



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DETECCIÓN DE LA PLUMA DE CONTAMINACIÓN DE LIXIVIADOS DEL  
BOTADERO DE LA "MANCOMUNIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS  
PUJILÍ-SAQUISILÍ" MEDIANTE SONDEOS ELECTRÓNICOS VERTICALES.

Autora

Sara Belén Espinosa Villagómez

Año  
2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DETECCIÓN DE LA PLUMA DE CONTAMINACIÓN DE LIXIVIADOS DEL  
BOTADERO DE LA "MANCOMUNIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS PUJILÍ-  
SAQUISILÍ" MEDIANTE SONDEOS ELECTRÓNICOS VERTICALES.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y  
Remediación

Profesor Guía

MSc. Santiago Daniel Piedra Burgos

Autora


Sara Belén Espinosa Villagómez

Año

2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Detección de la pluma de contaminación de lixiviados del Botadero de la "Mancomunidad de Desechos Sólidos Pujilí-Saquisilí" mediante Sondeos Electrónicos Verticales, a través de reuniones periódicas con la estudiante Sara Belén Espinosa Villagómez, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



---

Santiago Daniel Piedra Burgos  
Master en Hidrociencias e Ingeniería  
C.I: 1715384150

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Detección de la pluma de contaminación de lixiviados del Botadero de la "Mancomunidad de Desechos Sólidos Pujilí-Saquisilí" mediante Sondeos Electrónicos Verticales, de la estudiante Sara Belén Espinosa Villagómez, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



---

Marco Vinicio Briceño León  
Master en Energías Renovables  
C.I. 1715967319

## DECLARACIÓN DE LA AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.



---

Sara Belén Espinosa Villagómez  
C.I: 1723070411

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios y a la Virgencita que me han iluminado en todo este tiempo, y ser el pilar fundamental para culminar esta etapa de mi vida, a mis padres por apoyarme en todo momento, creer en mí y enseñarme con el ejemplo para no rendirme en los malos momentos, a mis hermanos por apoyarme en la carrera, a mi sobrino por siempre sacarme una sonrisa, a mi novio Marlon por darme siempre de su mano para salir adelante, estar incondicionalmente en el transcurso de la carrera y ayudarme en la realización de la tesis.

## **DEDICATORIA**

Le dedico esta tesis a Dios y a la Virgen María, a mis padres Roci y Pato porque con amor me enseñaron que todo es posible, a mi novio Marlon por apoyarme en todo momento, ser mi amigo y equipo de trabajo en todo el transcurso de la universidad por estar en las buenas y en las malas, y por su amor incondicional, y a mi sobrino Edu por siempre esperarme en casa con un abrazo

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la pluma de lixiviados en el botadero de la “ Mancomunidad de Desechos Sólidos Pujilí-Saquisilí”, ubicado en la provincia de Cotopaxi mediante el uso de sondeos eléctricos verticales.

Para analizar la presencia de la pluma de contaminación de lixiviados, se comparó las resistividades obtenidas en el área del blanco con las obtenidas en la zona aledaña al botadero, en cada área se realizó tres líneas principales y una de amarre, con 7 SEV cada una. Para la apertura de electrodos se utilizó el método Schlumberger, alcanzando 67, 20, 28, 17 y 23 desplazamientos de los electrodos AB y 3 desplazamientos de los electrodos MN.

En las zonas de estudio se estimó de 3 a 4 capas. En el área de del botadero se presentó resistividades entre 100 a 900 Ohm\*m debido a que los estratos son de tipo arena silíceas y arenas arcillosas en comparación con el área del blanco donde se presentó resistividades entre 100 a 4000 Ohm\*m con tipos de suelos rocosos y compactados. Se estima la presencia de una pluma de contaminación debajo de las capas presentes en el área del botadero.



## **ABSTRACT**

The objective of this study was to determinate leachate plume in the dump of “Mancomunidad de Desechos Sólidos Pujilí-Saquisilí”, located in Cotopaxi province using Vertical Electrical Soundings.

To analyze a presence a leachate plume, the resistivities obtained in the target area were compared with those obtained in the area around the dump, in each area three main lines and one mooring line were made with 7 SEV each. The following Schlumberger method was used to open the electrodes, reaching 67, 20, 28, 17 y 23 displacements of AB electrodes, and 3 displacements MN electrodes.

In the study areas, 3 to 4 layers were estimated. In the area of the dump there were resistivities between 100 and 900 Ohm\*m because the layers are of the silica sand and loamy sand type compared to the area of target where resistivities between 100 and 4000 Ohm\*m were presented with rocky and compacted soil types. The presence of a leachate plume under the layers present in the dump area is estimated.

# ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Marco Referencial.....	4
1.2.1. Planteamiento del Problema.....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación .....	5
1.5. Alcance .....	6
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Disposición Final .....	7
2.2. Botadero a Cielo abierto.....	7
2.3. Relleno Sanitario .....	7
2.4. Aspectos Técnicos del Relleno Sanitario .....	8
2.5. Lixiviados.....	8
2.6. Pluma de contaminación en Aguas Subterráneas .....	9
2.7. Métodos geofísicos para la detección de plumas de contaminación mediante técnicas no destructivas .....	10
2.8. Resistividad del Suelo.....	10
2.9. Resistividad Aparente .....	10
2.10. Fundamento Teórico de la Resistividad .....	11
2.11. Resistividad de materiales.....	13
2.12. Configuración Geométrica de los Electrodo.....	14
2.13. Configuración Schlumberger.....	15
2.14. Configuración Wenner .....	16
2.15. Configuración dipolo-dipolo .....	17

2.16. Métodos Indirectos de corriente continua .....	18
2.17. Sondeos Eléctricos Verticales .....	18
2.18. Calicatas Eléctricas .....	18
2.19. Tomografía Eléctrica .....	19
2.20. Cortes Geoléctricos .....	19
2.20.1. Cortes dos capas .....	19
2.20.2. Cortes de tres capas .....	20
2.20.3. Corte de cuatro capas y mas capas .....	21
<b>3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
3.1. Descripción del Área de Estudio .....	22
3.2. Apertura y Configuración de los Electrodo.....	23
3.3. Selección del lugar próximo al Botadero de la Mancomunidad Pujilí- Saquisilí .....	26
3.4. Líneas principales en el área próxima al Botadero .....	26
3.5. Líneas de amarre en el área próxima al Botadero.....	26
3.6. Selección del blanco.....	27
3.7. Línea de medición del Blanco .....	28
3.8. Equipo Utilizado.....	29
3.9. Toma de datos en Campo.....	29
3.10. Información secundaria del Botadero y Área de Referencia .....	30
<b>4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
4.1. Resultados .....	31
4.2. Interpretación de Resultados.....	36
4.2.1. Línea Izquierda .....	36
4.2.2. Línea Central .....	41
4.2.3. Línea Derecha .....	48

4.2.4. Línea De Amarre.....	55
4.2.5. Línea Blanco.....	62
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
5.1. Conclusiones.....	86
5.2. Recomendaciones.....	86
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>94</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ley de Ohm.....	11
Figura 2. Variación de las resistividades de materiales comunes en el subsuelo. ....	14
Figura 3. Configuración Schlumberger.....	15
Figura 4. Arreglo Wenner. ....	16
Figura 5. Configuración Dipolo-Dipolo.....	17
Figura 6. Calicata eléctrica. ....	19
Figura 7. Curva de corte dos capas. ....	20
Figura 8. Curva de corte tres capas. ....	20
Figura 9. Nomenclatura para el corte de capas.....	21
Figura 10. Curva de cuatro y más capas.....	22
Figura 11. Ubicación del Botadero Mancomunidad Pujilí- Saquisilí. ....	23
Figura 12. Figura de la Configuración de los Electrodo.....	24
Figura 13. Esquemización de los 7 SEV por línea ....	25
Figura 14. Ubicación de las líneas principales y de amarre ....	27
Figura 15 Ubicación del blanco ....	28
Figura 16 Resistivímetro PASI ....	29
Figura 17. Distribución de las unidades litológicas del área de estudio. ....	31
Figura 18. Curva del eje principal de la línea izquierda.....	36
Figura 19. Curva a los 10m a la derecha de la línea izquierda.....	37
Figura 20. Curva a los 20m a la derecha de la línea izquierda.....	38
Figura 21. Curva a los 20m a la derecha de la línea izquierda.....	38
Figura 22. Curva a los 10m a la izquierda de la línea izquierda.....	39
Figure 23. Curva a los 20m a la izquierda de la línea izquierda.....	40
Figura 24. Curva a los 30m a la izquierda de la línea izquierda.....	41
Figura 25. Curva del eje principal de la línea central.....	42
Figura 26. Curva a los 10m a la derecha de la línea central ....	43
Figura 27. Curva a los 20m a la derecha de la línea central ....	44
Figura 28. Curva a los 30m a la derecha de la línea central ....	45
Figura 29. Curva a los 10m a la izquierda de la línea central.....	46
Figura 30. Curva a los 20m a la izquierda de la línea central.....	47

Figura 31. Curva a los 30m a la izquierda de la línea central.....	48
Figura 32. Curva del eje principal de la línea derecha .....	49
Figura 33. Curva a los 10m a la derecha de la línea derecha .....	50
Figura 34. Curva a los 20m a la derecha de la línea derecha .....	51
Figura 35. Curva a los 30m a la derecha de la línea derecha .....	52
Figura 36. Curva a los 10m a la izquierda de la línea derecha.....	53
Figura 37. Curva a los 20m a la izquierda de la línea derecha.....	54
Figura 38. Curva a los 30m a la izquierda de la línea derecha.....	55
Figura 39. Curva del eje principal de la línea de amarre .....	56
Figura 40. Curva a los 10m abajo de la línea de amarre.....	57
Figura 41. Curva a los 20m abajo de la línea de amarre.....	58
Figura 42. Curva a los 30m abajo de la línea de amarre.....	59
Figura 43. Curva a los 10m arriba de la línea de amarre .....	60
Figura 44. Curva a los 20m arriba de la línea de amarre .....	61
Figura 45. Curva a los 30m arriba de la línea de amarre .....	62
Figura 46. Curva del eje principal de la línea blanco izquierda .....	63
Figura 47. Curva a los 10m a la derecha de la línea blanco izquierda .....	64
Figura 48. Curva a los 20m a la derecha de la línea blanco izquierda .....	65
Figura 49. Curva a los 30m a la derecha de la línea blanco izquierda .....	66
Figura 50. Curva a los 10m a la izquierda de la línea blanco izquierda .....	67
Figure 51. Curva a los 20m a la izquierda de la línea blanco izquierda .....	68
Figura 52. Curva a los 30m a la izquierda de la línea blanco izquierda .....	69
Figura 53. Curva del eje principal de la línea blanco derecha.....	70
Figura 54. Curva a los 10m a la derecha del centro de la línea blanco derecha.....	70
Figura 55. Curva a los 20m a la derecha del centro de la línea blanco derecha .....	71
Figura 56. Curva a los 30m a la derecha del centro de la línea blanco derecha .....	72
Figura 57. Curva a los 10m a la izquierda del centro de la línea blanco derecha .....	72
Figura 58. Curva a los 20m a la izquierda del centro de la línea blanco	

derecha .....	73
Figura 59. Curva a los 30m a la izquierda del centro de la línea blanco	
derecha .....	74
Figura 60. Curva del eje principal de la línea central.....	75
Figura 61. Curva a los 10m a la derecha de la línea central .....	76
Figura 62. Curva a los 20m a la derecha de la línea central .....	76
Figura 63. Curva a los 30m a la derecha de la línea central .....	77
Figura 64. Curva a los 10m a la izquierda de la línea central.....	78
Figura 65. Curva a los 20m a la izquierda de la línea central.....	78
Figura 66. Curva a los 30m a la izquierda de la línea central.....	79
Figura 67. Curva del eje principal de la línea de amarre del blanco.....	80
Figura 68. Curva a los 10m abajo del centro de la línea de amarre	
del blanco.....	81
Figura 69. Curva a los 20m abajo del centro de la línea de amarre	
del blanco.....	82
Figura 70. Curva a los 30m abajo del centro de la línea de amarre	
del blanco.....	83
Figura 71. Curva a los 10m arriba del centro de la línea de amarre	
del blanco.....	84
Figura 72. Curva a los 20m arriba del centro de la línea de amarre	
del blanco.....	84
Figura 73. Curva a los 30m arriba del centro de la línea de amarre	
del blanco.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de un lixiviado joven a comparación de un lixiviado antiguo .....	9
Tabla 2 Resistividades de principales materiales .....	13
Tabla 3 Comparación de las configuraciones geométricas más comunes .....	15
Tabla 4 Detalle de los SEV por línea .....	24
Tabla 5 Coordenadas y cotas de las líneas principales. ....	26
Tabla 6 Coordenadas de la Línea Blanco .....	29
Tabla 7 Datos obtenidos en campo para la línea principal izquierda, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K.....	32



## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

En el siglo XIX de la industrialización, se generó una crisis global de la basura, esta crisis generó un atentado contra los ciclos de la naturaleza (Abarca, Maas y Hogland,2013).

La generación de residuos por el hombre, se presentó durante varios años siendo de tipo doméstico, comercial e industrial que a través de procesos sencillos o complejos generaron una variedad de desechos a los cuales se los considero como residuos, y se los pudo clasificar en diferentes tipos: a su estado (sólido, gaseoso, liquido), origen (comercial, residencial, industrial), manejo (peligrosos y no peligros), y composición (inorgánicos y orgánicos) (López,2009), sin embargo, las tasas de generación de estos residuos originaron, en algunos casos, el deterioro entre los ecosistemas vivos y las actividades humanas (Escalona,2014)

El manejo de los residuos sólidos a nivel mundial forma un problema tanto para las grandes como para las pequeñas ciudades, por factores como el desarrollo de las poblaciones, el incremento del sector industrial, entre otros, incrementando la generación de los residuos sólidos (Sáez, Urdaneta y Joheni,2014). En el caso de América Latina el inicio de la gestión de los residuos sólidos, empezó con la conquista y la colonización que incluyo los usos y costumbres de Europa (Tello, Campani y Sarafian, 2018), a través del tiempo los trabajos de entrega, recolección y transporte no cambiaron en la forma sino en el uso de los equipos, donde han predominado el manejo de los residuos sólidos (Custodio,1976), bajo el esquema “recolección y disposición final”, dejando de lado el aprovechamiento, reciclaje y el tratamiento de los residuos sólidos, así como la disposición final tanto sanitaria y ambiental (Aidis,2010)

En América Latina para la disposición final de los residuos sólidos, el 45% no reciben un tratamiento adecuado en los rellenos sanitarios y utilizan otras formas como: vertedero controlado o a cielo abierto (Medina,1999) Los vertederos a cielo abierto constituyen uno de los más contaminantes y perjudiciales para el medio ambiente y la salud pública por la incorrecta gestión de los residuos sólidos (Medina,1999)

En varios países de la región, los residuos se disponen en vertederos o botaderos a cielo abierto, que no disponen de las correctas especificaciones técnicas, y se sigue con la práctica de recolección sin una clasificación o separación de los residuos desde el origen (Salas, Quezada,2006). En las comunidades rurales, la disposición de los residuos sólidos en lugares inadecuados tuvo un mayor impacto debido a la falta de lugares apropiados para la disposición final y que los presupuestos destinados por los gobiernos son bajos (Campos, Quiroz y Navarro,2012)

En el 2010, en el informe sobre “El Desarrollo Mundial” emitido por el Banco Mundial mencionó, que la debilidad institucional, falta de personal, servicio de recolección insuficiente, nula recuperación del costo y reglas poco eficaces han sido puntos por los cuales la calidad de los servicios de recolección y tratamiento de los residuos en cada ciudad sean deficientes, a pesar de que existe una legislación ambiental creada por las organizaciones estatales y municipales, sobre la regularización en el manejo de los residuos sólidos estas son poco eficaces al momento de la recolección y confinamiento de los sitios (Alvarez,2003)

La gestión integral de los residuos sólidos radica fundamentalmente en un sistema, por el cual se articulan diferentes procesos que dependen el uno del otro, centralmente en estos procesos encontramos: separación, recolección, transferencia, intermediación, aprovechamiento y disposición final (Tchobanoglous,1994). Cada proceso necesita de un programa de gestión que permita alcanzar los objetivos planteados, en cada estándar y normativa

vigente de cada país, gestionando continuidad y generalidad en el servicio de los principios de sostenibilidad ambiental y financiera (Programa CYMA,2008) Hasta 1975 la disposición final de los residuos en el Ecuador, no presentaba de una lógica de acopio, ni era de prevalencia para el Estado, tanto a nivel cantonal o nacional, por cual la disposición de los residuos era en terrenos baldíos, quebradas, etc. (Solíz,2015)

Los residuos sólidos en Ecuador comienzan desde los años 1970 con el crecimiento de las grandes urbes y la migración de las personas del campo a la ciudad, por lo cual empezó la emergencia sanitaria en las principales capitales del país, en la región sierra se presentó el 54% de cobertura del servicio, en la región costa el 30%, en la amazonia el 16,6% (Acosta,2012), en el Ecuador semanalmente se producían 58.829 toneladas de residuos, de lo cual únicamente el 20% disponía de condiciones adecuadas de disposición final y el 80% se distribuía entre vertederos a cielo abierto, botaderos, incineradoras y ríos (Eerd,1996)

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pujilí, actualmente presenta un botadero de desechos sólidos a cielo abierto, en el cual se disponen los residuos recolectados de los cantones Pujilí y Saquisilí, sin contar con ningún tipo de tratamiento para los residuos, a lo cual no presentan un plan de administración y control de disposición final. La falta de socialización de la ordenanza vigente del manejo de los residuos sólidos, ha provocado una falta de cultura ambiental en los ciudadanos de los cantones (Carvajal,2014)

En las ciudades de Pujilí y Saquisilí el botadero de basura se encuentra localizado a 5km del centro de la ciudad, debido al crecimiento de la población y asentamientos de tierra, su incidencia ambiental es la contaminación de suelo, aire, agua y enfermedades. La generación de lixiviados en el botadero del cantón Pujilí, ha aumentado considerablemente de forma proporcional debido a la cantidad de basura que día a día va en aumento, provocando un riesgo para el ecosistema aledaño al botadero (Corbetta,2003)

Los lixiviados generados en el botadero eliminan sustancias tóxicas, las cuales penetran en el suelo por la infiltración de agua y las sucesivas compactaciones del suelo lo cual con lleva a un desplazamiento del lixiviado hacia otro lugar (Mohammad,2003) Para la detección y evaluación de la pluma de contaminación generada por los lixiviados, se han empleado los métodos geofísicos que basan su aplicación en el estudio de la conductividad eléctrica, y de potenciales de oxidación- reducción, por lo que ha sido empleado de manera popular, por casi cien años (Alvarez,2003)

Su aplicación principal es localizar cuerpos de materiales geológicos, que pueden tener las capacidades de almacenar agua, estratos arcillosos, mapeo de contaminantes, plumas de contaminantes, y localización de oquedades, etc. (Villegas, Lombillo,2007)

Los métodos indirectos, son métodos que sin tener muestras de subsuelo logran obtener resultados que permiten conocer de forma aproximada los estratos o materiales del subsuelo (Bosschart,1970)

## **1.2. Marco Referencial**

### **1.2.1. Planteamiento del Problema**

Los residuos que no son aprovechados constituyen un problema para muchas sociedades, debido al aumento en las actividades humanas, el consumismo, la ubicación de los botaderos en terrenos baldíos, quebradas, sitios alejados, zonas rurales (Rodolfo,2004), junto con el mal manejo de los residuos como: quemas a cielo abierto, han provocado problemas de contaminación hídrica, problemas ambientales y daños a la salud (Muñoz,2008)

El manejo de los residuos sólidos en el Ecuador, debido a la falta de cobertura en los servicios de recolección y desinterés tanto del Gobierno Nacional como de los municipios, ha provocado la existencia de alrededor de 200 botaderos a cielo abierto registrados y otros no registrados. Hasta el año 2015, de los 221

cantones del país, 110 disponían de botaderos de residuos sólidos a cielo abierto (49,7%), 58 botaderos controlados (26,2%) y 52 en rellenos sanitarios (24,1%) (Fernández,2009)

En los cantones de Pujilí y Saquisilí de la provincia de Cotopaxi, el problema en el botadero de basura es que no tienen un correcto manejo de los residuos sólidos y técnicamente no disponen de un modelo de gestión para la recolección y separación de los residuos, siendo una fuente de contaminación tanto para el ambiente como para la salud de los habitantes que se encuentran en los sectores aledaños al botadero. El manejo y la disposición final no son eficientes al no presentar ningún tipo de tratamiento de recubrimiento en las celdas.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la pluma de lixiviados en el botadero de la “Mancomunidad de Desechos Sólidos Pujilí-Saquisilí” mediante el uso de Sondeos Eléctricos Verticales

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

Determinar la pluma de contaminación del área cercana al botadero de la “Mancomunidad de Desechos Sólidos Pujilí-Saquisilí”

Establecer las condiciones de referencia de resistividades en un área cercana al Botadero.

### **1.4. Justificación**

El botadero de la Mancomunidad Pujilí-Saquisilí, inicio su operación en el 2012, se proyectó una disposición final de los residuos sólidos por recolección

diferenciada, para prolongar la vida útil de la infraestructura y minimizar la generación de lixiviados.

En el 2012, el informe de “Estudios de factibilidad y diseños definitivos para gestión integral de residuos sólidos del botadero de la mancomunidad Saquisilí y Pujilí, provincia de Cotopaxi” determinó, mediante cinco perforaciones de seis metros de profundidad, que el tipo de suelo del botadero se encuentra formado por un estrato limoso, el cual está compuesto por limos arenosos, arenas pumítica de consistencia compacta de tipo SM, sin la presencia de un nivel freático. El botadero dispone de nueve celdas, de las que cinco celdas cumplieron su vida útil. Estas celdas fueron construidas sin ningún tipo de geomembrana, por esto, se presume la presencia de lixiviados que forman un problema tanto para los ecosistemas ecológicos vivos y los lugares aledaños, al no poseer un manejo adecuado.

Con las consideraciones anteriores, el presente trabajo pretende determinar una pluma de contaminación, para comprobar posibles infiltraciones de lixiviados en la zona cercana a botadero de la Mancomunidad Pujili-Saquisili, utilizando una de las tecnologías para estimar probables zonas de contaminación que son los de sondeos eléctricos verticales (Jaramillo,1991)

### **1.5. Alcance**

En el presente estudio se pretendió determinar una posible pluma de contaminación de lixiviados en un área cercana al botadero de la “Mancomunidad de Desechos Sólidos Pujilí-Saquisilí”, mediante la comparación de resistividades y propiedades físicas del suelo entre un blanco y las del botadero, con el uso de métodos indirectos de corriente continua.

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Disposición Final**

La disposición final es la última etapa en el ciclo de manejo de los residuos sólidos, es tratar de colocar sanitariamente una cantidad de residuos con la finalidad de reducir su volumen al máximo. Las formas más eventuales de tratar y disponer a los residuos son los rellenos sanitarios, la incineración, compostaje y reciclaje (Rodríguez, 2003)

### **2.2. Botadero a Cielo abierto**

Un botadero a cielo abierto es el lugar donde se colocan la mayor parte de residuos sólidos que han sido recolectados, en la primera etapa de recolección de los desechos. Este sitio no cuenta con ninguna protección o cerramiento, por lo cual, contamina el medio ambiente, el problema no es solo la basura que se coloca, sino los otros problemas que se pueden generar como: criadero de plagas, contaminación a fuentes hídricas y suelos, enfermedades y mal olor (Torres,2016)

### **2.3. Relleno Sanitario**

El Relleno Sanitario es una de las técnicas para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo, que no presentan molestia, ni peligro tanto para la salud humana como para la salud pública, y donde tampoco se ve perjudicado el medio ambiente durante la operación ni después de finalizado el tiempo de vida de este. El relleno sanitario utiliza principios de ingeniería para apilar los desechos en un área posiblemente pequeña, cubriéndola con tierra y compactándola para disminuir su volumen, además de controlar los problemas que causan los líquidos y gases generados en el relleno, por descomposición de la materia orgánica. El relleno sanitario tiene la posibilidad de recuperar terrenos erosionados o alterados por el hombre (Ullca,2006)

## **2.4. Aspectos Técnicos del Relleno Sanitario**

Los aspectos técnicos que debe tener un relleno sanitario es un suelo cubierto por una membrana inferior, tuberías de control y desfogue tanto de gases y líquidos que son producidos por la desintegración de materia orgánica. Su infraestructura debe ser hermética, taludes laterales, para no producir afectaciones en las aguas subterráneas, debe contar con una capa impermeabilizadora construida por materiales minerales como la bentonita y materiales sintéticos como geomembranas (Meza,2012)

## **2.5. Lixiviados**

El lixiviado es un líquido que se produce cuando el agua que procede de la escorrentía ya sea superficial, lluvia o la generada por la descomposición de los residuos se unen con los desechos que ha sido colocados en el lugar de disposición final, excediendo la capacidad de absorción, y aumentando la capacidad de concentración de contaminantes (Solarte,2012)

Los lixiviados poseen un alto poder de contaminación, ya que presentan varias características contaminantes, como: alto contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, presencia de patógenos y sustancias tóxicas como: metales pesados. En cuanto a las características físico-químicas del lixiviado dependerán de varios factores como: la antigüedad y la forma del vertedero, la naturaleza y los residuos almacenados, la climatología de la zona o época de año (Reyes,2015)

La composición del lixiviado es compleja y variable, pudiendo ser que sus componentes se clasifiquen en cuatro grandes categorías: materia orgánica disuelta (demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno y carbono orgánico total), componentes inorgánicos, metales pesados, compuestos xenobióticos (hidrocarburos aromáticos policíclicos) (Vallejo, Quintal,2006)



Existen diferencias entre los lixiviados de los vertederos jóvenes con los vertederos más antiguos, que pueden ser mucho más contaminantes, con el tiempo, su pH cambia de ácido a levemente neutro, el DBO/DQO disminuye, como la relación  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  que también baja con el tiempo (Fernández, 2009), además que las características pueden variar también por los residuos que se depositan en el vertedero (Vargas, 2005)

Tabla 1

*Composición de un lixiviado joven a comparación de un lixiviado antiguo*

Parámetro	Lixiviado Joven (menor a 2/5 años)	Lixiviado Antigo (mayor a 2/5 años)
COT	6000	80-160
DBO <sub>5</sub>	10000	100-200
DQO	18000	100-500
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	3000	200-1000
Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	3500	200-500
pH	6	6,6-7,5
Sólidos en Suspensión	500	100-400
Nitrato	25	5-10
Nitrógeno amoniacal	200	20-40
Nitrógeno orgánico	200	80-120
Fósforo total	30	5-10
Ortofosfato	20	4-8
Calcio	1000	100-400
Cloro	500	100-400
Hierro Total	60	20-200
Magnesio	250	50-200
Potasio	300	50-400
Sodio	500	100-200
Sulfatos	300	20-50

Adaptado de Tchobanoglous et.al, 1997

## 2.6. Pluma de contaminación en Aguas Subterráneas

La pluma de contaminación combina procesos de difusión es decir movimientos de una zona de mayor concentración hacia una de menor concentración, se

mueve lentamente en el agua subterránea y fluye en un área donde la recarga superficial entra a la unidad acuífera, se pueden encontrar presentes en zonas con altas concentraciones o de dilución cuando los contaminantes van verticalmente hacia un estrato de menor conductividad y se mezclan con las aguas subterráneas que fluyen con mayor velocidad horizontalmente en la unidad acuífera subyacente permeable (González, Rodríguez y Coronado, 2006)

## **2.7. Métodos geofísicos para la detección de plumas de contaminación mediante técnicas no destructivas**

Los métodos empleados para la detección de plumas de contaminación tienen gran ventaja, ya que adaptan toda la gama de necesidades de investigación realizando métodos electromagnéticos, magnéticos, gravimétricos, etc. Las aplicaciones más comunes de estos métodos son: para establecer sus puntos de origen y dirección, caracterización de materiales y estructuras geológicas, modelación de cavidades, y localización de los niveles freáticos (Montoro, Franco, 2008)

## **2.8. Resistividad del Suelo**

La resistividad del suelo es determinada por la cantidad de agua retenida, y la resistividad propia del agua, que representa una resistividad específica de un tipo o estrato a una profundidad definida (García, Rico y García, 1996)

## **2.9. Resistividad Apparente**

Es la medición, donde se promedian los efectos de las diferentes capas que dispone el área de estudio, ya que los suelos no poseen una composición uniforme, se determina con el arreglo de electrodos, con la aplicación de circuitos independientes de potencia y corriente (Casas, 2008)

## 2.10. Fundamento Teórico de la Resistividad

El fundamento de las resistividades es definido por la Ley de Ohm, como la resistencia que opone al material del paso de corriente eléctrica, a través del mismo. Las unidades son ohmios por metro ( $\Omega.m$ ) y específicamente se define con la letra griega ( $\rho$ ) (Naranjo, Dranichnikov, 2012)

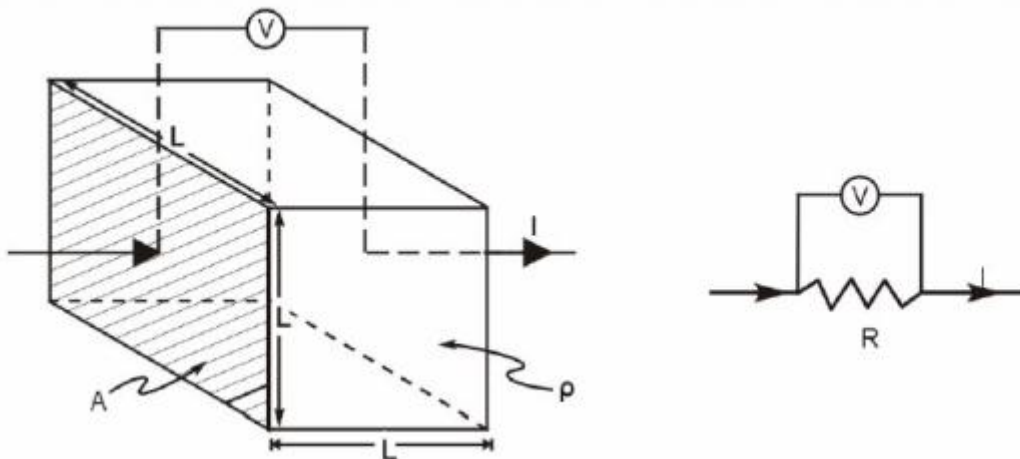


Figura 1. Ley de Ohm.

