



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
CIVIL**

“Estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales (Wenner – Schlumberger) para determinar las características del suelo del sector la Planicie, Morales 2020”.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Br. Ríos Ramírez, Roland Diego (ORCID: 0000-0003-4703-9511)

Br. Sánchez Alvarez, Jean Marcos (ORCID: 0000-0003-0753-1851)

**ASESOR:**

Msc. Paredes Aguilar, Luis (ORCID: 0000-0002-1375-179X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**TARAPOTO – PERÚ  
2020**

## **Dedicatoria**

La presente investigación va dedicada a mi familia, quienes fueron el pilar fundamental a lo largo de mi formación, se han venido preocupado por mi bienestar al igual que por mi educación, siendo mi principal apoyo tanto moral como económicamente para el desarrollo de esta investigación al igual que en el camino de mi vida universitaria.

**Roland Diego Ríos Ramírez.**

Dedico este trabajo de investigación a mi Madre que desde el cielo es mi guía y fortalecimiento de mi carrera profesional, siendo la persona que siempre me dio las fuerzas y el aliento para yo no flaquear y demostrarle a Ella que si se puede cuando uno se propone llegar a nuestras metas y proyectos.

**Jeam Marcos Sánchez Alvarez**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios, quien me brinda salud, me bendice para poder compartir este logro tan importante con mi familia.

Quiero agradecer a nuestra querida alma mater, por darme la facilidad de seguir por el buen camino, por inculcarnos valores y la exigencia necesaria cada día para seguir adelante. Por ser nuestro apoyo necesario en todo este proceso.

A mis queridísimos maestros que me aportaron sus enseñanzas a lo largo de mi etapa universitaria, en especial al docente de tesis, por brindarme su amistad y por el tiempo dedicado.

**Roland Diego Ríos Ramírez.**

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme salud y vida, bienestar familiar y social. Asimismo; agradecer a la universidad por sus métodos de enseñanza, buen ambiente de estudio y por facilitar los ambientes de ingeniería. Por otra parte, agradecer a mi docente de Tesis que diariamente me brinda su tiempo y experiencia en la realización de mi proyecto de investigación.

**Jeam Marcos Sánchez Alvarez.**

## Índice de Contenido

	Pág.
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenido.....	iv
Índice de Tablas .....	v
Índice de Figuras .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	12
IV. RESULTADOS .....	21
V. DISCUSIÓN.....	32
VI. CONCLUSIONES .....	35
VII. RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS .....	37
ANEXOS .....	45

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b>	Resistividad de las rocas más comunes .....	9
<b>Tabla 2:</b>	Cuadro de Operacionalización de Variables .....	15
<b>Tabla 3:</b>	Muestra de la investigación .....	17
<b>Tabla 4:</b>	Recolección de datos .....	18
<b>Tabla 5:</b>	Población (Sector La Planicie).....	22
<b>Tabla 6:</b>	Tipo de viviendas construidas .....	22
<b>Tabla 7:</b>	Tipo de material de construcción de pisos.....	23
<b>Tabla 8:</b>	Sondeos Eléctricos Verticales .....	25
<b>Tabla 9:</b>	Características físicas del suelo .....	25
<b>Tabla 10:</b>	Clasificación de estratos de suelo .....	26
<b>Tabla 11:</b>	Clasificación de estratos de suelo .....	26
<b>Tabla 12:</b>	Costo del estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales ....	29
<b>Tabla 13:</b>	Costos de los ensayos convencionales de mecánica de suelos .....	29

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Distribución de electrodos para medidas de resistividad en el terreno ...	7
<b>Figura 2:</b> (A) Definición de resistividad a través de un bloque homogéneo de terreno.....	8
<b>Figura 3:</b> Ecuación del arreglo Wenner .....	10
<b>Figura 4:</b> Fórmula del arreglo Wenner .....	10
<b>Figura 5:</b> Arreglo Wenner-Schlumberger .....	11
<b>Figura 6:</b> Ubicación de área del estudio .....	21
<b>Figura 7:</b> Ubicación de puntos de excavación de calicatas y SEV .....	24
<b>Figura 8:</b> Rangos de resistividad y conductividad de acuerdo a los estratos del suelo obtenidos de la lectura de software IPI2win .....	27
<b>Figura 9:</b> Resultados de ensayos de sondeos eléctricos verticales y contenido de humedad .....	28

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación fue desarrollado en la escuela profesional de ingeniería civil de la universidad Cesar Vallejo filial Tarapoto, con la finalidad de obtener el grado de ingeniero civil, lleva como objeto el estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales (método Wenner – Schlumberger) para determinar las características del suelo del sector la Planicie, en el distrito de Morales. En la cual se conocen y describen las propiedades físicas, clasificación y caracterización de los estrados de suelo correspondientes al área de estudio, empleando el uso de calicatas y métodos no convencionales, como los estudios geoeléctricos.

Las diferentes capas que conforman el suelo contienen características correspondientes a cada nivel de profundidad. Todos los geomateriales que constituyen la formación de los estratos del sitio estudiado presentan la característica de resistividad eléctrica, la cual es muy utilizada en exploraciones geoeléctricas. En tal sentido, surge la necesidad de ampliar los conocimientos existentes en la relación de resistividad eléctrica y características de los materiales. Para poder hacer esta comparación en el área en estudio mediante exploración convencional como excavación de calicatas a suelo abierto, este proyecto se concentró y fue desarrollando mediante los sondeos eléctricos verticales y ensayos típicos de caracterización de suelos en laboratorio.

La finalidad del desarrollo de la presente investigación permitirá que profesionales en ingeniería, como también estudiantes que opten y muestran interés en los estudios geofísicos, utilicen los resultados como guía de trabajo. También como aporte para conocer los tipos de suelos que conforman nuestra localidad, esta clasificación y caracterización a su vez, puede aportar una base de datos con información necesaria para posteriormente ser tomados como puntos de referencia en la elaboración de proyectos de edificaciones, ya que para estos, es necesario conocer dichas características para elegir el modelo y diseño de obras de civiles, así como también, beneficiará a los lugareños y autoridades en general para desarrollar proyectos que busquen el progreso de su comunidad.

**Palabras claves:** mecánica de suelos, sondeos eléctricos verticales, resistividad aparente, geomateriales.

## ABSTRACT

The present research project is carried out in the professional school of civil engineering of the Cesar Vallejo university, subsidiary Tarapoto, with the aim of obtaining the degree of civil engineer, it has as its object the geophysical study using vertical electrical soundings (Wenner-Schlumberger method) to determine the characteristics of the soil of the La Planicie sector, in the Morales district. In which the physical properties, classification and characterization of the soil strata corresponding to the study area are found and described, employing the use of test pits and unconventional methods, such as geoelectric studies.

The different layers that make up the soil contain characteristics corresponding to each depth level. All the geomaterials that determine the formation of the strata of the studied site have the characteristic of electrical resistance, the very specific quality in geoelectric explorations. In this sense, the need arises to expand the necessary knowledge on the relationship of electrical resistance and characteristics of materials. In order to make this comparison in the study area by means of conventional exploration such as digging of open-pit pits, this project concentrates and feeds with vertical electrical soundings and typical laboratory release characterization tests.

The purpose of the development of the present investigation that will have the engineering professionals, as well as the students who will obtain and be interested in geophysical studies, use the results as a working guide. Also as a contribution to know the types of soils that make up our town, this classification and characterization, in turn, can provide a database with the necessary information to later be taken as reference points in the elaboration of building projects, since for these, it is necessary to know the characteristics to choose the model and design of civil works, as well as, it will benefit the locals and authorities in general to develop projects that seek the progress of their community.

**Keywords:** soil mechanics, vertical electrical soundings, apparent resistivity, geomaterials.

## I. INTRODUCCIÓN

En la **realidad problemática**, podemos referenciar puntos desde la óptica internacional, en la república de Colombia se desarrollaron investigaciones en torno a los estudios geofísicos empleando sondeos eléctricos verticales, en los cuales se observaron que es posible saber exactamente la geometría y la extensión de los acuíferos de Morrosquillo a través de la interpretación de 28 sondeos eléctricos verticales, los cuales permiten la interpretación mediante la resistividad empleando arreglos colineales, los que consisten en una configuración de electrodos que permitieron obtener variaciones de resistividad en cada punto de sondeo, este arreglo de electrodos utilizado fue de tipo Schlumberger. (GEOLOGIA COLOMBIANA, 2010: p, 81). Así mismo, en el ámbito nacional en la ciudad de Lambayeque realizaron la investigación sobre el modelamiento geoelectrico del subsuelo con medidas de resistividad aparente empleando sondeos eléctricos verticales, teniendo como objetivo principal determinar diferentes tipos de suelo, modelados con las medidas de resistividad, para así poder, diferenciar los tipos de capas y tipos de estratos de suelo para su posterior estudio y análisis según la necesidad en el ámbito de la ingeniería civil. (ALCANTARA y MENDOZA, 2013, p.17). También, pasando a temas locales, en la ciudad de Morales se realizó la investigación para la caracterización de los diferentes tipos de subsuelo en calles y avenidas de esa misma localidad empleando estudios no convencionales de estudio de suelos, como los sondeos eléctricos verticales, de esta manera obtuvieron a detalle los tipos de suelos en el cual se proponen desarrollar proyectos de ingeniería vial, buscando soluciones a las condiciones de traslado de los ciudadanos. (RAMIREZ, 2017, p.37); de esta manera analizando la realidad problemática utilizando las citas antes mencionadas, hemos podido observar que los estudios geofísicos mediante sondeos eléctricos verticales pueden ser una alternativa diferente a los estudios de suelo convencionales que ya conocemos, por ello, y gracias a estos antecedentes desarrollaremos la presente investigación referente a los sondeos eléctricos verticales (método de Wenner – Schlumberger) para determinar las características del suelo. De acuerdo con la **formulación del problema**, se encontró como **problema general**: ¿Es

posible la caracterización del suelo a través del estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales (Método Wenner-Schlumberger) para determinar las propiedades del sector la Planicie, Morales 2020?, del mismo modo para los **problemas específicos**: ¿Cuál es la situación actual del sector la Planicie para poder determinar las características del suelo mediante sondeos eléctricos verticales, Morales 2020?, ¿Cuáles son las propiedades del suelo mediante sondeos eléctricos verticales para deducir el comportamiento mecánico en el sector de la Planicie, Morales 2020?, ¿Cuáles son los rangos de resistividad aparente y conductividad del suelo mediante sondeos eléctricos verticales del sector la Planicie, Morales 2020?, ¿Cuál es la correlación entre resistividad y el contenido de humedad del suelo en el sector la Planicie, Morales 2020?, ¿Cuál es la viabilidad económica para realizar el estudio geofísico del suelo mediante sondeos eléctricos verticales para determinar las características del sector la Planicie, Morales 2020?. Por consiguiente, la **justificación del estudio** se jerarquiza en **justificación teórica**, ya que en esta investigación nos basaremos en las técnicas geofísicas y las mismas intenten distinguir o reconocer las formaciones geológicas a través de sondeos eléctricos verticales empleando el métodos Wenner-Schlumberger para determinar las características del suelo mediante los resultados de resistividad de los cuales nos permitirá conocer los estratos del suelo, para ser tomados como referencia a la hora de elegir el lugar y el adecuado diseño estructural de edificación que se proyectara según el tipo de suelo encontrado, además como herramienta de conocimiento para futuros proyectos, de modo similar la **justificación práctica**, en esta investigación la implementación de métodos de sondeos eléctricos verticales (SEV) nos permitirá determinar el tipo de suelo encontrado, gracias a este método nos facilitará aminorar el tiempo de trabajo, para brindar soluciones efectivas, de manera eficaz y con un 100% de credibilidad, y al mismo tiempo, garantizando que los métodos utilizados funcionen de manera adecuada para el beneficio de la población. Los ensayos realizados determinaran las propiedades del suelo y sus características, por lo que al momento de su construcción de sus viviendas se hará de forma segura, la **justificación por conveniencia** en esta investigación recolectara la información y características de las variables de

estudio, nos permite tener un amplio conocimiento de varios temas relacionados a la carrera, permitiendo así a los investigadores a ganar más experiencia y capacidad de análisis de datos. Al proponer nuevas formas de diseño, nos da prioridad en la obtención de reconocimiento social que facilita el desarrollo del campo laboral en la sociedad, para la **justificación social** en esta investigación será útil para dar solución innovadora al sector de la planicie, que día a día su población va en aumento, al mismo tiempo que el crecimiento de su sector. Económicamente, al utilizar estos materiales, nos es más factible la propuesta de realizar este proyecto en beneficio y desarrollo para la población, además, el sistema utilizado es más práctico y de menos costo, que lo convencional, finalmente la **justificación metodológica**, el procedimiento empleado para la recopilación de la información y las técnicas propuestas para la obtención de resultados, cuentan con un orden que debe ser respetado y analizado, debidamente ejecutados a través de ensayos de laboratorio y cálculos, de esta manera, aseguramos la obtención de las características del subsuelo mediante sondeos eléctricos verticales que satisfacen a la población. Por otra parte, se procedió a identificar el **objetivo general**: Determinar la caracterización del suelo a través del estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales (Método Wenner- Schlumberger) para determinar las propiedades del sector la Planicie, Morales 2020, desglosándose en los **objetivos específicos**: Determinar el estado situacional del sector la Planicie para poder determinar las características del suelo mediante sondeos eléctricos verticales en el sector La Planicie, Morales 2020; Determinar las propiedades del suelo mediante sondeos eléctricos verticales y deducir el comportamiento mecánico en el sector de la Planicie, Morales 2020; Determinar los rangos de resistividad aparente y conductividad del suelo mediante sondeos eléctricos verticales del sector la Planicie, Morales 2020; Determinar la correlación entre resistividad y el contenido de humedad del suelo en el sector la Planicie, Morales 2020; Determinar la viabilidad económica para realizar el estudio geofísico del suelo mediante sondeos eléctricos verticales para determinar las características del sector la Planicie, Morales 2020, por último, se identificó las **hipótesis**, en primer lugar **hipótesis general**: La caracterización del suelo a través del estudio geofísico mediante

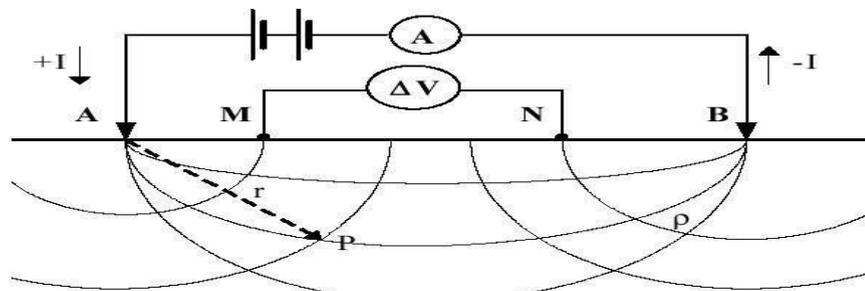
sondeos eléctricos verticales (Método Wenner-Schlumberger) nos permitirá determinar las propiedades del sector la Planicie, Morales 2020, pasando a las **hipótesis específicas** tenemos: la situación actual del sector la Planicie nos permitirá determinar las características del suelo mediante sondeos eléctricos verticales, Morales 2020; las propiedades del suelo mediante sondeos eléctricos verticales nos permitirá deducir el comportamiento mecánico en el sector de la Planicie, Morales 2020; los rangos de resistividad aparente nos permitirá conocer la conductividad del suelo mediante sondeos eléctricos verticales del sector la Planicie, Morales 2020; la correlación entre resistividad nos permitirá conocer el contenido de humedad del suelo en el sector la Planicie, Morales 2020; la viabilidad económica para realizar el estudio geofísico del suelo mediante sondeos eléctricos verticales nos permitirá determinar un margen de precios más económico con respecto a los otros métodos en sector la Planicie, Morales 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

Se utilizaron trabajos de investigación los cuales empleamos como **antecedente internacional** de investigación: BALCAZAR Mario. En su investigación titulada: *Exploración geofísica e hidrogeológica de un acuífero localizado en depósitos aluviales y de duna estado de Veracruz*. (Tesis posgrado) Universidad Nacional Autónoma de México, 2015. Concluyendo que: La información generada en este trabajo, así como la información obtenida a partir del estudio geotécnico, permitió determinar que la mayor presencia de los acuíferos colgados ocurre en la parte norte del predio, donde se encuentran la mayor presencia de arcilla, la exploración geofísica permitió en este trabajo obtener mayor información del subsuelo cubriendo una extensión y una profundidad mucho mayor en comparación con los métodos directos que se ven limitados en tiempo, costo y profundidad de investigación, sin embargo, las propias naturalezas de los métodos indirectos presentan una limitante importante, al representar una misma caracterización geológica a partir de más de un modelo geo eléctrico. Del mismo modo como **antecedente nacional**: SOLANA, Marina. En su investigación: *Comparación de técnicas geofísicas para determinación de contaminación de suelos agrícolas*. (Tesis posgrado). Escuela Técnica Superior del Ingeniero de Minas, 2015. Concluye que: Se puede verificar que los sondeos eléctricos verticales pueden caracterizar el suelo de manera suficiente en este ámbito y también tiene menor costo, en tanto, estos están limitados frente a variaciones laterales bruscas por lo que las técnicas tomografías presentan una mayor caracterización en esos casos. Entre las diferentes técnicas eléctricas que existen, se presenta la posibilidad de realizar la resistividad a partir de los valores de polarización inducida en el dominio del tiempo, puede permitir la diferenciación más allá de las litologías existentes. Además, los sondeos verticales representan una opción de gran utilidad de cara a la determinación de ciertos parámetros hidráulicos de los acuíferos superficiales, muy diferente de no proporcionar una resolución vertical suficiente como para diferenciar niveles acuíferos similares. Además, como **antecedente local**, GALVEZ, Manuel y GARATE, Hans. En su investigación titulada: *Caracterización sub geo eléctrica de los suelos del barrio de Santa Lucia-Distrito de Morales-*

*Provincia de San Martín- Región San Martín. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, 2018.* Llegando a la conclusión que: Los estudios del terreno son necesarias para alcanzar información sobresaliente de cualquier sector de obra civil que existe en la zona de estudio. En tal sentido, el éxito de este proyecto de investigación servirá como guía a profesionales de la ingeniería interesados en las aplicaciones geofísicas, también se desarrolló con la finalidad de brindar un aporte significativo para el conocimiento en general de los suelos existentes en nuestra ciudad. De acuerdo con la correcta elaboración de investigaciones desarrolladas en el país se emplearon algunas **Teorías relacionadas a la variable de independiente**, de acuerdo a los indicadores de la investigación tenemos **sondeo eléctrico vertical**: se tiene los siguientes conceptos cuantitativo PEINADO-GUEVARA, (2012). Indica que, el método de sondeos eléctrico vertical (SEV) consiste en inyectar una corriente  $I$  hacia el terreno, en el que se emplean un par de electrodos AB con los cuales se mide la tensión entre otro par de electrodos que se conocen como MN, (figura 1.1). Además, este sistema emplea corriente directa, por lo tanto, los campos electromagnéticos se generan de manera constante en el transcurso del tiempo y dependen de una frecuencia de oscilación, permite que todas las ecuaciones de Maxwell se puedan desarrollar de forma simple y sencilla. Con el método de SEV se podrá inferir la distribución de la resistencia eléctrica que se desarrolla en el suelo, por tal motivo, una encima de otra. Todas estas cuentan con un propio espesor y valor de resistividad, así como humedad, temperatura, porosidad y conectividad entre los diferentes poros, este conjunto de factores tiene como consecuencia asociar un valor único de resistividad a cada tipo de roca. En el modelo SEV cuentan con algunas consideraciones: El subsuelo está conformado por capas que se encuentran separadas una de otra mediante planos horizontales, la capa de la base se extiende por su profundidad hacia el infinito, todas las capas del suelo son eléctricamente homogéneas, cuentan con un campo eléctrico en el interior, lo cuales es generado por una fuente de corriente puntual que se ubica en la parte superior, decir en la superficie y esta corriente es emitida de la fuente el cual es directa.

