



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y  
NATURALES

PRACTICA SUPERVISADA

Estudio Hidrogeológico y Estudio de Suelos

**Maximiliano José Carle**

Tutor: Ing. Pablo Abbona  
Supervisor Externo: Geól. Raúl Carle

08/11/2014

# ÍNDICE

Introducción.....	1
Objetivos y criterios de la metodología usada.....	2
PARTE I .....	3
MARCO TEÓRICO .....	4
Descripción.....	5
Aplicaciones .....	9
APLICACIÓN EN PRÁCTICA SUPERVISADA.....	15
Objetivos.....	15
Ubicación.....	15
Equipo y Materiales .....	16
Metodología.....	17
Resultados.....	18
Conclusión Parte I .....	22
ANEXO I .....	23
PARTE II .....	44
MARCO TEÓRICO .....	45
Introducción .....	45
Campos de acción.....	46
Principio físico .....	48
Partes del Penetrómetro.....	49
Ensayo de golpeo y penetración .....	50
APLICACIÓN EN PRÁCTICA SUPERVISADA.....	52

Objetivos.....	52
Ubicación.....	52
Equipos y materiales .....	52
Metodología.....	53
Resultados.....	54
Conclusión Parte II .....	59
ANEXO II .....	60
Conclusión.....	70
Bibliografía y referencias .....	71

## Introducción

El presente trabajo refleja las actividades realizadas con el fin de cumplir con los requisitos de la materia Práctica Supervisada y con ésta completar la formación del estudiante.

El objetivo fundamental de la Práctica Supervisada es que el alumno tome contacto con el medio laboral antes de recibirse, es por ello que debe cumplir un número de horas mínimo fuera de la Facultad, satisfaciendo los objetivos inicialmente planteados que se transcriben a continuación:

1. Desarrollo personal y profesional en el ámbito de trabajo cotidiano, se prevé que logre principalmente comprender la importancia del desarrollo personal y su correlación con el desarrollo profesional durante su actividad de trabajo.
2. Interacción permanente del alumno con un grupo de profesionales afines a la Ingeniería.
3. Introducir en forma práctica al alumno en los métodos reales y códigos relativos a las organizaciones laborales.
4. Observar cómo se aplican los conceptos aprendidos durante la formación en diferentes casos prácticos. Y de esta manera tener una aproximación con la carrera profesional que comienza a desarrollar el alumno.

## Objetivos y criterios de la metodología usada

La práctica fue llevada a cabo en la empresa R. CARLE S.A., la cual se dedica a brindar servicios geológicos y geotécnicos, y tiene como actividades principales la perforación de pozos y prospección subterránea en la provincia de Córdoba.

La misma comenzó el 11 de Mayo de 2009 y finalizó el 13 Junio de 2009, fecha en la que se completaron más de 200 horas mínimas exigidas por el reglamento, en el régimen de práctica supervisada no rentada.

Las tareas efectuadas durante el lapso de las prácticas supervisadas en la empresa fueron principalmente dos: Prospección Geofísica y Estudio de Suelos. Estos trabajos fueron ejecutados con diferentes objetivos y momentos.

Es por ello que la estructura de este informe tendrá dos partes, ocupando cada tema por separado de la siguiente manera.

Parte I: Estudio Hidrogeológico

Parte II: Estudio de Suelos

Como se dijo, cada una de las partes se tratará por separado y tendrán una introducción teórica al tema en forma de "Marco Teórico" y un desarrollo de la actividad realizada por la empresa denominada en el informe como "Aplicación en Práctica".

Los temas desarrollados tienen aplicaciones en obras de ingeniería civil y están vinculados a ramas de la geotecnia, geología, hidrología y exploraciones de subsuelo.

Los objetivos particulares buscados por estos trabajos son los de obtener un acercamiento a los métodos de investigación de *exploración del subsuelo*, que sirven para captar información de gran utilidad para el ingeniero.

## **PARTE I**

### **Estudio Hidrogeológico**

La tarea fundamental realizada fue la de conocer y aprender en detalle la realización de estudios de prospección física, específicamente de geoelectrica.

La empresa R. Carle S.A. se encuentra en Río Tercero y posee gran trayectoria en realización de prospección geofísica, en este caso particular geoelectrica, en la provincia de Córdoba y otras provincias.

En esta ocasión se realizó un estudio a pedido del comitente, en la zona de Candelaria, provincia de San Luis, para detectar posibles fuentes de agua subterránea con el fin de utilizarla para riego de sembradíos.

En ésta "Parte I" se procederá, primero a detallar un marco teórico sobre Sondeo Eléctrico Vertical (prospección geoelectrica), introducción (teórica, técnica, descriptiva), sus aplicaciones y conceptos fundamentales. Luego se comenzará a desarrollar la práctica supervisada propiamente dicha con su aplicación y resultados.

## MARCO TEÓRICO

### Estudio Geoeléctrico: Sondeo Eléctrico Vertical

#### Introducción

El Sondeo Eléctrico Vertical intenta distinguir o conocer las formaciones geológicas que se encuentran en profundidades mediante parámetros de resistividad efectiva.

Este método es muy antiguo pero se sigue utilizando debido a su sencillez y la relativa economía del equipo necesario. Su principal finalidad es averiguar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie.

Para estos estudios se utilizan de dispositivos eléctricos tales como los de Wenner y Schlumberger, este último es más utilizado debido a las ventajas que presenta.

La profundidad de penetración de la corriente eléctrica depende de la separación de los electrodos inyectores AB. Si la distancia entre los electrodos AB aumenta, la corriente circula a mayor profundidad pero su intensidad disminuye. Por medio de este estudio se conoce la forma, la composición y las dimensiones de las estructuras que se encuentran en el subsuelo a partir de la superficie terrestre.

La profundidad de investigación ha sido considerada sinónimo de la profundidad de penetración de la corriente, sin embargo, el efecto de una capa en los potenciales o campos observados en superficie no dependen únicamente de la intensidad de corriente que la atraviesa.

Las aplicaciones más comunes de estos estudios son:

- Estudios para la localización de aguas subterráneas.
- Investigaciones tectónicas para la búsqueda de petróleo.
- Estudios para investigaciones geológicas.
- Estudios para la localización y cubicación aproximada de materiales de construcción.
- Estudios de cimentación para ingeniería civil.
- Localización de diversos materiales minerales.

## Descripción

El Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) es una herramienta ampliamente utilizada por su sencillez y la relativa economía del equipo necesario. El objetivo de este estudio es delimitar capas del subsuelo obteniendo sus espesores y resistividades; y finalmente tratar de identificar el tipo de roca de acuerdo con su resistividad.

Un SEV puede realizarse sobre cualquier combinación de formaciones geológicas, pero para que la curva de resistividad aparente sea interpretable, el subsuelo debe estar representado por capas horizontales y homogéneas. En muchos casos la realidad se acerca lo suficiente a esta restricción teórica como para que los resultados sean aprovechables; en otros casos el procedimiento no es aplicable.

El agua pura es muy poco conductora a causa de su muy reducida disociación. La resistividad del agua destilada es de unos 105  $\Omega\text{m}$  por lo que puede considerarse como aislante. Las aguas que se encuentran en la naturaleza presentan, sin embargo, conductividad apreciable, pues siempre tienen disuelta alguna sal, generalmente NaCl. Así las aguas de lagos y arroyos de alta montaña varían entre 103  $\Omega\text{m}$  y 3000  $\Omega\text{m}$ , las aguas subterráneas tienen resistividades de 1 a 20  $\Omega\text{m}$ , y las aguas marinas tienen una resistividad de unos 0,2  $\Omega\text{m}$ .

Si la resistividad de las rocas dependiese únicamente de los minerales constituyentes, habrían de considerarse como aislantes en la inmensa mayoría de los casos, puesto que el cuarzo, los silicatos, la calcita, las sales, etc., lo son prácticamente. Sólo en el caso de que la roca contuviese minerales semiconductores en cantidad apreciable, podría considerarse como conductora, es decir, sólo lo serían las menas metálicas.

Afortunadamente, todas las rocas tienen poros en proporción mayor o menor, los cuales suelen estar ocupados total o parcialmente por electrolitos, de lo que resulta que, en conjunto, las rocas se comportan como conductores iónicos, de resistividad muy variable según los casos.

La resistividad de las rocas puede variar en margen amplísimo en función del contenido en agua, de la salinidad de ésta y del modo de distribución de los poros.

La siguiente figura presenta un gráfico de los márgenes de variación más comunes en algunas rocas y minerales. La fisuración, impregnación en agua salada, etc., pueden extender estos límites.

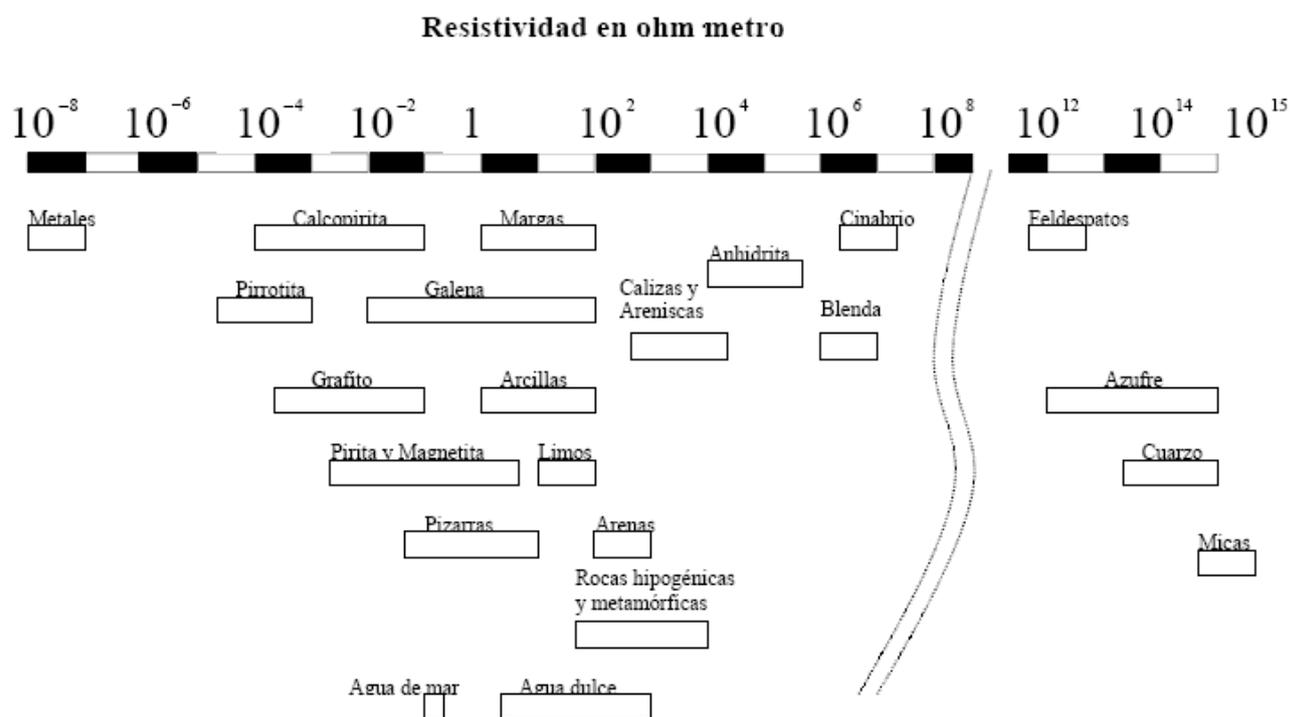


Figura 2.1. Valores de resistividad de diferentes rocas y minerales (Orellana, 1982)

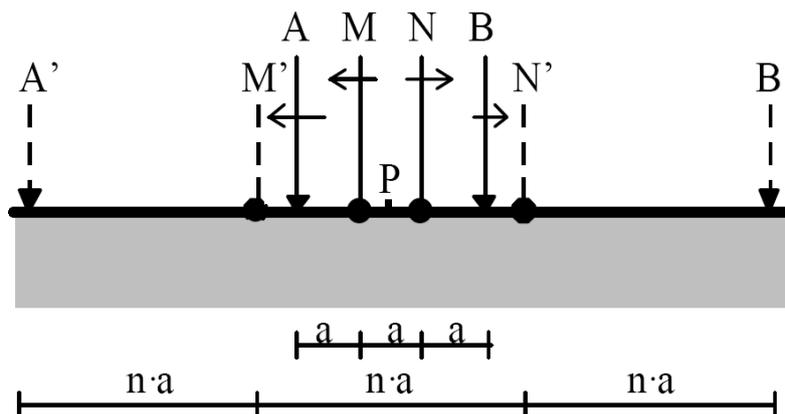
## Sondeos

Las investigaciones del subsuelo pueden realizarse en dos direcciones la primera en sentido horizontal que recibe el nombre de calicatas o perfil resistivo en el que el factor  $K$  permanece constante para una serie de medidas. La segunda, es en sentido vertical el cual recibe el nombre de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) definiéndose como una serie de determinaciones de resistividad aparente, los dos estudios son efectuados con el mismo dispositivo, y el segundo su procedimiento de ejecución consiste en aumentar progresivamente la distancia entre los electrodos manteniendo un punto fijo central.

A continuación se describen dos métodos de ejecución:

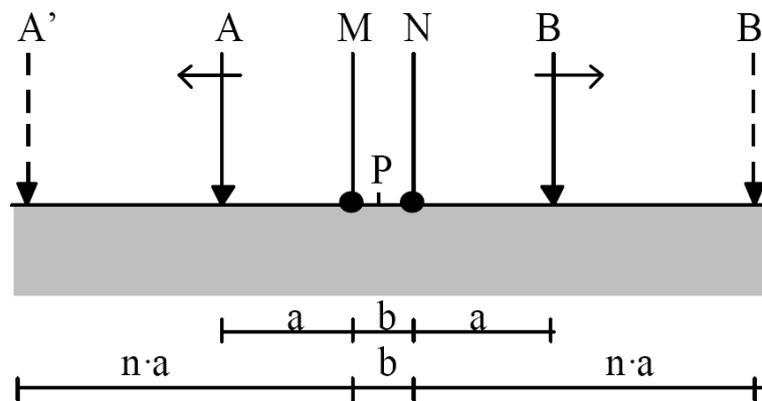
### Sondeo Wenner

Dado que el dispositivo Wenner AMNB con separación interelectródica  $a$ , el sondeo consiste en aumentar progresivamente el valor de  $a$  manteniendo un punto central fijo  $P$ . Para la representación de datos se muestran en ordenadas el valor de la resistividad aparente medida  $\rho_a$ , en ohms y en las abscisas en valor de  $a$  en metros de cada paso o punto.



### Sondeo Schlumberger.

Dado el dispositivo Schlumberger AMNB con  $AB \gg MN$ , el sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectoros A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo P. La representación de este sondeo muestra en ordenadas  $\rho_a$  ( $\Omega \cdot m$ ) y en abscisas la distancia  $AB/2$  (m). En este sondeo el efecto de las heterogeneidades irrelevantes es menor pues sólo se mueven el par de electrodos inyectoros A y B.

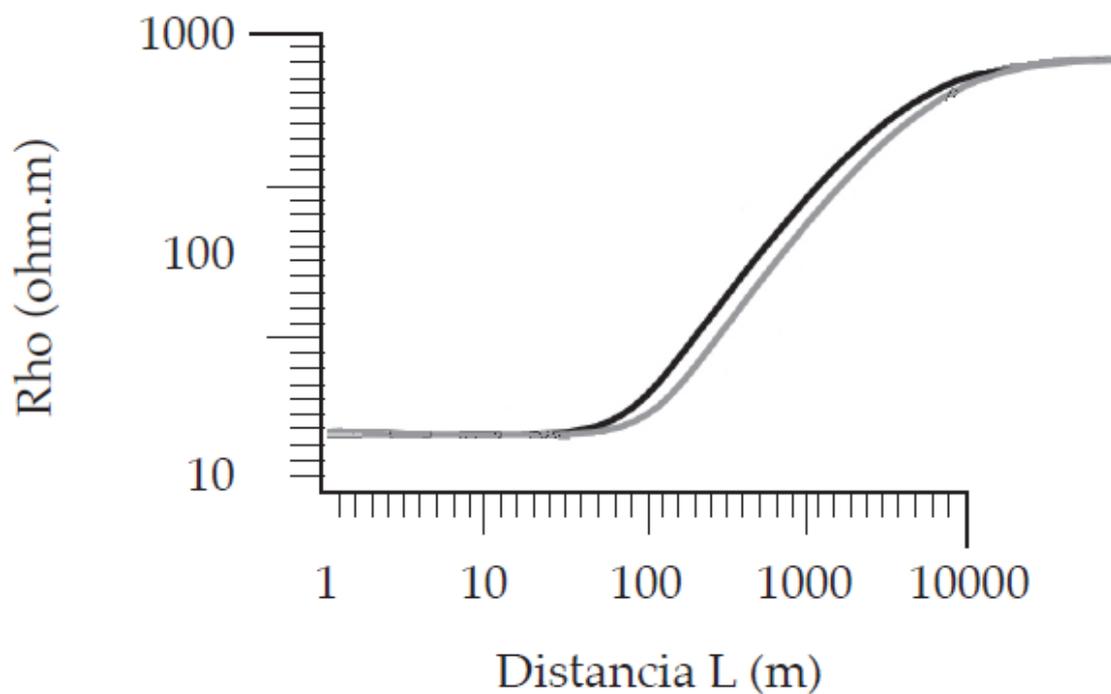
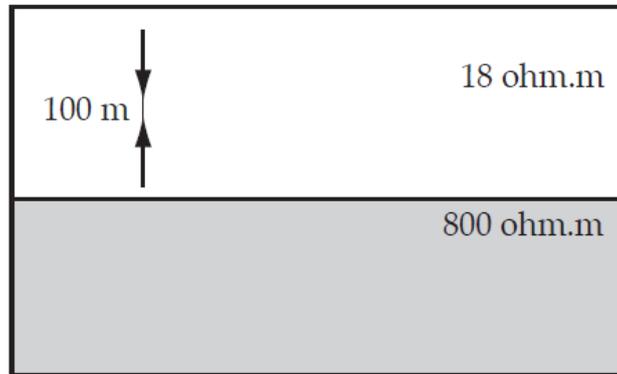