Tomado de Naranjo, Dranichnikov, 2012

La intensidad de una corriente eléctrica, se expresa con la letra ( $I$ ), y es la cantidad de electricidad ( $Q$ ), que circula por una unidad de tiempo ( $t$ ), su unidad es el Amperio ( $A$ ), esta magnitud se representa de la siguiente forma (Oyanguren, Monge, 2004)

Ecuación 1

$$Intensidad = C * S * \frac{\Delta V}{\Delta L}$$

Donde:

$I$ = Intensidad de corriente eléctrica (Amperios)

$C$ = Conductividad del material

$S$ = Área o sección transversal

$\frac{\Delta V}{\Delta L}$  = Constante de proporcionalidad

La resistencia es la oposición de un cuerpo al paso de una corriente, es proporcional a la longitud e inversamente proporcional al área, es el flujo libre de circulación de las cargas eléctricas o electrones (Ruiz,2014), es expresada con la letra (R)

Ecuación 2

$$R = \rho * \frac{Longitud}{\acute{a}rea}$$

Donde:

R= Resistencia eléctrica (Ohm,  $\Omega$ )

A= Área transversal ( $m^2$ )

L= Longitud (m)

$\rho$ = resistividad del material ( $\Omega \cdot m$ )

La conductividad (C) es inversamente proporcional a  $\rho$ , y se representa de la siguiente forma (Hernández,2012)

Ecuación 3

$$R = \frac{1}{C} * \frac{\Delta L}{\acute{A}rea}$$

Al despejar la conductividad de la ecuación 3 y sustituirlo en la ecuación 1, se obtiene lo siguiente

Ecuación 4

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

La exploración geotécnica, la resistividad es medida con un arreglo de cuatro electrodos, que corresponde a dos de potencia (MN) y dos de corriente (AB), y se expresa mediante (Klee,2006)

Ecuación 5

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} * k$$

Donde:

k= Arreglo de los electrodos

$\rho$ = resistividad del material ( $\Omega \cdot m$ )

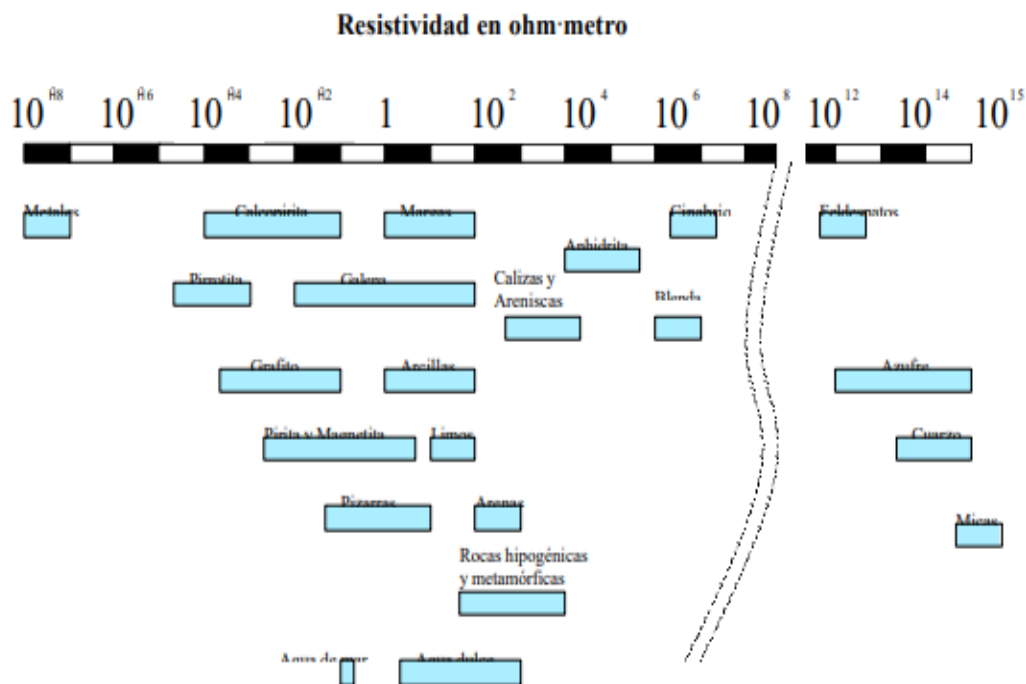
## 2.11. Resistividad de materiales

Tabla 2  
*Resistividades de principales materiales*

Material	Resistividad (Ohm*m)
Terrenos pantanosos	20 a 100
Limos	10 a 150
Humus	5 a 100
Turba Húmeda	50
Arcilla Plástica	100 a 200
Margas y Arcillas compactadas	100 a 200
Arena Arcillosa	50 a 500
Roca Calcárea	100 a 2000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteraciones	1500 a 10000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Adaptado de Ortega, 2002

La resistividad del subsuelo puede variar en función del contenido de agua, la salinidad y el modo de la distribución de los poros, como se puede observar en la Figura 2, que representa los márgenes de variación más comunes de algunas rocas y minerales. La resistividad del subsuelo también depende de la temperatura ya que la temperatura también influye en la resistividad de los fluidos que presentan los poros, es decir a mayor temperatura aumenta la resistividad a comparación cuando disminuye la resistividad (Soto,2013)



*Figura 2.* Variación de las resistividades de materiales comunes en el subsuelo. Tomado de Soto, 2013

## 2.12. Configuración Geométrica de los Electrodo

La configuración geométrica depende de la separación y distancia de los electrodos. Estos se deben escoger en cuanto a la función de las necesidades de campo. Los factores que se deben tomar en cuenta son: la cobertura vertical y horizontal de datos, la intensidad de la señal emitida por el equipo geométrico y la profundidad del estudio (Chulmin, 2000)

Los electrodos tanto de potencia como de intensidad se adaptan a los diferentes tipos de disposiciones geométricas sobre la superficie, las configuraciones geométricas más comunes son: Wenner, dipolo-dipolo, Schlumberger, polo a polo, entre otras (Castellano, Mendoza, 1991)

Tabla 3

Comparación de las configuraciones geométricas más comunes

Configuración Schlumberger	Configuración Wenner	Configuración dipolo-dipolo
El análisis de campo es más fácil ya que sólo los electrodos de corriente son desplazados. Es una configuración menos sensible a los cambios laterales del terreno, ya que los electrodos de potencia permanecen inmóviles (Ponce,2016).	Se puede utilizar instrumentos de menor sensibilidad. Los valores de R, pueden ser interpretados de forma más directa en relación a la resistividad aparente, lo que permite observar con facilidad la tendencia de la curva de campo (Recalde,2010). Es una configuración más sensible a los cambios de resistividad vertical del subsuelo (Sanchez,2001).	La configuración nos permite una cobertura horizontal más amplia. Es una configuración sensible a cambios de resistividad horizontal. Este método es útil en estructuras verticales, como muros enterrados, cavidades (Chulmin,2000)

### 2.13. Configuración Schlumberger

En este dispositivo simétrico, debe cumplirse con la condición en que la distancia, que separa a AB (electrodos de corriente situados en la parte extrema debe ser mayor o igual a  $5MN$  (electrodos de potencia), situados en la parte central (AMCRESPAC, 1993), como se puede observar en la Figura 3.

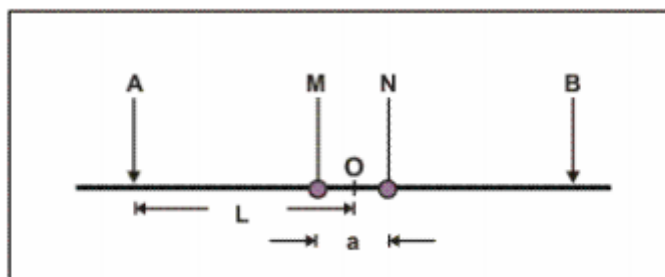


Figura 3. Configuración Schlumberger

Tomado de Augue,2008

Los valores de la resistividad, se representan en función de  $AB/2$ , mientras que la constante geométrica es:

Ecuación 6

$$k = \pi \frac{AM - AN}{MN}$$

AM: Distancia de los electrodos de corriente A hacia el de potencia M

AN: Distancia que hay entre el electrodo de corriente A hacia el de potencia M

Según Auge (2008), la distancia entre MN con respecto AB, es la siguiente:

Ecuación 7

$$\frac{AB}{5} > MN > \frac{AB}{20}$$

Donde:

AB: Distancia entre electrodos de corriente

MN: Distancia entre electrodos de potencia

## 2.14. Configuración Wenner

El método Wenner consiste en introducir electrodos de tipo varilla en el suelo, a una profundidad (b), con una distancia (a), como se puede observar en la Figura 4, el arreglo de los electrodos, donde la corriente pasa a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide con los electrodos interiores (Medina,1999),

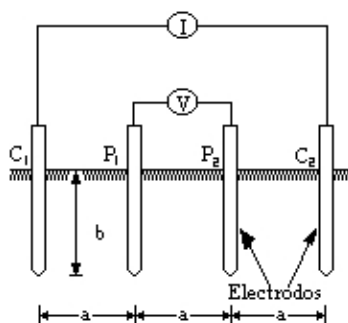


Figura 4. Arreglo Wenner.

Tomado de Ruelas,2008



Según Ruelas, (2008) la constante  $k$  para este método es:

Ecuación 8

$$k = 2\pi * a$$

Donde:

a: apertura x distante de los electrodos

### 2.15. Configuración dipolo-dipolo

Esta configuración, los electrodos AB de corriente se encuentran separados de los de potencia MN, a lo largo del perfil, la profundidad de investigación se hace en función de las distancias como se puede observar en la figura 5. Esta configuración es empleada para identificar las variaciones laterales debido a su resolución (Reyes,2015)

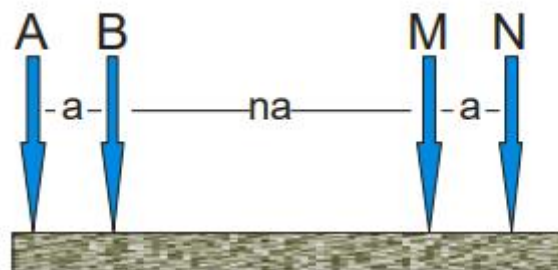


Figura 5. Configuración Dipolo-Dipolo.

Tomado de Serrano, 2011

Sánchez (2001), manifiesta que la constante geométrica para esta configuración es:

Ecuación 9

$$k = \pi(n + 1)(n + 2)^a$$

Donde:

n: Distancia entre los electrodos de potencia y corriente

a: Distancia entre los electrodos de potencia

## **2.16. Métodos Indirectos de corriente continua**

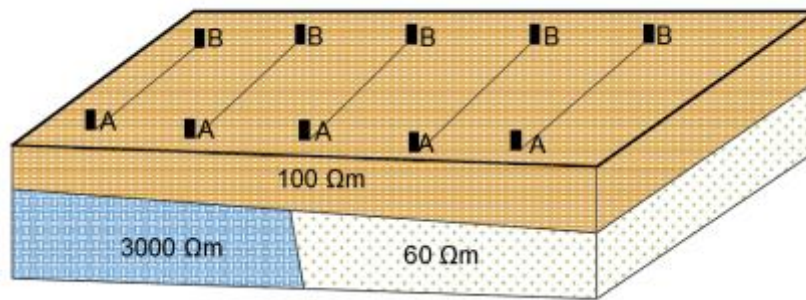
Son técnicas aplicadas en estudios de problemas geotécnicos, ambientales, mineros, hidrogeológicos, etc. Estos métodos se caracterizan por determinar los contrastes de las resistividades de los diferentes materiales que componen un terreno. Parte de estos métodos son: sondeos eléctricos verticales, calicatas eléctricas y tomografía eléctrica (Berger,2000)

## **2.17. Sondeos Eléctricos Verticales**

El Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), es un análisis empleado para la identificación de resistividades del suelo, las cuales dependen de las propiedades eléctricas que componen el material del subsuelo que se manifiestan ante el paso de una corriente eléctrica. Por lo cual suelos que están compuestos por rocas o suelos gruesos, presentan una resistividad alta, mientras que suelos que están compuestos por arcillas o un alto contenido de humedad y sales, presentan resistividades bajas (Barlaz,1990)

## **2.18. Calicatas Eléctricas**

Es una modalidad de prospectiva, en el que se desplazan a lo largo de todo el perfil, y con una separación constante entre electrodos que sirve para determinar la variación de resistividades, con una profundidad constante. En las calicatas eléctricas se aplican los arreglos de electrodos Wenner y Schlumberger. Donde se obtiene como resultado el alcance vertical con corriente constante (Othman et al, 2011)



*Figura 6. Calicata eléctrica.*

Tomado de Auge,2008

## 2.19. Tomografía Eléctrica

Las tomografías eléctricas, son investigaciones dadas a lo largo de una calicata eléctrica, a diferentes profundidades, y así generar secciones, en la que se pueden observar cambios verticales como verticales, hasta una profundidad dada, como resultados se puede obtener imágenes 2D y 3D (Saaty,1980)

## 2.20. Cortes Geoléctricos

Un Sistema Eléctrico Vertical, es analizado en cualquier combinación de las formaciones geológicas. Para el análisis de la curva de las resistividades aparentes, el subsuelo debe presentar capas horizontales y homogéneas. Un corte geoléctrico está compuesto de  $n$  valores de resistividad y  $n-1$  espesores (Sánchez,1987)

### 2.20.1. Cortes dos capas

Pueden representarse en dos posibilidades:  $p_1 > p_2$  y  $p_1 < p_2$

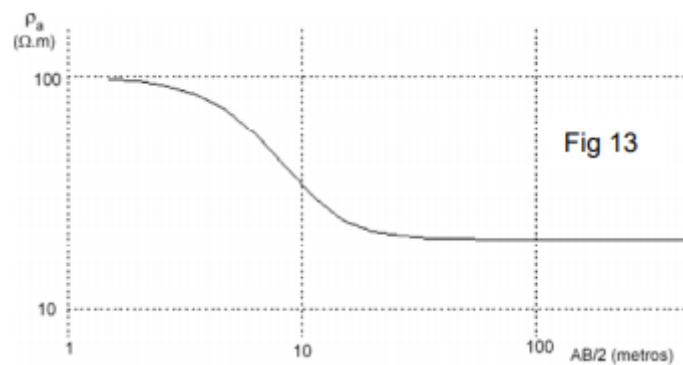


Figura 7. Curva de corte dos capas.

Tomado de Sánchez, 1987

### 2.20.2. Cortes de tres capas

En este caso la curva está en descenso, y en un momento empieza a aumentar, esto se debe a que cuando el flujo eléctrico circule a una profundidad suficiente, una parte empezará a atravesar la formación profunda, por lo que el valor del medio que se calcule debe aumentar (Sánchez, 1987)

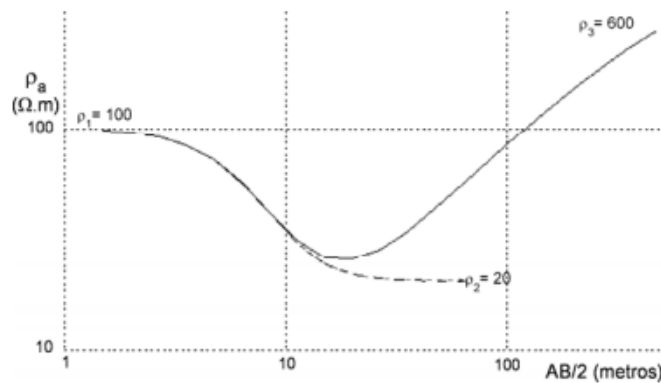
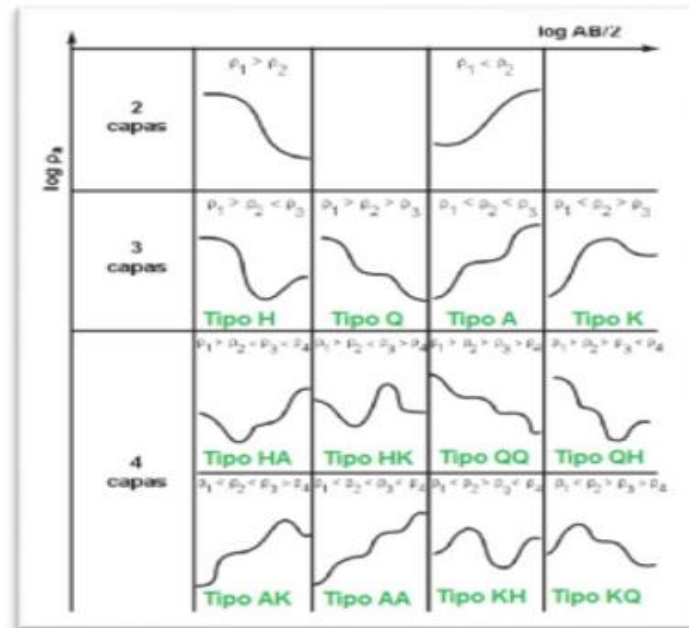


Figura 8. Curva de corte tres capas.

Tomado de Sánchez, 1987

Cuando el subsuelo está compuesto por tres capas, puede tener cuatro posibilidades:



Tipo H: la segunda es menos resistiva entre las tres:  $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$

Tipo k: la segunda es más resistiva entre las tres:  $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$

Tipo A: la resistividad aumenta con la profundidad:  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$

Tipo Q: la resistividad disminuye con la profundidad:  $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$

Figura 9. Nomenclatura para el corte de capas.

Tomado de Sánchez, 1987

### 2.20.3. Corte de cuatro capas y mas capas

Un corte de cuatro o mas capas, se puede interpretar en cortes de tres en tres, donde a cada uno de los tramos se le asigna una nomenclatura como en la Figura 9 (Sánchez,1987)

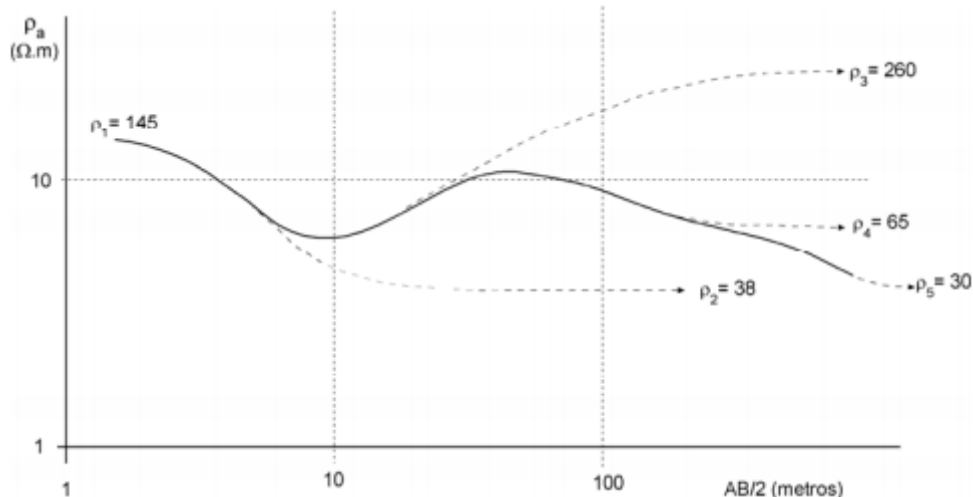


Figura 10. Curva de cuatro y más capas.

Tomado de Sánchez, 1987

### 3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Descripción del Área de Estudio

El botadero de la mancomunidad de desechos Pujilí- Saquisilí, se ubica a 5 kilómetros del centro del cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi, tiene un área prevista de 22 ha. Su acceso es por la vía que conduce hacia la parroquia Chugchilan, se encuentra limitado al Este con la florícola Azeriflores y oeste con la comunidad de Chugchilan. Topográficamente se localiza entre las cotas 2938 y 2940 msnm, posee una pendiente media baja, se encuentra en la formación Pleistoceno con una predominación de depósitos vulcano sedimentarios, fluvio lacustres y aglomerados (Instituto de Investigación Metalúrgico y Minero del Ecuador, s.f.). La temperatura media anual varía entre 4° a 8°C, la precipitación media anual varía entre 200mm y 800mm. El cantón Pujilí posee una población de 33,430 habitantes y Saquisilí 4,521 habitantes (GAD Pujilí, 2010)

La infraestructura del botadero entró en operación en noviembre del 2014, su vida útil está proyectada para 15 años, según el estudio de "factibilidad y diseños definitivos para la gestión integral de los residuos sólidos y cierre

técnico de los botaderos de la mancomunidad Saquisilí y Pujilí, provincia de Cotopaxi” el botadero fue diseñado para un volumen de  $400000 \text{ m}^3$ .



*Figura 11.* Ubicación del Botadero Mancomunidad Pujilí- Saquisilí.

Adaptado de Google Earth, S.f.

### 3.2. Apertura y Configuración de los Electrodo

Se trabajó con un dispositivo lineal Schlumberger, en base a los límites del botadero que fueron terrenos de propiedad privada del botadero y de la empresa CNEL, se eligió un Sistema Eléctrico Vertical normal, en el cual la separación de los electrodos (AB), pueden llegar hasta los 2500m (Triantaphyllou, Sánchez, 1997). Siendo los electrodos de corriente los que se abrieron a lo largo del terreno, con una potencia que permanece constante, si las distancias o valores de las resistividades son bajos, se puede optar por un traslape, lo que quiere decir que existe dos o más puntos con diferente apertura de (MN) (Vargas,1990)

En base a esto, los electrodos (AB), tuvieron una apertura máxima de 276 metros y los de corriente (MN) siete empalmes, como se puede observar en la Figura 3. Al aplicar la Ecuación 7 (del capítulo 2, sección 2.13 Configuración Schlumberger), se obtuvo 67 Mediciones en los Sistemas Eléctricos Verticales.

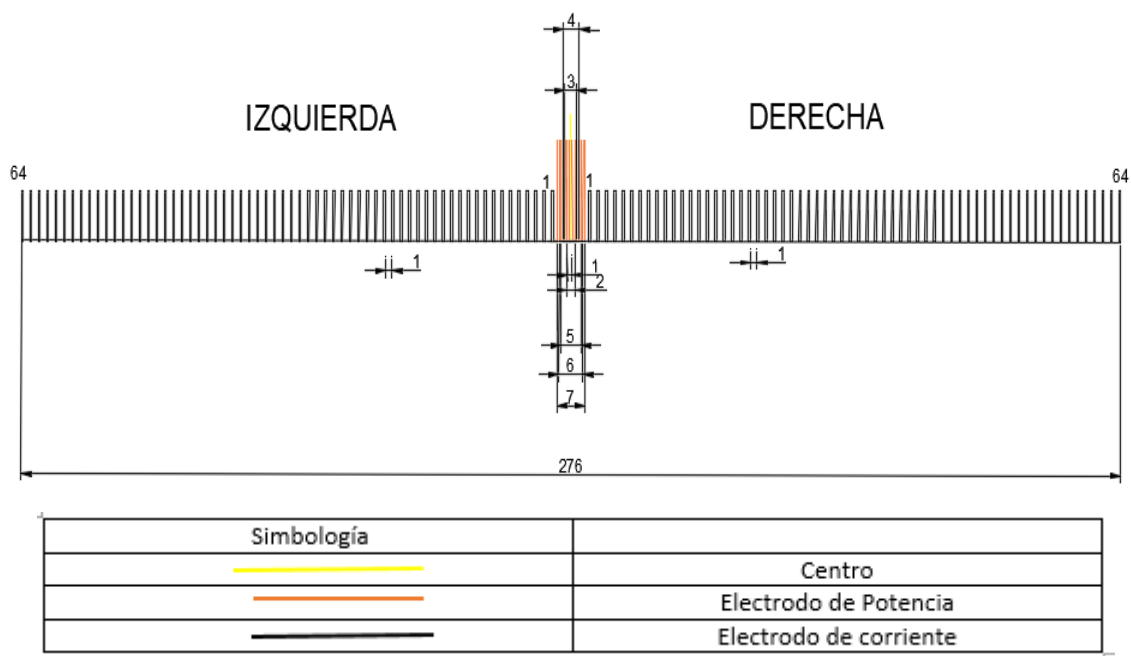


Figura 12. Figura de la Configuración de los Electrodo

Con la relación de la apertura de los electrodos y los límites establecidos, se obtuvo 7 SEV por línea, como se indica en la Tabla 3:

Tabla 4  
Detalle de los SEV por línea

Descripción	Ubicación	Cantidad de Adquisiciones	Apertura de MN
SEV principal	Eje	67 adquisiciones	MN a 1 metros MN a 2 metros MN a 3 metros MN a 4 metros MN a 5 metros MN a 6 metros MN a 7 metros
Primer desplazamiento a la izquierda	30 metros a la izquierda contados desde el eje	20 adquisiciones	MN a 4 metros MN a 5 metros MN a 6 metros
Segundo	20 metros a la	28 adquisiciones	MN a 4 metros



desplazamiento a la izquierda	izquierda contados desde el eje		MN a 5 metros MN a 6 metros
Tercer desplazamiento a la izquierda	10 metros a la izquierda contados desde el eje	17 adquisiciones	MN a 4 metros MN a 5 metros
Primer desplazamiento a la derecha	30 metros a la derecha contados desde el eje	28 adquisiciones	MN a 4 metros MN a 5 metros MN a 6 metros
Segundo desplazamiento a la derecha	20 metros a la derecha contados desde el eje	23 adquisiciones	MN a 4 metros MN a 5 metros MN a 6 metros
Tercer desplazamiento a la derecha	10 metros a la derecha contados desde el eje	28 adquisiciones	MN a 4 metros MN a 5 metros MN a 6 metros

La esquematización de los SEV, se encuentran esquematizados en la Figura 12 y Figura 13

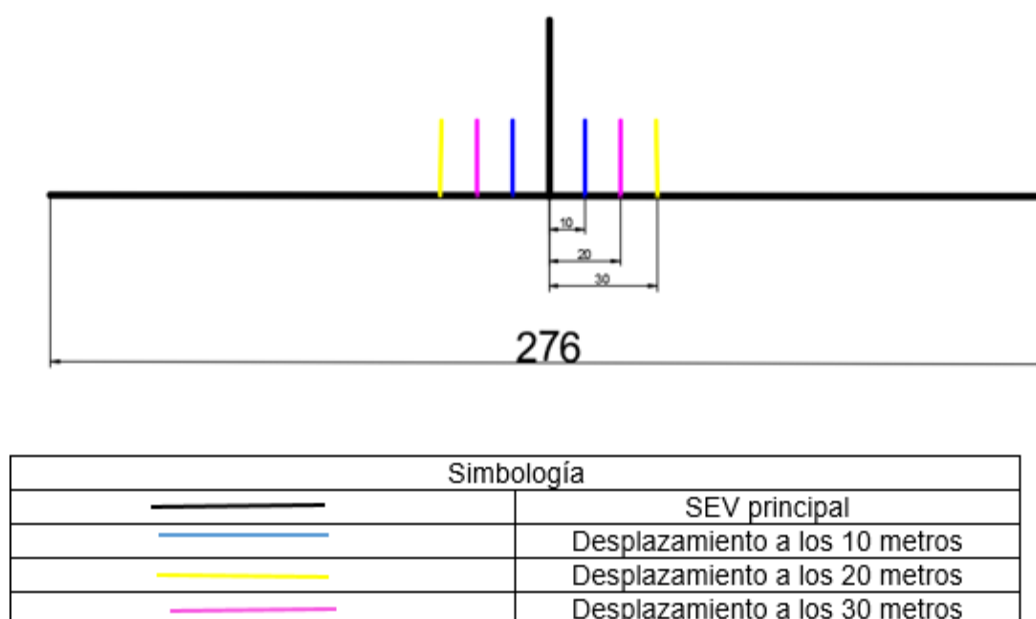


Figura 13. Esquematización de los 7 SEV por línea

### 3.3. Selección del lugar próximo al Botadero de la Mancomunidad Pujilí-Saquilí

Con la información de reconocimiento de las instalaciones, planos de topografía y de implantación del Botadero, proporcionados por el departamento de Gestión Ambiental del Municipio de Pujilí, se logró establecer el lugar para la realización de la prospección geolétrica, para obtener los datos representativos de una zona con posibilidad de afectación de lixiviados.

### 3.4. Líneas principales en el área próxima al Botadero

Se realizaron mediciones en tres líneas principales con una separación de 10 metros entre cada una, como se puede observar en la Figura 13. Se consideró la relación descrita en el apartado 3.2, en la Tabla 4 se detalla las coordenadas por línea.

Tabla 5  
*Coordenadas y cotas de las líneas principales.*

Nombre	Ubicación	Longitud	Latitud	Elevación (msnm)
Línea 1	Izquierda	784035573553W	056579591131S	2930
Línea 2	Centro	784035837583W	05657597787S	2929
Línea 3	Derecha	784036003846W	05657059770S	2928

### 3.5. Líneas de amarre en el área próxima al Botadero.

Se empleó la metodología aplicada en las líneas principales, se tomó como base el eje de la línea central, obteniendo 4 SEV en la línea de amarre. El espacio para el trabajo fue limitado por el botadero como se puede observar en la Figura 14, las coordenadas se detallan en la tabla 4:

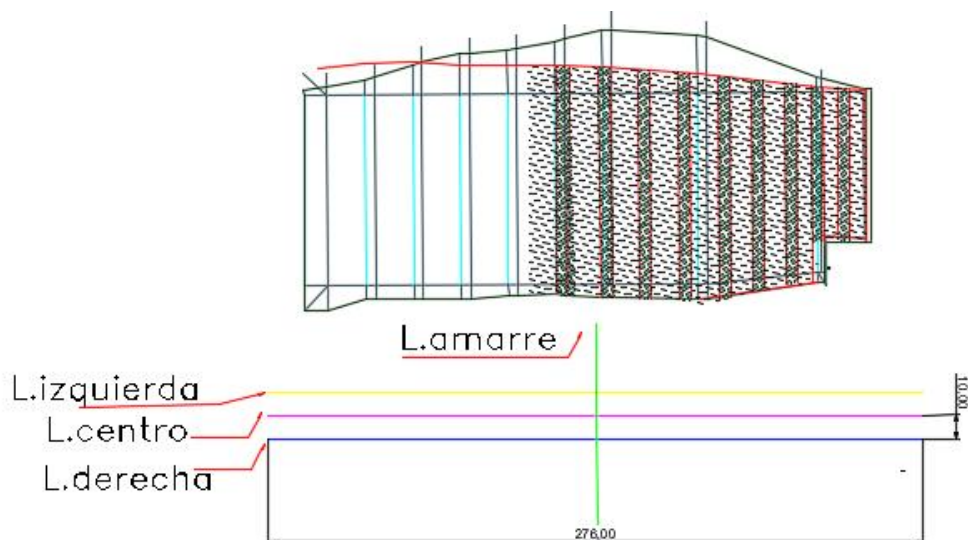




Figura 14. Ubicación de las líneas principales y de amarre

### 3.6. Selección del blanco

Las mediciones para el blanco de los SEV, deben ser realizados en una zona cercana para obtener e identificar resistividades patrones intrínsecas del subsuelo, para identificar si en el área escogida se presentan estas unidades (Orellana,1972), el blanco se sitúo, según los criterios topográficos, en un área alejada de las actividades antrópicas que pueda afectar en la configuración del subsuelo, y con los datos obtener datos confiables para la comparación de los resultados obtenidos en la zona de cercana la botadero.



Simbología	
	Botadero
	Zona Blanco

*Figura 15 Ubicación del blanco*

### 3.7. Línea de medición del Blanco

Esta zona se encuentra limitada por vegetación, por lo cual se buscó un área que no presente un porcentaje alto de vegetación, y que permita que la abertura de los electrodos A y B sea de 276 metros.

La medición de los 7 SEV de la línea del blanco, se ocupó los mismos criterios detallados en la apertura, configuración de electrodos, en la Tabla 5 se pueden observar las coordenadas:

Tabla 6  
*Coordenadas de la Línea Blanco*

Nombre	Ubicación	Longitud	Latitud	Elevación (msnm)
Blanco	Izquierda	784017774011W	0565550709S	2933
	Centro	784017998814W	05656043933S	2932
	Derecha	784017899841W	05656288501S	2932

### 3.8. Equipo Utilizado

Para las mediciones de resistividades in situ, se ocupó el resistímetro Marca PASI, modelo 16GL-N de fabricación italiana, esta es una solución factible y de gran utilidad para los SEV a gran profundidad. Entre sus características se puede decir que es un equipo que presenta una resolución de 16 bits, el voltaje bajo es de 600 Nv (PASI, s.f)

El equipo consta 4 electrodos: 2 de potencia de material de cobre y 2 de corriente de material de aluminio; 4 carretes de alambre de cobre, 2 para los electrodos de intensidad y 2 para los de potencia y por último 4 pinzas para conectar los carretes con los electrodos (PASI, s.f.)



Figura 16 Resistímetro PASI

### 3.9. Toma de datos en Campo

El resistímetro de marca PASI nos indica resultados de intensidad, voltaje, potencial espontáneo, hora y resistencia. Los datos arrojados y la apertura de

los 4 electrodos fueron registrados en una hoja de campo, tanto para los SEV principales como las de amarre y blanco.

### **3.10. Información secundaria del Botadero y Área de Referencia**

El mapa geológico se encontró disponible en el archivo del Instituto de Investigación Metalúrgico y Minero del Ecuador INEGEM, donde se descargó la hoja Geológica de Latacunga a una escala 1:100000 (Anexo 1), que nos permite ver la distribución de las unidades litológicas, con la que se encuentra conformadas:

Piedra pómez cuaternario (pz): está compuesto por sílice y alúmina (Instituto de Investigación Metalúrgico y Minero del Ecuador, s.f.)

Toba: está compuesto principalmente por vidrio volcánico que es proveniente de la acumulación de ceniza (Mellan,1994)

Fluvio Lacustre (gu)

Sedimentos Lacustres: están compuesto por rocas y minerales de tipo: lutitas y arenitas (Cabrera,1983)

Aglomerado cuaternario (Ag): está compuesto por material tobáceo, trozos angulares y clastos de andesita y basaltos (Instituto de Investigación Metalúrgico y Minero del Ecuador, s.f.)

