



FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:**

**Evaluación de la energía de compactación en  
suelos arcillosos y su influencia en la densidad  
máxima seca**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

**Bach. Guevara Cubas Elder**

<https://orcid.org/0000-0001-5618-2665>

**Bach. Ochoa Torres Jose Alberto**

<https://orcid.org/0000-0003-1104-2399>

**Asesor:**

**Dr. Ing. Coronado Zuloeta Omar**

<https://orcid.org/0000-0002-7757-4649>

**Línea de Investigación**

Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad

**Sublínea de Investigación**

Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e

Infraestructura

Pimentel – Perú

2024

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s) del Programa de Estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán S.A. C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado

### **Evaluación de la energía de compactación en suelos arcillosos y su influencia en la densidad máxima seca**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de y Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en S y relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Guevara Cubas Elder	48035527	
Ochoa Torres Jose Alberto	73233035	

Pimentel, 03 de junio del 2024

# 24% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

## Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

---

## Fuentes principales

- 23%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

---

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

**Evaluación de la energía de compactación en suelos arcillosos y su influencia  
en la densidad máxima seca**

**Aprobación del jurado**

**Dr. Coronado Zuloeta Omar**  
**Presidente del Jurado de Tesis**

**Dr. Salinas Vasquez Nestor Raul**  
**Secretario del Jurado de Tesis**

**Mg. Villegas Granados Luis Mariano**  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## INDICE

Índice de tablas	6
Índice de figuras	7
Resumen	8
Abstract	9
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática.	
1.2. Formulación del problema	
1.3. Hipótesis.	
1.4. Objetivos	
1.5. Teorías Relacionadas al tema	
<b>II. MATERIALES Y MÉTODO</b>	<b>19</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación.	
2.2. Variables y operacionalización.	
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	
2.5. Procedimientos de análisis de datos.	
2.6. Criterios éticos	
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>25</b>
3.1. Resultados	
3.2. Discusión	
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
4.1. Conclusiones	
4.2. Recomendaciones	
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## **Índice de tablas**

**Tabla I** Tipos de curvas de compactación

**Tabla II** Operacionalización de la variable independiente

**Tabla III** Operacionalización de la variable dependiente

**Tabla IV** Contenido de Humedad

**Tabla V** Peso Específico Relativo

**Tabla VI** Límites de Consistencia

**Tabla VII** Clasificación SUCS

## Índice de figuras

**Fig. 1.** Principios de compactación

**Fig. 2.** Equipo para la prueba Proctor estándar

**Fig. 3.** Ensayo de compactación / arcilla limosa

**Fig. 4.** Diferentes tipos de curvas de compactación

**Fig. 5.** Efecto de la energía de compactación en arcilla limosa

**Fig. 6.** Especificaciones de la prueba Proctor estándar

## RESUMEN

La investigación fue elaborada con el objetivo de determinar la influencia de la energía de compactación donde la densidad sea máxima y el contenido óptimo de humedad sea de suelo arcilloso, para lo cual se ha elaborado 5 especímenes de suelo Arcilloso extraído de la región Lambayeque. Se ha realizado los ensayos de granulometría y plasticidad para clasificar al suelo mediante los sistemas SUCS, y los ensayos de compactación utilizando diferentes energías de compactación correspondientes a 25 golpes, 27 golpes y 29 golpes, obteniéndose las curvas de compactación en las cuales se determinó el contenido óptimo de humedad y densidad seca máxima. Los resultados muestran que el menor contenido óptimo de humedad de 18,94% y la mayor densidad seca máxima de 1,813 g/cm<sup>3</sup> se obtiene con la energía de compactación correspondiente a 29 golpes, concluyendo que la mayor densidad seca máxima no se obtiene a los 25 golpes por capa en suelos arcillosos, sino a los 29 golpes, además si se compacta con más golpes se aplica mayor energía de compactación y las partículas de suelo se fracturan y disgregan obteniéndose valores menores de densidad seca máxima.

Palabras Clave: energía de compactación, densidad seca máxima, contenido óptimo de humedad, suelo granular

## ABSTRACT

The research was carried out with the objective of determining the influence of compaction energy where the density is maximum and the optimal moisture content is clay soil, for which 5 specimens of clay soil extracted from the Lambayeque region have been prepared. The granulometry and plasticity tests have been carried out to classify the soil using the SUCS systems, and the compaction tests using different compaction energies corresponding to 25 blows, 27 blows and 29 blows, obtaining the compaction curves in which the optimal moisture content and maximum dry density. The results show that the lowest optimal moisture content of 18.94% and the highest maximum dry density of  $1.813 \text{ g/cm}^3$  is obtained with the compaction energy corresponding to 29 blows, concluding that the highest maximum dry density is not obtained at 25 blows per layer in clay soils, but at 29 blows, in addition, if it is compacted with more blows, greater compaction energy is applied and the soil particles fracture and disintegrate, obtaining lower density values. maximum dry.

Keywords: compaction energy, maximum dry density, optimal moisture content, granular soil

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

El mejoramiento del suelo siempre es una obsesión de los diseñadores para poder realizar grandes estructuras a lo largo del mundo, es por tal motivo que a lo largo de la historia de la ingeniería y las mejoras en la tecnología se han creado métodos y materiales para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo; sin embargo, muchas veces la naturaleza del suelo reacciona de manera distinta a lo planificado debido a que el suelo presenta una realidad distinta.

Alibrahim B. & Uygur E. (2021), en su artículo *Influence of Compaction Method and Effort on Electrical Resistivity and Volume Change of Cohesive Soils*, tuvo como objetivo evaluar la influencia del Método y Esfuerzo de Compactación en la Resistividad Eléctrica y Cambio de Volumen de Suelos Cohesivos, cuya metodología consistió en seleccionar dos suelos con una gran brecha entre sus límites de Atterberg y las distribuciones de tamaño de partículas, los resultados indicaron que un mayor esfuerzo de compactación conduce a una mayor densidad seca máxima en un 8% entre la muestra 3 y 1, mientras entre la muestra 2 y 1 es de 3%. Por otro lado, el contenido de agua óptimo es indirectamente proporcional al esfuerzo de compactación donde la variación entre el contenido de agua óptimo causado por el mayor y el menor esfuerzo de compactación es de aproximadamente 30% para ambos suelos. También se observa que las curvas de compactación de todos los especímenes tendieron a converger hacia la línea de 0% de contenido de aire con contenidos de agua superiores al óptimo. Esto puede estar relacionado con la pérdida de eficiencia de compactación cuando el suelo está demasiado húmedo, lo que genera poca variación en la densidad seca resultante después de la

compactación. La presente investigación concluyo que el esfuerzo dinámico de compactación para un suelo dado no se puede representar con un solo esfuerzo estático, sino que es más bien en función del contenido de agua. A medida que aumenta el contenido de agua, la tensión estática necesaria para lograr una determinada densidad objetivo se reduce exponencialmente. Además, el esfuerzo estático equivalente que representa un cierto esfuerzo dinámico de compactación varía significativamente con respecto al tipo de suelo.

Cañar E. (2017), en su tesis Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón, tuvo como objetivo

Melo J. & Quijano Y. (2020), en su tesis Análisis de la variación de la densidad seca máxima y humedad óptima de afirmados provenientes de diferentes canteras de la sabana de Bogotá, tuvo como objetivo analizar la variación de la humedad optima y densidad seca máxima con respecto al tiempo,

Bahmed, T., Harichane, H., Ghrici, M., Boukhatem. B., & Rebouh. R. (2017) Prediction of Geotechnical Properties of Clayey Soils Stabilised With Lime Using Artificial Neural Networks (ANNS), los suelos arcillosos son conocidos como suelos problemáticos para la ingeniería geotécnica desde hace varios años. El efecto de los aditivos minerales sobre las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos se ha investigado muchas veces. Sin embargo, hay algunas investigaciones sobre el uso de redes neuronales artificiales (ANN, por sus siglas en inglés) para predecir las propiedades geotécnicas de los suelos estabilizados; de todos modos, las ANN pueden utilizarse con éxito en este campo. La predicción precisa del índice de plasticidad (PI), la máxima densidad

seca (MDD) y el contenido óptimo de humedad (OMC) es beneficiosa para la ingeniería de la construcción con el fin de evitar las pruebas engorrosas en el laboratorio. El objetivo de esta investigación es desarrollar tres modelos con buenos rendimientos basados en las ANN, y predecir todos los valores de PI, OMC y MDD de suelos de subgrado estabilizados con la adición de cal, utilizando parámetros básicos de suelo que siempre están disponibles para los ingenieros. Se desarrollan tres modelos diferentes, cada uno correspondiente a la mejor arquitectura para las tres propiedades donde estos modelos se pueden usar como una herramienta confiable para predecir el PI, el OMC y el MDD de suelos arcillosos estabilizados con cal.

Palomino K. & Rengifo G. (2018), en sus tesis titulada Incidencia de la energía de compactación en la determinación de la humedad óptima en los suelos Granulares, cuyo objetivo general fue verificar la incidencia de la energía de compactación en el OCH en los suelos granulares aplicando Proctor modificado y cuya metodología fue de carácter

Se concluye que para la muestra de la cantera Santa Clara la  $\gamma_{dmax} = 2.265$  gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es de 6.600%, los cuales fueron alcanzados con una energía de compactación de 28.35 kg/cm<sup>3</sup> a los 58 golpes por cada capa. La muestra de la cantera Lucho su máxima densidad seca fue de 2.265 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido óptimo de humedad de 6.600%, que fueron alcanzados con una energía de compactación de 29.29 kg/cm<sup>3</sup> a los 60 golpes por cada capa.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Como influye la energía de compactación en la máxima densidad seca de los suelos arcillosos?

## **1.3. Hipótesis**

La energía de compactación influye en la densidad máxima seca de los suelos arcillosos.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la energía de compactación en suelos arcillosos y su Influencia en la densidad máxima seca

### **Objetivos específicos**

Determinar los puntos de evaluación de las muestras a utilizar

Encontrar las características físicas de los suelos arcillosos

Elaborar el ensayo de compactación estándar según la norma

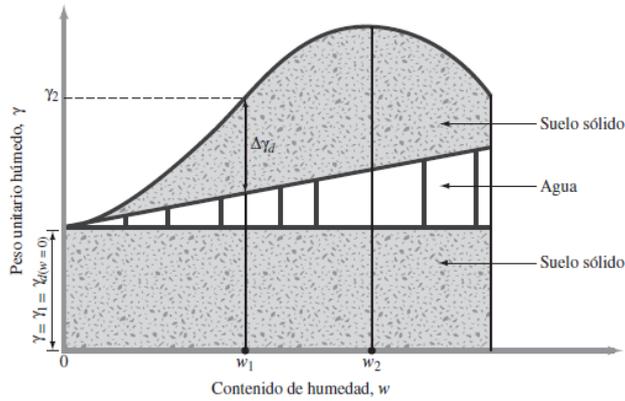
Elaborar el ensayo de compactación con 27 y 29 golpes

Analizar los resultados de OCH y peso específico seco en condiciones normales y con diferente energía de compactación

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **Principios generales de la compactación**

La compactación es un proceso que está basado en el acodo de partículas por influencia del aumento de humedad (agregar agua al suelo) y aplicando una energía de compactación que logra que se consolide el suelo y disminuya sus espacios vacíos, además de garantizar que a medida que aumenta el contenido de humedad el peso unitario seco aumenta.



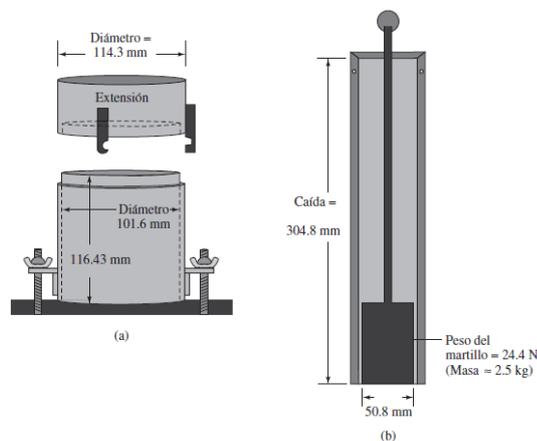
**Fig. 1.** Principios de compactación

Sin embargo, llega un momento que el peso unitario seco disminuye al aumentar el contenido de humedad debido a que el agua comienza ocupar el espacio que las partículas sólidas tenían.

En esa variación de contenido de humedad se produce lo que se conoce como el peso unitario seco máximo (densidad máxima seca), que se logra con un óptimo contenido (OCH) y lo podemos obtener con el ensayo de laboratorio denominado Proctor estándar.

