

A. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

A.1 Variables Físicas del Problema.

Las variables físicas que se utilizan para comprender las propiedades eléctricas del medio y la metodología de medición de éstas son básicamente: el Voltaje, la Intensidad de Corriente y la Resistencia.

El **Voltaje (V)** o Fuerza Electromotriz es la causante del movimiento de cargas a través de un medio, su unidad de medida es el volt [v]. La tasa a la cual estas cargas pasan a través de una sección, o también llamado flujo de electrones, se denomina Corriente o **Intensidad de Corriente (I)** y su unidad de medida es el ampere [amp].

Este flujo de electrones producido por la fuerza electromotriz provoca fricción en el medio por el cual estas cargas fluyen, a esta capacidad de producir fricción o impedir el movimiento de cargas se le denomina **Resistencia (R)** y su unidad de medida es el ohm [Ω]. Existe una relación entre estas tres variables que esta dada por la Ley de Ohm:

$$R I = V$$

Distintos materiales ofrecen distintas resistencia al flujo de electrones que pasa a través de ellos. Por ejemplo un alambre de cobre deja pasar más fácilmente la corriente que un alambre de hierro, es decir, el hierro ofrece una mayor resistencia al flujo de electrones. Esta diferencia es debida a una propiedad intrínseca de cada material que se denomina **Resistividad (ρ)** y su unidad de medida es [ohm-m]. Una amplia gama de métodos eléctricos usados en prospección geofísica, apuntan a la medición de la resistividad de los materiales del subsuelo. La interpretación de estos datos pretende una caracterización del medio geológico en cuestión, en base a su resistividad eléctrica.

A.2 Resistividad de las rocas.

Una roca, en general, se comporta como un aislante eléctrico con resistividades eléctricas del orden de $10^5 - 10^7$ [Ωm], exceptuando el caso de algunos metales de ocurrencia extraña con resistividades del orden de $10^{-5} - 10^{-7}$ [Ωm] (La resistividad del cobre comercial por ejemplo es 1.72×10^{-8} [Ωm]).

La resistividad de una roca no depende solo de su litología, sino que también su capacidad de alojar en sus poros, soluciones salinas que favorezcan la conducción eléctrica a través de iones en solución. Para la resistividad de una roca, resultan entonces importantes factores como su porosidad, salinidad de las soluciones, compactación, y variables de ambiente como presión y temperatura. La resistividad en las rocas varía entonces en un amplio rango dependiendo de cómo interactúen las variables antes mencionadas.

La figura A.1 presenta un diagrama con valores de resistividad de distintos medios geológicos.

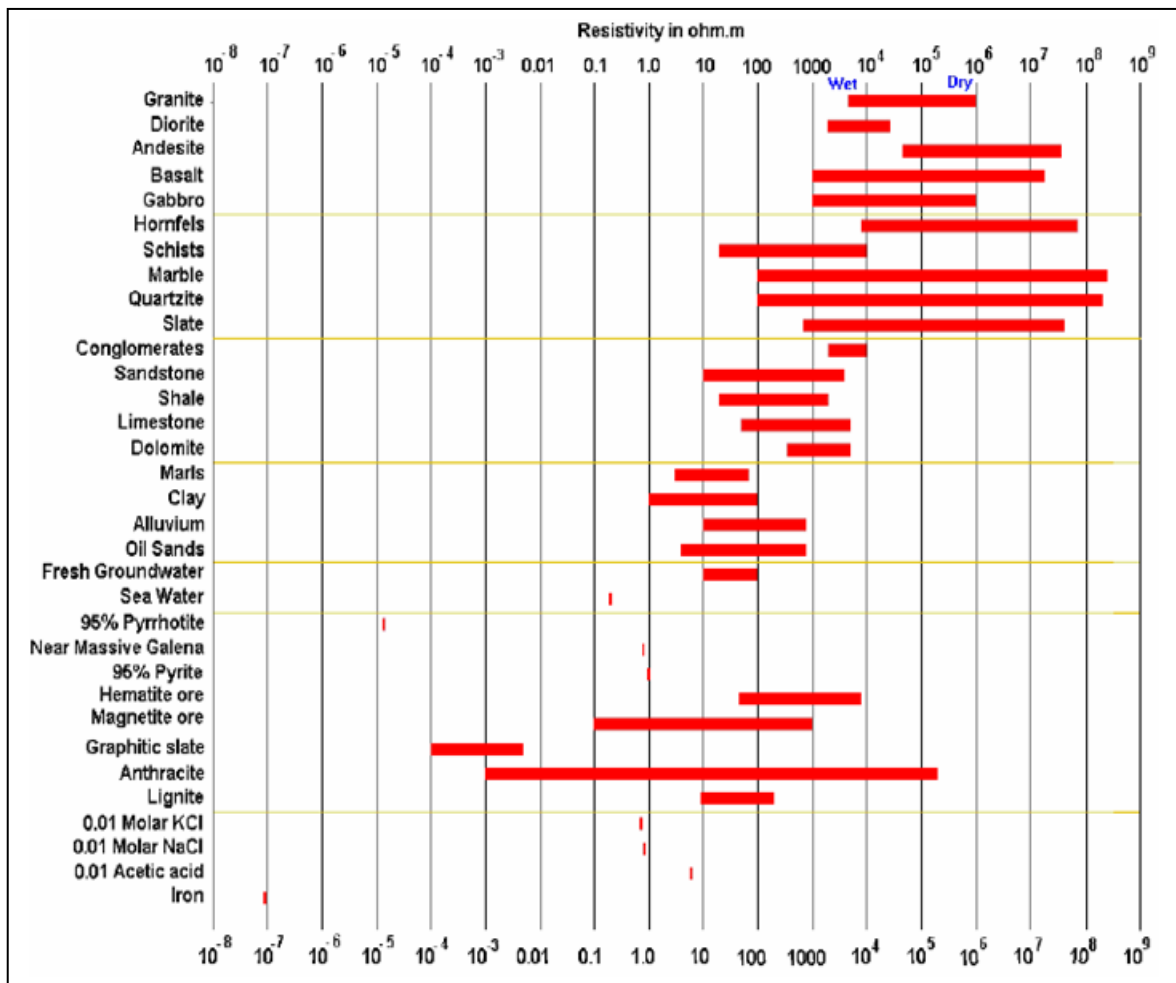


Figura A.1: Resistividad en distintos medios geológicos comunes.

A.3 Factores que afectan la Resistividad de las Rocas.

Porosidad: es el cociente entre el Volumen de Poros y el Volumen total. En ambientes someros cerca de la superficie terrestre, la porosidad de las rocas está ocupada por soluciones acuosas que facilitan la conducción iónica. La resistividad eléctrica disminuye con mayor interconexión entre poros, y en general se tiene que a mayor porosidad efectiva menor es la resistividad.

Salinidad de las soluciones acuosas: a mayor salinidad de las soluciones, mayor es el contenido de iones que pueden conducir corriente eléctrica.

Porcentaje de Saturación: es el porcentaje del Volumen de Poros ocupado por Soluciones Acuosas. Si los poros no están ocupados por soluciones acuosas, el medio tendrá una mayor resistividad. La resistividad disminuye con el grado de saturación según la Ley de Archie:

$$\frac{\rho}{\rho_{100}} = a\phi^{-m}S^{-n}$$

donde ρ_{100} = resistividad de máxima saturación.

n = número entero (~ 2).

m, a = constantes en rango variable, dependen del tipo de roca.
(0.5 < a < 2.5; 1.3 < m < 2.5)

ϕ = porosidad.

S = saturación.

Temperatura: a mayor temperatura, disminuye la viscosidad de las soluciones acuosas, facilitando la movilidad de los iones y por lo tanto, disminuye la resistividad.

Presión: Para rocas sedimentarias, a mayor Presión, aumenta el grado de compactación, disminuyendo la porosidad y aumentando potencialmente la resistividad. Mientras que para rocas muy compactas (rocas ígneas y metamórficas) la presión provoca fracturamiento, disminuyendo potencialmente la resistividad de las rocas.

A.4 Arreglos de Electrodo, Factor Geométrico y Resistividad Aparente.

La determinación de la resistividad del subsuelo, requiere medir la respuesta de éste a una perturbación eléctrica conocida que podemos controlar a voluntad. Esto se consigue inyectando corriente al medio, y midiendo en forma independiente el campo eléctrico que ella genera a través de diferencias de potencial (voltaje) entre diversos puntos del medio. Para inyectar corriente, normalmente se usan dos electrodos C1 y C2 ubicados en la superficie y conectados a una fuente de poder.

La intensidad de corriente se mide con un amperímetro conectado en serie. La medida de diferencias de potencial entre puntos del medio se lleva a cabo mediante electrodos independientes P1 y P2 también en la superficie y conectados a un voltímetro. La Figura A.2 muestra esquemáticamente un arreglo de electrodos típico (dipolo-dipolo) usado en prospección geoelectrica, con igual separación (a) para los electrodos (dipolo) de corriente y potencial, y una separación na entre ellos. El flujo de corriente irá desde el electrodo C1 al electrodo C2, y alrededor de cada uno de ellos se creará un campo eléctrico con líneas equipotenciales concéntricas (Figura A.3a). El resultado final será la suma de la contribución de ambos electrodos, uno positivo y otro negativo, como muestra la Figura A.3b.