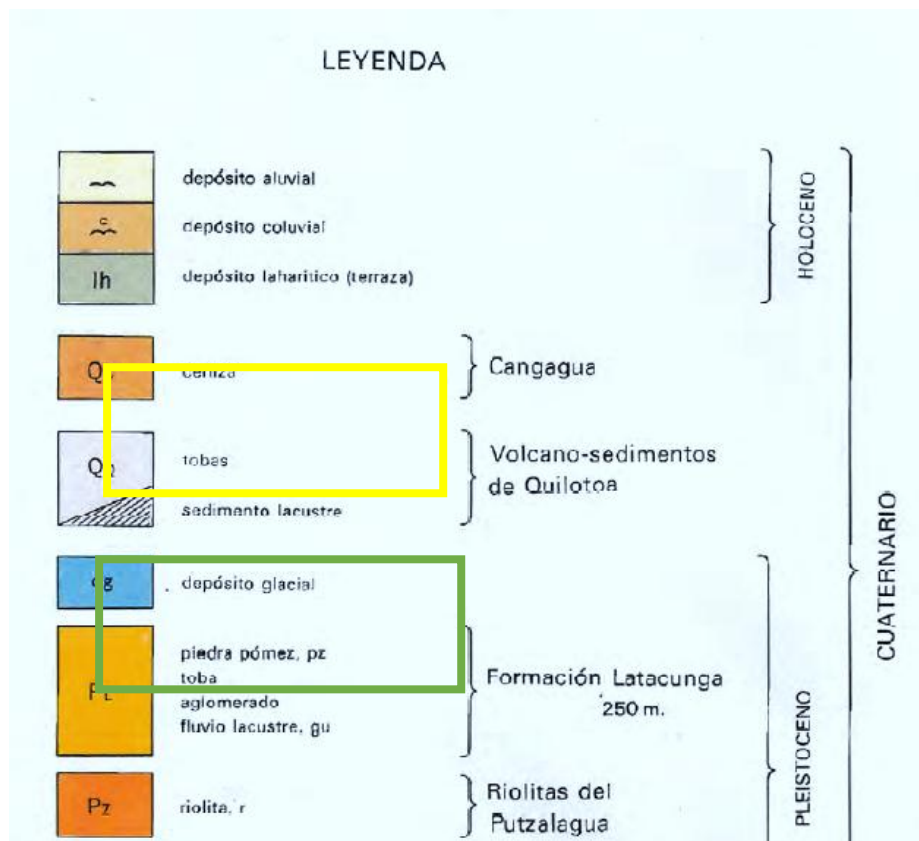


Figura 17. Distribución de las unidades litológicas del área de estudio.

Tomado de (Instituto de Investigación Metalúrgico y Minero de Ecuador, s.f.)

## 4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Resultados

Para obtener los datos de las resistividades de los SEV de las líneas principales, del blanco y de amarre, se utilizaron las ecuaciones 5 y 6 mencionadas, en el tema 2.10 (Fundamento teórico de las resistividades) y 2.13 (Configuración Schlumberger). Se presentan los resultados del SEV 1 de la izquierda, la continuación de los SEV de este lugar y demás líneas, se adjuntan en los anexos del 2-8 debido a su extensión.

Tabla 7

Datos obtenidos en campo para la línea principal izquierda, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Línea Principal Izquierda								
Arreglo Schlumberger								

N°	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
1	0.5	1	0.00082	0.0000159	0.0023	0.2812	2.35619449	121.5
2	0.5	2	0.0007302	0.0000152	0.0029	0.3428	11.78097245	566.0
3	0.5	3	0.0003112	0.0000155	0.003	0.2208	27.48893572	551.9
4	0.5	4	0.0000998	0.0000157	0.0031	0.2657	49.48008429	314.5
5	0.5	5	0.0000765	0.000015	0.0032	0.328	77.75441818	396.5
6	0.5	6	0.0000532	0.000015	0.0034	0.5863	112.3119374	398.3
7	0.5	7	0.0000421	0.0000155	0.0036	0.2405	153.1526419	416.0
8	0.5	8	0.0000092	0.0000152	0.0036	0.6086	200.2765317	121.2
9	0.5	9	0.0000155	0.0000156	0.0037	0.3531	253.6836068	252.1
10	1	10	0.0000565	0.0000155	0.0013	3.6	155.5088364	566.9
11	1	11	0.0000432	0.0000161	0.0013	0.2589	188.4955592	505.8
12	1	12	0.0000094	0.0000159	0.111	0.5918	224.6238747	132.8
13	1	13	0.0000112	0.0000156	0.2682	76.3	263.8937829	189.5
14	1	14	0.0000237	0.000015	0.4093	1.6	306.3052837	484.0
15	1	15	0.0000086	0.0000156	0.0155	0.5546	351.8583772	194.0
16	1	16	0.0000086	0.0000156	0.0155	0.5546	400.5530633	220.8
17	1	17	0.0000077	0.0000156	0.4511	0.2386	452.3893421	223.3
18	1	18	0.0000069	0.0000155	0.7136	125	507.3672136	225.9



Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Linea Principal Izquierda								
Arreglo Schlumberger								
N°	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
19	1	19	0.0000161	0.0000153	0.0256	1	565.4866776	595.1
20	1.5	20	0.0000199	0.0000155	0.0253	2.6	416.522826	534.8
21	1.5	21	0.0000068	0.0000155	0.0219	2.1	459.4579256	201.6
22	1.5	22	0.0000088	0.0000157	0.0183	1.8	504.4874203	282.8
23	1.5	23	0.0000071	0.0000151	0.0139	2.7	551.6113101	259.4
24	1.5	24	0.00001	0.0000155	0.0115	1.3	600.829595	387.6
25	1.5	25	0.0000149	0.000015	0.0099	0.9917	652.142275	647.8
26	1.5	26	0.0000017	0.0000047	0.009	0.9295	705.5493501	255.2
27	1.5	27	0.0000054	0.0000154	0.0086	0.3476	761.0508203	266.9
28	1.5	28	0.0000091	0.000015	0.0082	0.6062	818.6466856	496.6
29	1.5	29	0.0000084	0.0000153	0.0212	3.8	878.3369461	482.2
30	2	30	0.0000066	0.0000151	0.0107	3.8	703.7167544	307.6
31	2	31	0.0000031	0.0000153	0.0067	2	751.6260424	152.3
32	2	32	0.0000091	0.0000154	0.0052	1.2	801.1061267	473.4
33	2	33	0.0000033	0.0000151	0.005	0.2164	852.1570073	186.2
34	2	34	0.0000046	0.0000158	0.005	0.2929	904.7786842	263.4
35	2	35	0.0000079	0.0000148	0.0048	0.5322	958.9711575	511.9
36	2	36	0.0000018	0.0000053	0.0047	0.0293	1014.734427	344.6

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Linea Principal Izquierda								
Arreglo Schlumberger								
N°	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
37	2	37	0.0000048	0.0000155	0.0046	0.3078	1072.068493	332.0
38	2	38	0.0000037	0.0000156	0.0046	0.2381	1130.973355	268.2
39	2	39	0.0000023	0.0000159	0.3	19	1191.449014	172.3
40	2.5	40	0.0000016	0.0000149	0.0054	110	1001.382658	107.5
41	2.5	41	0.0000119	0.0000142	0.0054	0.8384	1052.276459	881.8
42	2.5	42	0.0000072	0.0000147	0.0055	0.4851	1104.426897	540.9
43	2.5	43	0.0000064	0.0000147	0.0055	1.1	1157.833972	504.1
44	2.5	44	0.0000073	0.0000144	0.0056	0.5058	1212.497685	614.7
45	2.5	45	0.0000101	0.000014	0.0057	0.7237	1268.418034	915.1
46	2.5	46	0.0000066	0.0000142	0.0057	0.4621	1325.59502	616.1
47	2.5	47	0.0000033	0.0000141	0.0059	1.4	1384.028644	323.9
48	3	48	0.0000035	0.0000145	0.0037	0.2387	1201.65919	290.1
49	3	49	0.0000071	0.0000143	0.0827	2.6	1252.448271	621.8
50	3	50	0.0000051	0.0000143	0.0548	0.3532	1304.28455	465.2
51	3	51	0.0000031	0.0000145	0.0535	0.2154	1357.168026	290.2
52	3	52	0.0000013	0.0000144	0.0456	0.5806	1411.0987	127.4
53	3	53	0.0000032	0.0000144	0.0785	2.3	1466.076572	325.8
54	3	54	0.0000012	0.0000145	0.0507	82.5	1522.101641	126.0

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Linea Principal Izquierda								
Arreglo Schlumberger								
N°	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
55	3	55	0.0000024	0.0000144	0.3935	18.2	1579.173907	263.2
56	3	56	0.0000023	0.0000143	0.1772	2.3	1637.293371	263.3
57	3	57	0.0000023	0.0000144	0.1301	2.2	1696.460033	271.0
58	3.5	60	0.0000042	0.0000143	0.1453	7.3	1610.178435	472.9
59	3.5	61	0.0000048	0.0000144	0.028	2.8	1664.483108	554.8
60	3.5	62	0.0000049	0.0000141	0.1229	2.8	1719.685379	597.6
61	3.5	63	0.0000023	0.0000149	0.1188	2.2	1775.785247	274.1
62	3.5	64	0.0000048	0.0000146	0.0806	30.8	1832.782714	602.6
63	3.5	65	0.0000022	0.0000132	0.0605	2.3	1890.677779	315.1
64	3.5	66	0.0000015	0.0000142	0.0501	2.1	1949.470441	205.9
65	3.5	67	0.0000061	0.0000142	0.0472	1.8	2009.160702	863.1
66	3.5	68	0.0000028	0.0000145	0.0288	1.6	2069.74856	399.7
67	3.5	69	0.0000031	0.0000142	0.0796	2.5	2131.234016	465.3

## 4.2. Interpretación de Resultados

### 4.2.1. Línea Izquierda

Se estima 3 capas en el eje principal de la línea izquierda (Figura 18), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 11m , la primera capa tipo H presento unas resistividades que van de 566.84 Ohm\*m con una profundidad de 4m, 201.56 Ohm\*m a una profundidad de 42m , 387.63 Ohm\*m a una profundidad de 48m , donde según bibliografía el rango de 100 a 600 Ohm\*m puede presentarse un subsuelo de tipo granito alterado. La segunda capa de tipo K presento resistividades que van de 172.34 Ohm\*m a una profundidad de 78m, 915 Ohm\*m a una profundidad de 90m, 125.96 Ohm\*m a una profundidad de 108m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m puede presentarse un subsuelo de tipo roca calcárea.

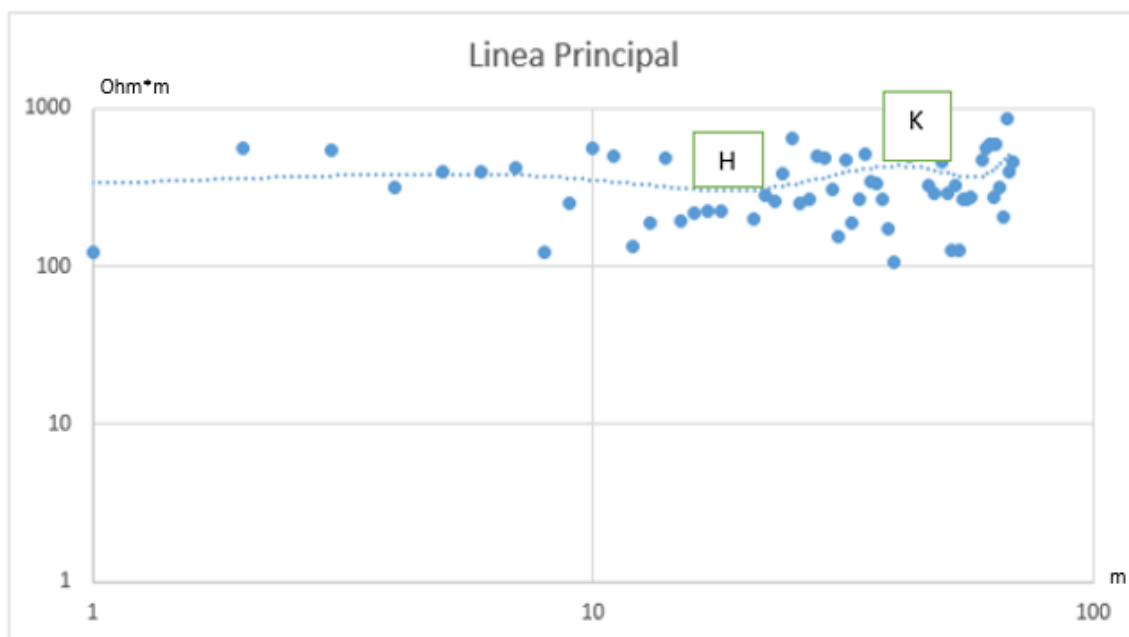


Figura 18. Curva del eje principal de la línea izquierda

Se estima 4 capas a los 10m a la derecha en la línea izquierda (Figura 19), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte

de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 9m, las resistividades presentes en esta capa van de 274.17 Ohm\*m a una profundidad de 62m, 812.58 Ohm\*m a una profundidad de 70m, 323.53 Ohm\*m a una profundidad de 94m, 985.72 Ohm\*m a una profundidad de 110m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100-600 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo granito alterado.

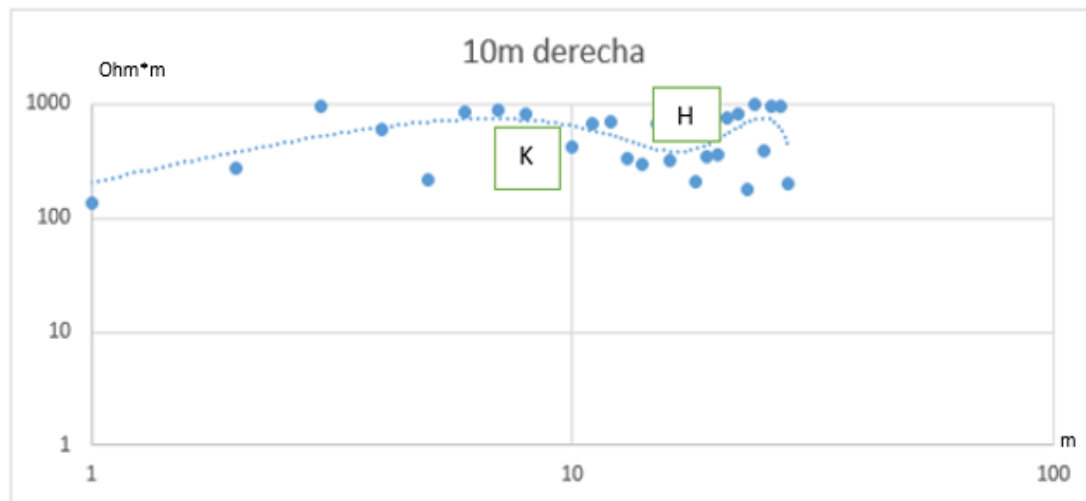


Figura 19. Curva a los 10m a la derecha de la línea izquierda

Se estima 4 capas a los 20m a la derecha en la línea izquierda (Figura 20), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 7m, las resistividades presentes en esta capa van de 260.99 Ohm\*m a una profundidad de 68m, 147.71 Ohm\*m a una profundidad de 72m, 457.39 Ohm\*m a una profundidad de 76m, 291 Ohm\*m a una profundidad de 62m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

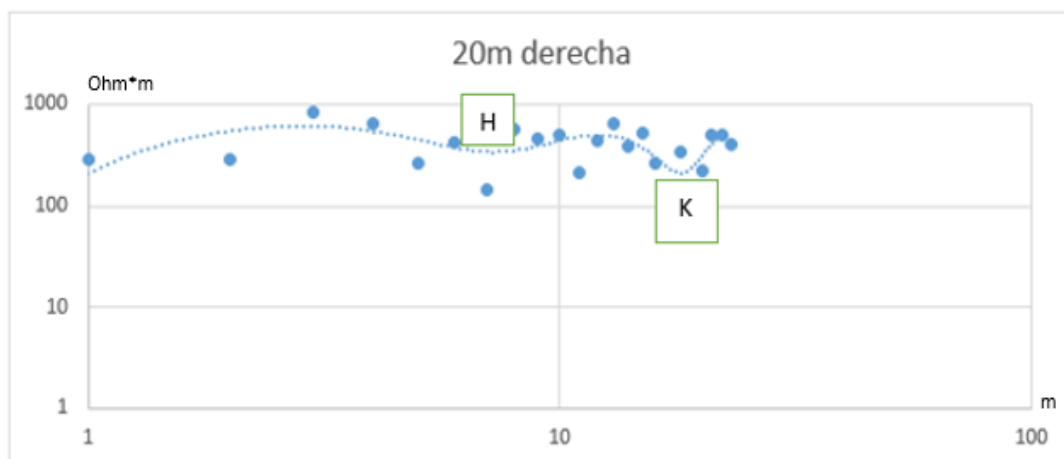


Figura 20. Curva a los 20m a la derecha de la línea izquierda

Se estima 4 capas a los 30m a la derecha en la línea izquierda (Figura 21), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 10m, las resistividades presentes en esta capa van de 103.54 a una profundidad de 72m, 671.51 Ohm\*m a una profundidad de 82m, 326.85 Ohm\*m a una profundidad de 92m, 872.41 Ohm\*m a una profundidad de 110m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

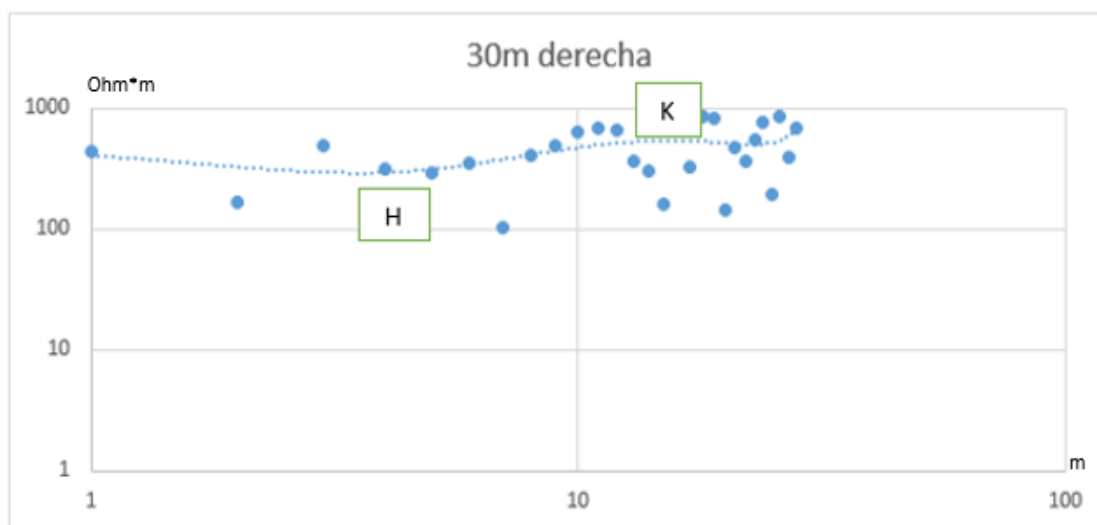


Figura 21. Curva a los 20m a la derecha de la línea izquierda

Se estima 4 capas a los 10m a la izquierda en la línea izquierda (Figura 22), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 6m, las resistividades presentes en esta capa van de 298.38 a una profundidad de 60m, 131.82 Ohm\*m a una profundidad de 68m, 670.04 Ohm\*m a una profundidad de 70m, 501.74 Ohm\*m a una profundidad de 82m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

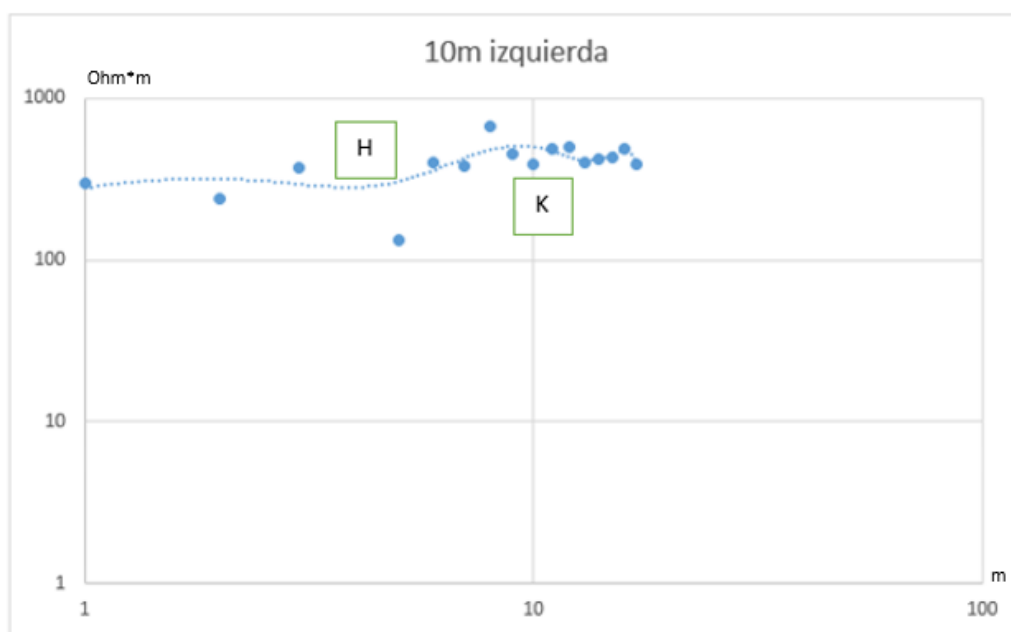


Figura 22. Curva a los 10m a la izquierda de la línea izquierda

Se estima 4 capas a los 20m a la izquierda en la línea izquierda (Figure 23), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 24m, las resistividades presentes en esta capa van de 294.7 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 927.83 Ohm\*m con una profundidad de 68m ,257.67 Ohm\*m con una profundidad de 78m, 391.56 Ohm\*m con una profundidad de 80m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

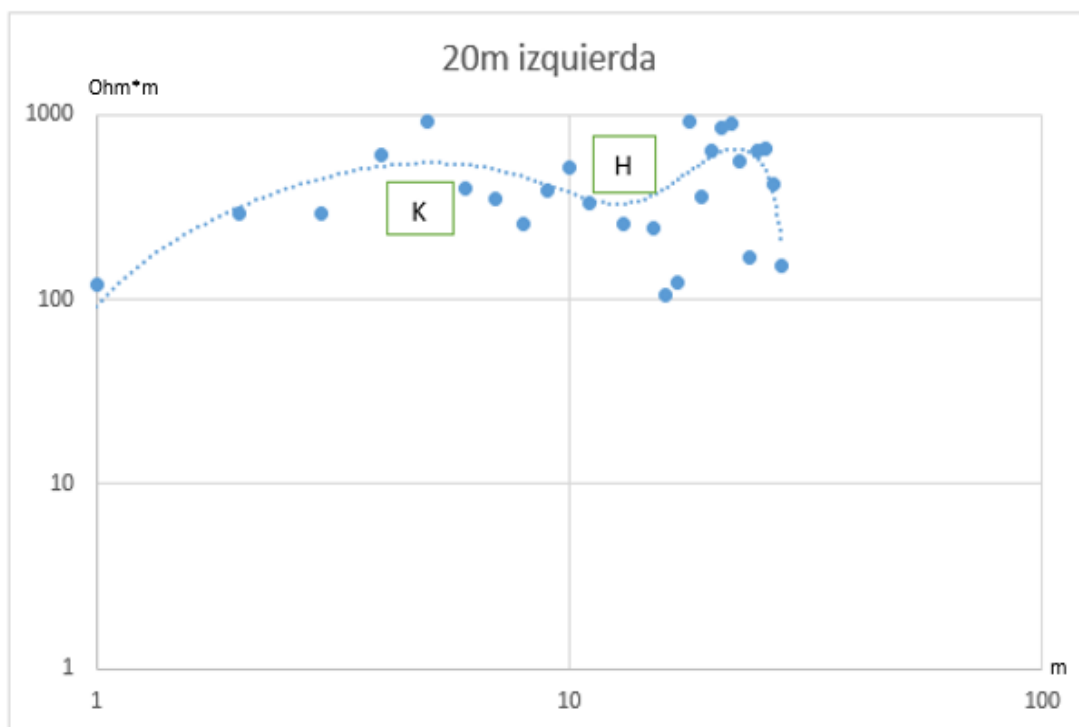


Figure 23. Curva a los 20m a la izquierda de la línea izquierda

Se estima 4 capas a los 30m a la izquierda en la línea izquierda (Figura 24), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 540.27 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 122.01 Ohm\*m con una profundidad de 62m ,469.78 Ohm\*m con una profundidad de 68m, 192.97 Ohm\*m con una profundidad de 86m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.



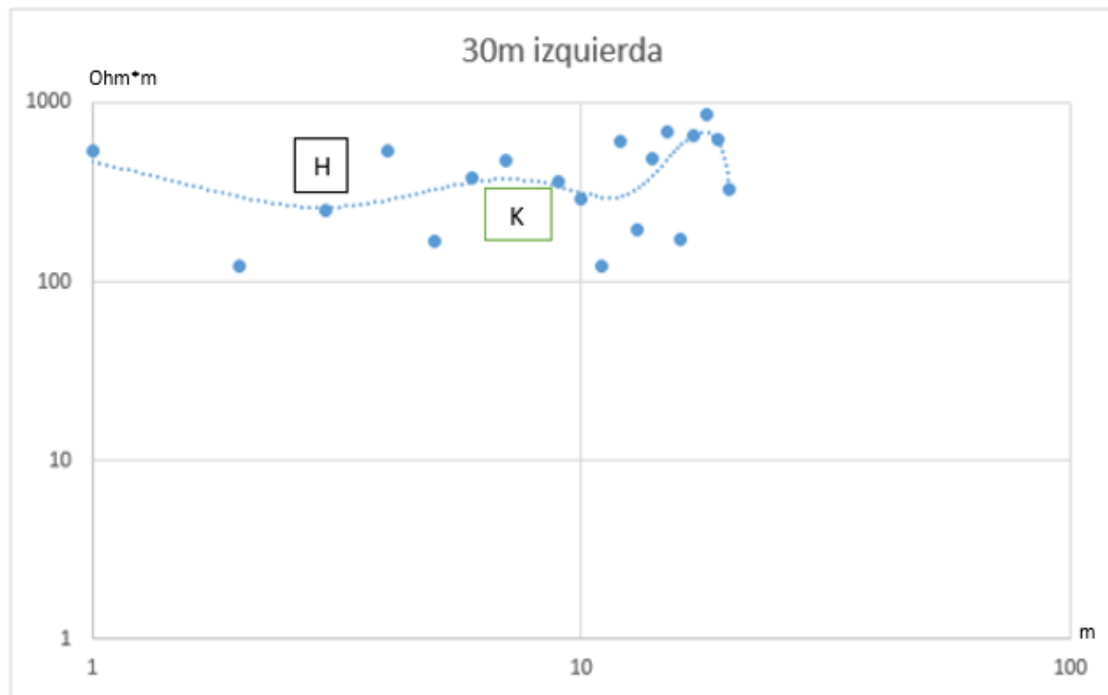


Figura 24. Curva a los 30m a la izquierda de la línea izquierda

#### 4.2.2. Línea Central

Se estima 4 capas en el eje principal de la línea central (Figura 25), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo AA, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 123.27 Ohm\*m con una profundidad de 22m, 260.85 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 361.21 Ohm\*m con una profundidad de 82m, 506.69 Ohm\*m con una profundidad de 90m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

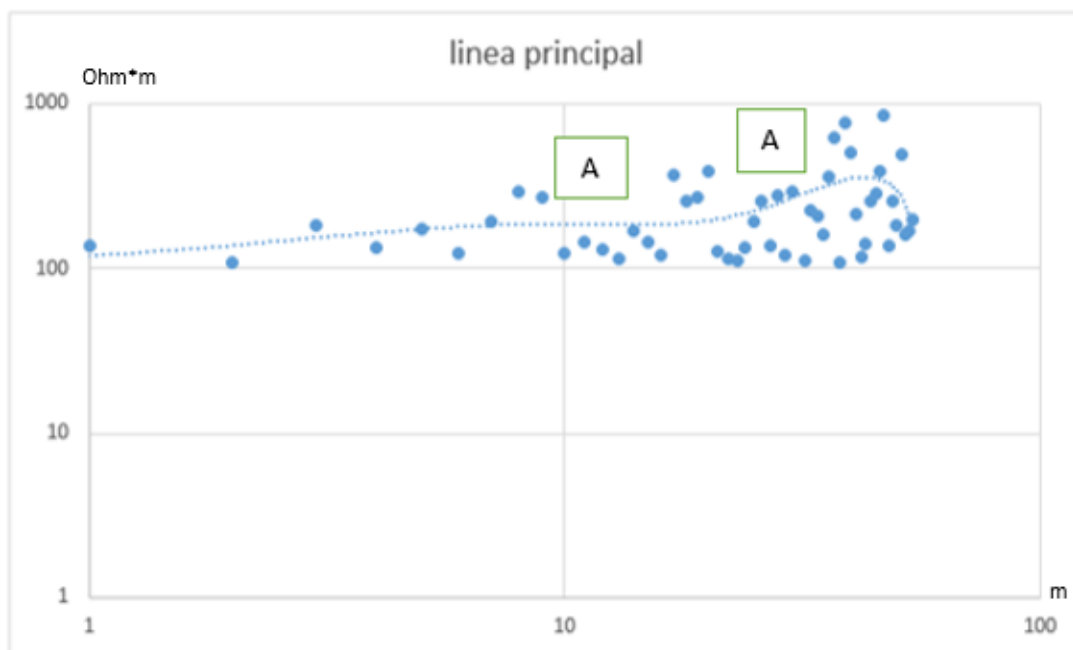


Figura 25. Curva del eje principal de la línea central

Se estima 4 capas a los 10m a la derecha en la línea central (Figura 26), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 9m, las resistividades presentes en esta capa van de 404.10 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 144.46 Ohm\*m con una profundidad de 76m, 105.37 Ohm\*m con una profundidad de 80m, 511.60 Ohm\*m con una profundidad de 86m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

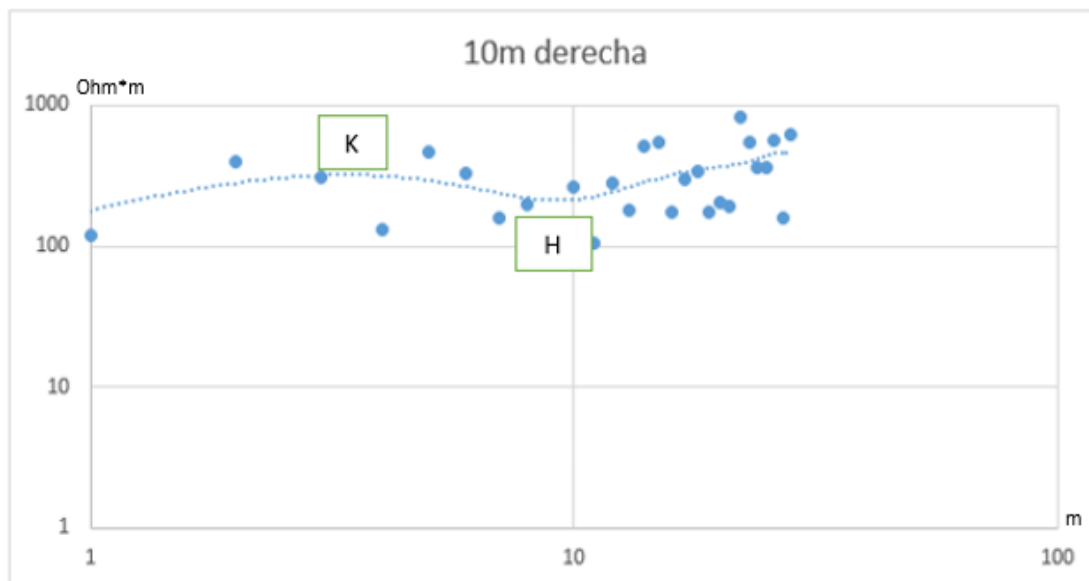


Figura 26. Curva a los 10m a la derecha de la línea central

Se estima 4 capas a los 20m a la derecha en la línea central (Figura 27), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 7m, las resistividades presentes en esta capa van de 411.19 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 665.66 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 368.48 Ohm\*m con una profundidad de 78m, 609.80 Ohm\*m con una profundidad de 86m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 50 a 500 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena arcillosa.