### Prueba de Proctor estándar

La prueba de Proctor estándar se realiza en un molde con medidas establecidas tal como se muestra en la figura 2. El suelo en el proceso del ensayo se le agrega paulatinamente ciertos contenidos de agua para luego ser compactado por medio de 25 golpes que son realizados con un martillo de 2.5 kg. de masa en 3 capas hasta ocupar el volumen del molde correspondiente.



**Fig. 2.** Equipo para la prueba Proctor estándar

A medida que se van realizando las pruebas se calcula el peso unitario húmedo de compactación por medio de la siguiente formula:

$$\gamma = \frac{W}{V_{(m)}}$$

Donde:

W = peso compactado en el molde

V<sub>(m)</sub> = volumen del molde

Teniendo el peso unitario húmedo y el contenido de humedad podemos obtener el peso unitario seco por medio de la siguiente formula:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$$

Donde:

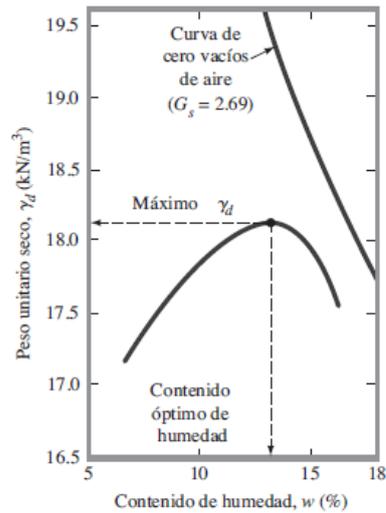
W (%) = contenido de humedad

La prueba Proctor estándar está establecida por medio de la Norma ASTM D-698 y Norma AASHTO T-99.

Ya que el Newton es una unidad derivada, en algunos casos es más conveniente trabajar con la densidad (kg/m<sup>3</sup>) en lugar de unidades de peso. En ese caso, se pueden reescribir como:

$$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \frac{m(Kg)}{V_{(m)}(m^3)}$$

$$\rho_d \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\rho \left( \frac{Kg}{m^3} \right)}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$$



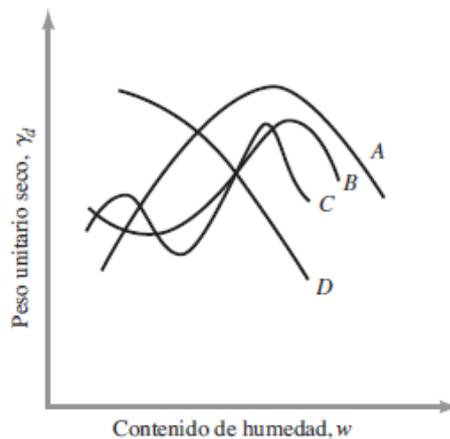
**Fig. 3.** Ensayo de compactación / arcilla limosa

### Factores que afectan la compactación

La compactación es un proceso que involucra una serie de factores para poder establecer las etapas y las metodologías adecuadas para obtener los resultados que esperamos, entre esos factores encontramos al tipo de suelo y a la energía de compactación, siendo esta última el factor en estudio en la presente investigación

### Tipo de suelo

Los distintos tipos de suelos presentan propiedades físicas diferentes que garantizan reacciones y comportamientos distintos, no siendo el proceso de compactación indiferente a esas características produciendo distintas curvas de compactación al variar el peso unitario seco y el óptimo contenido de humedad tal como se aprecia en la figura 4.



**Fig. 4.** Diferentes tipos de curvas de compactación

**Tabla I**  
Tipos de curvas de compactación

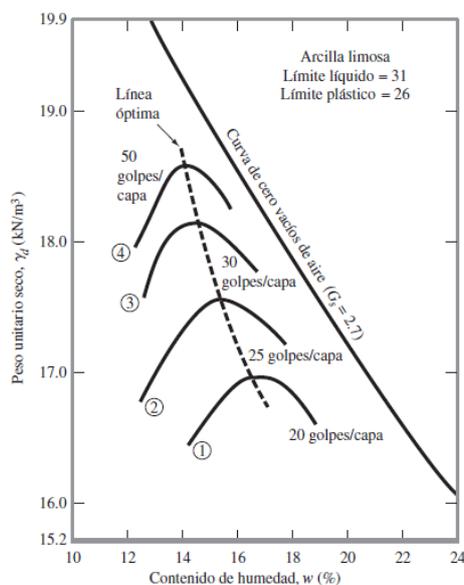
Curva	LL	Características
A	30 < LL < 70	Presenta un solo pico
B	Menos a 30	Presenta un pico y medio
C	Menor a 30 Mayor a 70	Presenta doble pico
D	Mayor a 70	No tienen un pico definido

### Energía de compactación

La energía de compactación establecida según normativa se escribe de la siguiente manera:

$$E = \frac{\left( \begin{matrix} N^\circ \text{ de golpes} \\ \text{por capa} \end{matrix} \right) \times \left( \begin{matrix} N^\circ \text{ de} \\ \text{capas} \end{matrix} \right) \times \left( \begin{matrix} \text{Peso del} \\ \text{martillo} \end{matrix} \right) \times \left( \begin{matrix} \text{Altura de caída} \\ \text{del martillo} \end{matrix} \right)}{\text{Volumen del molde}}$$

Como se observa la energía de compactación puede variar con el número de golpes de capa que se pueda efectuar durante el ensayo, generando que el peso específico seco aumente y el óptimo contenido de humedad tal como se muestra en la figura 5, cabe resaltar que en la presente investigación el número de golpes se modificó en 27 y 29 golpes para verificar la influencia que hay en la máxima densidad seca.



**Fig. 5.** Efecto de la energía de compactación en arcilla limosa.

**Tabla 5.2** Especificaciones de la prueba Proctor estándar (Basadas en la Norma ASTM 698)

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm <sup>3</sup>	943.3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso del martillo	24.4 N	24.4 N	24.4 N
Altura de la caída del martillo	304.8 mm	304.8 mm	304.8 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm

**Fig. 6.** Especificaciones de la prueba Proctor estándar

## **II. MATERIALES Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación.**

#### **Tipo de investigación**

La investigación realizada es cuantitativa debido a que plantea una forma confiable para conocer la realidad por medio de la recolección y análisis de datos, que hacen posible responder las interrogantes de la investigación y probar la hipótesis. Este tipo de investigación se basa en la medición numérica, conteo y el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (CASTILLO, 2018).

#### **Diseño de investigación**

Es experimental porque el investigador desea comprobar los efectos de una intervención específica mediante la manipulación deliberada por parte del investigador de las variables. Esta investigación determina la relación causa-efecto de un fenómeno físico. (MARTÍNEZ LÓPEZ, 2020).

### **2.2. Variables y operacionalización**

#### **Variable independiente**

Suelo Arcilloso

#### **Variable dependiente**

Energía de Compactación y densidad máxima seca

**Tabla II**  
Operacionalización de la variable independiente

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Sub indicadores</b>	<b>Índices</b>	<b>Técnica e instrumento de recolección de datos</b>
Suelo Arcilloso	Los suelos arcillosos son aquellos cuyo tamaño de particular es menor de 0.074 mm	Características físicas	Contenido de humedad Gravedad específica Granulometría Limite Liquido Limite plástico	Contenido de humedad Gravedad específica Granulometría Limite Liquido Limite plástico	% Adimensional mm % %	Observación y recolección de información

**Tabla III**  
Operacionalización de la variable dependiente

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Sub indicadores</b>	<b>Índices</b>	<b>Técnica e instrumento de recolección de datos</b>
Densidad máxima y la energía de compactación	Los suelos arcillosos son aquellos cuyo tamaño de particular es menor de 0.074 mm	Características físicas	Contenido de humedad Gravedad específica Granulometría Limite Liquido Limite plástico	Contenido de humedad Gravedad específica Granulometría Limite Liquido Limite plástico	% Adimensional mm % %	Observación y recolección de información

## **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **Población**

La población para esta investigación son las muestras obtenidas de campo a las cuales se les aplicó la energía de compactación estandarizada y modificada respetando los procesos establecidos por la ASTM y el MTC.

### **Muestra**

La muestra a estudiar está compuesta por un total 05 calicatas de las cuales se realizaron 60 cilindros de Proctor estándar de las cuales 04 fueron para condiciones normales de 25 golpes y la misma cantidad tanto para 27 y 29 golpes por cada muestra obtenida de las calicatas.

Los suelos estudiados son de la región Lambayeque y se ubicaron con la ayuda de los mapas geotécnicos elaborados por el Institución Nacional de Defensa Civil – INDECI – PNUD (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, 2015).

### **Muestreo**

Se utilizó un muestreo por conveniencia para determinar las muestras estudiadas

### **Criterios de selección**

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Observación y recopilación de datos: se evaluará los efectos del cambio de energía de compactación en los suelos arcillosos y su influencia en la máxima densidad seca.

Observación y procesamiento de datos: los resultados obtenidos mediante los ensayos estandarizados del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos de cada muestra se registrarán en fichas técnicas normadas.

Ensayos de laboratorio: los ensayos que se le realizaran a las muestras en estado natural y con los cambios de energía de compactación, se llevaran a cabo en un laboratorio particular, con estos ensayos se busca determinar la influencia de la energía de compactación en la densidad máxima seca.

Análisis documental: se utilizarán libros, tesis, revistas, normas y otros. Relacionados al tema de investigación (Silvera, 2018) que nos ayude a procesar la información obtenida de los ensayos.

Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Se tomará como guía de observación los formatos de datos del laboratorio de ensayos de mecánica de suelos y pavimentos, con el fin de registrar los resultados obtenidos de los ensayos realizados.

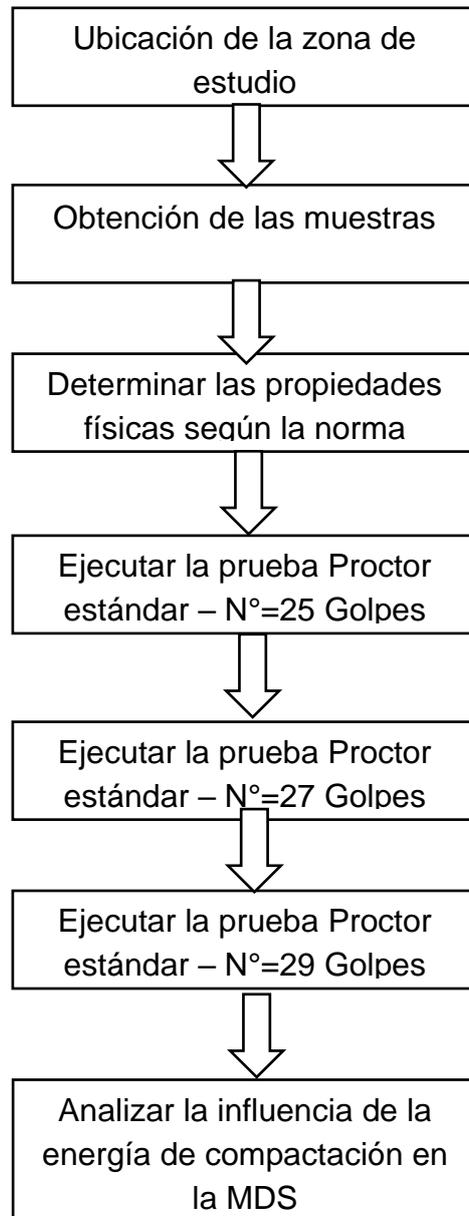
Como guía de documentos, contamos con la Normativa Peruana, Manual de Carreteras, manual de Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos, etc.; los cuales establecen el procedimiento adecuado de la ejecución de cada ensayo, con el fin de obtener resultados confiables.

Técnicas de recolección de datos

Método de análisis de datos

Se recolectará los datos según el análisis estadístico descriptivo, por ser datos cuantitativos, se codificarán y se almacenarán en forma adecuada en hojas de datos electrónicas, luego se analizarán bajo parámetros de comparación para probar la hipótesis. (Medeiros Bauzer, 2018).