**Figura 1:** Distribución de electrodos para medidas de resistividad en el terreno

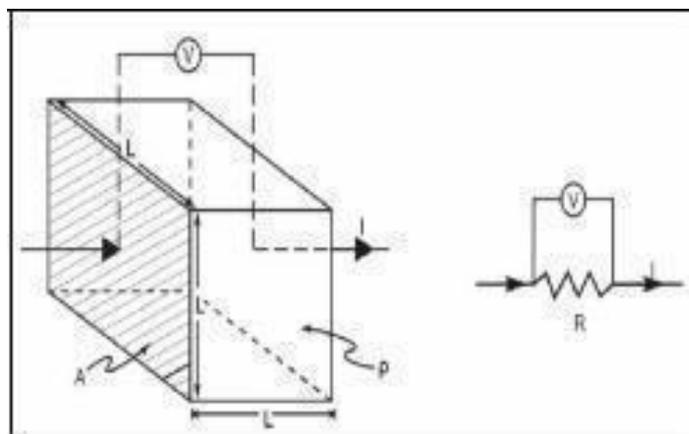


Fuente: Chelotti, et al., 2009.

La **resistividad eléctrica**. ARRUBARRENA, (2010). En su investigación menciona que, el método de resistividad eléctrica continua se basa en la Ley de Ohm, dicha ley indica que, en gran parte de sus casos la corriente deberá fluir por medio de un conductor, la misma deberá ser proporcional al voltaje ( $V=IR$ ). Dónde: R es una constante de proporcionalidad que, a su vez, se le denomina resistencia que lleva como unidad el Ohm, voltaje V en volts y la corriente I en amperes. El equivalente a la resistencia, conductividad se mide en siemens o Mohs. La resistividad eléctrica que se desarrolla en una unidad cubica a una corriente que circula entre dos caras opuestas se llama resistividad ( $\rho$ ), la cual se mide en ohm-metro ( $\Omega.m$ ). Resistividad eléctrica conceptualmente en el campo de ejecución es la capacidad que tienen los diferentes materiales para oponerse al paso de la corriente eléctrica, como también es el inverso de la resistividad que es la conductividad. En el suelo esta resistividad va de la mano con la litología, la textura, los fluidos que se podrían encontrar en los poros, fractura o agujeros. Lo determinante en la conductividad siempre será la presencia de arcilla. Del mismo modo, la **resistividad aparente**. A través de la Ley de Ohm se hace factible calcular la resistividad que se encuentra en una parte de estrato homogéneo, su potencial dependerá de la distancia que se tiene hasta el punto de interés, con lo mencionado ya líneas arriba es fundamental para la funcionabilidad un factor geométrico, esta será la distancia radial a la fuente, esto dependerá en la forma con la que se coloque los electrodos, también denominado el arreglo;  $\rho = 2\pi R^U$ ; Dónde: R[ $\Omega$ ] y el factor geométrico será  $2\pi R$ , modificando el arreglo el factor geométrico

vendría a ser distinta ( $\rho = \kappa \Delta U$ ). También, **resistividad eléctrica del suelo**. SEIPPEL, (2003), concluyó que la ley de ohm es la base fundamental de la geo eléctrica y establece que la variación de la tensión V en una corriente eléctrica I que circula entre dos puntos de un determinado medio es directamente proporcional a la intensidad de dicha corriente, así también la relación entre la corriente I y la resistencia R es inversa. Según MORENO, VALENCIA y CARDENAS, (2007) resistividad del suelo estrictamente se define como la resistencia que ofrece un cubo de 1m de lado (lleno con el suelo que se desea analizar) al paso de la corriente, como se muestra en la figura N°7.

**Figura 2:** (A) Definición de resistividad a través de un bloque homogéneo de terreno



**Fuente:** Norma técnica RA6-014 medidas de resistividad eléctrica del suelo. p. 20

Donde la constante de proporcionalidad ( $\rho$ ) se le denomina resistividad real del suelo homogéneo, despejando la resistividad tendremos: El valor que se obtiene de la resistividad indica el comportamiento del material analizado frente al paso de una corriente eléctrica, gracias a esto podemos tener una idea de lo buen o mal conductor que es, será un mal conductor si tiene un alto valor de resistividad, mientras que un valor bajo de la resistividad indicara que el material es un buen conductor. Por otro lado, en las **propiedades eléctricas de las rocas** tenemos: **resistividad** que según; ESTRADA, (2013), Resistividad es considerada la propiedad más significativa de las rocas, ya que sus alteraciones que se presenta al aplicar corriente al medio, son las que determinan el correcto funcionar del método geoelectrico. Esta propiedad se

define como la resistencia que presenta un medio de dimensiones unitarias al paso de la corriente. Así como, la **conductividad** es la propiedad inversa a la resistividad, por lo tanto, se considera como la capacidad que tiene un medio de permitir el paso de corriente. Cuando un material transporta electrones se habla de conductividad metálica o eléctrica. (ESTRADA, 2013). La **isotropía y anisotropía** es la propiedad de los cuerpos de que alguna magnitud física, por ejemplo, la conductividad, sea la misma en todas las direcciones. La anisotropía es lo opuesto, es decir que las propiedades varíen según la dirección. En geofísica se habla de macro isotropía y macro isotropía y macro anisotropía, cuando un suelo isotrópico presenta también anisotropía o viceversa, en consecuencia, de la formación geológica en capas. (ESTRADA, 2013). La **característica geoelectricas de los materiales** definida por GAVILAN (2014), indica que los factores que tienen influencia en la resistividad en algunos de los materiales podrían ser la porosidad, cantidad de humedad, contenido de fluidos y minerales que las rocas presentan. Gran número de minerales que conforman una roca no son tan buenos en conducción. Por ejemplo, el agua pura, sin embargo, las sales disueltas ayudan a aumentar la conductividad. La tabla 1.2. Muestran la resistividad de las rocas que comúnmente conocemos.

**Tabla 1:** Resistividad de las rocas más comunes

<b>Mineral</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
Arcilla	1 – 100	( $\Omega$ m)
Suelo	50 – 100	( $\Omega$ m)
Grava	100 - 600	( $\Omega$ m)
Arena	500 - 50000	( $\Omega$ m)
Arenisca	200 - 8000	( $\Omega$ m)
Lutita	500 – 10 000	( $\Omega$ m)
Gabro	100 – 500 000	( $\Omega$ m)
Granito	200 – 100 000	( $\Omega$ m)
Basalto	200 – 100 000	( $\Omega$ m)
Agua	10 – 100	( $\Omega$ m)
Agua de mar	0 – 2	( $\Omega$ m)

**Fuente:** Milsom. 2003 y Keller y Frieschkecht. 1966

Por otro lado, **Método Wenner** según; CARDENAS (2011). Define al mismo como que es de uso común porque su geometría es simple y de fácil manejo. Se conforma por cuatro electrodos los cuales están alineados simétricamente teniendo como referencia el punto de medición, de tal manera que,  $AM = AN = a$  y  $MB = NB = 2a$ . la distancia que existe entre electrodos definirá la medida de la profundidad. Pero no el tamaño de estos. Wenner obtuvo la simplificación de la ecuación y como resultado obtuvo de la siguiente manera:

**Figura 3:** Ecuación del arreglo Wenner

$$K = 2\pi \left\{ \left[ \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right] - \left[ \frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right] \right\}^{-1} = 2\pi \left[ \frac{2}{a} - \frac{2}{2a} \right]^{-1} = 2\pi a$$

**Fuente:** Cárdenas 2011

La resistividad aparente para este método que simplificada a esta fórmula.

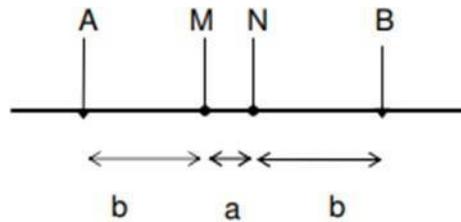
**Figura 4:** Formula del arreglo Wenner

$$\rho_a = 2\pi a R$$

**Fuente:** Cárdenas 2011

Por un lado, las señales de contribución emitidas en la superficie del terreno a estudio al emplear el método en mención, ya sean positivas o negativas llegaran a cancelarse entre sí. De tal manera que, las únicas contribuciones son las que se generan en lugares de mayor profundidad. Y estas señales se observarán de manera largamente aplanadas. De esta forma, para medios de estratificación horizontal en Wenner tiene una muy alta resolución vertical. Por otro lado, “la resistividad se vuelve altamente sensible a los cambios verticales del subsuelo, específicamente bajo el centro de arreglo, a diferencia que esta disminuye en el caso de los cambios horizontales.” (DE LA ROSA, 2013). El **Método Wenner-Schlumberger** según PORRES, (2003). Indica lo siguiente; Este se puede llamar a una modificación moderna del dispositivo Wenner. En método Wenner-Schlumberger está conformado por electrodos AMNB que se ubican en línea, donde la distancia MN es menor con respecto a los inyectores AB, por lo general  $AB > 5.MN$

**Figura 5:** Arreglo Wenner-Schlumberger



$$\rho_a = \lim_{a \rightarrow 0} \pi \frac{L^2}{a} \frac{\Delta V}{I} = \pi \frac{L^2}{a} \lim_{a \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{I} = \pi \frac{L^2}{a} E$$

**Fuente:** Porres 2003

La ecuación general siempre tiende al infinito, pero en el método mencionado la resistividad aparente es finita, ya que  $\Delta V$  la cual decrece en el tiempo al mismo tiempo que "a". De tal manera obtenemos:

La **definición de suelos**, en el ámbito de ingeniería, se define a suelo como agregado de grano mineral diferente al cemento y es materia orgánica en forma de partículas sólidas en conjunto con líquidos y gases que se encuentran entre las partículas sólidas. Por otro lado, en cimentaciones estructurales en la construcción de proyectos civiles el suelo se utiliza para soportar las cargas que se distribuyen mediante estos. Por ello, los ingenieros civiles en todos los trabajos que ejecutan a lo largo de su desenvolvimiento profesional, el estudio de suelos es lo que en primer lugar estudian, puesto que gracias a esto llegaran a conocer con exactitud las propiedades del suelo, origen, granulometría, la capacidad de drenaje de agua, compresibilidad, corte directo, capacidad portante, asentamientos y otras características que sean necesarias. (RODRIGUEZ, 2005).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación:

**Tipo de investigación.-** La investigación, engloba y agrupa las condiciones metodológicas de una investigación básica, debido a la recolección de información y datos teóricos relacionados a la ingeniería civil, con el propósito de conocer, profundizar y analizar el tema, planteándolo como base teórica para la realización de ensayos y estudios que servirán para la determinación de las características del suelo a través de métodos no convencionales de clasificación de suelos, los mismos que buscan ser una respuesta inmediata frente a la realidad problemática de la zona, que es el incremento poblacional en la zona de estudio, por ello se busca aminorar tiempo y costo en la etapa de planificación, específicamente en el estudio de suelos.

**Diseño de investigación.-** El diseño de investigación correspondiente al presente trabajo es no experimental, de corte transversal, debido al desarrollo de la variable que nos permite observar y analizar métodos no convencionales de clasificación de suelos, se desea comparar resultados con los métodos tradicionales gracias a la variable, en tanto, esto se consigue realizando los diversos ensayos de laboratorio y trabajos de campo, las cuales nos proporcionan información lo suficientemente veraz para poder ser tomada en cuenta en la presente investigación.

#### Dónde:

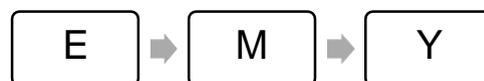
E : Estudio

M1 : Muestra

Y : Determinar

E : Estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales 3, 6, y 9 metros de separación entre electrodos exteriores.

Y : Determinar las características del suelo.



GE (1):	X1 (SEV método Wenner-Schlumberger a 3m)	O1 (Ma)	X1 (SEV método Wenner-Schlumberger a 3m)	O2 (Mb)	X1 (SEV método Wenner-Schlumberger a 3m)	O3 (Mc)
---------	--	---------	--	---------	--	---------

GE (2):	X2 (SEV método Wenner-Schlumberger a 6m)	O1 (Ma)	X2 (SEV método Wenner-Schlumberger a 6m)	O2 (Mb)	X2 (SEV método Wenner-Schlumberger a 6m)	O3 (Mc)
---------	--	---------	--	---------	--	---------

GE (3):	X3 (SEV método Wenner-Schlumberger a 9m)	O1 (Ma)	X3 (SEV método Wenner-Schlumberger a 9m)	O2 (Mb)	X3 (SEV método Wenner-Schlumberger a 9m)	O3 (Mc)
---------	--	---------	--	---------	--	---------

GC (0):	X0 (Caracterización de suelos en laboratorio)	O1 (Ma)	X0 (Caracterización de suelos en laboratorio)	O2 (Mb)	X0 (Caracterización de suelos en laboratorio)	O3 (Mc)
---------	---	---------	---	---------	---	---------

**Dónde:**

GE : Grupo Experimental.

GC : Grupo de control (Caracterización de suelos mediante ensayos de laboratorio).

X1 : Sondeos eléctricos verticales método Wenner-Schlumberger a 3 metros en la manzana A.

X2 : Sondeos eléctricos verticales método Wenner-Schlumberger a 6 metros en la manzana B.

X3 : Sondeos eléctricos verticales método Wenner-Schlumberger a 9 metros en la manzana C.

O1, O2, y O3: Medición de la resistividad aparente de los estratos del suelo.

**3.2. Nivel de Investigación:**

El nivel de investigación es cuantitativo, dado que los resultados se presentarán en valores numéricos.

### 3.3. Variables y Operacionalización:

#### Variables

- **Variable según su naturaleza cuantitativa continua:**

#### **Estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales.**

Según HERNANDEZ (2014). “las variables postuladas en los trabajos investigativos alcanzan valor para los trabajos de investigación científica siempre y cuando tengan la capacidad de correlacionarse con demás variables, en otras palabras, si son elementos de una teoría o una hipótesis.” (p. 139).

- **Variable Independiente: estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales.** Es independiente por lo que tiene acción sobre la determinación de las características del suelo del sector La Planicie, Morales - 2020.
- **Variable Dependiente: determinar las características del suelo.** Esta variable es dependiente de los estudios geofísicos mediante sondeos eléctricos verticales.

**Tabla 2:** Cuadro de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de Medición
(Variable independiente) Estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales	Con los sondeos eléctricos verticales (SEV) se averigua la distribución vertical de los estratos en función a la profundidad de las resistividades aparentes, se utiliza para saber los límites y contenido de las capas de los estratos de suelo, la profundidad va depender exclusivamente de la separación de los electrodos (ORELLANA, 1982). De acuerdo con la norma ASTM-D6431 que regula el uso de corriente continua se puede seleccionar diferentes combinaciones en las posiciones de los cuatro electrodos, la cual para el método Wenner Schlumberger podremos analizar los resultados de acuerdo a la distancia de estos electrodos, a más distancia se encuentren los electrodos exteriores mayor alcance de estudio.	El estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales será comparado con el estudio de mecánica de suelos de la forma convencional, como el de granulometría, nivel freático, limite líquido y plástico, entre otros, de esta manera podremos analizar y deducir el comportamiento físico mecánico del terreno en estudio.	Método Wenner- Schlumberger. Resistividad conductividad  Espaciamiento. Lectura perfil 1 (Ω). Resistividad aparente (Ωm)  Costo unitario	Razón  Intervalo  Intervalo
(Variable dependiente) Determinación de las características del suelo	En el laboratorio se seleccionarán muestrantípicas para ejecutar con ellas ensayos de clasificación. Como resultado de estos ensayos, las muestras se clasificarán, en todos los casos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS NTP 339.134 (ASTM D 2487) Manual NTP 339.150 (ASTM D 2488) procediéndose a compatibilizar las diferencias existentes a fin de obtener el perfil estratigráfico. (NORMA E.050 SUELOS Y CIMENTACION, P.10). Se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N° 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. (SISTEMA SUCS).	Las características del suelo en el sector la Planicie obtenidas por el estudio geofísico por sondeos eléctricos verticales serán corroboradas con ensayos de mecánica de suelos en laboratorio, con los métodos convencionales. De esta manera podremos deducir el comportamiento físico mecánicos de los estratos de suelo, ya que de esta forma podremos saber alternativas de solución para comenzar proyectos inmobiliarios.	Granulometría – contenido de humedad – Capacidad de compactación  Contenido de humedad natura, análisis granulométrico por tamizado, limite líquido y limite plástico, clasificación unificada de suelos.	Razón  Intervalo

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.4. Población y Muestra:**

#### **Población:**

FERNANDEZ, (2014). "Afirma que la población es un grupo de elementos con características similares, que deben situarse por su contenido, lugar y tiempo" (p.174).