### Efectos laterales en el SEV y ambigüedades en su interpretación

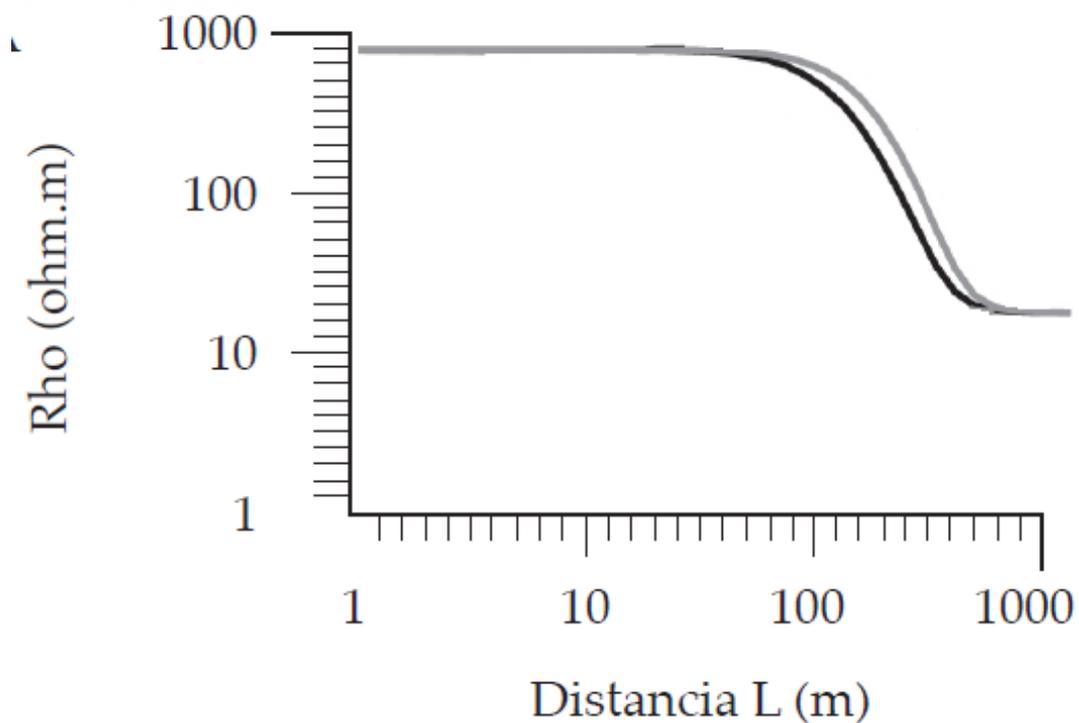
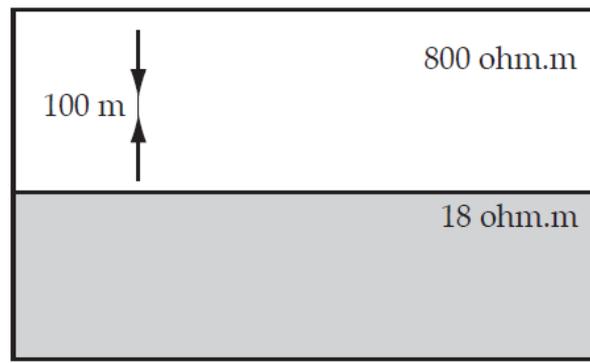
Si el dispositivo eléctrico está próximo a una interferencia vertical, las líneas de corriente serán distorsionadas por lo que la diferencia de potencial  $\Delta VMN$  se verá afectado por el otro medio, tanto más cuanto mayor sea la separación de los electrodos AB. Por lo tanto, la medida de la resistividad aparente en un SEV está influida por la distribución de resistividades en un cierto volumen de terreno. Esto implica que para distancias AB grandes no se sabrá si la resistividad aparente es debida a cambios de estructuras en la profundidad o a las heterogeneidades laterales por contraste de resistividades.

Puede ocurrir que las curvas de resistividad aparente para dos casos diferentes de SEV sean idénticas si la relación entre profundidad a la que se encuentra un estrato y su resistividad permanece constante, lo que provoca una ambigüedad en la deducción del grosor de la capa y su resistividad.

Los dos gráficos presentados a continuación; permiten constatar las diferencias en la profundidad de investigación que presentan los diferentes dispositivos.



Modelización de la profundidad de investigación de los diferentes dispositivos. Schlumberger (línea negra), Wenner (línea gris).



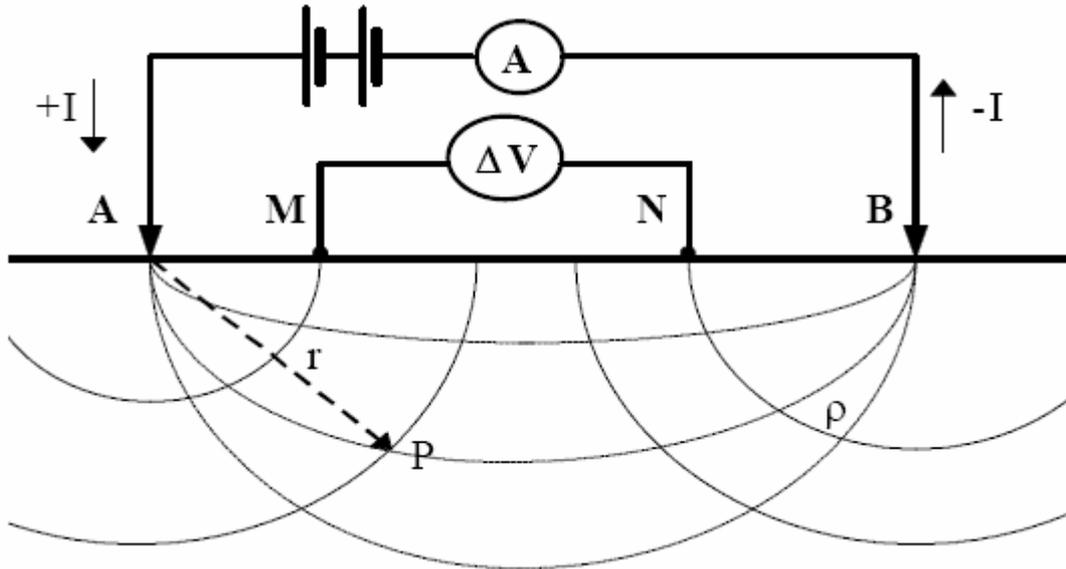
Modelización de la profundidad de investigación de los diferentes dispositivos. Schlumberger (línea negra), Wenner (línea gris).

### Aplicaciones

El SEV es aplicable cuando el objetivo tiene una posición horizontal y una extensión mayor que su profundidad. Tal es el caso del estudio de capas tectónicas, hidrológicas, etc. También es adecuado para trabajar a poca profundidad sobre topografías suaves como complemento de las calicatas eléctricas, con el objetivo de decidir la profundidad a la cual realizar el perfil de resistividades, como ocurre por ejemplo en Arqueología. El SEV no es adecuado para contactos verticales, fallas, diques, etc.

## Medida de la resistividad eléctrica

La figura muestra el principio de medida de la resistividad del suelo:



Dispositivo tetraelectrónico para la medida de la resistividad del suelo

Se inyecta una corriente  $I$  entre el par de electrodos  $AB$  y se mide la tensión  $\Delta V$  entre el par de electrodos  $MN$ . Si el medio es homogéneo de resistividad  $r$ , la diferencia de tensión es (Orellana, 1982)

$$\Delta V = \frac{I}{2} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)$$

donde  $AM$ ,  $AN$ ,  $BM$ ,  $BN$  son las distancias entre electrodos. La resistividad viene dada por la expresión

$$\rho = g \frac{\Delta V}{I}$$

Medida de la resistividad eléctrica del subsuelo

Donde

$$g = 2 \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)^{-1}$$

es un factor geométrico que depende exclusivamente de la disposición de los electrodos.

Dos dispositivos tetraelectródicos lineales (los cuatro electrodos están en línea) en los que intercambiamos los electrodos de inyección y detección presentan unos coeficientes de dispositivo

$$g_1 = 2 \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)^{-1}$$

$$g_2 = 2 \left( \frac{1}{MA} - \frac{1}{MB} - \frac{1}{NA} + \frac{1}{NB} \right)^{-1}$$

Dado que las distancias cumplen  $AM=MA$ ,  $AN=NA$ , etc., se obtiene que  $g_1 = g_2$ .

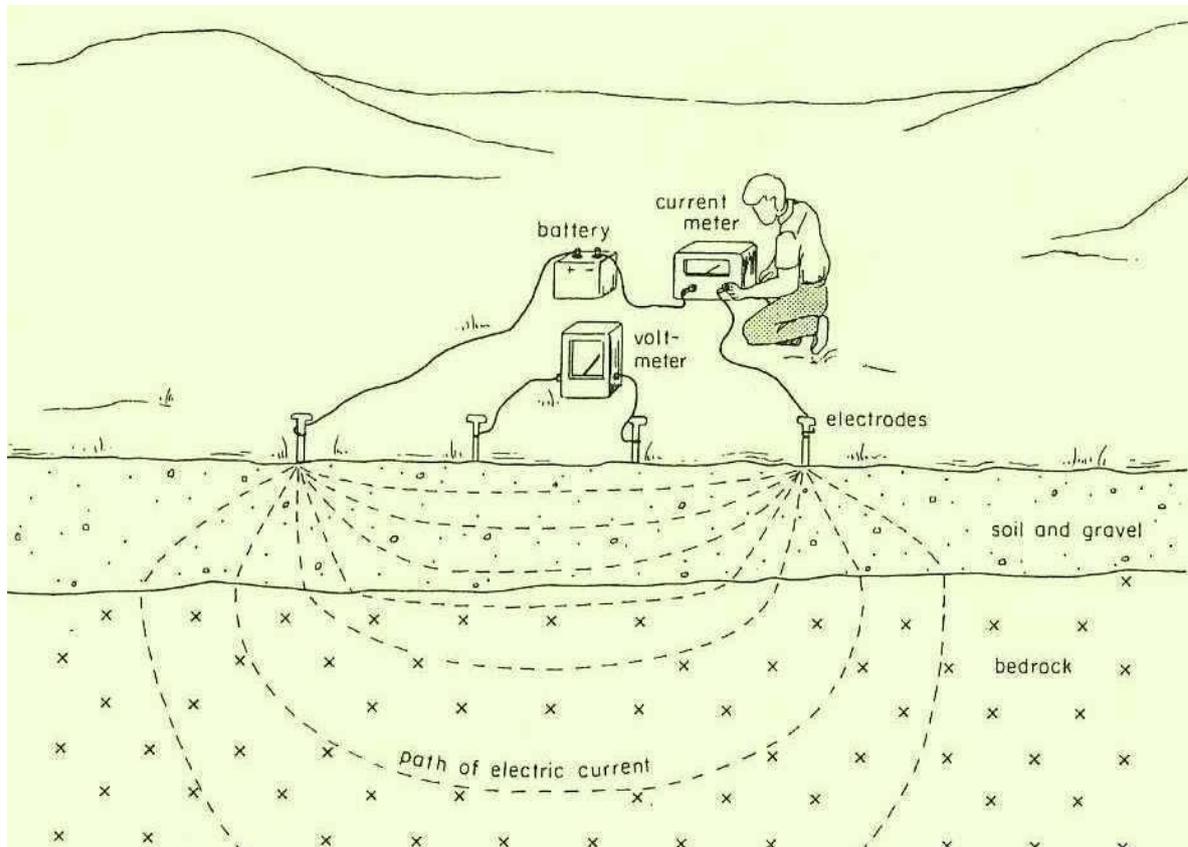
Luego si el medio es homogéneo, para una misma corriente de inyección las diferencias de potencial leídas  $\Delta V_1$  y  $\Delta V_2$  serán iguales. Por tanto la resistividad medida  $r$  será independiente de la posición de los electrodos de inyección y detección cuando estos se intercambian.

Esta propiedad se conoce con el nombre de principio de reciprocidad, que se cumple también para medios heterogéneos (Orellana, 1982). No obstante, en la práctica no es conveniente colocar los electrodos M y N tan separados como suelen estar los A y B, pues al ser grande la distancia entre los primeros, la medida se vería afectada por las corrientes telúricas, parásitas industriales, etc., cuyo efecto aumenta proporcionalmente con la distancia entre M y N.

Equipo básico de campo

Se requerirá de una batería (de 4,5 a 12 voltios, a veces 2 ó 3 en serie) o bien, más raramente, de un generador (normalmente movido por un motor a

explosión, de 200 W a 1 KW) que se hace funcionar a frecuencia mínima (alrededor de 0,1 hz).



Los electrodos empleados son cuatro (como vimos, dos de corriente y dos de potencial) y consisten en varillas de acero inoxidable de unos 70 cm de largo. Se los entierra unos 20 cm y se puede recurrir al riego con agua salada si no hay buen contacto eléctrico. Los electrodos de potencial podrían ser de tipo impolarizable, como los requeridos para mediciones del potencial espontáneo, aunque esto sólo es recomendable en ciertos casos especiales donde la polarización en el contacto con el suelo altera significativamente las mediciones.

Además serán necesarios un Amperímetro para medir la intensidad de corriente entregada por la batería y un Voltímetro (con lectura de milivoltios) para registrar las tensiones eléctricas. Y, por supuesto, cables para armar el circuito, que se enrollan como muestra la foto.

Procesamiento e Interpretación de un SEV:

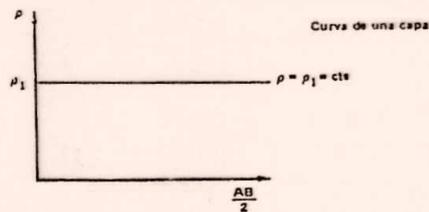
Sean las curvas registradas del dispositivo Wenner, Schlumberger u otro de los muchos que existen, el paso siguiente es procesar la información. Para esto se vuelcan los datos en gráficas como las vistas a continuación ( $\rho$  a en ordenadas versus  $a$ ,  $AB/2$  u otra distancia interelectródica de referencia, según sea el dispositivo, representada en abscisas) y luego se efectúa la superposición de la gráfica de campo con curvas patrones como las indicadas en la figura siguiente.

### CURVAS PATRONES:

Se obtienen según un modelo físico simplificado que cumple:

- A) Discontinuidades horizontales c/ última capa  $\rho = \text{infinito}$   
 B) No existen variaciones laterales de resistividad.

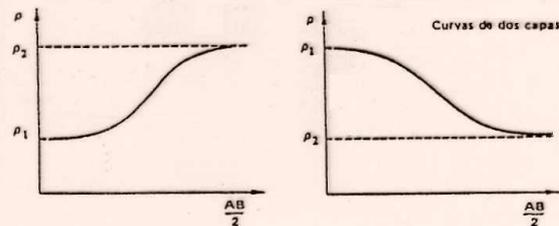
#### 1 CAPA:



#### 2 CAPAS:

La curva comienza tangente a  $\rho_1$  y tiende asintóticamente a la resistividad de la 2ª capa  $\rho_2$

Tendremos dos posibilidades:  $\rho_2 > \rho_1$  ó  $\rho_2 < \rho_1$



#### 3 CAPAS:

Se caracterizan porque poseen un máximo o un mínimo o tres puntos de inflexión (no siempre apreciables).

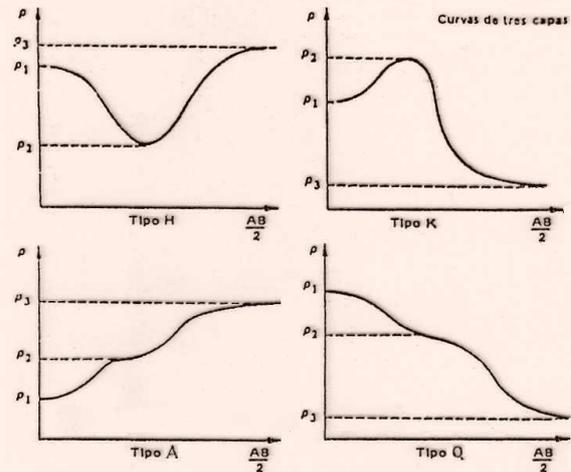
Se clasifican en los siguientes tipos:

TIPO H  $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$  (fondo de barco)

TIPO K  $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$  (campana)

TIPO A  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$  (escalera ascendente)

TIPO Q  $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$  (escalera descendente)



Desde la superposición se puede interpretar el número de capas sondeadas, así como calcular sus resistividades ( $\rho_1$ ,  $\rho_2$ , etc.) y el espesor de cada una de ellas, partiendo siempre de la asunción de que no existen variaciones laterales de  $r$  en los estratos modelados y que la  $\rho_n$  (la que subyace a los niveles de interés) es infinita.

## **APLICACIÓN EN PRÁCTICA SUPERVISADA**

### **Objetivos**

- Realizar Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) para conocer el procedimiento de ejecución por el arreglo de Wenner simétrico.
- Identificar la naturaleza de los materiales mediante la resistividad.
- Determinar la profundidad probable a la que se encuentra el acuífero.
- Conocer el funcionamiento y el manejo del equipo de prospección geoelectrica.
- Procesar e interpretar la información obtenida en la fase de campo

El objetivo fue prospectar el subsuelo, mediante S.E.V. (sondeo eléctrico vertical), en varias posiciones distribuidas proporcionalmente a la superficie afectada (extensión del campo), teniendo en cuenta las posibilidades prácticas de realización de los registros, y cuyo fin principal es evaluar el potencial acuífero general del lugar para posterior explotación y riego.

### **Ubicación**

El campo en donde se realizó el SEV se encuentra colindando al Oeste con la Ruta 79, justo al frente de la entrada principal a la Localidad de Candelaria, Prov. de San Luís. Se realizaron 6 registros geoelectricos en total.

Los distintos Sondeos Eléctricos Verticales se ubican en el Plano adjunto (anexo 1) y fueron posicionados satelitalmente, los mismos alcanzaron los 150 metros de profundidad de lectura en todos los casos.