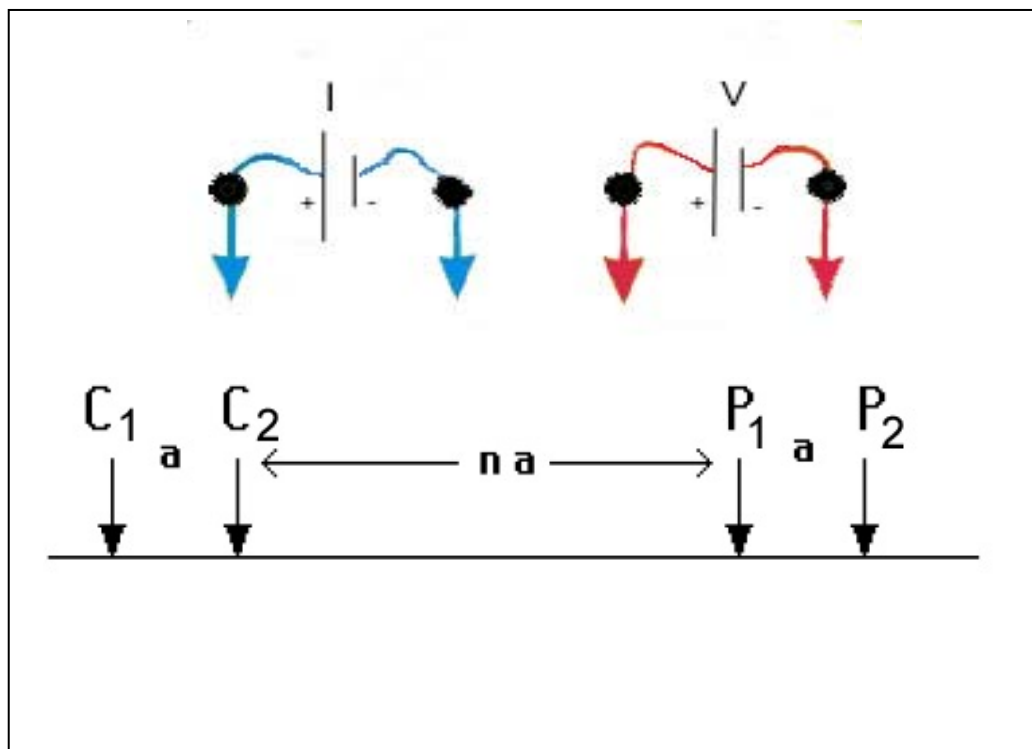


Figura A.2: Arreglo de electrodos dipolo-dipolo.

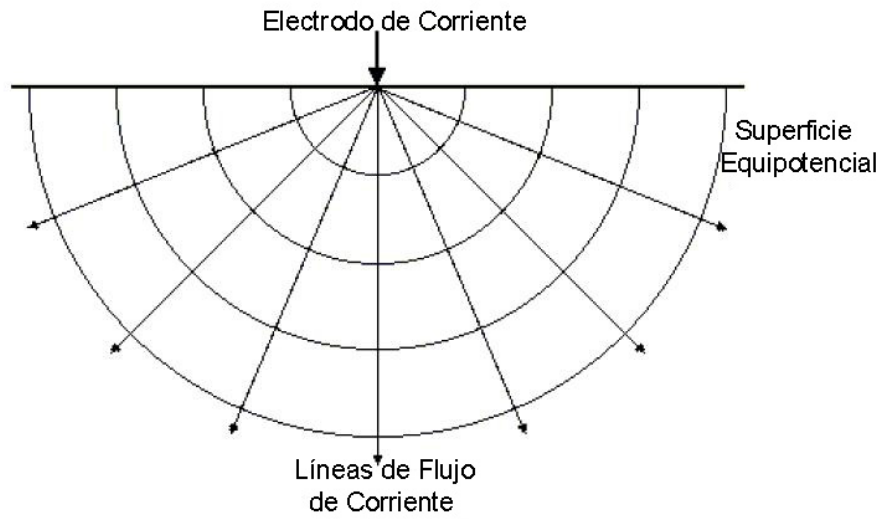


Figura A.3a: Líneas de Flujo y Equipotenciales en torno a un electrodo de corriente en la superficie de un semiespacio homogéneo.

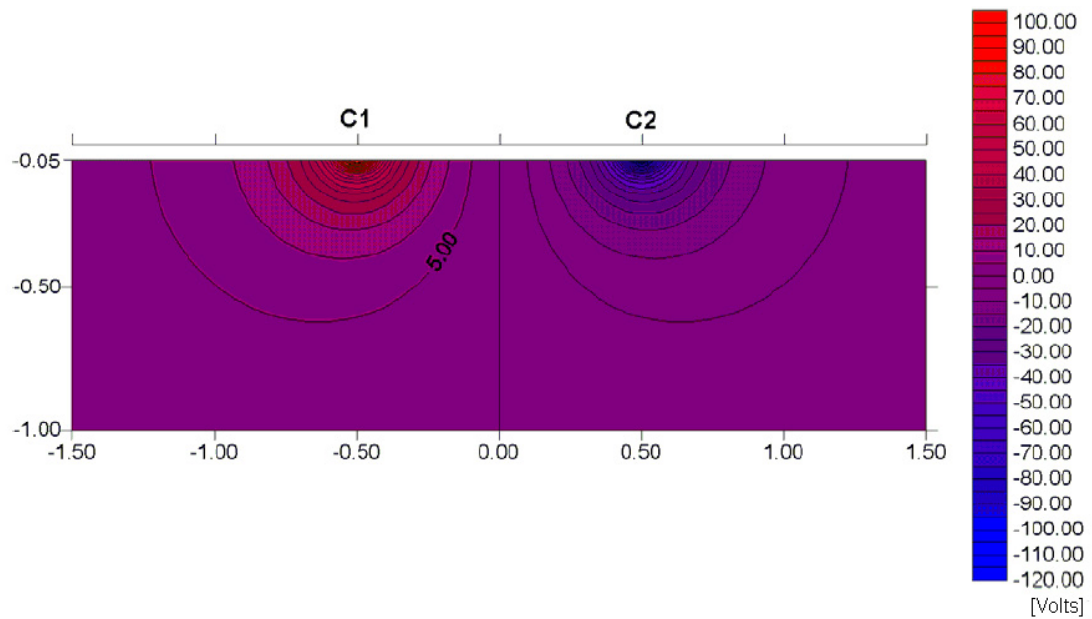


Figura A.3b: Equipotenciales (Volts) para un semiespacio homogéneo de 1 Ohm-m, un flujo de corriente de 1 A, y electrodos de corriente separados por 1 m.

Utilizando teoría electromagnética básica, se demuestra que para electrodos de corriente y potencial ubicados en la superficie de un semiespacio homogéneo de resistividad constante ρ , la diferencia de voltaje V medida entre los electrodos de potencial P1 y P2 es:

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

Donde I es la corriente que circula entre los electrodos de corriente C1 y C2, y k es el “factor geométrico” que depende de las distancias entre los electrodos de corriente y potencial r_{C1P1} , r_{C2P1} , r_{C1P2} , r_{C2P2} , que viene dado por:

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_{C1P1}} - \frac{1}{r_{C2P1}} - \frac{1}{r_{C1P2}} + \frac{1}{r_{C2P2}} \right)}$$

Entonces, medidos ciertos valores de corriente I y voltaje V , la resistividad eléctrica del medio viene dada por:

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

Si el medio es efectivamente homogéneo, el valor de resistividad dado por esta última ecuación es el valor verdadero. Si el medio es heterogéneo, sin embargo, el valor de resistividad dado por esta ecuación es solo un valor de **resistividad aparente** ρ_a que en general representa algún tipo de promedio de las diferentes resistividades presentes en el medio.

Existen diversos arreglos de electrodos y por consiguiente un factor geométrico para cada uno de ellos. En la figura A.4 se muestran los más utilizados.