Para este proyecto de investigación el universo poblacional corresponde los suelos colindantes con el pasaje A, B, C de la urbanización la planicie distrito de Morales, dichas muestras serán puestas a prueba según NTP 339.134 (ASTM D 2487) y la NTP 339.162 (ASTM D 420).

#### **Muestra:**

ARIAS, (2012). "La muestra es cualquier subconjunto desprendida de la población. Además, define a la muestra como un sub grupo que compone o definen las características de la población" (p.175).

Para este trabajo de investigación se utiliza como material de estudio a las diferentes muestras extraídas del suelo de la urbanización La Planicie, del distrito de Morales de acuerdo con la NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos.

La NTP 339.151, indica las diferentes prácticas para la manipulación de los estratos extraídos de los suelos a analizar. Para determinar la cantidad de muestras y exploraciones geoelectricas se realizó el siguiente análisis que se presenta en la tabla 2.

**Tabla 3:** Muestra de la investigación

<b>Estudio Geofísico</b>	<b>Sondeos eléctricos verticales</b>			<b>Métodos convencionales</b>	<b>Cantidad</b>
	<b>3 metros</b>	<b>6 metros</b>	<b>9 metros</b>	<b>3 metros</b>	
Mz. A	SEV	SEV	SEV	3 muestra	6 ensayos
Mz. B	SEV	SEV	SEV	3 muestra	6 ensayos
Mz. C	SEV	SEV	SEV	3 muestra	6 ensayos
			Total		18 ensayos

*Fuente:* Elaboración propia.

### **3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Validez y Confiabilidad:**

#### **Técnicas**

MARTINES, (2012). “Para poder recolectar datos es necesario utilizar procedimientos los cuales pueden ser: observaciones y cuestionario” (p.140).

Las Técnicas puestas en práctica para la recopilación de información en el desarrollo de esta investigación son los sondeos eléctricos verticales con el arreglo Wenner-Schlumberger como métodos geofísicos de estudios de suelos, los cuales son a distancias entre electrodos de 3, 6, 9 metros, estos comprados y corroborados por ensayos convencionales de caracterización de suelos de las muestras extraídas para dichos análisis.

#### **Instrumentos**

MARTINES, (2012). “Se utiliza para la recopilación de datos y evidencias, la información correcta que se obtenga dependiendo la herramienta utilizada (p.157). Para la medición de las variables se hará uso del laboratorio de Mecánica de Suelos y materiales de la Universidad Cesar Vallejo filial Tarapoto, ya que contaremos con los formatos de ensayos y equipos estandarizados, válidos y confiables.

Los instrumentos que se utilizarán para la obtención de datos para la investigación son las siguientes: Dispositivo de Wenner-Schlumberger para lo cual se empleara el software IPI2win para la lectura de resultados de resistividad los cuales se podrán en una hoja SEV logarítmica, Ensayos en los laboratorios la cual se empleara formatos para cada tipo de ensayo (formato para pruebas granulométrico de muestras, formato para pruebas de peso específico de muestras, formato para pruebas de contenido de humedad, formato para pruebas limite líquido, formato para pruebas de capacidad portante), Hojas calculo, Guía de observación, Cálculos.

### Recolección de Datos

VALDERRAMA, (2015). Esta acción de recolección de datos es una forma mediante la cual se obtiene y apunta los datos, los encargados de esta son los autores de cada investigación. Esta herramienta capta datos relacionados con el trabajo de investigación que en el momento preciso se podrán utilizar como una fuente para cualquier tipo de análisis estadístico.

**Tabla 4:** Recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Fuente
Configuración Wenner-Schlumberger	Resistivimetro, IPI2win, hojas logarítmica	Software SEV ASTM D6431
Excavación a cielo abierto	Muestra disturbada, inalterada, Registro de excavación	Muestra de ASTM D420
Ensayos físicos y químicos	Contenido de humedad natural, Granulométrico Tamizado, Limite Plástico, Unificada de Suelos	Análisis por ASTM D2216 ASTM D422 ASTM D4318 ASTM D2487
Trabajo de gabinete	Cálculos, Ensayos	NTP.399.601

**Fuente:** Elaboración Propia.

### **Validez y Confiabilidad:**

**Validez:** FERNANDEZ, (2012). “Se trata a la calificación que se le brinda al instrumento de recopilación de datos. Además, la validez de una ficha de recolección de datos se refiere a la existencia de relación entre los ítems y los objetivos de la investigación” (p.79). Se ha optado por utilizar el tipo de análisis estadístico básico de esta forma validar nuestras hipótesis con el análisis paramétrico, desarrollando los coeficientes de correlación que son puestos a prueba en el programa SPSS de IBM.

**Confiabilidad:** FERNANDEZ, (2012). “Se refiere que la confiabilidad de un instrumento de medición produce resultados satisfactorios. (p.79) Para la presente investigación, los instrumentos que se utilizaran en los ensayos son previamente normados y estandarizados según los formatos propuestos por las instituciones que son, formatos de Laboratorio de mecánica de suelos y materiales, regido por NTP.

### **3.6. Método de Análisis de Datos:**

**Características físico del suelo:** Se podrá determinar según los reglamentos que se determinan de acuerdo a las normas estandarizadas: NTP 339.162 (ASTM D420) “Guía normalizada para la caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción”, NTP 339.151 (ASTM D-4220) “Practica normalizada para la preservación y transporte de muestras de suelo”, NTP 339.128 (ASTM D422) “Análisis granulométrico”, NTP 339.129 (ASTM D4318) “Limite líquido y limite plástico” y por ultimo para el método de clasificación de suelos NTP 339.143 (ASTM D2487) “Método para clasificación de suelos con el propósito de ingeniería SUCS”.

**Estado de la situación actual del sector en estudio:** Se desarrollará a partir de las visitas e información proporcionada por las instituciones encargadas de estadística poblacional en el territorio nacional.

**Propiedades del suelo y comportamiento mecánico:** se elaborará de acuerdo con los ensayos estandarizados según lo recomendado por la Norma Técnica Peruana 399.171 “ensayo de corte directo”, para determinar la capacidad portante y comportamiento con las cargas.

**Rangos de resistividad aparente y conductividad del suelo:** Se determinará a partir del desarrollo del estudio geofísicos de sondeos eléctricos verticales con el arreglo de Wenner-Schlumberger, apoyados de la norma ASTM-D6431 “Standard Guide for Using the Direct Current Resistivity Method for Subsurface Site Characterization”.

**Correlación entre resistividad y contenido de humedad del suelo:** Se desarrollará de acuerdo con los ensayos realizados según lo propuesto por Norma Técnica Peruana 399.127 (ASTM D2216), donde se determinará el contenido de húmedas comparados con la resistividad aparente obtenidos por los estudios geofísicos que se da lectura a través del software IPI2win estandarizados por la norma ASTM-D 6431.

**Viabilidad económica:** Se obtendrán a partir de los costos unitarios de los materiales que utilizaremos en los estudios geofísicos mediante sondeos eléctricos verticales, así como también de los ensayos convencionales de estudios de suelos.

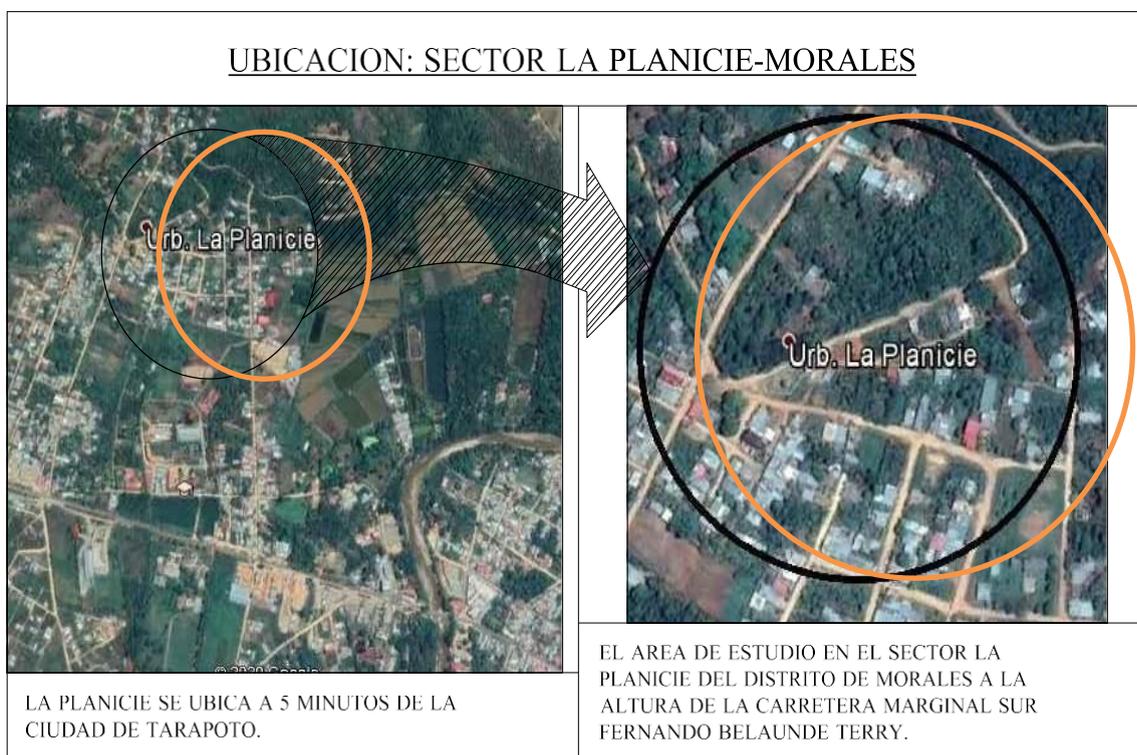
### **3.7. Aspectos Éticos:**

Conforme el presente trabajo de investigación se tiene en cuenta la norma ISO 690-2 y la guía de productos observables que nos permita citar lo expuesto, respetando los valores éticos y los derechos de autores obtenidos a partir de los libros, tesis, revistas empleadas, artículos científicos y libros digitales. Como también, los instrumentos empleados corresponden a los autores.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinar el estado situacional del sector La Planicie.

**Figura 6:** Ubicación de área del estudio



**Fuente:** Elaboración propia.

### Interpretación

El área del proyecto se encuentra ubicada en el distrito de Morales sector La Planicie, carretera marginal sur Fernando Belaunde Terry. El mismo cuenta con una forma irregular y con una topografía semiplana. Por un lado, el clima es de tipo semiseco y cálido, que son característica de las vertientes orientales del cerro escalera. Por otro lado, la precipitación pluvial en la zona es de 2600 mm/año, la temperatura promedio oscila entre los 24.8 °C mínima y 27.3 °C máxima, esto varía de acuerdo al nivel de deforestación o la presencia de valles característicos de la selva peruana.

**Tabla 5:** Población (Sector La Planicie)

<b>Nombre</b>	<b>Área</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Porcentaje</b>
Morales	Urbano	4955	100%
La Planicie	Rural	50	1.01%
Otros Sectores	Rural	456	9.20%

**Fuente:** ZZE – Plan de ordenamiento territorial MDSAM año 2014-2021.

### **Interpretación**

De acuerdo con la tabla 5 se entiende que la mayoría de viviendas se encuentran en el área urbana, en tal sentido según el Instituto Nacional de Estadística e informática – INEI, en el año 2007, la tasa de crecimiento es de 3.7% la cual representa el 15.2% a nivel provincial. Cabe mencionar también, que la mayoría porcentual en población correspondiente al distrito de Morales corresponde a personas que migraron y se acentuaron en tal lugar, esto también se refleja en el rápido y amplio porcentaje de crecimiento y antes mencionado.

**Tabla 6:** Tipo de viviendas construidas

<b>Material de construcción predominante</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	<b>Total</b>
Ladrillo o bloque de cemento	3130	25	3155
Adobe o tapial	1438	65	1503
Madera	157	45	202
Quincha	165	50	215
Estera	7	2	9
Piedra con barro	29	5	34
Piedra o sillar con cal o cemento	8	-	8
Otro material	141	19	160
<b>Total</b>	<b>5075</b>	<b>211</b>	<b>5286</b>

**Fuente:** Censo nacional de población y vivienda INEI-2007

**Tabla 7:** Tipo de material de construcción de pisos

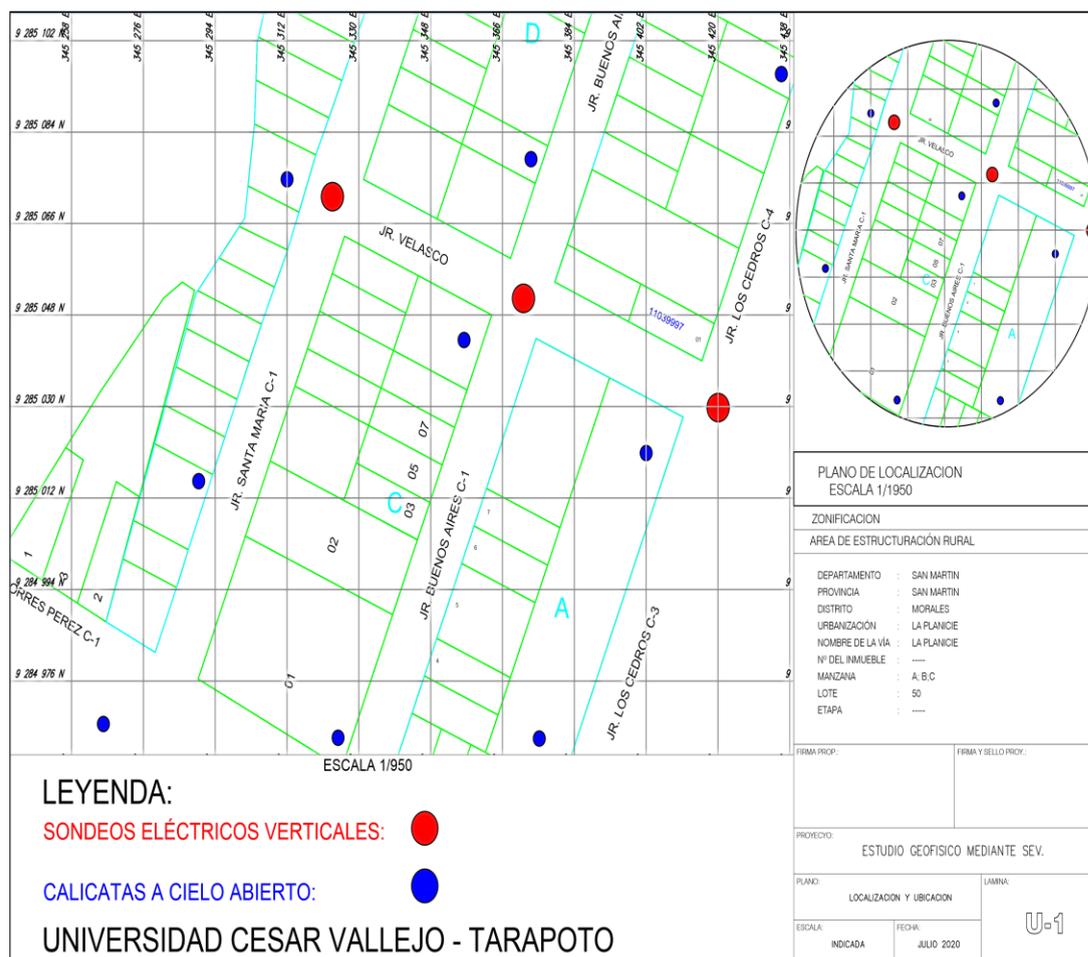
<b>Material de construcción predominante en pisos</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	<b>Total</b>
Tierra	1348	176	1254
Cemento	3300	30	3330
Loseta o cerámica	385	2	387
Parquet o madera	2	-	2
Madera o entablado	6	-	6
Lamina asfáltica	6	-	6
Otro material	28	3	31
Total	5075	211	5286

**Fuente:** Censo nacional de población y vivienda INEI-2000

### **Interpretación**

De acuerdo con las tablas 6 y 7 se muestra que en la zona urbana en su mayoría el material de construcción para viviendas es de material noble, con techo aligerado. Por otro lado, en el área rural, lugar que representa el desarrollo del proyecto predominan viviendas de madera y techo liviano. De igual manera ocurre en el material de los pisos, y se muestra el material precario con el que elaboran los pisos en el área rural como es del sector de La Planicie, en el distrito de Morales.

**Figura 7:** Ubicación de puntos de excavación de calicatas y SEV.



**Fuente:** Elaboración propia.

## Interpretación

Se muestra en la figura 7 los puntos donde se realizaron los estudios geofísicos, de acuerdo con la misma los puntos rojos representan los sondeos eléctricos verticales cada punto tuvo como distancia 3, 6 y 9 metros. Por otro lado, los puntos en color azul representan las excavaciones o calicatas que se realizaron para los ensayos de laboratorio, ya que de esta manera se pudo hacer la comparación en estudios de suelos de ambos métodos.

