



Evaluación del subsuelo mediante prospección geofísica y geoelectrica del cerco perimétrico de la Filial Angaraes - Universidad Nacional de Huancavelica

Subsoil evaluation through geophysical and geoelectric prospecting of the perimeter fence of the Angaraes Subsidiary - National University of Huancavelica

• Uriel Neira¹ • Heydi Quispe² • Guillermo Ñahui³ • Osman Ñahui⁴

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

Correo electrónico: uriel.neira@unh.edu.pe

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5926-0099>

²Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

Correo electrónico: heydi.quispe@unh.edu.pe

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3781-6236>

³Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

⁴Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

Recibido: 07 Marzo del 2022 / **Revisado:** 13 Mayo 2022 / **Aprobado:** 27 Junio 2022 / **Publicado:** 25 Julio del 2022

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar la exploración del subsuelo mediante la prospección geofísica - geoelectrica en el cerco perimétrico de la Filial Angaraes de la Universidad Nacional de Huancavelica. El tipo de investigación que se empleó en este trabajo es de tipo aplicada y pertenece al nivel explicativo, debido a que busca explicar la exploración del nivel freático, la estratificación litológica del subsuelo y la determinación de sumideros presentes en el cerco perimétrico. Para el presente estudio se empleó el método Schlumberger-Wenner, al ser considerado como el más preciso y popular; mediante el cual se obtiene la resistividad del suelo en capas profundas para ello se elaboró cuatro sondajes eléctricos en el subsuelo del cerco perimétrico con el fin de caracterizar e identificar las anomalías presentes en el subsuelo. Para poder determinar las características litológicas del subsuelo, la profundidad del nivel freático, existencia de sumideros y roca firme se usó el Equipo de resistímetro (AEMC 6471 y Resistance Tester Kit with Clamps - 300ft) con electrodos de cobre capacitivos para resistividad y prospección del subsuelo. De acuerdo a las prospecciones geofísicas se llegó a determinar los ensayos respectivos sobre el nivel freático y aguas subterráneas y se obtuvo los siguientes resultados: en el SEV-01 presenta nivel freático a profundidades promedias de 8.00m a 9.00m, SEV-02 y SEV-03 presenta nivel freático a profundidades promedias de 3.00m a 4.00m y en el SEV-04 presenta nivel freático a profundidades promedias de 8.00m.

Palabras clave: Exploración; Prospección geofísica; Sondeo.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the exploration of the subsoil through geophysical - geoelectric prospecting in the perimeter fence of the Angaraes Branch of the National University of Huancavelica. The type of research that was used in this work is of an applied type and belongs to the explanatory level, since it seeks to explain the exploration of the water table, the mythological stratification of the subsoil and the determination of sinkholes present in the perimeter fence. For the present study, the Schlumberger-Wenner method was used, as it is considered the most accurate and popular; by means of which the resistivity of the soil in deep layers is obtained, for this, four electrical soundings were prepared in the subsoil of the perimeter fence in order to characterize and identify the anomalies present in the subsoils. In order to determine the lithological characteristics of the subsoil, the depth of the water table, the existence of sinkholes and bedrock, the resistimeter equipment (AEMC 6471 and Resistance Tester Kit with Clamps - 300ft) was used with capacitive copper electrodes for resistivity and subsoil prospecting. According to the geophysical surveys, the respective tests on the groundwater table and groundwater were determined and the following results were obtained: SEV-01 presents a groundwater table at an average depth of 8.00m to 9.00m, SEV-02 and SEV-03 presents a water table at average depths of 3.00m to 4.00m and SEV-04 presents a water table at average depths of 8.00m.

Keywords: Exploration; Geophysical prospecting; Probe.

1. INTRODUCCION

Los estudios geofísicos han sido aplicados en distintas investigaciones geotécnicas en años, con fines de prevención y análisis de la caracterización del subsuelo; por ello, la geofísica se aplica como complemento continuo en estudios geotécnicos para obtener información detallada del subsuelo. En la actualidad los métodos eléctricos y electromagnéticos están siendo utilizados como complemento en los estudios de investigación en diferentes áreas de la ingeniería (Flores, 1995).

En el Perú, las investigaciones geofísicas por los métodos de resistividad – geoelectrica demandan un menor costo y tiempo en proyectos de ingeniería geotécnica, mediante el análisis e interpretación de imágenes de tomografía eléctrica con respuesta de comportamiento del subsuelo. En la ciudad de Lircay perteneciente a la provincia de Angaraes, el comportamiento de las arcillas del suelo no es uniforme; debido a un conjunto de causas relacionadas con el cambio climático, el uso de diversos materiales de relleno, así como las fallas geológicas, entre otras causas, las mismas que, provocan presión de arenas y materiales sedimentarios que al estar mal compactados generan agrietamientos, hundimientos, en el peor de los casos, producen deslizamientos sobre su superficie. Recientemente, se ha evidenciado agrietamientos y hundimientos de terreno en la ciudad de Lircay, afectando la infraestructura urbana con la pérdida de bienes, los cuales se encuentran ubicados en zonas inestables o áreas susceptibles a colapsos. Como en el caso de Universidad Nacional de Huancavelica, específicamente en la Facultad de Ingeniería de Minas Civil – Ambiental, donde se evidencia un evento habitual de hundimiento de suelos presentes en el cerco perimétrico de lo cual es un fenómeno que no tuvo un estudio adecuado y tratamiento de mejoramiento de suelos ante este afecto natural que sucede en la facultad. Por ello, se decidió evaluar el subsuelo del cerco perimétrico de la facultad al tener para el desarrollo de los ensayos correspondientes, el análisis de prospección geofísica – geoelectrica tiene como fin de evaluar zonas potencialmente riesgosas.

De acuerdo a la investigación y verificación del terreno para determinar las clasificaciones del suelo, presencia de sumideros y roca firme se utilizó el sondaje eléctrico vertical con 4 puntos específicos en el subsuelo del cerco perimétrico de la FIMCA de la Universidad Nacional de Huancavelica. Los sondeos se efectuaron con un equipo de Ohmetro de tierra y de resistividad modelo Chauvin Amoux C.A 6471 con la calibración N° 154311 – 2019. Asimismo, para la interpretación geofísica de los sondeos eléctricos verticales se utilizó los softwares para S.E.V. (ipi2win, r2dinv32 y wsm9.1). Para el presente estudio se empleó el método Schlumberger-Wenner, al ser el considerado como el más preciso y popular; mediante el cual se obtiene la resistividad

del suelo en capas profundas. Respecto a la investigación se analizó las características geológicas, luego la presencia de sumideros existentes, nivel freático y la roca firme en el subsuelo del cerco perimétrico de la FIMCA de la Universidad Nacional de Huancavelica. El efecto de ambigüedades en la interpretación de las curvas para la determinación el nivel freático, se evaluó la presencia de arcilla orgánica e inorgánica luego la estratificación litológica del subsuelo, se evaluó la anomalía presente en la lectura del sondaje eléctrico, se evaluó el comportamiento de los sumideros y las fracturaciones de la roca firme. los resultados obtenidos en la investigación son favorables y en encontrado la mayor parte de aceptación en cuanto a los objetivos planteados con excepción de la existencia de sumideros que solo se encontró en C1 Y C4, en el C1 se encontró roca de baja fracturación a 15 metros y en C2 no se encontró roca de baja fracturación pero si se encontró suelos compactos a 7 metros, en el C3 no se encontró roca de baja fracturación ni suelos compactos se verificó que se encontró mezcla de arena y gravas saturadas a 10 metros en el C4 no se encontró roca de baja fracturación pero si se encontró la presencia de suelos compactos a 10 metros .

