable es de 24.4 metros para el SEV 12 y de 15.4 metros para el SEV 5 y 2, indicando dicho sitio como un lugar idóneo para la elaboración de un acuífero.

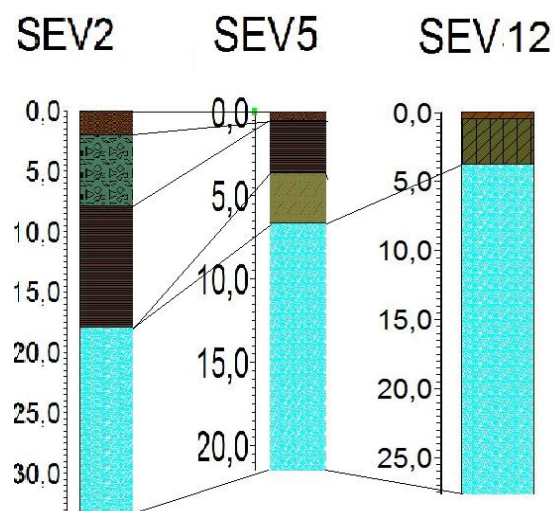


Figura 5.22 SEV2- SEV5-SEV12

Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

5.2 UBICACIÓN DE LOS POZOS ELABORADOS EN CADEATE MEDIANTE EL PROGRAMA ARCGIS

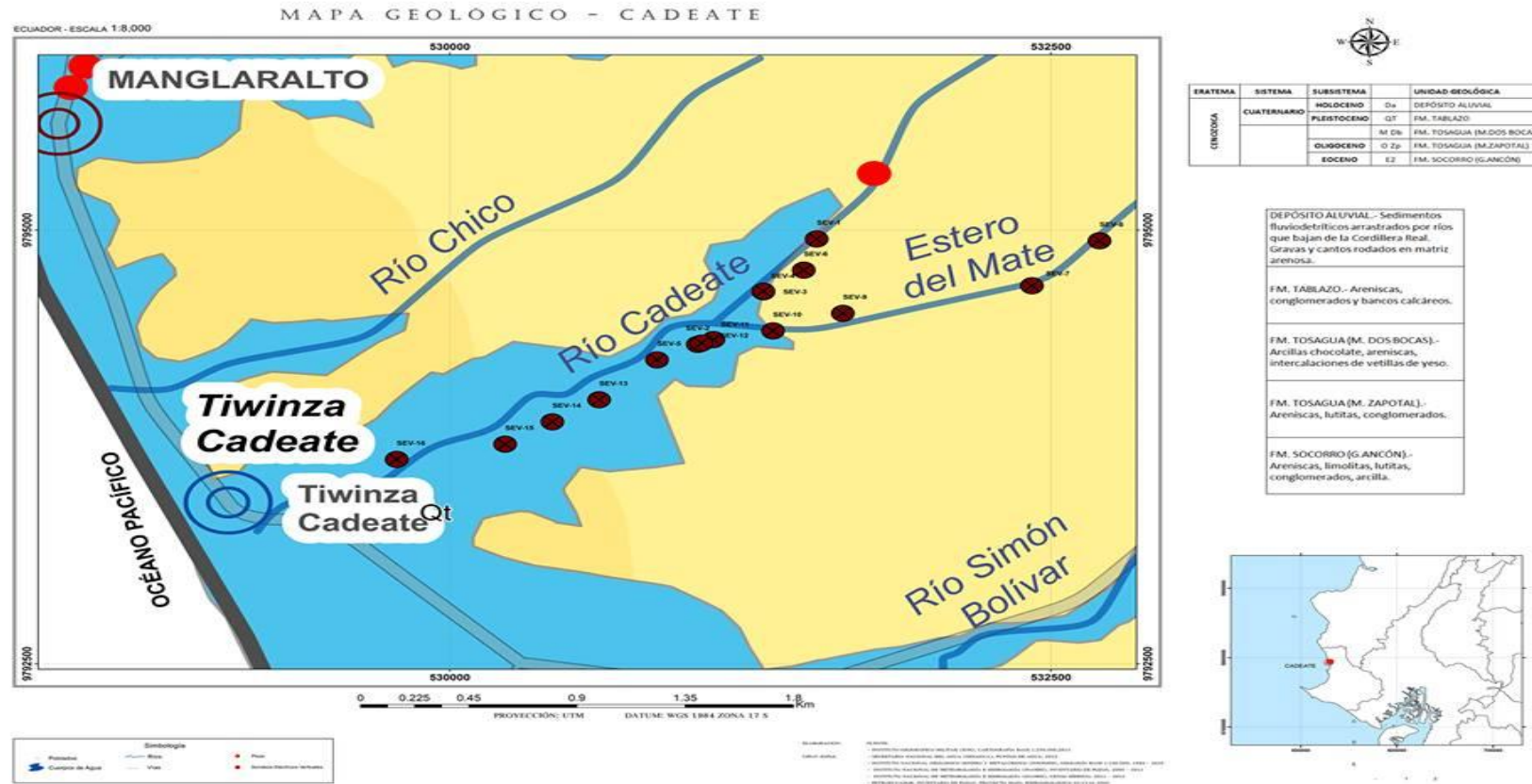


Figura 5.23 Ubicación de los Sondeos en Cadeate
Fuente: CIPAT – ESPOL TECH E.P., 2015.

5.3 PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN POZO

La finalidad de los estudios geofísicos es obtener evidencia de la existencia de posibles estratos con material permeable indicando indirectamente la posibilidad de posibles acuíferos para el abastecimiento de este líquido indispensable para el desarrollo de la comuna Cadeate.

Los estudios geofísicos realizados en Cadeate presentan una descripción de las resistividades de los estratos del subsuelo presentes en los sectores, de acuerdo a esto, se establece que la idoneidad y/o recomendación de uso de equipo de perforación propia para el sitio.

5.4 DISEÑO BASE PARA LA ELABORACIÓN DE POZOS EN CADEATE.

Los estudios realizados dentro de los alrededores de Cadeate permiten definir las capas con mayores probabilidades de almacén de agua según el tipo de material definido por las resistividades del subsuelo.