Los puntos ubicados con GPS son los siguientes:

SEV N° 0 = S 32° 04 343 - W 65° 47 617 - cota: 409 metros snm  
SEV N° 1 = S 32° 05 349 - W 65° 46 361 - cota: 413 metros snm  
SEV N° 2 = S 32° 05 121 - W 65° 46 683 - cota: 418 metros snm  
SEV N° 3 = S 32° 04 713 - W 65° 47 258 - cota: 410 metros snm  
SEV N° 4 = S 32° 04 717 - W 65° 48 783 - cota: 422 metros snm  
SEV N° 5 = S 32° 05 254 - W 65° 47 729 - cota: 424 metros snm  
SEV N° 6 = S 32° 04 845 - W 65° 47 639 - cota: 412 metros snm

El campo está ubicado en la Provincia de San Luis y tiene una superficie aproximada de 2000 Has.

## **Equipo y Materiales**

### Materiales utilizados en la fase de campo:

- Unidad principal: Pangea Argentina – Modelo XL – Tipo 200-2000 – N° 206. Hecho en Cba.
- Dos electrodos (el N y M) de acero inoxidable.
- Dos electrodos (el A y B) de acero trefilado.
- Dos carretes de cables (el N y M) de 150 metros de para los electrodos de potencia.
- Dos carretes con cables (el A y B) de 350 metros para electrodos de corriente.
- Batería de 12 Volt.
- Dynamotor: input 28V 3A output 375V 150A
- Caimanes.
- Masas.
- Calculadora.

### Dispositivo de campo:

- Wenner simétrico.

### Materiales utilizados en la fase de gabinete:

- Programa Microsoft Excel, para base de datos y gráficos, de allí se realiza el análisis e interpretación.
- Impresora Hp laser.

## Metodología

Se programó hacer 6 sondeos ubicados estratégicamente para lograr una primera información general sobre el subsuelo y su potencial hídrico. Este programa se realizó sin ningún inconveniente operativo. Los registros alcanzaron los 150 metros de profundidad.

Fase de campo.

1. Se eligió el lugar de sondeo de acuerdo a las características topográficas del lugar ya que se debe de considerar una abertura de carretes de 300 metros.
2. Se ubicó la base de los carreteles, la cual se utilizó como punto central del SEV.
3. Se buscó un punto de orientación para asegurar su linealidad.
4. Se comenzó a colocar los electrodos en posición, extendiendo los cables previamente demarcados con las distancias adecuadas.
5. Se verifica que los electrodos estén clavados bien rígidos sobre el suelo aproximadamente 20 cm.
6. Se induce la corriente eléctrica y se toman los primeros valores de potencial, los cuales son anotados en una planilla.
7. De esta manera se procede a mover los electrodos al siguiente punto y se vuelve a repetir el procedimiento hasta alcanzar la distancia elegida.

El tiempo que puede demorar hacer cada sondeo, propiamente dicho, depende principalmente de la superficie del terreno (dureza) y profundidad a explorar; y puede ser desde 1 hs. hasta 2,5 hs.

Los valores obtenidos son guardados para posterior proceso y análisis en gabinete.

## Resultados

A continuación se describirán los resultados obtenidos del análisis de las electrogramas provenientes de los estudios geoelectrónicos, que se encuentran adjuntos en el Anexo 1.

Los electrogramas muestran curvas normales, que responden en general a sedimentos clásticos gruesos predominantes en los 60/120 primeros metros (variando en sentido Este/Oeste) y con subordinadas intercalados en secuencias irregulares con sedimentos clásticos finos. Por debajo de los 60/120 m los sedimentos cambian a secuencias compuestas por facies más finas que las anteriores, predominando las finas como Toscas, Limos y Arcillas.

No se observa información que determine presencia de Basamento Cristalino hasta los 150 metros.

La presencia de capas arenosas gruesas de alta resistividad, desde los primeros metros de profundidad enmascaran en casi todos los registros la posición del Nivel Freático en las curvas, quedando documentado el mismo por datos aportados por pozos desde los 25 a 33 metros de profundidad.

En términos generales los valores de resistividad aparente para los sondeos N° 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6, muestran elevados valores de resistividad aparente desde el nivel freático superando los 200 ohm/m y llegando hasta 500 ohm/m, midiéndose hasta 100 ohm/m entre los 40 m y 140 m. Estos altos valores de resistividad aparente sugieren material sedimentario grueso combinado con agua de regular a buena calidad, sin peligrosidad salina.

Se infiere que el perfil sedimentario regional estará entonces compuesto principalmente por capas de edad cuaternarias, compuestas por arenas, gravas, bloques rodados y escasos limos hasta los 60/130 metros, según el caso y luego se presentan subordinadas cantidades de arenas intercaladas con, limos y arcillas predominantes.

El mayor potencial acuífero, en estos casos, está dado por los niveles clásticos más arenosos y gruesos, bien redondeados y con buena selección de tamaño, disminuyendo con la mezcla de tamaños y con la presencia de materiales más finos y en menor escala por algún nivel de toscas.

Las zonas favorables identificadas en los puntos estudiados por los sondeos registrados, se encuentran en los intervalos siguientes:

## Sondeo N° 0:

Nivel Freático a los 25 metros

- 1°.entre 25 y 40 metros.
- 2°.entre 45 y 60 metros.
- 3°.entre 65 y 75 metros.
- 4°.entre 110 y 125 metros.
- 5°.entre 135 y 145 metros.

## Sondeo N° 1:

Nivel Freático a los 28 metros

- 1°.entre 28 y 60 metros.
- 2°.entre 75 y 85 metros.
- 3°.entre 110 y 120 metros.
- 4°.entre 125 y 130 metros.
- 5°.entre 135 y 140 metros.

## Sondeo N° 2:

Nivel Freático a los 25 /28 metros

- 1°.entre 25/28 y 65 metros.
- 2°.entre 70 y 120 metros.
- 3°.entre 140 y 145 metros.

## Sondeo N° 3:

Nivel Freático a los 25/28 metros

- 1°.entre 25/28 y 115 metros.
- 2°.entre 120 y 130 metros.
- 3°.entre 140 y 145 metros.

## Sondeo N° 4:

Nivel Freático a los 26 metros

- 1°.entre 26 y 45 metros.
- 2°.entre 50 y 65 metros.
- 3°.entre 80 y 105 metros.
- 4°.entre 115 y 130 metros.
- 5°.entre 135 y 145 metros.

## Sondeo N° 5:

Nivel Freático a los 25/28 metros

- 1°.entre 25/28 y 130 metros.
- 2°.entre 140 y 150 metros.

Sondeo N° 6:

Nivel Freático a los 25/28 metros

1°.entre 25/28 y 40 metros.

2°.entre 50 y 60 metros.

3°.entre 75 y 90 metros.

4°.entre 95 y 115 metros.

5°.entre 125 y 135 metros.

6°.entre 140 y 145 metros.

Estos intervalos favorables indicados para la explotación de agua subterránea, arriba listados, representan tramos dentro de los cuales se disponen capas que contienen agua en sus poros. La cantidad de agua será función de la mayor o menor permeabilidad de las rocas que la contenga.

Las capas arenosas mejor seleccionadas serán las que presenten los mejores caudales explotables.

Para su mejor visualización, se presentan las curvas de resistividad aparente, en este informe, con gráficas en escala lineal respecto a la profundidad. (Anexo 1).

## **Calidad y Cantidad**

La cantidad de agua a extraer en un punto estudiado indirectamente mediante un SEV, no se puede determinar por este método, pero si se puede estimar en función de los espesores de las zonas favorables y de la resistividad aparente del paquete sedimentario involucrado, un potencial teórico probable estadístico aproximado de la zona estudiada.

Considerando teóricamente como acuíferos a las zonas favorables antes detalladas y suponiendo que las permeabilidad de los acuíferos sean normales, se puede estimar un potencial explotable superior a los 200.000 litros/hora, para el área involucrada por sondeo registrados, con variaciones de disminución del potencial acuífero explotable en dirección Sureste, esto debe entenderse siempre realizando un pozo de 30 cm de caño camisa y una profundidad promedio de 150 metros, y que se trate de pozos bien construidos y bien desarrollados.

Respecto a la calidad del agua es buena, en ningún caso empeora en profundidad.

Se interpreta la calidad del agua dentro de los límites que posibilita la medición del conjunto de sales totales, por el método indirecto mediante la resistividad aparente.

### **Recomendaciones y observaciones**

Se recomienda para una futura explotación con fines de riego, iniciar las perforaciones desde el Oeste hacia el Este, para ir verificando y valorando las interpretaciones realizadas mediante Registros Geoeléctricos. La profundidad debe programarse entre 110 y 140 m.

La perforación exploratoria inicial debe ser de 20 o 30 cm de diámetro. Realizar un muestreo sistemático del cutting y análisis granulométrico de las arenas.

Luego a pozo abierto realizar una carrera de perfilaje eléctrico, del tipo SP (potencial espontáneo), GR (rayos gamma) y Resistividad, para determinar con mayor precisión, las capas verdaderamente útiles y la ubicación debida de los filtros.

Además, en función de la granulometría de las arenas o el tipo de acuífero encontrado, y con todos los datos de calidad y caudales probables extraídos de los perfiles, se debe entonces diseñar definitivamente la geometría y profundidad final del pozo productivo.

Si la ubicación del pozo no coincide con los puntos registrados, posiblemente se podrán observar algunas diferencias en los perfiles interpretados puntualmente de cada registro respecto a la información de los pozos, sin alterar la interpretación Regional.

## **Conclusión Parte I**

Luego de haber plasmado los resultados y recomendaciones del caso estudiado, nos centramos en analizar la experiencia de haber sido parte del equipo de trabajo como objetivo de la práctica supervisada.

Primordialmente, rescatamos el gran valor que posee aprender desde la experiencia real de la aplicación de tareas puntuales; en este caso la realización de un estudio de geoeléctrica con el fin de detectar acuíferos subterráneos.

Si bien sabemos que la prospección geoeléctrica es un método indirecto de exploración, apreciamos el beneficio técnico-económico que presenta frente a otros métodos y a los posteriores costos de una obra futura.

Aprendimos, además, que el éxito de un estudio está directamente relacionado al conocimiento, aunque sea general, de las características y el comportamiento geológico del subsuelo.

Según bibliografía, los ensayos SEV no obtienen precisiones adecuadas para determinar un perfil litológico para determinar capas adecuadas para la edificación. Pero resultan de gran utilidad para descifrar el comportamiento del agua subterránea, en este caso para riego o consumo.

También, brindan utilidad para identificar la interface agua dulce – salada en acuíferos costeros o continentales, para ubicar el contacto entre el aluvio y el basamento, constituido por rocas cristalinas.

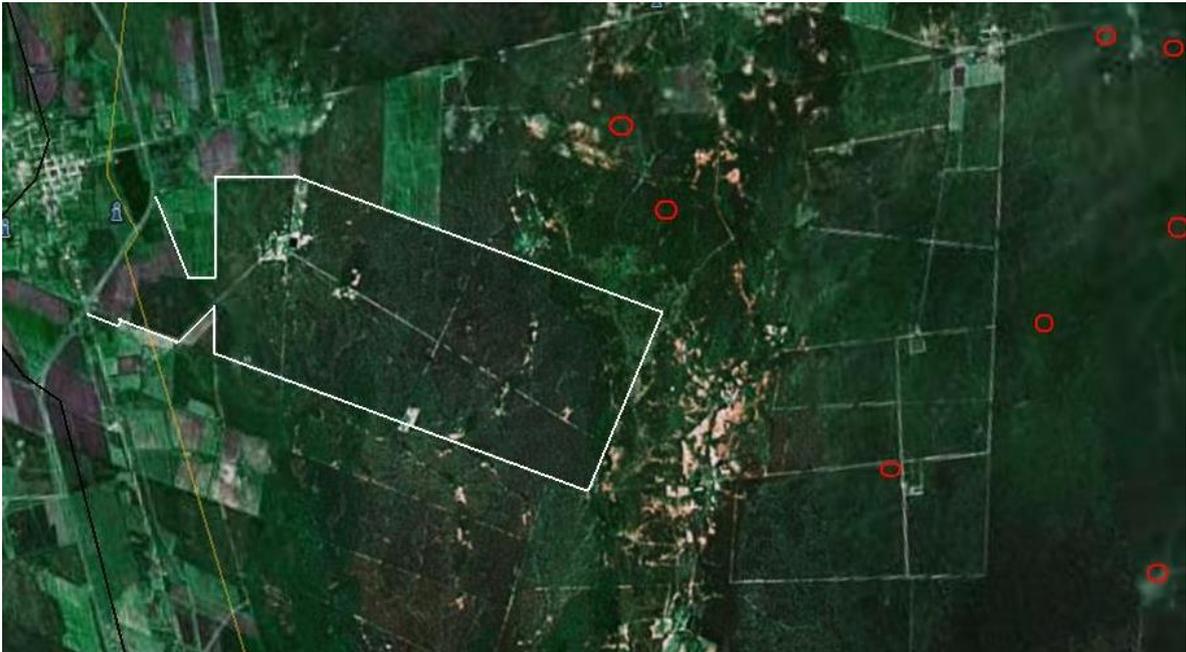
Finalmente, nos quedamos con la idea principal, de que los estudios geoeléctricos brindan buena definición cuando existen contrastes apreciables de la resistividad en profundidad.

# **ANEXO I**

Foto del equipo en campo

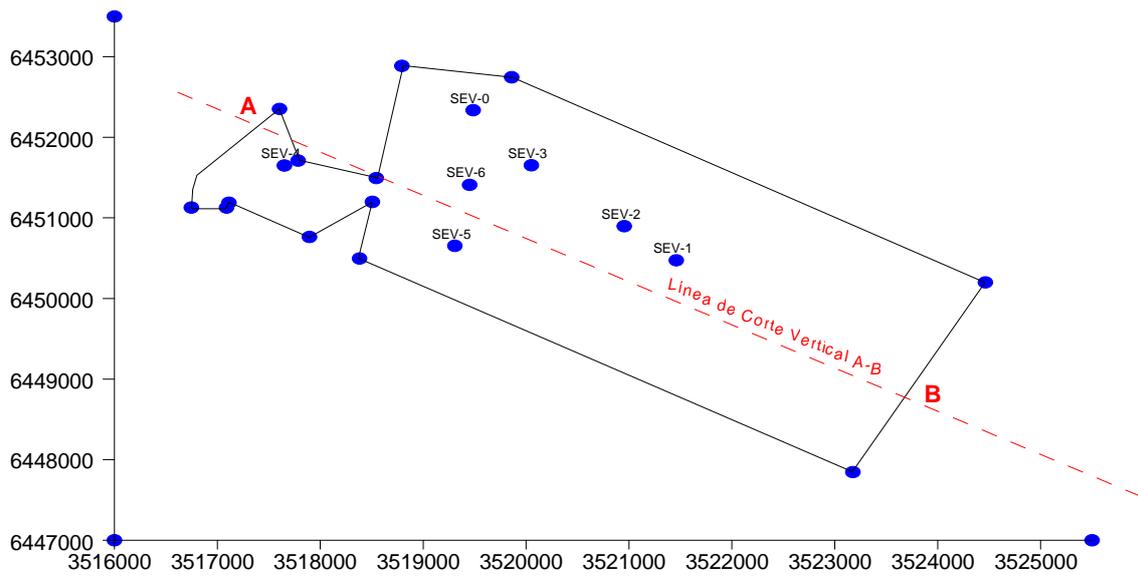


Imagen satelital de la ubicación del campo Pedro Varela



**PLANO DE UBICACION DE REGISTROS GEOELECTRICOS**

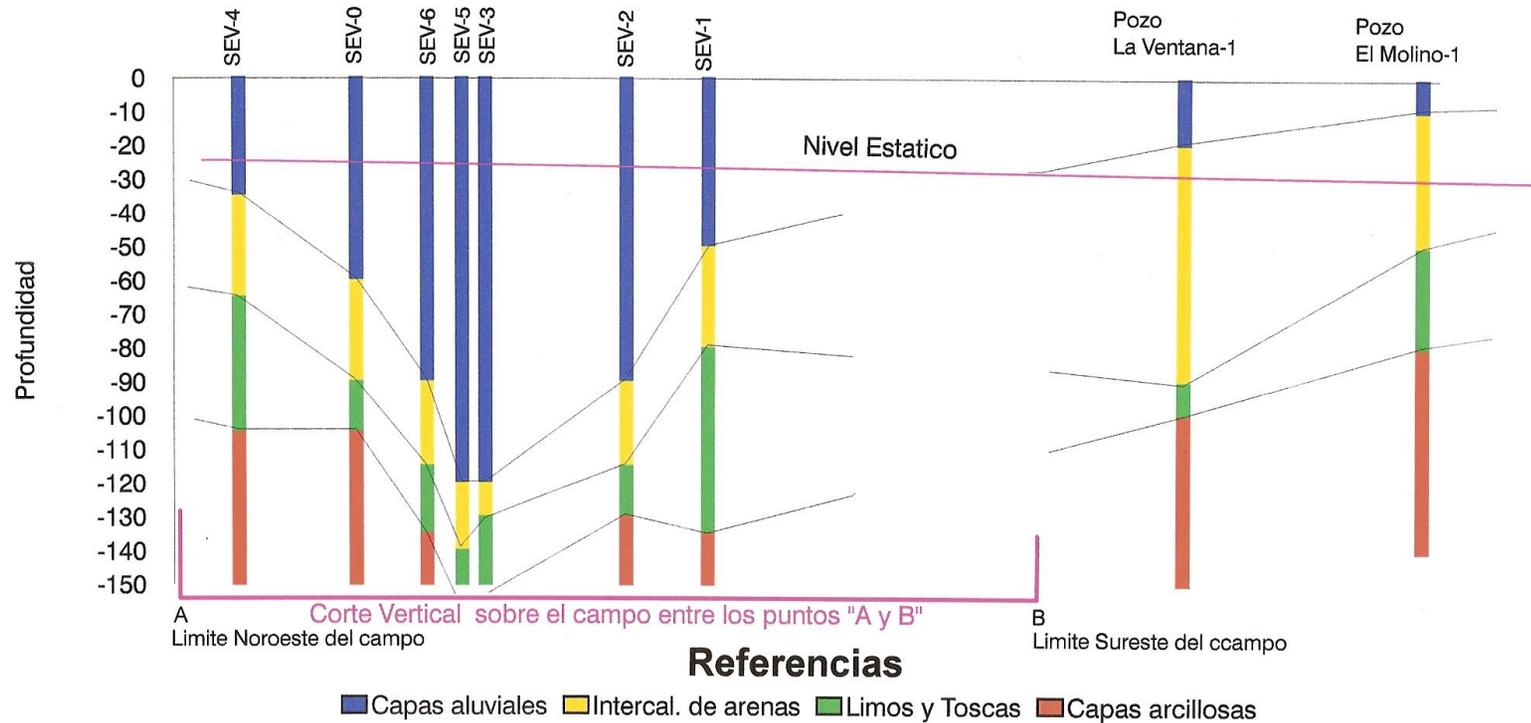
**Campo: Sr. Pedro Valera**  
**Localidad: Candelaria - San Luis**