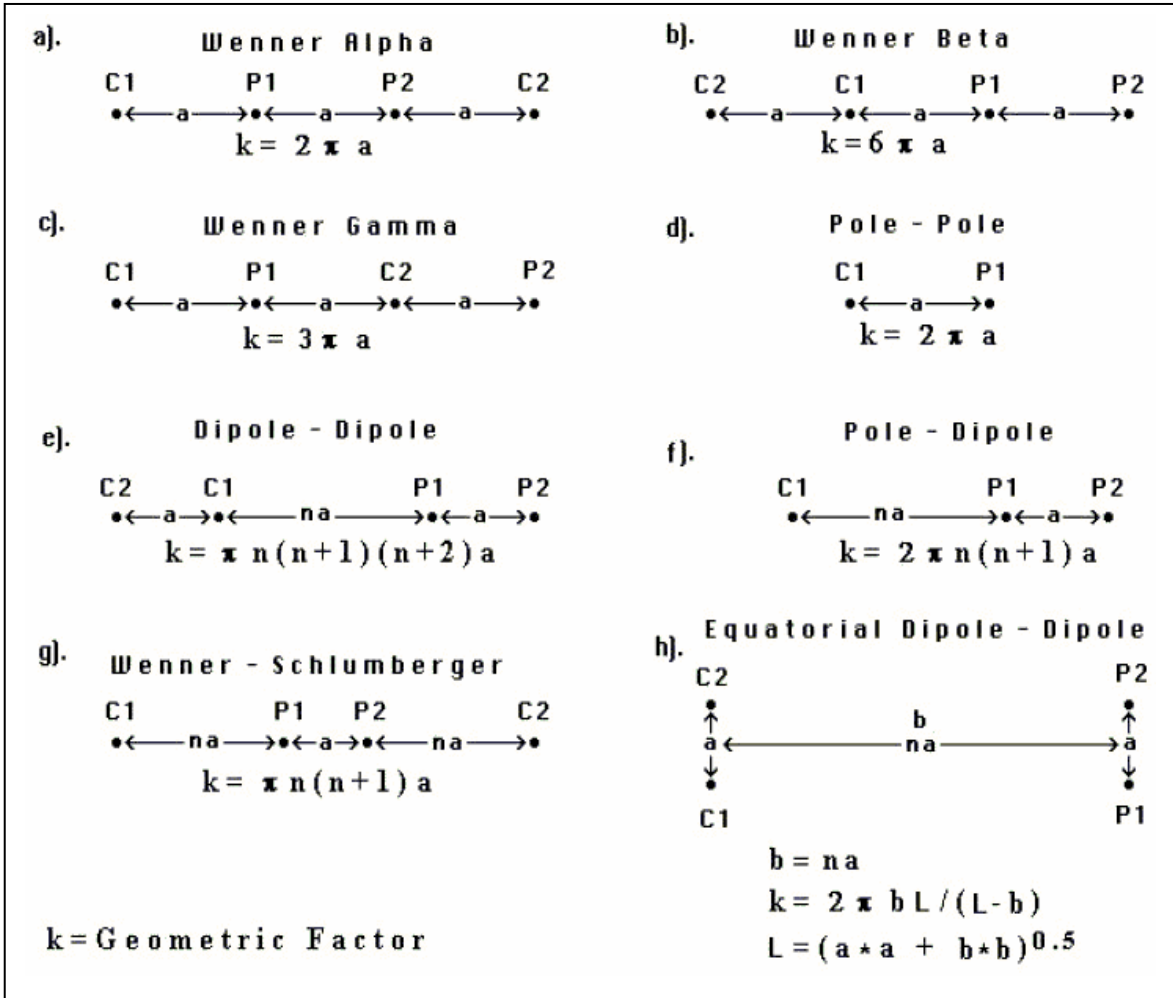


Figura A.4: Arreglos de electrodos más utilizados con su respectivo factor geométrico.

A.5 Principio de Funcionamiento del Ohmmapper.

El arreglo de electrodos utilizado por el Ohmmapper es similar a un arreglo dipolo-dipolo, donde el transmisor inyecta corriente al suelo, asemejando a los electrodos de corriente, mientras que el receptor mide la diferencia de potencial, cumpliendo las funciones de los electrodos de potencial (ver Fig. A.5).

Lo que diferencia al Ohmmapper de los métodos tradicionales de medición, es la **no conexión física** del instrumento con el medio, es decir, no hay electrodos clavados al suelo por donde se inyecte corriente o se mida voltaje.

El principio de funcionamiento, es el **acoplamiento capacitivo** que existe entre los cables electrodos del instrumento y el medio en estudio. Este principio se utiliza, tanto como para inyectar corriente al medio, como para medir la respuesta de éste. Para comprender el acoplamiento capacitivo, utilizado por el Ohmmapper, es necesario introducir algunos conceptos eléctricos adicionales como lo es la respuesta de un Condensador a la aplicación de una Corriente Alterna.

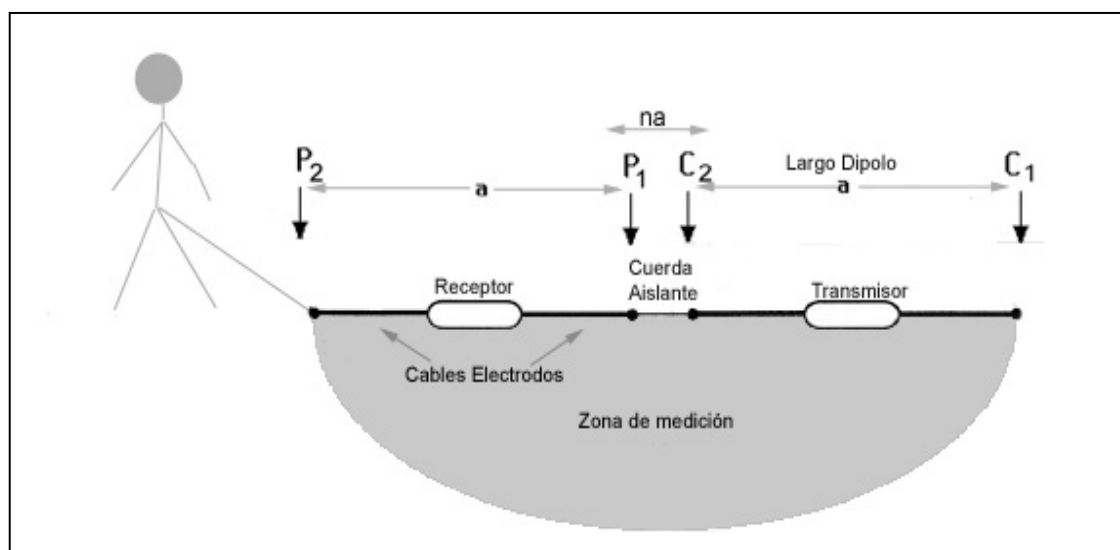


Figura A.5: Arreglo Dipolo-Dipolo para el Ohmmapper.

A.5.1 Condensador y Corriente Alterna.

El condensador es un dispositivo eléctrico que almacena cargas eléctricas, constituido por un material aislante en medio de dos placas conductoras. La carga almacenada (Q) en cada placa es proporcional a la diferencia de potencial (V) entre éstas, donde la constante de proporcionalidad se denomina **Capacitancia** (C) y se define como la capacidad del Condensador de almacenar cargas eléctricas. Su unidad de medida es el Faraday ($Farad = [Coulomb \cdot Volt]$).

$$Q = C \cdot V$$

En el momento de carga y descarga del condensador, una placa induce una corriente eléctrica o flujo de cargas en la otra. Esto se logra debido a que las dos placas están lo suficientemente cerca una de la otra.

Al aplicar una Corriente Alterna (CA), que produce una diferencia de potencial alterna entre las placas del condensador, se logra que el condensador se cargue y descargue en una y otra dirección, produciendo así, un flujo permanente de cargas de una placa a otra.

El condensador presentará una oposición al paso de corriente alterna que se denominará **Reactancia Capacitiva** que es equivalente a una Resistencia. Esta oposición es de carácter electrostático, es decir, la carga almacenada en el condensador se opone a que éste siga cargándose y esta oposición será mayor cuanto más carga acumule el condensador. Por lo tanto cuando el condensador está totalmente descargado, esta oposición, se comporta como un cortocircuito y, cuando está totalmente cargado, se comporta como una resistencia de valor infinito. Para valores intermedios de carga se comportará como una resistencia de valor intermedio, limitando la corriente a un determinado valor.

Como se mencionó anteriormente, el condensador está continuamente cargándose y descargándose, mientras más lentamente varíe el Voltaje (frecuencia baja), más tiempo estará el condensador en estado de casi carga que en estado de casi descarga, con lo que presentará una oposición alta al paso de la corriente. Mientras que para variaciones rápidas del Voltaje (frecuencias altas) el efecto será el contrario y, por tanto, presentará una oposición baja al paso de la corriente. La Reactancia Capacitiva se puede calcular como:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

donde f es la frecuencia de la CA y C la Capacidad del Condensador.

Al igual que una Resistencia, cumple la Ley de Ohm

$$X_c = V/I$$

En la Figura A.6 se presenta un gráfico de la variación de la Corriente en un circuito con un Condensador de 1000 [μ F] y un Voltaje Alterno sinusoidal con una Amplitud (V_o) de 10 [v] y una frecuencia $f = 50$ [Hz].

$$V = V_o \cdot \text{sen}(2\pi \cdot f \cdot t) \quad (\text{Voltaje en función del tiempo}).$$

$$I = \frac{V_o}{X_c} \text{sen}(2\pi \cdot f \cdot t + \pi/2) \quad (\text{Corriente en función del tiempo}).$$

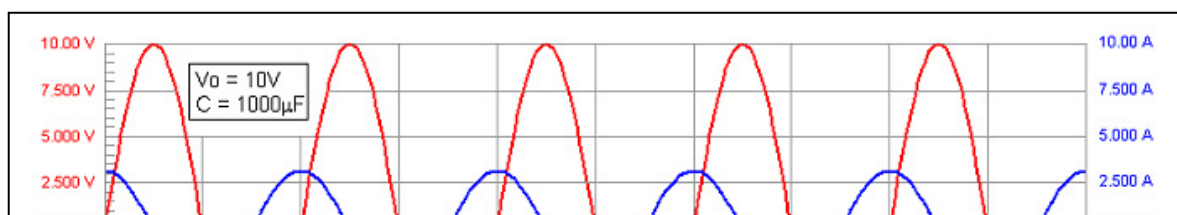


Figura A.6: Variación temporal de la Corriente y Voltaje en un condensador.

En la figura anterior podemos notar que la Corriente esta “adelantada” en un desfase $\pi/2$ de la diferencia de Potencial.