**4.2. Determinar las características del suelo mediante sondeos eléctricos verticales para deducir el comportamiento mecánico del suelo.**

**Tabla 8:** Sondeos Eléctricos Verticales

Ubicación	Resistividad		
	3 metros Ohm-m	6 metros Ohm-m	9 metros Ohm-m
Manzana A	322-418	207-287	70-88
Manzana B	314-491	210-277	76-88
Manzana C	311-458	303-498	209-298

**Fuente:** Estudio de proyectos – Geotecnia, ensayos de materiales y tecnología de concreto. Consultores Hermanos C&F-Tarapoto.

**Interpretación**

De acuerdo con la tabla N°8 que se elaboró con ayuda del equipo Resistivímetro, que sirve para medir las frecuencias con la que viaja la electricidad a través del suelo. Y la lectura correspondiente que se realizó muestra que los niveles de resistividad varían de acuerdo a la profundidad. Es decir, a más profundidad menor va ser la resistividad del suelo, por lo tanto, gracias a estas lecturas podemos clasificar los estratos de acuerdo con los niveles de resistividad mostrados.

**Tabla 9:** Características físicas del suelo

Distancia	Arreglo Wenner-Schlumberger		
	Manzana A	Manzana B	Manzana C
3 metros	Arenoso Limoso	Arenoso Limoso	Arcilloso
6 metros	Arcilloso	Arcilloso	Arenoso Limoso
9 metros	Arcilloso Inorgánico	Arcilloso Inorgánico	Arcilloso

**Fuente:** Estudio de proyectos – Geotecnia, ensayos de materiales y tecnología de concreto, Consultores Hermanos C&F-Tarapoto.

**Tabla 10:** Clasificación de estratos de suelo

Descripción del suelo	Tipo de suelo	Resistividad de suelos	
		Mínimo	Máximo
Suelo arcilloso inorgánico con plasticidad media	CL	70 Ohm-m	88 Ohm-m
Arena limo arcillosa	SM-SC	303 Ohm-m	498 Ohm-m
Arena arcillosa	SC	207 Ohm-m	298 Ohm-m

**Fuente:** Estudio de proyectos – Geotecnia, ensayos de materiales y tecnología de concreto, Consultores Hermanos C&F-Tarapoto.

### Interpretación

De acuerdo con la tabla 9 Y 10 se pudo observar la clasificación y definición de cada estrato de suelo estudiado en el sector la planicie, esto de acuerdo con los parámetros establecidos de clasificación por medio de resistividad de los materiales. Se pudo observar también, que el sector la planicie específicamente en el área investigada, cuenta con suelos arenosos arcillosos en su mayoría.

**Tabla 11:** Clasificación de estratos de suelo

Descripción del suelo	Comportamiento mecánico	
	Tipo de suelo	Deducción
Suelo arcilloso inorgánico con plasticidad media	CL	Produce el fenómeno de asentamiento, leve
Arena limo arcillosa	SM-SC	Comportamiento geotécnico inestable
Arena arcillosa	SC	Comportamiento de asentamiento en primer orden

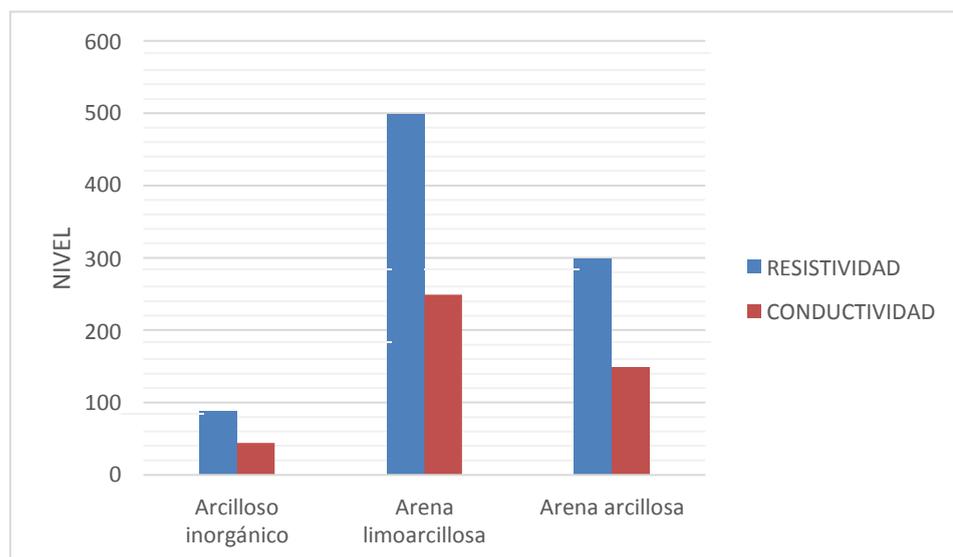
**Fuente:** Estudio de proyectos – Geotecnia, ensayos de materiales y tecnología de concreto, Consultores Hermanos C&F-Tarapoto.

## Interpretación

De acuerdo con la tabla 11, 10 y 9 se pudo deducir el comportamiento mecánico del suelo que conforma el sector de La Planicie en el distrito de Morales, después de observar la composición predominante de suelo con arenas, arcillosas y linos. Estos estratos tienen la propiedad de producir asentamientos en primer orden o por consolidación, es decir al aplicarse una carga. Puesto que, no presentan drenaje continuo, requiriendo de tiempo para liberar la saturación existente, este fenómeno se producirá al aplicarse una fuerza perpendicular a la capa y será contrarrestado hasta ocupar un área medianamente compactada y libre de líquidos. Además, se conoce que el comportamiento de las arenas es geotécnicamente inestable, ya que requiere de procesos químicos y físicos para desarrollarse de manera óptima para la ejecución de proyectos de ingeniería.

### 4.3. Determinar los rangos de resistividad aparente y de conductividad del suelo.

**Figura 8:** Rangos de resistividad y conductividad de acuerdo a los estratos del suelo obtenidos de la lectura de software IPI2win



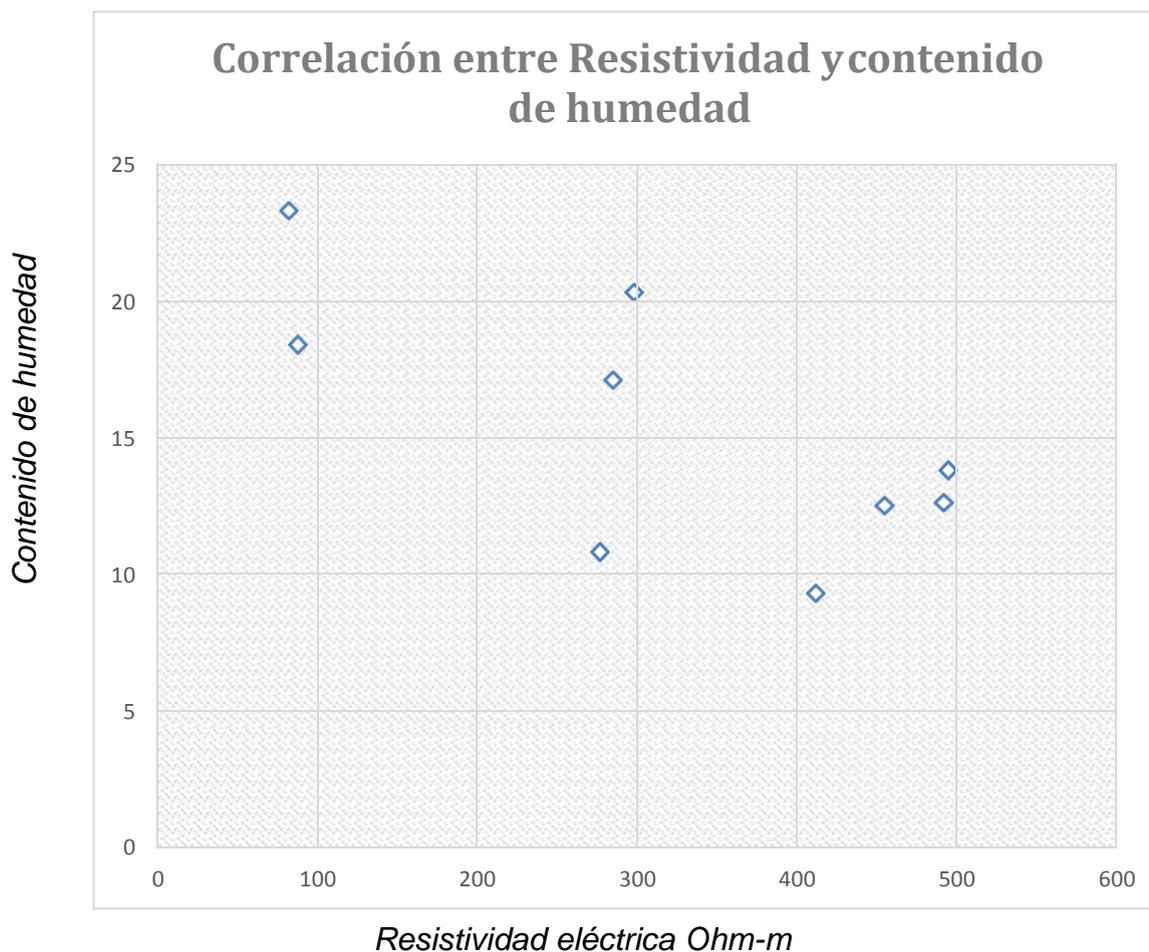
**Fuente:** Elaboración propia.

### Interpretación

De acuerdo con la figura 8 se pudo observar que la conductividad eléctrica resulta la mitad o un factor inversamente proporcional a la resistividad en los materiales encontrados en el sector de La Planicie, con el estudio de sondeos eléctricos verticales. Para suelos arcillosos inorgánicos con plasticidad baja la resistividad resulta entre 80 y 100 ohmios y con respecto a la conductividad un valor entre 40 y 55 por lo que se observa dicha proporcionalidad.

#### 4.4. Determinar la correlación entre resistividad y el contenido de humedad del suelo.

**Figura 9:** Resultados de ensayos de sondeos eléctricos verticales y contenido de humedad



**Fuente:** Elaboración propia

## Interpretación

De acuerdo con la figura 9 se correlacionó el contenido de humedad y la resistividad, en el que se pudo observar que al incrementar el contenido de humedad en el suelo la resistividad del mismo disminuye rápidamente.

### 4.5. Determinar la viabilidad económica para realizar el estudio geofísico del suelo.

**Tabla 12:** Costo del estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Metrado (0%)	Costo Parcial	Costo total S/.
Tesista 1	Hora/H	1	200.00	0	200.00	200.00
Tesista 2	Hora/H	1	200.00	0	200.00	200.00
Especialista	Hora/H	1	800.00	0	800.00	800.00
Equipo	Unid.	1	800.00	0	800.00	800.00
Sondeos eléctricos	Glb.	1	50.00	0	50.00	50.00
Transporte						
			Total, S/.		2050.00	2050.00

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 13:** Costos de los ensayos convencionales de mecánica de suelos

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Metrado (5%)	Costo parcial	Costo total
Calicatas	Unid.	9	250.00	0.00	2250.00	2250.00
Especialista	Glb	1	450.00	0.00	450.00	450.00
Transporte	Glb	1	50.00	0.00	50.00	50.00
			Total, S/.		2750.00	2750.00

**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:**

De acuerdo a las tablas 12 y 13 se pudo apreciar que los costos de sondeos eléctricos verticales son de 2050.00 soles en comparación con los estudios de suelos convencionales son de 2750.00 soles. Así mismo, se observó que la diferencia entre ambos métodos resulta una diferencia de 700.00 soles favorable en la elaboración de los estudios de sondeos eléctricos verticales.

## Validación de Hipótesis

Para la validación de la hipótesis se empleó una fórmula de regresión lineal para estimar las dos variables: variable independiente y variable dependiente.

$$Y = b_0 + b_1 * X$$

**Dónde:**

**Y:** características del suelo

**X:** estudio geofísico del suelo mediante sondeos eléctricos verticales

**b<sub>0</sub>:** Intercepto

**b<sub>1</sub>:** Pendiente

De la fórmula se obtiene que (Y) es la variable dependiente la cual se interviene y manipula para lograr los objetivos planteados, (X) es la variable independiente en donde se centra la investigación, (b<sub>0</sub>) es el intercepto que sirve para determinar los valores estimados según la relación de las dos variables en el sistema cuantitativo, (b<sub>1</sub>) es la pendiente que intercepta la mayoría de puntos en el plano cartesiano para determinar los grados de correspondencia entre las dos Hipótesis. A continuación, mostramos los resultados obtenidos mediante la utilización del programa IBM SPSS para la veracidad de comprobación de las Hipótesis para el ensayo de caracterización de suelos.

## V. DISCUSIÓN

- 5.1. Para Alcántara y Mendoza (2013), en su investigación sobre el desarrollo de un método geoelectrico del subsuelo para definir la resistividad y el espesor de las capas, en el cual obtuvieron resultados favorables. Por lo que concluye que es necesario reconocer el ambiente, ya que este proporciona modelos compactos y estructurales simples, las cuales fueron evaluadas por simulaciones numéricas.

En nuestro trabajo de investigación, se pudo obtener resultados favorables en la determinación del estado situacional del sector La Planicie, debido a la fácil accesibilidad a la información de órganos estadísticos, como el INEI, como también la disponibilidad de brindad información por parte de la municipalidad distrital de Morales. Conociendo que el área de estudio cuenta con 50 viviendas, el porcentaje de crecimiento poblacional y las características climatológicas.

- 5.2. Para Ramírez (2017), en su investigación sobre evaluación por métodos no convencionales de caracterización de suelos, en los que obtuvo resultados favorables. Llegando a la conclusión que mediante la prospección geoelectrico y a través del registro de resistividad real, se puede relacionar la calidad geomecánica de los materiales para diferentes proyectos de ingeniería.

En nuestra investigación según los resultados de caracterización física de suelos para deducir el comportamiento mecánico mediante sondeos eléctricos, en prospección a 3 metros en la manzana A fue de 322 Ohm-m el mínimo y el máximo de 418 Ohm-m en resistividad, al igual que en la manzana B fue de 314 Ohm-m y 491 Ohm-m, como también en la manzana C se registró un resistividad mínima y máxima de 311 y 458 Ohm-m. Para la lectura a los 6 metros de distancia se obtuvo los valores mínimos y máximos de la manzana A, B y C de 207, 287, 210, 277, 303

498 Ohm-m respectivamente. Finalmente, para los 9 metros siguiendo el mismo orden se obtuvo también los valores de 70, 88, 76, 88, 209, 298 todos estos valores en Ohm-m. Haciendo factible la clasificación.

- 5.3. Para Balcázar (2015) en su investigación Exploración geofísica e hidrogeológica de un acuífero localizado en depósitos aluviales donde se pudo evidenciar y determinar quede acuerdos a los rangos obtenidos de resistividad se pueden encontrar puntos focalizados de extracción de agua además gracias a la conductividad pudo establecer el tiempo en el que viaja la frecuencia eléctrica sobre los materiales.

En el desarrollo de esta investigación, se pudo establecer los rangos de resistividad y conductividad con ayuda del software IP20N como se observó en la figura número 8.

- 5.4. Según Gálvez y Garate (2018) en su investigación Caracterización sub geo eléctrica de los suelos, obtuvo resultados factibles, concluyendo que estos estudios geofísicos son fundamentales para la elaboración de proyectos civiles en general y el desarrollo de nuestra región.

En nuestra investigación pudimos obtener resultados favorables en base a la correlación que existe entre resistividad y contenido de humedad como se mostró en la figura 9 los valores del contenido de humedad influyen directamente con la resistividad de los materiales, a mayor contenido de humedad la resistividad ira disminuye significativamente.

- 5.5. Alarcón Y Moreno (2019). En su investigación estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales con fines de uso poblacional en sectores del distrito de José Leonardo Ortiz, obteniendo resultados importantes y favorables, en el cual concluyo que el presupuesto para la perforación, equipamiento e instalación de un pozo tubular es de 48 663.20 dólares.

En nuestra investigación se pudo conocer la viabilidad económica entre el estudio de suelos por método no convencional de sondeos eléctricos verticales y el método tradicional, obtenido resultados favorables, ya que los costos de los sondeos eléctricos verticales fueron de 2050.00 soles a diferencia de un estudio de suelos convencional que resulto en un monto de 2500.00 soles.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Al determinar el estado situacional del sector La Planicie esto fue beneficioso pues llegamos como alternativa para futuros proyectos sabiendo que el enfoque social fue direccionado para personas de escasos recursos que se encuentran dentro de este sector.
- 6.2. Se ha demostrado con esta investigación la factibilidad de caracterización de suelos mediante sondeos eléctricos verticales para el uso en diferentes proyectos de ingeniería.
- 6.3. Se ha demostrado mediante la medición de rangos de resistividad y conductividad, que esta es la inversa de la resistividad en los materiales, además que los contenidos de agua presente en los estratos de suelo determinan su continuidad, ya que esto afecta directamente a su movilidad.
- 6.4. Se concluye que los resultados obtenidos indican que la resistividad presenta variaciones sensibles con respecto al contenido de humedad, esto sin importar el estrato y la característica del mismo, además se corrobora la resistividad medida en laboratorio se correlaciona mediante una función potencial.
- 6.5. El presupuesto estimado para la realización del estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales es de 2050.00 soles, que comparando con los 2750.00 soles en precios de estudios de suelos convencionales, se evidencia lo práctico, eficiente y económico que resulta este tipo de estudio, un monto accesible para la complejidad en que se elabora un estudio tan fundamental para todo proyecto de ingeniería.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 8.1.** Se recomienda el constante monitoreo y orientación profesional para estos sectores de la población, debido a su constante crecimiento poblacional.
- 8.2.** Para la ejecución de proyectos de ingeniería se debe realizar estudios de suelos ya que estos arrojan datos sumamente importantes, de igual manera el estudio geofísico mediante sondeos eléctricos debe ser de apoyo para así conocer a mayor profundidad los suelos a trabajar.
- 8.3.** Se debería direccionar a los estudiantes de ingeniería a profundizar más en métodos no convencionales de estudios de suelos para el mejor desarrollo de la ciencia.
- 8.4.** Es necesario saber que los métodos geoelectrónicos son métodos indirectos y tienen grado de aproximación, en tal sentido estos resultados deben ser corroborados por métodos directos para poder darle un grado de mayor precisión al estudio de suelos.
- 8.5.** De acuerdo con el desarrollo de esta investigación instamos a las autoridades apoyar la ciencia en la región, ya que obtener estos equipos para la elaboración de este tipo de ensayos se torna dificultoso, puesto que en la zona no se cuenta con los mismos.
- 8.6.** Se recomienda considerar el tema de confiabilidad de los resultados de la aplicación del instrumento de medición con respecto a los aspectos tradicionales de estudio de mecánica de suelos.
- 8.7.** Se recomienda de acuerdo al desarrollo considerar aspectos técnicos de las características del suelo para obtener resultados de mayor espectro.