Bajo el asesoramiento de la compañía Perfo-pozo se ha elaborado un diseño general para la construcción de pozos en el sector la capa

5.4.1 Metodología de campo para la elaboración de un pozo

La primera etapa comprende la movilización del equipo y de todas las herramientas utilizadas en la perforación, así como la movilización del personal designado para la operación de los equipos.

Las perforaciones se realizan según las coordenadas obtenidas en campo para lo cual se ubica los puntos en un mapa del sector de estudio.

Se realiza un pozo con brocas tri-cónicas hasta la profundidad deseada, por lo cual el material queda expuesto a la observación del personal y es posible la obtención de muestras.

El ensanchamiento del pozo se realiza por lo general a un diámetro aproximado a dos veces el diámetro de la camisa o tubería de revestimiento del pozo.

La ubicación o disposición de los filtros se lo realizo en función de la profundidad del pozo, la estratigrafía del pozo definida por las muestras tomadas en el campo y el registro eléctrico.

La grava para el diseño del empaque de grava es de 5 mm a 2cm.

El pozo tendrá un diámetro de 10 pulgadas y el ancho de la capa de grava será de 20 pulgadas.

La profundidad del pozo es de 36 metros constituido por dos tubos ranurados de 6 metros cada uno seguido de 4 tubos ciegos que ocupan un longitud de 24 metros, la bomba será colocada a 18 metros de profundidad medida desde la superficie.