La ciudad de Lircay cuenta con registros de fenómenos que hasta la fecha han ocurrido en los barrios Pueblo Viejo, Pueblo Nuevo y Bellavista tales como agrietamientos y hundimientos en el terreno. Estos fenómenos han afectado a la infraestructura urbana, teniendo como consecuencias la pérdida de bienes ubicados zonas inestables o áreas susceptibles a colapsos. Existen ejemplos donde en los últimos tiempos han sucedido fenómenos de hundimientos de terrenos como los ubicados en el barrio de Pueblo Nuevo, donde hasta la fecha existen puntos de hundimientos de terrenos. Además, se evidencian en la ciudad universitaria de la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental y otro acontecimiento se ubica en el parque de Santa Rosa, losa deportiva de la pampa y fenómenos de hundimiento de vías en el barrio de Bellavista en el terminal terrestre de Lircay. En la elección del área de influencia de la investigación se optó por áreas libres que no presenten anomalías. El estudio consta de cuatro perfiles a lo largo de un perímetro de aproximadamente 444 m ubicado en la ciudad universitaria sede Lircay de la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental. A través de la exploración del subsuelo mediante la prospección geofísica – geoelectrica, este método mide las propiedades físicas-mecánicas del subsuelo con el ensayo de la resistividad eléctrica obtenida con un resistivímetro de extensión vertical de 90 m aproximadamente 18 (AEMC 6471 – R.T.K.C. - 300ft) y el método de dispositivo Wenner-Schlumberger para el sondaje eléctrico vertical (SEV).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los instrumentos y técnicas de recolección de datos que se usó en el presente trabajo de investigación fueron los siguientes: Se utilizaron las siguientes técnicas de la observación directa “es un proceso intencional que nos permite recoger información precisa y objetiva sobre los rasgos y características de las unidades de análisis”. Se elaboró cuatro sondajes eléctricos en el subsuelo del cerco perimétrico de la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental de la Universidad Nacional de Huancavelica con fin de caracterizar e identificar las anomalías presentes en el subsuelo de cual. Se plantaron cuatro electrodos dos electrodos son los que expulsan el voltaje eléctrico y dos sobrantes electrodos recepción a ese voltaje luego vota valores en ohm/metro para llevar los datos en conjunto a un programa de software para ser evaluado y obtener resultado del subsuelo.

Para poder determinar las características litológico del subsuelo, la profundidad del nivel freático,

existencia de sumideros y roca firme se usó el Equipo de resistimetro (AEMC 6471 y Resistance Tester Kit with Clamps - 300ft) con electrodos de cobre capacitativos para resistividad y prospección del subsuelo. El procesamiento de datos se realizó en el área de gabinete de la empresa privada Laboratorio en Control de Calidad de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto E.I.R.L suscrita en la ENDECOPI resolución N°16130-2013/OSD con su Software instalado y compatible con el equipo de resistividad e prospección del 88 suelo (Res2Dinv y Ipi2Win), de la cual nos vota el resultado de la tomografía eléctrica del cerco perimétrico.

En este sentido la muestra en el trabajo de investigación estuvo conformada por cuatro sondajes eléctricos verticales de la cual se introducirá los electrodos en el subsuelo del cerco perimétrico de la Facultad de Ingeniería de Minas, Civil Ambiental de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Tabla 1

Coordenadas de los Sondajes Eléctricos Vertical (SEV).

Sondeo	Sentido	Coordenadas en UTM	Distancia (m)
SEV-01	INICIO	530214.00 m E 8563265.00 m S	100.00m
	CENTRO	530173.00 m E 8563289.00 m S	
	FINAL	530126.00 m E 8563315.00 m S	
SEV-02	INICIO	530115.00 m E 8563305.00 m S	37.12m
	CENTRO	530102.00 m E 8563294.00 m S	
	FINAL	530101.00 m E 8563275.00 m S	
SEV-03	INICIO	530101.00 m E 8563248.00 m S	87.31m
	CENTRO	530118.00 m E 8563212.00 m S	
	FINAL	530137.00 m E 8563169.00 m S	
SEV-04	INICIO	530145.00 m E 8563166.00 m S	76.17m
	CENTRO	530178.00 m E 8563186.00 m S	
	FINAL	530205.00 m E 8563209.00 m S	

Figura 1

Puntos seleccionados para la toma de muestra

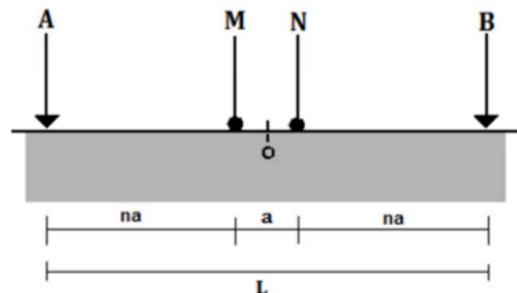


La Técnica para procesar los datos primero se seleccionaron 4 puntos estratégicos que abarque del subsuelo del cerco perimétrico de la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental de la Universidad Nacional de Huancavelica. El primer punto de selección SEV N°01 estará ubicado entre los colindantes la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental y la familia Guzmán el segundo punto de selección SEV N°02 estará ubicado entre los colindantes la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental y la familia Guzmán el tercer punto de selección SEV N°03 estará ubicado entre los colindantes la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental y la familia Sumayta y el Cuarto punto de selección SEV N°04 estará ubicado entre los colindantes la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental y la familia Buendía. Luego se determinó la tomografía con el sondaje eléctrico, el análisis o evaluación de tomografía mediante parámetros se interpretó con el cuadro de parámetros geológica de subsuelo, 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.

La fórmula de Wenner-Schlumberger: Este arreglo es una combinación de los arreglos Wenner y Schlumberger (Pazdirek y Blaha, 1996) o sea un híbrido, es llamado así por el movimiento lateral que se aplica al arreglo Schlumberger, los electrodos AMNB se ponen simétricamente en línea, donde la distancia de los electrodos de potencial MN es mucho menor que las de los electrodos de corriente AB (Figura 1). Por lo tanto, este arreglo es sensible tanto a estructuras verticales (cambios en la resistividad horizontal) como a horizontales (cambios en la resistividad vertical). Su profundidad de investigación media es 10% mayor que la del arreglo Wenner. La fuerza de su señal es mayor que la del arreglo Dipolo-Dipolo pero menor a la del arreglo Wenner (Loke, 2010).

Figura 2

Disposición de los electrodos en el arreglo Wenner-Schlumberger (Chelotti y Acosta, 2010)



Nota: Loke, 2010

Su ecuación para determinar la resistividad aparente es la siguiente:

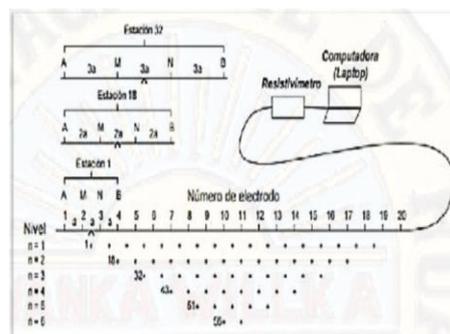
$$\rho_a = \pi n(n + 1)a \frac{\Delta v}{I}$$

Esquema del dispositivo Wenner - Schlumberger.

Con todos los electrodos conectados al resistivímetro, y mediante un programa secuencial específico que se crea para cada objetivo, el aparato toma lecturas a distancias proporcionadas y equitativas para obtener resultados favorables. De esta manera se obtienen gran número de puntos de resistividades aparentes. Cada electrodo incrustado deberá estar plantada no mayor a los 3/4 parte de su dimensión, para obtener lecturas en instancias secas de tendrá que usar agua con mezcla de sal yodada esta es aplicable para obtener una buena señal entre electrodos y una buena alternativa en caso donde la humedad es casi nula como las costas o los desiertos.

Figura 3

Configuración de electrodos para un estudio 2D y secuencia de mediciones para la obtención de una pseudosección mediante dispositivo Wenner.



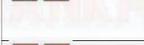
Nota. Loke, 2004

Parámetros para la interpretación

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 como en zonas rocosas compactas, zonas minadas, zonas eléctricas, zonas de alta tensión de magnetismo.

Figura 4

Parámetros geológicos referenciados de la página científica dedicada a estudios geofísicos

	TERCEARIO – material soluble en agua (margas y margocalizas)
	TERCEARIO – arcillas inorgánicas (conglomerados, areniscas y arcillolitas)
	TERCEARIO – mezcla de limos y arcillas (conglomerados, areniscas y arcillolitas)
	CRETÁCICO – arenas arcillosas (calizas, calizas arenosas, calizas de arroyo de ríos y margas)
	CRETÁCICO – mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas (calizas, calizas arenosas, calizas de arroyo de ríos y margas)
	JURÁSICO – mezcla de gravas y arenas (areniscas, conglomerados y lutitas)
	JURÁSICO – suelos compactos de conformación de gravas arenosas y gravas compactas – conformación de rocas de baja alteración o de baja meteorización.