## REFERENCIAS

ASTM D6431. Standard Guide for Using the Direct Current Resistivity Method for Subsurface Site Characterization. 2018. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D6431.h>

BALCÁZAR Mario. En su investigación titulada: *Exploración geofísica e hidrogeológica de un acuífero localizado en depósitos aluviales y de duna estado de Veracruz*. (Tesis posgrado) México: Universidad Nacional Autónoma, 2015. 40 pp. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/6674>.

SOLANA, Marina. En su investigación titulada: *Comparación de técnicas geofísicas para determinación de contaminación de suelos agrícolas*. (Tesis posgrado). Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas, 2015. 87 pp. disponible en: [http://oa.upm.es/32832/1/PFC\\_Marina\\_Solana\\_Capilla.pdf](http://oa.upm.es/32832/1/PFC_Marina_Solana_Capilla.pdf).

TORRES, David. En su investigación titulada: *Estudio Geofísico aplicado a la exploración minera en el milagro de Guadalupe*. (Tesis posgrado). Estado de Sal Luis Potosí, Bolivia, 2016. 54 pp. Disponible en: <https://repositorio.ipicyt.edu.mx//handle/11627/154>.

PEINADO, Héctor y HERRERA, Jaime. *Determinación de la conductividad hidráulica mediante medidas de resistividad eléctrica*. Revista Tyca Ingeniería Hidráulica en México. [En línea]. Universidad Nacional Autónoma de México, 2014: 24(4). [Fecha de consulta: 24 de Setiembre del 2019]. Disponible en: <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/112>. Sin ISBN.

CARDENAS, Juan y GALVIS, Esteban. *Manual para la interpretación del perfil de resistividad obtenido al realizar el estudio de la resistividad del suelo a partir de las configuraciones del método Wenner*. [En Línea].

Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2011 [Fecha de consulta: 24 de setiembre del 2019]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71396686.pdf>.

FERNANDEZ, Jose y et al. *Analysis and resolution of an inverse problem in environmental geophysics applied to the case of vertical electric soundings*. [En Línea]. [Revista de Geofísica Aplicada]. España: Universidad de Oviedo, 2004. [Fecha de consulta: 24 de Setiembre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926985110000285>.

ALARCON, Deivis. *Estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales con fines de uso poblacional en sectores del distrito de José Leonardo Ortiz, Lambayeque, 2018*. (Tesis Posgrado). Lambayeque: Universidad Señor de Sipan, 2018. 175 p. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/5637>

MEDINA, Gustavo. *Caracterización del acuífero en las pampas de lanchas mediante el método de sondeos eléctricos verticales-Ica* (Tesis Posgrado). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2015. 198 p. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/263/B2-M-18485.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CONCRETO poroso. Constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización por Sandra Cabello Sequera [et al]. Cumbres [en línea]. 06 de junio del 2015. Volumen 1, número 01. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550706> ISSN-e 1390-3365

RAMIREZ, Arnold. En su investigación titulada: *Evaluación por métodos no convencionales de caracterización de suelos del distrito de Morales, Provincia de San Martín-Región de San Martín*. (Tesis Posgrado). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2017. 47 pp. Disponible en: <http://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/2530>.

GALVEZ, Manuel y GARATE, Hans. En su investigación titulada: *Caracterización sub geo eléctrica de los suelos del barrio de Santa Lucía-Distrito de Morales- Provincia de San Martín- Región San Martín*. (Tesis de Pregrado). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2018. 57 pp. Disponible en: <http://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/2530>.

CHAVEZ, Heleny. *Determinación de la capacidad portante del suelo del sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, San Martín, Región San Martín*. (Tesis de Pregrado). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2015. 180 p. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/339>

PEINADO – GUEVARA, Hector y et al. Relationship between chloride concentration and electrical conductivity in groundwater and its estimation from vertical electrical soundings (VESs) in Guasave, Sinaloa, Mexico. *Ciencia y investigación Agraria*. [En Línea]. 2012 volumen 39, versión 1 [Fecha de Consulta 26 de setiembre del 2019]. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071816202012000100020&script=sci\\_arttext&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071816202012000100020&script=sci_arttext&tlng=e). ISSN: 0718-1620.

ARRUBARRENA, Manuel. En su investigación titulada: *Caracterización de un Sitio contaminado por Hidrocarburos Usando Tomografías de Resistividad Eléctrica*. Tesis de Pregrado. México: Universidad Autónoma de México, 2010. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/1289?show=full>.

SEIPPEL Robert. *Fundamentos de la electricidad*. 1ª. Ed. Barcelona: Editorial Reverté, S.A, 2003. 411 p. ISBN: 84-291-3072-1.

MORENO German, VALENCIA Jaime y CARDENAS Carlos. *La Resistividad del Suelo en Función de la Frecuencia*. 1ª. Ed. Editorial Universidad de Antioquia, 2007. 192 p. ISBN: 9789587140576.

MEDIDAS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA. *Norma técnica RA6-14: Resistividad eléctrica del suelo*. 20 p. Disponible en:

[https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro\\_de\\_documentos/proveedores\\_y\\_contratistas/normas\\_y\\_especificaciones/normas\\_aereas/grupo\\_6\\_Normas\\_de\\_montajes\\_complementarios/RA6-014MEDIDADERESISTIVIDAD\\_V3.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/normas_aereas/grupo_6_Normas_de_montajes_complementarios/RA6-014MEDIDADERESISTIVIDAD_V3.pdf).

ESTRADA Luis. *Prospección Geoeléctrica, 2013*. Revista de Investigación [En Línea]. 2013. [Fecha de Consulta: 12 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://catedras.facet.unt.edu.ar/geofisica/wp-content/uploads/sites/4/2014/02/Prospeccion-Geoelectrica-para-Geologos.pdf>.

GAVILAN Sandra. *Consultoría especial para la estructuración integral de los corredores viales*. Informe técnico. Bogotá: Túnel Alto del Pozo, 2015. 61 p.

MILSON, 2003 y KELLER y FRIESCHKNECHT, 1966. *Handbook of Agricultural Geophysics*. 5 ed. California: Editorial CRC Grup. 2003. 415 p. [En línea]. 2003. [Fecha de consulta 12 de octubre del 2019] disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=4SDgk7xGZeQC&pg=PA108&lpg=PA108&dq=Milsom,+2003+y+Keller+y+Frischknecht,+1966&source=bl&ots=U5juf-3CAw&sig=ACfU3U3aqJxYpu3ToRoCm81hAz3nvwOF\\_A&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwivtrTmmo7mAhVlx1kKHatUBfEQ6AEwCnoEAsQAQ#v=onepage&q=Milsom%2C%202003%20y%20Keller%20y%20Frischknecht%2C%201966&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=4SDgk7xGZeQC&pg=PA108&lpg=PA108&dq=Milsom,+2003+y+Keller+y+Frischknecht,+1966&source=bl&ots=U5juf-3CAw&sig=ACfU3U3aqJxYpu3ToRoCm81hAz3nvwOF_A&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwivtrTmmo7mAhVlx1kKHatUBfEQ6AEwCnoEAsQAQ#v=onepage&q=Milsom%2C%202003%20y%20Keller%20y%20Frischknecht%2C%201966&f=false).

CARDENAS Juan. En su investigación: *Manual para la interpretación del perfil de resistividad obtenido al realizar el estudio de la resistividad del suelo a partir de la configuración del método de Wenner*. Tesis pregrado. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira., 2011. 222 p. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71396686.pdf>.

DE LA ROSA Mario. En su investigación: *procesamiento de datos de resistividad eléctrica para aplicación geotécnica*. Tesis pregrado. Venezuela. Universidad Simón Bolívar, 2013. 198 p.

PORRES José. En su investigación: *Caracterización de Cavidades en el Subsuelo Mediante la Interpretación de Perfiles de Tomografías Eléctricas Aplicación al Yacimiento Arqueológico de Clunia*. Tesis doctoral. Burgos. Universidad de Burgos, 2003. 447 p. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=1417>.

GONZALES Juan. *Exploración eléctrica*. 3ª. ed. España: Editorial Reverté s.a, 1980. 415 p. ISBN: 84-291-4614-8.

ARRUBARRENA, Manuel. En su investigación titulada: *Caracterización de un Sitio contaminado por Hidrocarburos Usando Tomografías de Resistividad Eléctrica*. Tesis de Pregrado. México: Universidad Autónoma de México, 2010. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/1289?show=full>.

TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS, volumen 4, p.34 [En línea] Revista de Ingeniería [fecha de consulta 25 octubre del 2019] disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6231/07.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

URBIETA Joel. *Fundamentos de la Geofísica*. Revista de ingeniería Geofísica. [En Línea]. 2009. [fecha de consulta: 25 de octubre del 2019] disponible en: <https://sismica.com.mx/procedimientos/sondeo-electrico-vertical.php>.

- LOKE Meng. *Técnicas prácticas para investigación de resistividad en dos y tres dimensiones (tomografía eléctrica 2d y 3d)* Revista de Investigación – Doctor en física. [En línea] 2001. [Fecha de consulta 30 de octubre del 2019] Disponible en: <http://www.geotomosoft.com/topoabs.pdf>
- RODRIGUEZ Manuel. *Geofísica Aplicada a la Obra Civil Método Geoeléctrico y Sísmico de Refacción casos Prácticos*. Revista de ingeniería. [En línea]. 2005. [fecha de consulta 30 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://www.lapisspecularis.org/Art%C3%ADculos/geofisicaObraCivil.pdf>
- TERZAGHI Karl. *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica*. 2<sup>a</sup> ed. España: Editorial El Ateneo S.A. 1973. 750 p. ISBN: 84-7021-020-3.
- DUKE Gonzalo y ESCOBAR Carlos. *Mecánica de Suelos*. Revista de Ingeniería de Suelos. [En Línea]. 2002. [fecha de consulta: 30 de octubre del 2019] Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/1864/17/contenido.pdf>.
- TERZAGHI Karl. *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica*. 2<sup>a</sup> ed. España: Editorial El Ateneo S.A. 1973. 750 p. ISBN: 84-7021-020-3.
- LEONI Jose. *Relaciones Volumétricas y Gravimétricas*. 7<sup>a</sup> ed. Lima: UNACEM, 2010. 15 p. sin ISBN.
- TERZAGHI Karl. *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica*. 2<sup>a</sup> ed. España: Editorial El Ateneo S.A. 1973. 750 p. ISBN: 84-7021-020-3.
- TENNIS Alexander *fundamentos de circuitos eléctricos*. México D.F: Impresiones Editoriales F.T. S.A de C.V, 2004. 450 p. sin ISBN.
- CRESPO Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentación*. 5<sup>a</sup> ed. México: Editorial Limusa, 2004. 651 p. ISBN: 968-18-6489-1.
- CRESPO Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentación*. 5<sup>a</sup> ed. México: Editorial Limusa, 2004. 651 p. ISBN: 968-18-6489-1.

COMISIÓN DEL RIO MISSISSIPPI. *Diagrama Triangular de clasificación de Suelos*. Geografía de la Población – Grado de Antropología. [En línea]. 2017-2018. [Fecha de consulta: 30 de octubre del 2019] disponible en: <http://titulaciongeografia-sevilla.es/contenidos/becarios/materiales/archivos/Eldiagramatriangular.pdf>

BORSELLI Lorenzo. *Geotecnia I, Instituto de Geología de la Facultad de Ingeniería*. 2ª ed. Bolivia: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 2019-2020. Sin ISBN.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS). *ASTMD-2487*. [En línea]. 1948. [Fecha de consulta: 30 de octubre del 2019]. Disponible en: [https://www.academia.edu/18450242/Clasificacion\\_de\\_Suelos\\_SUC\\_S\\_y\\_AASTHO](https://www.academia.edu/18450242/Clasificacion_de_Suelos_SUC_S_y_AASTHO).

CESPEDES Cristian. *Geología y Mecánica de Suelos*. Revista de Ingeniería civil [En línea]. 2004. [Fecha de consulta 30 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/mecanica-de-suelos.pdf>.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. *E050 Suelos y cimentación*. Artículo 11, 12 y 13. Disponible en: <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/53%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONE%20S.pdf>.

NORMA TÉCNICA PERUANA 339129. SUELOS. Limite líquido y limite plástico. ensayos. Perú. 2020. Disponible en: <https://edoc.pub/ntp-339129-limite-plastico-pdf-free.html>

NORMA TÉCNICA PERUANA 339.128. SUELOS. Método de ensayo para

análisis Granulométrico. Tamizado. Requisitos. Perú. 2018.  
Disponible en: <https://www.udocz.com/read/ntp-339-128-1999-suelos-metodo-de-ensayo-para-el-analisis-granulometrico>

NORMA TÉCNICA PERUANA 399.151. EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO.  
Practica normalizada para la preservación y transporte de muestras de suelos. Requisitos. Perú. 1999. Disponible en: <https://prezi.com/bjlkthe3wo-1/ntp-339151-practicas-normalizadas-para-la->

NORMA TECNICA PERUANA 339.162. Suelos. Contenido de Humedad. Perú. 1999. Disponible en: <https://es.slideshare.net/yonerchavezburgos/contenido-de-humedad-ntp-33>

NORMA TECNICA PERUANA 339.162. Suelos. Ensayo de corte directo. Perú. 1999. Disponible en: [https://www.academia.edu/39006819/ENSAYO\\_DE\\_CORTE\\_DIRECTO\\_NTP\\_339.171\\_ASTM\\_D3080](https://www.academia.edu/39006819/ENSAYO_DE_CORTE_DIRECTO_NTP_339.171_ASTM_D3080)

# **ANEXOS**

ANEXO N° 01:  
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE  
VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
(Variable independiente)	Con los sondeos eléctricos verticales (SEV) se averigua la distribución vertical de los estratos en función a la profundidad de las resistividades aparentes, se utiliza para saber los límites y contenido de las capas de los estratos de suelo, la profundidad va depender exclusivamente de la separación de los electrodos (ORELLANA, 1982). De acuerdo con la norma ASTM-D6431 que regula el uso de corriente continua se puede seleccionar diferentes combinaciones en las posiciones de los cuatro electrodos, la cual para el método Wenner Schlumberger podremos analizar los resultados de acuerdo a la distancia de estos electrodos, a más distancia se encuentren los electrodos exteriores mayor alcance de estudio.	El estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales será comparado con el estudio de mecánica de suelos de la forma convencional, como el de granulometría, nivel freático, límite líquido y plástico, entre otros, de esta manera podremos analizar y deducir el comportamiento físico mecánico del terreno en estudio.	Sondeos eléctricos verticales	Método Wenner-Schlumberger. Resistividad conductividad	Razón
Estudio geofísico mediante sondeos eléctricos verticales			Arreglo Wenner-Schlumberger	Espaciamiento. Lectura perfil 1 ( $\Omega$ ). Resistividad aparente ( $\Omega m$ )	Intervalo
			Viabilidad económica	Costo unitario	Intervalo
(Variable dependiente)	En el laboratorio se seleccionarán muestras típicas para ejecutar con ellas ensayos de clasificación. Como resultado de estos ensayos, las muestras se clasificarán, en todos los casos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS NTP 339.134 (ASTM D 2487) Manual NTP 339.150 (ASTM D 2488) procediéndose a compatibilizar las diferencias existentes a fin de obtener el perfil estratigráfico. (NORMA E.050 SUELOS Y CIMENTACION, P.10). Se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N° 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. (SISTEMA SUCS).	Las características del suelo en el sector la Planicie obtenidas por el estudio geofísico por sondeos eléctricos verticales serán corroboradas con ensayos de mecánica de suelos en laboratorio, con los métodos convencionales. De esta manera podremos deducir el comportamiento físico mecánicos de los estratos de suelo, ya que de esta forma podremos saber alternativas de solución para comenzar proyectos inmobiliarios.	Mecánica de suelos	Granulometría – contenido de humedad – Capacidad de compactación	Razón
Determinación de las características del suelo			Comportamiento físico mecánico	Contenido de humedad natural, análisis granulométrico por tamizado, límite líquido y límite plástico, clasificación unificada de suelos.	Intervalo