## 2.5. Procedimiento de análisis de datos



## **2.6. Criterios éticos**

Con el fin de tener una investigación seria y confiable se siguieron procedimientos

según norma para el análisis y tiene como valor principal el respeto entre las personas que se encontraran trabajando en este, asimismo para los ensayos se usó un adecuado equipo el cual cumplió con los formatos de estudio de concreto reciclado, estando estos establecidos en la ASTM, ACI y NTP.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados en Tablas y Figuras

**Tabla IV**

##### **Contenido de Humedad**

<b>Muestra</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>
01	10.67
02	14.26
03	12.11
04	11.19
05	10.36

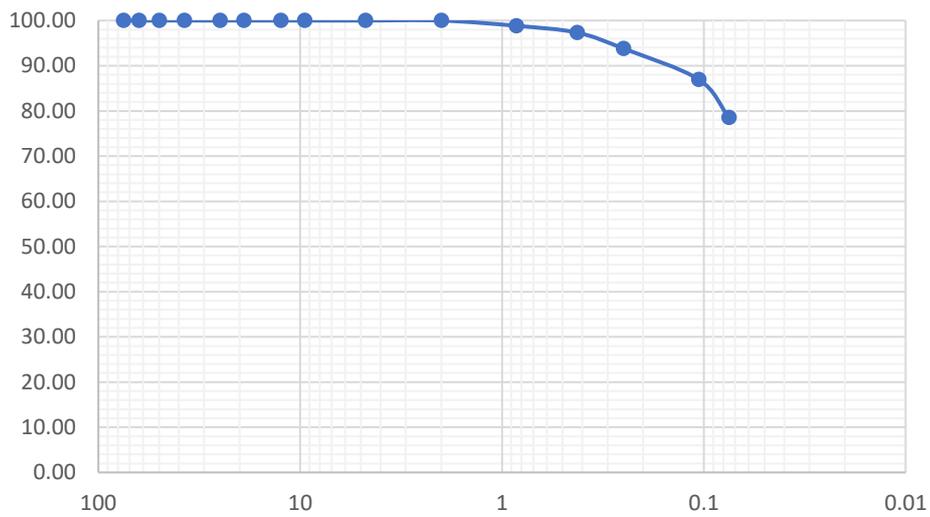
Como podemos observar se encontraron variaciones en los contenidos de humedad que van desde el 10.36% al 14.26%, parámetro importante a la hora de obtener el OCH

**Tabla V**

##### **Peso Específico Relativo**

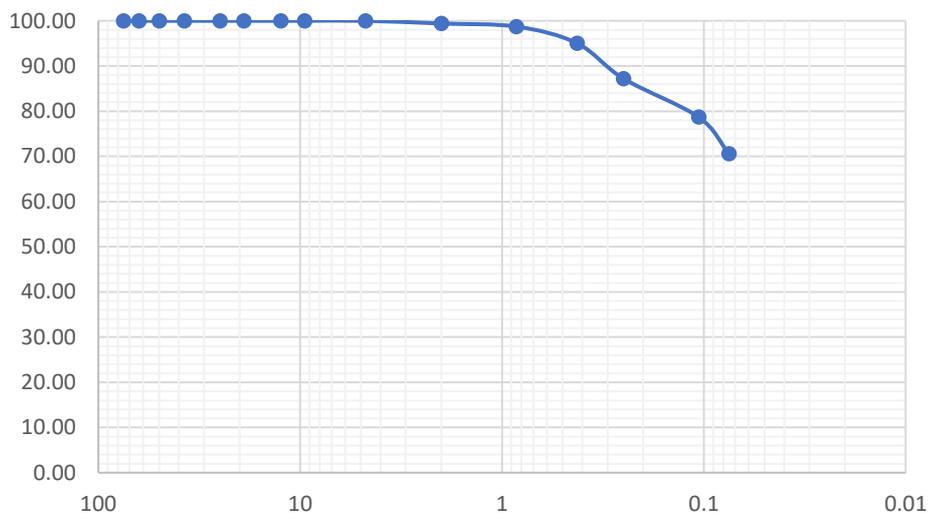
<b>Muestra</b>	<b>G<sub>s</sub></b>
01	2.54
02	2.53
03	2.50
04	2.51
05	2.49

La relación de vacíos esta determinada por el G<sub>s</sub> la mismas que varia entre 2.49 y 2.54 para las muestras que se estudiaron y que son propias de los suelos arcillosos



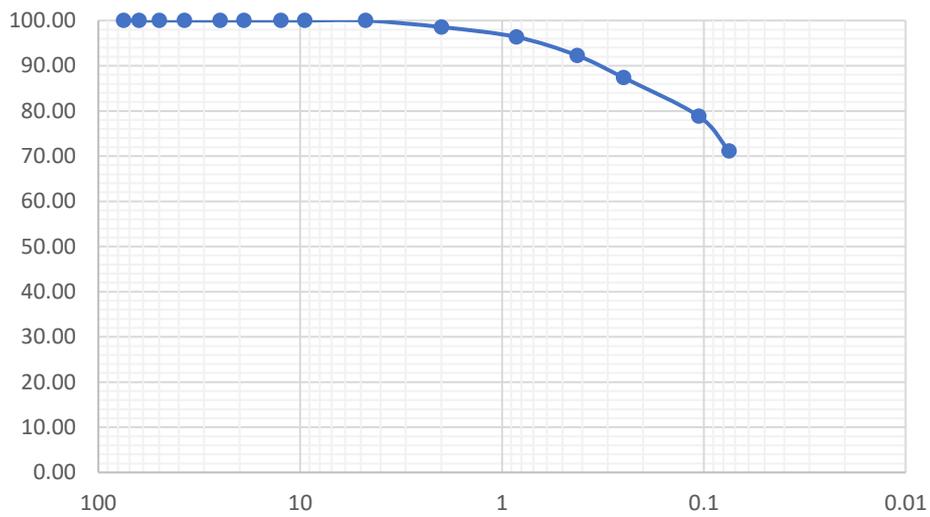
**Gráfica 1.** Curva Granulométrica muestra 01

La curva granulometría 01 muestra que casi el 80% de la muestra pasa la malla numero 200 propio de los suelos arcillosos



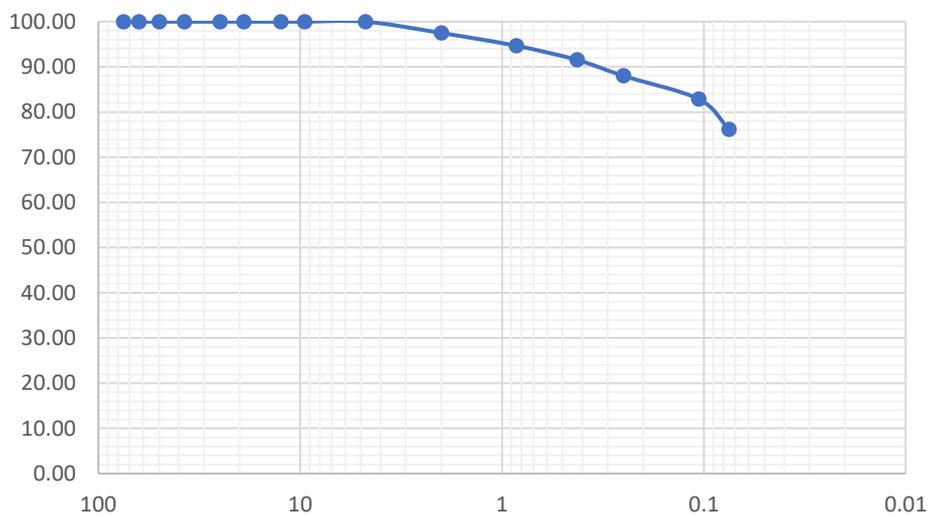
**Gráfica 2.** Curva Granulométrica muestra 02

La curva granulometría 02 muestra que casi el 70% de la muestra pasa la malla numero 200 propio de los suelos arcillosos



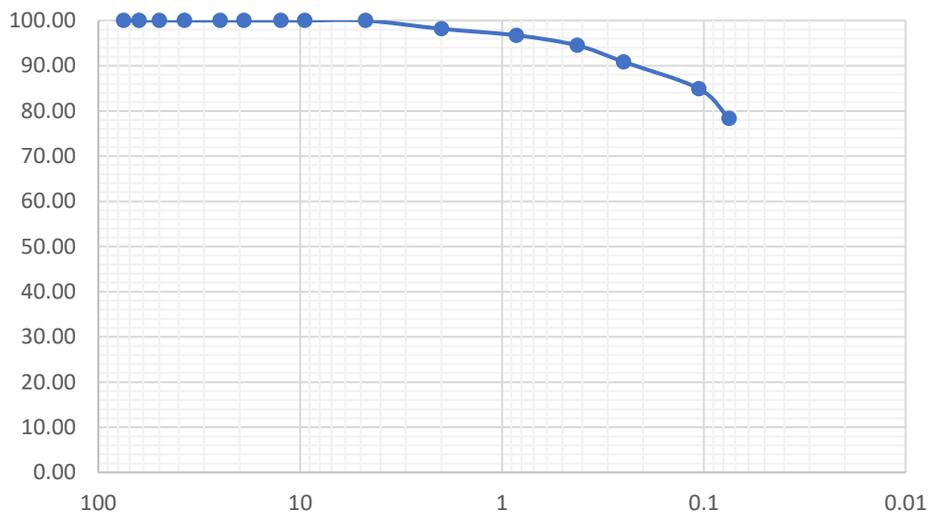
**Gráfica 3.** Curva Granulométrica muestra 03

La curva granulometría 03 muestra que casi el 70% de la muestra pasa la malla numero 200 propio de los suelos arcillosos



**Gráfica 4.** Curva Granulométrica muestra 04

La curva granulometría 04 muestra que casi el 80% de la muestra pasa la malla numero 200 propio de los suelos arcillosos



**Gráfica 5.** Curva Granulométrica muestra 05

La curva granulométría 05 muestra que casi el 80% de la muestra pasa la malla numero 200 propio de los suelos arcillosos

**Tabla VI**

**Límites de Consistencia**

<b>Muestra</b>	<b>LI (%)</b>	<b>Lp (%)</b>	<b>Ip (%)</b>
01	66.48	32.65	33.83
02	61.37	28.57	32.80
03	62.30	31.37	30.93
04	63.59	32.00	31.59
05	64.79	31.95	32.84

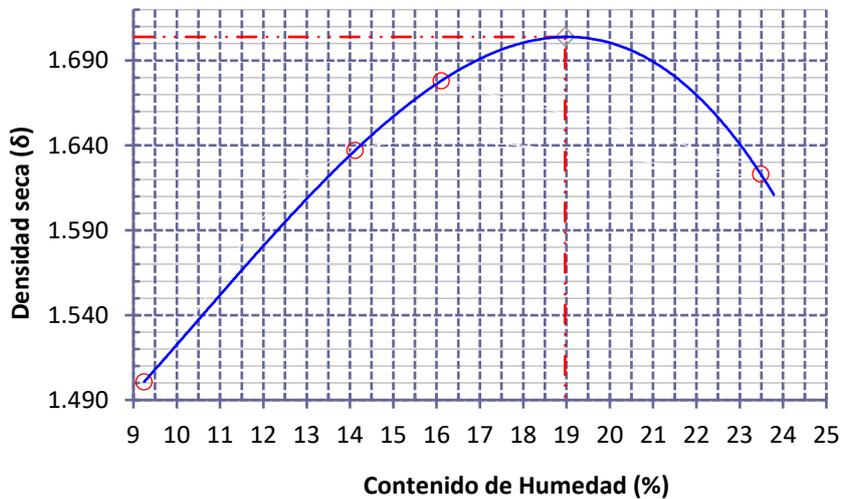
Los limites de consistencia encontrados en las 05 muestras demuestran que son suelos de alta plasticidad, como por el ejemplo todas las muestras superan el 50% en lo que respecta al límite líquido.