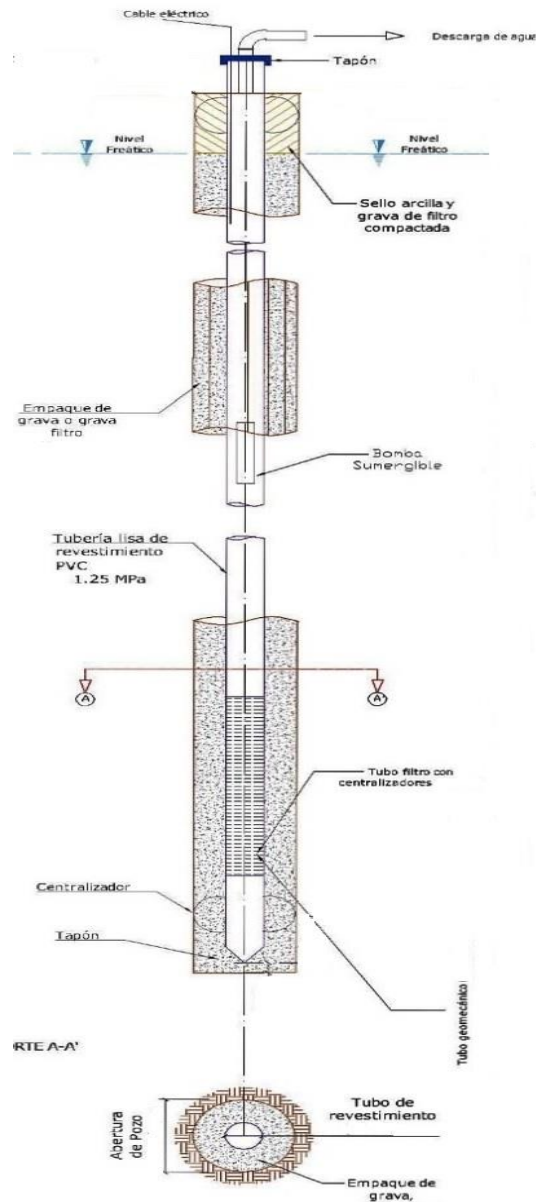


Figura 5.24 Diseño general para la construcción de un pozo en Cadeate
Fuente.-PERFOPOZO

5.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.5.1 CONCLUSIONES

1.- En el desarrollo de este proyecto se realizaron 16 sondeos eléctricos verticales en la Comuna Cadeate junto con 3 sondeos en Libertador Bolívar sitio ubicado a 10 minutos del sector base de estudio, siendo la idea general poder establecer una relación de los dos sitios determinando la posibilidad de seguir una secuencia de la roca almacén.

2.- Se estableció un modelo geológico-geoeléctrico preliminar a lo largo de la cuenca del río Cadeate considerando recorridos de los afloramientos geológicos, y realización de estudios geoeléctricos que permitieron interpretar la disposición de materiales en el subsuelo e identificar el acuífero mediante la presentación de cortes geoeléctricos.

3.- Naturalmente la cuenca tiene la fluencia de dos vertientes por lo cual resulta ser un sitio propicio debido a que la terraza aluvial acumula materiales detríticos con mayor volumen y mayor espesor guardando las características de un acuífero libre y costero.

4.- La información con la que se dispuso aportó semejanzas entre sí, llevando consigo a puntos similares en cuanto a los diferentes tipos de materiales que forman parte de los suelos en el área de estudio. De los cuales se puede acotar que los materiales en el sector son de origen aluvial; depósitos que se han formado por el transporte de arcillas, arenas, gravas mediante el acarreo por los

cuerpos de aguas existentes en la zona (ríos), agua de escorrentía, vientos y otros factores meteorológicos que forman parte de los agentes que actúan en el transporte de estos materiales a los sitios más bajos.

5.- Se definió una tabla de resistividades de acuerdo a los datos obtenidos en campo, que permite determinar el tipo de material sobre el cual se encuentra asentado Cadeate, siendo las capas favorables aquellas que van en el rango de 50 Ω m a 200 Ω m.

6.- Se identificaron aquellas capas con mayor probabilidad de almacén de agua, además en base a los estudios realizados en campo se planteó un plan de explotación de agua que mejore la vivencia en el sector.

7.- Los valores de resistividad Ohm obtenidos mediante el sondeo eléctrico vertical en campo permitieron identificar al acuífero y por tanto se propone realizar una perforación de 36 metros de profundidad en el sector de la confluencia de los ríos.

8.-En base a los materiales encontrados en profundidad se estableció un esquema general para la elaboración de los posibles pozos en la Comuna Cadeate.

9.-La correlación estratigráfica de los sondeos 1-4-6 muestra a este sector como un sitio idóneo para la elaboración de un pozo debido a que la capa permeable se mantenía en los tres sondeos a una profundidad 11.7 metros hasta los 33 metros con espesores de 12 metros.

10.- La capa permeable dentro Cadeate se ubica a partir de los 12 metros de profundidad hasta los 33 metros por lo cual se estableció que el pozo tendrá una profundidad de 36 metros.