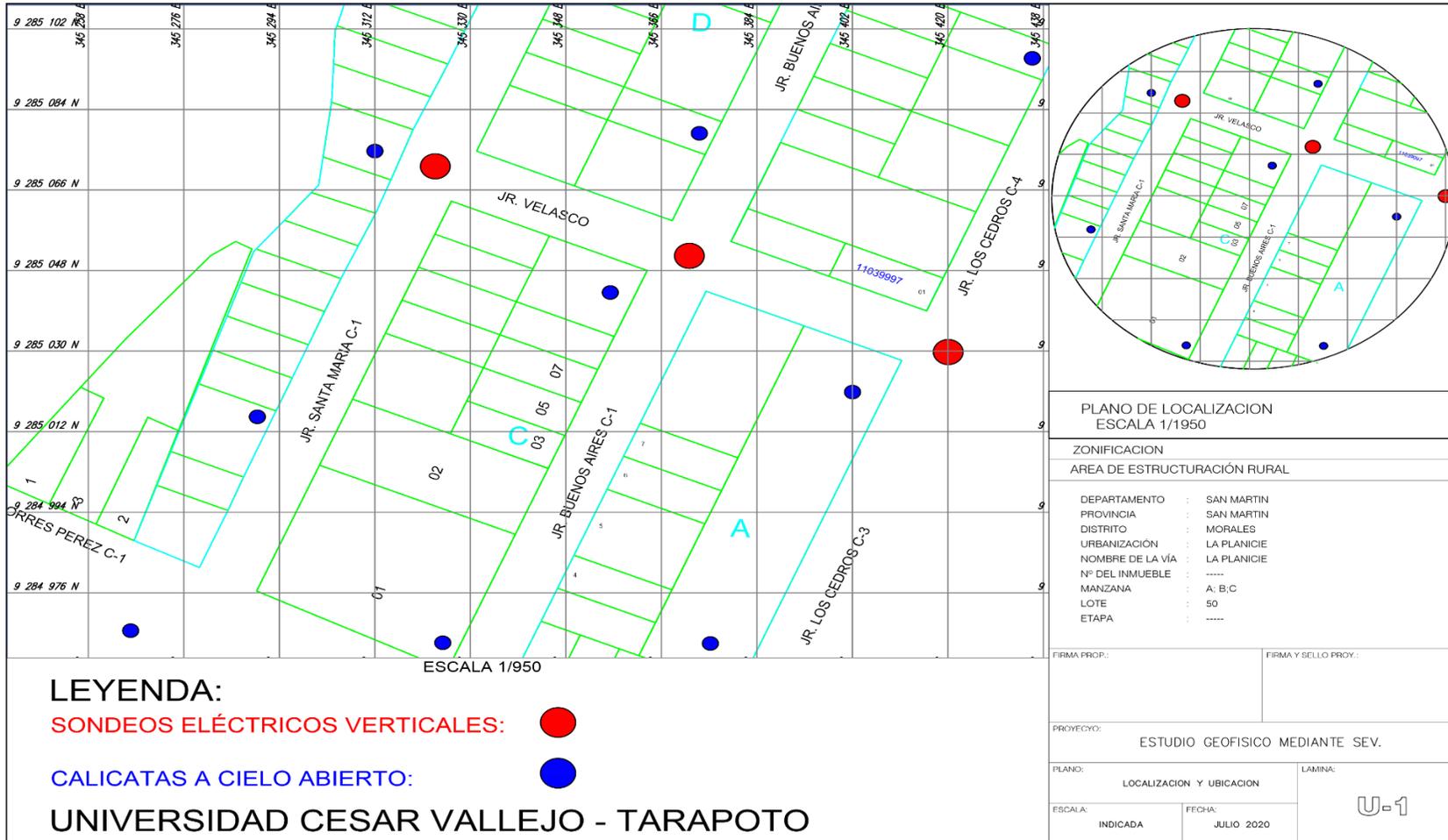
**Fuente:** Elaboración propia.

ANEXO N°02:  
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE  
DATOS

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Fuente</b>
Configuración Wenner-Schlumberger	Resistivímetro, Software IPI2win, hojas SEV logarítmica	ASTM D6431
Excavación a cielo abierto	Muestra disturbada, Muestra inalterada, Registro de excavación	ASTM D420
Ensayos físicos y químicos	Contenido de humedad natural, Análisis por Granulométrico Tamizado, Limite Líquido y Limite Plástico, Clasificación Unificada de Suelos	ASTM D2216 ASTM D422 ASTM D4318 ASTM D2487
Trabajo de gabinete	Cálculos, Ensayos	NTP.399.601

**Fuente:** Elaboración Propia.

ANEXO N°03:  
UBICACIÓN DE PUNTOS DE ESTUDIO



ANEXO N° 04:  
CERTIFICADO DE ESTUDIO DE MECÁNICA  
DE SUELOS



## CERTIFICADO DE TRABAJO

Tarapoto, 21 de Julio del 2020

EL GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA **CONSULTORES HERMANOS C & F**, con Ruc: 10409086247 y con Domicilio fiscal en el Jr. Progreso N° 342 Urbanización 09 de Abril – Tarapoto.

### CERTIFICA:

Que, los Alumnos **SR. RONALD DIEGO RIOS RAMIREZ** y **SR. JEAM MARCOS SANCHEZ ALVAREZ**, han desempeñado los trabajos de **MECÁNICA DE SUELOS** del Proyecto: *"ESTUDIO GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO DEL SECTOR LA PLANICIE, MORALES 2020"*, en esta empresa **CONSULTORES HERMANOS C & F**, durante el tiempo de sus permanencias, han demostrado en todo momento responsabilidad, honradez y puntualidad en las labores encomendadas.

Se expide el presente a solicitud de los interesados, para los fines que crea conveniente.

**CONSULTORES HERMANOS C&F.**  
  
Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushinahua  
GERENTE GENERAL

  
Ing. Franco Putpaña Ushinahua  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274

ANEXO N° 05:

ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS



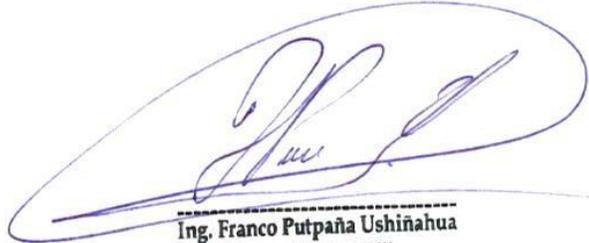
**CONSULTORES HERMANOS**  
**C&F**

ESTUDIOS DE PROYECTOS – GEOTECNIA –  
ENSAYOS DE MATERIALES Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

OFICINA: JR. PROGRESO # 342 – URB. 9 DE ABRIL - TARAPOTO      Email: chalito\_0180@hotmail.com  
RUC. 10409086247      CEL. 944488627 RPM: #944488627

DESCRIPCIÓN DEL SUELO	TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD DEL ESTUDIO		LÍMITES DE RESISTIVIDAD	
		MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
SUELO ARCILLOSO INORGANICO CON PLASTICIDAD MEDIA	CL	70	88	70	90
ARENA LIMOARCILLOSA	SM-SC	303	498	300	500
ARENOSO ARCILLOSO	SC	207	298	200	300

  
CONSULTORES HERMANOS C&F.  
Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushinähua  
GERENTE GENERAL

  
Ing. Franco Putpaña Ushinähua  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274

**CONSULTORES HERMANOS  
C&F**

DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES - CONSULTORÍA  
INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE MONITOREO

OFICINA: JR. PROGRESO # 342 - URB. 9 DE ABRIL - TARAPOTO      Email: chalito\_0180@hotmail.com  
RUC. 10409086247      CEL. 944488627 RPM: #944488627

Nombre: Estudio geofísico mediante sondos eléctricos verticales (Wenner - Schlumberger) para determinar las características del suelo del sector La Planicie, Morales 2020																
Autores: Rios Ramirez Roand Diego y Sánchez Alvarez Jean Marcos																
Ubicación: La Planicie, Distrito de Morales, Región San Martín																
Fecha: Julio, 2020																
CÁLCATA	Descripción	Profundidad muestra m	RESULTADOS													
			GRANULOMETRIA				PROPIEDADES INDICES			CONTENIDO	CONSTANCIA	VALOR DE RESISTIVIDAD		CLASIFICACION		
			MALLA #4	MALLA #10	MALLA #40	MALLA #200	LL %	LP %	LP %	HUMEDAD %		O-DENSIDAD	MINIMO Ohm	MAXIMO Ohm	SUCS	AASHTO
C-1	Manzana A	0.00 - 3.00	100.00	71.50	56.30	17.00	19.80	13.30	6.50	9.30	MEDIA	322.00	418.00	SM-SC	A-2-4(0)	
C-2	Manzana A	0.00 - 3.00	100.00	98.90	85.40	47.30	33.70	20.00	13.70	17.10	MEDIA	207.00	287.00	SC	A-6(4)	
C-3	Manzana A	0.00 - 3.00	100.00	99.80	92.60	54.50	33.20	20.90	12.30	23.30	SEMI DURA	70.00	81.00	CL	A-6(5)	
C-4	Manzana B	0.00 - 3.00	99.30	96.40	76.90	25.90	22.80	17.80	5.00	12.60	MEDIA	314.00	491.00	SM-SC	A-2-A(0)	
C-5	Manzana B	0.00 - 3.00	100.00	99.80	86.30	33.30	32.40	22.10	10.00	10.80	MEDIA	210.00	277.00	SC	A-2-4(0)	
C-6	Manzana B	0.00 - 3.00	100.00	99.60	89.70	52.00	34.60	20.60	14.00	18.40	DURO	75.78	88.00	CL	A-6(5)	
C-7	Manzana C	0.00 - 3.00	100.00	99.10	76.80	30.00	26.20	19.30	6.90	12.50	MEDIA	311.00	458.00	SM-SC	A-2-4(0)	
C-8	Manzana C	0.00 - 3.00	100.00	98.00	74.00	27.60	23.80	17.00	6.80	13.80	MEDIA	303.00	498.00	SM-SC	A-2-4(0)	
C-9	Manzana C	0.00 - 3.00	99.80	99.60	90.50	47.30	34.40	21.20	13.20	20.30	MEDIA	209.00	298.00	SC	A-6(3)	

CONSULTORES HERMANOS C&F.

Baño Gen. Carlos A. Putpaña Ushinahua  
GERENTE GENERAL

Ing. Franco Putpaña Ushinahua  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274



# CONSULTORES HERMANOS

## C&F

ESTUDIOS DE PROYECTOS - GEOTECNIA -  
ENSAYOS DE MATERIALES Y TECNOLOGIA DE CONCRETO



OFICINA: JR. PROGRESO # 342 - URB. 9 DE ABRIL - TARAPOTO  
RUC. 10409086247

Email: chalito\_0180@hotmail.com  
CEL. 944488627 RPM: #944488627

**Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg** NORMAS ASTM : D 422 - D 4318

**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO

**UBICACIÓN** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN

**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ

**MUESTRA** CALICATA N° 01

**PROGRESIVA** MANZANA "A"

**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00

**FECHA** 18/07/2020

Malla	Peso (gr)	% Retenido		% que pasa	Especificación	
		Parcial	Acum.		Min	Max
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
No4	4.760	0.00		100.0		
8	2.380	60.20	11.4	88.6		
10	2.000	91.00	17.2	28.5	71.5	
16	1.190					
20	0.840	20.00	3.8	32.3	67.7	
30	0.595	10.20	1.9	34.2	65.8	
40	0.420	50.00	9.4	43.7	56.3	
50	0.297	30.00	5.7	49.3	50.7	
60	0.250					
80	0.177	40.00	7.5	56.9	43.1	
100	0.149	55.00	10.4	67.2	32.8	
140	0.103					
200	0.074	83.50	15.8	83.0	17.0	
Pasa	30.0			0.0		

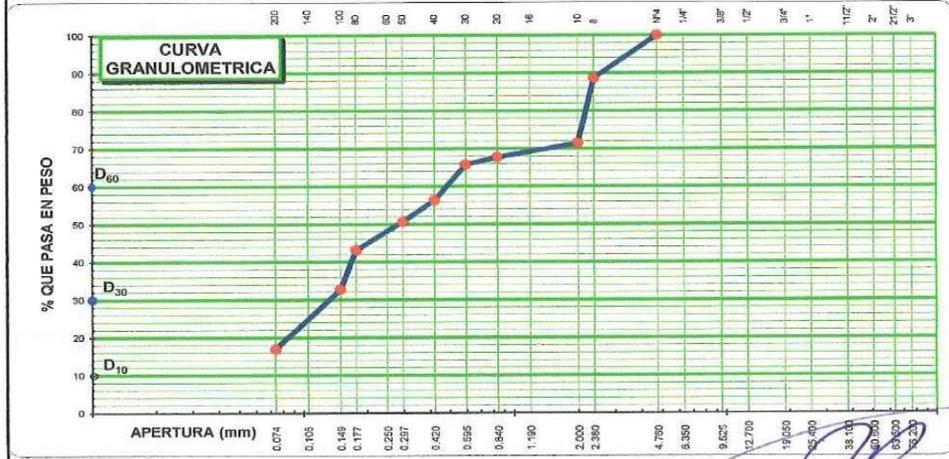
  

Límite Líquido : 19.80 %	Índice de Consistencia = 1.1
Límite Plástico : 13.30 %	Índice de Fluidéz = -0.6
Índice de Plasticidad : 6.50 %	Diámetro 10%: D <sub>10</sub> =
Clasificación Sucs : SC-SM	Diámetro 30%: D <sub>30</sub> =
Clasific. AASHTO : A-2-4 (0)	Diámetro 60%: D <sub>60</sub> =
Humedad Natural: 9.3 %	Cu = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> =
	Cc = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> * D <sub>60</sub> ) =

Ensayo	1			2			3		
	N° de Golpes	14	26	44	26	44	26	44	44
Recipiente N°	01	02	03	01	02	03	01	02	03
R + Suelo Hum	28.20	27.93	27.90	28.20	27.93	27.90	28.20	27.93	27.90
R + Suelo Seco	25.53	25.62	25.84	25.53	25.62	25.84	25.53	25.62	25.84
Peso Recip.	13.65	13.89	13.24	13.65	13.89	13.24	13.65	13.89	13.24
Peso Agua	2.67	2.31	2.06	2.67	2.31	2.06	2.67	2.31	2.06
Peso S. Seco	11.88	11.73	12.60	11.88	11.73	12.60	11.88	11.73	12.60
% de Humedad	22.47	19.69	16.35	22.47	19.69	16.35	22.47	19.69	16.35

Ensayo	1			2			3			
	Recipiente N°	01	02	03	01	02	03	01	02	03
R + Suelo Hum	11.80	11.43	11.75	11.80	11.43	11.75	11.80	11.43	11.75	11.75
R + Suelo Seco	10.98	10.89	11.00	10.98	10.89	11.00	10.98	10.89	11.00	11.00
Peso Recip.	5.89	5.74	5.86	5.89	5.74	5.86	5.89	5.74	5.86	5.86
Peso Agua	0.82	0.54	0.75	0.82	0.54	0.75	0.82	0.54	0.75	0.75
Peso S. Seco	5.09	5.15	5.14	5.09	5.15	5.14	5.09	5.15	5.14	5.14
% de Humedad	16.11	10.49	14.59	16.11	10.49	14.59	16.11	10.49	14.59	14.59



OBSERVACIONES Arena limosa y arcillosa, suelo húmedo de mediana consistencia.

**CONSULTORES HERMANOS C&F.**

Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushñahua  
GERENTE GENERAL

Ing. Franco Putpaña Ushñahua  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274



**CONSULTORES HERMANOS**  
**C&F**  
ESTUDIOS DE PROYECTOS - GEOTECNIA  
ENSAYOS DE MATERIALES Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

OFICINA: JR. PROGRESO # 342 - URB. 9 DE ABRIL - TARAPOTO      Email: chalito\_0180@hotmail.com  
RUC. 10409086247      CEL. 944488627      RPM: #944488627

**Análisis Mecánico por Tamizado y Limites de Atterberg**      **NORMAS ASTM : D 422 - D 4318**

**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO  
**UBICACIÓN** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN  
**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ  
**MUESTRA** CALICATA N° 02  
**ESTRATO** MANZANA "A"  
**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00  
**FECHA** 18/07/2020

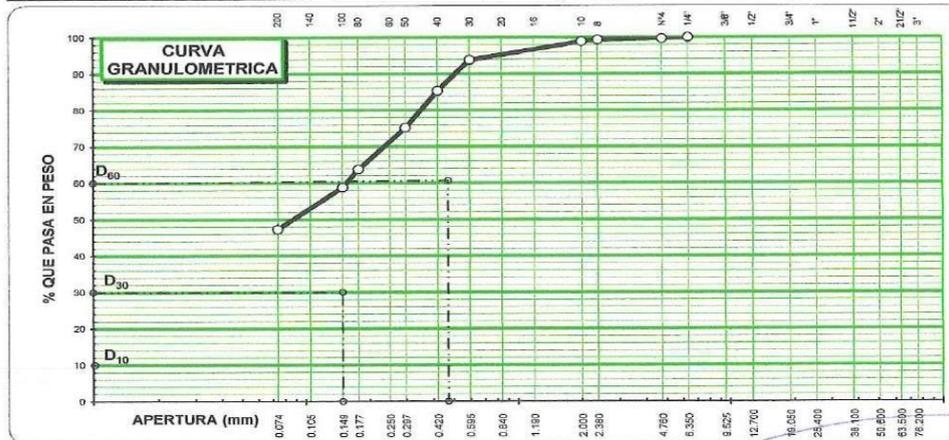
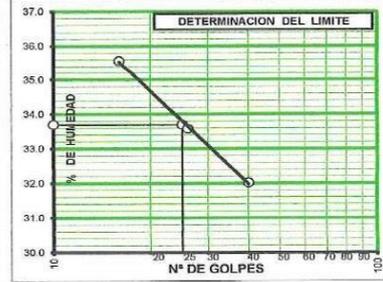
Datos de ensayo	Peso de muestra:		Humeda:		Seca:		Especificación
	Peso Inicial	Peso fracción lavada	463.6	400.0	396	210.7	
Tamiz	Maila	mm.	Peso (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acum.	% que pasa	Min Max
3"		76.200					
2 1/2"		63.500					
2"		50.600					
1 1/2"		38.100					
1"		25.400					
3/4"		19.050					
1/2"		12.700					
3/8"		9.525					
1/4"		6.350	0.00			100.0	
N#4		4.760	1.20	0.3	0.3	99.7	
8		2.380	1.50	0.4	0.7	99.3	
10		2.000	1.90	0.5	1.2	98.9	
16		1.190					
20		0.840					
30		0.595	20.00	5.0	6.2	93.9	
40		0.420	34.00	8.5	14.7	85.4	
50		0.297	40.50	10.1	24.8	75.2	
60		0.250					
80		0.177	45.60	11.4	36.2	63.8	
100		0.149	20.00	5.0	41.2	58.8	
140		0.105					
200		0.074	46.00	11.5	52.7	47.3	
pasa			189.3			0.0	

Limite Líquido :	33.7 %	Indice de Consistencia =	1.0
Limite Plástico :	20.0 %	Indice de Fluidez =	-0.2
Indice de Plasticidad :	13.7 %	Diámetro 10%: D <sub>10</sub> =	
Clasificación Sucs :	SC	Diámetro 30%: D <sub>30</sub> =	0.149
Clasific. AASHTO :	A-6(4)	Diámetro 60%: D <sub>60</sub> =	0.470
Humedad Natural:	17.1 %	Cu = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> =	
		Cc = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> * D <sub>60</sub> ) =	

Limite Líquido - ASTM D 423			
Ensayo	1	2	3
N° de Golpes	16	26	40
Recipiente N°	31	32	33
R + Suelo Hum	28.10	28.00	28.60
R + Suelo Seco	24.50	24.40	25.35
Peso Recip.	14.38	13.68	15.20
Peso Agua	3.60	3.60	3.25
Peso S. Seco	10.12	10.72	10.15
% de Humedad	35.57	33.58	32.02

Limite Plástico - ASTM D 424			
Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	14	15	16
R + Suelo Hum	11.82	11.50	11.74
R + Suelo Seco	10.71	10.56	10.64
Peso Recip.	5.58	5.44	5.66
Peso Agua	1.11	0.94	1.10
Peso S. Seco	5.13	5.12	4.98
% de Humedad	21.64	18.36	22.09



OBSERVACIONES: Arena arcillosa, mezcla de arena limo y arcilla de color marron, suelo húmedo de consistencia media.