Un circuito más real es el que se compone de una Resistencia y de un Condensador conectados en serie (ver Fig. A.7), por lo que se introduce un nuevo concepto denominado **Impedancia (Z)** que es la suma de la Resistencia y de la Reactancia Capacitiva.

$$Z = R + X_c$$

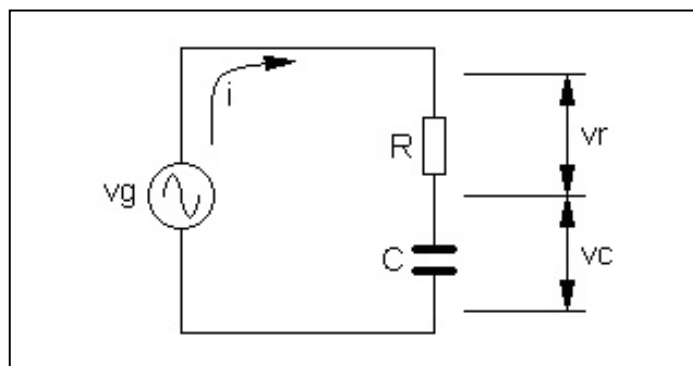


Figura A.7: Circuito RC en serie.

La Figura A.8 muestra la corriente (i), voltaje alterno de alimentación (v_g), y el voltaje entre las placas del Condensador (v_c) para un caso donde $R = 3 [\Omega]$, $C = 100 [\mu F]$, $f = 1 [\text{kHz}]$, y una amplitud $V_o = 10 [v]$ para el Voltaje de alimentación (v_g). La corriente esta “adelantada” en un ángulo $\phi \neq 90^\circ$ con respecto al Voltaje de Alimentación, en un ángulo $\phi = 90^\circ$ con respecto al Voltaje del Condensador (v_c), y en fase con respecto al Voltaje de la Resistencia.

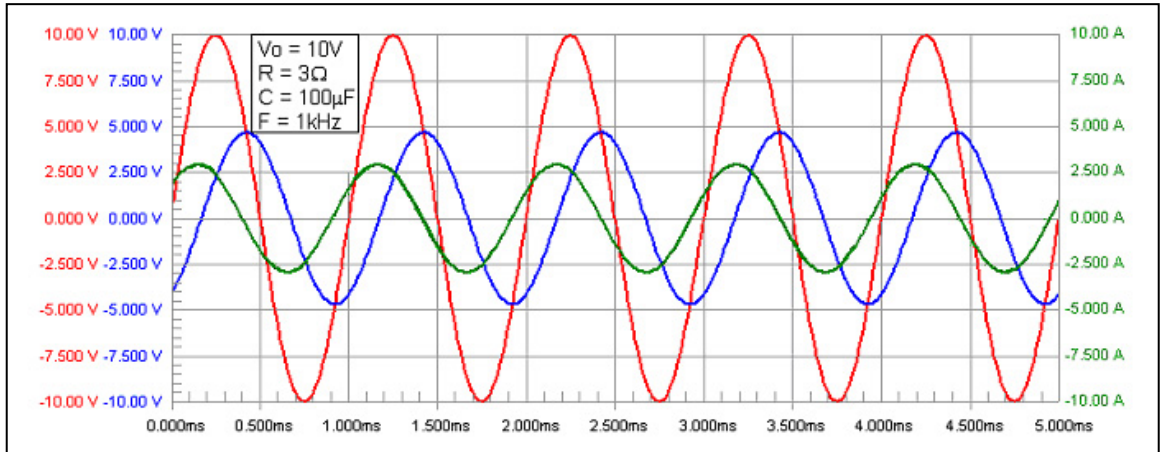


Figura A.8: Corriente (i) (verde), el Voltaje de Alimentación (vg) (rojo) y el Voltaje entre las placas del Condensador (vc) (azul) para un circuito RC en serie.

La corriente (i) esta “adelantada” en un ángulo $\phi \neq 90^\circ$ con respecto al Voltaje de Alimentación (vg), en un ángulo $\phi = 90^\circ$ con respecto al Voltaje del Condensador (vc) y en fase con respecto al Voltaje de la Resistencia.

A.5.2 Acoplamiento Capacitivo.

El acoplamiento capacitivo consiste en el acople entre los cables electrodos y la superficie del medio para conformar un Condensador o Capacitor, donde el escudo coaxial del cable electrodo que cubre el centro conductor actúa como una placa del Condensador, mientras que la superficie del medio es la otra placa, en medio de éstas, está la cubierta de plástico del cable que actúa como el centro aislante del Condensador. La figura A.9 muestra la analogía entre un condensador y el acople capacitivo antes mencionado.

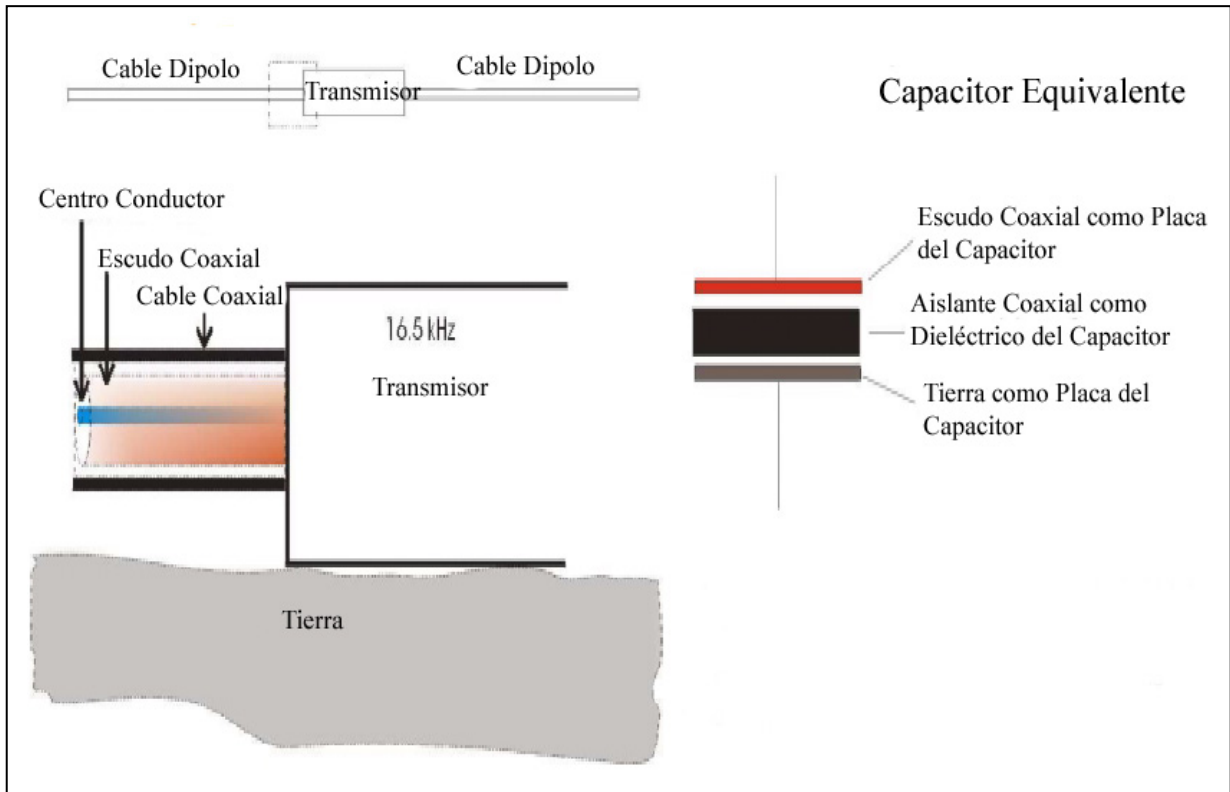


Figura A.9: Acoplamiento Capacitivo entre los Cables Electrodo y la superficie del medio en estudio y su Condensador Equivalente.

El Transmisor emite una Corriente Alterna de 16 kHz de frecuencia para que el Condensador Equivalente este siempre en carga y descarga. Esto permite la inyección permanente de Corriente (Alterna) al medio en estudio.

La Capacitancia de este Condensador Equivalente esta determinada en primer orden por el largo del cable electrodo, así, a mayor longitud del cable electrodo, mayor Capacitancia y por lo tanto mayor capacidad para acoplar corriente al medio.

Tanto, los cables electrodos conectados al transmisor, como al receptor, conforman este Condensador Equivalente, el primero, para inyectar corriente al medio y el segundo, para recibir esta corriente y medir la diferencia de potencial. Por medio de una señal de baja frecuencia (2 kHz), el transmisor le envía al receptor, la información de la corriente que esta transmitiendo. Así el receptor tiene ambas informaciones, la diferencia de potencial medida por él (en μv) y la corriente inyectada al medio por el transmisor medida en mA. Además si se considera la información de la geometría del arreglo de electrodos ingresada en el equipo, se puede realizar el cálculo de la resistividad aparente del medio.

Los cables electrodos conectados al transmisor y receptor se denominan "electrodos lineales", ya que actúan a lo largo de todo el cable y no solamente en un punto como en el caso de los electrodos tradicionales. Para que esto ocurra se necesita que los cables electrodos tengan una resistencia muy baja, sean homogéneos, el diámetro sea constante y que el Voltaje requerido para que la corriente pase a través del electrodo al medio sea mucho más grande que el Voltaje requerido para producir un flujo de corriente al interior del éste. Por esto el centro conductor esta hecho de cobre y la manufacturación de éste, debe ser de calidad.