Nota: Recuperado de <https://buscaraguasubterranea.com/> y <http://www.tecnicasgeofisicas.com/>

Tabla 2

Resistividad eléctrica de la estratigrafía del tipo de material

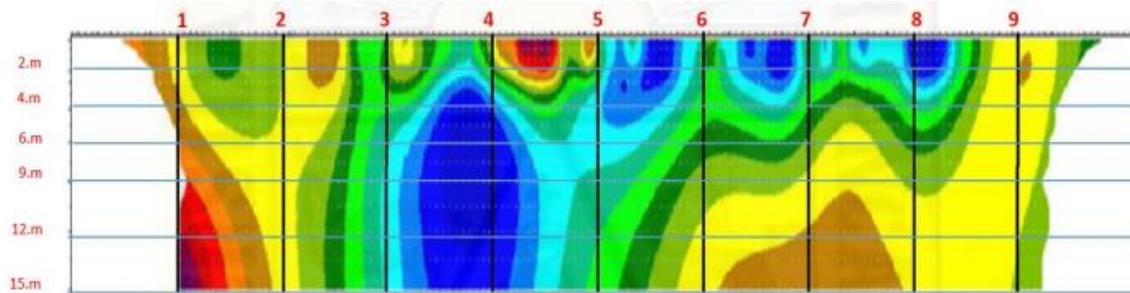
	Material	Resistividad
Andosoles	No saturados	300-1000
	Saturados	30-50
	Secos	1000-2500
Arcillas	No saturadas	20-40
	Saturadas	5-20
	Saturadas con agua salada	1-10
Arenas	No saturadas	400-700
	Saturadas	100-200
	Roca fracturada	1500-5000
Basamento	Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
	Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
	Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Gravas	No saturadas	500-2000
	Saturadas	300-500
Grus	No saturadas	500-1000
	Saturado	40-60
Limos	Saturados	20-100

Nota. Resistividad de agua y algunas rocas (Astier, 1975)

3. RESULTADOS

Resultado de la prospección del subsuelo – SEV N°01

De acuerdo a los análisis se obtuvieron las características litológicas del subsuelo del ensayo SEV N°01



Se analizaron 9 puntos para la característica litológica del sub suelo de acuerdo a los resultados obtenidas en las características litológicas se verifica que el ensayo SEV N°01 el suelo predominante son las arcillas y limos inorgánicos. El software usado para la caracterización litológica del sub suelos es el Res2Dinv.

Tabla 3

Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	405.00	arenas arcillosas	SC
4.00m	452.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas	SM-SC
6.00m	455.00		
9.00m	375.00	mezcla de gravas y arenas saturadas	GP
12.00m	495.00		
15.00m	860.00	rocas de baja fracturación - saturadas	

Tabla 4

Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	35.00	arcillas inorgánicas	CL
4.00m	30.00		
6.00m	400.00	arenas arcillosas	
9.00m	125.00		
12.00m	175.00	arenas arcillosas - saturadas	SC
15.00m	180.00		

Tabla 5*Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01*

Profundidad (m)	Resistividad (ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	130.00	arenas arcillosas	sc
4.00m	185.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas	ml-cl
6.00m	170.00		
9.00m	17.00		
12.00m	15.00	arcillas inorgánicas - saturadas	cl
15.00m	20.00		

Tabla 6*Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01*

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	25.00	arcillas inorgánicas	CL
4.00m	20.00		
6.00m	42.00	material soluble en agua (margas y margocalizas)	
9.00m	55.00		
12.00m	41.00		
15.00m	12.00	arcillas inorgánicas	CL

Tabla 7*Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01*

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	134.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas	ML-CL
4.00m	32.00	arcillas inorgánicas	CL
6.00m	27.00		
9.00m	10.00	arcillas inorgánicas - saturadas	
12.00m	14.00		
15.00m	108.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas saturadas	ML-CL

Tabla 8*Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01*

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	165.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas	ML-CL
4.00m	25.00	arcillas inorgánicas	CL
6.00m	38.00		
9.00m	181.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas saturadas	ML-CL
12.00m	124.00	arenas arcillosas y saturadas	SC
15.00m	168.00		

Tabla 9*Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01*

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	26.00	arcillas inorgánicas	CL
4.00m	34.00		
6.00m	85.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas	ML-CL
9.00m	165.00	arenas arcillosas saturadas	SL
12.00m	142.00		
15.00m	180.00	mezcla de arenas limosas y arcillas arcillosas saturadas	SM-SC

Tabla 10*Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01*

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	42.00	material soluble en agua (margas y margocalizas)	
4.00m	55.00		
6.00m	25.00	arcillas inorgánicas	CL
9.00m	92.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas	ML-CL
12.00m	168.00		
15.00m	174.00	arenas arcillosas	SL

Tabla 11

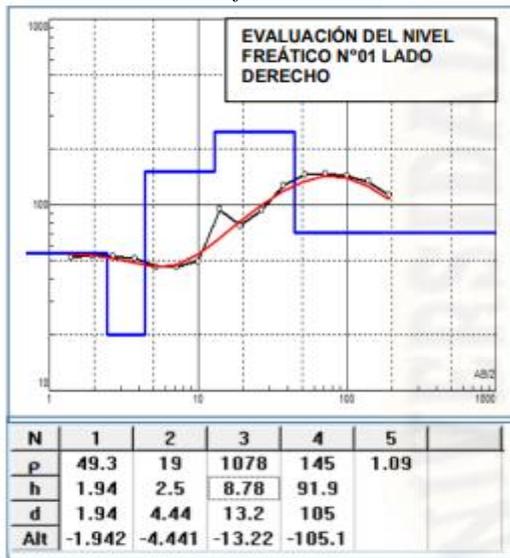
Resultados de la prospección del subsuelo SEV N°01

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
2.00m	435.00	mezcla de arenas limosas y arcillas arcillosas	SM-SC
4.00m	400.00	arenas arcillosas	SC
6.00m	435.00		
9.00m	132.00		
12.00m	140.00	arenas arcillosas saturadas	
15.00m	19.00	arcillas inorgánicas saturadas	CL

Resultados para la identificación de la profundidad del nivel freático en el ensayo SEV N°01

Figura 5

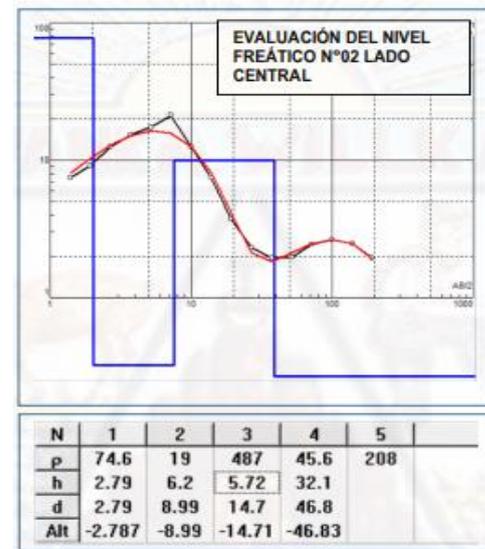
Evaluación del nivel freático N°01



Nota. En el análisis de la figura 5 presenta la ambigüedad a 8.79m lo cual hace referencia del nivel freático.

Figura 6

Evaluación del nivel freático N°02

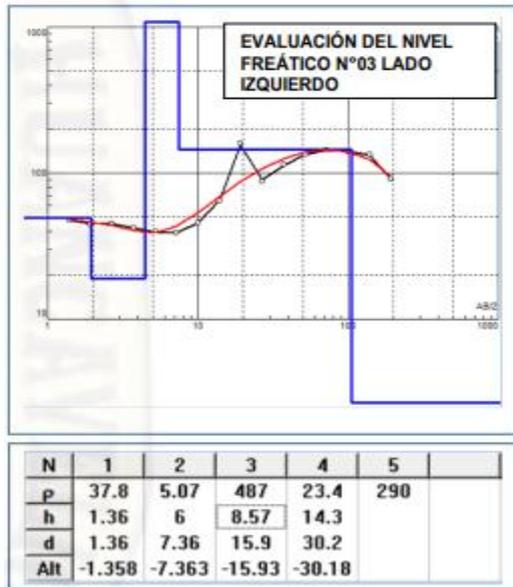


Nota. En el análisis de la figura 6 presenta la ambigüedad a 5.72m lo cual hace referencia del nivel freático.

Se concluye de acuerdo a los efectos laterales y central de ambigüedades en la interpretación de las curvas se concluye que la presencia de nivel freático en el sev n°01 está a una profundidad promedio de 5.00m como profundidad mínima y como profundidad máxima a 8.00m.