Tabla VII

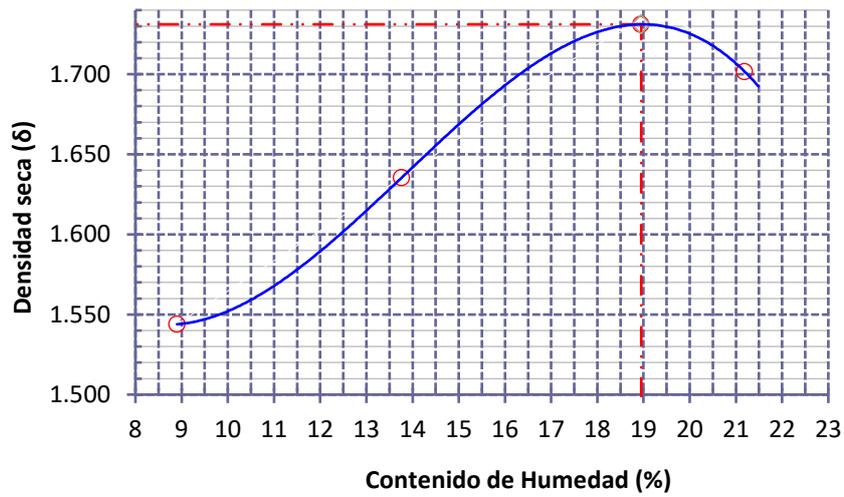
Clasificación SUCS

Muestra	SUCS
01	CH
02	CH
03	CH
04	CH
05	CH

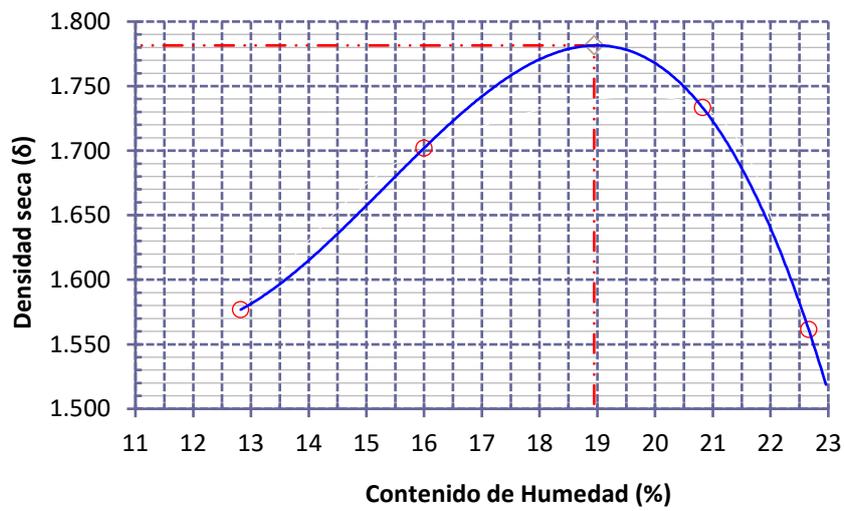
La clasificación encontrada según el sistema SUCS en todas las muestras corresponde a un suelo arcilloso de alta plasticidad el mismo que se ajustó a las características necesarias para la investigación



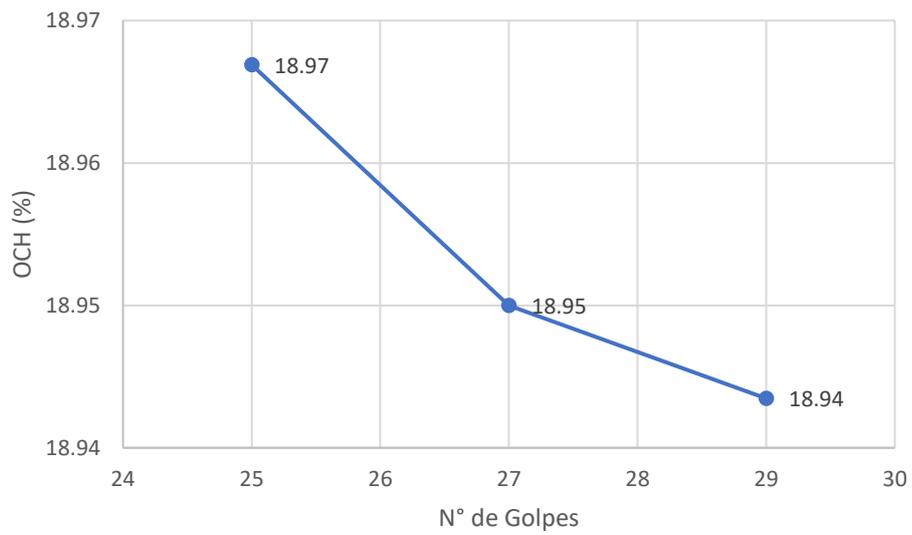
**Grafica 6.** Proctor – M 01 – OCH = 18.97% -  $\gamma_d = 1.704$  - n=25 golpes



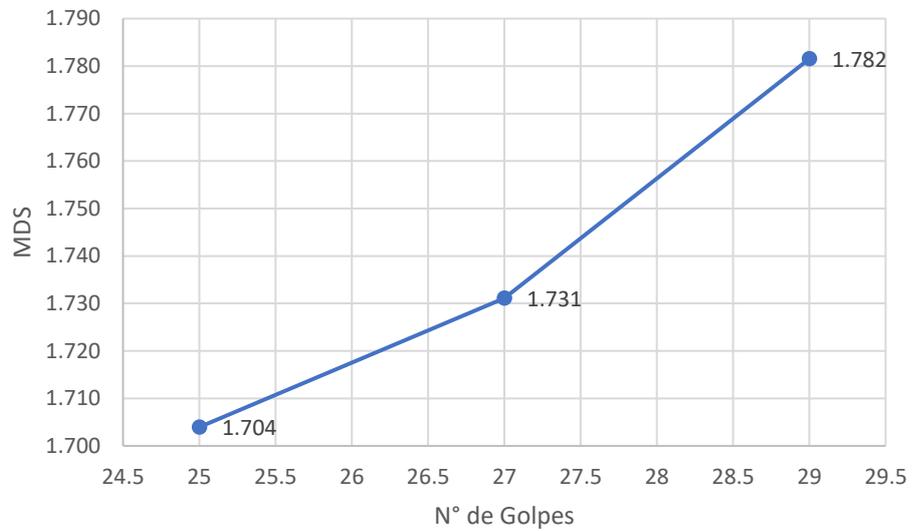
**Grafica 7.** Proctor – M 01 – OCH = 18.95% -  $\gamma_d = 1.731$  – n=27 golpes



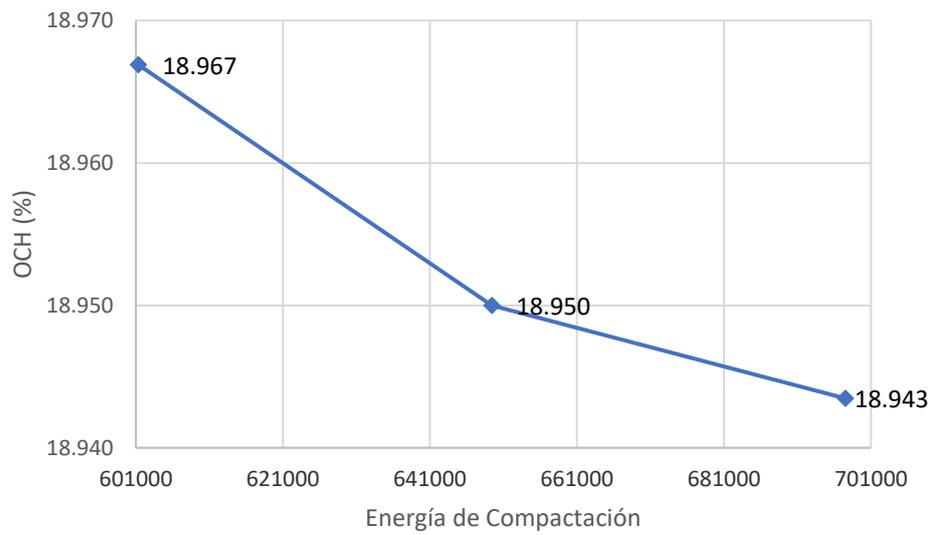
**Grafica 8.** Proctor – M 01 – OCH = 18.94% -  $\gamma_d = 1.782$  – n=29 golpes



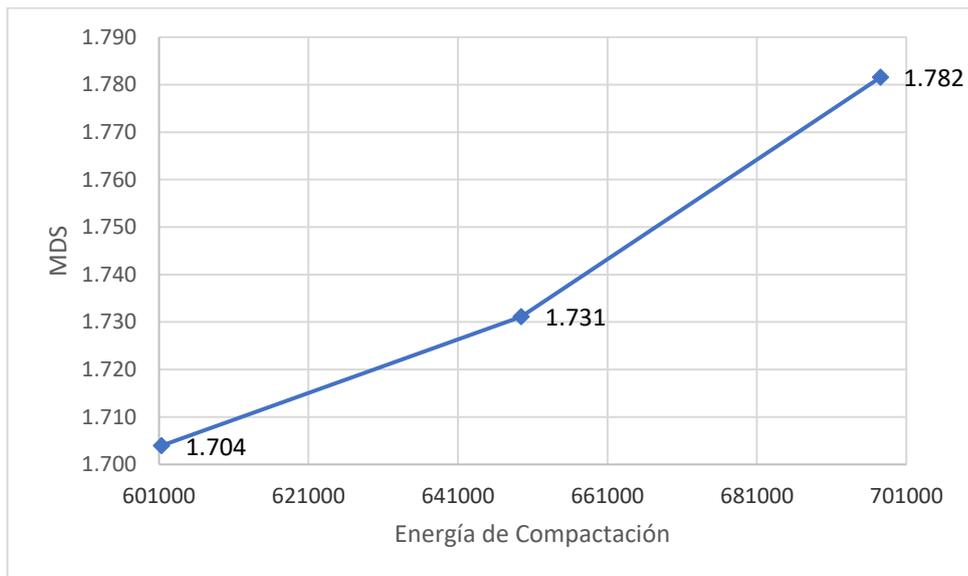
**Grafica 9.** Variación del OCH (%) Vs N° de golpes – Muestra 01



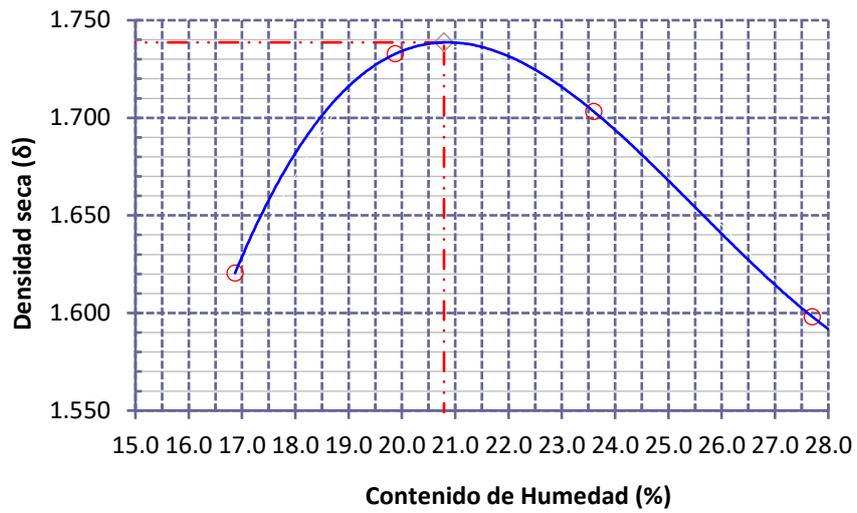
**Grafica 10.** Variación del MDS Vs N° de golpes – Muestra 01



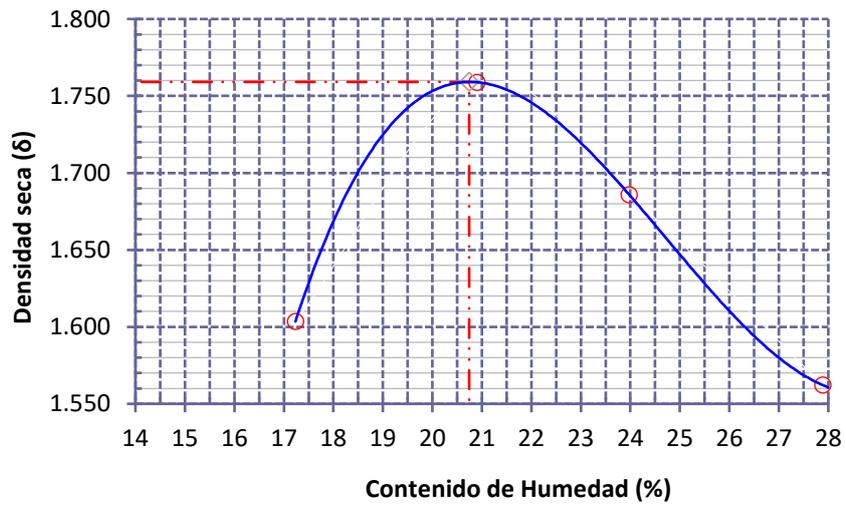
**Grafica 11.** Variación del OCH Vs Energía de compactación – Muestra 01