11.- el sondeo eléctrico vertical 11 muestra una capa de material poco permeable con espesor de 30 metros lo cual según el objetivo del estudio queda descartado como lugar idóneo para la elaboración de un acuífero.

5.5.2 RECOMENDACIONES

1.- Los 16 Sondeos eléctricos verticales fueron realizados alrededor de Cadeate sin embargo al ser una área extensa es recomendable realizar otra campaña de sondeos eléctricos verticales que permitan el estudio mucho más amplio conociéndose lugares con mayor probabilidad para la elaboración de un acuífero

2.- Un mayor aporte sobre la información geológica en el subsuelo se la puede obtener mediante otros estudios de investigación subterránea; como lo es las tomografías eléctricas verticales que muestran a mayor profundidad los estratos del subsuelo.

3.- Elaborar una campaña de 15 sondeos eléctricos verticales dentro de Libertador Bolívar debido a que los tres sondeos realizados actualmente mostraron una continuidad de la capa permeable de Cadeate.

4.-Reelaborar el plan de explotación con medida en dos años.

REFERENCIAS

- BARKER, R.D. Depth of investigation of collinear symmetrical four electrode arrays. *Geophysics*, 1989, 54(8): 1031-1037 p.
- BELTRÁN MICHELENA, G. (2006). INFORME SOBRE IDENTIFICACION Y MAPEO DE RIESGOS NATURALES EN EL PERFIL COSTANERO. Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC).
- <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/03/03/nota/4615321/s-equia-acorralla-ganaderos-santa-elena>.
- Carrión, P. (1996). Estudio Geoambiental del Envejecimiento de Tuberías Metálicas. Aplicación a los Pozos de Agua. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 397 p.
- CUSTODIO, E., LLAMAS, M. (1976). Hidrología Subterránea. Editorial OMEGA, 1194 p.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL ANCONCITO (s.f.). Obtenido de Sistema Social: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/0968551090001/PDyOT/15022013_125655_ANCONCITO%20-PDOT.pdf
- Herrera, G., Carrión., P., Berrezueta, E. y Flores, E. (2010). Valoración de Impactos Ambientales Relacionados con las Aguas Subterráneas y Turismo en las Comunas de Manglaralto y Olón, Ecuador. Aplicación de la Huella Ecológica. Técnicas Aplicadas a la Caracterización y Aprovechamiento de Recursos Geológicos-Mineros. Vol. 1. 199 p.
- INAMHI. (05 de 2014). Boletín Climatológico Anual 2013. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- INAMHI. (08 de 2014). Boletín Meteorológico Mes: Agosto de 2014 Año: XXXVIII N° 474- Análisis Climatológico. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- INAMHI. (2014). Ecuador con lluvias de intensidad variable hasta noviembre 2014. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/ecuador-con-lluvias-de-intensidad-variable-hasta-noviembre-2014/>
- INEC. (2010). Fascículo Provincial Santa Elena. Santa Elena: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INHAMI. (2014). Boletín Meteorológico. Mes: Septiembre de 2104. Año: XXXVIII N° 475. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- UNICEF. (s.f.). Línea Base de la Provincia de El Oro. Obtenido de http://www.unicef.org/ecuador/LIBRO_DE_EL_ORO_Parte1.pdf
- INAMHI. (05 de 2014). *Boletín Climatológico Anual 2013*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>