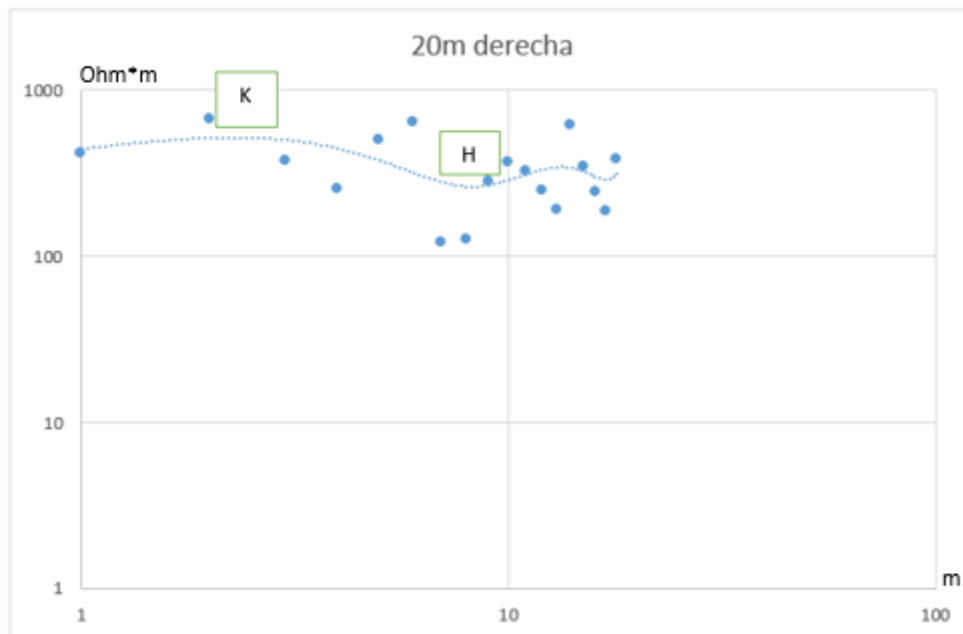
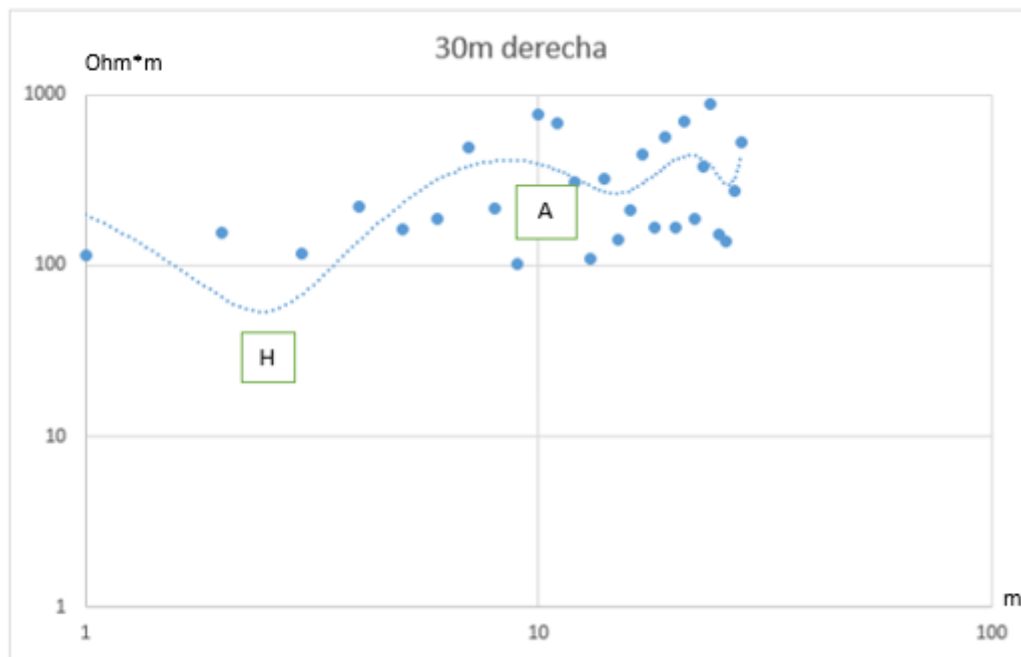


Figura 27. Curva a los 20m a la derecha de la línea central

Se estima 4 capas a los 30m a la derecha en la línea central (Figura 28), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HA, la distancia entre cada capa es de 24m, las resistividades presentes en esta capa van de 411.19 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 85.69 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 278.58 Ohm\*m con una profundidad de 76m, 368.49 Ohm\*m con una profundidad de 78m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 50 a 500 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena arcillosa.



*Figura 28.* Curva a los 30m a la derecha de la línea central

Se estima 4 capas a los 10m a la izquierda en la línea central (Figura 29), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HA, la distancia entre cada capa es de 24m, las resistividades presentes en esta capa van de 100.60 Ohm\*m a una profundidad de 66m, 133.19 Ohm\*m a una profundidad de 74, 283 Ohm\*m a una profundidad de 84m, 453 Ohm\*m a una profundidad de 108m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

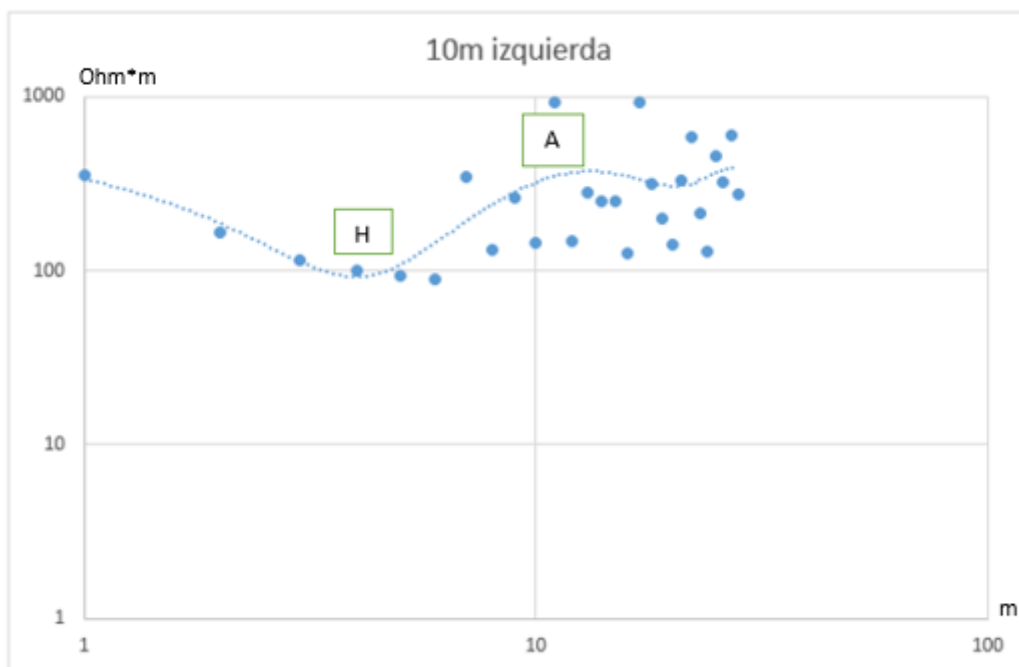


Figura 29. Curva a los 10m a la izquierda de la línea central

Se estima 4 capas a los 20m a la izquierda en la línea central (Figura 30), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 15m, las resistividades presentes en esta capa van de 255.83 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 103.29 Ohm\*m con una profundidad de 66m , 827 Ohm\*m con una profundidad de 74m, 128.95 Ohm\*m con una profundidad de 84m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

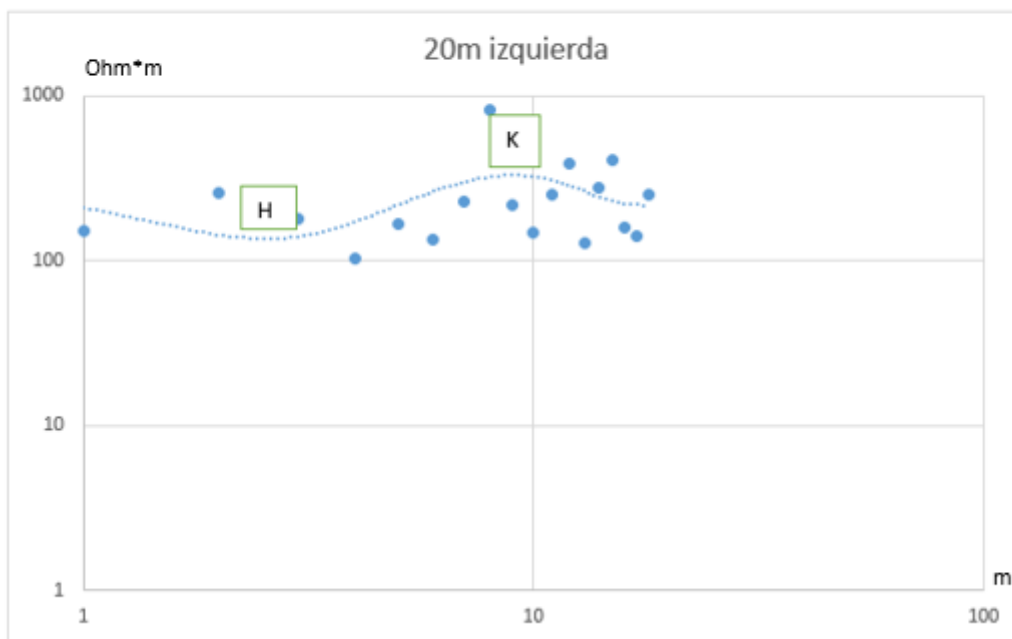


Figura 30. Curva a los 20m a la izquierda de la línea central

Se estima 3 capas a los 30m a la izquierda en la línea central (Figura 31), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo K, la distancia entre cada capa es de 7m, las resistividades presentes en esta capa van de 258.29 Ohm\*m con una profundidad de 82m, 563.74 Ohm\*m con una profundidad de 90m , 123 Ohm\*m con una profundidad de 92m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

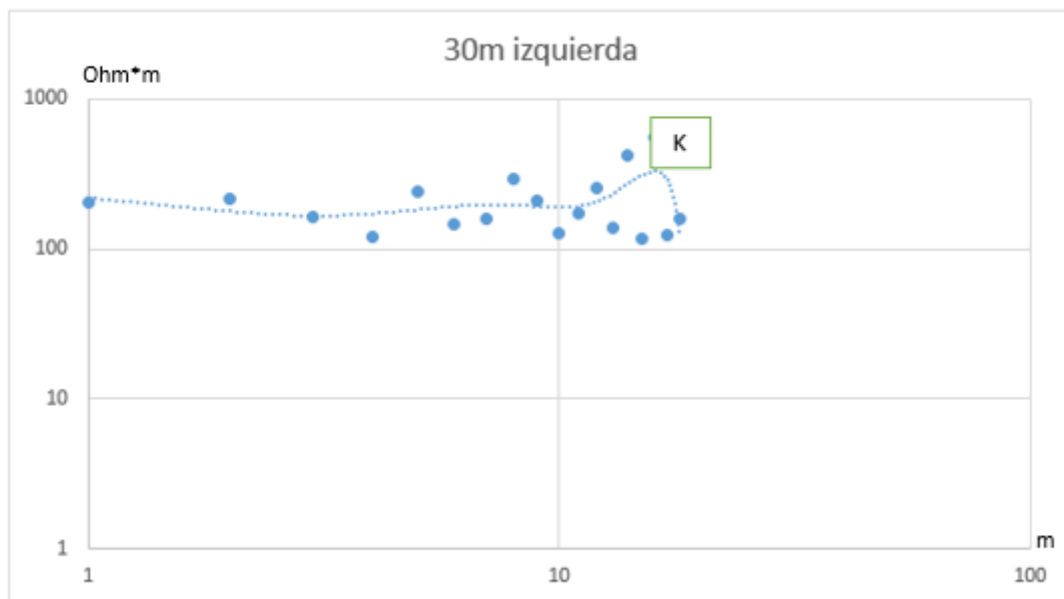


Figura 31. Curva a los 30m a la izquierda de la línea central

#### 4.2.3. Línea Derecha

Se estima 4 capas en el eje principal de la línea derecha (Figura 32), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 39m, las resistividades presentes en esta capa van de 293 Ohm\*m con una profundidad de 22m, 253 Ohm\*m con una profundidad de 24m, 881.2 Ohm\*m con una profundidad de 44m, 215.9 Ohm\*m con una profundidad de 82m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.



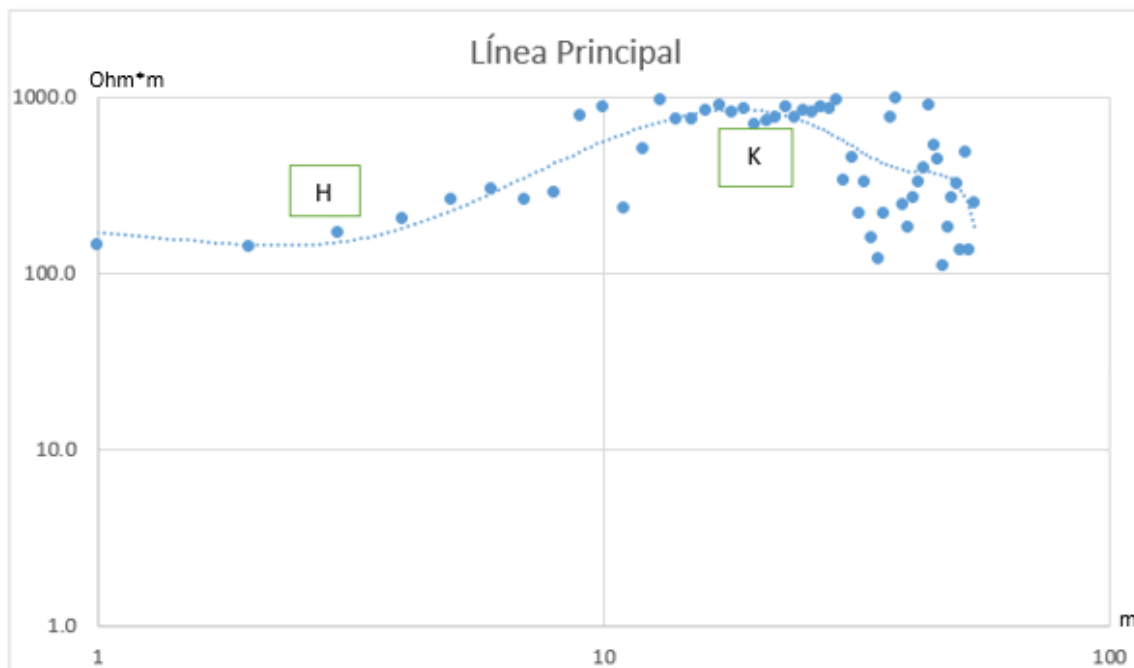


Figura 32. Curva del eje principal de la línea derecha

Se estima 4 capas a los 10m a la derecha de la línea derecha (Figura 33), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 14m, las resistividades presentes en esta capa van de 543.78 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 189.74 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 636.70 Ohm\*m con una profundidad de 72m, 258.67 Ohm\*m con una profundidad de 88m según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

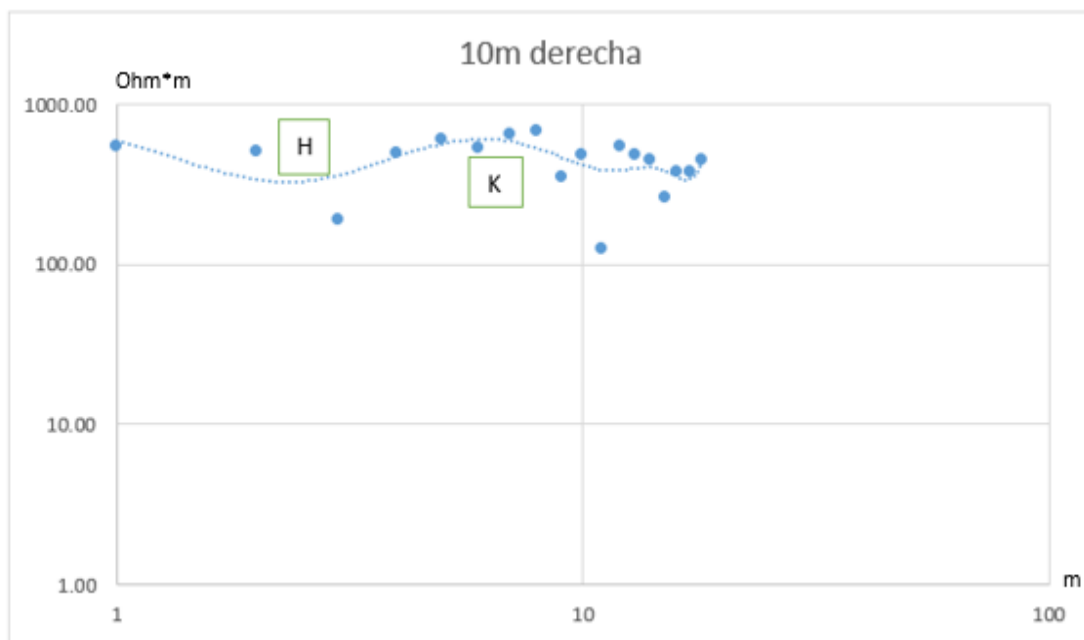


Figura 33. Curva a los 10m a la derecha de la línea derecha

Se estima 3 capas a los 20m a la derecha en la línea derecha (Figura 34), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo H, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 668.4 Ohm\*m con una profundidad de 72m, 258.2 Ohm\*m con una profundidad de 86m, 927.8 Ohm\*m con una profundidad de 114m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

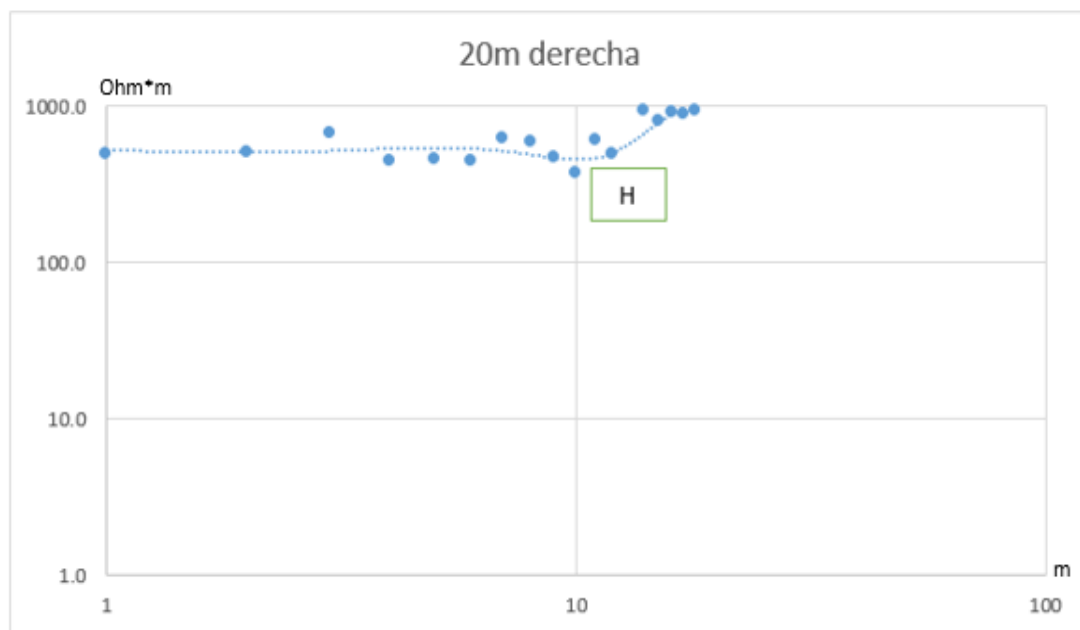


Figura 34. Curva a los 20m a la derecha de la línea derecha

Se estima 4 capas a los 30m a la derecha de la línea derecha (Figura 35), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 15m, las resistividades presentes en esta capa van de 898.68 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 262.15 Ohm\*m con una profundidad de 86m , 930.17 Ohm\*m con una profundidad de 90m, 437.77 Ohm\*m con una profundidad de 96m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena sílicea.

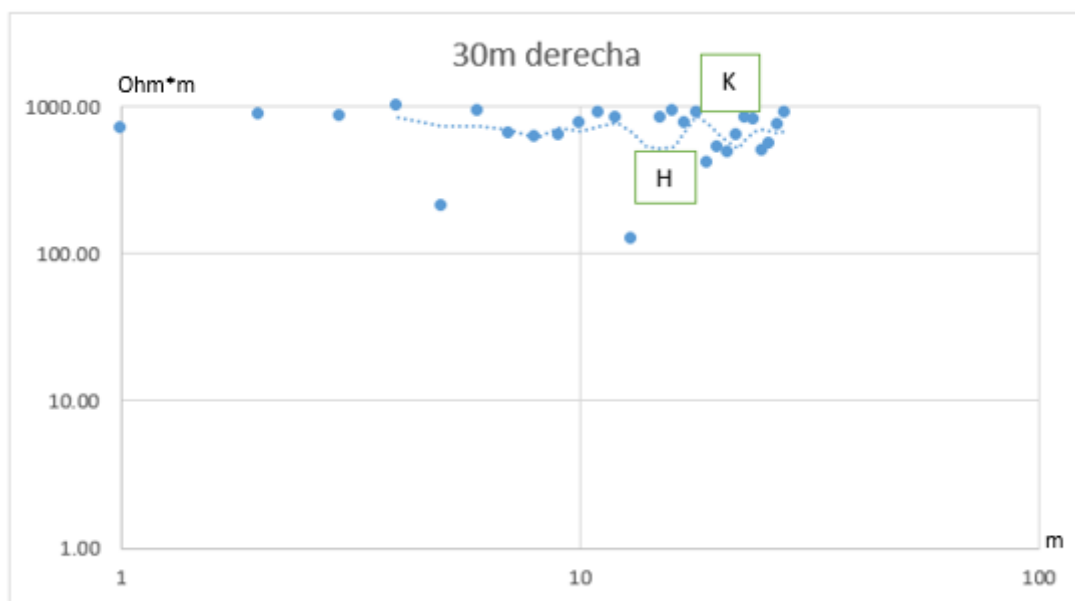


Figura 35. Curva a los 30m a la derecha de la línea derecha

Se estima 3 capas a los 10m a la izquierda de la línea derecha (Figura 36), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo Q y K, la distancia entre cada capa es de 17m, las resistividades presentes en la capa Q van de 839.92 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 731.81 con una profundidad de 62m, 405.89 Ohm\*m con una profundidad de 72m, donde según bibliografía el rango de 200 a 1000 el subsuelo puede ser de tipo arena silícea. Las resistividades presentes en la capa K van de 276.39 Ohm\*m con una profundidad de 86m, 678 Ohm\*m con una profundidad de 88m, 188.63 a una profundidad de 94m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 600 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo granito alterado.

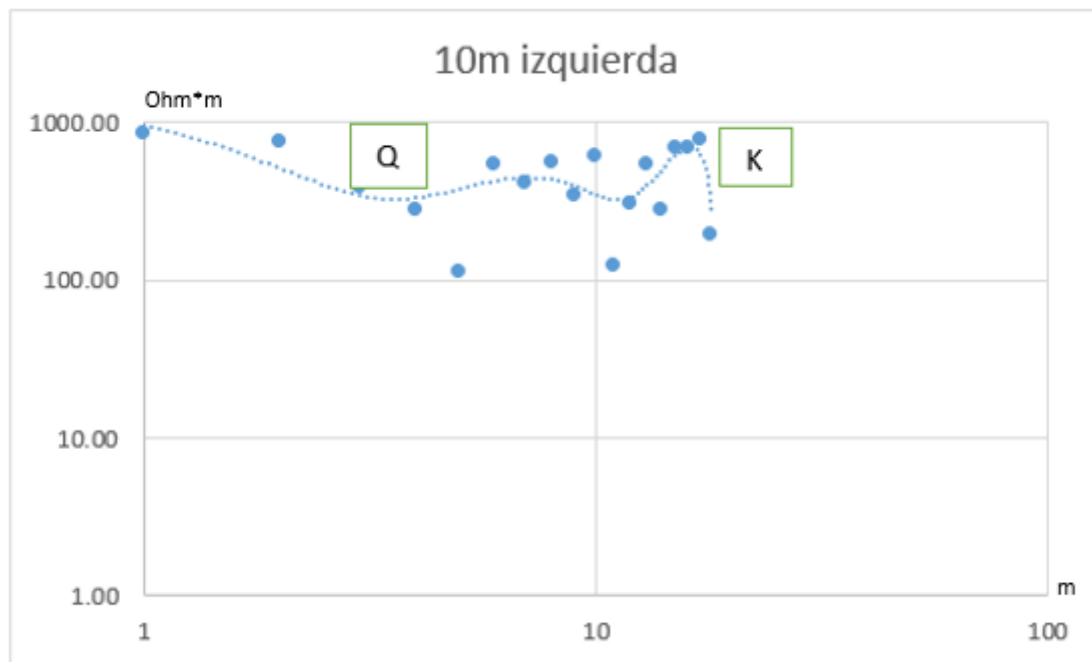


Figura 36. Curva a los 10m a la izquierda de la línea derecha

Se estima 3 capas a los 20m a la izquierda de la línea derecha (Figura 37), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo H, la distancia entre cada capa es de 34m, las resistividades presentes en la capa H van de 748.5 Ohm\*m con una profundidad de 68m, 182.3 con una profundidad de 88m, 577.8 Ohm\*m con una profundidad de 90m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

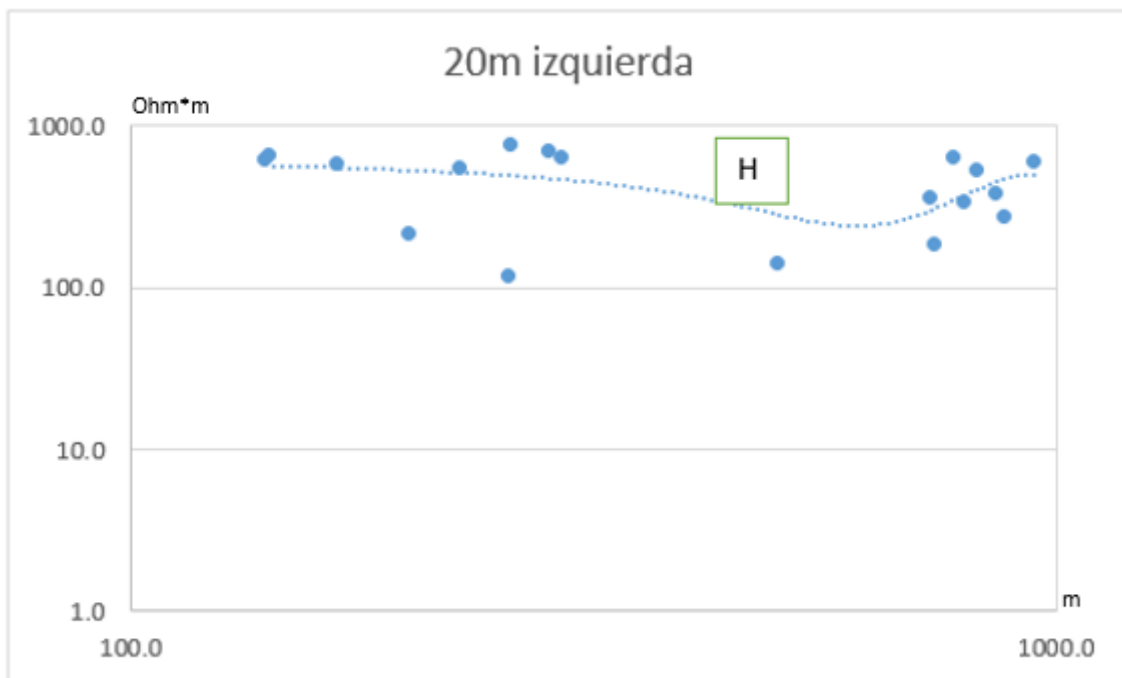


Figura 37. Curva a los 20m a la izquierda de la línea derecha

Se estima 4 capas a los 30m a la izquierda de la línea derecha (Figura 38), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 20m, las resistividades presentes en esta capa van de 141.4 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 811.68 Ohm\*m con una profundidad de 64m , 395.44 Ohm\*m con una profundidad de 82m, 889.12 Ohm\*m con una profundidad de 92m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

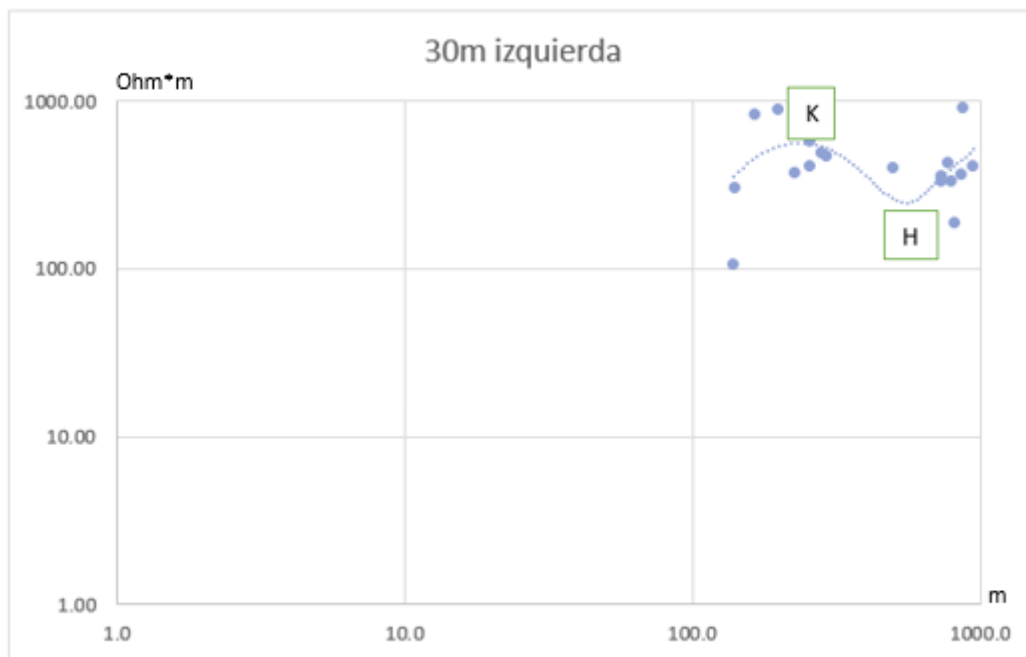


Figura 38. Curva a los 30m a la izquierda de la línea derecha

#### 4.2.4. Línea De Amarre

Se estima 4 capas en el eje principal de la línea de amarre (Figura 39), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 70m, las resistividades presentes en esta capa van de 288.86 Ohm\*m con una profundidad de 18m, 766.62 Ohm\*m con una profundidad de 28m , 216.41 Ohm\*m con una profundidad de 50m, 626.71 Ohm\*m con una profundidad de 76m, donde según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena sílicea.

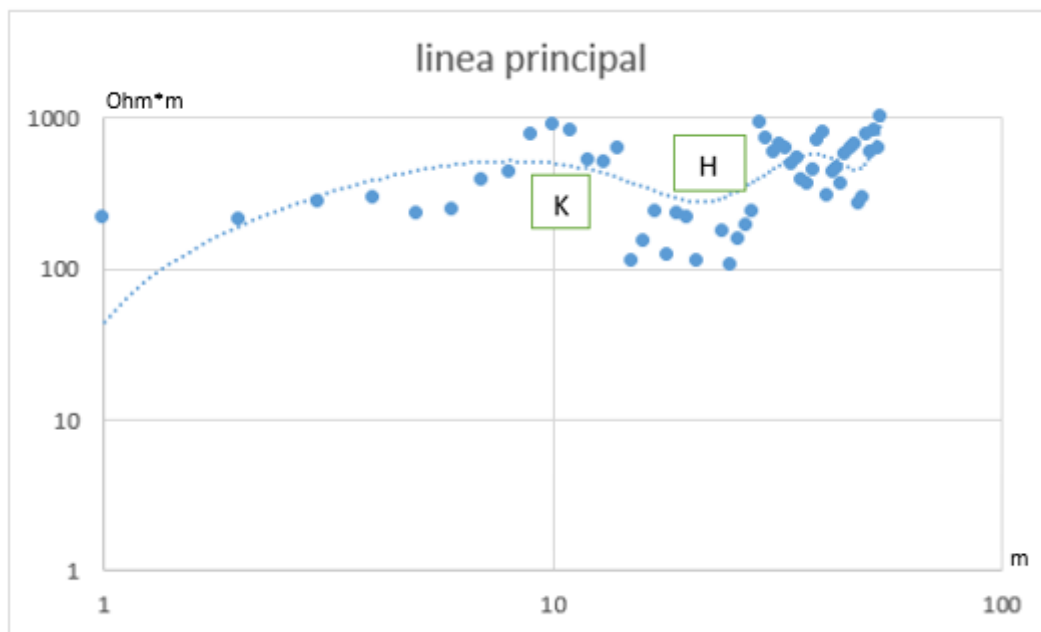


Figura 39. Curva del eje principal de la línea de amarre

Se estima 4 capas a los 10m abajo del centro de la línea de amarre (Figura 40), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 11m, las resistividades presentes en esta capa van de 121.13 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 688 Ohm\*m con una profundidad de 70m, 244.18 Ohm\*m con una profundidad de 78m, 634.52 Ohm\*m con una profundidad de 88m según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.