# Campo Pedro Valera

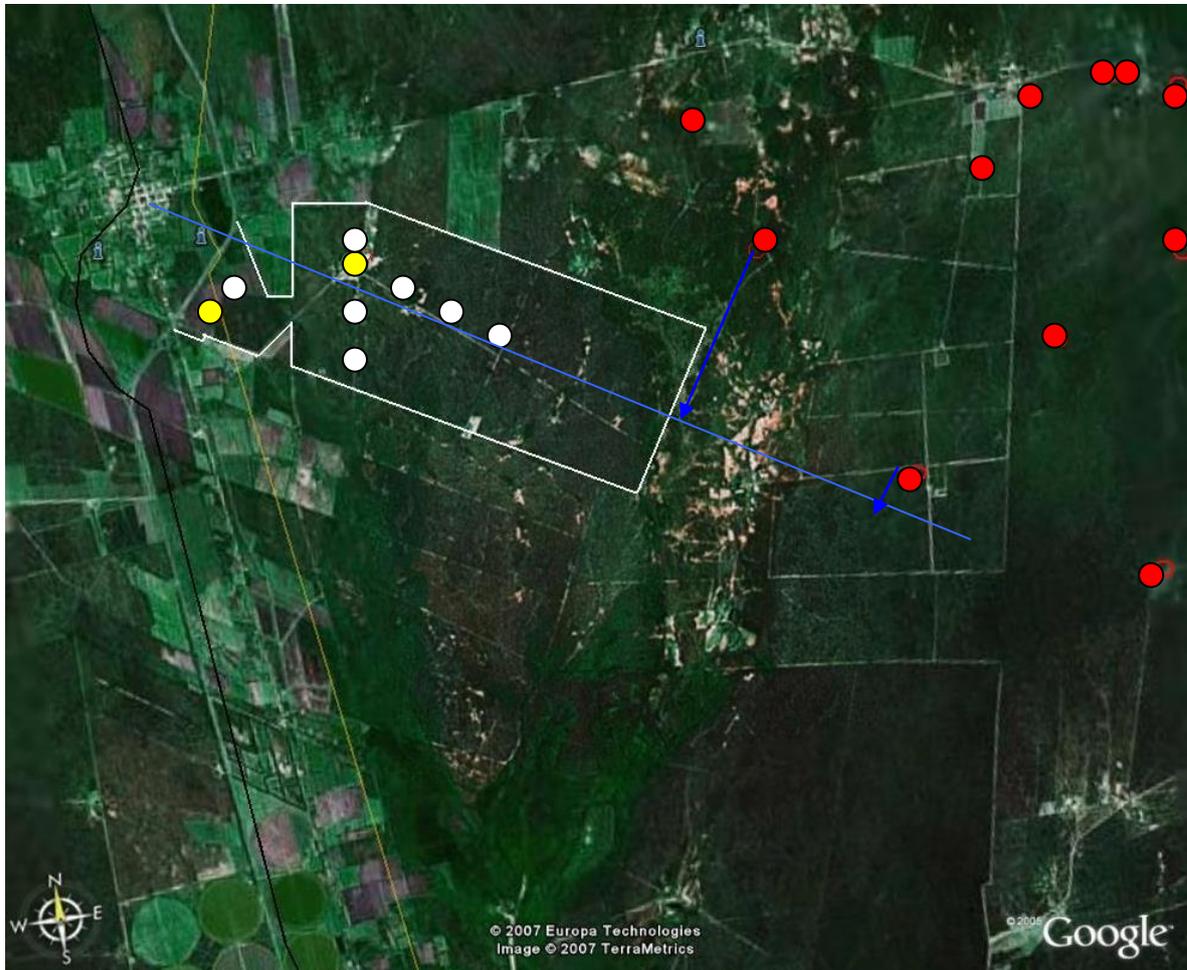
## Corte Correlacion entre 7 Registros SEV y Pozos Vecinos

Croquis con proyeccion de los SEV en escala sobre el eje X . Escala vertical en Y aumentada.



## FOTOGRAFIA SATELITAL CON RESALTO DEL PERÍMETRO DEL CAMPO

Candelaria – San Luis



● Pozos Existentes perforados por nuestra Empresa.

● Pozos Existentes en el campo.

○ Ubicación de los Registros Geoeléctricos.

— Línea de Corte "A-B"

●  
↓  
Pozos extrapolados sobre línea de Corte

## Planillas

**PERFIL N°** 0  
**Cliente:** Pedro Valera  
**Zona:** rural a 2000 m de Candelaria  
**Localidad:** Candelaria (San Luis)  
**Orientación:** Norte/Sur

<b>GPS:</b>	S- 32° 04'343
	O- 65° 47'617
	Z- 409 m

Prof.	A	B	Promsed. A/B	I-1	I-2	I-Promed.	Resistividad
1	-970	1078	1024	159	157	158	40,72
5	-332	354	343	134	133	133,5	80,72
10	-284	196	240	154	153	153,5	98,24
15	-232	226	229	144	142	143	150,93
20	-100	412	256	154	152	153	210,26
25	-200	394	297	192	190	191	244,26
30	-100	116	108	134	132	133	153,06
35	-140	193	166,5	159	158	158,5	231,01
40	-100	144	122	142	141	141,5	216,69
45	-30	150	90	152	151	151,5	167,97
50	-60	76	68	141	138	139,5	153,14
55	15	100	42,5	98	96	97	151,41
60	22	130	54	132	131	131,5	154,81
65	110	222	56	158	156	157	145,67
70	-19	60	39,5	123	120	121,5	142,99
75	14	92	39	134	132	133	138,18
80	10	89	39,5	152	148	150	132,37
85	22	97	37,5	160	158	159	125,96
90	20	87	33,5	152	150	151	125,46
95	-10	27	18,5	135	133	134	82,41
100	16	68	26	142	140	141	115,86
105	78	122	22	130	127	128,5	112,95
110	4	35	15,5	120	117	118,5	90,40
115	75	93	9	86	84	85	76,51
120	31	59	14	153	152	152,5	69,22
125	80	98	9	116	115	115,5	61,20
130	197	221	12	155	154	154,5	63,44
135	47	62	7,5	112	112	112	56,80
140	160	173	6,5	115	115	115	49,72
145	122	134	6	117	116	116,5	46,92
150	118	129	5,5	122	122	122	42,49

**PERFIL N°** 1**Cliente:** Pedro Valera**Zona:** rural Candelaria**Localidad:** Candelaria- Prov. de San Luis**Orientación:** Norte-Sur

<b>GPS:</b>	S 32° 05.349 W 65° 46.361 z 413 m
-------------	--

Prof.	A	B	Promsed. A/B	I-1	I-2	I-Promed.	Resistividad
1	-1632	1933	1782,5	108	108	108	103,70
5	-300	685	492,5	65	64	64,5	239,88
10	-303	520	411,5	72	72	72	359,10
15	-245	288	266,5	72	72	72	348,85
20	-48	235	141,5	95	93	94	189,16
25	-44	163	103,5	77	77	77	211,14
30	40	200	80	74	73	73,5	205,17
35	20	126	53	67	66	66,5	175,27
40	39	109	35	57	56	56,5	155,69
45	-28	41	34,5	80	78	79	123,48
50	-28	50	39	113	108	110,5	110,88
55	40	90	25	82	79	80,5	107,32
60	42	117	37,5	131	127	129	109,59
65	37	106	34,5	131	128	129,5	108,80
70	20	109	44,5	180	176	178	109,96
75	55	98	21,5	97	95	96	105,54
80	0	50	25	139	135	137	91,73
85	5	58	26,5	156	153	154,5	91,60
90	25	77	26	164	160	162	90,76
95	40	87	23,5	165	161	163	86,06
100	20	65	22,5	169	165	167	84,65
105	41	77	18	148	144	146	81,34
110	12	44	16	143	140	141,5	78,15
115	32	67	17,5	170	166	168	75,27
120	15	40	12,5	135	132	133,5	70,60
125	127	157	15	158	154	156	75,52
130	45	72	13,5	165	162	163,5	67,44
135	45	72	13,5	165	161	163	70,25
140	50	71	10,5	149	147	148	62,41
145	46	62	8	133	130	131,5	55,43
150	100	115	7,5	131	128	129,5	54,58

**PERFIL N°** 2**Cliente:** Pedro Valera**Zona:** rural Candelaria**Localidad:** Candelaria- Prov. de San Luis**Orientación:** Este-Oeste

<b>GPS:</b>	S 32° 05.121 W 65° 46.683 z 418 m
-------------	--

Prof.	A	B	Promsed. A/B	I-1	I-2	I-Promed.	Resistividad
1	-2000	2000	2000	115	114	114,5	109,75
5	-1450	1430	1440	122	122	122	370,81
10	-980	940	960	128	127	127,5	473,09
15	-500	516	508	108	107	107,5	445,38
20	-299	356	327,5	101	100	100,5	409,50
25	-340	300	320	133	130	131,5	382,25
30	-275	232	253,5	138	136	137	348,79
35	-215	211	213	145	145	145	323,04
40	-193	101	147	127	126	126,5	292,06
45	-88	133	110,5	121	120	120,5	259,28
50	-100	75	87,5	116	115	115,5	238,00
55	-80	63	71,5	115	114	114,5	215,80
60	-50	66	58	113	113	113	193,50
65	160	263	51,5	132	130	131	160,56
70	40	133	46,5	130	128	129	158,54
75	-20	57	38,5	128	125	126,5	143,42
80	-40	17	28,5	109	107	108	132,65
85	88	143	27,5	120	118	119	123,42
90	-50	-3	23,5	120	117	118,5	112,14
95	40	82	21	124	121	122,5	102,33
100	4	43	19,5	130	127	128,5	95,35
105	-20	14	17	135	133	134	83,70
110	115	145	15	131	131	131	79,14
115	67	93	13	130	129	129,5	72,54
120	45	67	11	128	127	127,5	65,05
125	65	78	6,5	83	84	83,5	61,14
130	-20	-8	6	97	96	96,5	50,79
135	140	154	7	121	120	120,5	49,27
140	0	12	6	110	111	110,5	47,76
145	100	111	5,5	128	125	126,5	39,61
150	20	30	5	114	114	114	41,34

**PERFIL N°** 3**Cliente:** Pedro Valera

rural

**Zona:** Candelaria**Localidad:** Candelaria- Prov. de San Luis**Orientación:** Este-Oeste

<b>GPS:</b>	S 32°
	04.713
	W 65° 47.258
	z 410 m

Prof.	A	B	Promsed. A/B	I-1	I-2	I-Promed.	Resistividad
1	600	1800	600	62	62	62	60,81
5	-165	189	177	66	65	65,5	84,90
10	-40	205	122,5	58	57	57,5	133,86
15	-60	160	110	68	68	68	152,46
20	2	176	87	62	61	61,5	177,77
25	-38	143	90,5	75	73	74	192,10
30	-77	120	98,5	84	81	82,5	225,05
35	-20	116	68	71	70	70,5	212,11
40	-40	60	50	63	60	61,5	204,33
45	-5	84	44,5	63	60	61,5	204,59
50	-40	80	60	89	87	88	214,20
55	-40	40	40	69	67	68	203,28
60	0	63	31,5	59	56	57,5	206,53
65	65	116	25,5	50	52	51	204,20
70	20	75	27,5	60	59	59,5	203,28
75	20	71	25,5	66	63	64,5	186,30
80	90	135	22,5	64	61	62,5	180,96
85	50	78	14	46	41	43,5	171,89
90	30	64	17	60	56	58	165,75
95	25	64	19,5	70	70	70	166,28
100	90	127	18,5	78	73	75,5	153,96
105	40	79	19,5	96	90	93	138,33
110	10	51	20,5	114	108	111	127,65
115	20	54	17	104	100	102	120,43
120	30	65	17,5	117	115	116	113,75
125	48	70	11	96	92	94	91,91
130	24	39	7,5	88	85	86,5	70,82
135	60	77	8,5	102	98	100	72,10
140	0	22	11	147	142	144,5	66,96
145	20	39	9,5	147	140	143,5	60,31
150	51	78	13,5	184	176	180	70,69

**PERFIL N°** 4  
**Cliente:** Pedro Valera  
**Zona:** Campo "Sur" Candelaria.  
**Localidad:** Candelaria - San Luis  
**Orientación:** Norte/Sur

<b>GPS:</b>	S- 32° 04' 717
	O- 65° 48' 783
	Z- 432 m

Prof.	A	B	Promsed. A/B	I-1	I-2	I-Promed.	Resistividad
1	-462	1183	822,5	197	194	195,5	26,43
5	-490	578	534	160	158	159	105,51
10	-265	427	346	146	144	145	149,93
15	-200	320	260	155	154	154,5	158,61
20	-50	300	175	164	161	162,5	135,33
25	-30	248	139	143	140	141,5	154,30
30	100	273	86,5	154	151	152,5	106,92
35	259	374	57,5	133	131	132	95,80
40	191	290	49,5	147	145	146	85,21
45	165	244	39,5	147	144	145,5	76,76
50	70	144	37	158	154	156	74,51
55	160	228	34	172	170	171	68,71
60	35	89	27	160	157	158,5	64,22
65	110	158	24	166	163	164,5	59,59
70	110	146	18	154	152	153	51,74
75	110	140	15	152	150	151	46,81
80	120	147	13,5	152	149	150,5	45,09
85	120	144	12	158	156	157	40,82
90	100	120	10	160	158	159	35,57
95	150	166	8	154	151	152,5	31,31
100	200	215	7,5	173	170	171,5	27,48
105	190	204	7	186	182	184	25,10
110	180	192	6	159	155	157	26,41
115	150	161	5,5	168	164	166	23,94
120	170	179	4,5	151	146	148,5	22,85
125	240	248	4	147	142	144,5	21,74
130	210	218	4	158	153	155,5	21,01
135	160	167	3,5	147	142	144,5	20,55
140	140	147	3,5	168	164	166	18,55
145	160	167	3,5	191	186	188,5	16,92
150	200	206	3	167	162	164,5	17,19

**PERFIL N°** 5  
**Cliente:** Pedro Valera  
**Zona:** Campo "Sur" Candelaria.  
**Localidad:** Candelaria - San Luis  
**Orientación:** Norte/Sur

<b>GPS:</b>	S- 32° 05' 254
	O- 65° 47' 729
	Z- 424 m

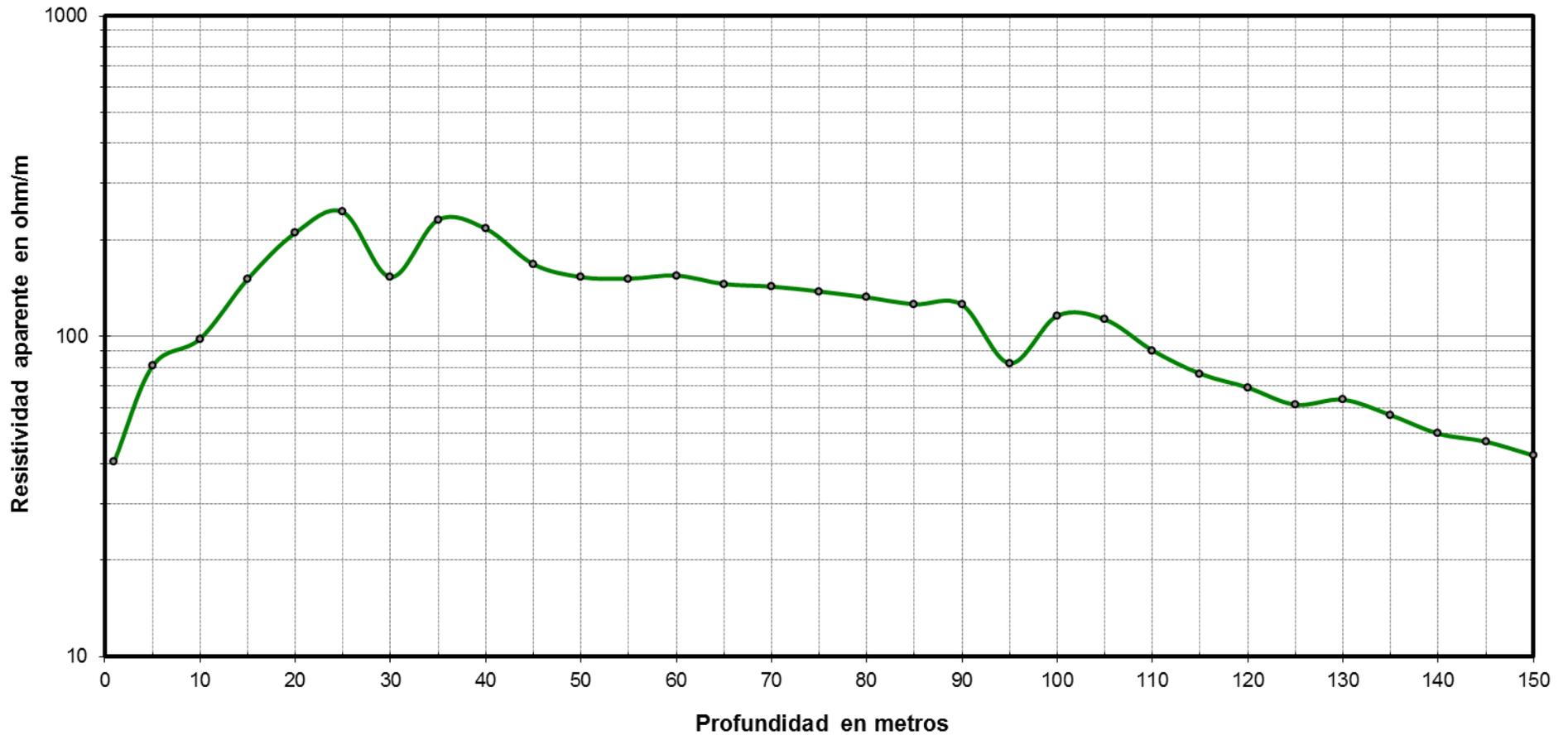
Prof.	A	B	Promsed. A/B	I-1	I-2	I-Promed.	Resistividad
1	-2000	2000	2000	146	141	143,5	87,57
5	-645	803	724	120	112	116	196,08
10	-490	550	520	129	124	126,5	258,28
15	-420	504	462	141	136	138,5	314,39
20	-220	560	390	143	139	141	347,58
25	-270	423	346,5	139	136	137,5	395,84
30	-210	274	242	111	109	110	414,69
35	-150	320	235	121	120	120,5	428,87
40	-60	348	204	115	112	113,5	451,73
45	-130	230	180	117	115	116	438,74
50	10	303	146,5	109	107	108	426,15
55	-50	198	124	109	107	108	396,77
60	105	322	108,5	110	108	109	375,26
65	20	218	99	117	116	116,5	347,06
70	-30	139	84,5	120	117	118,5	313,63
75	70	225	77,5	123	120	121,5	300,59
80	0	110	55	101	98	99,5	277,85
85	120	234	57	119	116	117,5	259,08
90	113	0	56,5	136	134	135	236,67
95	15	95	40	114	112	113	211,29
100	30	108	39	127	123	125	196,04
105	-20	44	32	123	120	121,5	173,76
110	30	82	26	110	107	108,5	165,62
115	90	142	26	125	123	124	151,51
120	80	122	21	119	116	117,5	134,75
125	0	41	20,5	134	131	132,5	121,51
130	-20	15	17,5	129	127	128	111,67
135	30	60	15	112	110	111	114,63
140	10	38	14	123	121	122	100,94
145	50	66	8	89	86	87,5	83,30
150	25	43	9	123	122	122,5	69,24