- INAMHI. (08 de 2014). *Boletín Meteorológico Mes: Agosto de 2014 Año: XXXVIII N° 474- Análisis Climatológico*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- INAMHI. (2014). *Ecuador con lluvias de intensidad variable hasta noviembre 2014*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/ecuador-con-lluvias-de-intensidad-variable-hasta-noviembre-2014/>
- EDWARDS, L.S. A modified pseudosection for resistivity and IP. *Geophysics*, 1977, 42(5): 1020-1036 p.
- Instituto Geológico y Minero de España. (1991). *Tecnología Básica de la Recarga Artificial de Acuíferos*.
- JIMÉNEZ, S. (2008). *Elaboración de un Plan de Explotación de Aguas Subterráneas en una Zona de la Península de Santa Elena, mediante la Interpretación de Métodos Resistivos*. Facultad de Ingeniería en Ciencias de La Tierra, ESPOL.
- MONTALVÁN, F. (2008). *Caracterización Geoeléctrica del Acuífero de la Cuenca del Río Olón para Propuesta de Plan Explotación*. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL.
- F. J. Montalván, J. Heredia y F. J. Elorza, 2013. *Modelo radial cuasi-estacionario de flujo y transporte en condiciones de densidad variable de la cuenca de la laguna de Fuente de Piedra*. X Simposio de Hidrogeología, Granada-España. Memoria digital.
- Fco. Javier Montalván, Javier Heredia y Fco. Javier Elorza (2012). *Caracterización hidroquímica e isotópica y uso de trazadores naturales en la conceptualización de un sistema hidrogeológico hipersalino: Fuente de Piedra (España)*. Nuevas contribuciones al conocimiento de los acuíferos costeros (TIAC-2012). Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas N° 29. Alicante-España, 149-159 pp.
- Fco. Javier Montalván, Javier Heredia y Fco. Javier Elorza (2012). *Hydrochemical and isotopic characterization and the use of natural tracers for the flowing pattern conceptualization in a hypersaline hydrogeological system: Fuente de Piedra (Spain)*. 6th WWF-CHF: Ressources et gestion des aquifères littoraux, Cassis-Francia, 159 p.
- J. Heredia, F. J. Montalván, F. J. Elorza, A. G. de Domingo, J. M. Ruíz. (2011). *Hydrochemical and isotopic studies and natural tracers to conceptualize an hypersaline hydrogeological system: Fuente de Piedra lagoon (Malaga, Spain)*. 9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry, AIG-9, Tarragona-España, 80 p.
- Montalván, J., Heredia, J. & Elorza, J. (2010). *Equivalent density flow model of the Fuente de Piedra Lagoon hydrogeological system*. XXXVIII IAH Congress – University of Silesia, Krakow-Poland. Vol. 2, ISBN: 978-83-226-1979-0. 1143-1145 p.

- ORELLANA E., Prospección Geoeléctrica en corriente continua. Paraninfo, 1982, 578 p.
- RIVADENEIRA, L. (23 de octubre de 2012). LA PRIMERA. Obtenido de Una comuna deber ser reubicada en Santa Elena: <http://www.periodicolaprimera.com/2012/10/una-comuna-debe-ser-reubicada-en-santa.html>
- ROMERO, J. (2009). Calidad del Agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 404 p.
- ROY A., APPARAO A. Depth of investigation in idrect current methods. Geophysics, 1977, 42 (5): 1020-1036 p.
- SAETEROS, M. (2014). Estimacion de la tarifa de agua de los acuíferos costeros para la gestion sosteible del recurso. Caso de Estudio: Manglaralto, Santa Elena. Ecuador. Tesis de Grado.
- TARBUCK E. Y LUTGENS. Ciencias de la tierra, una introducción a la geología física. Prentice Hall. 2005. 686 p.
- TOSAGUA CORAZÓN DE MANABÍ. (s.f.). Recuperado el 2 de enero de 2014, de Tosagua: <https://tosagua.wordpress.com/tosagua/geografia>
- VELÁSQUEZ COCHEA, J.(22 de octubre de 2014). Gobernación de Santa Elena. Obtenido de Poblaciones de la zona norte están siendo abastecidas de agua potable: <http://gubernacionsantaelena.gob.ec/poblaciones-de-la-zona-norte-estan-siendo-abastecidas-de-agua-potable/>
- VILLANUEVA, M., IGLESIAS, A. (1984). Pozos y Acuíferos: Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. IGME, 426 p.
- ORELLANA, E. (1982). *Prospeccion Geoelectrica*. Madrid: Paraninfo.
- *Area Ingenieria Distribucion*. (05 de 2008). Recuperado el 3 de 12 de 2015, de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/normas_aereas/grupo_6_Normas_de_montajes_complementarios/RA6-014MEDIDADERESISTIVIDAD_V3.pdf
- Beltrán Michelena, G. (2006). *INFORME SOBRE IDENTIFICACION Y MAPEO DE RIESGOS NATURALES EN EL PERFIL COSTANERO*. Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC).
- Estrada, L. A. (2008). Recuperado el 17 de 11 de 2015, de <http://catedras.facet.unt.edu.ar/geofisica/wp-content/uploads/sites/4/2014/02/Sismica-para-Geologos.pdf>
- Garcia, J. D. (2011). Recuperado el 03 de 12 de 2015, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2568/1/621317C266.pdf>
- *Geofisica Exploraciones*. (s.f.). Recuperado el 17 de 11 de 2015, de <http://geofisicaexploraciones.com/metodos-y-tecnicas/>