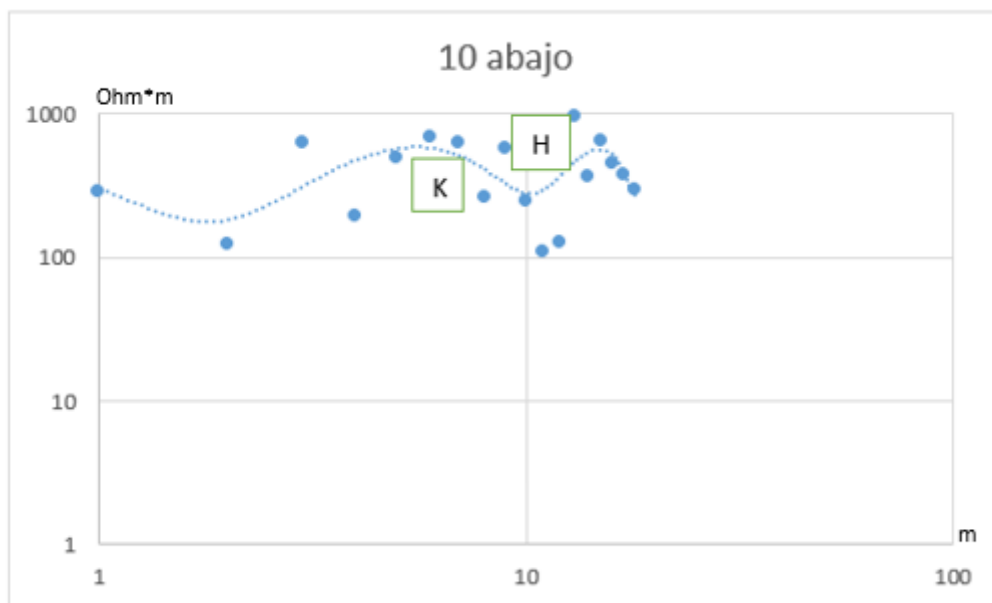


Figura 40. Curva a los 10m abajo de la línea de amarre

Se estima 4 capas a los 20m abajo del centro de la línea de amarre (Figura 41), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 143.46 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 114.31 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 367.84 Ohm\*m con una profundidad de 72m, 112.21 Ohm\*m con una profundidad de 84m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 300 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas blandas.

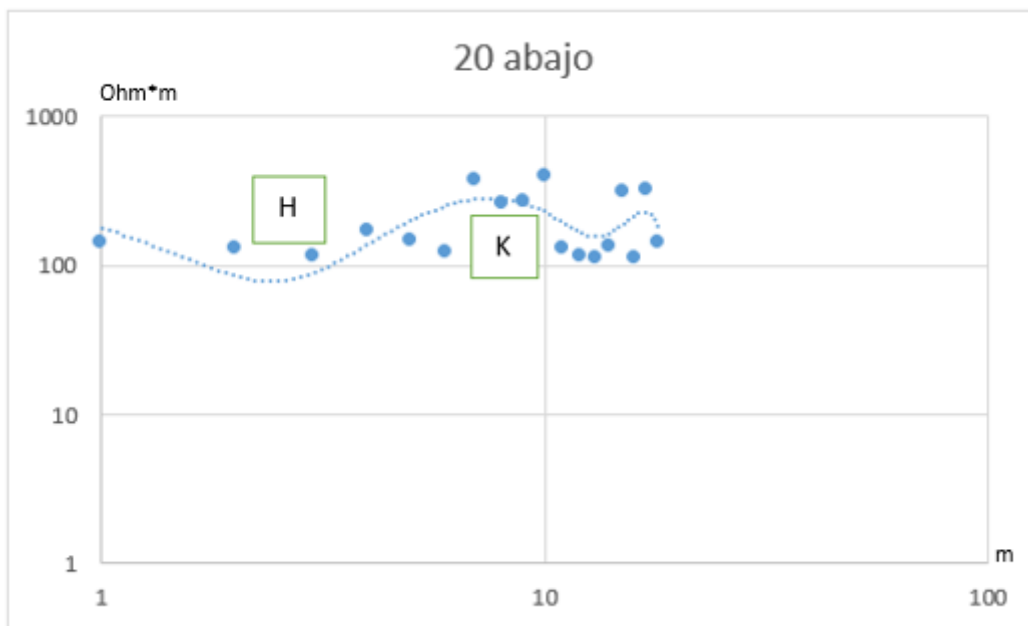


Figura 41. Curva a los 20m abajo de la línea de amarre

Se estima 3 capas a los 30m abajo del centro de la línea de amarre (Figura 42), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo Q, la distancia entre cada capa es de 13m, las resistividades presentes en esta capa van de 248.95 Ohm\*m con una profundidad de 70m, 200.27 Ohm\*m con una profundidad de 78m, 148.74 Ohm\*m con una profundidad de 64m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 200 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arcillas compactadas.

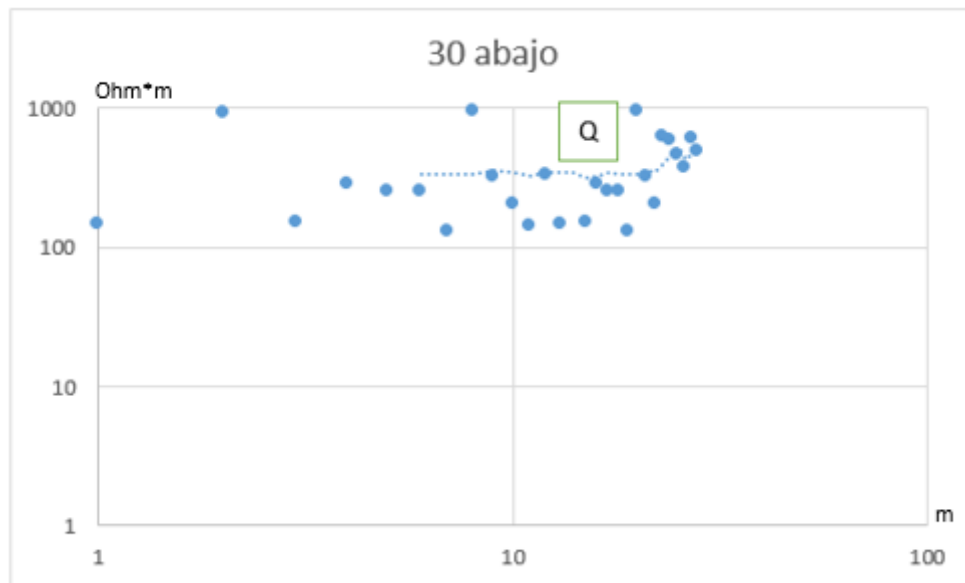
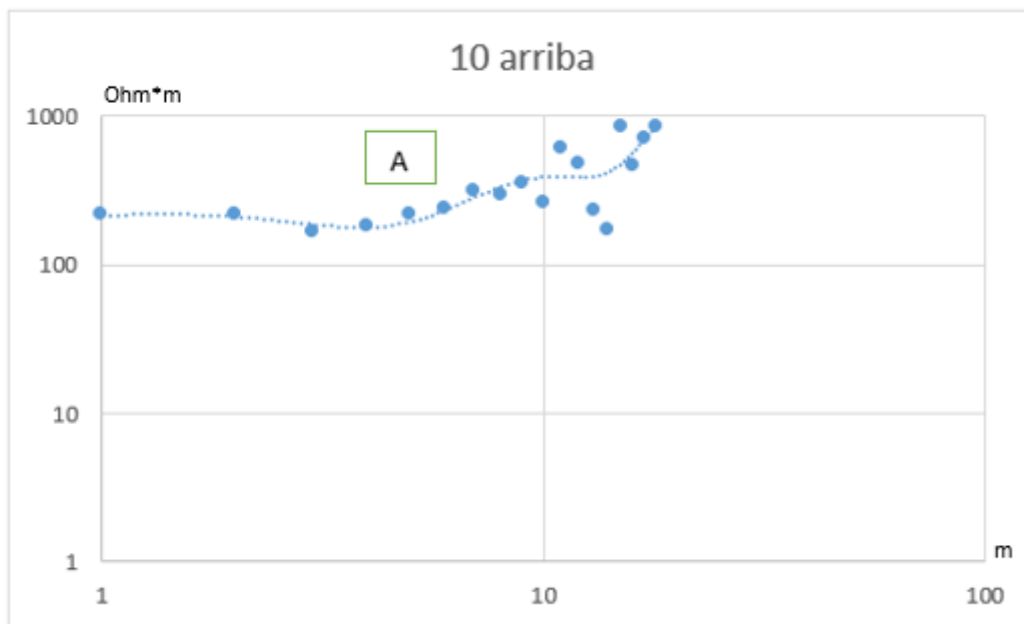


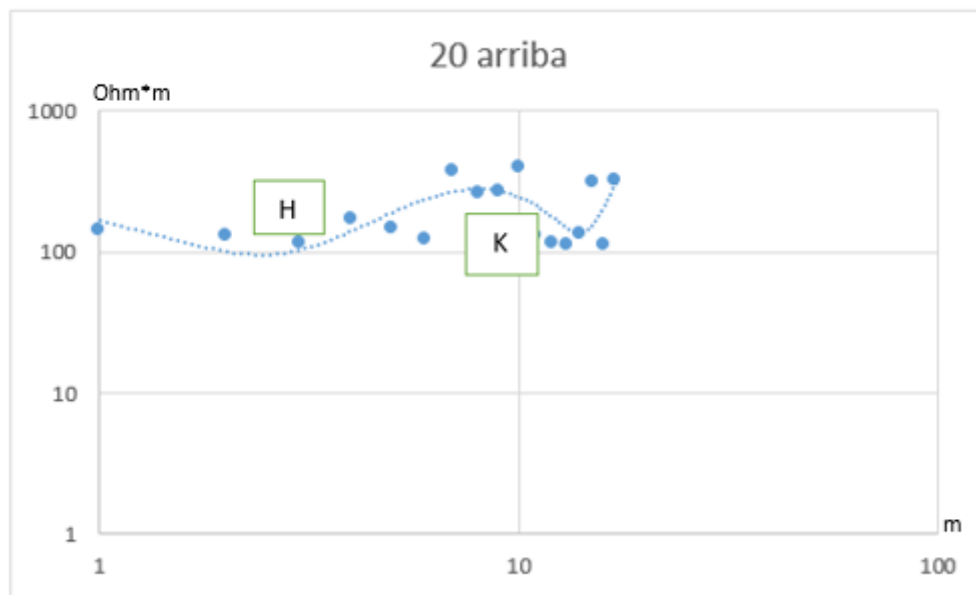
Figura 42. Curva a los 30m abajo de la línea de amarre

Se estima 3 capas a los 10m arriba del centro de la línea de amarre (Figura 43), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo A, la distancia entre cada capa es de 10m, las resistividades presentes en esta capa van de 216 Ohm\*m con una profundidad de 68m, 260.35 Ohm\*m con una profundidad de 78m, 834 Ohm\*m con una profundidad de 94m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceas.



*Figura 43.* Curva a los 10m arriba de la línea de amarre

Se estima 4 capas a los 20m arriba del centro de la línea de amarre (Figura 44), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 143.46 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 114.31 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 367.84 Ohm\*m con una profundidad de 72m, 112.21 Ohm\*m con una profundidad de 84m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 300 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas blandas.



*Figura 44.* Curva a los 20m arriba de la línea de amarre

Se estima 3 capas a los 30m arriba del centro de la línea de amarre (Figura 45), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo A, la distancia entre cada capa es de 13m, las resistividades presentes en esta capa van de 251.59 Ohm\*m con una profundidad de 68m, 366.05 Ohm\*m con una profundidad de 78m, 647.21 Ohm\*m con una profundidad de 88m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceo.

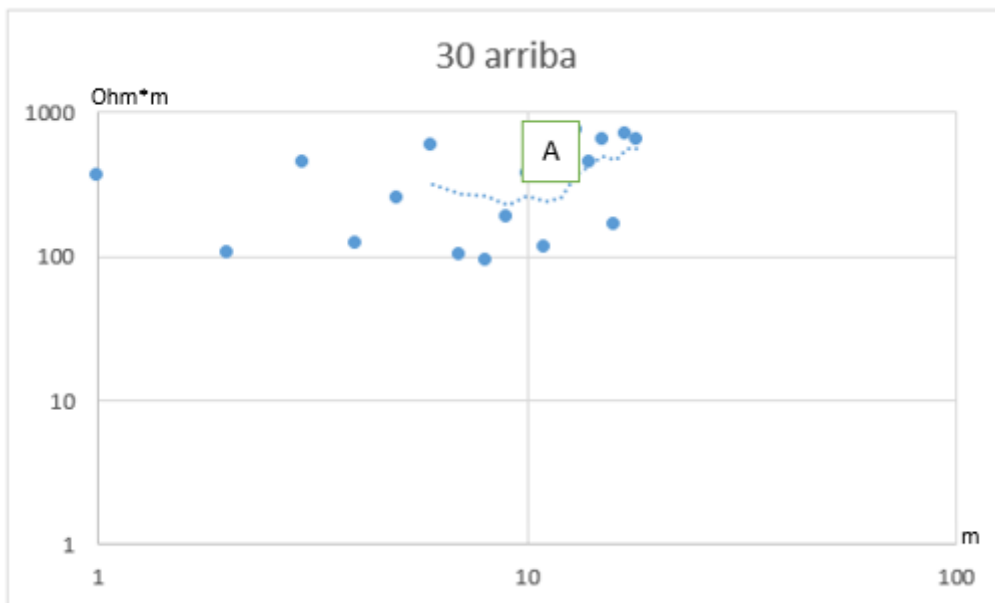


Figura 45. Curva a los 30m arriba de la línea de amarre

#### 4.2.5. Línea Blanco

##### 4.2.5.1. Línea Blanco Izquierda

Se estima 4 capas en el eje principal de la línea blanco izquierda (Figura 46), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 32m, las resistividades presentes en esta capa van de 167.10 Ohm\*m con una profundidad de 2m, 954.31 Ohm\*m con una profundidad de 14m, 537.52 Ohm\*m con una profundidad de 54m, 1721.22 Ohm\*m con una profundidad de 110m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

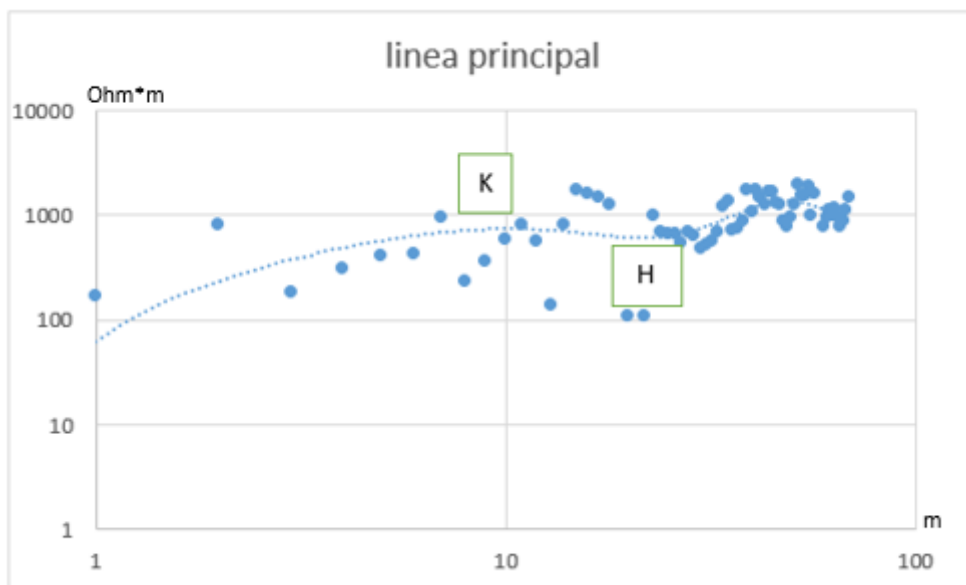


Figura 46. Curva del eje principal de la línea blanco izquierda

Se estima 4 capas a los 10m a la derecha de la línea blanco izquierda (Figura 47), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 1407.03 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 518.56 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 1607.20 Ohm\*m con una profundidad de 84m, 1097.27 Ohm\*m con una profundidad de 86m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

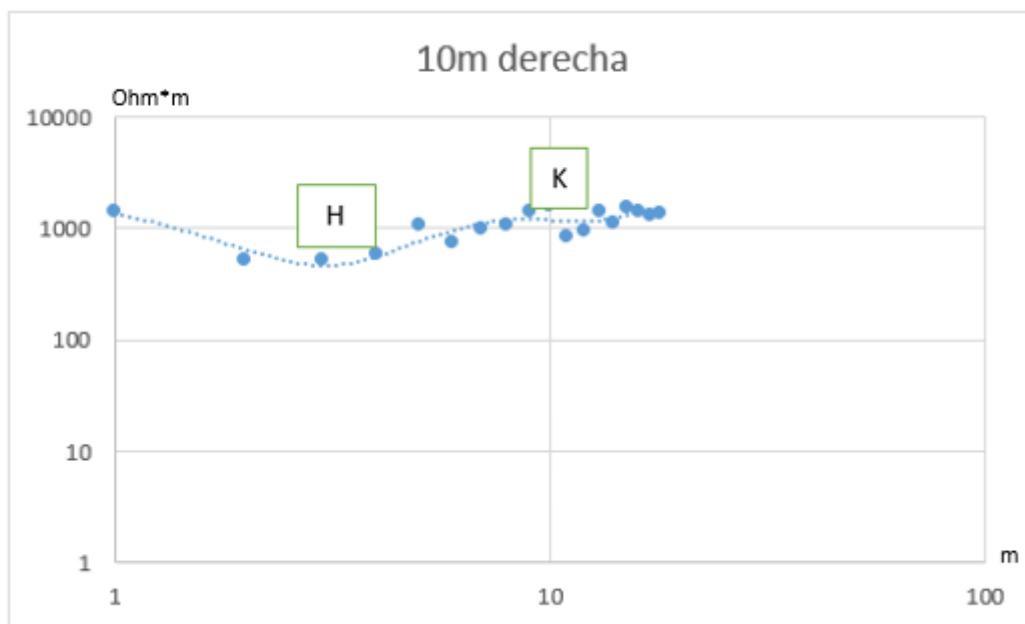
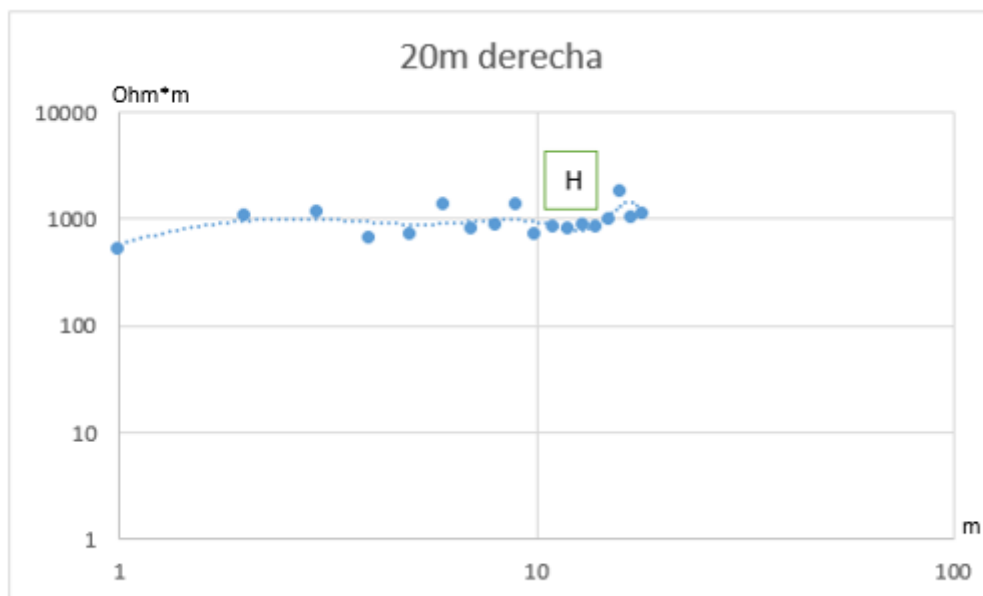


Figura 47. Curva a los 10m a la derecha de la línea blanco izquierda

Se estima 3 capas a los 20m a la derecha del de la línea blanco izquierda (Figura 48), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo H, la distancia entre cada capa es de 14m, las resistividades presentes en esta capa van de 1162.16 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 697.17 Ohm\*m con una profundidad de 68m , 1349.17 Ohm\*m con una profundidad de 70m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 500 a 1000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas agrietadas.





*Figura 48.* Curva a los 20m a la derecha de la línea blanco izquierda

Se estima 4 capas a los 30m a la derecha de la línea blanco izquierda (Figura 49), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 14m, las resistividades presentes en esta capa van de 1210.65 Ohm\*m con una profundidad de 66m, 645.26 Ohm\*m con una profundidad de 76m, 904.74 Ohm\*m con una profundidad de 90m, 1834.04 Ohm\*m con una profundidad de 92m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

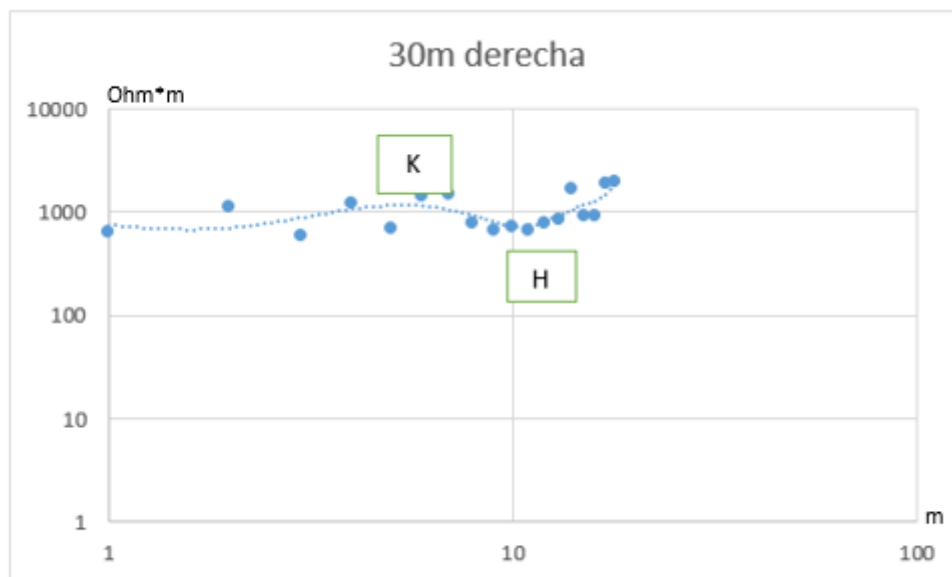


Figura 49. Curva a los 30m a la derecha de la línea blanco izquierda

Se estima 3 capas a los 10m a la izquierda del de la línea blanco izquierda (Figura 50), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo A, la distancia entre cada capa es de 15m, las resistividades presentes en esta capa van de 619.58 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 626.38 Ohm\*m con una profundidad de 68m , 935.66 Ohm\*m con una profundidad de 92m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 500 a 1000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas agrietadas.

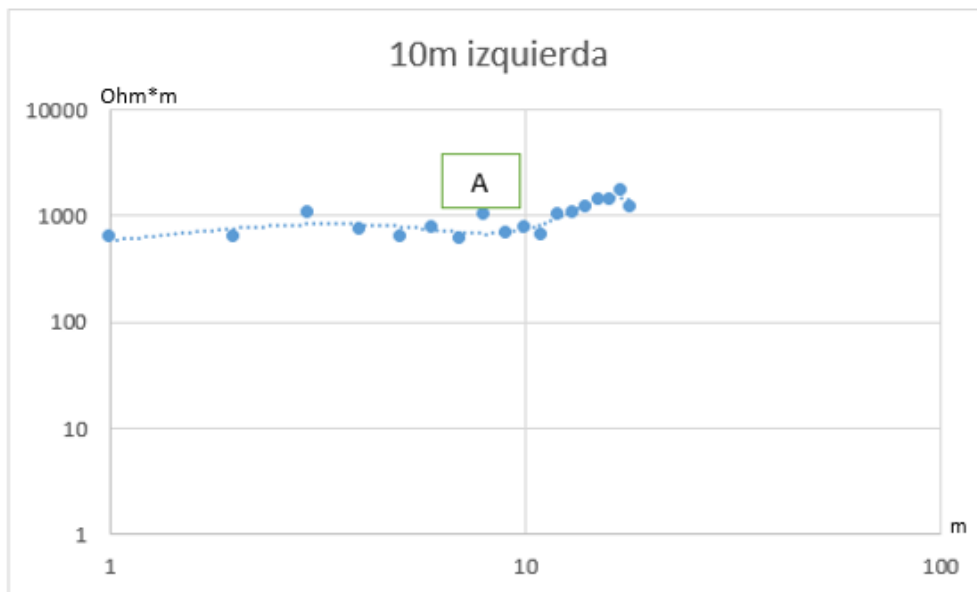


Figura 50. Curva a los 10m a la izquierda de la línea blanco izquierda

Se estima 4 capas a los 20m a la izquierda de la línea blanco izquierda (Figure 51), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 984.38 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 575.34 Ohm\*m con una profundidad de 66m, 765.93 Ohm\*m con una profundidad de 70m, 1880.92 Ohm\*m con una profundidad de 80m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 500 a 1000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas agrietadas.

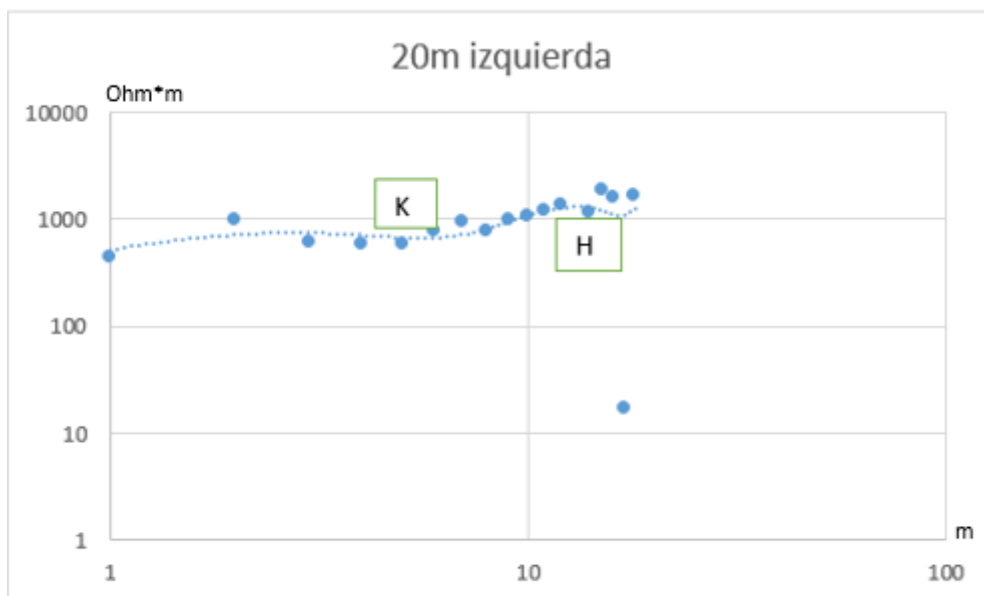


Figure 51. Curva a los 20m a la izquierda de la línea blanco izquierda

Se estima 3 capas a los 30m a la izquierda del de la línea blanco izquierda (Figura 52), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo H, la distancia entre cada capa es de 14m, las resistividades presentes en esta capa van de 879 Ohm\*m con una profundidad de 72m, 465.15 Ohm\*m con una profundidad de 80m, 889.34 Ohm\*m con una profundidad de 82m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silícea.

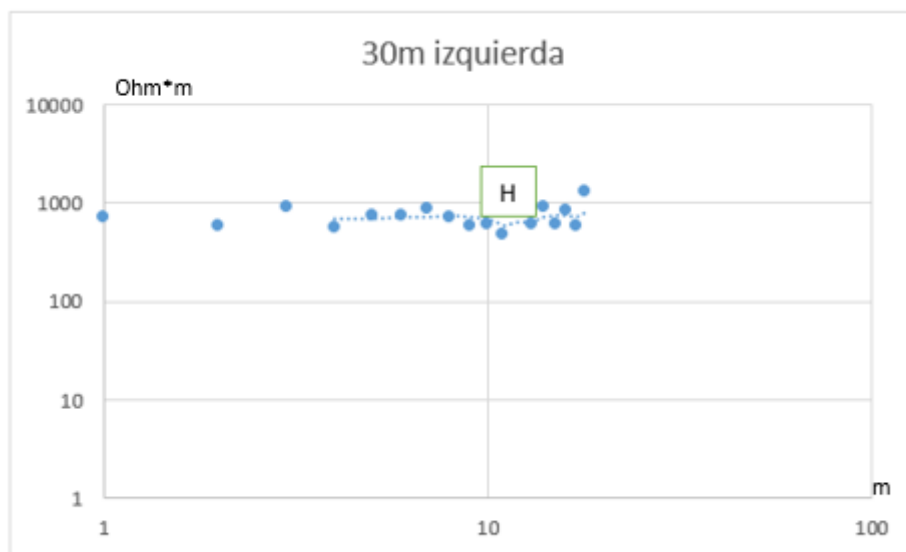


Figura 52. Curva a los 30m a la izquierda de la línea blanco izquierda

#### 4.2.5.2. Línea Blanco Derecha

Se estima 4 capas en el eje principal de la línea blanco derecha (Figura 53), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 27m, las resistividades presentes en esta capa van de 930.72 Ohm\*m con una profundidad de 14m, 1461.15 Ohm\*m con una profundidad de 20m, 331.65 Ohm\*m con una profundidad de 50m, 1151.53 Ohm\*m con una profundidad de 68m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena sílicea.

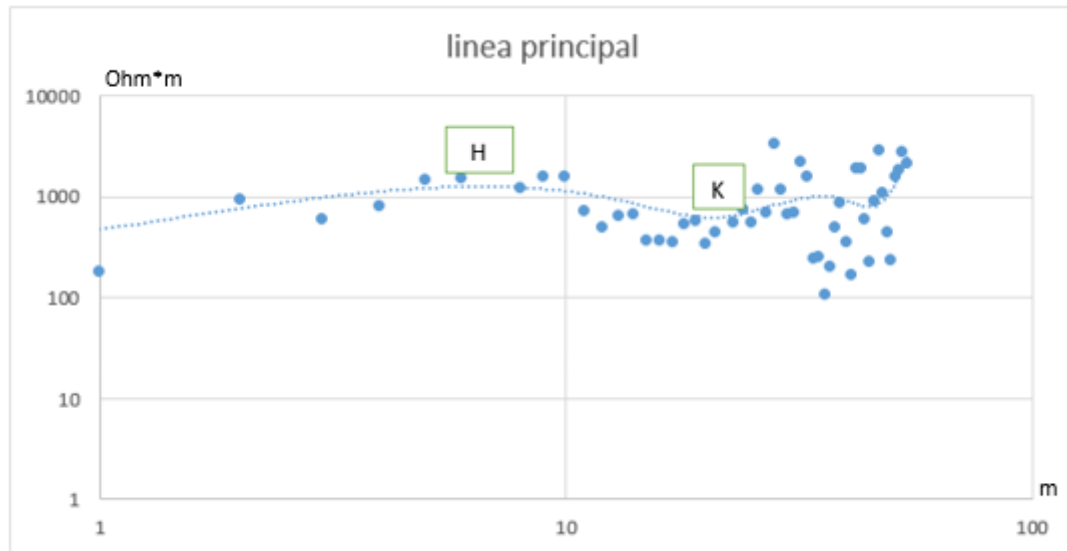


Figura 53. Curva del eje principal de la línea blanco derecha

Se estima 4 capas a los 10m a la derecha de la línea blanco derecha (Figura 54), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 15m, las resistividades presentes en esta capa van de 486.96 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 899.17 Ohm\*m con una profundidad de 66m, 408.58 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 930.88 Ohm\*m con una profundidad de 88m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

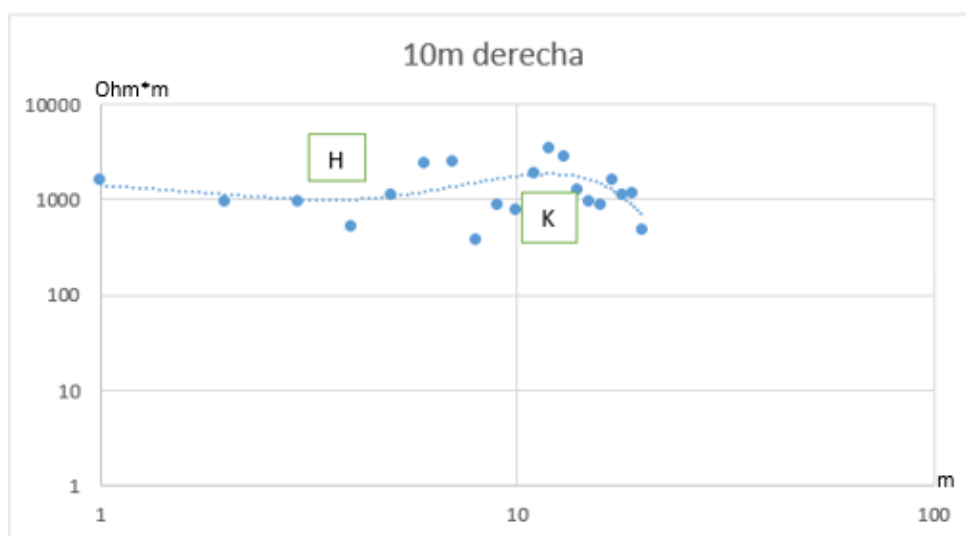


Figura 54. Curva a los 10m a la derecha del centro de la línea blanco derecha

Se estima 4 capas a los 20m a la derecha de la línea blanco derecha (Figura 55), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 19m, las resistividades presentes en esta capa van de 1605.48 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 522.28 Ohm\*m con una profundidad de 66m, 2446.42 Ohm\*m con una profundidad de 72m, 874.74 Ohm\*m con una profundidad de 76m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silícea.