**PERFIL N°** 6  
**Cliente:** Pedro Valera  
**Zona:** Campo "Sur" Candelaria.  
**Localidad:** Candelaria - San Luis  
**Orientación:** Norte/Sur

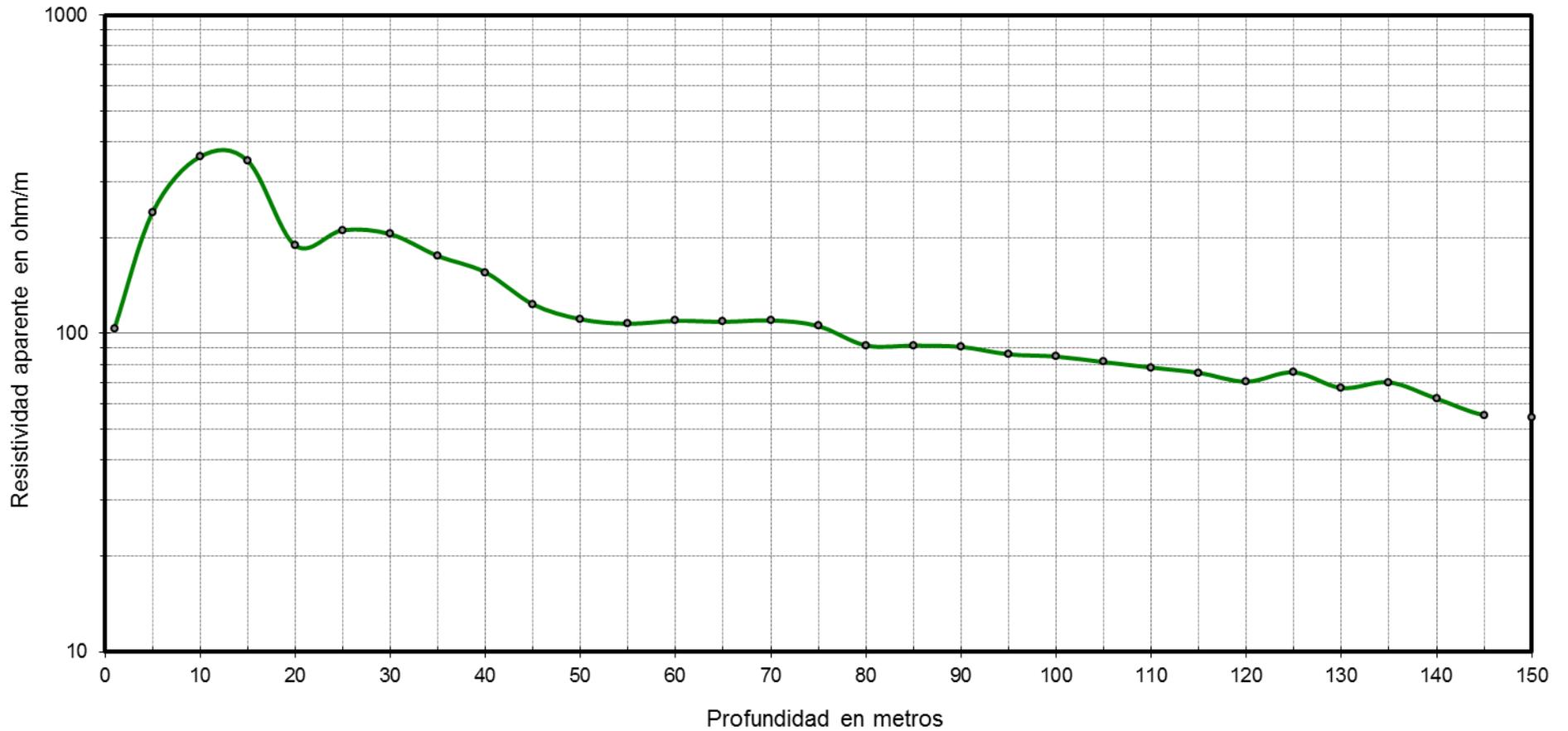
<b>GPS:</b> S 32° 04.845'
W 65° 47.639'
z = 412 m

Prof.	A	B	Promsed. A/B	I-1	I-2	I-Promed.	Resistividad
1	-2000	2000	2000	95	93	94	133,69
5	-2000	2000	2000	123	120	121,5	517,14
10	-1314	800	1057	149	147	148	448,74
15	-770	960	865	146	144	145	562,24
20	-470	710	590	134	132	133	557,46
25	-280	640	460	133	133	133	543,28
30	-120	509	314,5	114	112	113	524,62
35	-40	390	215	106	106	106	446,05
40	-40	360	200	133	132	132,5	379,36
45	-30	330	180	127	126	126,5	402,32
50	50	280	115	117	114	115,5	312,80
55	100	325	112,5	140	137	138,5	280,70
60	0	202	101	172	171	171,5	222,02
65	100	-80	90	163	162	162,5	226,20
70	-60	44	52	134	132	133	171,96
75	-40	75	57,5	142	141	141,5	191,49
80	60	157	48,5	145	146	145,5	167,55
85	120	45	37,5	146	144	145	138,12
90	50	105	27,5	135	133	134	116,05
95	0	56	28	156	156	156	107,14
100	150	116	17	123	121	122	87,55
105	20	-16	18	151	150	150,5	78,91
110	0	29	14,5	146	144	145	69,12
115	-20	7	13,5	157	155	156	62,53
120	-40	-68	14	170	170	170	62,09
125	-100	-122	11	153	153	153	56,47
130	40	56	8	147	146	146,5	44,60
135	0	12	6	133	133	133	38,27
140	120	132	6	135	135	135	39,10
145	60	70	5	136	134	135	33,74
150	30	40	5	149	147	148	31,84

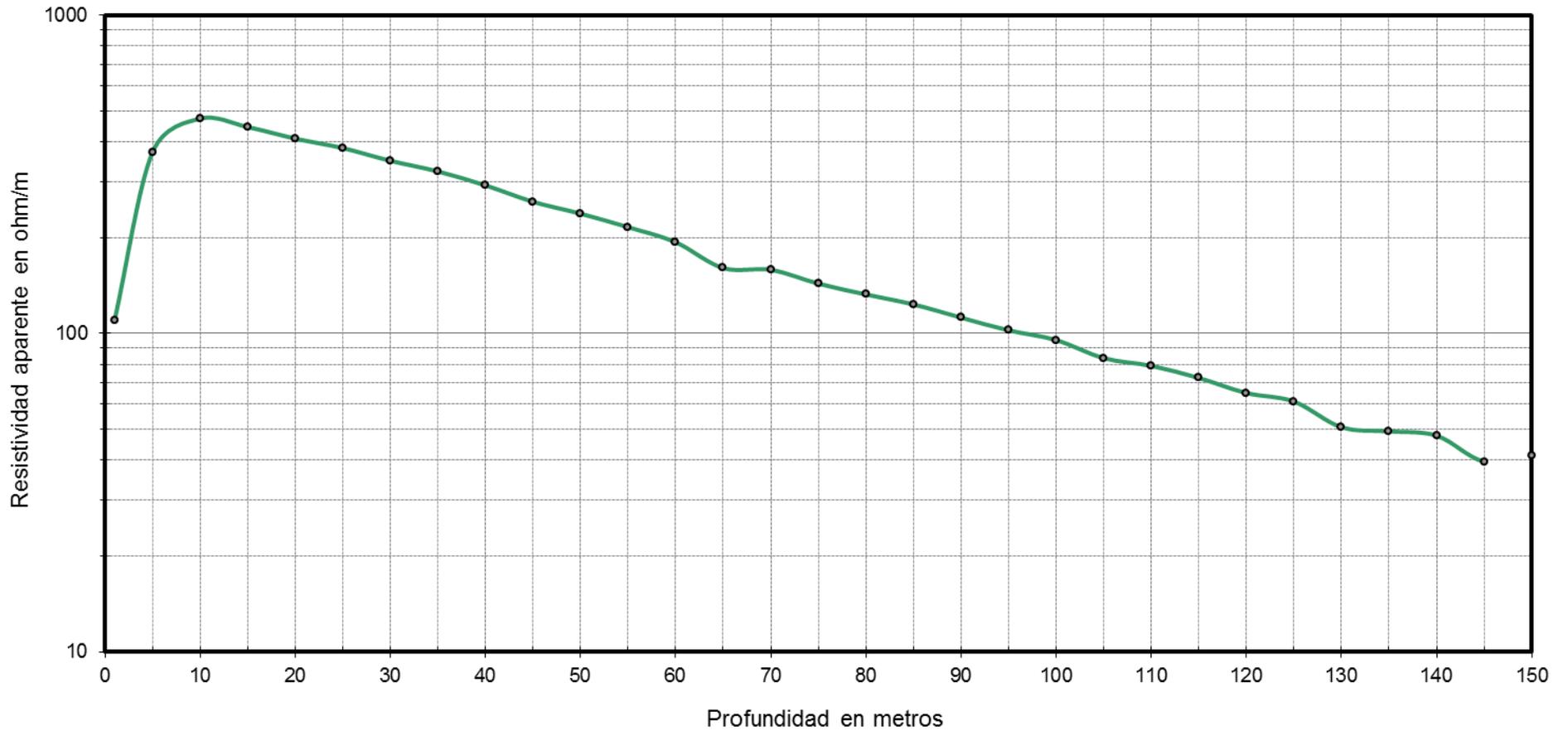
**Posicion N° 0**  
**Zona: " Candelaria "**  
**Ubicación zona rural Candelaria (San Luis)**  
**Propietario: Sr. Pedro Valera**



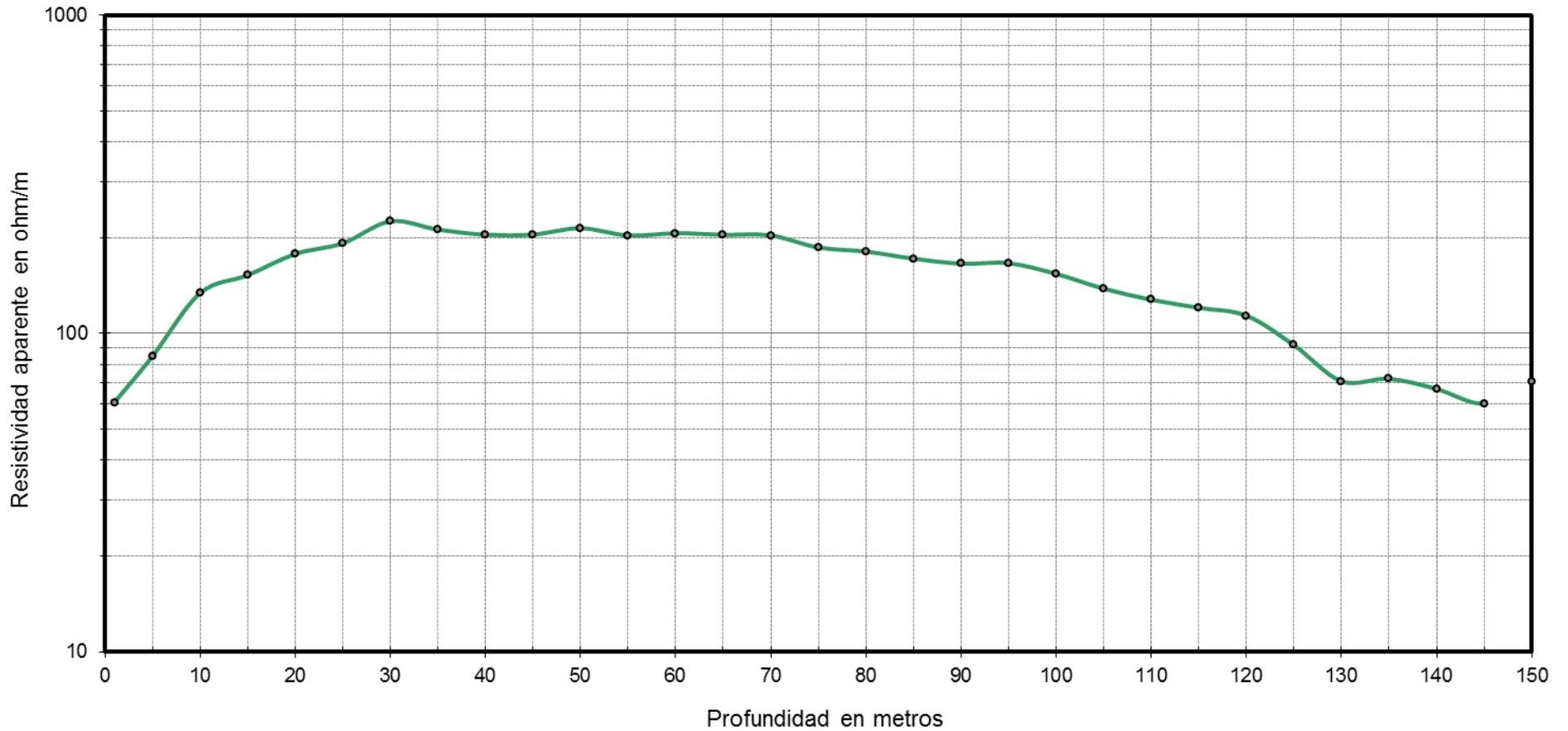
**Posicion N° 1**  
**Campos: "La Ramada"**  
**Zona Rural Candelaria (San Luis)**  
**Propietario: Sr. Pedro Valera**