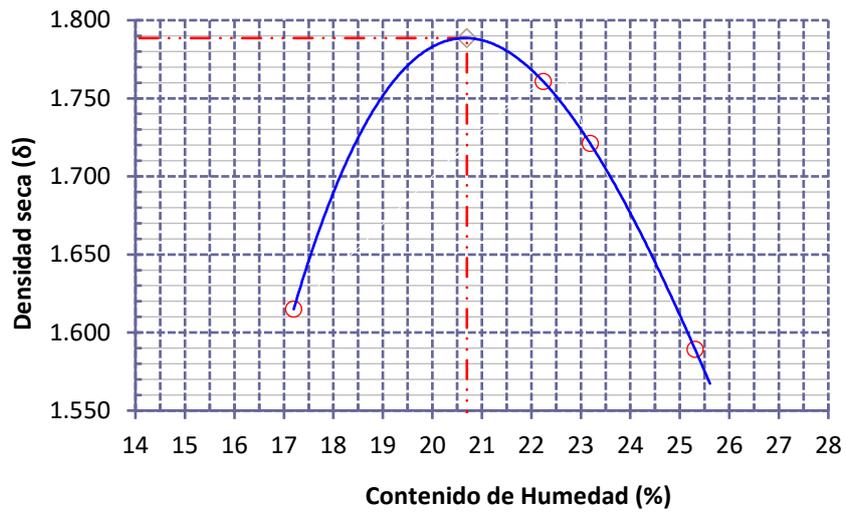
**Grafica 12.** Variación del MDS Vs Energía de compactación – Muestra 01



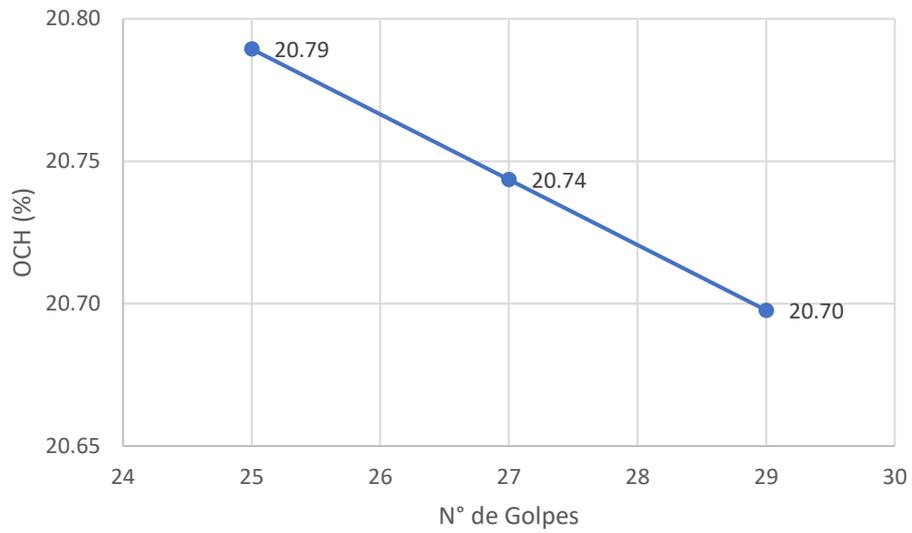
**Grafica 13.** Proctor – M 02 – OCH = 20.79% -  $\gamma_d = 1.739$  – n=25 golpes



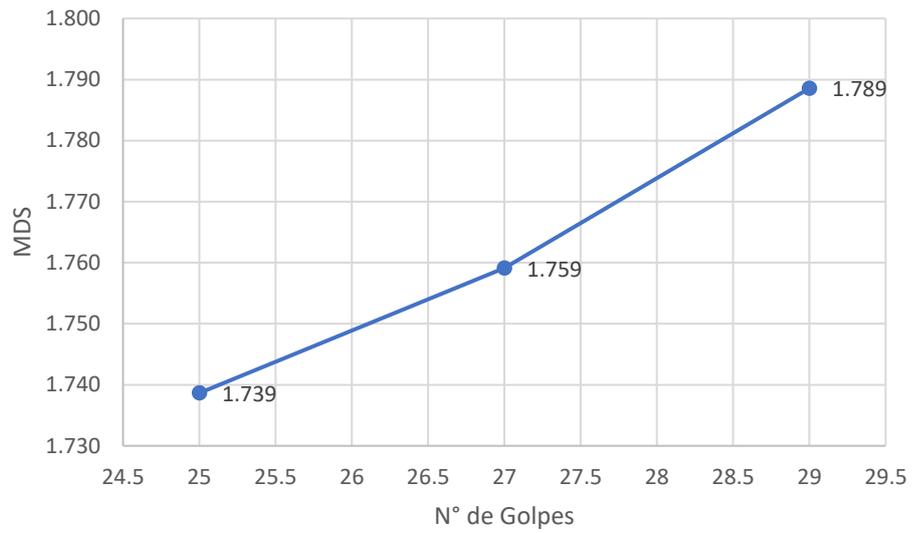
**Grafica 14.** Proctor – M 02 – OCH = 20.74% -  $\gamma_d = 1.759$  – n=27 golpes



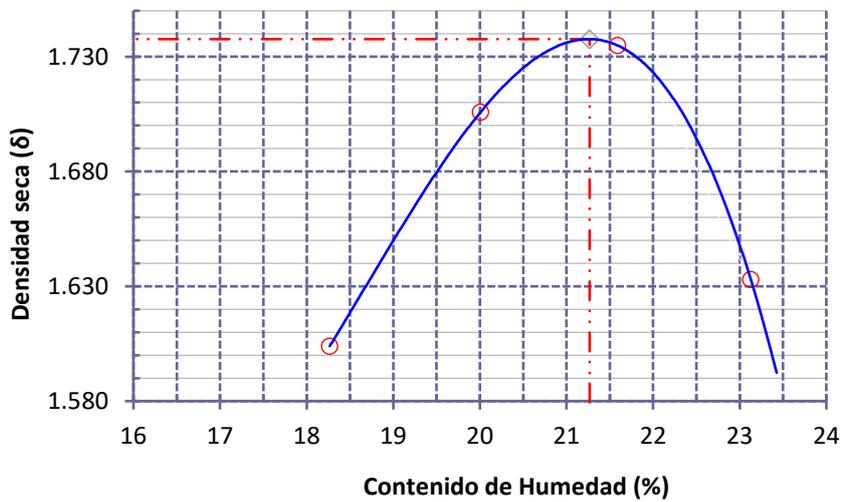
**Grafica 15.** Proctor – M 02 – OCH = 20.70% -  $\gamma_d = 1.789$  - n=29 golpes



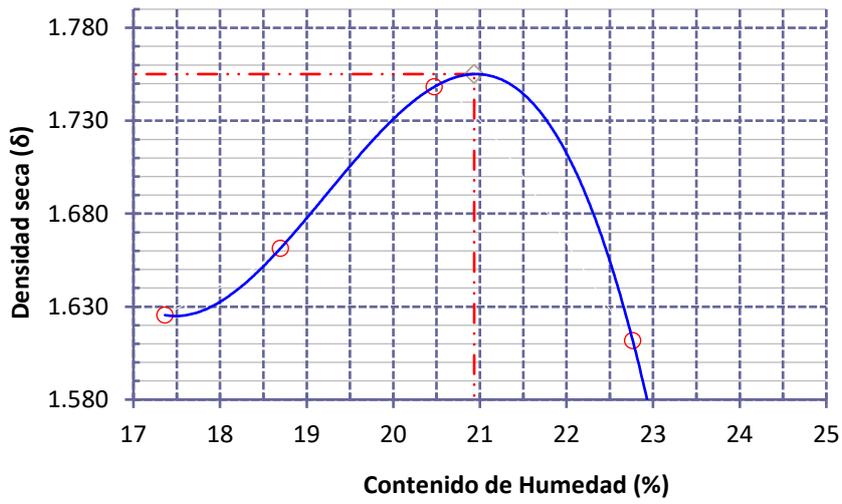
**Grafica 16.** Variación del OCH (%) Vs Nº de golpes – Muestra 02



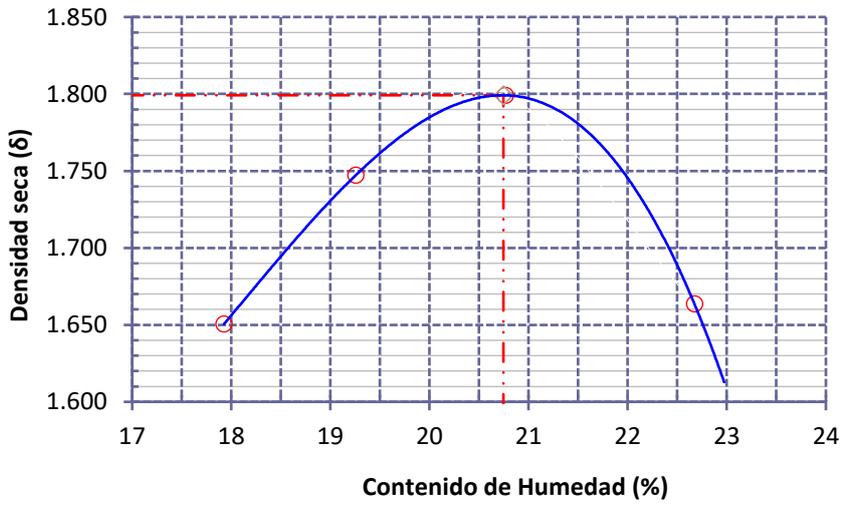
**Grafica 17.** Variación del MDS Vs N° de golpes – Muestra 02



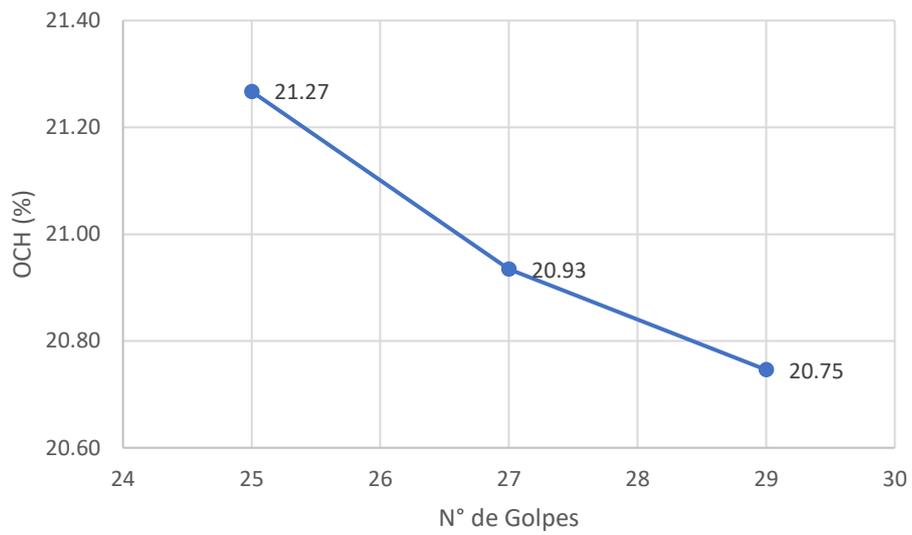
**Grafica 18.** Proctor – M 03 – OCH = 21.27% -  $\gamma_d = 1.738$  – n=25 golpes



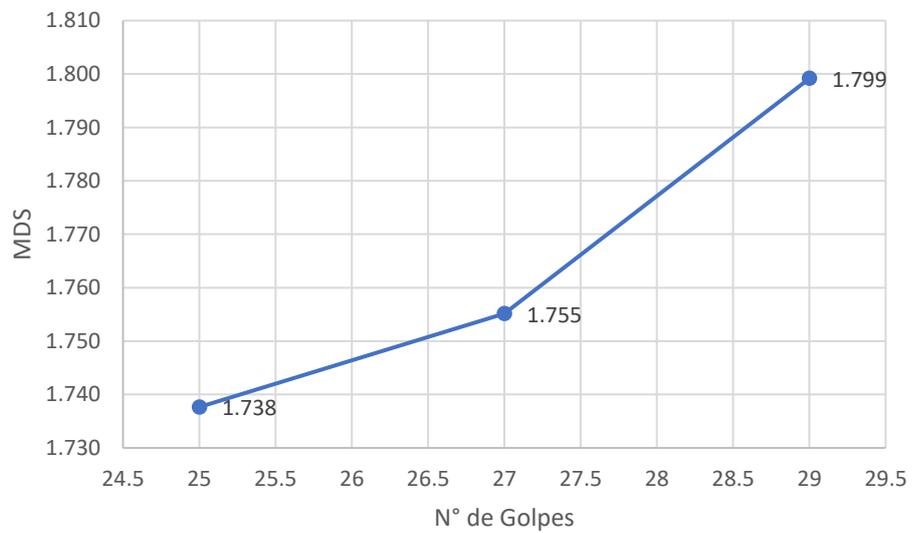
**Grafica 19.** Proctor – M 03 – OCH = 20.93% -  $\gamma_d = 1.755$  – n=27 golpes