Figura 7

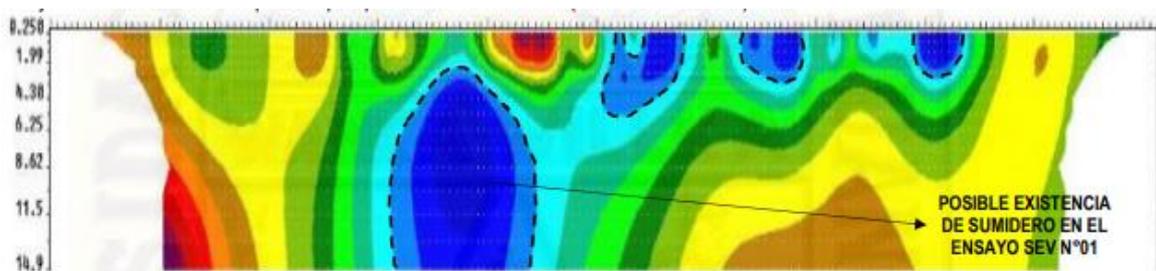
Evaluación del nivel freático N°03



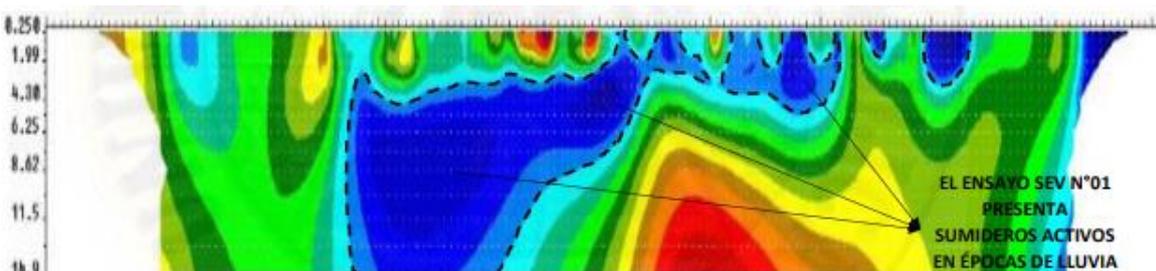
Nota. En el análisis de la figura 7 presenta la ambigüedad a 8.57m lo cual hace referencia del nivel freático.

Resultados de la identificación de los sumideros existentes en el ensayo de sev N°01

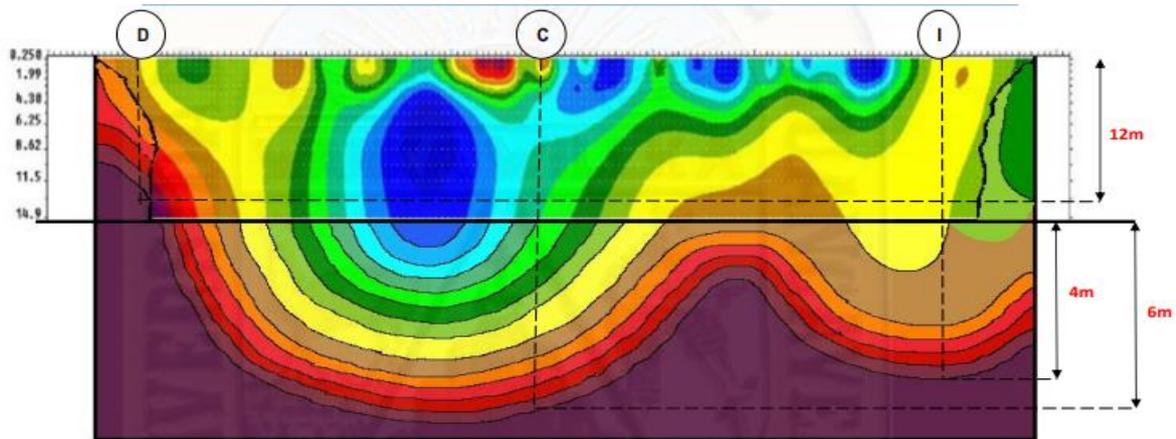
Resultados de la primera evaluación del ensayo SEV N°01 en el mes de julio del 2019 lo cual fue una fecha soleada y en épocas de sequía en la ciudad de Lircay con el fin de obtener la primera prospección del SEV N°01. (Software Res2Dinv).



Resultado de la segunda evaluación del ensayo SEV N°01 en el mes de diciembre del 2019 lo cual fue una fecha lluviosa en la ciudad de Lircay se identificó la existencia de sumidero por presentar cambios de volúmenes y expansión del material presentes en el sumidero lo cual se concluye que son suelos solubles en agua (Margas y Margocalizas.) que se activan en épocas lluviosas. (software Res2Dinv).



Resultados de la identificación de la roca firme o suelo rígidos en el ensayo de sev N°01



Nota. Para evaluar la roca firme o suelos rígidos deben presentar una resistividad mayor a los 1000.00 ωm para ser señalado como roca firme o suelos rígidos con la ayuda del software res2dinv lo cual se concluye que el ensayo sev n°01 presenta rocas firmes o suelos rígidos.

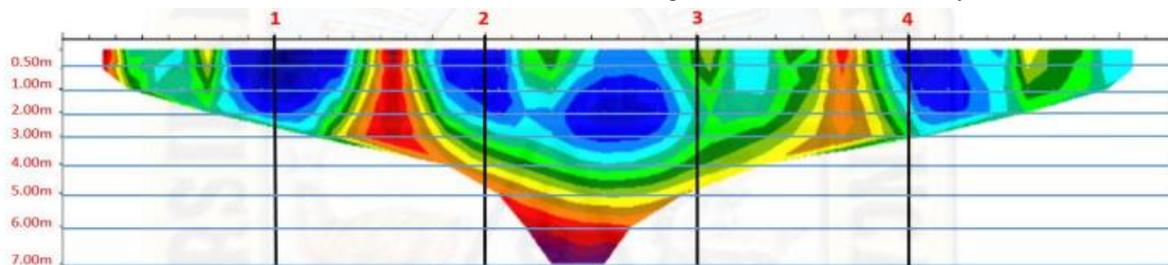
Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen derecho presenta a una profundidad de 12m.

Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen central presenta a una profundidad de 18m.

Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen izquierdo presenta a una profundidad de 20m.

Resultado de la prospección del subsuelo – sev N°02

De acuerdo a los análisis se obtuvieron las características litológicas del subsuelo del ensayo sev N°02



Se analizaron 4 puntos para las características litológicas del sub suelo de acuerdo a los resultados obtenidos en las características litológicas se verifica que el ensayo SEV N°02 el suelo predominante son arenas arcillosas con mezcla de gravas.

Tabla 12*Resultados de las características litológicas del subsuelo SEV N°02*

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
0.50m	45.00		
1.00m	42.00	material soluble en agua (margas y margocalizas)	
2.00m	40.00		
3.00m	38.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas	ML-CL
4.00m	185.00	arenas arcillosas saturadas	SC
5.00m	85.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	SM-SC
6.00m	425.00	gravas y arenas saturadas	GP
7.00m	912.00	suelos compactos saturados	

Tabla 13*Resultados de las características litológicas del subsuelo SEV N°02*

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
0.50m	40.00		
1.00m	48.00	material soluble en agua (margas y margocalizas)	
2.00m	42.00		
3.00m	35.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas	ML-CL
4.00m	190.00	arenas arcillosas saturadas	SC
5.00m	400.00	gravas y arenas saturadas	GP
6.00m	472.00		
7.00m	965.00	suelos compactos saturados	

Tabla 14*Resultados de las características litológicas del subsuelo SEV N°02*

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
0.50m	105.00		
1.00m	135.00		
2.00m	100.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas	ML-CL
3.00m	100.00		
4.00m	57.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas saturadas	
5.00m	165.00	arenas arcillosas saturadas	SC

6.00m	95.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	SM-SC
7.00m	485.00	gravas y arenas saturadas	GP

Tabla 15

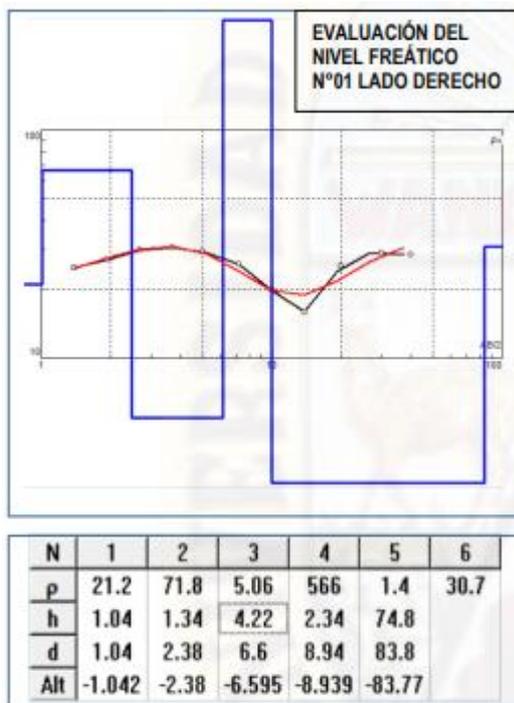
Resultados de las características litológicas del subsuelo SEV N°02