CONSULTORES HERMANOS C&F.

Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushiñahua  
GERENTE GENERAL

Ing. Franco Putpaña Ushiñahua  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274



# CONSULTORES HERMANOS

## C&F

ESTUDIOS DE PROYECTOS - GEOTECNIA -  
ENSAYOS DE MATERIALES Y TECNOLOGIA DE CONCRETO



OFICINA: JR. PROGRESO # 342 - URB. 9 DE ABRIL - TARAPOTO  
RUC. 10409086247

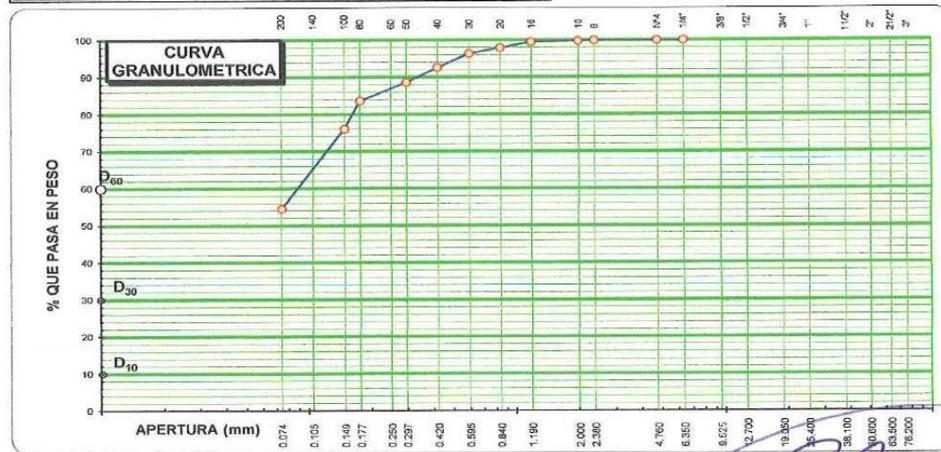
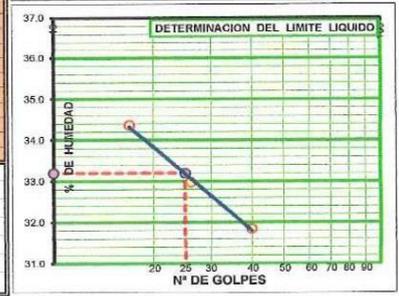
Email: chalito\_0180@hotmail.com  
CEL. 944488627 RPM: #944488627

Análisis Mecánico por Tamizado y Limites de Atterberg NORMAS ASTM : D 422 - D 4318

**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO  
**UBICACION** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN  
**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ  
**MUESTRA** CALICATA N° 03  
**PROGRESIVA** MANZANA "A"  
**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00  
**FECHA** 18/07/2020

Malla Tamiz	Peso (gr)	Humeda: 493.0		Seca: 400.0	
		Parcial	Acum.	Parcial	Acum.
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350	0.0		100.0	
No4	4.760	0.2	0.1	100.0	
8	2.380	0.2	0.1	99.9	
10	2.000	0.6	0.2	99.8	
16	1.190	1.0	0.3	99.5	
20	0.840	6.3	1.6	97.9	
30	0.595	6.3	1.6	96.4	
40	0.420	15.0	3.8	92.6	
50	0.297	16.0	4.0	88.6	
60	0.250				
80	0.177	20.0	5.0	83.6	
100	0.149	30.0	7.5	76.1	
140	0.105				
200	0.074	86.4	21.6	54.5	
pasa	1.0			0.0	

Ensayo	1			2			3		
	N° de Golpes	1	2	1	2	3	1	2	3
Recipiente N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
R + Suelo Hum.	23.55	23.68	23.68	20.66	20.90	20.90	12.25	12.47	12.17
Peso Recip.	2.89	2.78	2.78	8.31	8.43	8.73	34.36	32.98	31.84
Peso S. Seco	8.31	8.43	8.73						
% de Humedad	34.36	32.98	31.84						



**RESULTADOS:** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color marron claro, suelo húmedo compacto de consistencia semi dura.

CONSULTORES HERMANOS C&F.

Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushiñahua  
GERENTE GENERAL

Ing. Franco Putpaña Ushiñahua  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274

**Análisis Mecánico por Tamizado y Limites de Atterberg**      **NORMAS ASTM : D 422 - D 4318**

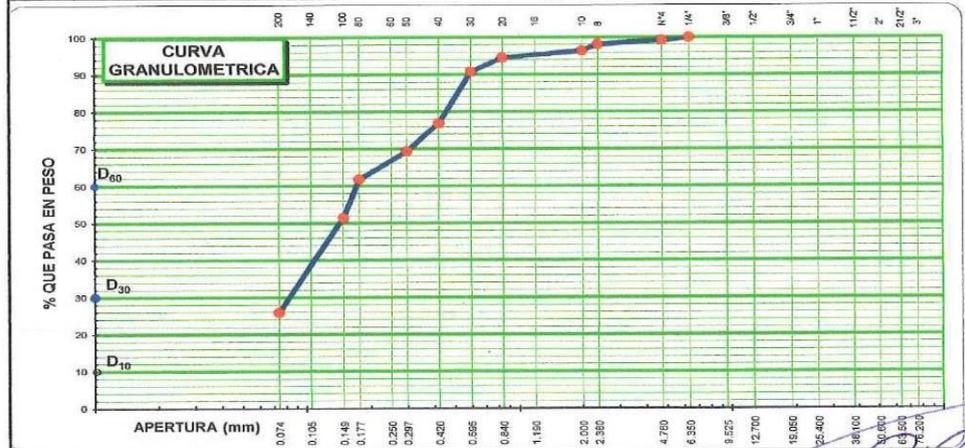
**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO  
**UBICACIÓN** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN  
**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ  
**MUESTRA** CALICATA N° 04  
**PROGRESIVA** MANZANA "B"  
**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00  
**FECHA** 18/07/2020

Malla	Peso (gr)	% Retenido		% que pasa	Especificación	
		Parcial	Acum.		Min	Max
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	30.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350	0.00			100.0	
No4	4.760	3.90	0.7	0.7	99.3	
8	2.380	6.00	1.1	1.9	98.1	
10	2.000	9.00	1.7	3.6	96.4	
16	1.190					
20	0.840	10.00	1.9	5.5	94.5	
30	0.595	20.00	3.8	9.2	90.8	
40	0.420	73.60	13.9	23.1	76.9	
50	0.297	40.00	7.5	30.7	69.3	
60	0.250					
80	0.177	40.00	7.5	38.2	61.8	
100	0.149	55.00	10.4	48.6	51.4	
140	0.105					
200	0.074	135.00	25.5	74.1	25.9	
pasa		30.0			0.0	

Ensayo	1			2			3		
	N° de Golpes	14	26	44					
Recipiente N°	01	02	03						
R + Suelo Hum	28.48	28.28	28.40						
R + Suelo Seco	25.53	25.62	25.84						
Peso Recip.	13.65	13.89	13.24						
Peso Agua	2.95	2.66	2.56						
Peso S. Seco	11.88	11.73	12.60						
% de Humedad	24.83	22.68	20.32						

Ensayo	1			2			3		
	Recipiente N°	01	02	03					
R + Suelo Hum	11.85	11.85	11.85						
R + Suelo Seco	10.98	10.88	11.00						
Peso Recip.	5.89	5.64	5.86						
Peso Agua	0.87	0.97	0.85						
Peso S. Seco	5.09	5.24	5.14						
% de Humedad	17.09	18.51	16.54						



OBSERVACIONES Arena limosa y arcillosa, suelo húmedo de mediana consistencia.

**CONSULTORES HERMANOS C&F.**

Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushinahuá  
**GERENTE GENERAL**

Ing. Franco Putpaña Ushinahuá  
**INGENIERO CIVIL**  
CIP N°: 164274

**CONSULTORES HERMANOS C&F**  
 ESTUDIOS DE PROYECTOS - GEOTECNIA -  
 ENSAYOS DE MATERIALES Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

OFICINA: JR. PROGRESO # 342 - URB. 9 DE ABRIL - TARAPOTO      Email: chalito\_0180@hotmail.com  
 RUC. 10409086247      CEL. 944488627 RPM: #944488627

**Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg**      **NORMAS ASTM : D 422 - D 4318**

**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO  
**UBICACIÓN** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN  
**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ  
**MUESTRA** CALICATA N° 05  
**ESTRATO** MANZANA "B"  
**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00  
**FECHA** 18/07/2020

Malla	Tamiz mm.	Peso (gr)		% Retenido		% que pasa	Especificación	
		Original	lavada	Parcial	Acum.		Min	Max
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							
2"	50.600							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525							
1/4"	6.350	0.00				100.0		
No4	4.760	0.30		0.1	0.1	99.9		
8	2.380	0.30		0.1	0.2	99.9		
10	2.000	0.40		0.1	0.3	99.8		
16	1.190							
20	0.840							
30	0.595	20.00		5.0	5.3	94.8		
40	0.420	34.00		8.5	13.8	86.3		
50	0.297	40.50		10.1	23.9	76.1		
60	0.250							
80	0.177	45.60		11.4	35.3	64.7		
100	0.149	20.00		5.0	40.3	59.7		
140	0.105							
200	0.074	105.60		26.4	66.7	33.3		
Datos		133.3				0.0		

Datos de muestra:	Humeda:	438.6	Seca:	396
Peso inicial		400.0		
Peso fracción lavada		266.7		

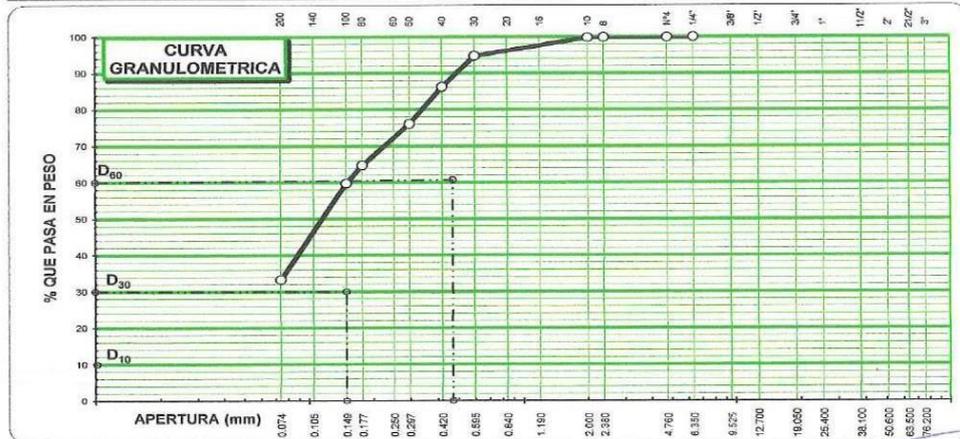
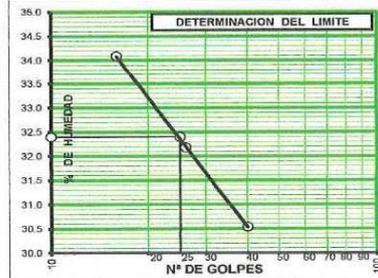
  

Límite Líquido :	32.4 %	Índice de Consistencia =	2.0
Límite Plástico :	22.1 %	Índice de Fluidez =	-1.1
Índice de Plasticidad :	10.3 %	Diámetro 10%: D <sub>10</sub> =	
Clasificación Sucs :	SC	Diámetro 30%: D <sub>30</sub> =	0.149
Clasific. AASHTO :	A-2-4(0)	Diámetro 60%: D <sub>60</sub> =	0.470
Humedad Natural:	10.8 %	Cu = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> =	
		Cc = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> * D <sub>60</sub> ) =	

Ensayo	1			2			3		
	N° de Golpes	1	2	1	2	3	1	2	3
Recipiente N°	31	32	33	31	32	33	31	32	33
R + Suelo Hum	27.95	27.85	28.45	27.95	27.85	28.45	27.95	27.85	28.45
R + Suelo Seco	24.50	24.40	25.35	24.50	24.40	25.35	24.50	24.40	25.35
Peso Recip.	14.38	13.68	15.20	14.38	13.68	15.20	14.38	13.68	15.20
Peso Agua	3.45	3.45	3.10	3.45	3.45	3.10	3.45	3.45	3.10
Peso S. Seco	10.12	10.72	10.15	10.12	10.72	10.15	10.12	10.72	10.15
% de Humedad	34.09	32.18	30.54	34.09	32.18	30.54	34.09	32.18	30.54

Ensayo	1			2			3		
	N° de Golpes	1	2	1	2	3	1	2	3
Recipiente N°	14	15	16	14	15	16	14	15	16
R + Suelo Hum	11.82	11.72	11.74	11.82	11.72	11.74	11.82	11.72	11.74
R + Suelo Seco	10.71	10.56	10.64	10.71	10.56	10.64	10.71	10.56	10.64
Peso Recip.	5.58	5.44	5.66	5.58	5.44	5.66	5.58	5.44	5.66
Peso Agua	1.11	1.16	1.10	1.11	1.16	1.10	1.11	1.16	1.10
Peso S. Seco	5.13	5.12	4.98	5.13	5.12	4.98	5.13	5.12	4.98
% de Humedad	21.64	22.66	22.09	21.64	22.66	22.09	21.64	22.66	22.09



**OBSERVACIONES:** Arena arcillosa, mezcla de arena limo y arcilla de color marron, suelo hámido de consistencia media.

**CONSULTORES HERMANOS C&F.**

Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushinahu  
**GERENTE GENERAL**

Ing. Franco Putpaña Ushinahu  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N°: 164274



# CONSULTORES HERMANOS

## C&F

ESTUDIOS DE PROYECTOS - GEOTECNIA -  
ENSAYOS DE MATERIALES Y TECNOLOGIA DE CONCRETO



OFICINA: JR. PROGRESO # 342 - URB. 9 DE ABRIL - TARAPOTO  
RUC. 10409086247

Email: chalito\_0180@hotmail.com  
CEL. 944488627 RPM: #944488627

Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg NORMAS ASTM : D 422 - D 4318

**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO

**UBICACIÓN** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN

**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ

**MUESTRA** CALICATA N° 06

**PROGRESIVA** MANZANA "B"

**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00

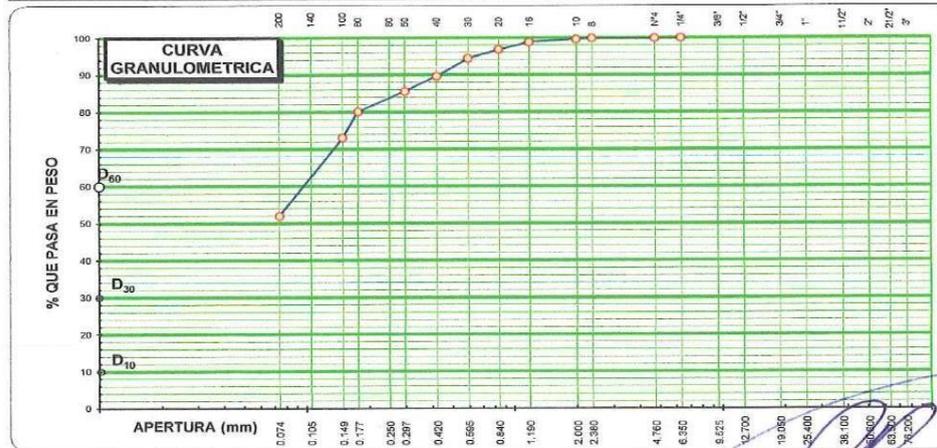
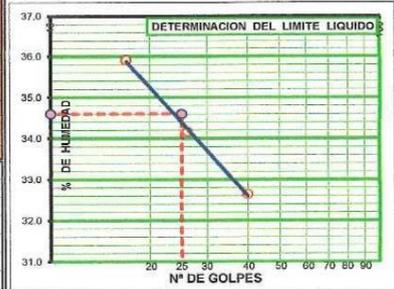
**FECHA** 18/07/2020

Malla	Tamiz	mm.	Peso (gr)		% Retenido		% que pasa	Especificación	
			Fracción lavada	Fracción retenida	Parcial	Acum.		Min	Max
3"	76.200								
2 1/2"	63.500								
2"	50.600								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.050								
1/2"	12.700								
3/8"	9.525								
1/4"	6.350	0.0					100.0		
No4	4.760	0.2	0.1	0.1			100.0		
8	2.380	0.2	0.1	0.1			99.9		
10	2.000	1.2	0.3	0.4			99.6		
16	1.190	3.0	0.8	1.2			98.9		
20	0.840	8.0	2.0	3.2			96.9		
30	0.595	9.4	2.4	5.5			94.5		
40	0.420	19.5	4.9	10.4			89.6		
50	0.297	16.0	4.0	14.4			85.6		
60	0.250								
80	0.177	22.0	5.5	19.9			80.1		
100	0.149	28.0	7.0	26.9			73.1		
140	0.105								
200	0.074	84.5	21.1	48.0			52.0		
pasa		1.0					0.0		

Ensayo	Límite Líquido		
	1	2	3
N° de Golpes	17	26	40
Recipiente N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	23.68	23.78	23.75
R + Suelo Seco	20.66	20.90	20.90
Peso Recip.	12.25	12.47	12.17
Peso Agua	3.02	2.88	2.85
Peso S. Seco	8.41	8.43	8.73
% de Humedad	35.91	34.16	32.65

Ensayo	Límite Plástico		
	1	2	3
Recipiente N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	10.41	10.32	10.38
R + Suelo Seco	9.51	9.45	9.47
Peso Recip.	5.18	5.17	5.23
Peso Agua	0.90	0.87	0.91
Peso S. Seco	4.33	4.28	4.24
% de Humedad	20.79	20.33	21.46



**RESULTADOS:** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color marron claro, suelo húmedo y compacto de consistencia semi dura.