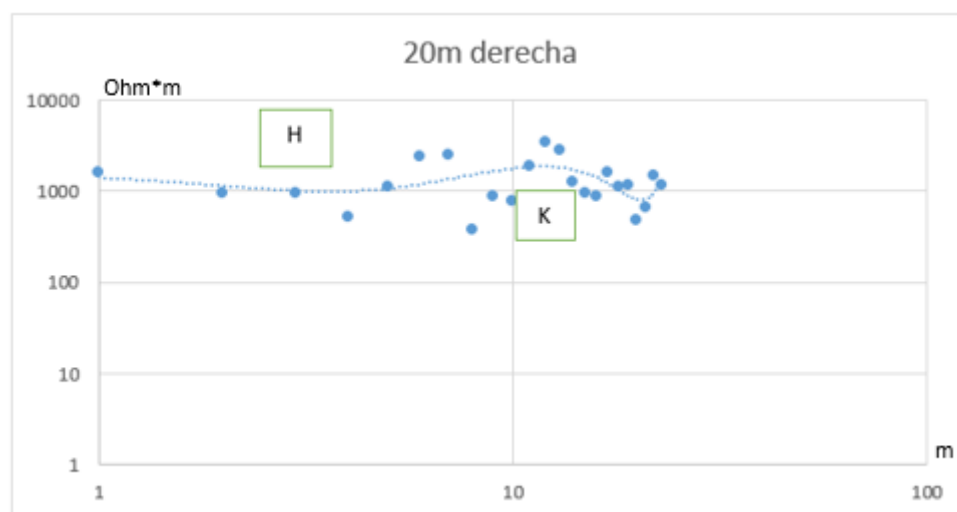


Figura 55. Curva a los 20m a la derecha del centro de la línea blanco derecha

Se estima 4 capas a los 30m a la derecha de la línea blanco derecha (Figura 56), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 22m, las resistividades presentes en esta capa van de 989.31 Ohm\*m con una profundidad de 70m, 2249.51 Ohm\*m con una profundidad de 76m, 650.26 Ohm\*m con una profundidad de 90m, 1906 Ohm\*m con una profundidad de 114m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

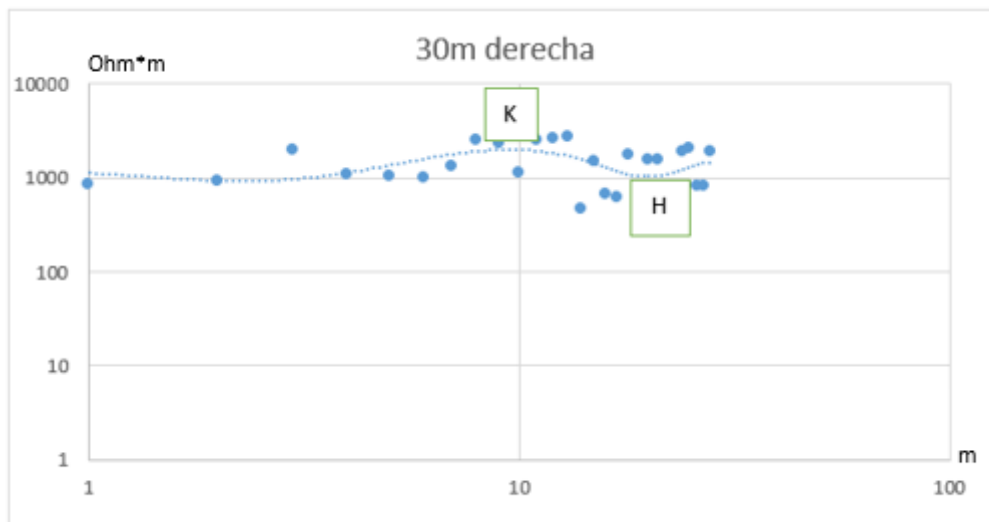


Figura 56. Curva a los 30m a la derecha del centro de la línea blanco derecha

Se estima 3 capas a los 10m a la izquierda de la línea blanco derecha (Figura 57), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo H, la distancia entre cada capa es de 8m, las resistividades presentes en esta capa van de 1246.50 Ohm\*m con una profundidad de 74m, 522.82 Ohm\*m con una profundidad de 82m, 1014.73 Ohm\*m con una profundidad de 90m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 500 a 1000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas agrietadas.

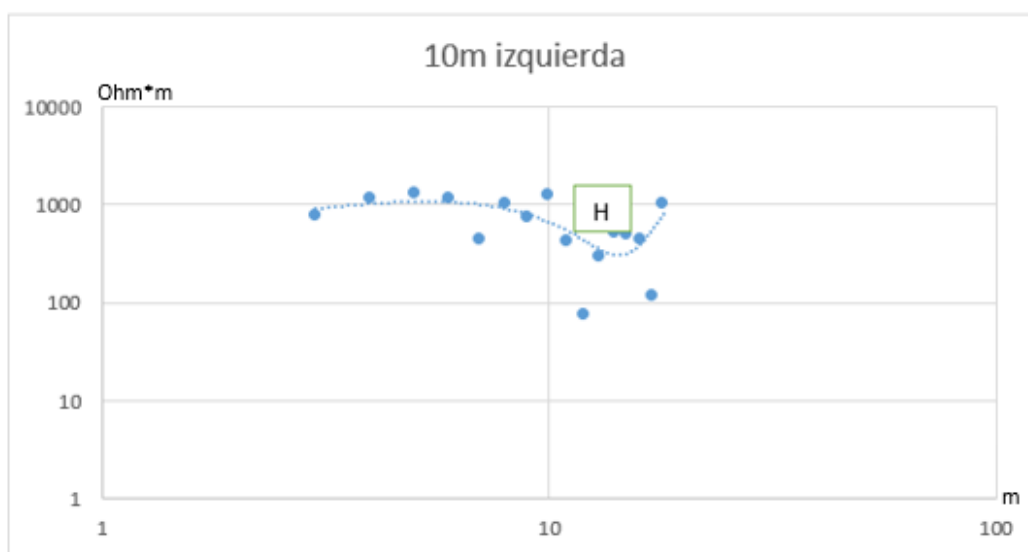


Figura 57. Curva a los 10m a la izquierda del centro de la línea blanco derecha



Se estima 4 capas a los 20m a la izquierda de la línea blanco derecha (Figura 58), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 17m, las resistividades presentes en esta capa van de 763.12 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 929.48 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 689.10 Ohm\*m con una profundidad de 76m, 1244.18 Ohm\*m con una profundidad de 90m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

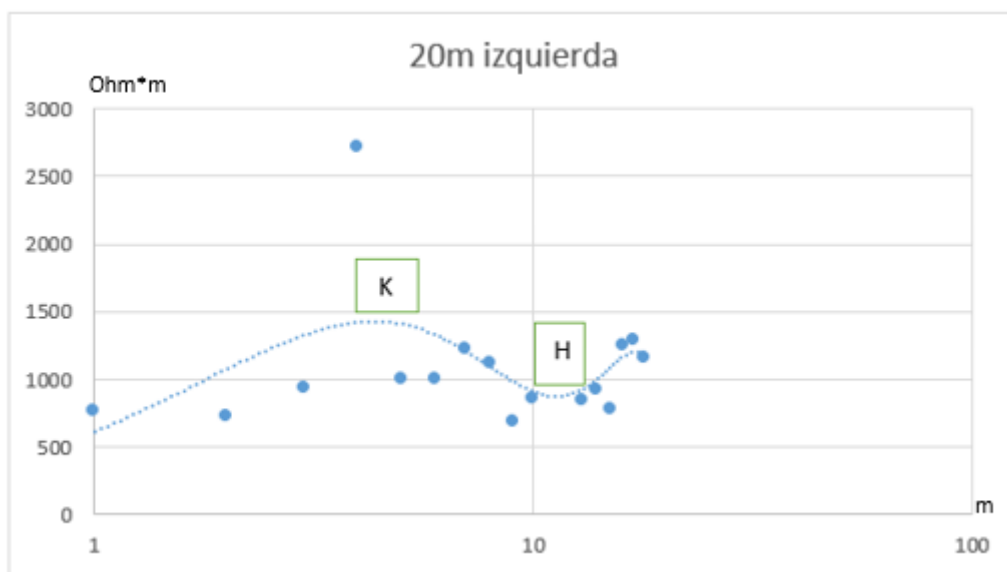


Figura 58. Curva a los 20m a la izquierda del centro de la línea blanco derecha

Se estima 3 capas a los 30m a la izquierda de la línea blanco derecha (Figura 59), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo A, la distancia entre cada capa es de 7m, las resistividades presentes en esta capa van de 505 Ohm\*m con una profundidad de 78m, 611.11 Ohm\*m con una profundidad de 84m, 1019.70 Ohm\*m con una profundidad de 90m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 500 a 1000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas agrietadas.

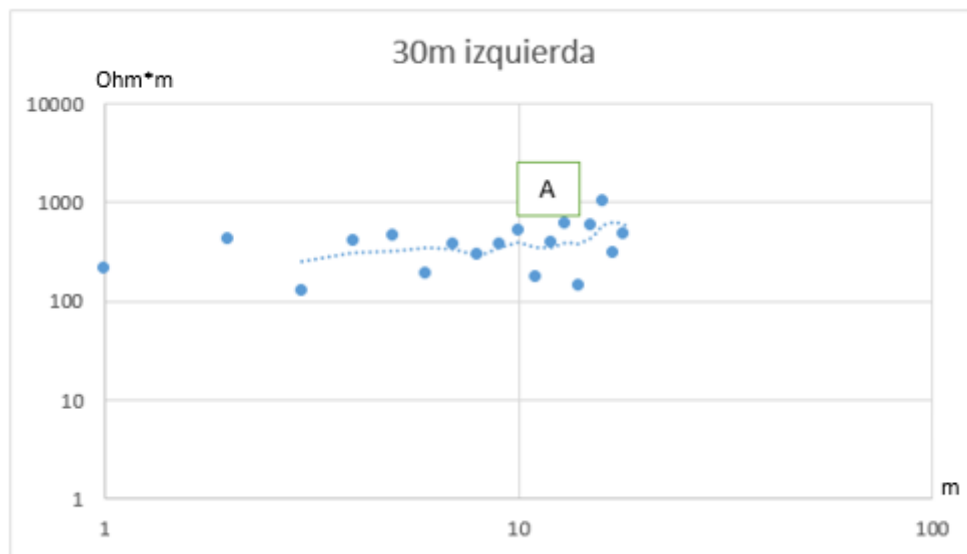


Figura 59. Curva a los 30m a la izquierda del centro de la línea blanca derecha

#### 4.2.5.3. Línea Central

Se estima 4 capas para el eje principal de la línea central (Figura 60), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 46m, las resistividades presentes en esta capa van de 519.85 Ohm\*m con una profundidad de 16m, 192.19 Ohm\*m con una profundidad de 28m, 386.59 Ohm\*m con una profundidad de 44m, 1197.14 Ohm\*m con una profundidad de 70m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceo.

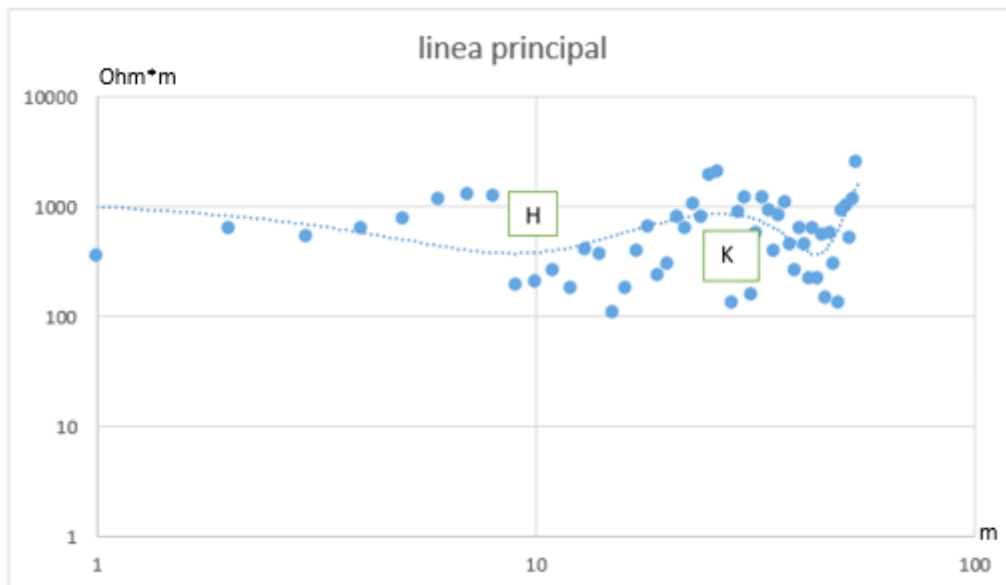


Figura 60. Curva del eje principal de la línea central

Se estima 4 capas a los 10m a la derecha de la línea central (Figura 61), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HK, la distancia entre cada capa es de 21m, las resistividades presentes en esta capa van de 840.15 Ohm\*m con una profundidad de 68m, 376.90 Ohm\*m con una profundidad de 76m, 1059.24 Ohm\*m con una profundidad de 82m, 1618.25 Ohm\*m con una profundidad de 92m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 100 a 2000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo roca calcárea.

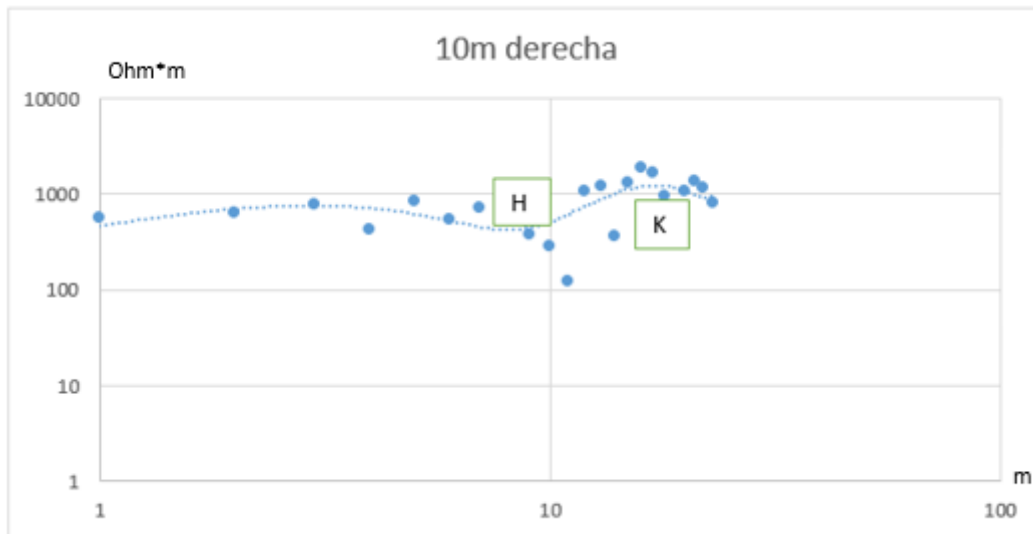


Figura 61. Curva a los 10m a la derecha de la línea central

Se estima 4 capas a los 20m a la derecha de la línea central (Figura 62), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo HA, la distancia entre cada capa es de 17m, las resistividades presentes en esta capa van de 746.61 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 262.20 Ohm\*m con una profundidad de 66m, 567.56 Ohm\*m con una profundidad de 74m, 678.04 Ohm\*m con una profundidad de 88m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena sílicea.

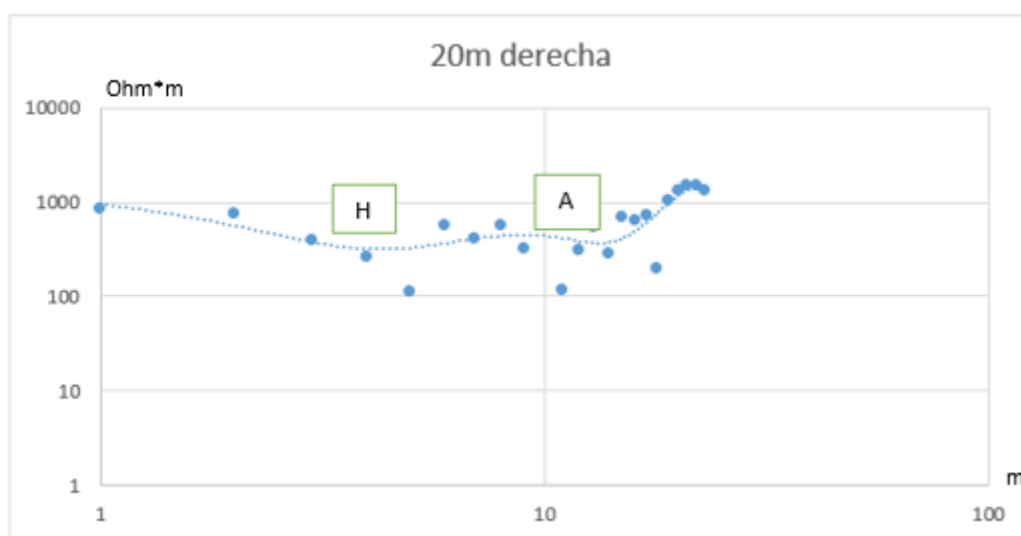


Figura 62. Curva a los 20m a la derecha de la línea central

Se estima 4 capas a los 30m a la derecha de la línea central (Figura 63), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 16m, las resistividades presentes en esta capa van de 285 Ohm\*m con una profundidad de 60m, 816.31 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 412.44 Ohm\*m con una profundidad de 72m, 946.85 Ohm\*m con una profundidad de 92m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceas.

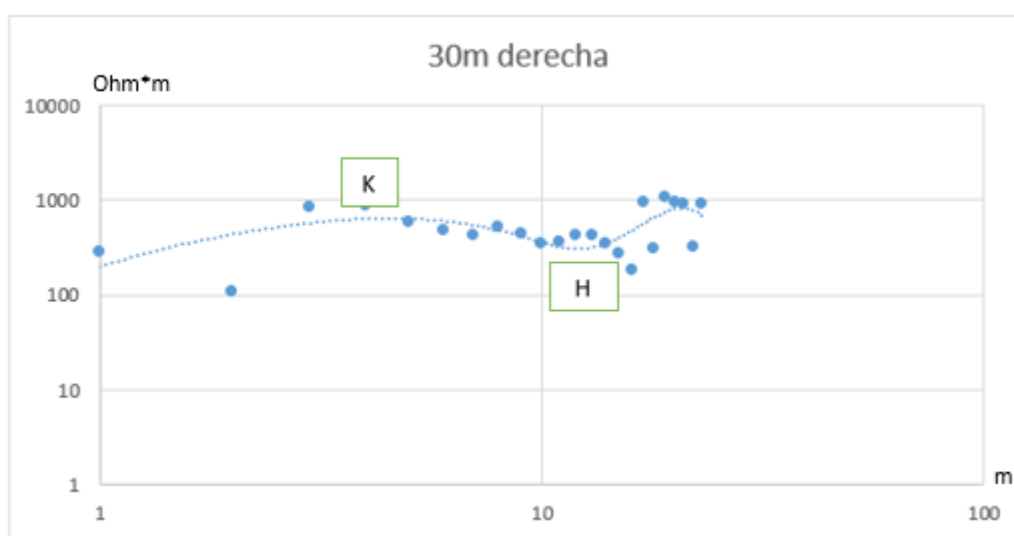


Figura 63. Curva a los 30m a la derecha de la línea central

Se estima 3 capas a los 10m a la izquierda de la línea central (Figura 64), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo Q, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 2497.70 Ohm\*m con una profundidad de 66m, 580.17 Ohm\*m con una profundidad de 74m, 449.69 Ohm\*m con una profundidad de 82m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceas.

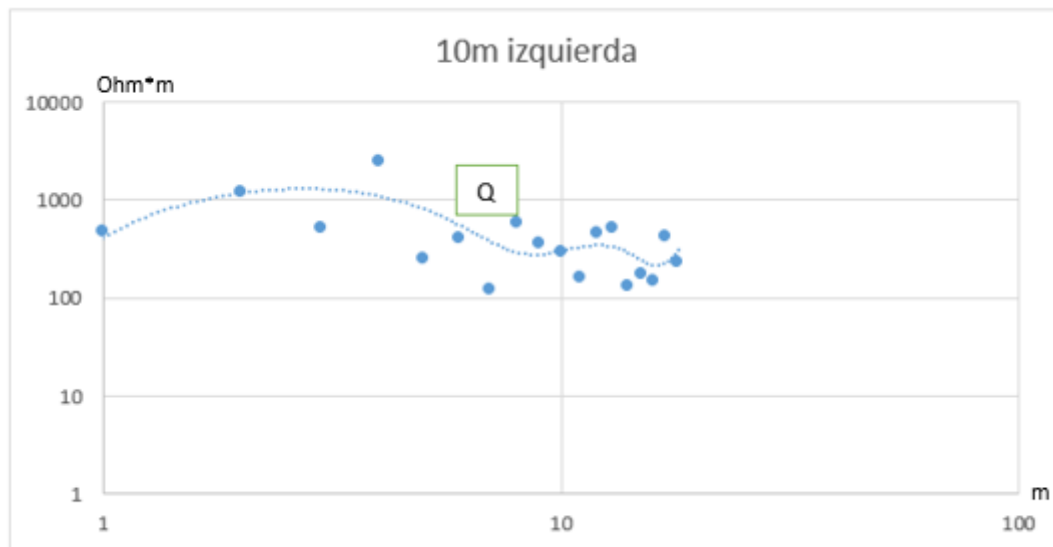


Figura 64. Curva a los 10m a la izquierda de la línea central

Se estima 3 capas a los 20m a la izquierda de la línea central (Figura 65), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo H, la distancia entre cada capa es de 9m, las resistividades presentes en esta capa van de 2586.58 Ohm\*m con una profundidad de 70m, 1397.27 Ohm\*m con una profundidad de 80m, 2165.94 Ohm\*m con una profundidad de 86m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceo.

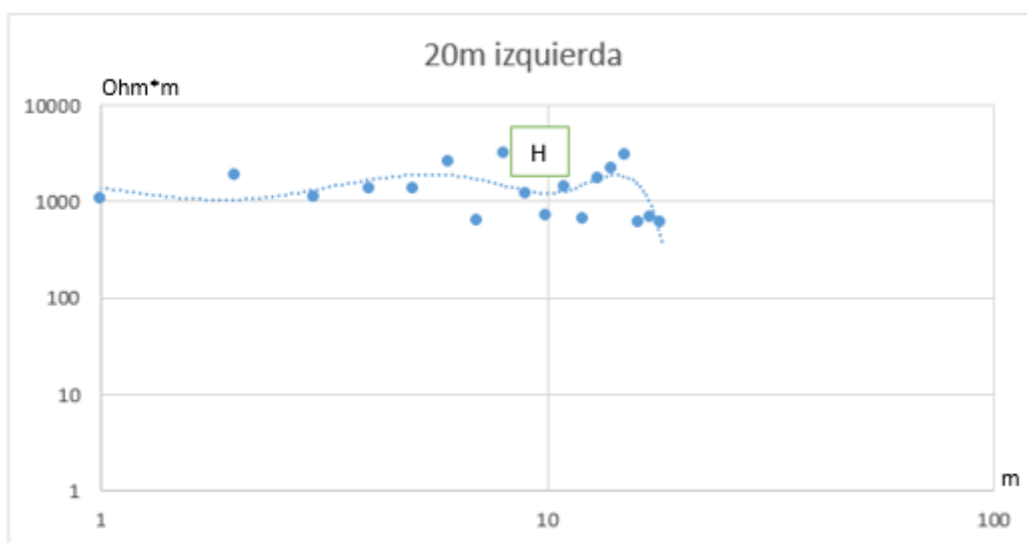


Figura 65. Curva a los 20m a la izquierda de la línea central

Se estima 4 capas a los 30m a la izquierda de la línea central (Figura 66), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KQ, la distancia entre cada capa es de 14m, las resistividades presentes en esta capa van de 554.86 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 1529.10 Ohm\*m con una profundidad de 66m, 2782.54 Ohm\*m con una profundidad de 72m, 1678.91 Ohm\*m con una profundidad de 82m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceea.

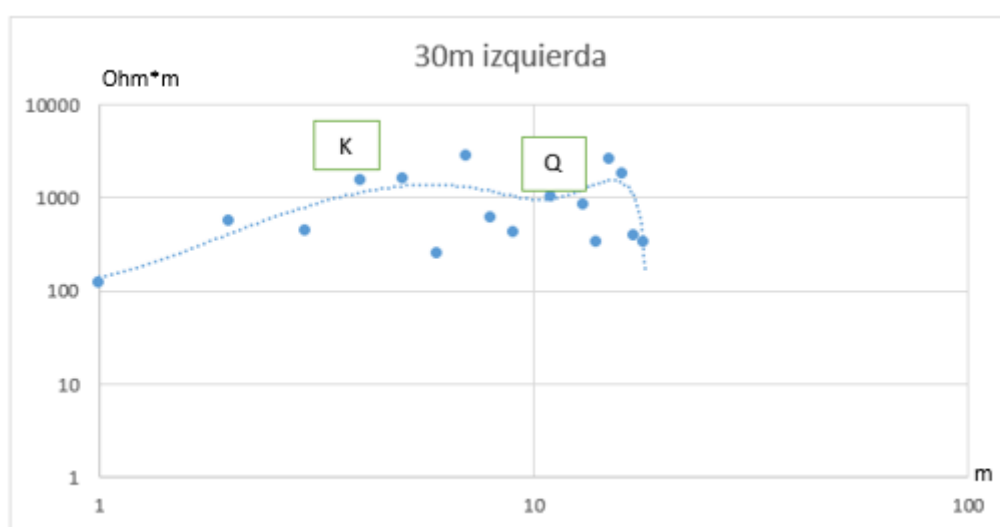


Figura 66. Curva a los 30m a la izquierda de la línea central

#### 4.2.5.4. Línea de Amarre Blanco

Se estima 4 capas en el eje principal de la línea de amarre del blanco (Figura 67), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 34m, las resistividades presentes en esta capa van de 309 Ohm\*m con una profundidad de 12m, 3033 Ohm\*m con una profundidad de 28m, 336 Ohm\*m con una profundidad de 52m, 1081 Ohm\*m con una profundidad de 80m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceea.

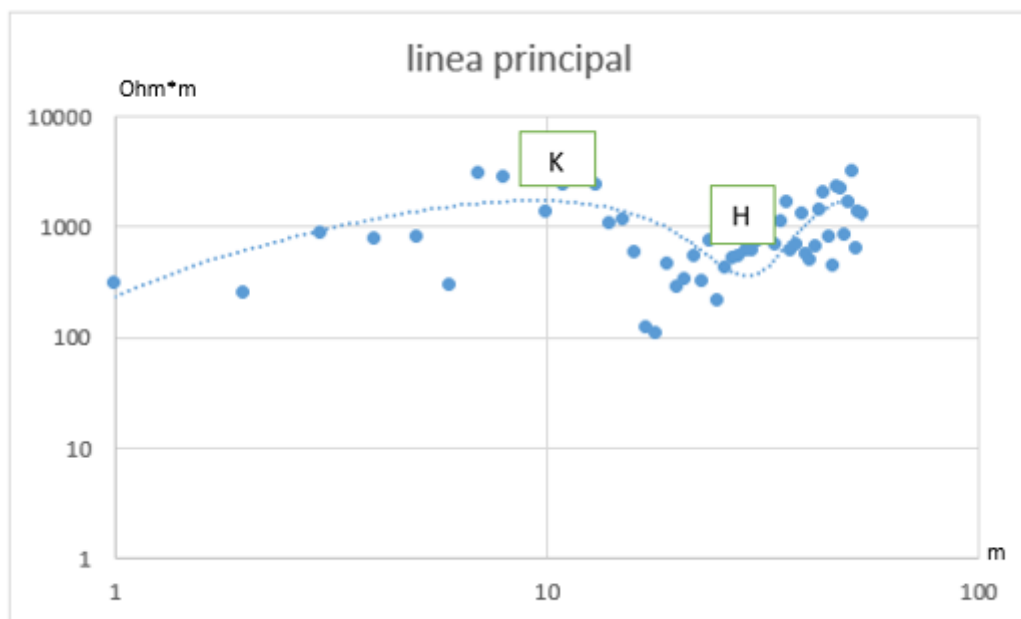


Figura 67. Curva del eje principal de la línea de amarre del blanco

Se estima 4 capas a los 10m abajo de la línea de amarre del blanco (Figura 69), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 12m, las resistividades presentes en esta capa van de 866 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 1469 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 557 Ohm\*m con una profundidad de 78m, 759 Ohm\*m con una profundidad de 86m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 500 a 1000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas agrietadas.



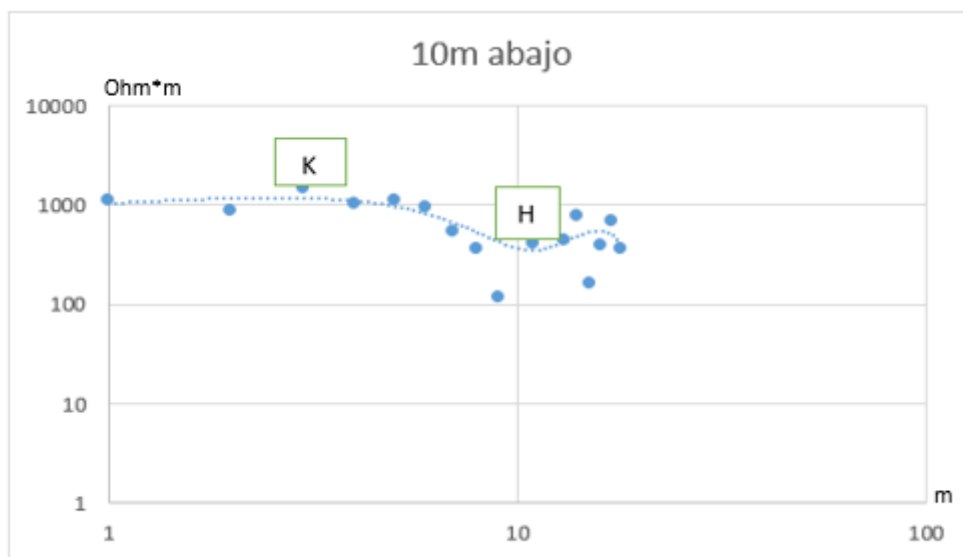


Figura 68. Curva a los 10m abajo del centro de la línea de amarre del blanco

Se estima 4 capas a los 20m abajo de la línea de amarre del blanco (Figura 69), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo KH, la distancia entre cada capa es de 13m, las resistividades presentes en esta capa van de 1305 Ohm\*m con una profundidad de 62m, 2137 Ohm\*m con una profundidad de 68m, 434 Ohm\*m con una profundidad de 76m, 1328 Ohm\*m con una profundidad de 88m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena sílicea.