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
0.50m	33.00		
1.00m	40.00	material soluble en agua (margas y margocalizas)	
2.00m	25.00		
3.00m	30.00	arcillas inorganicas	CL
4.00m	168.00	mezcla de limos y arcillas inorganicas saturadas	ML-CL
5.00m	177.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	SM-SC
6.00m	465.00	gravas y arenas saturadas	GP
7.00m	911.00	suelos compactos saturados	

Resultados para la identificación de la profundidad del nivel freático en el ensayo SEV N°02

Figura 8

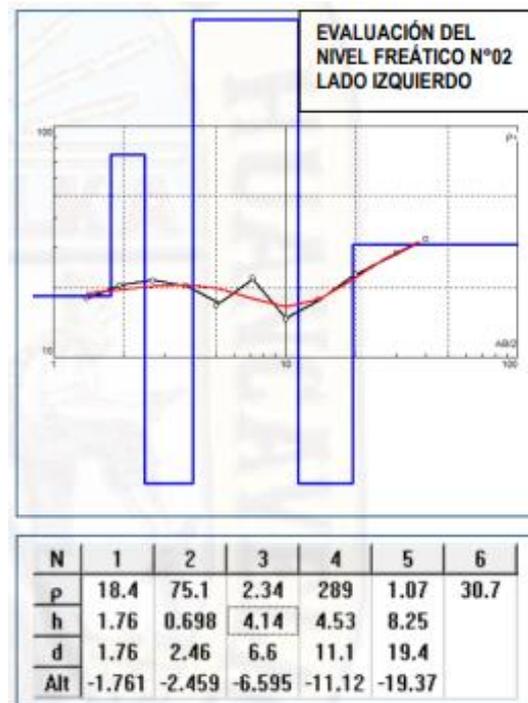
Evaluación del nivel freático N°01



Nota. En el análisis de la figura 1 presenta la ambigüedad a 4.22m lo cual hace referencia del nivel freático.

Figura 9

Evaluación del nivel freático N°02

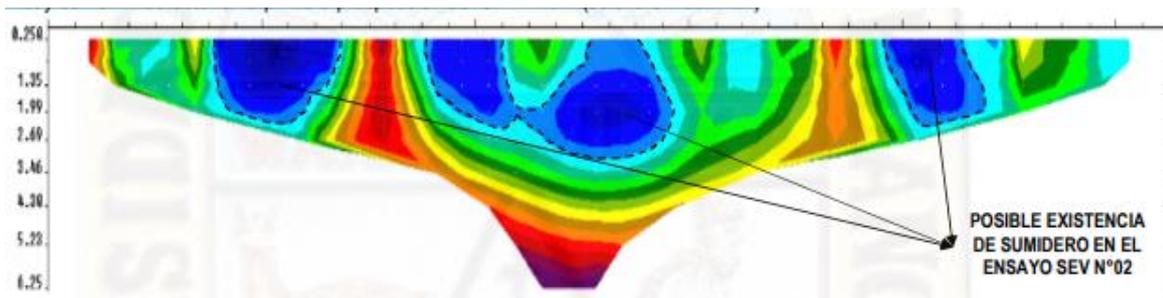


Nota. En el análisis de la figura 2 presenta la ambigüedad a 4.14m lo cual hace referencia del nivel freático.

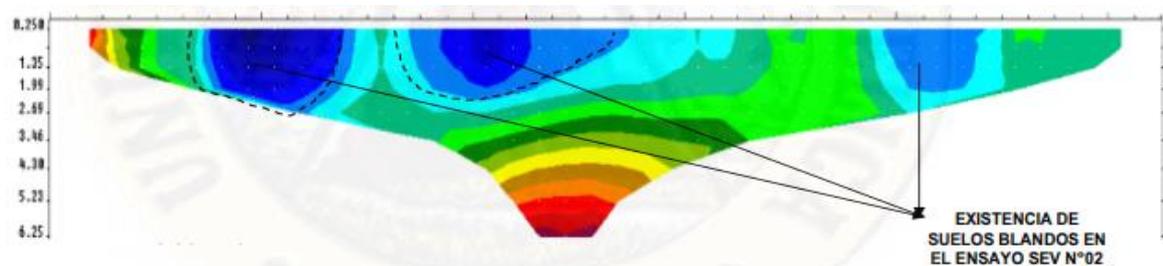
Se concluye de acuerdo a los efectos laterales de ambigüedades en la interpretación de las curvas se concluye que la presencia de nivel freático en el sev n°02 está a una profundidad máxima de 4.m

Resultados de la identificación de los sumideros existentes en el ensayo de sev N°02

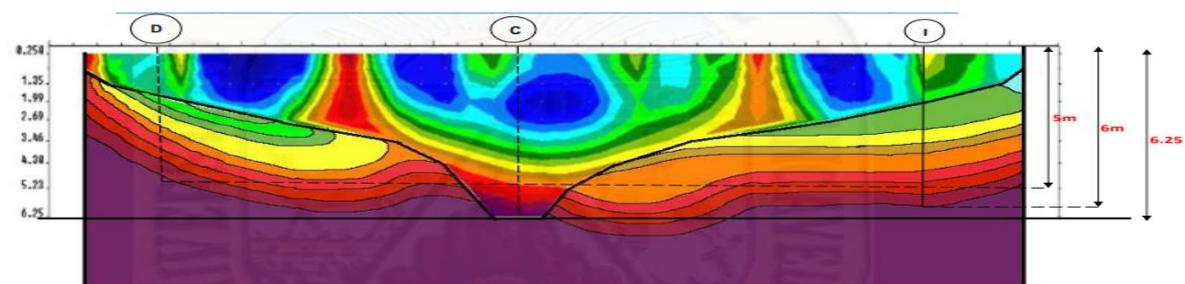
Resultados de la primera evaluación del ensayo SEV N°02 en el mes de julio del 2019 lo cual fue una fecha soleada y en épocas de sequía en la ciudad de Lircay con el fin de obtener la primera prospección del SEV N°02. (software Res2Dinv).



Resultado de la segunda evaluación del ensayo SEV N°02 en el mes de diciembre del 2019 lo cual fue una fecha lluviosa en la ciudad de Lircay se identificó que los posibles sumideros no presentan cambios de volumen ni expansión del material lo cual se concluye que son suelos blandos (mezcla de limos y arcillas inorgánicas.) que no presentan malformaciones en temporadas lluviosas. (software Res2Dinv).



Resultados de la identificación de la roca firme o suelo rígidos en el ensayo de sev N°02



Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen derecho presenta a una profundidad de 5m.

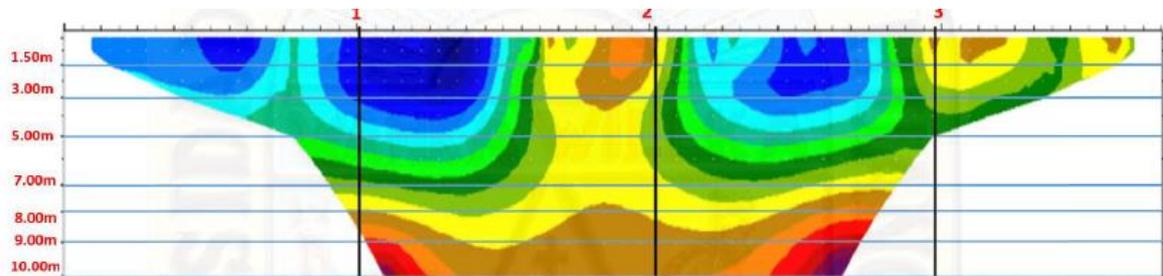
Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen central presenta a una profundidad de 6m.

Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen izquierdo presenta a una profundidad de 6.25m.

Para evaluar la roca firme o suelos rígidos deben presentar una resistividad mayor a los 1000.00 Ωm para ser señalado como roca firme o suelos rígidos con la ayuda del software res2dinv lo cual se concluye que el ensayo sev n°02 presenta rocas firmes o suelos rígidos.

Resultado de la prospección del subsuelo – SEV N°03

De acuerdo a los análisis se obtuvieron las características litológicas del subsuelo del ensayo sev N°03



Se analizaron 3 puntos para las características litológicas del subsuelo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las características litológicas se verifica que el ensayo SEV N°03 el suelo predominante son arenas arcillosas con mezcla de gravas.