Con estas condiciones se tiene entonces que, tanto la Capacitancia, como la reactancia Capacitiva por unidad de largo son constantes a través de todo el electrodo, y por consiguiente, la corriente por unidad de largo también lo es.

Cualquier inhomogeneidad en el cable electrodo producirá una inhomogeneidad en la inyección de corriente y por consiguiente la geometría del arreglo de electrodos no será la misma que la considerada para el equipo, por lo tanto la medida de resistividad estará distorsionada.

A.6 Profundidad de Investigación.

La Profundidad de Investigación es la profundidad a la que se puede inyectar corriente al medio y obtener un resultado confiable de la resistividad de éste. Depende del arreglo de electrodos y de la separación entre éstos (parámetro a , ver Figura A.4). En la Figura A.10 se muestra como varía la profundidad de investigación, normalizada por el parámetro a y por el largo del arreglo, en función del tipo de arreglo de electrodos. También se muestra el cálculo del factor geométrico, tomando el parámetro a igual a 1 m. Por ejemplo para un arreglo dipolo-dipolo, si la máxima separación (a) entre los electrodos es de 5 m, y el máximo factor n es de 6, entonces el largo total del arreglo será de 40 m. y por lo tanto, la profundidad de investigación máxima se calculará como 40×0.216 , aproximadamente igual a 8.5 m.

Para el caso del Ohmmapper, la Profundidad de Investigación, además de depender de los parámetros antes mencionados, depende de la resistividad del medio. Para medios poco resistivos, se convierte en una limitante debido al efecto electromagnético. Se define como "Skin Depth" a la máxima profundidad de investigación producto del efecto electromagnético.

Como es sabido, un flujo de corriente produce un campo magnético, si se cambia el sentido de este flujo de corriente, se produce un campo magnético en sentido opuesto al anterior. De acuerdo con la ley de Inducción de Faraday por otro lado, un campo magnético variable induce fuerza electromotriz (diferencia de voltaje) y en definitiva un flujo de corriente. Al igual que el caso anterior si el campo magnético se invierte el flujo de corriente también lo hará.

Un cambio en el flujo de corriente en un alambre, cambiará el campo magnético asociado y éste cambio a su vez, inducirá un voltaje en el alambre. Según la ley de Lenz, la dirección del voltaje inducido se opondrá al cambio de corriente original. La tendencia de un cambio de corriente a crear un voltaje opuesto se denomina **Inductancia** y su unidad de medida es el Henry.

Para el caso de una reactancia capacitiva y de un voltaje CA este efecto es llamado **reactancia inductiva** (X_L)

$$X_L = 2 \pi f L$$

donde X_L = Reactancia en Ohms

f = frecuencia en Hz.

L = Inductancia en Henrys.

La Reactancia Inductiva, tal como una Resistencia, cumple la Ley de Ohm.

$$X_L I = V$$

Array type	z_e/a	z_e/L	Geometric Factor	Inverse Geometric Factor (Ratio)
Wenner Alpha	0.519	0.173	6.2832	0.15915 (1.0000)
Wenner Beta	0.416	0.139	18.850	0.05305 (0.3333)
Wenner Gamma	0.594	0.198	9.4248	0.10610 (0.6667)
Dipole-dipole n = 1	0.416	0.139	18.850	0.05305 (0.3333)
n = 2	0.697	0.174	75.398	0.01326 (0.0833)
n = 3	0.962	0.192	188.50	0.00531 (0.0333)
n = 4	1.220	0.203	376.99	0.00265 (0.0166)
n = 5	1.476	0.211	659.73	0.00152 (0.0096)
n = 6	1.730	0.216	1055.6	0.00095 (0.0060)
n = 7	1.983	0.220	1583.4	0.00063 (0.0040)
n = 8	2.236	0.224	2261.9	0.00044 (0.0028)
Equatorial dipole-dipole				
n = 1	0.451	0.319	21.452	0.04662 (0.2929)
n = 2	0.809	0.362	119.03	0.00840 (0.0528)
n = 3	1.180	0.373	367.31	0.00272 (0.0171)
n = 4	1.556	0.377	841.75	0.00119 (0.0075)
Wenner - Schlumberger				
n = 1	0.519	0.173	6.2832	0.15915 (1.0000)
n = 2	0.925	0.186	18.850	0.05305 (0.3333)
n = 3	1.318	0.189	37.699	0.02653 (0.1667)
n = 4	1.706	0.190	62.832	0.01592 (0.1000)
n = 5	2.093	0.190	94.248	0.01061 (0.0667)
n = 6	2.478	0.191	131.95	0.00758 (0.0476)
n = 7	2.863	0.191	175.93	0.00568 (0.0357)
n = 8	3.247	0.191	226.19	0.00442 (0.0278)
n = 9	3.632	0.191	282.74	0.00354 (0.0222)
n = 10	4.015	0.191	345.58	0.00289 (0.0182)
Pole-dipole n = 1	0.519		12.566	0.07958 (0.5000)
n = 2	0.925		37.699	0.02653 (0.1667)
n = 3	1.318		75.398	0.01326 (0.0833)
n = 4	1.706		125.66	0.00796 (0.0500)
n = 5	2.093		188.50	0.00531 (0.0334)
n = 6	2.478		263.89	0.00379 (0.0238)
n = 7	2.863		351.86	0.00284 (0.0178)
n = 8	3.247		452.39	0.00221 (0.0139)
Pole-Pole	0.867		6.28319	0.15915 (1.0000)

Figura A.10: Profundidad de Investigación z_e , normalizada por el parámetro a y el largo (L) del arreglo de electrodos, y factor geométrico para $a = 1m.$, para distintos arreglos de electrodos.

El flujo de corriente CA causado por el Ohmmapper produce un pequeño Voltaje que gracias a la Ley de Lens sabemos que trata de evitar el flujo de corriente CA.

La corriente que fluye en la parte más superficial del suelo crea un Voltaje que tiende a bloquear la corriente que viene fluyendo desde partes más profundas. En suelos muy resistivos, el voltaje creado por una corriente que fluye al interior del medio es mucho más grande comparado con el voltaje causado por la inductancia del medio, por esta razón el "skin depth" no es un problema en terrenos muy resistivos. En cambio en suelos no muy resistivos el voltaje creado por la inductancia puede ser lo suficientemente grande para reducir el flujo de corriente que viene de profundidad.

Una buena aproximación del "Skin Depth" es:

$$SK = 500\sqrt{(\rho/f)}$$

Donde ρ es la resistividad del medio y f la frecuencia de transmisión (16.5 [KHz] para el caso del Ohmmapper). En la Figura A.11 se presenta un gráfico de la variación del "Skin Depth" según la resistividad del medio para una frecuencia de transmisión de 16 [kHz].

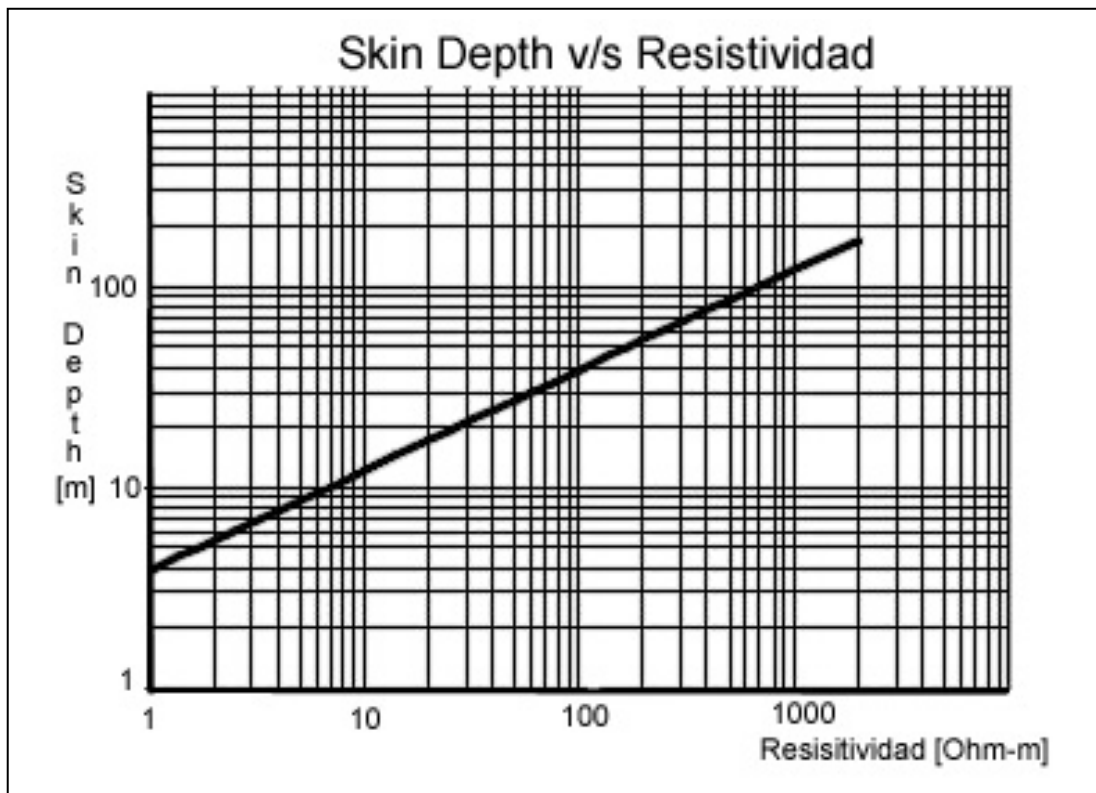


Figura A.11: "Skin Depth" en función de la resistividad del medio.