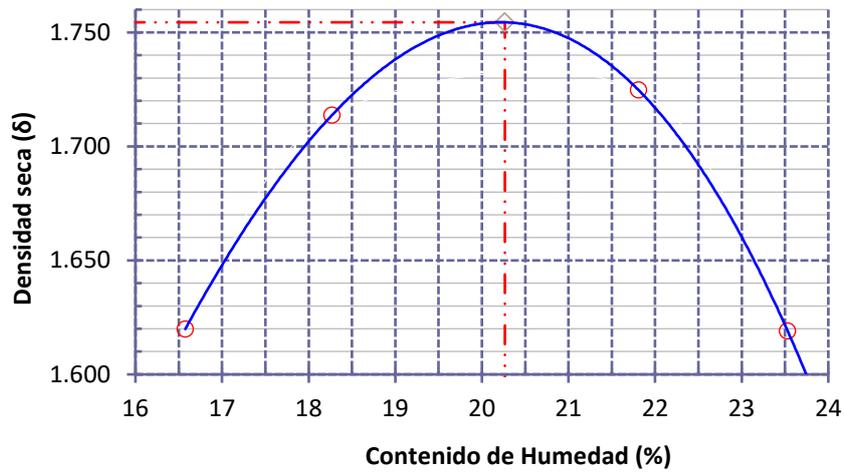
**Grafica 20.** Proctor – M 03 – OCH = 20.75% -  $\gamma_d = 1.799$  – n=29 golpes



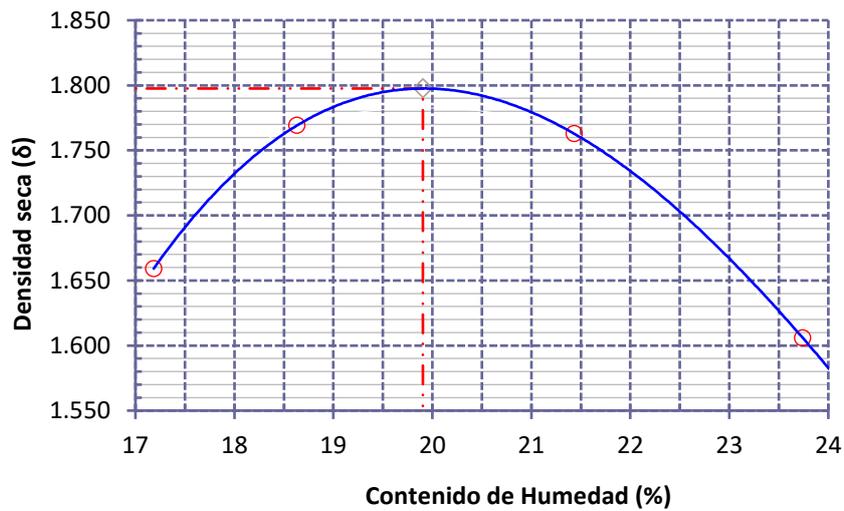
**Grafica 21.** Variación del OCH (%) Vs N° de golpes – Muestra 03



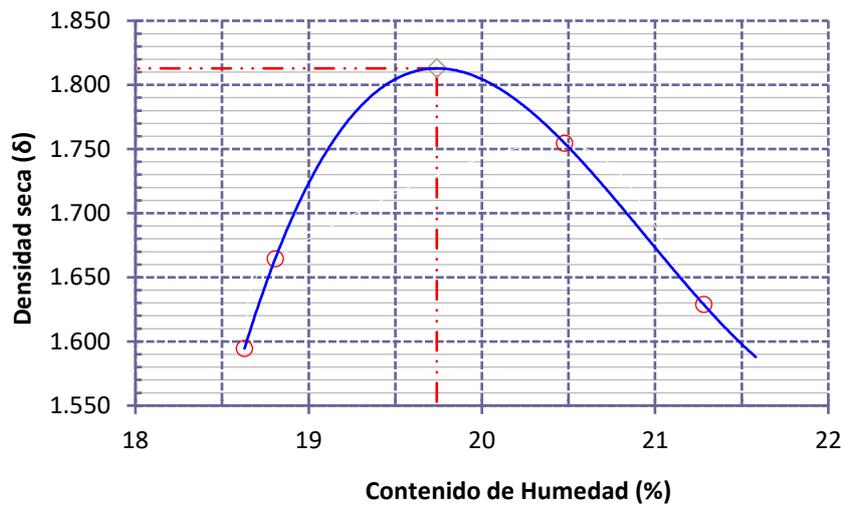
**Grafica 22.** Variación del MDS Vs N° de golpes – Muestra 03



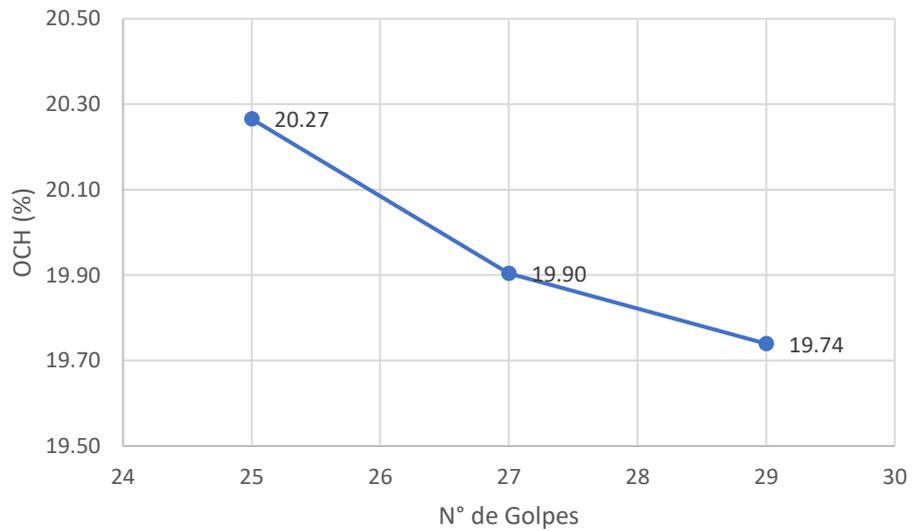
**Grafica 23.** Proctor – M 04 – OCH = 20.27% -  $\gamma_d = 1.754$  – n=25 golpes



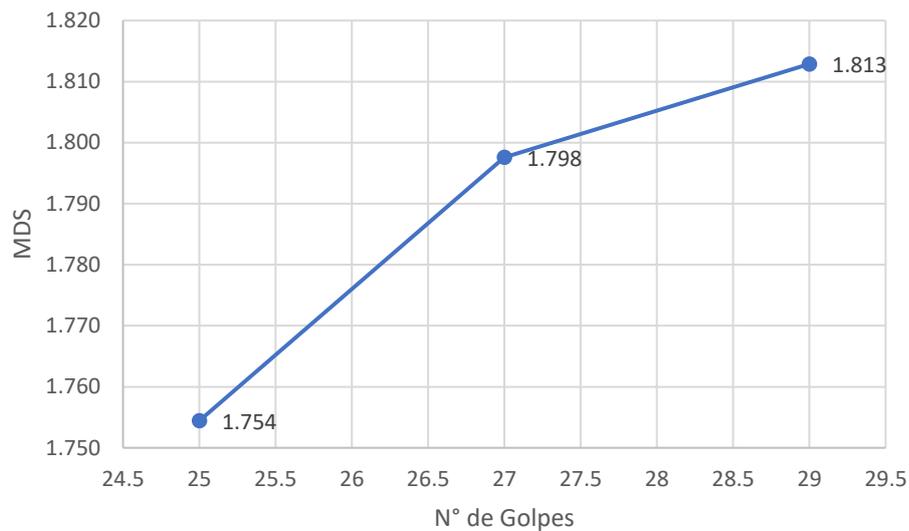
**Grafica 24.** Proctor – M 04 – OCH = 19.90% -  $\gamma_d = 1.798$  – n=27 golpes



**Grafica 25.** Proctor – M 04 – OCH = 19.74% -  $\gamma_d = 1.813$  – n=29 golpes



**Grafica 26.** Variación del OCH Vs N° de golpes – Muestra 04



**Grafica 27.** Variación del MDS Vs N° de golpes – Muestra 04

### 3.2. Discusión de resultados

Los resultados encontrados se contradicen con las teorías establecidas en las normas debido a que la energía de compactación si realiza variaciones en la densidad seca máxima.

También se encontró que la variación del OCH no es relevante, es decir si coincide con los marcos teóricos establecidos con los diversos autores y normativas.

Cabe mencionar que con respecto a los estudios realizados no hay muchos artículos encontrados, lo que ha suponer que las diversas normativas dan por validos los estudios que ellos realizan bajo las condiciones teóricas ya establecidas, lo cual en nuestra opinión es un error debido a que la tecnología y la ciencia avanza en el mundo lo que puede permitir generar ciertos ajustes y mejoras a las teorías establecidas.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

Los puntos determinados para el presente estudio se fijaron tomando en cuenta los planos de zonificación realizados por INDECI

Tal como se muestra en los resultados se determinaron las características físicas de las muestras, concluyendo que todos los valores encontrados corresponden a suelos de tipo arcilloso de alta plasticidad.

El ensayo de compactación determino que los OCH varían entre 18 y 20% para 25 golpes, es decir en condiciones normales

Se determinó que el OCH disminuye en el ensayo de compactación con 27 y 29 golpes con respecto a las condiciones normales de compactación.

### **4.2. Recomendaciones**

Los puntos y muestras en estudio que sean de manera aleatoria sin importar sus características para demostrar la experimentación.

Determinar no solo las características físicas de las muestras a estudiar si no también las químicas.

Determinar la variación de la energía de compactación con otros puntos

## REFERENCIAS

Al-khafaji, s. a. a. (2016). effect of the different energy of compaction on subbase course of roads. 86–91.

Barrera, M., P. Garnica. Y F. Martínez. 2004. Influencia de la Succión en los Cambios Volumétricos de un Suelo Compactado. Instituto Mexicano del Transporte. México

Bashar Alibrahim;Eris Uygur; (2021). Influence of Compaction Method and Effort on Electrical Resistivity and Volume Change of Cohesive Soils . KSCE Journal of Civil Engineering, (), –. doi:10.1007/s12205-021-0419-9

Buenfil, C. 2007. Caracterización Experimental del Comportamiento idromecánico de una Arcilla Compactada. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

Chirinos, q. j. c. (2016). efecto de la energía de compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera el gavián, 2015. universidad privada del norte.

Das, b. m. (1985). fundamentos de ingeniería geotécnica. thomson learning, 587.

Gómez, E. 2013. Efecto de las condiciones iniciales de compactación dinámica en la presión de preconsolidación de un suelo (Tesis de maestría) Barcelona

Juárez, E y Rico. 2013. Mecánica de Suelos. Tomo I Fundamentos de la Mecánica de Suelos. (6° ed) México: Limusa.

Llique, R. 2015. Influencia de la humedad de compactación en el comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos. (Tesis doctoral). Perú.

Mondragón, r. h. l., & padilla, a. m. g. (2014). influencia de la humedad de compactación en el comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos. 6781, 9–21.

Ocas, d. la c. j. l. (2013). influencia de la energía de compactación en el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca en los suelos granulares. universidad nacional de Cajamarca.

Pariona, q. l. (2014). estudio de la resistencia de la sub-base usando experimentos factoriales basado en el contenido de humedad, energía de compactación y la hidratación. universidad nacional del centro del Perú, 142.

Pérez alamá, v. (1998). materiales y métodos y procedimientos de construcción. México.: trillas.

Quijano Otalora, Y. A., & Melo Herrera, J. S. (2020). Análisis de la variación de la densidad seca máxima y humedad óptima de afirmados provenientes de diferentes canteras de la sabana de Bogotá. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/891](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/891)

Quintero, a., & bohorquez, y. (2015). método y equipos de compactación de suelos

Rizalaso huaicani, h. w. (2019). determinación del contenido de humedad óptima y densidad máxima seca mediante regresiones para sub bases con altitudes mayores a 3000 m.s.n.m. en la provincia de puno.

Sánchez & rengifo, g. e. (2018). incidencia de la energía de compactación en la determinación de la humedad óptima en suelos granulares.

Sarawak), m. i. b. u. a. w. (university m. (2010). effect of compaction energy on engineering characteristic of compacted soil.