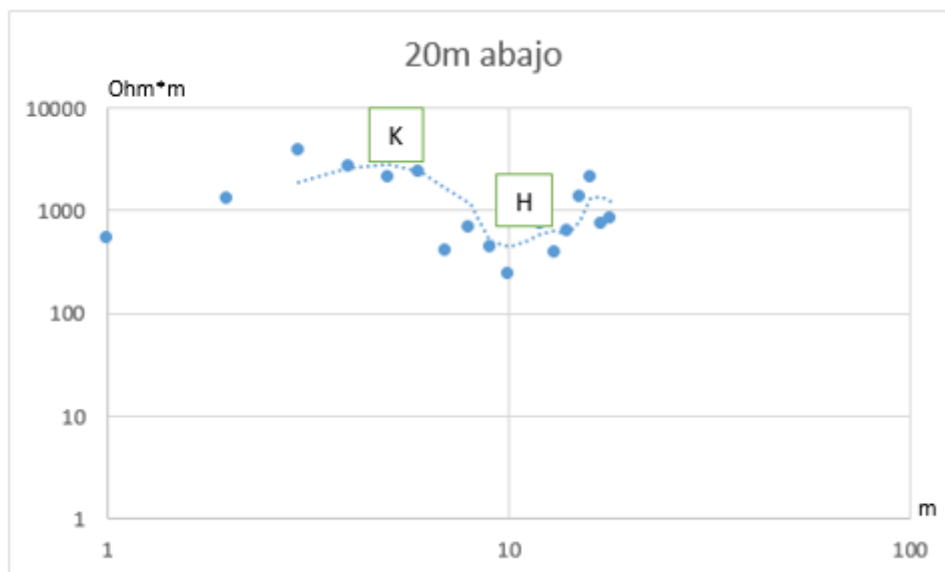
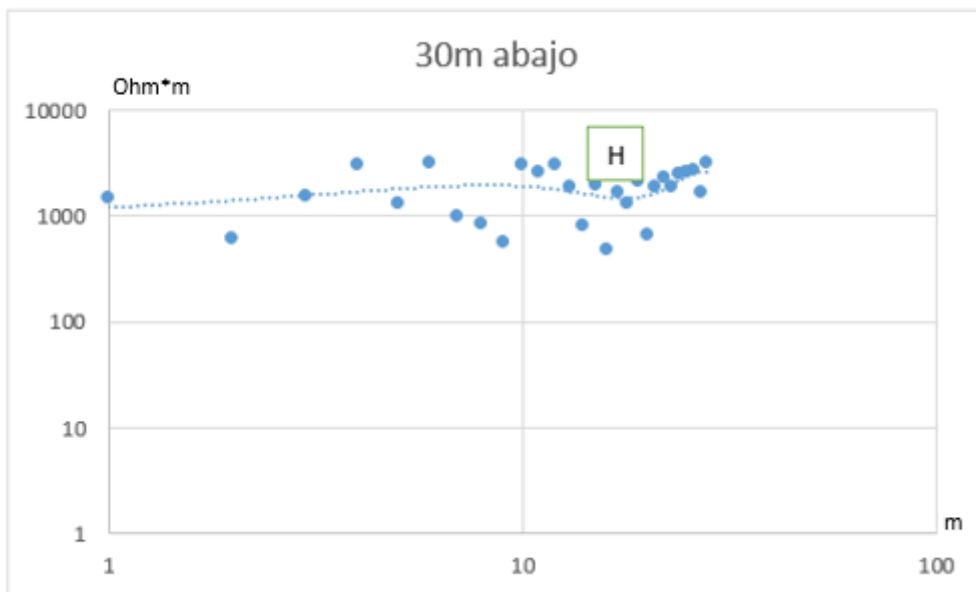


Figura 69. Curva a los 20m abajo del centro de la línea de amarre del blanco

Se estima 3 capas a los 30m abajo de la línea de amarre del blanco (Figura 70), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo H, la distancia entre cada capa es de 8m, las resistividades presentes en esta capa van de 2527 Ohm\*m con una profundidad de 80m, 1626 Ohm\*m con una profundidad de 92m, 1867 Ohm\*m con una profundidad de 100m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silíceo.



*Figura 70.* Curva a los 30m abajo del centro de la línea de amarre del blanco

Se estima 3 capas a los 30m abajo de la línea de amarre del blanco (Figura 71), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo A, la distancia entre cada capa es de 8m, las resistividades presentes en esta capa van de 861 Ohm\*m con una profundidad de 68m, 588 Ohm\*m con una profundidad de 76m, 1213 Ohm\*m con una profundidad de 84m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 500 a 1000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo calizas agrietadas.

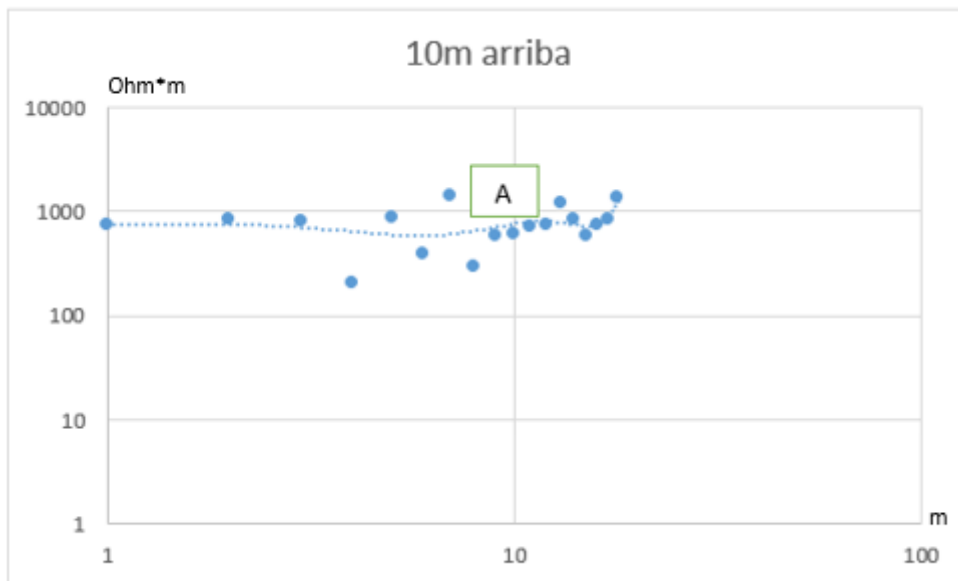


Figura 71. Curva a los 10m arriba del centro de la línea de amarre del blanco

Se estima 3 capas a los 20m arriba de la línea de amarre del blanco (Figura 72), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo K, la distancia entre cada capa es de 8m, las resistividades presentes en esta capa van de 1293 Ohm\*m con una profundidad de 68m, 3768 Ohm\*m con una profundidad de 82m, 895 Ohm\*m con una profundidad de 92m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silícea.

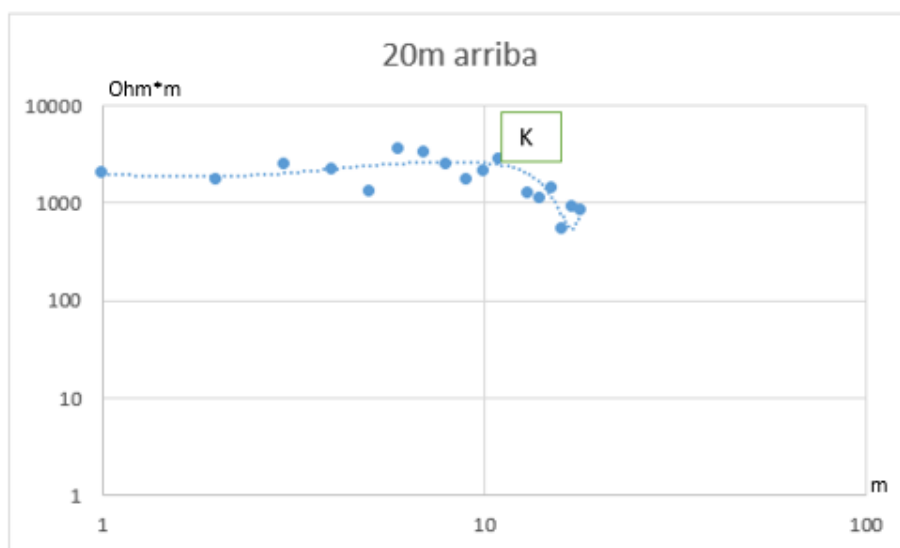


Figura 72. Curva a los 20m arriba del centro de la línea de amarre del blanco

Se estima 3 capas a los 30m arriba de la línea de amarre del blanco (Figura 73), para lo cual como se puede observar en la Figura 9 (nomenclatura para el corte de capas), el tipo de capas presentes son de tipo K, la distancia entre cada capa es de 8m, las resistividades presentes en esta capa van de 466 Ohm\*m con una profundidad de 64m, 2830 Ohm\*m con una profundidad de 70m, 1538 Ohm\*m con una profundidad de 78m, según Franco (2016) el rango de resistividades entre 200 a 3000 Ohm\*m el subsuelo puede ser de tipo arena silícea.

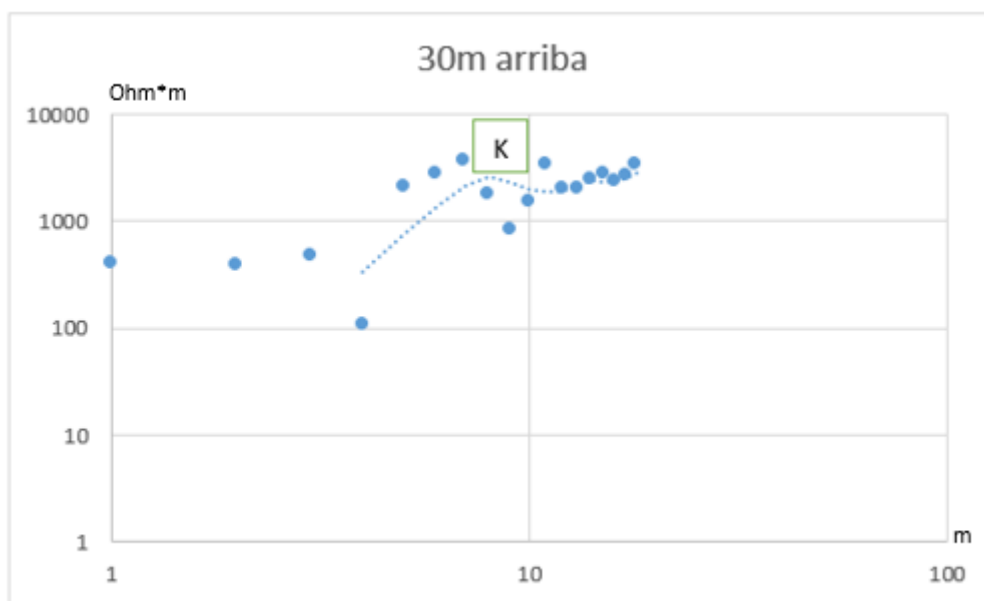


Figura 73. Curva a los 30m arriba del centro de la línea de amarre del blanco

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

Se puede asumir una posible pluma de contaminación, debido a que las resistividades obtenidas en el área cercana al botadero oscilan entre 100 a 900 Ohm\*m, a comparación del área alejada al botadero donde las resistividades oscilan entre 100 a 4000 Ohm\*m, a pesar de que las resistividades para lixiviados oscilan entre 0.5 a 2.5 Ohm\*m.

Al establecer las condiciones de referencia en el área alejada del botadero, se pudo estimar que el área del blanco presentó cuatro tipos de estratos los cuales son arena silíceo, calizas agrietadas, arena arcillosa y granito alterado, con las cuales según Franco (2016) se pudo estimar un rango de resistividades que oscilan entre 200 a 3000 Ohm\*m para arena silíceo, entre 500 a 1000 Ohm\*m para calizas agrietadas, entre 50 a 500 Ohm\*m arena arcillosa y para granito alterado entre 100 a 600 Ohm\*m.

### **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda al momento de realizar el análisis de datos, realizar una estadística de datos más profunda, la cual permita estimar los datos con mayor relevancia para la identificación de anomalías en el suelo.

Se recomienda realizar una identificación superficial previa al terreno de estudio lo cual permita identificar si en el área no hay presencia de materiales de construcción, caucho, hierro, que alteren los datos y luego afecte a la interpretación de datos.

Para la continuación de este estudio se recomienda realizar las mediciones en la parte frontal del botadero, para analizar si los lixiviados se encuentran por esa área y saber hasta que profundidad se encuentran y así proponer planes de mitigación.

Se recomienda implementar materiales aislantes en las celdas, para evitar infiltraciones de los lixiviados a las capas del subsuelo, y así evitar contaminación en la zona freática.

## REFERENCIAS

- Acosta, A. (2012). *Breve Historia Económica del Ecuador*. Quito: Corporación Editora Nacional. Recuperado el 17 de enero de 2020 <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/111157-opac>
- Aidis, Bid. (2010). Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe.
- Álvarez, A. (2003). Geofísica Aplicada en los Proyectos Básicos de Ingeniería Civil. Sanfandilla: área de Geotecnia Ambiental y Aplicada de la División Laboratorios de Infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado el 11 de enero de 2020 <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt229.pdf>
- AMCRESPEC. (1993). Tratamiento y Disposición de Residuos Sólidos Municipales- Análisis y Selección de Sitios para Rellenos Sanitarios. México (17), 6-8. Recuperado el 17 de enero de 2020 [https://www.researchgate.net/publication/304930946\\_NUEVO\\_EMPLAZAMIENTO\\_DEL\\_RELLENO\\_SANITARIO\\_PARA\\_EL\\_MUNICIPIO\\_DE\\_COCHABAMBA](https://www.researchgate.net/publication/304930946_NUEVO_EMPLAZAMIENTO_DEL_RELLENO_SANITARIO_PARA_EL_MUNICIPIO_DE_COCHABAMBA)
- Barlaz, M. (1990). Methane production from municipal refuse review of enhancement techniques and microbial dynamic. *Critical reviews in environmental control* (19), 558, 560. Recuperado el 2 de enero de 2020 <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1080/10643389009388384>
- Berger, K. (2000). Validation of the hydrologic evaluation of landfill performance model for simulating water balance of cover systems. *Environmental Geology* (39) 1161-1162. Recuperado el 27 de diciembre del 2019 <https://link.springer.com/article/10.1007/s002549900090>
- Campos, R.; Quirós, N.; Navarro, A. (2012). Alternativas y Acciones en el tema de residuos sólidos planteados por las municipalidades de Jiménez y Oreamuno y su relación con el desarrollo y la sostenibilidad. *Tecnología en Marcha*. 26(2). 104-111. Recuperado el 16 de enero de 2020 <chrome-extension://oofnbdifeelbaidfgpikinijekkjicg/document->



blocked.html?details=eyJ1cmwiOiJodHRwczovL3JldmIzdGFzLnRIYy5hYy5jci9pbmRleC5waHAvdGVjX21hcmNoYS9hcnRyY2xIL3ZpZXcvMTQwNSlslmhuljoicmV2aXN0YXMudGVjLmFjLmNyliwiZG4iOiJ0ZWMuYWUuY3liLCJmYyI6IjBcdTAwMGluXHUwMDBicmV2aXN0YXMudGVjLmFjLmNyliwiZnMiOiJ8fHJldmIzdGFzLnRIYy5hYy5jcl4ifQ==

- Carvajal, J. (2014). Plan de Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos del Recinto El Mamey, Provincia de Manabí. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Recuperado el 17 de enero de 2020 <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6956/1/Trabajo%20Individual%20de%20Titulaci%C3%B2n%20PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20DE%20LOS%20RESIDUOS%20S%C3%93LIDOS%20DEL%20RECINTO%20EL%20MAMEY%2C%20PROVINCIA%20DE%20MANAB%C3%8D.pdf>
- Castellano, A., Mendoza, R. (1991). Aspectos socioeconómicos. En la: Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en la Península Baja California. La Paz, México. Recuperado el 16 de enero de 2020 [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-90362019000100157&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-90362019000100157&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Chulmin, J. (2000). Design of an Intelligent Geographic Information System for Multi-Criteria Site Analysis. *Urisa Journal* (3), 6-15. Recuperado el 17 de enero de 2020 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.138.7403&rep=rep1&type=pdf#page=5>
- Custodio, E., & Llamas, M. (1976). *Hidrología Subterránea*. Editorial Omega. Recuperado el 17 de marzo de 2020 [https://www.researchgate.net/publication/39426722\\_Retos\\_de\\_la\\_hidrologia\\_subterranea](https://www.researchgate.net/publication/39426722_Retos_de_la_hidrologia_subterranea)
- CYMA- Programa Competitividad y Medio Ambiente. (2007). *Plan de Residuos Sólidos: Diagnostico y áreas prioritarias*. San José, 220.
- Eerd, M. (1996). The occupational health aspects of waste collection and recycling. A survey of the literature. *Waste Working*. 4 (1), 74. Recuperado el 16 de enero de 2020

<https://pdfs.semanticscholar.org/c816/747ffb3d78cee3aa5562d79fa027c37c5ffb.pdf>

García, H., Rico, J., & García, P. (1996). Comparison of anaerobic treatment of leachates from an urban- solid- waste landfill at ambient temperature and at 35 °C. *Bioresource Technology* (58), 274-277. Recuperado el 16 de enero de 2020

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852496001149>

Gobierno Municipal del Cantón Pujilí. Levantamiento de Información para el diagnóstico de la gestión y manejo municipal de los desechos sólidos cantón Pujilí provincia de Cotopaxi. Saquisilí, Ecuador.

González, R., Rodríguez, R., & Coronado, V. (2006). Atenuación Natural en el Acuífero Yucateco. *Contaminación Ambiental*, (23), 6-7. Recuperado el 14 de enero de 2020

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992007000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992007000100001)

Instituto de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (s.f) Hoja Geológica de Geología de Latacunga- Escala 1:100.000. Recuperado el 17 de enero de 2020

[https://drive.google.com/file/d/1qfEAnissNymrbYIRHIPwk64Vyus\\_lqQN/view](https://drive.google.com/file/d/1qfEAnissNymrbYIRHIPwk64Vyus_lqQN/view)

Jaramillo, A. (1991). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington D.C. Recuperado el 13 de enero de 2020

<https://ambiente.lapampa.gob.ar/images/stories/Imagenes/Archivos/Guia.pdf>

López Natalia. (2009). PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANEJO DE LOS RESISUOS SOLIDOS EN LA PLAZA DE MERCADO DE CERETE, CEREABASTOS- CORDOBA. Pontificia Universidad Javeriana Sitio web:

<https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>

Medina, C. (1999). Manejo de Residuos Sólidos. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 1, 137-138.

- Meza, M. (2012). Análisis y Propuesta de Aplicabilidad de Métodos y Técnicas de Aprovechamiento, Recuperación y Eliminación de Residuos Sólidos Urbanos en Tabacundo, Cantón Pedro Moncayo. Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 17 de enero de 2020 <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/236>
- Muñoz, M. (2008). Manual de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos. Quito, Ecuador. <file:///C:/Users/USERPC/Downloads/Dialnet-IncineracionDeLaFraccionBiodegradableDeLosResiduos-6550723.pdf>
- Naranjo, H., Dranichnikov, T. (2012). Calculo de la capacidad portante basado en geofísica y método convencional. El caso del puente sobre el río Maicito. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 17 de enero de 2020 [file:///C:/Users/USERPC/Downloads/calculo%20de%20capacidad%20portante%20basado%20en%20geofisica%20y%20metodo%20convencional%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USERPC/Downloads/calculo%20de%20capacidad%20portante%20basado%20en%20geofisica%20y%20metodo%20convencional%20(1).pdf)
- Orellana, E. (1972). Prospección Eléctrica en Corriente Continua. Paraninfo 19(1). Recuperado el 16 de enero de 2020 [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/20130924\\_Prospeccion\\_electrica.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/20130924_Prospeccion_electrica.pdf)
- Othman, M., Wozny, G., Repke, J. (2011). Selection of sustainable chemical process design using ANP. Italy. Recuperado el 15 de enero de 2020 [https://www.researchgate.net/profile/Guenter\\_Wozny/publication/228758326\\_SELECTION\\_OF\\_SUSTAINABLE\\_CHEMICAL\\_PROCESS\\_DESIGN\\_USING\\_ANP\\_A\\_BIODIESEL\\_CASE\\_STUDY/links/00b7d51bff0e84fc19000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Guenter_Wozny/publication/228758326_SELECTION_OF_SUSTAINABLE_CHEMICAL_PROCESS_DESIGN_USING_ANP_A_BIODIESEL_CASE_STUDY/links/00b7d51bff0e84fc19000000.pdf)
- PASI. (s.f.). Medidor de resistividad de la tierra, PASI- Modelo 16GL-N. Recuperado el 17 de enero de 2020 de <https://www.environmental-expert.com/products/pasi-model-16gl-n-earth-resistivity-meter-341376>
- Reyes, M. (2015). Lixiviados en Plantas de Residuos (Doctor). Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 11 de enero de 2020 <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56763/REYES%20-%20Lixiviados%20en%20plantas%20de%20residuos.%20Una%20cont>

ribuci%C3%B3n%20para%20la%20selecci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20trat....pdf?sequence=1

- Rodolfo, J. (2004). Disposición final de residuos sólidos urbanos. Buenos Aires Argentina. ANI.
- Rodríguez, J. (2003). Determinación y Evaluación de sitios para la disposición final de residuos sólidos municipales en la reserva de la biosfera el Vizcaino, B.C.S (Master). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Recuperado el 17 de enero de 2020 [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/388/1/rodriguez\\_j.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/388/1/rodriguez_j.pdf)
- Saaty, T. (2005). Theory and Applications of the Analytic Network Process. RWS Publications. Recuperado el 15 de diciembre del 2019 <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=65N6FiNBMjEC&oi=fnd&pg=PT9&dq=Theory+and+Applications+of+the+Analytic+Network+Process.+RWS+Publications&ots=x1YRAVkJk&sig=WNKLD0OCZBet9JLuHNeDY6OaXiY#v=onepage&q=Theory%20and%20Applications%20of%20the%20Analytic%20Network%20Process.%20RWS%20Publications&f=false>
- Sáez, Alejandrina; Urdaneta G., Joheni A. (2014). Manejo de Residuos Sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20, 122-123.
- Sánchez, J. (1987). Prospección Hidrogeológica en rocas metamórficas mediante geofísica eléctrica. *Studia Geol Salm* (20), 128-137. Recuperado 12 de diciembre de 2019 [https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/79744/Prospeccion\\_hidrogeologica\\_en\\_rocas\\_meta.pdf;jsessionid=BAD12662F1D0CEFBBBC5F65A79155380F?sequence=1](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/79744/Prospeccion_hidrogeologica_en_rocas_meta.pdf;jsessionid=BAD12662F1D0CEFBBBC5F65A79155380F?sequence=1)
- Salas, J., & Quezada, H. (2006). Impacto Ambiental del Manejo de Desechos Sólidos ordinarios en una comunidad rural. *Tecnología En Marcha*, 19(3), 15. Recuperado el 3 de enero de 2020 <chrome-extension://oofnbdifeelbaidfgpikiniyekkjicg/document-blocked.html?details=eyJ1cmwiOiJodHRwczovL3JldmlzdGFzLnRIYy5hYy5jci9pbmRleC5waHAvdGVjX21hcmNoYS9hcnRpY2xIL3ZpZXcvMyls>

ImhuljoicmV2aXN0YXMudGVjLmFjLmNylwiZG4iOiJ0ZWMuYWMuY3liLCJmYyI6IjBcdTAwMGluXHUwMDBicmV2aXN0YXMudGVjLmFjLmNylwiZnMiOiJ8fHJldmlzdGFzLnRIYy5hYy5jcl4ifQ==

- Solíz, M. (2015). Ecología política y geográfica crítica de la basura en el Ecuador Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socio ambientales. (17). 15-17. <https://www.ecologiapolitica.info/?p=1616>
- Tello, P., Campani, D., & Sarafian, D. (2018). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos* (1st ed., pp.2-3). Costa Rica: Proper Mx. Recuperado el 17 de enero de 2020 <http://www.aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>
- Triantaphyllou, E., Sánchez, A. (1997). A Sensitivity Analysis Approach for Some Deterministic Multi-Criteria Decision Making Methods. *Decision Sciences* 28 (3), 124-126. Recuperado el 17 de enero de 2020 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1540-5915.1997.tb01306.x>
- Vallejo, G. (2006). Influencia del Cambio en el potencial de hidrogeno (pH) en la disminución de contaminantes y metales pesados del lixiviado de un relleno sanitario. Uruguay.
- Vargas, R. (2005). Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos: estudio microbiológico de las biopelículas. Universidad de Granada. Recuperado el 14 de enero de 2020 <https://hera.ugr.es/tesisugr/1542649x.pdf>
- Villegas, L., Lombillo, I. (2007). Los estudios previos en la rehabilitación de construcciones del patrimonio construido. Congreso Construcciones 2007. Coimbra, Portugal.
- Ullca, J. (2006). Los Rellenos Sanitarios. *Revista de Ciencias De La Vida*, (4), 4-9.

## **ANEXOS**

# Índice de Anexos

Anexo 1 Adaptación de la hoja geológica, obtenida del Instituto de Investigación Geológico y Energético

Anexo 2 Datos obtenidos en campo para la línea principal centro, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Anexo 3 Datos obtenidos en campo para la línea principal derecha, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Anexo 4 Datos obtenidos en campo para la línea principal de amarre, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Anexo 5 Datos obtenidos en campo para la línea principal izquierda blanco para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

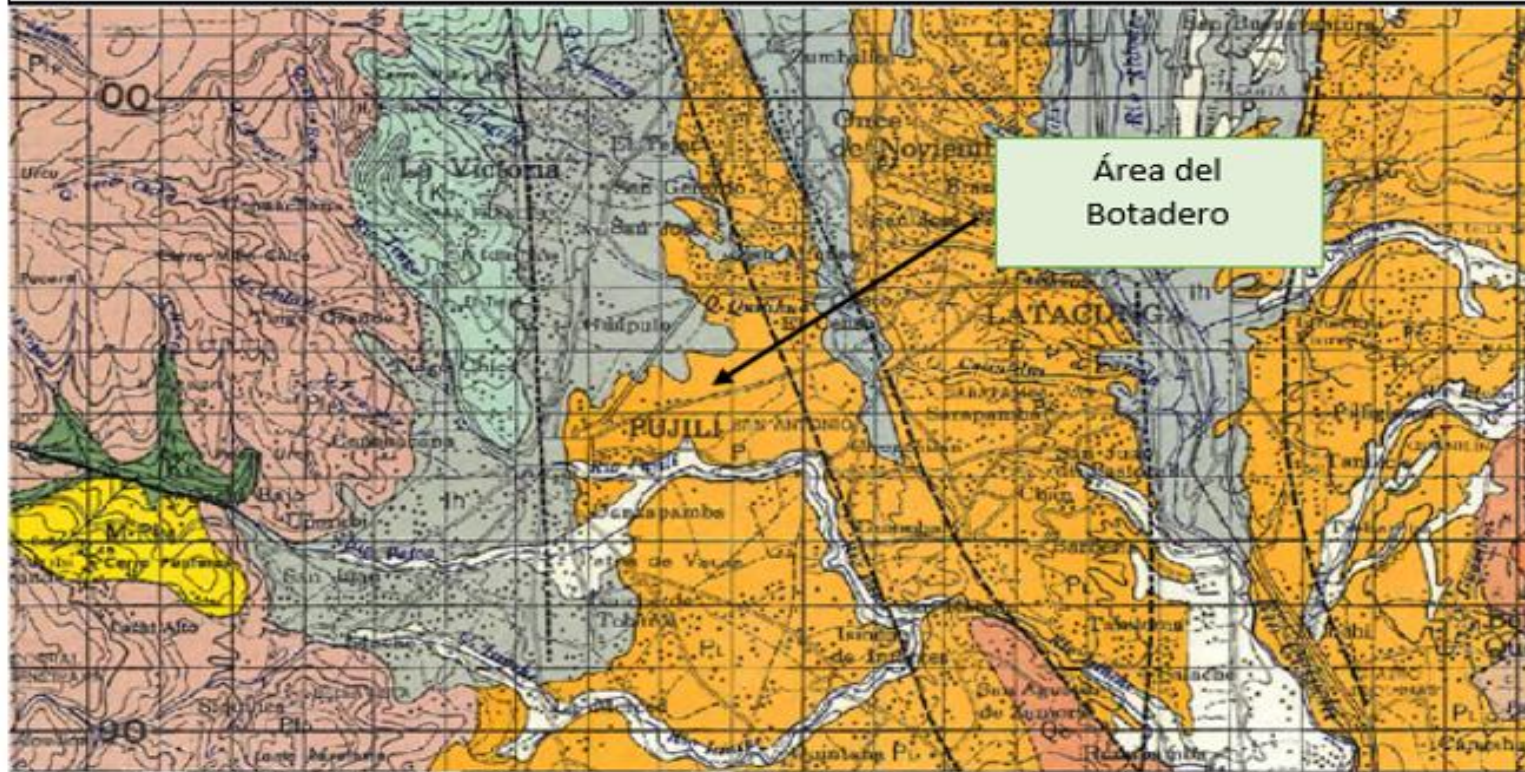
Anexo 6 Datos obtenidos en campo para la línea principal derecho blanco, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Anexo 7 Datos obtenidos en campo para la línea principal centro blanco, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Anexo 8 Datos obtenidos en campo para la línea principal amarre blanco, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Anexo 1 Adaptación de la hoja geológica, obtenida del Instituto de Investigación Geológico y Energético

## Hoja Geológica Latacunga Escala 1:100.000





Anexo 2 Datos obtenidos en campo para la línea principal centro, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Línea Principal Centro								
Arreglo Schlumberger								
Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
1	1	6	0.000001	0.00001520	0.019	3.7	9.16297857	139.3
2	1	7	0.0000015	0.00001500	0.0157	1.7	10.7711748	107.7
3	1	8	0.000001	0.00001480	0.0135	1.2	12.3700211	183.1
4	1	9	0.0000015	0.00001460	0.0122	0.6522	13.962634	135.9
5	1	10	0.0000013	0.00001460	0.0113	0.7778	15.5508836	174.6
6	1	11	0.000002	0.00001440	0.0105	138.8	17.1359599	123.4
7	1	12	0.0000014	0.00001460	0.0099	8.6	18.7186562	195.2
8	1	13	0.000001	0.00001460	0.0096	40.6	20.2995218	296.4
9	1	14	0.0000012	0.00001480	0.0092	0.2812	21.8789488	269.8
10	1	15	0.0000028	0.00001470	0.009	0.3242	23.4572251	123.2
11	1	16	0.0000026	0.00001490	0.0087	0.4	25.0345665	143.5
12	1	17	0.000003	0.00001470	0.0085	0.2023	26.6111378	130.4
13	1	18	0.0000036	0.00001460	0.0081	40.8	28.1870674	114.3
14	1	19	0.0000025	0.00001440	0.0078	0.3836	29.7624567	171.4
15	2	20	0.0000036	0.00001700	0.0195	0.21	31.1017673	146.9
16	2	21	0.0000045	0.00001680	0.019	0.5669	32.6875236	122.0
17	2	22	0.0000015	0.00001610	0.0187	1.3	34.2719199	367.9
18	2	23	0.0000023	0.00001660	0.0191	2.5	35.8551335	258.8
19	2	24	0.0000023	0.00001650	0.0195	2.6	37.4373125	268.6
20	2	25	0.0000016	0.00001600	0.0201	2	39.0185808	390.2
21	2	26	0.000005	0.00001570	0.0206	2.4	40.5990435	127.5
22	2	27	0.0000059	0.00001590	0.0213	2.9	42.1787903	113.7

## Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

## Línea Principal Centro

## Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
22	2	27	0.0000059	0.00001590	0.0213	2.9	42.1787903	113.7
23	2	28	0.0000062	0.00001590	0.0218	1.6	43.7578977	112.2
24	2	29	0.0000053	0.00001550	0.0222	2.9	45.3364319	132.6
25	2	30	0.0000038	0.00001580	0.0227	1.9	46.9144503	195.1
26	2	31	0.0000029	0.00001560	0.0231	2.7	48.4920027	260.9
27	2	32	0.0000058	0.00001590	0.0234	2.3	50.0691329	137.3
28	2	33	0.0000029	0.00001580	0.0234	2.7	51.6458792	281.4
29	2	34	0.0000069	0.00001560	0.0237	2.6	53.2222755	120.3
30	2	35	0.0000029	0.00001550	0.0239	2.8	54.7983519	292.9
31	2	36	0.0000011	0.00001530	0.0241	2.7	56.3741348	784.1
32	2	37	0.0000008	0.00001550	0.0242	1.8	57.9496483	112.3
33	2	38	0.0000004	0.00001500	0.0245	2.3	59.5249134	223.2
34	2	39	0.0000045	0.00001520	0.0246	2.7	61.0999494	206.4
35	2.5	40	0.0000059	0.00001510	0.0029	10	62.5864161	160.2
36	2.5	41	0.0000027	0.00001520	0.1599	1.4	64.1631987	361.2
37	2.5	42	0.0000016	0.00001540	0.0016	0.7563	65.7396963	632.7
38	2.5	43	0.000001	0.00001610	0.0023	0.6209	67.3159286	108.4
39	2.5	44	0.0000014	0.00001570	0.0033	2.6	68.8919139	772.6
40	2.5	45	0.0000021	0.00001510	0.0045	1.5	70.4676685	506.7
41	2.5	46	0.0000053	0.00001590	0.0048	1.6	72.0432076	216.1
42	2.5	47	0.0000098	0.00001550	0.0047	0.6362	73.6185449	116.4