A.7 Interpretación de Datos.

La interpretación de los datos obtenidos en terreno depende del tipo de instrumento utilizado y de la geometría de adquisición de datos, asumiendo supuestos para cada caso.

A.7.1 Interpretación de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV).

Un Sondaje Eléctrico Vertical, como su nombre lo dice, es un conjunto de medidas tomadas en un mismo punto en la superficie, pero a distinta profundidad, obteniendo distintas medidas de resistividad aparente. Independientemente del arreglo de electrodos utilizados, esté esta centrado siempre en un mismo punto (sobre el cual se desea realizar el SEV) y la profundidad de la medida depende de la separación entre los electrodos.

Para interpretar los datos de un SEV se tiene que asumir un modelo de capas del medio en estudio (Modelo Unidimensional), es decir, que la resistividad varía solo en profundidad y no lateralmente, un supuesto importante, ya que no todos los medios se comportan de esta manera. Otra consideración importante es que los valores de resistividad aparente son en realidad un promedio de las resistividades reales del medio, por lo que por ejemplo un alto valor de resistividad aparente, en general, estará subestimando un valor de resistividad real.

Una información importante que se puede extraer de un SEV es un cambio de resistividad del medio que se verá reflejado en un cambio en las medidas de resistividad aparente, aunque solo la inversión de los datos puede dar una información más confiable de la profundidad a la que ocurre este cambio.

La inversión de los datos de resistividad aparente es un complejo proceso matemático con el cual se obtiene un modelo de la distribución de resistividad real en el medio.

La figura A.12 muestra un ejemplo de un Modelo Unidimensional para interpretar los datos de un SEV, notar la subestimación de los valores de resistividad por parte de las medidas y el cambio de resistividad reflejado en los datos que alcanzan un máximo y luego decaen.

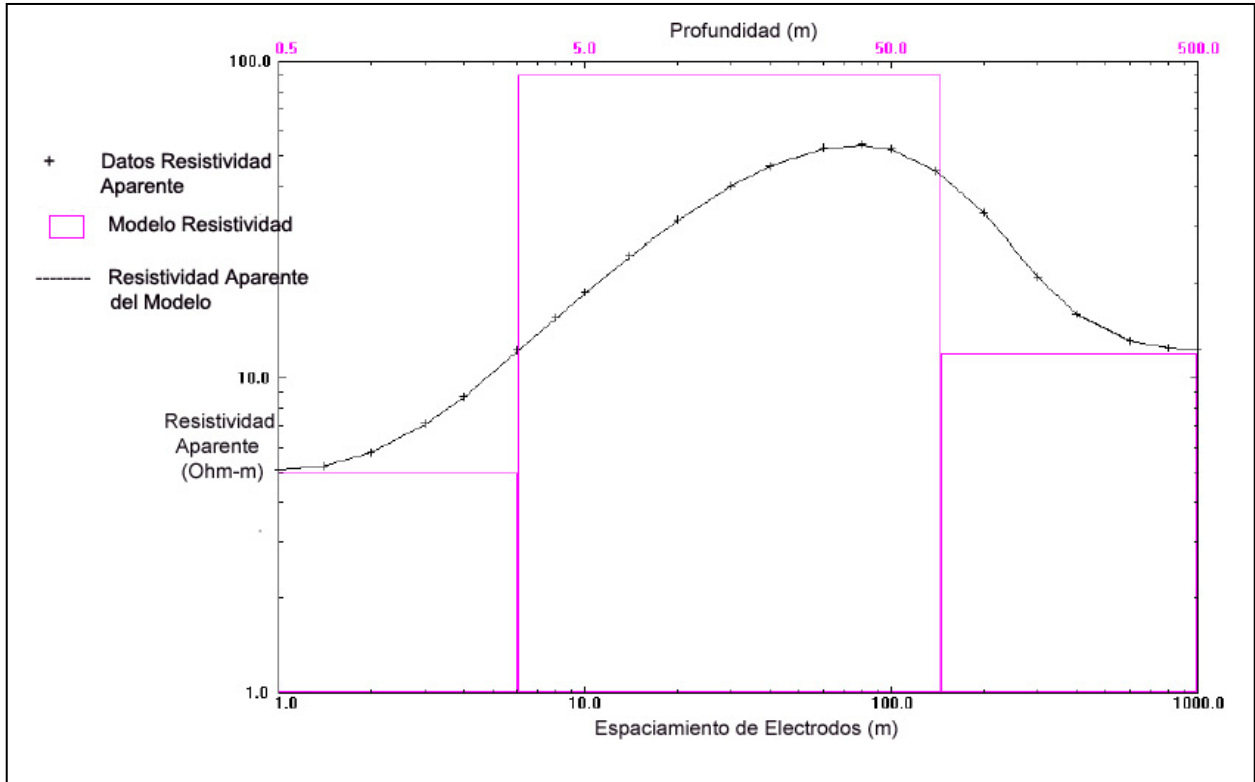


Figura A.12: Modelo Unidimensional para medidas tomadas por un SEV.

A.7.2 Interpretación de Pseudosecciones de Resistividad.

Una Pseudosección de Resistividad es un conjunto de medidas de Resistividad Aparente que conforman un arreglo en dos dimensiones, es decir, un perfil de resistividad. Puede ser construida uniendo distintos SEV equiespaciados unos de otros con datos a igual profundidad. La figura A.13 muestra un ejemplo de la construcción de una pseudosección con un arreglo Wenner. En este ejemplo se puede notar el gran número de medidas necesarias para la construcción de la pseudosección y por consiguiente el largo tiempo y trabajo empleado, sobre todo por el tipo de arreglo escogido.

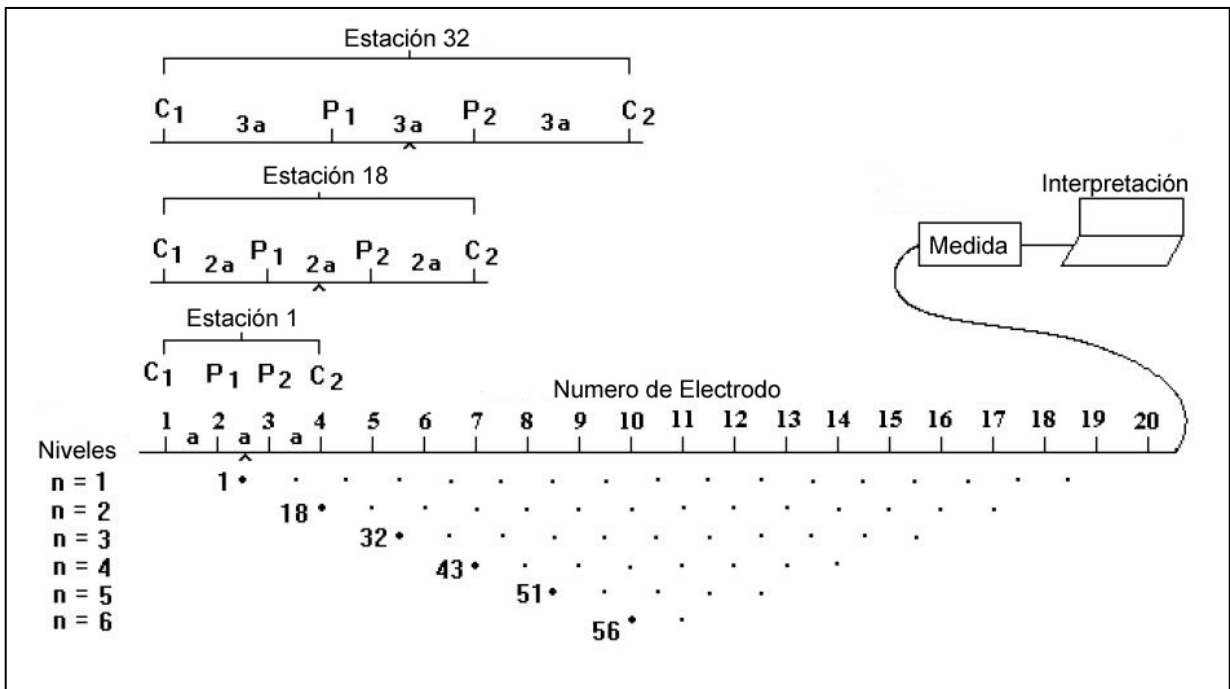


Figura A.13: Construcción de una pseudosección utilizando un arreglo de Wenner.

El ohmmapper puede realizar estas medidas mucho más fácil y rápido, obteniendo además pseudosecciones de mayor detalle e incluso medidas sobre una grilla de puntos, pudiendo realizar así, un modelo tridimensional del medio.

La figura A.14 muestra un ejemplo de una pseudosección obtenida con el Ohmmapper (figura superior), del modelo bidimensional de resistividad obtenido por la inversión de los datos (figura inferior) y de la pseudosección teórica que representa al modelo (figura central). Notar la igualdad de las pseudosecciones y nuevamente la subestimación y sobreestimación de los valores de resistividad de la pseudosección comparada con el modelo.