El software usado para la caracterización litológica del subsuelo es Res2Dinv.

Tabla 16

Resultados para las características litológicas del subsuelo del ensayo SEV N°03

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
1.50m	584.00	material soluble en agua (margas y margocalizas)	
3.00m	55.00		
5.00m	15.00	arcillas inorgánicas saturada	CL
7.00m	95.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas saturadas	ML-CL
8.00m	158.00	arenas arcillosas saturadas	SC
9.00m	185.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	SM-SC
10.00m	475.00	mezcla de arenas y gravas saturada	GP

Tabla 17

Resultados para las características litológicas del subsuelo del ensayo SEV N°03

PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD (Ohm-m)	TIPO DE MATERIAL	CLASIFICACION
1.50m	425.00	arenas arcillosas saturadas	SC
3.00m	133.00	mezcla de limos y arcillas inorganicas saturadas	ML-CL
5.00m	85.00		
7.00m	144.00	arenas arcillosas saturadas	SC
8.00m	152.00		
9.00m	185.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	SM-SC
10.00m	192.00		

Tabla 18

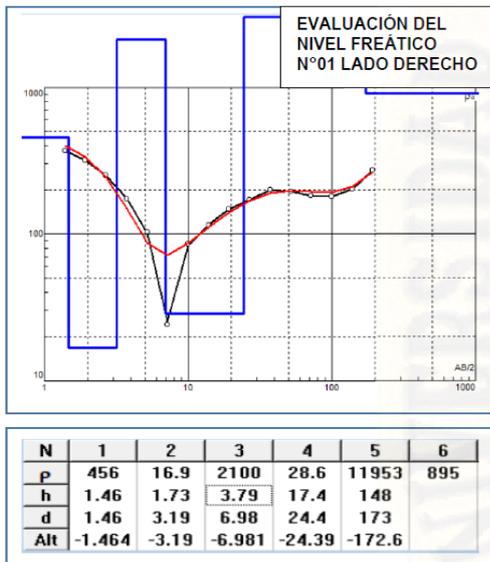
Resultados para las características litológicas del subsuelo del ensayo SEV N°03

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
1.50m	422.00	arenas arcillosas	SC
3.00m	132.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas saturadas	ML-CL
5.00m	75.00		
7.00m	145.00	arenas arcillosas	SC
8.00m	177.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	SM-SC
9.00m	185.00	mezcla de arenas y gravas saturada	GP
10.00m	475.00		

Resultados para la identificación de la profundidad del nivel freático en el ensayo sev N°03

Figura 10

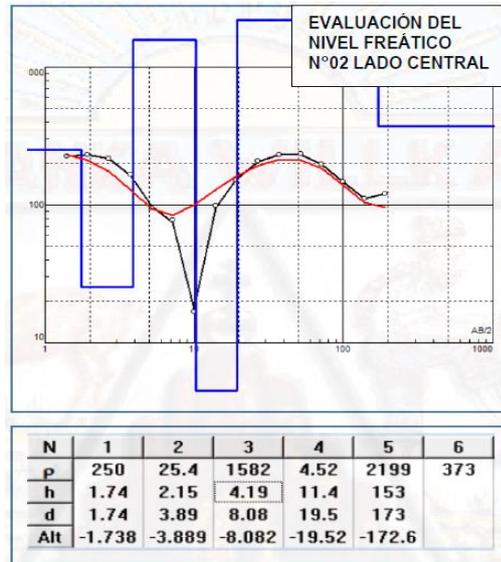
Evaluación del nivel freático N°01



Nota. En el análisis de la figura 10 presenta la ambigüedad a 3.79m lo cual hace referencia del nivel freático.

Figura 11

Evaluación del nivel freático N°02



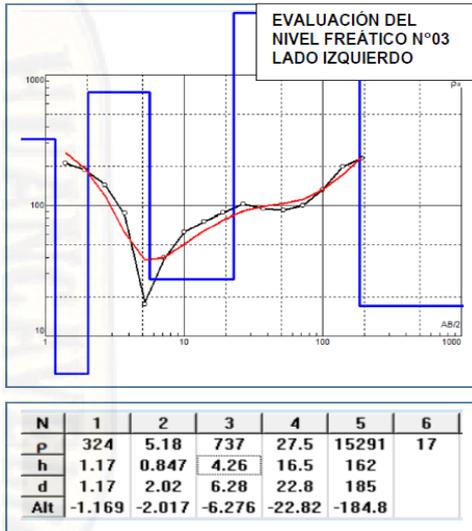
Nota. En el análisis de la figura 11 presenta la ambigüedad a 4.19m lo cual hace referencia del nivel freático.

El software usado para la interpretación y análisis del nivel freático presente en el sub suelo en el sev n°03 **ipi2win**

Se concluye de acuerdo a los efectos laterales y central de ambigüedades en la interpretación de las curvas se concluye que la presencia de nivel freático en el sev n°03 está a una profundidad promedio de 3.79m como profundidad mínima y como profundidad máxima a 4.26m

Figura 12

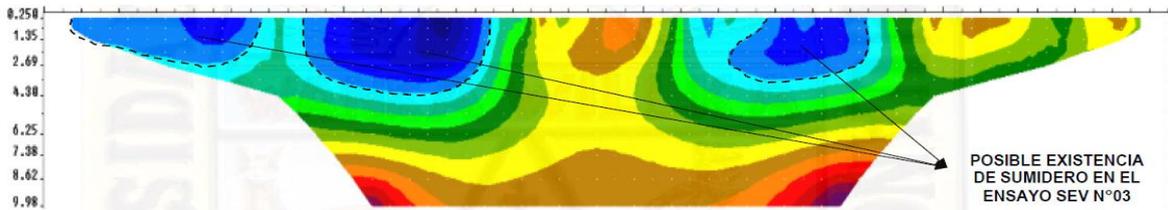
Evaluación del nivel freático N°03



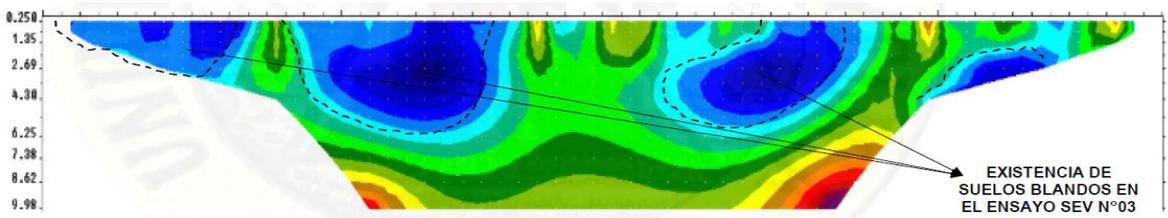
Nota. En el análisis de la figura 12 presenta la ambigüedad a 4.26m lo cual hace referencia del nivel freático

Resultados de la identificación de los sumideros existentes en el ensayo de SEV N°03

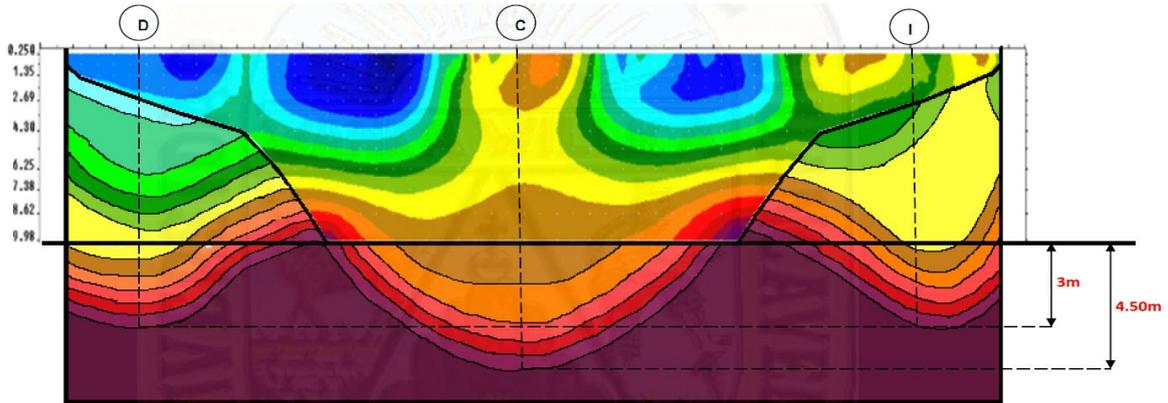
Resultados de la primera evaluación del ensayo SEV N°03 en el mes de julio del 2019 lo cual fue una fecha soleada y en épocas de sequía en la ciudad de Lircay con el fin de obtener la primera prospección del SEV N°03. (software Res2Dinv)