**Posicion N° 2**  
**Campos: " La Ramada"**  
**Zona Rural Candelaria (San Luis)**  
**Propietario: Sr. Pedro Valera**

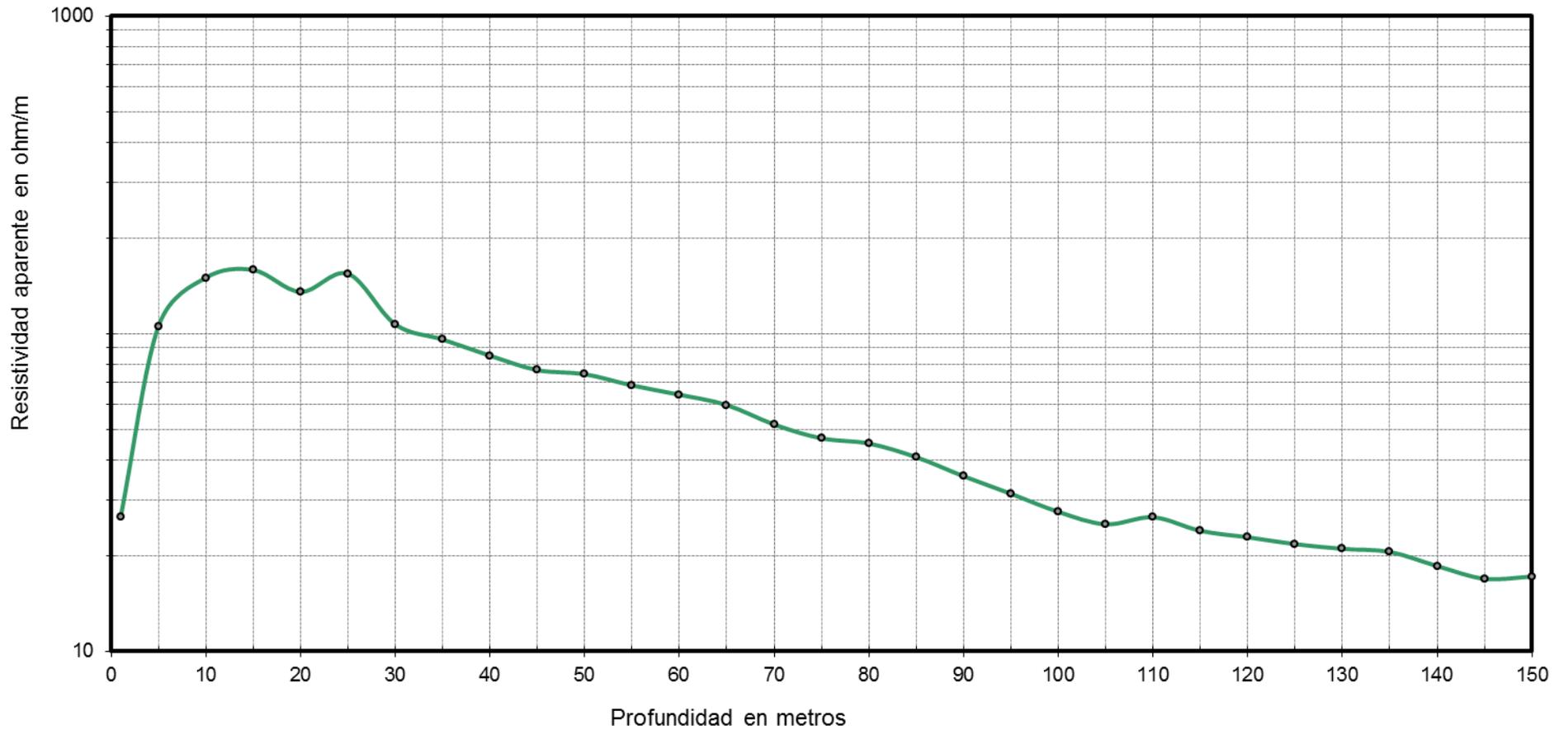


**Posicion N° 3**  
**Campos: " La Ramada"**  
**Zona RuralCandelaria (San Luis)**  
**Propietario: Sr. Pedro Valera**



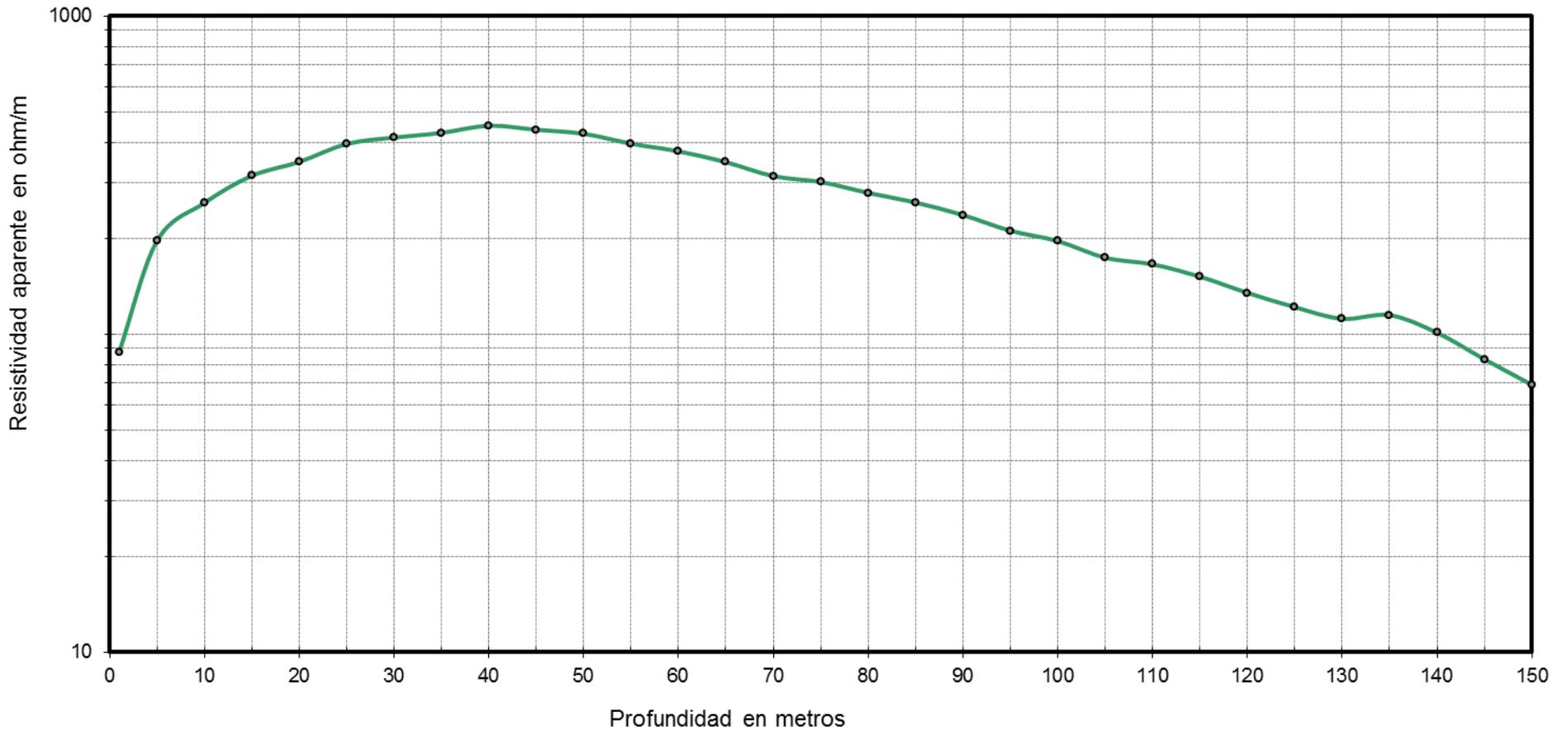
# Posición N° 4

Zona Rural: Candelaria (San Luis)  
Campo: "La Ramada"  
Propietario: Sr. Pedro Valera

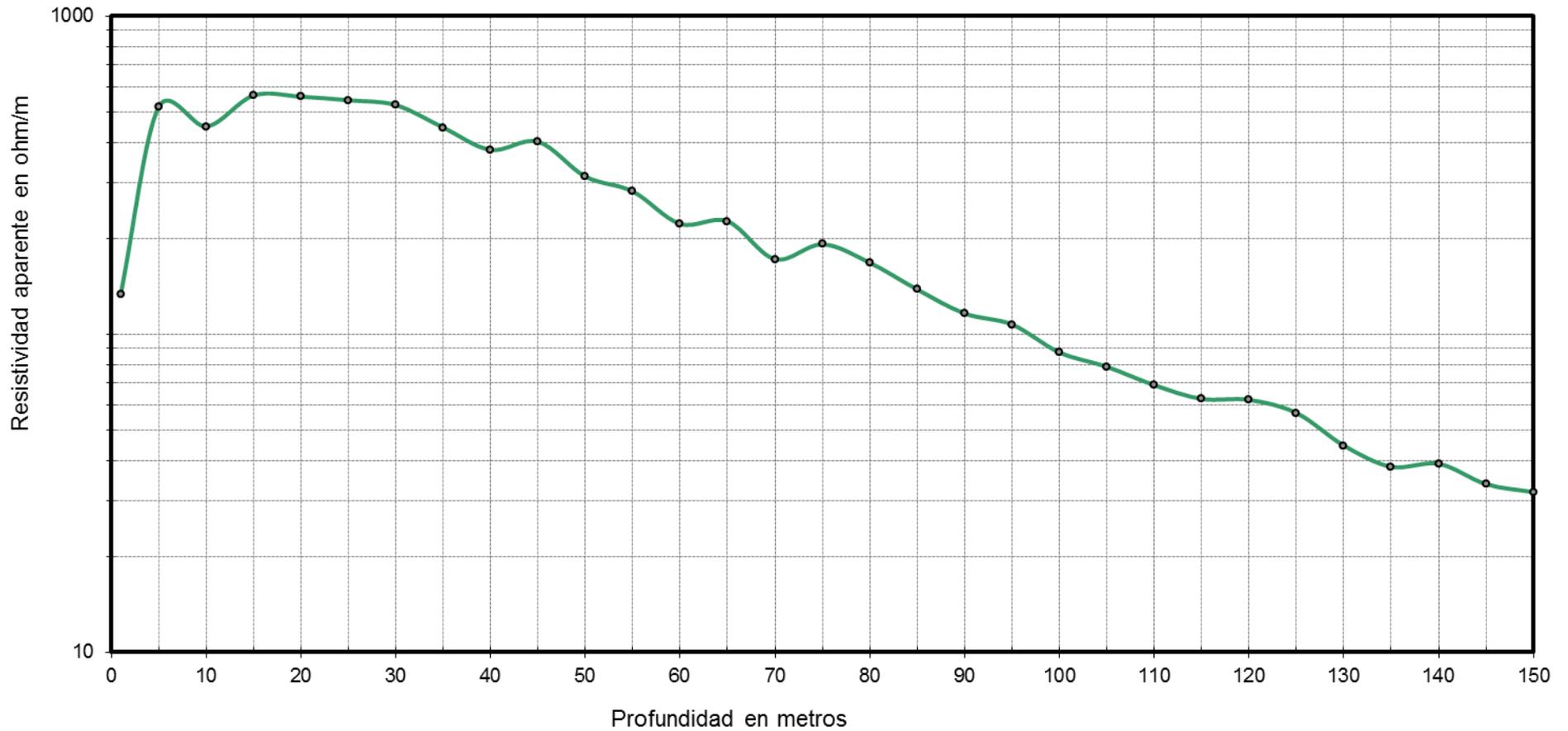


# Posición N° 5

Zona Rural: Candelaria (San Luis)  
Campo: "Sur Tarazzi"  
Propietario: Sr. Pedro Valera



**Posicion N° 6**  
**Zona Rural: Candelaria (San Luis)**  
**Campo: "Sur Tarazzi"**  
**Propietario: Sr. Pedro Valera**



---

**Añadido**

Dado que los estudios se realizaron en el año 2009, tenemos la posibilidad de comparar los resultados actuales de las perforaciones realizadas. Y quedarán expuestas a continuación en forma de un añadido a las Prácticas.

Hasta el día de hoy se ha realizado 10 perforaciones en el campo de estudio y varias más en las proximidades, derivadas de los estudios geofísicos expuestos.

Los datos de explotación de los pozos realizados, tienen al día de hoy, un promedio de 350.000 litros/hora, para el área involucrada por los sondeos registrados. Estos valores son acordes a los estimados anteriormente.

A continuación expondremos una foto satelital de la actualidad, para compararla con otra de la época anterior a los estudios, para poder apreciar la existencia de nuevas perforaciones y los círculos de riego que se forman en los campos de siembra.

Año 2007:



Año 2014:



## **PARTE II**

### **Estudio de Suelos**

La tarea fundamental realizada fue la de conocer y aprender en detalle la realización de estudios de Suelos, destinados a obtener información para el diseño de cimientos de una edificación.

Nuevamente, la empresa encargada del trabajo fue R. Carle S.A. En esta ocasión se realizó un estudio de suelo a pedido del comitente, en la ciudad de Río Tercero, provincia de Córdoba, para edificar un edificio destinado al comercio.

En ésta "Parte II" se procederá, primero a detallar en particular un marco teórico sobre Ensayo Standard de Penetración (S.P.T.), introducción (teórica, técnica, descriptiva), sus aplicaciones y conceptos fundamentales. Luego se comenzará a desarrollar la práctica supervisada propiamente dicha con su aplicación y resultados.

## MARCO TEÓRICO

### Estudio de Suelo: Ensayos de Penetración

#### Introducción

Un penetrómetro es un aparato que penetra en el suelo para recabar una serie de informaciones que nos ayudaran al conocimiento directo e indirecto de propiedades físicas y mecánicas.

A grandes rasgos podemos identificar dos tipos de ensayos de penetración, uno el de los ensayos con conos ciegos, tanto estáticos como dinámicos y el otro referido al ensayo de penetración estándar, que implica la penetración de un sacatestigos hueco.

- Ensayo de penetración con el cono:

Consiste en introducir en el terreno una serie de varillas cilíndricas con un cono en la base. Si el penetrómetro es estático las varillas serán empujadas a una velocidad constante mediante un aparato transmisor, si es dinámico se procederá a la hincada con energías de golpe variable. Se realizarán mediciones, de manera continua o a intervalos de profundidad determinados, de la resistencia a la penetración del cono y de una camisa lateral en el caso del cono estático.

- Ensayo de penetración con SPT:

El ensayo de penetración estándar (standard penetration test o S.P.T) consiste en introducir un tomamuestras en el interior de un sondeo realizado previamente determinando la resistencia del suelo a la penetración, al tiempo que permite obtener una muestra representativa para su identificación. Los muestreadores tipo Terzaghi se usan en el campo para obtener muestras de suelo alteradas pero son aun representativas de algunas propiedades del suelo, con fines de identificación.

Cuando en el sondeo se llega a la profundidad predeterminada, generalmente cada metro, las herramientas de perforación se retiran y el muestreador se baja al fondo del pozo y se hinca en el suelo con golpes de martillo en la parte superior de la varilla de perforación. El peso estándar del martinete es de 63,5 kg y en cada golpe el martinete tiene una altura de caída de 76,2 cm. El número de golpes requeridos para la penetración del tomamuestras de tres intervalos de 15 cm, se registra. El número de golpes requeridos para los dos

últimos intervalos se suman para dar el número de penetración estándar a esa profundidad. A esta cifra se le llama generalmente el valor N. Luego se saca el muestreador y la muestra de suelo recuperada del tubo se coloca en un recipiente hermético para transportarla al laboratorio.

### **Campos de acción**

Los campos de acción a los que se limita el uso del penetrómetro son principalmente los siguientes: Estudio de desmontes, reconocimiento de rellenos, cimentaciones de obras y delimitación de los horizontes del suelo.

Desmontes.

Sólo pueden aplicarse al estudio de desmontes en suelos o roca con alto grado de alteración.

Y acotando más el problema, su campo de aplicación suele ser el de desmontes en suelos exentos de piedra, bolos, etc., los cuales pueden tergiversar el resultado de los ensayos y sobrevalorar la competencia del terreno.

Por lo tanto, en general, los penetrómetros dinámicos se emplearán únicamente para acotar zonas de suelos, contrastándolos con algún sondeo rotativo.

Existe la posibilidad de obtener muestras por golpeo con los penetrómetros ordinarios, pero la calidad de las mismas es menor que la de los sondeos rotativos, tanto por su diámetro como por la alteración del suelo como consecuencia del golpeo antes y durante la toma de la muestra.

Por lo tanto el empleo de los penetrómetros para este objeto es muy limitado, ya que se obtiene muestras muy pequeñas y alteradas, cuya principal aplicación sería ver la naturaleza del terreno a efectos de identificación del mismo.

Rellenos.

Los objetivos de las penetraciones dinámicas son en este caso el estudio de las propiedades geotécnicas del relleno.

Salvo en rellenos de poca altura y suelos muy conocidos de antemano será necesario el contraste con sondeos rotativos, calicatas o pozos a cielo abierto. Con esta condición se emplearán las penetraciones dinámicas para delimitar el

contorno de los suelos afectados por el relleno a construir y en el caso de los suelos limosos y arenosos servirán para caracterizar la capacidad portante de los mismos.

Los ensayos de penetración dinámica convencional o SPT permiten caracterizar el suelo de una manera más sencilla y en general más fiable en el caso de suelos limosos y arenosos, que la conseguida mediante la toma de muestras inalteradas. Este tipo de muestras presentan en estos suelos los problemas de dificultad de extracción y de tallado, de manera que en muchas ocasiones sólo se consiguen obtener de las capas más arcillosas, con lo cual se caracteriza a toda la capa por un resultado parcial que puede representar a un porcentaje minoritario en el conjunto.

Dado la particularidad de los suelos de la provincia de Córdoba por la presencia de loess, agregamos que los ensayos in-situ tradicionales como el SPT tienen serias limitaciones. Pues la resistencia y la rigidez de los loess dependen fuertemente del contenido de humedad a la que se realiza el ensayo, y no puede medir o evaluar la principal característica geotécnica de estos suelos. Además, la estructura desmoronable del suelo se puede compactar dentro del sacamuestras, lo cual produce un incremento artificial de resistencia.

Cimentación de obras.

El campo de aplicación de las penetraciones dinámicas en el proyecto de cimentaciones de estructuras tienen las mismas características que el definido en el aparato anterior respecto a rellenos, es decir:

- i. delimitación de zonas de suelos
- ii. caracterización de la capacidad portante del suelo

Normalmente y específicamente en estructuras importantes y en terrenos de cimentación poco uniformes, es necesario el contraste con otro tipo de sondeos.

Respecto a las profundidades de las penetraciones, son válidas las estipuladas para los sondeos rotativos.

Determinación de perfiles de roca en el suelo.

Los penetrómetros no sólo se utilizan en la determinación de ciertas propiedades del terreno, sino también se utilizan para investigar el terreno localizando los perfiles de roca y la profundidad a la que se hallan.

El método es muy sencillo se atraviesan los diversos horizontes del suelo y se sigue penetrando hasta alcanzar la roca madre, éste método nos ayuda así a

conocer a que profundidad está la roca para poder calcular los pilotes o para saber también, a partir de que profundidad se pueden colocar los anclajes, en el caso de obra civil o en el caso de la minería donde comenzar con el arranque.

Si la roca es muy blanda se pueden llegar a obtener testigos mediante el SPT, alterados en su estructura, sin necesidad de realizar sondeos con otro tipo de maquinaria.

### Principio físico

En general, los penetrómetros se basan en el principio físico de la conservación de movimiento.

Se supone además que el choque de la maza con la cabeza de impacto es completamente plástico, es decir no se produce el rebote de la maza al impactar.

La cantidad de movimiento de la maza es:

$$\frac{M}{g} \cdot v = \frac{M}{g} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

Siendo  $\sqrt{2 \cdot g \cdot H}$  la velocidad en caída de un cuerpo, en este caso la maza.

Aplicando posteriormente otro de los principios de mecánica, “la diferencia de energía cinética es igual al trabajo efectuado”. En este caso la maza pasa de poseer una energía potencial en el momento inicial a tener energía cinética en el momento final que se transmitirá finalmente la punta que penetrará en el suelo recibiendo de este una resistencia a la penetración que deriva de este concepto.

La resistencia a la penetración del terreno será por tanto:

$$\frac{M \cdot v^2}{2} = R d \cdot e$$

$$R d = \frac{M \cdot v^2}{2 \cdot e}$$

M es el peso de la maza en kilogramos, e es espacio recorrido por la punta entre el número de golpes dados y v la velocidad en caída de la masa.