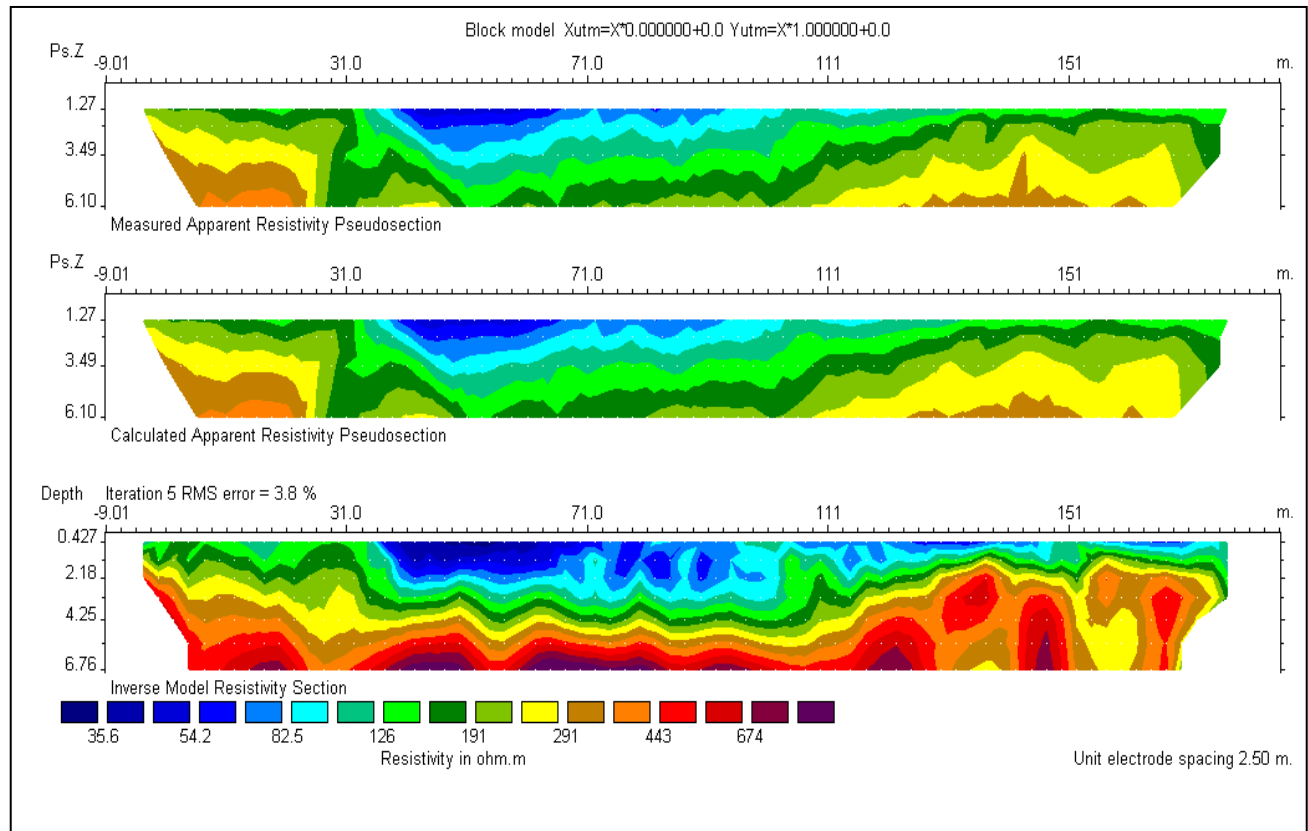


Figura A.14: Ejemplo de una Pseudosección medida con el Ohmmapper y Modelo Bidimensional resultante de la inversión de los datos.

Como se dijo anteriormente, el valor de resistividad aparente en un punto es un promedio de la resistividad en un entorno a este punto, por lo que una pseudosección difiere mucho de la distribución real de resistividad en el medio. A continuación, en las figuras A.15, A.16, A.17 y A.18, se muestran algunos ejemplos de modelos teóricos con sus respectivas pseudosecciones para dar cuenta de esta característica.

En estos ejemplos también se puede notar que los valores de resistividad aparente dependen del arreglo de electrodos utilizado.

A.7.2.1 Modelo 1: Bloque Centrado en un Semiespacio.

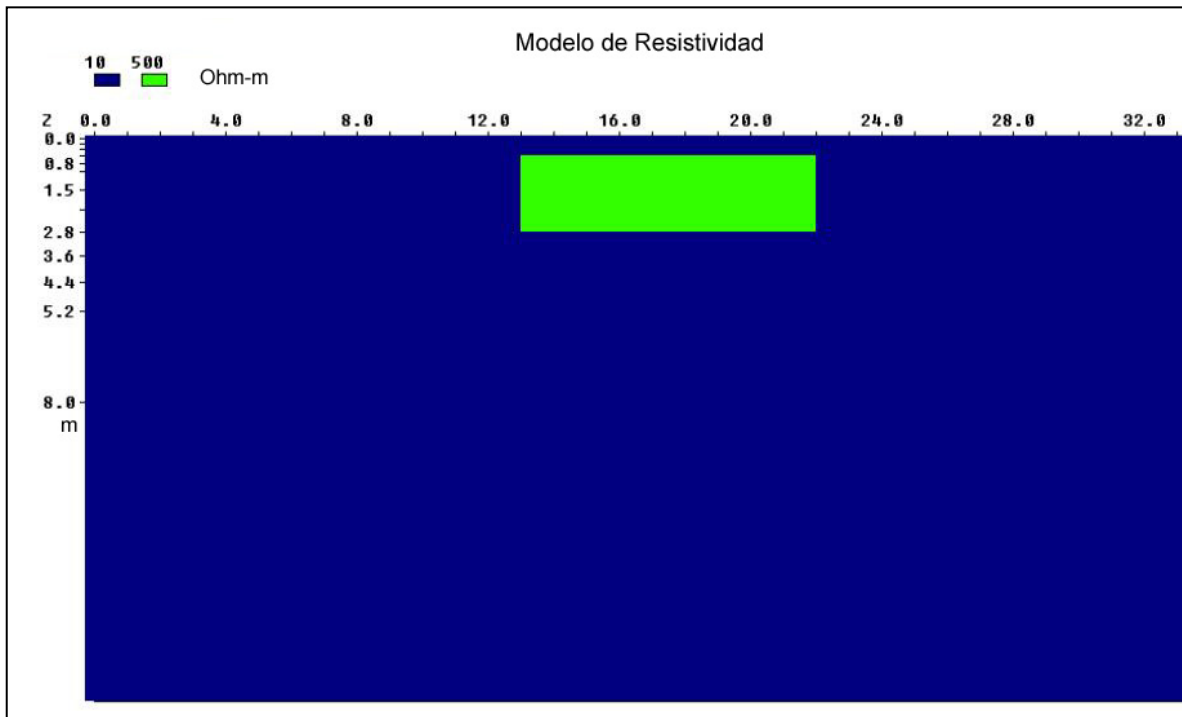


Figura A.15: Modelo de Bloque de 500 Ωm , centrado en un Semiespacio de 10 Ωm .

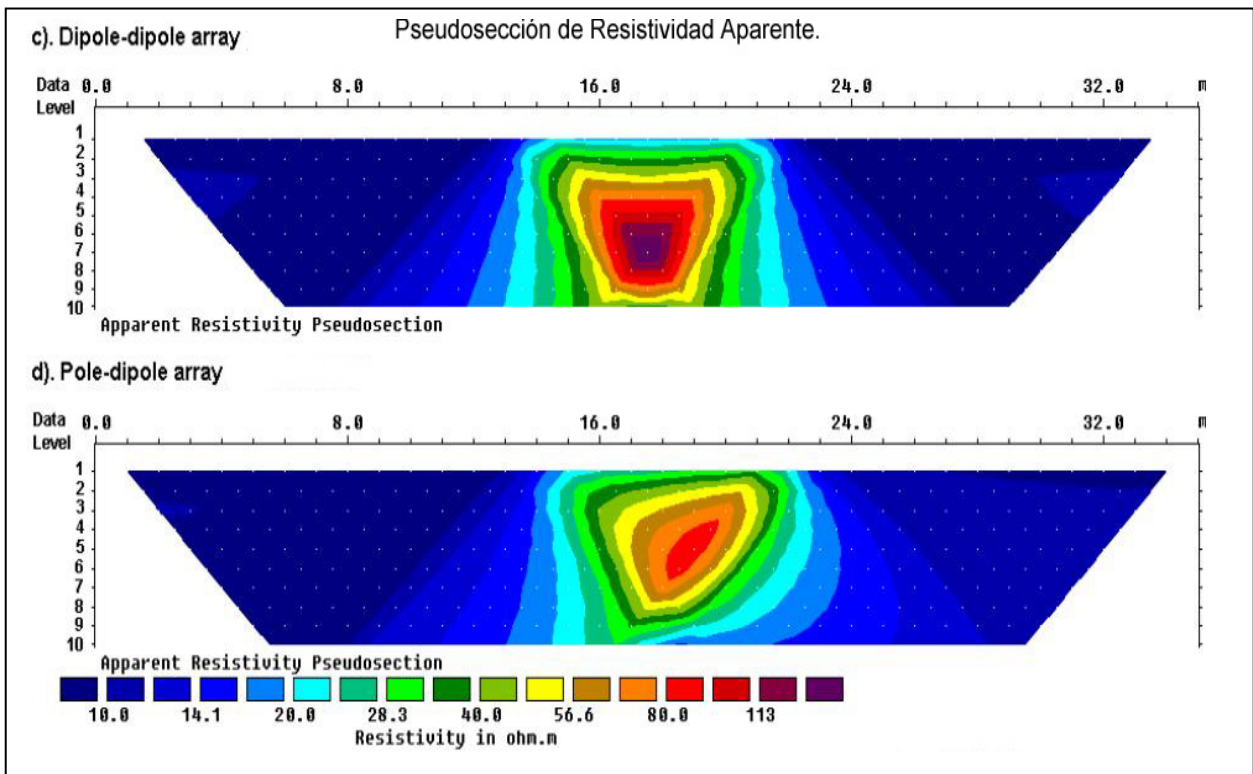


Figura A.16a: Pseudosección de Resistividad Aparente para Modelo 1 en un arreglo Dipolo-Dipolo y un arreglo Polo-dipolo.