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

Línea Principal Centro

Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
43	2.5	48	0.0000084	0.00001580	0.0051	0.0565	75.1936929	141.4
44	2.5	49	0.0000046	0.00001560	0.0053	1.6	76.7686633	260.3
45	3	50	0.0000043	0.00001580	0.0091	6.6	78.257073	287.5
46	3	51	0.0000032	0.00001570	0.006	2.1	79.8334133	391.7
47	3	52	0.0000015	0.00001590	0.0049	0.945	81.4095404	862.9
48	3	53	0.0000094	0.00001570	0.0044	0.5986	82.9854663	138.6
49	3	54	0.0000051	0.00001540	0.0044	0.3283	84.5612023	255.3
50	3	55	0.0000073	0.00001560	0.0044	0.4676	86.1367586	184.1
51	3	56	0.0000028	0.00001560	0.004	0.8223	87.7121449	488.7
52	3	57	0.0000086	0.00001570	0.0039	0.5491	89.2873702	163.0
53	3	58	0.0000085	0.00001570	0.0035	0.5407	90.8624427	167.8
54	3	59	0.0000071	0.00001510	0.0035	0.6688	92.4373703	196.6

Anexo 3 Datos obtenidos en campo para la línea principal derecha, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí
Línea Principal Derecha
Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
1	1	6	0.0000409	0.0000159	0.0017	1.7	54.978	141.421
2	1	7	0.0000289	0.0000156	0.0033	1.9	75.398	139.680
3	1	8	0.0000267	0.0000158	0.005	1.7	98.960	167.230
4	1	9	0.0000245	0.0000154	0.0059	0.5624	125.664	199.920
5	1	10	0.000025	0.0000151	0.0061	0.5926	155.509	257.465
6	1	11	0.0000246	0.0000158	0.0066	1.6	188.496	293.480
7	1	12	0.000017	0.0000149	0.0071	1.1	224.624	256.282
8	1	13	0.000018	0.0000167	0.0074	0.2676	263.894	284.436
9	1	14	0.0000388	0.0000153	0.0287	35.3	306.305	776.774
10	1	15	0.0000404	0.0000165	0.0125	11.6	351.858	861.520
11	1	16	0.0000091	0.000016	0.0018	4	400.553	227.815
12	1	17	0.0000175	0.0000158	0.154	0.2123	452.389	501.064
13	1	18	0.0000294	0.0000157	0.0797	40.1	507.367	950.102
14	1	19	0.0000205	0.0000158	0.0533	21.7	565.487	733.701
15	2	20	0.000037	0.0000155	0.041	16.6	311.018	742.429
16	2	21	0.000038	0.0000158	0.0282	11.1	343.219	825.463
17	2	22	0.0000367	0.0000157	0.021	9.1	376.991	881.247
18	2	23	0.00003	0.0000155	0.0121	4.4	412.334	798.066
19	2	24	0.0000301	0.000016	0.0712	131.8	449.248	845.147
20	2	25	0.000022	0.0000156	0.0187	6.2	487.732	687.828
21	2	26	0.0000217	0.0000161	0.0147	5.7	527.788	711.366

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Línea Principal Derecha								
Arreglo Schlumberger								
Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia(Ω)	K	Resistividad
22	2	27	0.0000229	0.0000175	0.0111	4.2	569.414	745.118
23	2	28	0.000023	0.0000164	0.0088	4.7	612.611	859.149
24	2	29	0.000019	0.0000167	0.0065	5.5	657.378	747.915
25	2	30	0.0000189	0.0000161	0.0047	3	703.717	826.102
26	2	31	0.0000174	0.0000164	0.0032	1.9	751.626	797.457
27	2	32	0.0000165	0.0000152	0.0022	3.2	801.106	869.622
28	2	33	0.0000156	0.0000157	0.0015	1.3	852.157	846.729
29	2	34	0.000017	0.0000162	0.0719	112	904.779	949.459
30	2	35	0.0000054	0.0000156	0.0439	3.2	958.971	331.952
31	2	36	0.0000067	0.0000154	0.0435	1.2	1014.734	441.475
32	2	37	0.0000032	0.000016	0.0447	1.3	1072.068	214.414
33	2	38	0.0000046	0.000016	0.0456	119	1130.973	325.155
34	2	39	0.000002	0.0000151	0.0459	11.6	1191.449	157.808
35	2.5	40	0.0000018	0.0000151	0.0457	9.1	1001.383	119.370
36	2.5	41	0.0000032	0.0000156	0.0453	7.1	1052.276	215.852
37	2.5	42	0.00001	0.0000147	0.0077	4.7	1104.427	751.311
38	2.5	43	0.0000125	0.0000149	0.0064	2.5	1157.834	971.337
39	2.5	44	0.000003	0.000015	0.1571	1.2	1212.498	242.500
40	2.5	45	0.0000021	0.000015	0.0841	36.8	1268.418	177.579
41	2.5	46	0.0000031	0.0000155	0.0694	1.6	1325.595	265.119
42	2.5	47	0.0000036	0.0000153	0.0572	1.4	1384.029	325.654

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

Línea Principal Derecha

Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
43	2.5	48	0.0000041	0.0000153	0.0487	1.7	1443.719	386.879
44	2.5	49	0.0000087	0.000015	0.0411	1.4	1504.666	872.706
45	3	50	0.0000063	0.0000156	0.0367	1.7	1304.285	526.730
46	3	51	0.0000049	0.0000154	0.0314	1.2	1357.168	431.826
47	3	52	0.0000012	0.0000155	0.0229	1.4	1411.099	109.246
48	3	53	0.0000019	0.0000156	0.0219	2.2	1466.077	178.561
49	3	54	0.0000026	0.000015	0.0195	1.8	1522.102	263.831
50	3	55	0.000003	0.0000151	0.0188	1.1	1579.174	313.743
51	3	56	0.0000013	0.0000159	0.0176	1.4	1637.293	133.867
52	3	57	0.000004	0.0000143	0.0168	1.9	1696.460	474.534
53	3	58	0.0000012	0.000016	0.0162	2.6	1756.674	131.751
54	3	59	0.0000021	0.0000156	0.0157	2.7	1817.935	244.722

Anexo 4 Datos obtenidos en campo para la línea principal de amarre, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Línea de Amarre								
Arreglo Schlumberger								
Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
1	1	6	0.0000609	0.0000153	0.0487	1.7	54.9778714	218.83
2	1	7	0.0000412	0.000015	0.0411	1.4	75.3982237	207.09
3	1	8	0.000043	0.0000156	0.0367	1.7	98.9601686	272.77
4	1	9	0.0000354	0.0000154	0.0314	1.2	125.663706	288.86
5	1	10	0.0000225	0.0000155	0.0229	1.4	155.508836	225.74
6	1	11	0.0000203	0.0000156	0.0219	2.2	188.495559	245.29
7	1	12	0.0000254	0.000015	0.0195	1.8	224.623875	380.36
8	1	13	0.0000244	0.0000151	0.0188	1.1	263.893783	426.42
9	1	14	0.0000398	0.0000159	0.0176	1.4	306.305284	766.73
10	1	15	0.0000356	0.0000143	0.0168	1.9	351.858377	875.96
11	1	16	0.0000321	0.000016	0.0162	2.6	400.553063	803.61
12	1	17	0.0000178	0.0000156	0.0157	2.7	452.389342	516.19
13	1	18	0.0000157	0.0000157	0.0015	1.3	507.367214	507.37
14	1	19	0.000018	0.0000162	0.0719	112	565.486678	628.32
15	2	20	0.0000055	0.0000156	0.0439	3.2	311.017673	109.65
16	2	21	0.0000068	0.0000154	0.0435	1.2	343.218997	151.55
17	2	22	0.00001	0.000016	0.0447	1.3	376.991118	235.62
18	2	23	0.0000047	0.000016	0.0456	119	412.334036	121.12
19	2	24	0.0000077	0.0000151	0.0459	11.6	449.247749	229.09



## Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

## Línea de Amarre

## Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
20	2	25	0.000067	0.0000151	0.0457	9.1	487.732259	216.41
21	2	26	0.000033	0.0000156	0.0453	7.1	527.787566	111.65
22	2	27	0.000011	0.0000147	0.0077	4.7	569.413668	426.09
23	2	28	0.000013	0.0000149	0.0064	2.5	612.610567	534.49
24	2	29	0.000004	0.000015	0.1571	1.2	657.378263	175.30
25	2	30	0.000022	0.000015	0.0841	36.8	703.716754	103.21
26	2	31	0.000032	0.0000155	0.0694	1.6	751.626042	155.17
27	2	32	0.000037	0.0000153	0.0572	1.4	801.106127	193.73
28	2	33	0.000046	0.0000167	0.0074	0.2676	852.157007	234.73
29	2	34	0.0000154	0.0000153	0.0287	35.3	904.778684	910.69
30	2	35	0.0000123	0.0000165	0.0125	11.6	958.971158	714.87
31	2	36	0.000092	0.000016	0.0018	4	1014.73443	583.47
32	2	37	0.000098	0.0000158	0.154	0.2123	1072.06849	664.95
33	2	38	0.000087	0.0000157	0.0797	40.1	1130.97336	626.72
34	2	39	0.000064	0.0000158	0.0533	21.7	1191.44901	482.61
35	2.5	40	0.000083	0.0000155	0.041	16.6	1001.38266	536.22
36	2.5	41	0.000058	0.0000158	0.0282	11.1	1052.27646	386.28
37	2.5	42	0.000051	0.0000157	0.021	9.1	1104.4269	358.76
38	2.5	43	0.00006	0.0000155	0.0121	4.4	1157.83397	448.19



## Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

## Línea de Amarre

## Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
39	2.5	44	0.0000091	0.000016	0.0712	131.8	1212.49768	689.61
40	2.5	45	0.0000097	0.0000156	0.0187	6.2	1268.41803	788.70
41	2.5	46	0.0000036	0.0000161	0.0147	5.7	1325.59502	296.41
42	2.5	47	0.0000054	0.0000175	0.0111	4.2	1384.02864	427.07
43	2.5	48	0.0000052	0.0000164	0.0088	4.7	1443.7189	457.76
44	2.5	49	0.000004	0.0000167	0.0065	5.5	1504.6658	360.40
45	3	50	0.0000069	0.0000161	0.0047	3	1304.28455	558.98
46	3	51	0.0000075	0.0000164	0.0032	1.9	1357.16803	620.66
47	3	52	0.0000071	0.0000152	0.0022	3.2	1411.0987	659.13
48	3	53	0.0000029	0.0000159	0.0017	1.7	1466.07657	267.40
49	3	54	0.000003	0.0000156	0.0033	1.9	1522.10164	292.71
50	3	55	0.0000077	0.0000158	0.005	1.7	1579.17391	769.60
51	3	56	0.0000055	0.0000154	0.0059	0.5624	1637.29337	584.75
52	3	57	0.0000072	0.0000151	0.0061	0.5926	1696.46003	808.91
53	3	58	0.0000056	0.0000158	0.0066	1.6	1756.67389	622.62
54	3	59	0.0000081	0.0000149	0.0071	1.1	1817.93495	988.27

Anexo 5 Datos obtenidos en campo para la línea principal izquierda blanco para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Línea Izquierda Blanco								
Arreglo Schlumberger								
Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
1	0.5	1	0.001	0.0000141	0.0222	2.6	2.35619449	167
2	0.5	2	0.00102	0.0000148	0.024	1.3	11.7809725	812
3	0.5	3	0.0001	0.0000152	0.0232	2.6	27.4889357	181
4	0.5	4	0.00009	0.0000149	0.0174	1.3	49.4800843	299
5	0.5	5	0.000076	0.0000148	0.0164	2.6	77.7544182	399
6	0.5	6	0.000057	0.0000152	0.0156	1.3	112.311937	421
7	0.5	7	0.000096	0.0000154	0.0142	10.4	153.152642	955
8	0.5	8	0.000017	0.0000147	0.0141	5.1	200.276532	232
9	0.5	9	0.000022	0.0000155	0.0139	1.3	253.683607	360
10	1	10	0.0000572	0.0000156	0.0134	3.6	155.508836	570
11	1	11	0.0000668	0.0000156	0.0133	1.3	188.495559	807
12	1	12	0.0000382	0.0000152	0.0137	1.3	224.623875	565
13	1	13	0.0000073	0.0000144	0.013	5.1	263.893783	134
14	1	14	0.0000382	0.0000149	0.0129	6.5	306.305284	785
15	1	15	0.0000763	0.0000155	0.0128	5.3	351.858377	1732
16	1	16	0.0000573	0.0000145	0.0713	2.6	400.553063	1583
17	1	17	0.0000463	0.0000144	0.0707	4	452.389342	1455
18	1	18	0.0000363	0.0000151	0.0696	2.6	507.367214	1220
19	1	19	0.00000573	0.0000148	0.0671	7.8	565.486678	219

## Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

## Línea Izquierda Blanco

## Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
20	1.5	20	0.0000381	0.0000149	0.067	2.7	416.522826	107
21	1.5	21	0.00000573	0.0000151	0.0669	3.9	459.457926	174
22	1.5	22	0.00000309	0.0000145	0.0661	2.6	504.48742	108
23	1.5	23	0.0000262	0.0000149	0.0667	6	551.61131	970
24	1.5	24	0.0000167	0.0000147	0.0667	3.9	600.829595	683
25	1.5	25	0.0000149	0.0000149	0.0668	1.9	652.142275	652
26	1.5	26	0.0000137	0.0000147	0.0669	5.2	705.54935	658
27	1.5	27	0.0000101	0.0000143	0.0669	3.6	761.05082	538
28	1.5	28	0.0000122	0.0000149	0.067	0.6363	818.646686	670
29	1.5	29	0.0000106	0.000015	0.0671	0.4569	878.336946	621
30	2	30	0.0000098	0.0000143	0.0672	0.5215	703.716754	482
31	2	31	0.0000101	0.000015	0.0674	3.8	751.626042	506
32	2	32	0.0000103	0.0000148	0.0675	4.6	801.106127	558
33	2	33	0.0000118	0.0000148	0.0675	2.6	852.157007	679
34	2	34	0.0000198	0.0000149	0.0677	5.1	904.778684	1202
35	2	35	0.0000207	0.0000147	0.0677	2.6	958.971158	1350
36	2	36	0.0000101	0.0000143	0.0677	5.1	1014.73443	717
37	2	37	0.0000102	0.0000151	0.0677	3.9	1072.06849	724
38	2	38	0.0000113	0.0000147	0.0677	5.1	1130.97336	869

## Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

## Línea Izquierda Blanco

## Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
39	2	39	0.0000215	0.0000149	0.0677	5.1	1191.44901	1719
40	2.5	40	0.0000155	0.0000148	0.0676	3.9	1001.38266	1049
41	2.5	41	0.0000247	0.0000151	0.0676	2.5	1052.27646	1721
42	2.5	42	0.0000201	0.000015	0.0676	3.8	1104.4269	1480
43	2.5	43	0.0000158	0.0000146	0.0556	1.4	1157.83397	1253
44	2.5	44	0.0000203	0.000015	0.0557	1.8	1212.49768	1641
45	2.5	45	0.0000197	0.0000152	0.0558	1.1	1268.41803	1644
46	2.5	46	0.0000151	0.0000153	0.0481	1	1325.59502	1308
47	2.5	47	0.0000131	0.0000146	0.0472	0.922	1384.02864	1242
48	3	48	0.0000109	0.0000153	0.0472	0.966	1201.65919	856
49	3	49	0.0000089	0.0000144	0.0474	0.4484	1252.44827	774
50	3	50	0.0000107	0.0000149	0.0482	0.5632	1304.28455	937
51	3	51	0.0000131	0.0000145	0.0485	0.6113	1357.16803	1226
52	3	52	0.0000203	0.0000151	0.0536	0.6638	1411.0987	1897
53	3	53	0.0000151	0.0000146	0.0538	0.7755	1466.07657	1516
54	3	54	0.0000149	0.0000151	0.0542	0.3856	1522.10164	1502
55	3	55	0.0000173	0.0000149	0.0141	0.4472	1579.17391	1834
56	3	56	0.0000091	0.0000155	0.0166	0.61	1637.29337	961
57	3	57	0.0000143	0.0000152	0.0136	0.4819	1696.46003	1596

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

Línea Izquierda Blanco

Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
58	3.5	60	0.0000072	0.0000151	0.0191	0.3214	1610.17843	768
59	3.5	61	0.0000086	0.000015	0.0195	0.4358	1664.48311	954
60	3.5	62	0.0000095	0.0000149	0.0198	1.6	1719.68538	1096
61	3.5	63	0.0000095	0.000017	0.0231	1.3	1775.78525	992
62	3.5	64	0.0000103	0.0000166	0.0239	2.4	1832.78271	1137
63	3.5	65	0.0000083	0.000017	0.0249	1.2	1890.67778	923
64	3.5	66	0.000006	0.0000151	0.03	1.2	1949.47044	775
65	3.5	67	0.0000066	0.0000156	0.0531	0.9417	2009.1607	850
66	3.5	68	0.000008	0.000015	0.0354	0.8187	2069.74856	1104
67	3.5	69	0.0000096	0.0000143	0.0332	0.469	2131.23402	1431

Anexo 6 Datos obtenidos en campo para la línea principal derecho blanco, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Línea derecha Blanco								
Arreglo Schlumberger								
Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
1	1	6	0.00005	0.0000158	0.0277	5.1	54.9778714	174.0
2	1	7	0.0001901	0.0000154	0.0271	4.4	75.3982237	930.7
3	1	8	0.0000901	0.0000151	0.0268	1	98.9601686	590.5
4	1	9	0.0001001	0.0000158	0.0253	0.2209	125.663706	796.1
5	1	10	0.00014	0.0000149	0.0255	1.9195	155.508836	1461.2
6	1	11	0.0001307	0.0000167	0.0255	1.1	188.495559	1475.2
7	1	12	0.00018	0.0000153	0.0252	1.4	224.623875	2642.6
8	1	13	0.0000732	0.0000165	0.0252	1.6	263.893783	1170.7
9	1	14	0.0000809	0.000016	0.0248	1.1	306.305284	1548.8
10	1	15	0.0000702	0.0000158	0.0243	0.1128	351.858377	1563.3
11	1	16	0.0000274	0.0000157	0.024	0.2274	400.553063	699.1
12	1	17	0.0000167	0.0000158	0.0238	0.6726	452.389342	478.2
13	1	18	0.0000191	0.0000155	0.006	0.5774	507.367214	625.2
14	1	19	0.0000185	0.0000158	0.007	0.6339	565.486678	662.1
15	2	20	0.0000179	0.0000157	0.006	0.3381	311.017673	354.6
16	2	21	0.0000161	0.0000155	0.0032	3.9	343.218997	356.5
17	2	22	0.0000149	0.000016	0.0035	35.5	376.991118	351.1
18	2	23	0.0000197	0.0000156	0.0037	3.1	412.334036	520.7
19	2	24	0.0000203	0.0000161	0.0042	0.7304	449.247749	566.4
20	2	25	0.0000119	0.0000175	0.0043	1.1	487.732259	331.7
21	2	26	0.0000137	0.0000164	0.0042	1.3	527.787566	440.9

## Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

Línea derecha Blanco

Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
22	2	27	0.0000305	0.0000167	0.0043	0.1552	569.413668	1039.9
23	2	28	0.0000143	0.0000161	0.0045	0.3599	612.610567	544.1
24	2	29	0.000018	0.0000164	0.0047	0.9547	657.378263	721.5
25	2	30	0.0000119	0.0000152	0.0047	0.9143	703.716754	550.9
26	2	31	0.000024	0.0000157	0.0047	0.6354	751.626042	1149.0
27	2	32	0.0000137	0.0000162	0.0049	0.9022	801.106127	677.5
28	2	33	0.0000606	0.0000156	0.0052	0.7121	852.157007	3310.3
29	2	34	0.0000196	0.0000154	0.0054	69.9	904.778684	1151.5
30	2	35	0.0000108	0.000016	0.0053	2.5	958.971158	647.3
31	2	36	0.0000107	0.000016	0.0057	0.4309	1014.73443	678.6
32	2	37	0.00003	0.0000151	0.0058	0.1028	1072.06849	2129.9
33	2	38	0.0000204	0.0000151	0.0056	1.3	1130.97336	1527.9
34	2	39	0.00000314	0.0000156	0.0066	1.2	1191.44901	239.8
35	2.5	40	0.00000367	0.0000147	0.0069	1.2	1001.38266	250.0
36	2.5	41	0.0000015	0.0000149	0.0072	0.2443	1052.27646	105.9
37	2.5	42	0.00000265	0.000015	0.0113	0.2686	1104.4269	195.1
38	2.5	43	0.00000632	0.000015	0.0119	3.4	1157.83397	487.8
39	2.5	44	0.0000107	0.0000155	0.0121	0.03308	1212.49768	837.0
40	2.5	45	0.00000425	0.0000153	0.0128	0.08233	1268.41803	352.3
41	2.5	46	0.00000192	0.0000153	0.0133	0.06012	1325.59502	166.3
42	2.5	47	0.00002	0.000015	0.0137	0.05581	1384.02864	1845.4

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

Línea derecha Blanco

Arreglo Schlumberger

N°	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
43	2.5	48	0.0000203	0.0000156	0.0324	0.09106	1443.7189	1878.7
44	2.5	49	0.00000596	0.0000154	0.0323	0.05292	1504.6658	582.3
45	3	50	0.00000268	0.0000155	0.0326	339	1304.28455	225.5
46	3	51	0.0000101	0.0000156	0.0334	1.1	1357.16803	878.7
47	3	52	0.0000305	0.000015	0.0341	1.1	1411.0987	2869.2
48	3	53	0.0000111	0.0000151	0.0342	0.09787	1466.07657	1077.7
49	3	54	0.00000459	0.0000159	0.0352	0.03569	1522.10164	439.4
50	3	55	0.00000209	0.0000143	0.0355	0.08552	1579.17391	230.8
51	3	56	0.0000154	0.000016	0.0357	0.06047	1637.29337	1575.9
52	3	57	0.0000167	0.0000156	0.0368	0.03148	1696.46003	1816.1
53	3	58	0.0000228	0.000015	0.0371	0.01204	1756.67389	2670.1
54	3	59	0.0000167	0.0000143	0.0373	0.0477	1817.93495	2123.0



Anexo 7 Datos obtenidos en campo para la línea principal centro blanco, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Línea centro Blanco								
Arreglo Schlumberger								
Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
1	1	6	0.000101	0.0000159	0.0185	0.3417	54.9778714	349.2
2	1	7	0.000131	0.0000156	0.0201	0.53	75.3982237	633.2
3	1	8	0.000083	0.0000158	0.0226	1	98.9601686	519.9
4	1	9	0.000077	0.0000154	0.0228	0.1531	125.663706	628.3
5	1	10	0.000073	0.0000151	0.0229	0.5259	155.508836	751.8
6	1	11	0.000095	0.0000158	0.0232	0.1741	188.495559	1133.4
7	1	12	0.000085	0.0000149	0.0232	1.6	224.623875	1281.4
8	1	13	0.000077	0.0000167	0.0234	1	263.893783	1216.8
9	1	14	0.0000096	0.0000153	0.0235	1.6	306.305284	192.2
10	1	15	0.0000095	0.0000165	0.0234	1.1	351.858377	202.6
11	1	16	0.00001	0.0000155	0.0234	4.8	400.553063	258.4
12	1	17	0.0000063	0.0000158	0.0263	3	452.389342	180.4
13	1	18	0.0000125	0.0000157	0.0237	0.2916	507.367214	404.0
14	1	19	0.00001	0.0000158	0.0279	0.1458	565.486678	357.9
15	2	20	0.0000054	0.0000155	0.0249	0.8317	311.017673	108.4
16	2	21	0.0000083	0.0000158	0.0245	1.2	343.218997	180.3
17	2	22	0.0000161	0.0000157	0.0245	0.1439	376.991118	386.6
18	2	23	0.000024	0.0000155	0.025	0.4429	412.334036	638.5
19	2	24	0.0000083	0.000016	0.025	1	449.247749	233.0
20	2	25	0.0000093	0.0000156	0.025	0.7195	487.732259	290.8
21	2	26	0.0000238	0.0000161	0.0256	0.3622	527.787566	780.2
22	2	27	0.0000167	0.0000154	0.0258	0.7453	569.413668	617.5

## Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

Línea centro Blanco

Arreglo Schlumberger

N°	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
23	2	28	0.0000264	0.0000156	0.026	0.926	612.610567	1036.7
24	2	29	0.0000179	0.0000149	0.0266	0.3491	657.378263	789.7
25	2	30	0.0000391	0.0000143	0.0267	0.4021	703.716754	1924.1
26	2	31	0.0000389	0.0000145	0.0268	0.5874	751.626042	2016.4
27	2	32	0.0000048	0.0000157	0.0273	0.4436	801.106127	244.9
28	2	33	0.0000024	0.0000158	0.0275	0.6143	852.157007	129.4
29	2	34	0.0000143	0.0000148	0.0277	0.6194	904.778684	874.2
30	2	35	0.0000191	0.0000153	0.0282	1.1	958.971158	1197.1
31	2	36	0.0000024	0.0000155	0.0283	0.5276	1014.73443	157.1
32	2	37	0.0000083	0.0000156	0.0285	0.1104	1072.06849	570.4
33	2	38	0.0000167	0.0000159	0.0287	0.6182	1130.97336	1187.9
34	2	39	0.0000131	0.000017	0.0288	0.6752	1191.44901	918.1
35	2.5	40	0.000006	0.0000155	0.029	0.5121	1001.38266	387.6
36	2.5	41	0.0000125	0.000016	0.0294	0.27	1052.27646	822.1
37	2.5	42	0.0000155	0.000016	0.0295	0.3886	1104.4269	1069.9
38	2.5	43	0.000006	0.0000157	0.0296	0.6585	1157.83397	442.5
39	2.5	44	0.0000033	0.0000154	0.0298	0.4159	1212.49768	259.8
40	2.5	45	0.0000075	0.0000151	0.03	0.1959	1268.41803	630.0
41	2.5	46	0.0000052	0.0000156	0.0301	0.1524	1325.59502	441.9
42	2.5	47	0.0000025	0.0000159	0.0303	0.5886	1384.02864	217.6

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

Línea centro Blanco

Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
43	2.5	48	0.0000068	0.0000159	0.0303	5.6	1443.7189	617.4
44	2.5	49	0.0000021	0.0000144	0.0304	3.5	1504.6658	219.4
45	3	50	0.0000072	0.000017	0.0309	3.5	1304.28455	552.4
46	3	51	0.0000018	0.0000168	0.031	4.9	1357.16803	145.4
47	3	52	0.0000065	0.0000161	0.031	2.4	1411.0987	569.7
48	3	53	0.0000033	0.0000166	0.0312	3.6	1466.07657	291.4
49	3	54	0.0000014	0.0000165	0.0313	2.4	1522.10164	129.1
50	3	55	0.0000093	0.000016	0.0314	1.2	1579.17391	917.9
51	3	56	0.0000097	0.0000157	0.0328	3.7	1637.29337	1011.6
52	3	57	0.0000048	0.0000159	0.0356	1.2	1696.46003	512.1
53	3	58	0.0000103	0.0000159	0.0377	1.2	1756.67389	1138.0
54	3	59	0.0000214	0.0000155	0.043	1.1	1817.93495	2509.9

Anexo 8 Datos obtenidos en campo para la línea principal amarre blanco, para lo cual los datos están en unidades internacionales para el cálculo de la resistividad y el factor K

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí								
Línea de Amarre Blanco								
Arreglo Schlumberger								
Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
1	1	6	0.000077	0.0000137	0.0094	0.6791	54.9778714	309.0
2	1	7	0.000064	0.0000191	0.0096	1	75.3982237	252.6
3	1	8	0.000211	0.0000238	0.0092	0.6915	98.9601686	877.3
4	1	9	0.000066	0.0000107	0.0076	0.27	125.663706	775.1
5	1	10	0.000104	0.0000203	0.0071	0.189	155.508836	796.7
6	1	11	0.000046	0.0000298	0.0068	0.2749	188.495559	291.0
7	1	12	0.000137	0.0000101	0.0054	0.8151	224.623875	3046.9
8	1	13	0.000121	0.0000113	0.0052	0.4373	263.893783	2825.8
9	1	14	0.000201	0.0000203	0.0049	0.387	306.305284	3032.9
10	1	15	0.000032	0.0000082	0.0043	0.8453	351.858377	1373.1
11	1	16	0.000042	0.000007	0.0042	0.2352	400.553063	2403.3
12	1	17	0.000054	0.0000089	0.0041	0.7353	452.389342	2744.8
13	1	18	0.000071	0.0000153	0.0036	0.498	507.367214	2354.4
14	1	19	0.000106	0.0000556	0.0035	0.4465	565.486678	1078.1
15	2	20	0.0000346	0.0000094	0.0035	0.6217	311.017673	1145
16	2	21	0.0000083	0.0000049	0.0032	0.8836	343.218997	581
17	2	22	0.0000077	0.0000244	0.003	0.5966	376.991118	119
18	2	23	0.000006	0.0000228	0.0031	0.0018	412.334036	109
19	2	24	0.0000083	0.0000082	0.0026	0.2448	449.247749	455
20	2	25	0.0000089	0.0000156	0.0025	0.6387	487.732259	278
21	2	26	0.0000188	0.0000295	0.0024	2	527.787566	336
22	2	27	0.0000054	0.0000057	0.0237	2.5	569.413668	539

## Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

## Línea de Amarre Blanco

## Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
23	2	28	0.000006	0.0000116	0.0233	0.4851	612.610567	317
24	2	29	0.000012	0.0000109	0.0229	1.5	657.378263	724
25	2	30	0.0000072	0.0000238	0.0191	2.1	703.716754	213
26	2	31	0.0000107	0.0000194	0.018	1.1	751.626042	415
27	2	32	0.0000119	0.0000187	0.0171	0.9516	801.106127	510
28	2	33	0.0000119	0.0000187	0.0143	1.9	852.157007	542
29	2	34	0.0000119	0.0000179	0.0152	22.5	904.778684	602
30	2	35	0.0000119	0.0000191	0.0151	0.3587	958.971158	597
31	2	36	0.0000137	0.0000191	0.0157	1.1	1014.73443	728
32	2	37	0.0000191	0.0000194	0.0157	0.2811	1072.06849	1055
33	2	38	0.0000238	0.0000188	0.0159	1.5	1130.97336	1432
34	2	39	0.0000107	0.0000189	0.0157	0.3707	1191.44901	675
35	2.5	40	0.0000203	0.0000188	0.0158	0.0829	1001.38266	1081
36	2.5	41	0.0000298	0.0000187	0.0158	0.4873	1052.27646	1677
37	2.5	42	0.0000101	0.0000184	0.0136	0.8171	1104.4269	606
38	2.5	43	0.0000113	0.000019	0.0155	0.4841	1157.83397	689
39	2.5	44	0.0000203	0.000019	0.0155	0.5609	1212.49768	1295
40	2.5	45	0.0000082	0.0000186	0.0152	0.1679	1268.41803	559
41	2.5	46	0.000007	0.0000188	0.0151	0.1607	1325.59502	494
42	2.5	47	0.0000089	0.0000189	0.0151	0.4009	1384.02864	652

Botadero de Desechos Sólidos Mancomunidad Pujilí-Saquisilí

Línea de Amarre Blanco

Arreglo Schlumberger

Nº	MN/2	AB/2	Voltaje(V)	Intensidad (A)	PS(V)	Resistencia( $\Omega$ )	K	Resistividad
43	2.5	48	0.0000153	0.0000155	0.0149	0.2424	1443.7189	1425
44	2.5	49	0.0000206	0.0000156	0.0149	0.7631	1504.6658	1987
45	3	50	0.0000094	0.0000154	0.0148	0.2034	1304.28455	796
46	3	51	0.0000049	0.0000153	0.0081	0.0807	1357.16803	435
47	3	52	0.0000244	0.0000151	0.0081	0.1199	1411.0987	2280
48	3	53	0.0000228	0.0000156	0.008	0.4165	1466.07657	2143
49	3	54	0.0000082	0.0000151	0.0113	0.3625	1522.10164	827
50	3	55	0.0000156	0.0000152	0.0079	0.1585	1579.17391	1621
51	3	56	0.0000295	0.0000155	0.0078	1.1	1637.29337	3116
52	3	57	0.0000057	0.0000151	0.0078	0.9742	1696.46003	640
53	3	58	0.0000116	0.0000153	0.0149	0.0011	1756.67389	1332
54	3	59	0.0000109	0.0000156	0.0011	0.4068	1817.93495	1270