## **Partes del Penetrómetro**

### Aparatos y material necesario:

Sacamuestras Terzaghi: está formado por tres piezas. Zapata o punta; vaina entera o partida y cabezal con válvula de retención.

Varillaje: Se denomina así a todo el conjunto de varillas de acero que se utilizan para transmitir la energía de golpeo.

### Dispositivos de golpeo:

Maza: Cuerpo pesado de acero que se eleva para conseguir el golpeo.

Cabeza de impacto: Cuerpo de acero que recibe el impacto de la maza y que está unido solidariamente al varillaje.

Guiadera: Como su nombre lo indica es un elemento que guía la maza en su camino.

Sistema de elevación y escape: es el mecanismo por el cual se eleva la maza y también se suelta.

### Instrumentos de medida:

Contador de golpes: el dispositivo de golpeo utilizado deberá disponer de un contador de golpes.

Escala de profundidad: Todo equipo deberá tener una referencia de profundidad de avances que se encuentre marcada de forma indeleble.

Referencia de verticalidad: Permitirá observar en grados o en tanto por ciento la inclinación de la verticalidad del varillaje mediante un inclinómetro.

## **Ensayo de golpeo y penetración**

El golpeo se efectuará con una frecuencia que dependerá del dispositivo que utilizemos. Se debe tener precaución extrema cada vez que se debe añadir nuevas varillas para evitar imprimir movimientos verticales o de rotación. Después de todo ello se debe de mirar que la verticalidad del varillaje no exceda del 5%.

Se deberán anotar todas aquellas interrupciones que se prolonguen más de un cuarto de hora.

Finalización de la prueba.

La prueba se dará por finalizada cuando se satisfagan algunas de las siguientes condiciones:

Se alcanza la profundidad previamente establecida.

Se supere el número de golpes para una distancia de penetración dada.  
(50 golpes en un intervalo de 15 cm)

## **Correlaciones**

A partir de la resistencia de penetración estándar se propusieron diferentes correlaciones para determinar la carga admisible. A continuación expresaremos las utilizadas en esta oportunidad.

Existen varias fórmulas desarrolladas para calcular la resistencia del suelo a partir del SPT, para cimentaciones superficiales en arenas. Las más conocidas son las de Terzaghi y Peck (1948) y la de Meyerhof (1956).

En este caso utilizaremos la de Meyerhof (1965) y Bowles (1977):

Siendo el asiento admisible de 1 pulgada (2.54 cm) y N es el nº medio de golpes en la zona de influencia de la cimentación, obtenido en el ensayo (SPT).

La carga admisible queda expresada en kg/cm<sup>2</sup>

$$\text{Para } B \leq 1.20 \quad q_{adm} = \frac{N}{5} \cdot w \cdot K_d$$

$$\text{Para } B \geq 1.20 \quad q_{adm} = \frac{N}{8} \left( \frac{B+1}{B} \right)^2 \cdot w \cdot K_d$$

Donde  $K_d$  es un factor de profundidad dado por  $K_d = 1 + \frac{D}{B}$ , siendo  $< 1,33$

Siendo  $w$  un factor dependiente de la posición del nivel freático vale 0.5 en condiciones de freático a la altura de cota de desplante y 1.0 si no ejerce influencia, siendo necesaria la interpolación en el resto de los casos.

Para el caso de cimentaciones profundas se describe, a continuación, la evaluación de la capacidad de carga axial de pilotes, mediante el método propuesto por Decourt-Quaresma (1978)

Se evaluó la capacidad de carga de pilotes según el número de golpes obtenidos en la prueba de penetración estándar y coeficientes aplicados de acuerdo al tipo de suelo.

Decourt (1978) calcula la carga última por punta como:

$$q_{adm} = \frac{N \cdot \phi}{\alpha \cdot FS}$$

Donde  $\phi$  es un coeficiente obtenido de tabla en función del tipo de suelo y  $N$  es el valor medio de golpes entre los tres valores correspondientes a la punta de estaca, el inmediatamente anterior y el inmediatamente posterior.

Tipo de suelo	$\phi$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Arcillas	1,2
Limo arcilloso	2
Limo arenoso	2,5
Arenas	4

$\alpha$ : coeficiente que vale 1 para pilotes hincados, y 3 en el caso de pilotes excavados.

Para determinar la capacidad admisible el método de Decourt emplea un factor de seguridad de 1,3 para carga en el fuste y 4,0 para carga en la punta.

## **APLICACIÓN EN PRÁCTICA SUPERVISADA**

### **Objetivos**

- Realizar un estudio de suelos mediante Ensayos de penetración Estándar (S.P.T.) para conocer el procedimiento de ejecución.
- Identificar la naturaleza de los materiales en el subsuelo.
- Determinar la profundidad del estrato adecuado para realizar las fundaciones de la futura construcción.
- Conocer el funcionamiento y el manejo del equipo de S.P.T..
- Procesar e interpretar la información obtenida en la fase de campo

El objetivo fue prospectar el subsuelo, mediante Ensayos de Penetración Estándar (S.P.T.), en un predio donde se pretende realizar una construcción, teniendo en cuenta las posibilidades prácticas de realización de los registros, y cuyo fin principal es evaluar el estrato adecuado para apoyar los cimientos.

### **Ubicación**

El estudio de suelo fue realizado en un predio perteneciente a la empresa BULTORFER, ubicado sobre la calle San Miguel 918, esquina con avenida General Savio, en la Localidad de Río Tercero (Provincia de Córdoba), según se ilustra mediante las figuras en el Anexo II. Al momento del estudio existe una construcción tipo residencial en el lote. En este predio se construirá una estructura Astori para uso comercial y depósitos de artículos del rubro de ferretería, la cual tendrá un entrepiso para depósito, con cargas accidentales de 1600 kg/m<sup>2</sup>.

### **Equipos y materiales**

El equipo de auscultación con el que cuenta la empresa se compone de:

- a. barras de penetración
- b. cabezal de impacto
- c. martinete

- d. sacamuestras Terzaghi de vaina entera
- e. estructura de trípode
- f. motor elevador

Ver foto en Anexo II.

## **Metodología**

El alcance del estudio es investigar las condiciones geotécnicas de los suelos en correspondencia con la ubicación de la construcción propuesta, según fuera requerido expresamente por el comitente. La investigación de las condiciones sub-superficiales permitirá la caracterización paramétrica de los suelos con el objeto de definir el tipo de fundación más adecuado para las futuras obras.

Como primer paso se procedió a obtener información relativa al tipo de estructura por construirse y acerca de su uso general. Además se estimó sobre las cargas aproximadas que tendrá el futuro edificio.

El proyecto es un edificio de 2 plantas, el cual estará destinado en planta baja al comercio artículos de ferretería y en planta alta como almacén de depósito.

### Posicionamiento

Con el fin de precisar espacialmente la "posición" y el "espesor" de los distintos estratos de suelos alumbrados, se efectuó un relevamiento de la boca de pozo del sondeo de exploración efectuado, según ha quedado debidamente calculado e ilustrado en la Tabla N° 1 y Figura N° 2, respectivamente en el Anexo II. El punto de referencia es la intersección de las líneas municipal en la esquina San Miguel y Av. Gral. Savio, con coordenadas S 32° 10' 13,72" \_ O 64° 07' 17,15".

### Sondeo

Se realizó un sondeo de exploración cuya ubicación se muestran en la planta de la Figura N° 1, con las siguientes características:

- S1: sondeo de penetración, incluyendo la realización de ensayos de penetración dinámica tipo SPT (ver Fotos N° 4 y 5 en Anexo II).

En el Anexo II, al final, se adjunta el perfil correspondiente a este sondeo, destacándose que todos los detalles de lo explorado, fueron tenidos en cuenta

al analizar e interpretar los resultados y realizar las recomendaciones que se exponen más adelante.

### Ensayos de laboratorio

Con las muestras de suelos obtenidas durante los trabajos in situ, se realizaron las determinaciones y los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos correspondientes, para lograr su caracterización, como ser:

- Identificación macroscópica
- Contenido de humedad
- Límite líquido y límite plástico
- Granulometría
- Clasificación Unificada de Suelos (S.U.C.S.)

Los resultados de estos ensayos de laboratorio están incluidos en los perfiles estratigráficos y en las planillas de laboratorio del Anexo II.

Aclaremos que las muestras obtenidas no sirven para ensayos de consolidación o triaxiales.

## **Resultados**

### CONDICIONES SUB-SUPERFICIALES

Se trata de un perfil litológico sedimentario, el cual se encuentra formado por terrenos limosos, limo-arenosos, y arenosos. Entre otras cosas, podría decirse que los suelos tienen, en general, características propias de suelos granulares con baja a nula plasticidad y de una alta permeabilidad.

Entonces, de acuerdo con la exploración efectuada y a la luz de la experiencia que se tiene de la geología local, estamos en presencia de un perfil de suelos tipo "inscripto" dentro del Perfil General Típico de esta zona. Es importante aclarar que puede existir variaciones en los perfiles de sectores alejados dentro de la obra, es por ello que a la solicitud del comitente de realizar sólo un sondeo, éste ha sido ubicado lo más representativo posible, dentro de las zona accesibles al momento de ejecución. Por lo cual se ha definido un perfil de suelos, para el sector de ubicación del sondeo S-1.

## PERFIL DEL SUELO (SONDEO 1)

**Estrato I** (desde el nivel de terreno del lugar (NTN) hasta ~2,5 m de profundidad)

Limo arenoso (~70% pasante tamiz #200), presencia de materia orgánica, color pardo; con ligera plasticidad o nula; compacidad variable entre muy suelta a suelta, con promedio de 6 golpes.

**Estrato II** (desde ~ 2,5 m hasta ~ 3,5 m de profundidad)

Limo con importante inclusión de arenas (~46% pasante tamiz #200), color pardo con trazas blanquecinas de carbonato; no plástico; textura áspera, compacidad media. N=16

**Estrato III** (desde ~ 3,5 m hasta ~ 6,5 m de profundidad)

Arena con matriz limosa (~29% pasante tamiz #200), color castaño; con plasticidad nula; compacidad variable entre media a densa hacia el final del sondeo de exploración. N=27

Ver figura N°2 en Anexo II.

## AGUAS SUBTERRÁNEAS

Respecto de la presencia de agua en el subsuelo, al momento de realizar las tareas de campo (22/12/09) no se alumbró el Nivel Freático (NF). De acuerdo a la experiencia en la zona conocemos que el NF se encuentra alrededor de los 30/33 metros de profundidad por lo que sus variaciones o fluctuaciones estacionarias no afectarían las características fundacionales del suelo para la obra analizada.

## RECOMENDACIONES PARTICULARES

A la luz del perfil de suelos investigado, y discutido anteriormente, se formulan las siguientes recomendaciones para el diseño de fundaciones.

## FUNDACIÓN SUPERFICIAL PARA ESTRUCTURA ASTORI

Para la estructura Astori, se recomienda emplear una fundación de tipo superficial (mediante zapata), apoyando "francamente" en el estrato II, a los 3,0

m de profundidad, atendiendo los parámetros de cálculo que se especifican a continuación:

Parámetros de cálculo de fundación superficial:

Fundación Directa: **Zapata Aislada**

Profundidad de Apoyo: **3 m**

Tensión Admisible: **3,1 kg/cm<sup>2</sup>**

El criterio utilizado para obtener éstos parámetros fue el propuesto por Meyerhof (1965). Y Bowles (1977) descripto anteriormente.

B=1 m      D=3 m      N=12

$$q_{adm} = \frac{12}{5} \cdot 1 \cdot 1,33 = 3,1 \text{ kg/cm}^2$$

Si bien escapa al alcance del presente trabajo ahondar en mayores detalles acerca de esta solución directa, se considera oportuno apuntar las siguientes pautas de interés:

- El manto de apoyo se deberá encontrar en estado inalterado (virgen) sin manifestar signos de actividad antrópica anterior (escombrera, vaciadero de residuos, relleno antrópico, etc.).
- Remover del fondo de la excavación, todo tipo de relleno existente en el lugar tal como escombros, materia orgánica, raíces, plásticos, suelos flojos, etc.
- Cualquier excavación que se realice manualmente tendrá el riesgo potencial de desmoronamiento, debido a la presencia de mantos granulares, que deberá ser previsto por quién construye, tomando las precauciones de proteger a los operarios, con algún método de entubamiento.
- Compactar el suelo de apoyo con equipo adecuado, que permita asegurar la correcta compactación del suelo expuesto.

## FUNDACIÓN PROFUNDA

Como otra alternativa se podrá emplear una fundación profunda, para construcciones que impliquen mayor nivel de cargas, mediante pozos o pilotes

que apoyen en el estrato III , a los 6,5 m de profundidad, atendiendo a los siguientes detalles:

Parámetros de cálculo de fundación profunda:

Fundación profunda: **Pilote excavado**

Profundidad de Apoyo: **6,5 m**

Tensión Admisible: **4,3 kg/cm<sup>2</sup>**

El criterio utilizado para obtener éstos parámetros fue el propuesto por Decourt (1978) descrito anteriormente. Adoptando solo la resistencia de punta y suponiendo un pilote excavado.

N= 26          φ=2          FS= 4          α=3

$$q_{adm} = \frac{26 \cdot 2}{3 \cdot 4} = 4,3 \text{ kg/cm}^2$$

Se considera oportuno apuntar las siguientes pautas de interés:

La fundación se podrá materializar mediante pozos, pilotes o pilas pre-excavados mecánicamente, con utilización de lodos bentoníticos o encamisando, o manualmente, con suma precaución, asegurando su franca penetración en el manto recomendado (estrato III) sin descomprimir las paredes del pozo. Cualquier excavación que se realice manualmente tendrá el riesgo potencial de desmoronamiento que deberá ser previsto por quién construye, tomando las precauciones de proteger a los operarios, con algún método de entubamiento (aros de H<sup>0</sup> pre moldeado, camisas metálicas, etc.).

Cabe aclarar, que no se podrán realizar campanas, debido a la propia naturaleza de los mantos arenosos desmoronables existentes.

Una vez más, se recuerda que toda excavación deberá hacerse tomando todas las precauciones posibles de seguridad para evitar derrumbes en caso de emplearse excavación manual. Para un correcto proceder se formulan las siguientes observaciones de importancia:

- Asegurar que el suelo de apoyo sea el correspondiente al estrato III y no guiarse, solamente, por la cota o profundidad recomendada que podría ser precisa para algunas zonas del predio e imprecisa para otras. En otras

palabras, se deberá buscar el material indicado, pero siempre dentro del rango de profundidades recomendado.

- Se excavará con todas las medidas de seguridad pertinentes a esta actividad, asegurando que no quede material suelto o relleno de la propia excavación en el fondo de cada pozo antes de su correspondiente llenado con hormigón, para evitar asentamientos inmediatos no deseados. La excavación deberá proceder hasta garantizar una penetración mínima de 0,2m dentro del manto de fundación antes indicado.
- El manto de apoyo se deberá encontrar en estado inalterado (virgen) sin manifestar signos de actividad antrópica anterior (escombrera, vaciadero de residuos, etc.).
- Los pozos, excavados y llenados in situ, tendrán distintas capacidades de carga (Carga de Servicio) con arreglo al diámetro escogido. A este respecto, se recomienda utilizar un diámetro que permita garantizar la limpieza del fondo del pozo antes de proceder al colado del hormigón.
- Las fundaciones serán de hormigón armado, empleando para todos los cálculos un acero de calidad mínima garantizada así como un hormigón de calidad mínima certificada, materiales éstos de uso corriente en la construcción de este tipo de obras en nuestro medio.
- Para la fundación, las cabezas de los pilotes, o pozos, se unirán mediante vigas de encadenado —"porta-muro" y/o riostras— con arreglo a cuál sea la disposición de la estructura a fundar y el criterio del Calculista.
- El control y/o inspección de la ejecución del sistema de fundación deberá ser realizado por personal idóneo, independiente y conocido por el Director Técnico de la obra.

Finalmente, a los fines de adecuar los niveles de carga de la futura estructura a la capacidad de carga del suelo de apoyo, tanto para el caso de las zapatas superficiales como de los pilotes, recurrir a la alternativa de inyectar con lechada cementicia un bulbo de material granular, materializado por debajo de pilotes o zapatas — según cuál sea el tipo de fundación adoptado —. Esta inyección, en el caso de emplear aros para excavar los pozos, servirá para llenar el espacio anular existente entre aro y pared de excavación. Tal inyección se llevará a cabo tiempo después del llenado de los pozos o bases, según sea el caso, y una vez construida gran parte de la estructura de H<sup>o</sup> A<sup>o</sup> del edificio, a fin de garantizar una adecuada obturación y correcta puesta en carga de la fundación. Esta tarea, realizada con personal especializado y controlada en forma adecuada, permitirá aumentar la resistencia de punta hasta en un 50%, los valores de tensión admisible recomendados, más arriba, siempre que sea realizado por personal idóneo.

## **Conclusión Parte II**

Luego de haber plasmado los resultados y recomendaciones del caso estudiado, nos centramos en analizar la experiencia de haber sido parte del equipo de trabajo como resultado de la práctica supervisada.

Primordialmente, rescatamos el gran valor que posee aprender desde la experiencia real de la aplicación de tareas puntuales; en este caso la realización de un estudio de suelos S.P.T. con el fin de determinar los estratos a fundar.

Asimilamos que los resultados de ensayos de penetración estándar, en arenas, pueden tener categoría de cuantificables, mientras que en terrenos coherentes anegados sólo pueden utilizarse como datos orientativos.

La mayor ventaja que tiene este método de sondeo es que permite una testificación directa del terreno con obtención de muestras y de la capacidad portante del mismo. El ensayo es asimismo rápido y relativamente barato.

Entendimos que un estudio de suelo es tan importante como la interpretación e implementación en obra del mismo.