**CONSULTORES HERMANOS C&F**  
Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushinahua  
GERENTE GENERAL

Ing. Franco Putpaña Ushinahua  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274

**Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg**

NORMAS ASTM : D 422 - D 4318

**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO  
**UBICACIÓN** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN  
**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ  
**MUESTRA** CALICATA N° 07  
**PROGRESIVA** MANZANA "C"  
**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00  
**FECHA** 18/07/2020

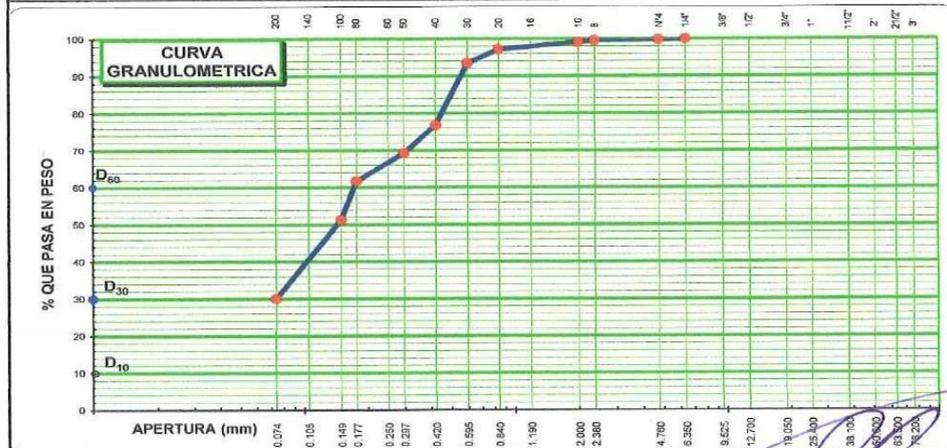
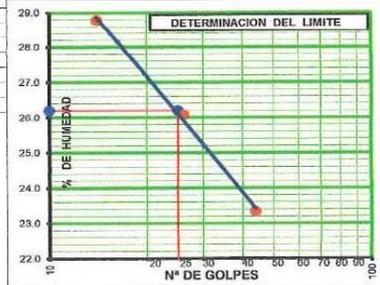
Malla	Tamiz mm.	Peso (gr)	% Retenido		% que pasa	Especificación	
			Parcial	Acum.		Min	Max
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.00			100.0		
Nod	4.760	1.00	0.2	0.2	99.8		
8	2.380	1.30	0.2	0.4	99.6		
10	2.000	2.30	0.4	0.9	99.1		
16	1.190						
20	0.840	10.00	1.9	2.8	97.2		
30	0.595	20.00	3.8	6.5	93.5		
40	0.420	88.20	16.6	23.2	76.8		
50	0.297	40.00	7.5	30.7	69.3		
60	0.250						
80	0.177	40.00	7.5	38.3	61.7		
100	0.149	55.00	10.4	48.6	51.4		
140	0.105						
200	0.074	113.00		70.0	30.0		
nasa		10.0			0.0		

Límite Líquido : 26.20 %      Índice de Consistencia = 1.1  
 Límite Plástico : 19.30 %      Índice de Fluidez = -1.0  
 Índice de Plasticidad : 6.90 %      Diámetro 10%: D<sub>10</sub> =  
 Clasificación Sucs : SC-SM      Diámetro 30%: D<sub>30</sub> =  
 Clasific. AASHITO : A-2-4 (M)      Diámetro 60%: D<sub>60</sub> =  
 Humedad Natural: 12.5 %      Cu = D<sub>60</sub> / D<sub>10</sub> =  
 Cc = (D<sub>30</sub>)<sup>2</sup> / (D<sub>10</sub> \* D<sub>60</sub>) =

Ensayo	Límite Líquido ASTM D 423		
	1	2	3
N° de Golpes	14	26	44
Recipiente N°	01	02	03
R + Suelo Hum	28.95	28.68	28.78
R + Suelo Seco	25.53	25.62	25.84
Peso Recip.	13.65	13.89	13.24
Peso Agua	3.42	3.06	2.94
Peso S. Seco	11.88	11.73	12.60
% de Humedad	28.79	26.09	23.33

Ensayo	Límite Plástico ASTM D 424		
	1	2	3
Recipiente N°	01	02	03
R + Suelo Hum	11.95	11.91	11.94
R + Suelo Seco	10.98	10.88	11.00
Peso Recip.	5.89	5.61	5.86
Peso Agua	0.97	1.03	0.94
Peso S. Seco	5.09	5.27	5.14
% de Humedad	19.06	19.54	18.29



OBSERVACIONES: Arena limosa y arcillosa, suelo húmedo de mediana consistencia.

Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushinahua  
 GERENTE GENERAL

Ing. Franco Putpaña Ushinahua  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N°: 164274

**Análisis Mecánico por Tamizado y Limites de Atterberg**

**NORMAS ASTM : D 422 - D 4318**

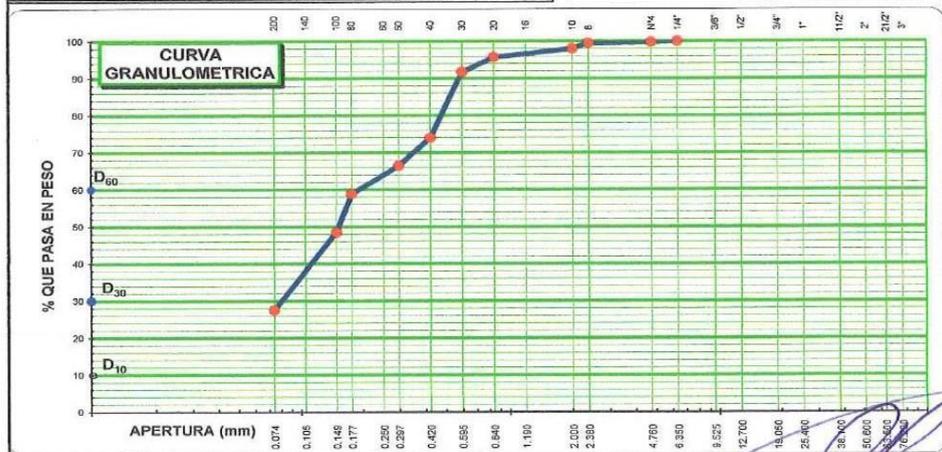
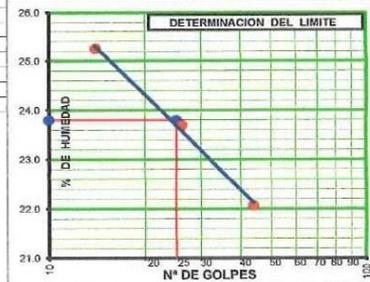
**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO  
**UBICACIÓN** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN  
**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ  
**MUESTRA** CALICATA N° 08  
**PROGRESIVA** MANZANA "C"  
**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00  
**FECHA** 18/07/2020

Datos de ensayo		Peso de muestra:		Húmeda:		Seca:		Fino:	
		667.0		530.0		383.9		586	
		Peso fracción lavada							
Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Retenido		% que pasa	Especificación			
			Parcial	Acum.		Min	Max		
3"	76.200								
2 1/2"	63.500								
2"	50.600								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.050								
1/2"	12.700								
3/8"	9.525								
1/4"	6.350	0.00			100.0				
No4	4.760	1.20	0.2	0.2	99.8				
8	2.380	1.50	0.3	0.5	99.5				
10	2.000	8.00	1.5	2.0	98.0				
16	1.190								
20	0.840	12.20	2.3	4.3	95.7				
30	0.595	21.00	4.0	8.3	91.7				
40	0.420	94.00	17.7	26.0	74.0				
50	0.297	40.00	7.5	33.6	66.4				
60	0.250								
80	0.177	40.00	7.5	41.1	58.9				
100	0.149	55.00	10.4	51.5	48.5				
140	0.105								
200	0.074	111.00			72.4				
pass		20.00			0.0				

Limite Líquido :	23.80 %	Indice de Consistencia =	0.7
Limite Plástico :	17.00 %	Indice de Fluidéz =	-0.5
Indice de Plasticidad :	6.80 %	Diámetro 10%: D <sub>10</sub> =	
Clasificación Sucs:	SC-SM	Diámetro 30%: D <sub>30</sub> =	
Clasific. AASHTO :	A-2-4 (0)	Diámetro 60%: D <sub>60</sub> =	
Humedad Natural:	13.8 %	Cu = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> =	
		Cc = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> * D <sub>60</sub> ) =	

Ensayo		1	2	3
Limite Líquido ASTM D 423	N° de Golpes	14	26	44
	Recipiente N°	01	02	03
	R + Suelo Hum	28.53	28.40	28.62
	R + Suelo Seco	25.53	25.62	25.84
	Peso Recip.	13.65	13.89	13.24
	Peso Agua	3.00	2.78	2.78
Peso S. Seco	11.88	11.73	12.60	
% de Humedad	25.25	23.70	22.06	
Limite Plástico ASTM D 424	Ensayo	1	2	3
	Recipiente N°	01	02	03
	R + Suelo Hum	11.83	11.80	11.84
	R + Suelo Seco	10.98	10.88	11.00
	Peso Recip.	5.89	5.56	5.86
	Peso Agua	0.85	0.92	0.84
Peso S. Seco	5.09	5.32	5.14	
% de Humedad	16.70	17.29	16.34	



OBSERVACIONES Arena limosa y arcillosa, suelo húmedo de mediana consistencia.

CONSULTORES HERMANOS C&F.

Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushinahu  
GERENTE GENERAL

Ing. Franco Putpaña Ushinahu  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274

**CONSULTORES HERMANOS**  
**C&F**  
ESTUDIOS DE PROYECTOS - GEOTECNIA  
ENSAYOS DE MATERIALES Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

OFICINA: JR. PROGRESO # 342 - URB. 9 DE ABRIL - TARAPOTO      Email: chalito\_0180@hotmail.com  
RUC. 10409086247      CEL. 944488627 RPM: #944488627

**Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg**      **NORMAS ASTM : D 422 - D 4318**

**PROYECTO** ESTUDIOS GEOFISICOS MEDIANTE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (WENNER-SCHLUMBERGER) PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS DEL SUELO  
**UBICACIÓN** SECTOR PLANICIE - DISTRITO MORALES- REGION SAN MARTIN  
**SOLICITANTE** ROLAND D. RIOS RAMIREZ Y JEAM M. SANCHEZ ALVAREZ  
**MUESTRA** CALICATA N° 09  
**ESTRATO** MANZANA "C"  
**PROFUNDIDAD** 0.00 - 3.00  
**FECHA** 18/07/2020

Malla Tamiz	Peso (gr)	% Retenido		% que pasa	Especificación	
		Parcial	Acum.		Min	Max
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350	0.00			100.0	
No.4	4.760	0.80	0.2	99.8		
8	2.380	0.30	0.1	99.7		
10	2.000	0.40	0.1	99.6		
16	1.190					
20	0.840					
30	0.595	10.00	2.5	97.1		
40	0.420	26.50	6.6	90.5		
50	0.297	40.50	10.1	80.4		
60	0.250					
80	0.177	45.60	11.4	69.0		
100	0.149	20.00	5.0	64.0		
140	0.105					
200	0.074	65.90	16.5	47.5		
pasa	110.0			0.0		

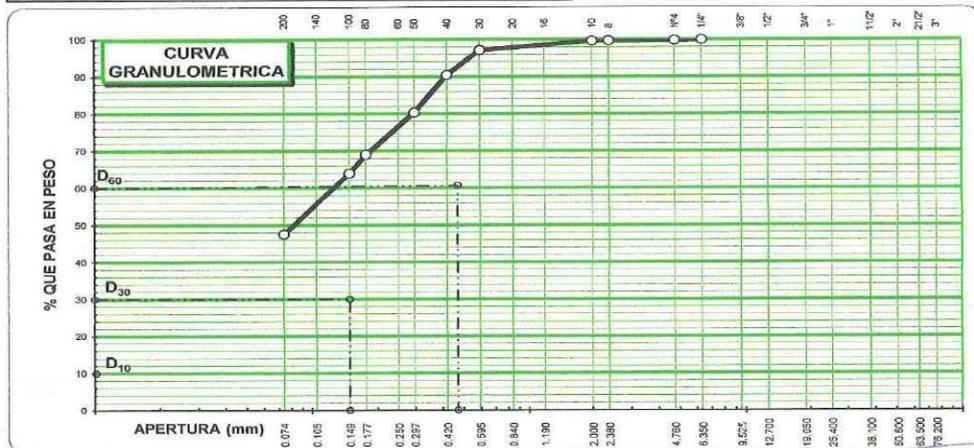
  

Limite Líquido :	34.4 %	Indice de Consistencia =	0.7
Limite Plástico :	21.2 %	Indice de Fluidez =	-0.1
Indice de Plasticidad :	13.2 %	Diámetro 10%: D <sub>10</sub>	
Clasificación Sucs :	SC	Diámetro 30%: D <sub>30</sub>	= 0.149
Clasific. AASHTO :	A-6 (3)	Diámetro 60%: D <sub>60</sub>	= 0.470
Humedad Natural:	20.3 %	Cu = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub>	
		Cc = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> * D <sub>60</sub> )	

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	16	26	40
Recipiente Nº	31	32	33
R + Suelo Hum	28.15	28.05	28.65
R + Suelo Seco	24.50	24.40	25.35
Peso Recip.	14.38	13.68	15.20
Peso Agua	3.65	3.65	3.30
Peso S. Seco	10.12	10.72	10.15
% de Humedad	36.07	34.05	32.51

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	14	15	16
R + Suelo Hum	11.82	11.62	11.74
R + Suelo Seco	10.71	10.36	10.64
Peso Recip.	5.58	5.44	5.66
Peso Agua	1.11	1.06	1.10
Peso S. Seco	5.13	5.12	4.98
% de Humedad	21.64	20.70	22.09



**OBSERVACIONES:** Arena arcillosa, mezcla de arena limo y arcilla de color marrón, suelo húmedo de consistencia media.

**CONSULTORES HERMANOS C&F.**

Bach. Geo. Carlos A. Putpaña Ushinahu  
GERENTE GENERAL

Ing. Franco Putpaña Ushinahu  
INGENIERO CIVIL  
CIP N°: 164274

ANEXO N° 06:  
PANEL FOTOGRAFICO



**Imagen N° 01:** Reconocimiento del área

**Imagen N° 02:** Manzana A



**Imagen N° 03:** Ubicación de calicatas

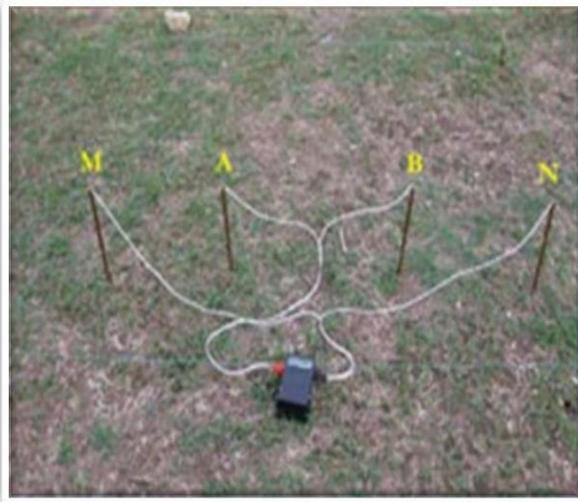


**Imagen N° 04: Manzana B**

**Imagen N° 05: Manzana C**



**Imagen N° 06: Ubicación de calicata 1**



**Imagen N° 07:** Dispositivo Wenner-Schlumberger

**Imagen N° 08:** Lectura de resistividad



**Imagen N° 09:** Materiales para sondeos eléctricos verticales



**Imagen N° 10:** Punto de excavación

**Imagen N° 11:** Material de apoyo para excavación



**Imagen N° 12:** Excavación de calicata



**Imagen N° 13:** Excavación de Calicata

**Imagen N° 14:** Calicata



**Imagen N° 15:** Estrato de suelos abierto



**Imagen N° 16:** Profundidad de calicata  
(3 metros)



**Imagen N° 17:** Materiales para sondeos eléctricos verticales



**Imagen N° 18:** Ensayo de contenido de humedad y granulometría



**Imagen N° 19:** Materiales de laboratorio de suelos



**Imagen N° 20: Casa grande**