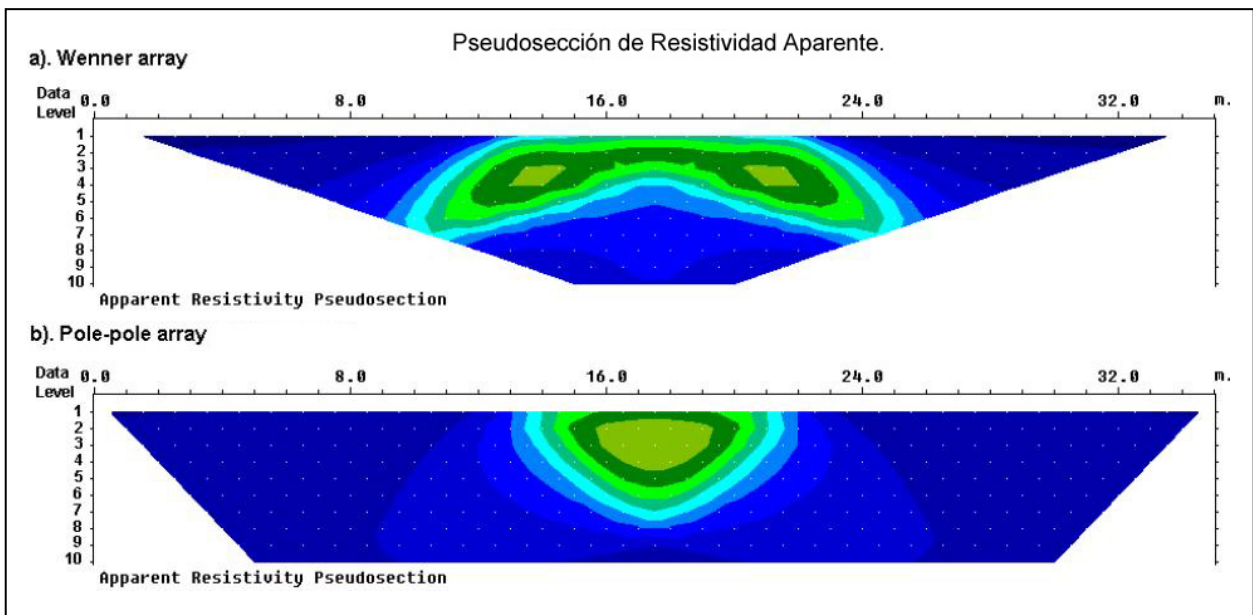


Figura A.16b: Pseudosección de Resistividad Aparente para Modelo 1 en un arreglo Wenner y un arreglo Polo-Polo.

A.7.2.2 Modelo 2: Inhomogeneidad Lateral en dos capas.

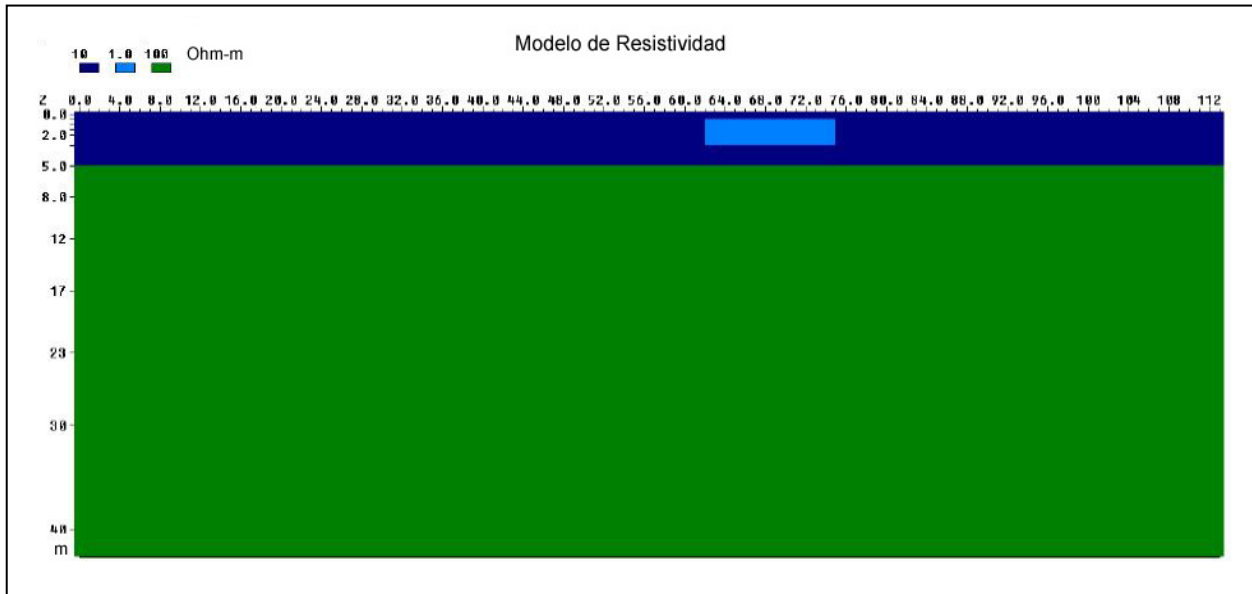


Figura A.17: Modelo 2 de inhomogeneidad lateral de $1 \Omega\text{m}$, en dos capas con resistividades de $10 \Omega\text{m}$ y $100 \Omega\text{m}$.

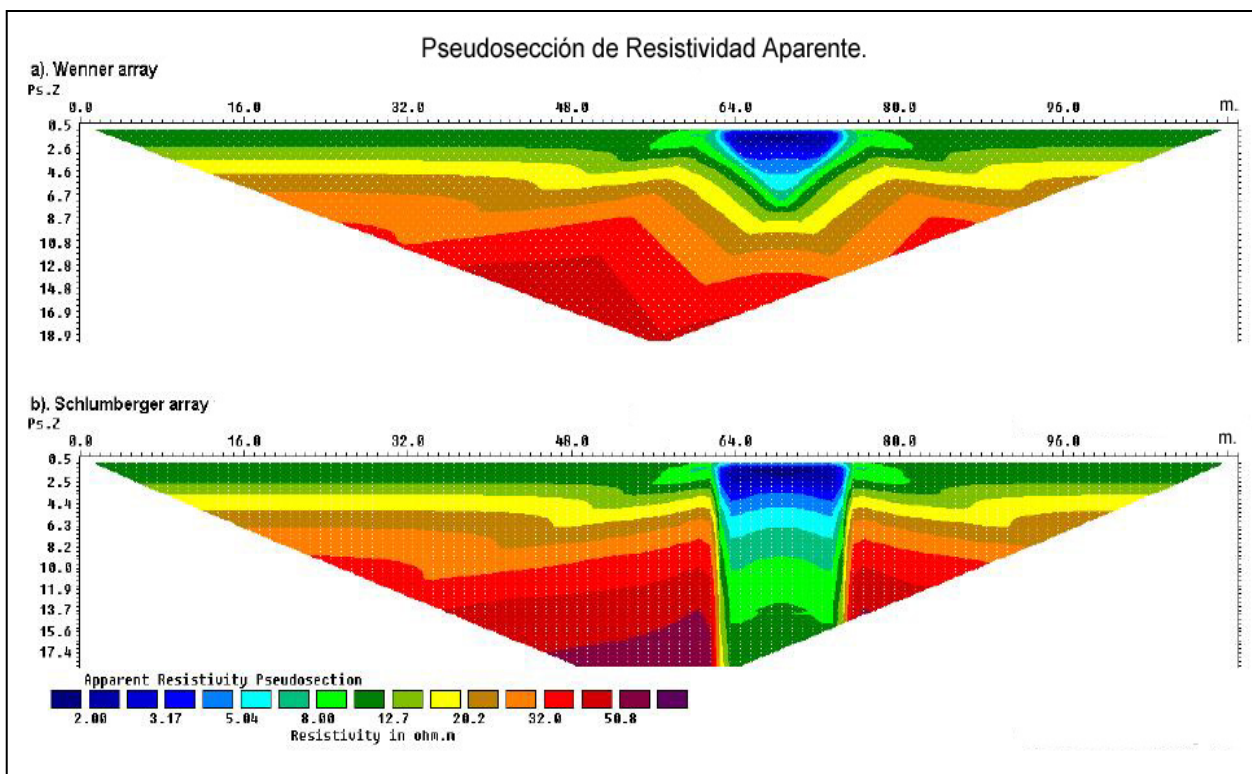


Figura A.18: Pseudosección de Resistividad Aparente para Modelo 2 en un arreglo Wenner y un arreglo Schlumberger.