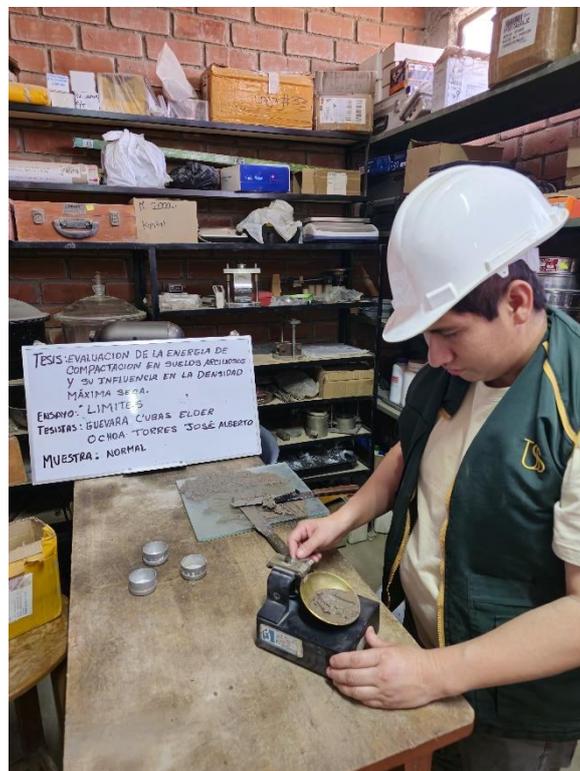
weber, j. j. (2018). compaction testing of granular material. 255.

Yanapa mamani, c. y. (2019). Análisis de efectos producidos por la aplicación de mayor energía de compactación en el ensayo Proctor modificado en suelos de las canteras de la ciudad de Juliaca.

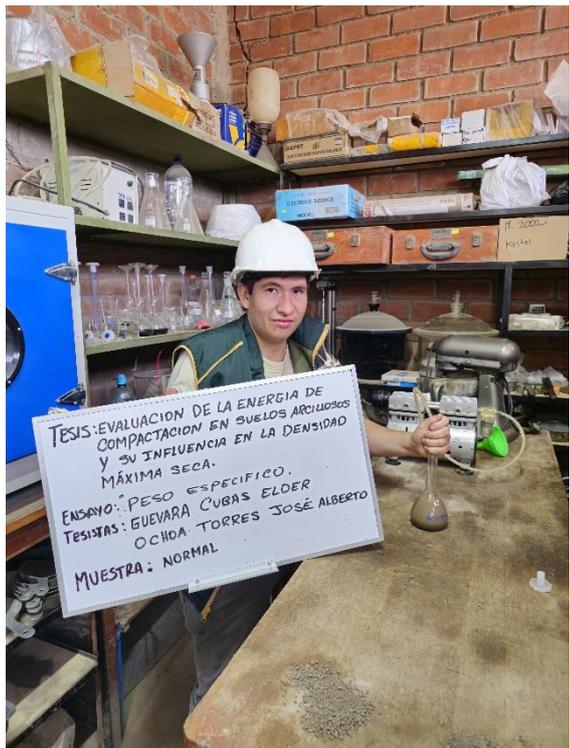
## ANEXOS



**Límite Plástico**



**Límite Líquido**



**Peso específico relativo**



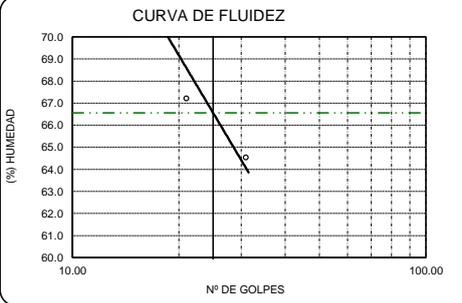
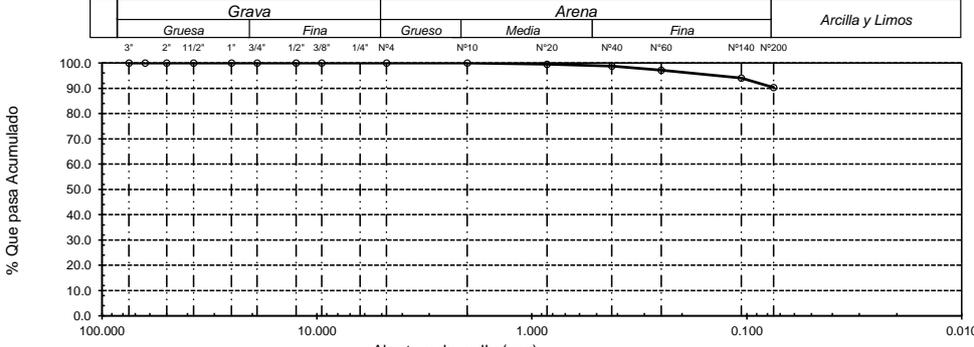
**Compactación**



Solicitud de Ensayo : **1305A-24/ LEMS W&C**  
 Solicitante : Guevara Cubas Elder  
 Ochoa Torres José Alberto  
 Proyecto / Obra : Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca  
 Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : Lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Fin de ensayo : viernes, 17 de Mayo de 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Metodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127: 1998

Muestra: : Suelo natural - C1

Análisis Granulométrico por tamizado					Ensayo de Límite de Atterberg			
3.16	Abertura (mm)	% Acumulados		Requerimiento Granulométrico				
		Retenido	Que pasa					
5.66	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL)	66.56 (%)		
9.54	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP)	22.39 (%)		
26.69	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP)	44.17 (%)		
22.15	25.000	0.0	100.0					
74.08	19.000	0.0	100.0					
13.64	12.500	0.0	100.0					
8.28	9.500	0.0	100.0					
Nº 4	4.750	0.0	100.0					
Nº 10	2.000	0.0	100.0					
Nº 20	0.850	0.5	99.5					
Nº 40	0.425	1.2	98.8					
Nº 60	0.250	2.8	97.2					
Nº 140	0.106	5.9	94.1					
Nº 200	0.075	9.7	90.3					
Distribución granulométrico								
% Grava	G.G. %	0.0		0.0			Clasificación (S.U.C.S.)	
	G.F. %	0.0					CH	
	A.G. %	0.0					Descripción del suelo	
% Arena	A.M. %	1.2		9.7	Arcilla de alta plasticidad			
	A.F. %	8.5			Clasificación (AASHTO)			
	% Arcilla y Limo	90.3			A-7-6 (16)			
<b>Total</b>				100.0	Descripción			
<b>Contenido de Humedad</b>				10.67	<b>MALO</b>			
CURVA GRANULOMETRICA								
								

Observaciones:  
 - Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **1305A-24/ LEMS W&C**  
 Solicitante : Guevara Cubas Elder  
 Ochoa Torres José Alberto  
 Proyecto / Obra : Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca  
 Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Inicio de ensayo : lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Fin de ensayo : viernes, 17 de Mayo de 2024  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.I.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998  
 Muestra: : Suelo natural - C2

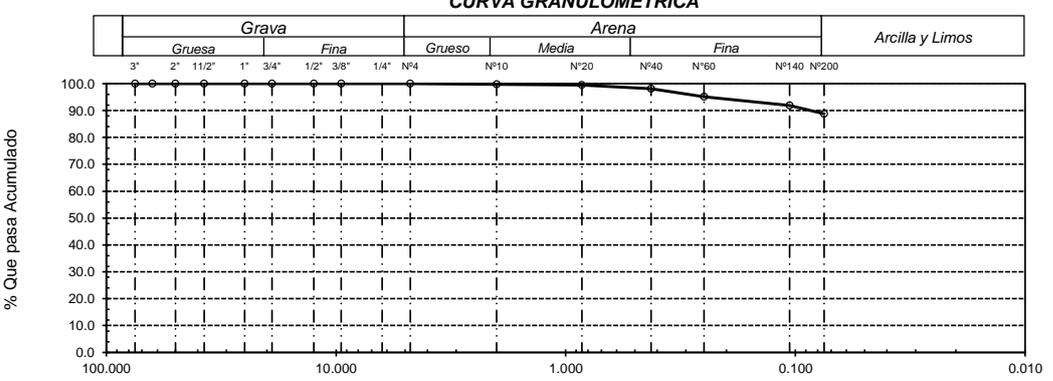
Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
3.16	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa	Requerimiento Granulométrico	
5.66	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL) 61.29 (%)
9.54	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) 20.35 (%)
26.69	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP) 40.95 (%)
22.15	25.000	0.0	100.0		
74.08	19.000	0.0	100.0		
13.64	12.500	0.0	100.0		
8.28	9.500	0.0	100.0		
Nº 4	4.750	0.0	100.0		
Nº 10	2.000	0.2	99.8		
Nº 20	0.850	0.5	99.5		
Nº 40	0.425	1.9	98.1		
Nº 60	0.250	4.9	95.1		
Nº 140	0.106	8.1	91.9		
Nº 200	0.075	11.2	88.8		
Distribución granulométrico					
% Grava	G.G. %	0.0		0.0	
	G. F %	0.0			
	A.G %	0.2			
% Arena	A.M %	1.7			
	A.F %	9.3		11.2	
% Arcilla y Limo		88.8		88.8	
<b>Total</b>				<b>100.0</b>	
Contenido de Humedad				14.26	<b>MALO</b>

CURVA DE FLUIDEZ	
Clasificación (S.U.C.S.)	<b>CH</b>
Descripción del suelo	<b>Arcilla de alta plasticidad</b>
Clasificación (AASHTO)	<b>A-7-6 (16)</b>
Descripción	<b>MALO</b>

CURVA GRANULOMETRICA	
Grava	Arena
Gruesa	Gruesa
Fina	Media
	Fina
	Arcilla y Limos

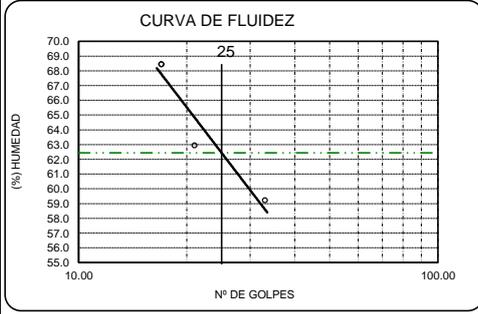


Observaciones:  
 - Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **1305A-24/ LEMS W&C**  
 Solicitante : Guevara Cubas Elder  
 Ochoa Torres José Alberto  
 Proyecto / Obra : Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca  
 Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : Lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Fin de ensayo : viernes, 17 de Mayo de 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Metodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Muestra: : Suelo natural - C3

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg															
3.16	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa	Requerimiento Granulométrico															
5.66	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL) 62.44 (%)														
9.54	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) 31.37 (%)														
26.69	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP) 31.07 (%)														
22.15	25.000	0.0	100.0																
74.08	19.000	0.0	100.0																
13.64	12.500	0.0	100.0																
8.28	9.500	0.0	100.0																
Nº 4	4.750	0.0	100.0																
Nº 10	2.000	0.6	99.4																
Nº 20	0.850	1.5	98.5																
Nº 40	0.425	3.1	96.9																
Nº 60	0.250	5.1	94.9																
Nº 140	0.106	8.5	91.5																
Nº 200	0.075	11.6	88.4																
Distribución granulométrica																			
% Grava	G.G. %	0.0		0.0		CH													
	G. F %	0.0																	
	A.G %	0.6																	
% Arena	A.M %	2.5		11.6	Arcilla de alta plasticidad														
	A.F %	8.5																	
	% Arcilla y Limo	88.4																	
<b>Total</b>				<b>100.0</b>	<b>A-7-5 (16)</b>														
<b>Contenido de Humedad</b>				<b>12.11</b>	<b>MALO</b>														
CURVA GRANULOMETRICA																			
% Que pasa Acumulado	Grava		Arena			Arcilla y Limos													
	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº4	Grueso	Nº10	Media	Nº20	Nº40	Nº60	Fina	Nº140	Nº200	
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Abertura de malla (mm)																			

Observaciones:  
 - Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

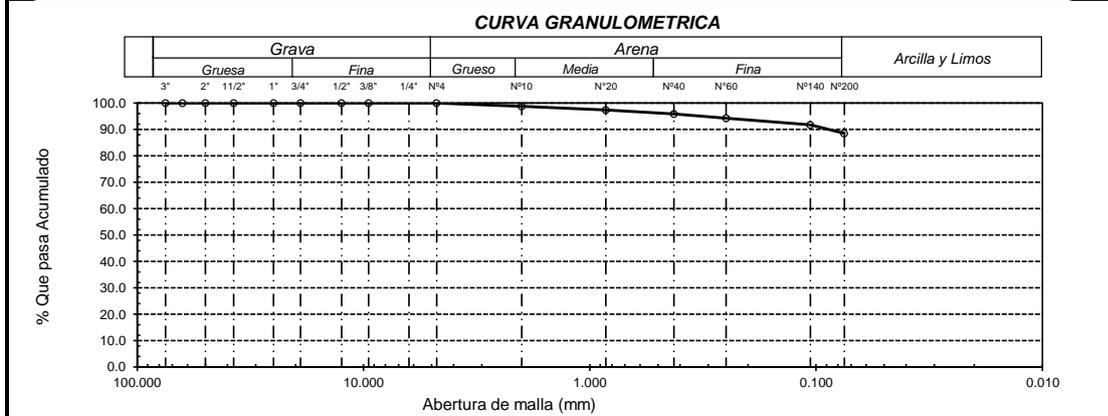
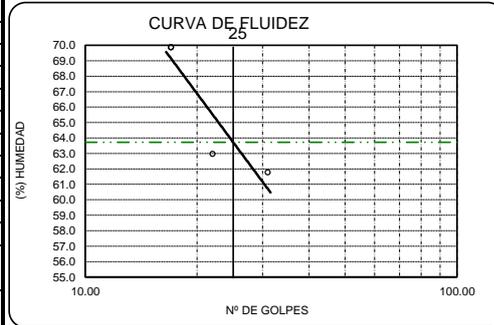
Solicitud de Ensayo : **1305A-24/ LEMS W&C**  
 Solicitante : Guevara Cubas Elder  
 Ochoa Torres José Alberto  
 Proyecto / Obra : Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca  
 Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Inicio de ensayo : lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Fin de ensayo : viernes, 17 de Mayo de 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Muestra: : Suelo natural - C4