Resultado de la segunda evaluación del ensayo SEV N°03 en el mes de diciembre del 2019 lo cual fue una fecha lluviosa en la ciudad de Lircay se identificó que los posibles sumideros no presentan cambios de volumen ni expansión del material lo cual se concluye que son suelos blandos (mezcla de limos y arcillas inorgánicas.) que no presentan malformaciones en temporadas lluviosas. (Software Res2Dinv)



Resultados de la identificación de la roca firme o suelo rígidos en el ensayo de SEV N°03



Nota: Para evaluar la roca firme o suelos rígidos deben presentar una resistividad mayor a los 1000.00 $\Omega\cdot m$ para ser señalado como roca firme o suelos rígidos con la ayuda del software res2dinv lo cual se concluye que el ensayo sev n°03 presenta rocas firmes o suelos rígidos

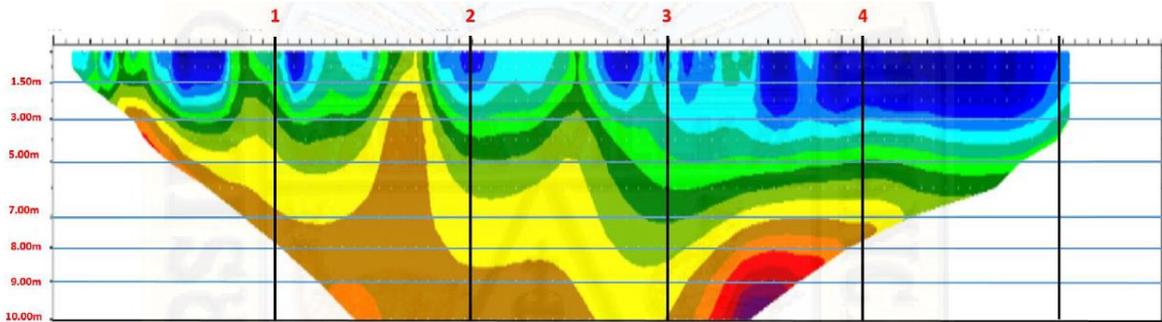
Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen derecho presenta a una profundidad de 13m.

Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen central presenta a una profundidad de 14.50m.

Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen izquierdo presenta a una profundidad de 13m.

Perfil geoelectrico de prospección del subsuelo N°04

De acuerdo a los análisis se obtuvieron las características litológicas del subsuelo del ensayo SEV N°04



Se analizaron 4 puntos para las características litológicas del sub suelo de acuerdo a los resultados obtenidas en las características litológicas se verifica que el ensayo SEV N°04 el suelo predominante son arenas arcillosas con mezcla de gravas.

Tabla 19

Resultados para las características litológicas del subsuelo del ensayo SEV N°4

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
1.50m	135.00	mezcla de limos y arcillas inorgánicas saturadas	ML-CL
3.00m	122.00		
5.00m	522.00	arenas arcillosas	SC
7.00m	102.00		SM-SC

8.00m	135.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	
9.00m	125.00		
10.00m	475.00	mezcla de arenas y gravas saturada	GP

Tabla 20

Resultados para las características litológicas del subsuelo del ensaya SEV N°4

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
1.50m	35.00	arcillas inorgánicas	CL
3.00m	142.00	mezcla de limos y arcillosas inorgánicas	ML-CL
5.00m	108.00		
7.00m	185.00	arenas arcillosas saturadas	SC
8.00m	175.00		
9.00m	162.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	GP
10.00m	192.00		

Tabla 21

Resultados para las características litológicas del subsuelo del ensaya SEV N°4

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
1.50m	32.00	arcillas inorganicas	CL
3.00m	36.00		
5.00m	175.00	mezcla de limos y arcillosas inorgánicas	ML-CL
7.00m	56.00		
8.00m	124.00	arenas arcillosas saturadas	SC
9.00m	132.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	GP
10.00m	185.00		

Tabla 22

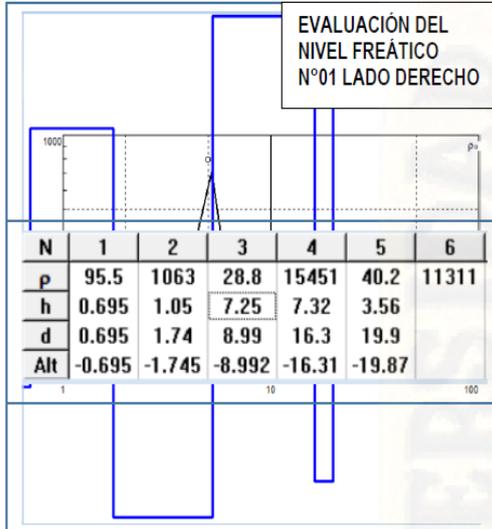
Resultados para las características litológicas del subsuelo del ensaya SEV N°4

Profundidad (m)	Resistividad (Ohm-m)	Tipo de material	Clasificación
1.50m	38.00	material soluble en agua (margas y margocalizas)	
3.00m	55.00		
5.00m	125.00	mezcla de limos y arcillosas inorgánicas	ML-CL
7.00m	142.00	arenas arcillosas saturadas	SC
8.00m	135.00		
9.00m	176.00	mezcla de arenas limosas y arenas arcillosas saturadas	SM-SC
10.00m	180.00		

Resultados para la identificación de la profundidad del nivel freático en el ensayo sev N°04

Figura 13

Evaluación del nivel freático N°01



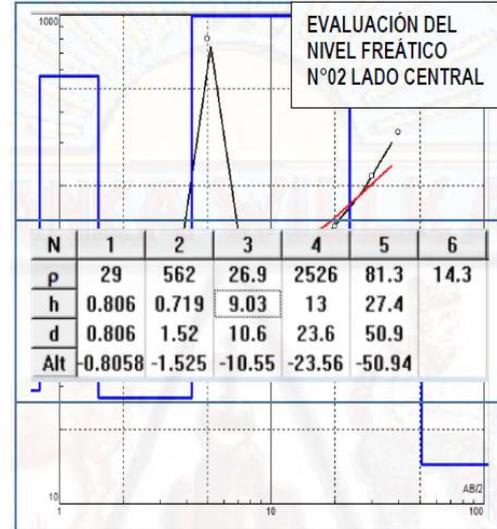
Nota. En el análisis de la figura 1 presenta la ambigüedad a 7.25m lo cual hace referencia del nivel freático.

El software usado para la interpretación y análisis del nivel freático presente en el sub suelo en el sevⁿ°04 **ipi2win**

Se concluye de acuerdo a los efectos laterales y central de ambigüedades en la interpretación de las curvas se concluye que la presencia de nivel freático en el sev n°04 está a una profundidad promedio de 7.25m como profundidad mínima y como profundidad máxima a 9.03m

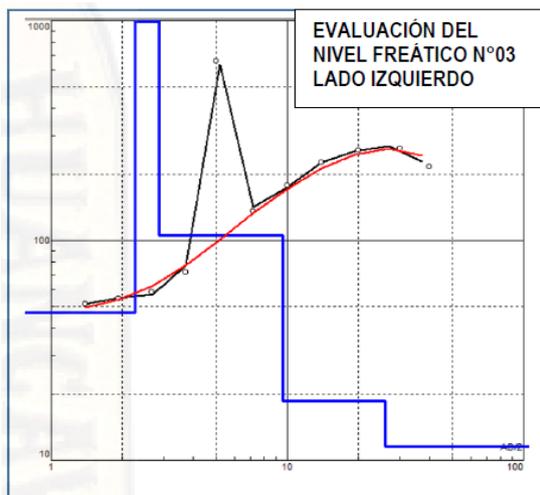
Figura 14

Evaluación del nivel freático N°02



Nota. En el análisis de la figura 2 presenta la ambigüedad a 9.03m lo cual hace referencia del nivel freático.