## **ANEXO II**

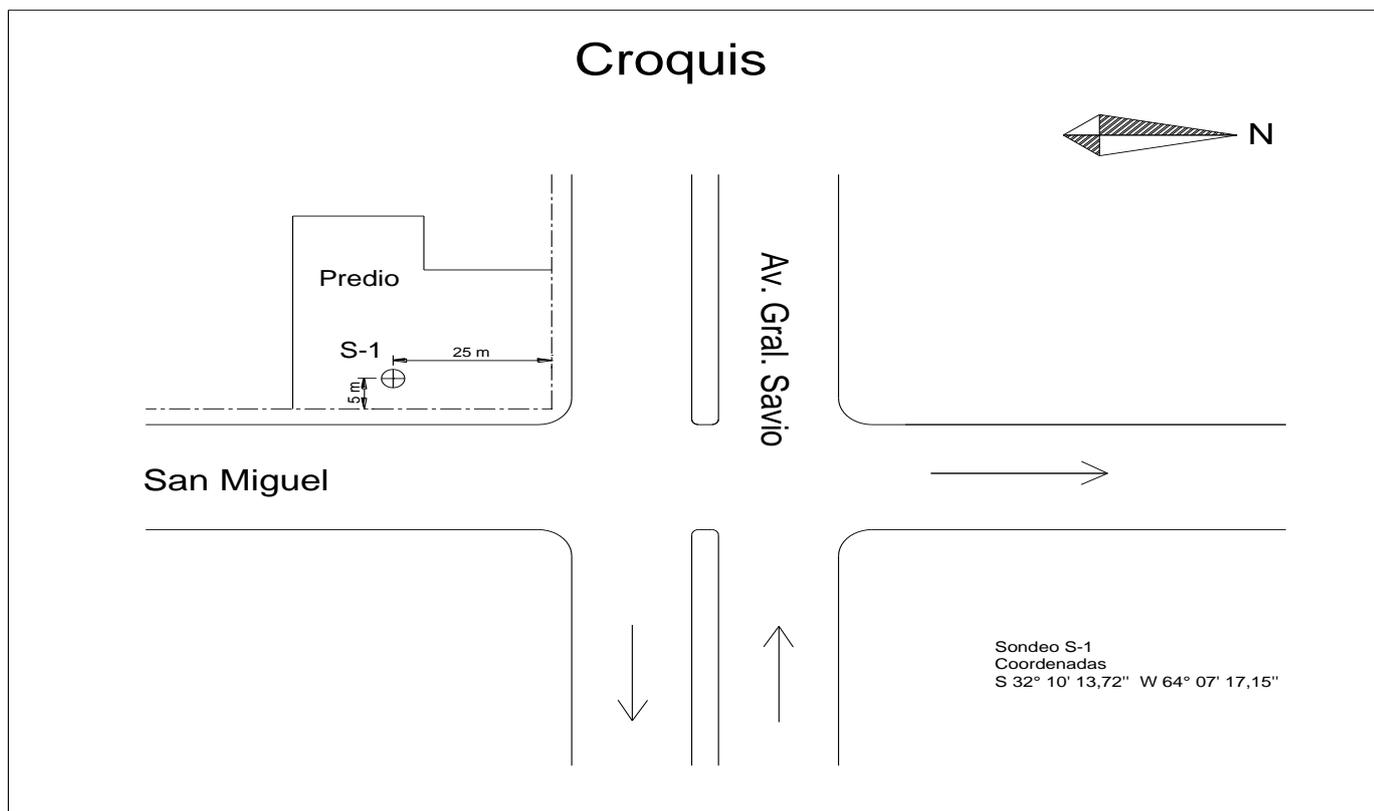


Figura N°1. Croquis de ubicación del predio

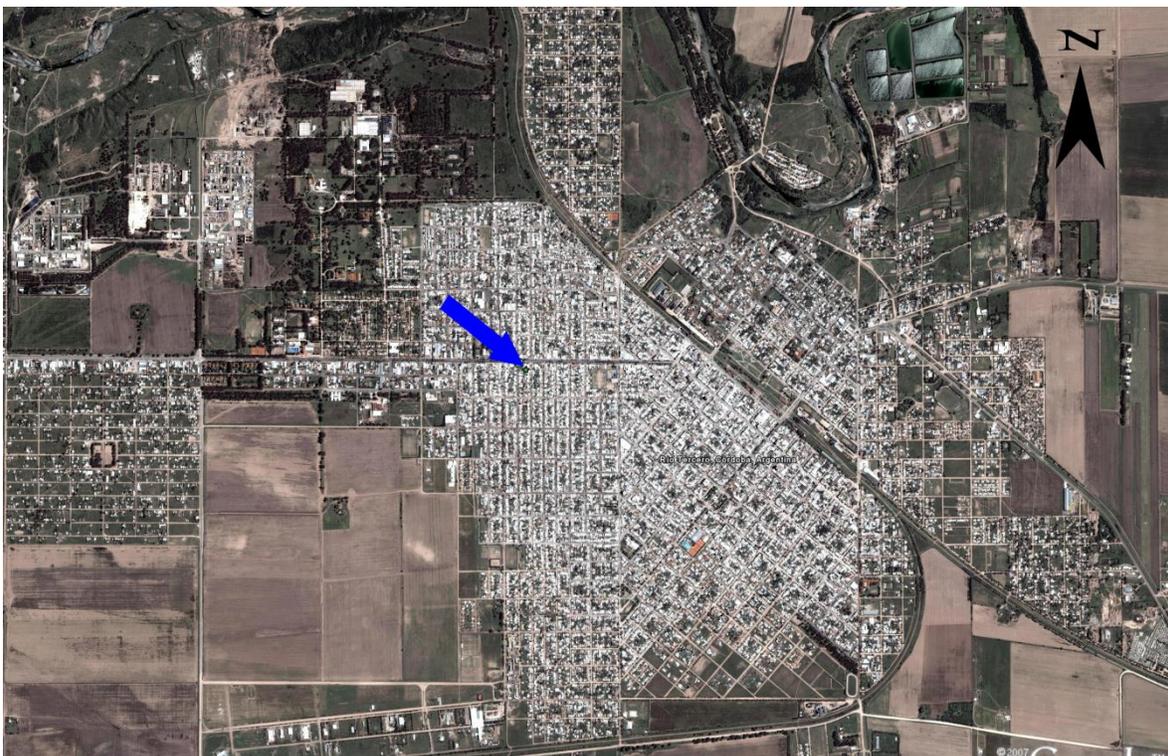
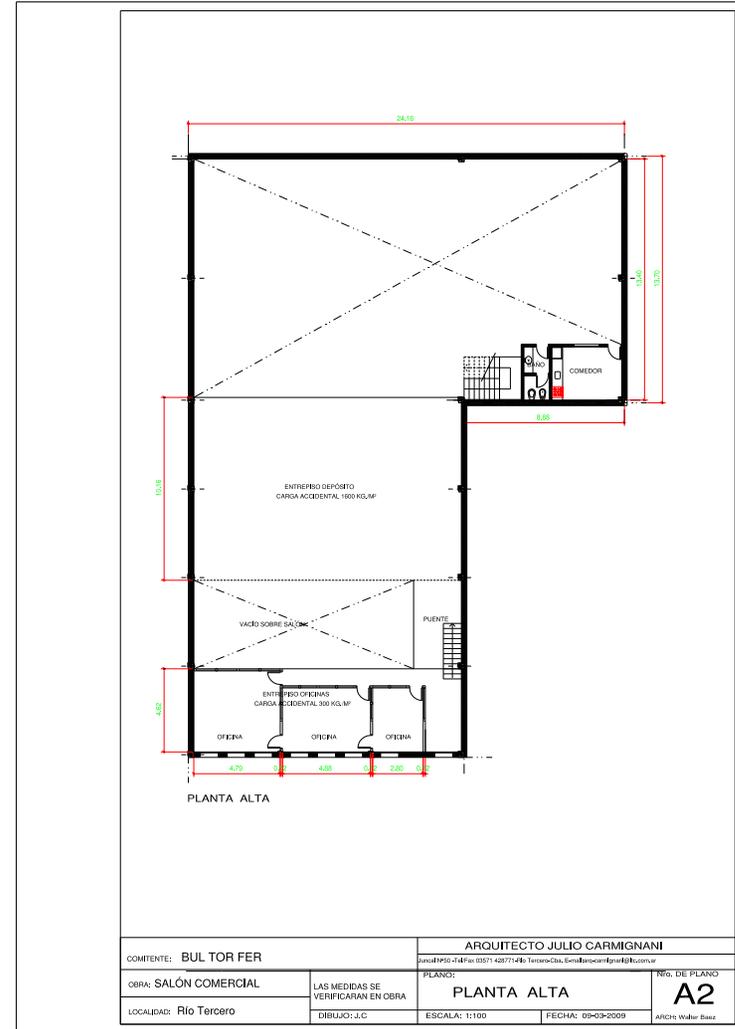
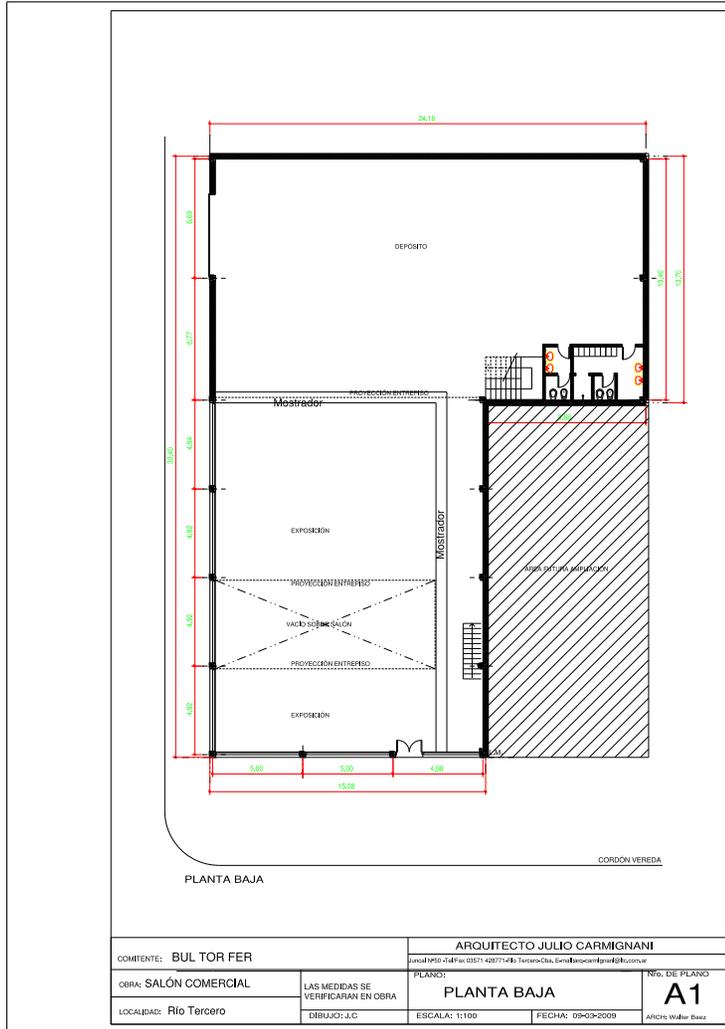


Foto N°1 - Plano de la ciudad de Río Tercero con ubicación del predio



Foto N°2 – Ubicación del predio en estudio

# Plano de proyecto para estructura Astori



NOTAS: la altura libre debajo del entrespiso en planta baja deneré ser de 3.00 m., no así en vigas laterales, donde se apoyarian los paneles.  
 la altura libre debajo de planta alta deberá ser 2,60 libre debajo de los paneles.



Foto N°3 – Vista del predio ubicado en la esquina de San Miguel y Av. Gral. Savio



Foto N° 4 – Ubicación del Sondeo S-1



Foto N° 5 – Ubicación del Sondeo S-1

## Análisis de muestras

### Planilla Resumen - Tabla N°1

**OBRA** Estructura Astori. Rio Tercero  
**Comitente** BULTORFER  
**Fecha** 28/12/2009

Prof. m	H° Nat. (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pasa tamiz %					SUCS
					200	40	10	4	3/8	
1.00	14.95	21.18	17.84	3.34	69.86					ML
2.00	10.30			NP	74.21					ML
3.00	10.73			NP	46.79	71.42	95.16	98.98	100.00	SM
4.00	4.79			NP	29.11	53.85	86.77	95.95	100.00	SM
5.00	3.06			NP	11.38	28.07	81.44	98.13	100.00	SW-SM

H° Nat: Humedad natural

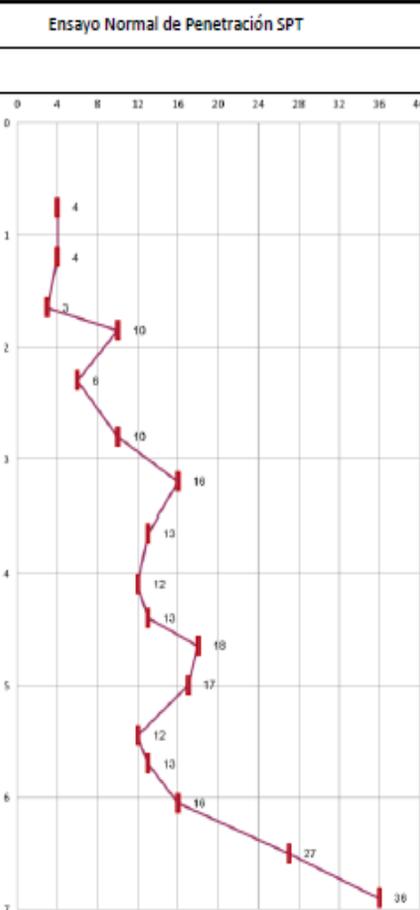
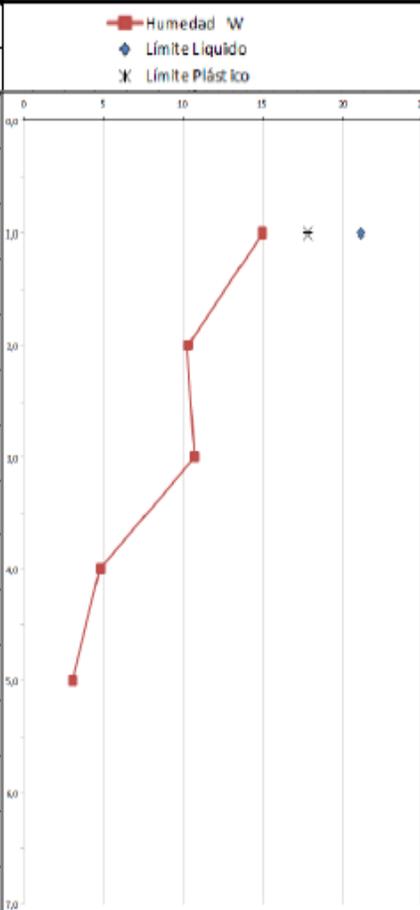
LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

IP: Índice plástico

SUCS: Clasificación Uniforme de Suelos

OBRA: Estructura Astori				FECHA: 22/12/2009									
UBICACIÓN: Av Gral. Savio esq. San Miguel - Río Tercero - Córdoba				COORDENADAS: S 32° 10' 13,72" - O 64° 07' 17,15"									
COMITENTE: Bultorfer S.A.													
SONDEO: S 1													
Profundidad (metros)	Descripción	Clasificación Unificada	Humedad W	Límites de Atterberg			Pasa tamiz N°				Ensayo Normal de Penetración SPT		
				LL	LP	IP	4	10	40	200	N		
0,0													
1,0	Limo Arenoso	ML	14,95	21,18	17,84	3,34				69,86	4		
2,0		ML	10,3							74,21	10		
3,0	Arena Limosa	SM	10,73				98,98	95,16	71,42	46,79	16		
4,0		SM	4,79				95,95	86,77	53,85	29,11	12		
5,0	Arena bien graduada con limo	SM-SW	3,06				98,13	81,44	28,07	11,38	17		
6,0											16		
7,0	No se ubicó NF										36		





Muestra N°1 extraída a 1 m de profundidad



Muestra N°5 extraída a los 5 m de profundidad

## Conclusión

Como cierre de este trabajo se quieren transmitir las conclusiones que surgieron de esta experiencia y de la elaboración de este informe.

Habiendo tomado contacto con el medio laboral real y cumplido el número de horas mínimo exigido por la facultad, damos por cumplido el objetivo general de estas Prácticas Supervisadas y detallando, a continuación, los resultados:

Se logró comprender la importancia del desarrollo personal y su correlación con el desarrollo profesional en el ámbito de trabajo cotidiano.

Además, se consiguió interacción permanente con un grupo de profesionales afines a la ingeniería e introducir, de forma práctica, en los métodos reales y códigos relativos a las organizaciones laborales.

También, se pudo observar cómo se aplican los conceptos aprendidos durante la formación en diferentes casos prácticos y tener una aproximación con la carrera profesional que comienza.

Por último, advertimos que dentro de la ingeniería civil existe un abanico enorme de actividades por incurrir, y cada una, como en los dos casos de estudio de este informe, requiere una especialización profunda para su correcta aplicación.

En el aspecto personal fue muy gratificante efectuar este trabajo, y creemos haber cumplido con las expectativas.

## Bibliografía y referencias

Fundamentos de mecánica del suelo, proyecto de muros y cimentaciones. Juan José Sanz Llano, Daniel Graux. Edición: 2 – 1975

Exploración del subsuelo mediante penetrómetro. JL. Varela é I.G. Herrero (2001/2002)

Ingeniería técnica de minas, especialidad en exploración de minas. EUIT MINAS BARAKALDO

Prospección y explotación de las aguas subterráneas. G. CASTANY. Ediciones Omegas, S.A., Barcelona, 1975.

Fundamentos de ingeniería geotécnica. Braja M. DAS. Cengage Learning. Edamsa Impresiones S.A.

Cátedra de Geofísica Aplicada, U.N.P.S.J.B., Chubut, Argentina. Métodos Geoeléctricos de Corriente Continua. Chelotti, L., Acosta, N., Foster, M.,

Orellana, E. (1982). Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua. 2ª ed. Madrid: Paraninfo.Vol. 1

American Society for Testing and Materials, 1997, Designación D-1586

La Obra gruesa: unos apuntes de construcción. Fructuós Mañá Reixach – 2003

CIMENTACIONES SUPERFICIALES - Guía de cálculo y diseño de cimentaciones superficiales - Fernando Herrera Rodríguez- vol. 1

El estudio geológico-geotécnico en los proyectos de edificación. Juan Alonso. 15/11/2006

Apuntes de las cátedras de Geotecnia de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la U.N.C.