- *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Colonche.* (s.f.). Obtenido de Sistema Social: http://colonche.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=65
- Goldman, M. (s.f.). *Metodos de prospeccion electrica en el control de la intrusion marina* . Recuperado el 17 de 11 de 2015, de http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfTiac/3_metodos.pdf
- INAMHI. (05 de 2013). *Boletín Climatológico Anual 2013*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- INAMHI. (05 de 2014). *Boletín Climatológico Anual 2013*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- INAMHI. (08 de 2014). *Boletín Meteorológico Mes: Agosto de 2014 Año: XXXVIII N° 474- Análisis Climatológico*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- INAMHI. (2014). *Ecuador con lluvias de intensidad variable hasta noviembre 2014*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/ecuador-con-lluvias-de-intensidad-variable-hasta-noviembre-2014/>
- INEC. (2010). *Fascículo Provincial Santa Elena*. Santa Elena: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- *Infocentro Manglaralto.* (s.f.). Recuperado el 23 de 09 de 2014, de <http://www.infocentros.gob.ec/manglaralto/comunidades.php>
- INHAMI. (2014). *Boletín Meteorológico. Mes: Septiembre de 2104. Año: XXXVIII N° 475*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- *Introduccion a la prospeccion geofisica.* (s.f.). Recuperado el 19 de 11 de 2015, de http://www.geofisica.cl/English/pics6/Introduccion_a_la_Geofisica.pdf
- *Los Acuíferos Karsticos* . (6 de 6 de 2008). Recuperado el 10 de 11 de 2015, de <http://www.raco.cat/index.php/ect/article/viewFile/121424/167874>
- Martinez, E. (18 de 12 de 2006). *circuitos electricos*. Recuperado el 19 de 11 de 2015, de <http://circuitoselectricos-iem.blogspot.com/2006/12/postulado-de-la-ley-de-ohm.html>
- Mercado, A. (s.f.). Recuperado el 06 de 12 de 2015, de http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfTiac/9_intrusion.pdf
- MS.C., I. E. (2003). *GEOLOGIA DEL ECUADOR. GUAYAQUIL*.
- ORELLANA, E. (1982). *Prospeccion Geoelectrica*. Madrid: Paraninfo.
- Rivadeneira, L. (23 de octubre de 2012). *LA PRIMERA*. Obtenido de Una comuna deber ser reubicada en Santa Elena: <http://www.periodicolaprimeracomuna.com/2012/10/una-comuna-debe-ser-reubicada-en-santa.html>

- Roman, J. S. (s.f.). Recuperado el 22 de 11 de 2015, de <http://hidrologia.usal.es/temas/SEV.pdf>
- Roman, J. S. (s.f.). Recuperado el 22 de 11 de 2015, de <http://hidrologia.usal.es/temas/SEV.pdf>
- Romero, D. F. (s.f.). Recuperado el 15 de 12 de 2015, de <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1664/1/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DEL%20SISTEMA%20DE%20BOMBAS%20DE%20CAVIDADES%20PROGRESIVAS%20EN%20EL%20CAMPO%20%E2%80%9CGUSTAVO%20GALINDO%20VELASCO%E2%80%9D%20UBICADO%20>
- *SEGEMAR*. (s.f.). Recuperado el 17 de 11 de 2015, de <http://www.segemar.gov.ar/index.php/geofisica/gravimetria>
- *slideshare*. (20 de 04 de 2014). Recuperado el 27 de 10 de 2015, de <http://es.slideshare.net/EdwinLoisZutaGabriel/tipos-acuiferos>
- W.Griem. (6 de 2 de 1999). *Geologia General*. Recuperado el 17 de 11 de 2015, de <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap01e.htm>