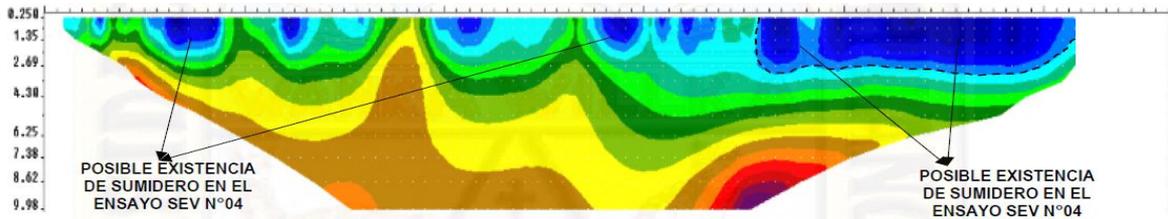
Evaluación del nivel freático N°03



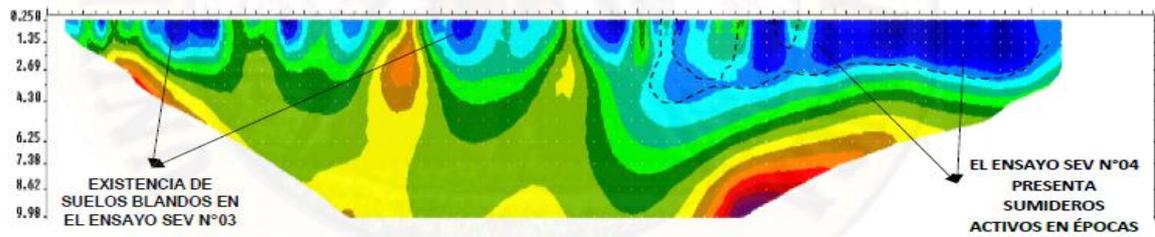
Nota. En el análisis de la figura 3 presenta la ambigüedad a 8.87m lo cual hace referencia del nivel freático

Resultados de la identificación de los sumideros existentes en el ensayo de sev N°04

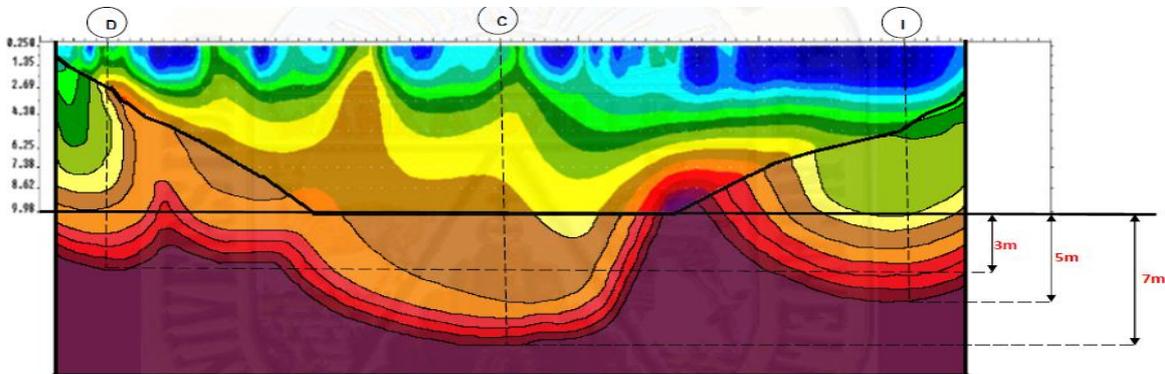
Resultados de La primera evaluación del ensayo SEV N°04 en el mes de julio del 2019 lo cual fue una fecha soleada y en épocas de sequía en la ciudad de Lircay con el fin de obtener la primera prospección del SEV N°04. (software Res2Dinv)



Resultado de la segunda evaluación del ensayo SEV N°04 en el mes de diciembre del 2019 lo cual fue una fecha lluviosa en la ciudad de Lircay se identificó la existencia de sumidero por presentar cambios de volúmenes y expansión del material presentes en el sumidero lo cual se concluye que son suelos solubles en agua (margas y margocalizas.) que se activan en épocas lluviosas. (software Res2Dinv)



Resultados de la identificación de la roca firme o suelo rígidos en el ensayo de sev N°04



Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen derecho presenta a una profundidad de 13m.

Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen izquierdo presenta a una profundidad de 17m.

Análisis de la presencia de la roca firme o suelos compactos en el margen central presenta a una profundidad de 15m.

Para evaluar la roca firme o suelos rígidos deben presentar una resistividad mayor a los 1000.00 ωm para ser señalado como roca firme o suelos rígidos con la ayuda del software res2dinv lo cual se

concluye que el ensayo sev n°03 presenta rocas firmes o suelos rígidos

4. DISCUSIÓN

Mediante la prospección geofísica del estudio del subsuelo del cerco perimétrico de la facultad de ingeniería de Minas Civil Ambiental – UNH, se obtuvo el análisis de las siguientes estratificaciones: la verificación de la roca firme en el SEV-01 la profundidad máxima es de 19.00m y profundidad mínima es de 8.00m en el SEV-02 la profundidad máxima es 6.00m y profundidad mínima de 3.00m, en el SEV-03 la profundidad máxima es 15.00m y profundidad mínima de 10.00m y en SEV-04 la profundidad máxima es 08.00m y profundidad mínima de 16.00m. Se pudo

evaluar las ubicaciones de los sumideros presente en el subsuelo del cerco perimétrico de la facultad de ingeniería de Minas Civil Ambiental – UNH: En el SEV N°01 la ubicación UTM del sumidero presente se encuentra en la coordenada E = 530180.41m Y N= 8563287.27m, la ubicación de los sumideros SEV N°04 se encuentra en la coordenada E = 530169.16m Y N= 8563182.32m.

5. CONCLUSIÓN

Se llegó a determinar el comportamiento del subsuelo del cerco perimétrico de la facultad de ingeniería de Minas Civil Ambiental – UNH, se obtuvo los siguientes resultados: en el SEV-1 presencia de materiales solubles en agua de conformación de margas y margocalizas tiende a identificarse como suelos colapsables, SEV-2 Y SEV-3 se verificó que no existe la presencia de sumideros, esta presenta conformación de suelos blandos que se activan producto a las humedades producidos por la lluvia, y en el SEV-4 se encontró presencia de materiales solubles en agua de conformación de margas y margocalizas tiende a identificarse como suelos colapsables. De acuerdo a las prospecciones geofísica se llegó a determinar los ensayos respectivos sobre el nivel freático y aguas subterráneas en el estudio del subsuelo del cerco perimétrico de la facultad de ingeniería de Minas Civil Ambiental – UNH, se obtuvo los siguientes resultados: en el SEV-01 presenta nivel freático a profundidades promedias de 8.00m a 9.00m, SEV-02 y SEV-03 presenta nivel freático a profundidades promedias de 3.00m a 4.00m y en el SEV-04 presenta nivel freático a profundidades promedias de 8.00m.

6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICO

- Acosta Mireles, M. E. (2001). *Un método para la medición del carbono en compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, 15.*
- Díaz A. (2012). *“Implementación del Código Zondres2D para la Modelación Directa e Inversa de Datos de Tomografía de Resistividad Eléctrica 2D”*. Tesis para optar el título profesional en ingeniería civil. Ciudad de México – México: UNAM.
- Dobrin A. (1969). *“Introducción a la prospección geofísica”*. España: Ediciones Omega.
- Estrada L. (2013). *“Prospección Geoeléctrica”*. Argentina: Edición H&T
- Figuerola F. (1980). *“Tratado de geofísica aplicada”*. Alemania: Edición MxxT.
- Figuerola F. (1987). *“Tratado de geofísica aplicada. 3ªEd”*. Alemania: Edición Madrid.
- García, G. (2011). *“Aplicación de la prospección geofísica utilizando el método schlumberger para la exploración del agua subterránea en cantón los magueyes, colonia santa lucia, municipio de ahuachapan”*. Tesis para optar el título profesional en ingeniería civil. El Salvador – República de el Salvador: US.
- Gonzales A, O. D. (2011). *¿cómo aprender y enseñar investigación científica? Huancavelica: Perú.*
- Hernández R, F. C. (2003). *Metodología de la investigación. (3, Ed.) MEXICO: México D.F.; McGraw-Hill.*
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación. Distrito Federal - México: Mc Graw Hill Education*
- Milenio, E. d. (2006). *Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis, Washington DC World ResourcesInstitute, Island Press.*
- Quezada, N. (. (2015). *Metodologia de la investigación. Lima, Peru: Macro.*
- Ramírez, M. (2010). *“Caracterización de fallas y fracturas mediante tomografía eléctrica utilizando electrodos de acoplamiento capacitivo”*. Tesis para optar el título profesional en ingeniería civil. Ciudad de México – México: UNAM.
- Sánchez S. (2010). *“Geología - Geofísica”*. España: Edición Global G.
- Tamayo Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación Científica. Distrito Federal: LIMUSA. NORIEGA EDITORES.*
- Valderrama Mendoza, S. (2013). *Pasos para la elaborar proyectos de investigación científica. lima: San Marcos.*