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
3.16	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa	Requerimiento Granulométrico	
5.66	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL) 63.72 (%)
9.54	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) 31.69 (%)
26.69	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP) 32.04 (%)
22.15	25.000	0.0	100.0		
74.08	19.000	0.0	100.0		
13.64	12.500	0.0	100.0		
8.28	9.500	0.0	100.0		
Nº 4	4.750	0.0	100.0		
Nº 10	2.000	1.2	98.8		
Nº 20	0.850	2.6	97.4		
Nº 40	0.425	4.1	95.9		
Nº 60	0.250	5.8	94.2		
Nº 140	0.106	8.3	91.7		
Nº 200	0.075	11.5	88.5		
Distribución granulométrico					
% Grava	G.G. %	0.0		0.0	Clasificación (S.U.C.S.) <b>CH</b>
	G.F. %	0.0			
% Arena	A.G. %	1.2		11.5	Descripción del suelo <b>Arcilla de alta plasticidad</b>
	A.M. %	2.9			
	A.F. %	7.4			
% Arcilla y Limo		88.5		88.5	Clasificación (AASHTO) <b>A-7-5 (16)</b>
<b>Total</b>		<b>100.0</b>		<b>100.0</b>	Descripción <b>MALO</b>
<b>Contenido de Humedad</b>				<b>11.19</b>	



**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



Solicitante : Guevara Cubas Elder  
Proyecto : Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca  
Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
Fecha de Apertura : 13/05/2024  
Muestra de Suelo: Cerro chalpon, Motupe , Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las particular solidas de un suelo

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

<u>Calicata</u> : C-1	
<u>Muestra</u> : No tratada	
<u>Profundidad</u> : 0.00m - 1.50 m	
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	<b>2.54</b>

Observación:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
Ronal Enrique Altamirano Llontop  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Guevara Cubas Elder  
Proyecto : Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca  
Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
Fecha de Apertura : 13/05/2024  
Muestra de Suelo: Cerro chalpon, Motupe , Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las particular solidas de un suelo

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

<u>Calicata</u> : C-2	
<u>Muestra</u> : No tratada	
<u>Profundidad</u> : 0.00m - 1.50 m	
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	<b>2.53</b>

Observación:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
Ronal Enrique Altamirano Llontop  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



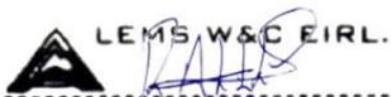
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Guevara Cubas Elder  
Proyecto : Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca  
Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
Fecha de Apertura : 13/05/2024  
Muestra de Suelo: Cerro chalpon, Motupe , Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las particular solidas de un suelo  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

<u>Calicata</u> : C-3	
<u>Muestra</u> : No tratada	
<u>Profundidad</u> : 0.00m - 1.50 m	
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	<b>2.50</b>

Observación:  
- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
Ronal Enrique Altamirano Llantop  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Guevara Cubas Elder  
Proyecto : Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca  
Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
Fecha de Apertura : 13/05/2024  
Muestra de Suelo: Cerro chalpon, Motupe , Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las particular solidas de un suelo

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

<u>Calicata</u> : C-4	
<u>Muestra</u> : No tratada	
<u>Profundidad</u> : 0.00m - 1.50 m	
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	<b>2.51</b>

Observación:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
Ronal Enrique Altamirano Llantop  
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

Solicitud de ensayo : **1305B-24/ LEMS W&C**  
 Solicitante : GUEVARA CUBAS ELDER  
 OCHOA TORRES JOSÉ ALBERTO  
 Proyecto : Tesis: "Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca"  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de apertura : lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Fecha de emisión : martes, 28 de Mayo de 2024

Norma empleada:

Código	Norma
N.T.P. 399.141	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificado (2,700 KN-m/m <sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie <sup>3</sup> ))

Identificación de la muestra:

Calicata:	Estrato:	Profundidad:
C-1	0	0. - 1.5 m

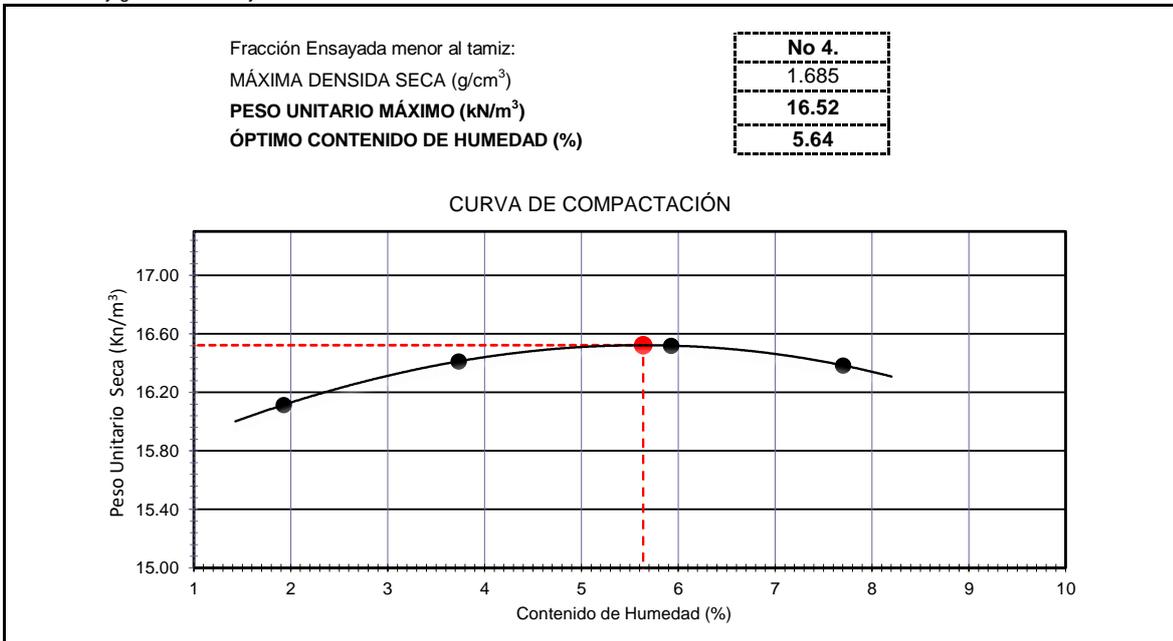
Datos de la muestra y equipo:

Calculo procedimiento	Procedimiento de Ensayo	Incorporando:
% Ret. Tamiz 3/4 in.: <b>0.00</b>	<b>A</b>	<b>+ 0%</b>
% Ret. Tamiz 3/8 in.: <b>0.00</b>	Método de Preparación	Tipo de pisón
% Ret. Tamiz No. 4: <b>0.00</b>	<b>Húmedo</b>	<b>Manual</b>

Los resultados del ensayo:

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.93	3.74	5.93	7.70
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.643	1.674	1.684	1.671
PESO UNITARIO SECO (kN/m <sup>3</sup> )	16.115	16.412	16.520	16.384

Resultados y gráfica del ensayo:



Observación:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado, por el SOLICITANTE.



INFORME DE ENSAYO

Solicitud de ensayo : **1305B-24/ LEMS W&C**  
 Solicitante : GUEVARA CUBAS ELDER  
 OCHOA TORRES JOSÉ ALBERTO  
 Proyecto : Tesis: "Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca"  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de apertura : lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Fecha de emisión : martes, 28 de Mayo de 2024

Norma empleada:

Código	Norma
N.T.P. 399.141	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificado (2,700 KN-m/m <sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie <sup>3</sup> ))

Identificación de la muestra:

Calicata:	Estrato:	Profundidad:
<b>C-3</b>	<b>0</b>	<b>0 - 1.5 m</b>

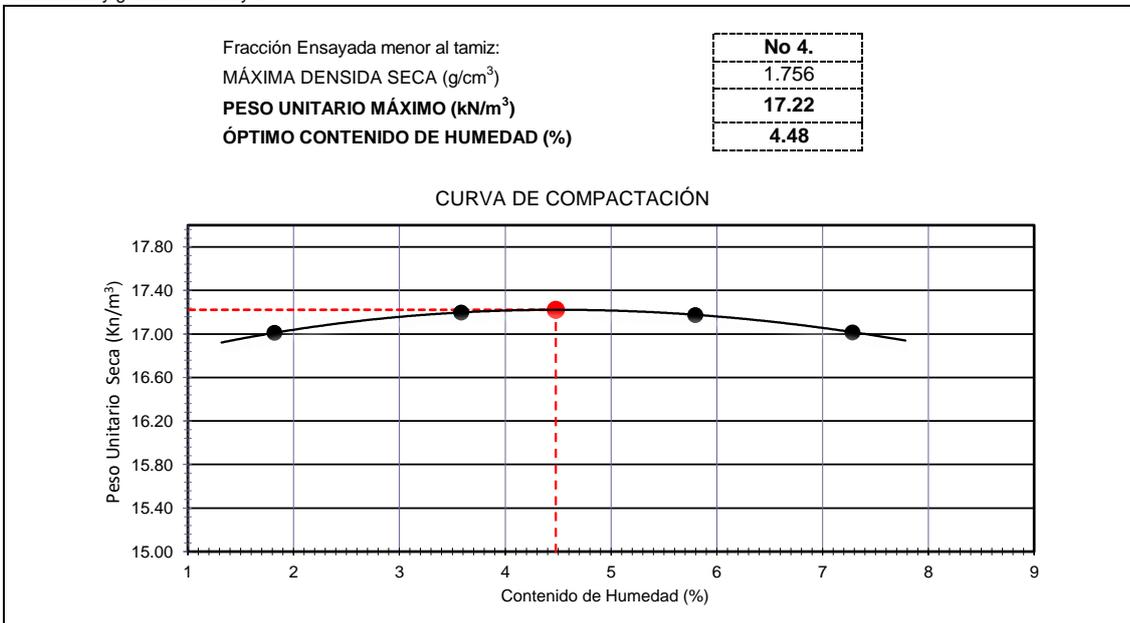
Datos de la muestra y equipo:

Calculo procedimiento	Procedimiento de Ensayo	Incorporando:
% Ret. Tamiz 3/4 in.: <b>0.00</b>	<b>A</b>	<b>+ 0%</b>
% Ret. Tamiz 3/8 in.: <b>0.00</b>	Método de Preparación	Tipo de pisón
% Ret. Tamiz No. 4: <b>0.00</b>	<b>Húmedo</b>	<b>Manual</b>

Los resultados del ensayo:

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.82	3.58	5.80	7.28
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.735	1.754	1.751	1.735
PESO UNITARIO SECO (KN/m <sup>3</sup> )	17.011	17.198	17.176	17.017

Resultados y gráfica del ensayo:



Observación:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado, por el SOLICITANTE.

INFORME DE ENSAYO

Solicitud de ensayo : **1305B-24/ LEMS W&C**  
 Solicitante : GUEVARA CUBAS ELDER  
 OCHOA TORRES JOSÉ ALBERTO  
 Proyecto : Tesis: "Evaluación de la Energía de Compactación en Suelos Arcillosos y su Influencia en la Densidad Máxima seca"  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de apertura : lunes, 13 de Mayo de 2024  
 Fecha de emisión : martes, 28 de Mayo de 2024

Norma empleada:

Código	Norma
N.T.P. 399.141	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificado (2,700 KN-m/m <sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie <sup>3</sup> ))

Identificación de la muestra:

Calicata:	Estrato:	Profundidad:
<b>C-4</b>	<b>0</b>	<b>0 - 1.5 m</b>

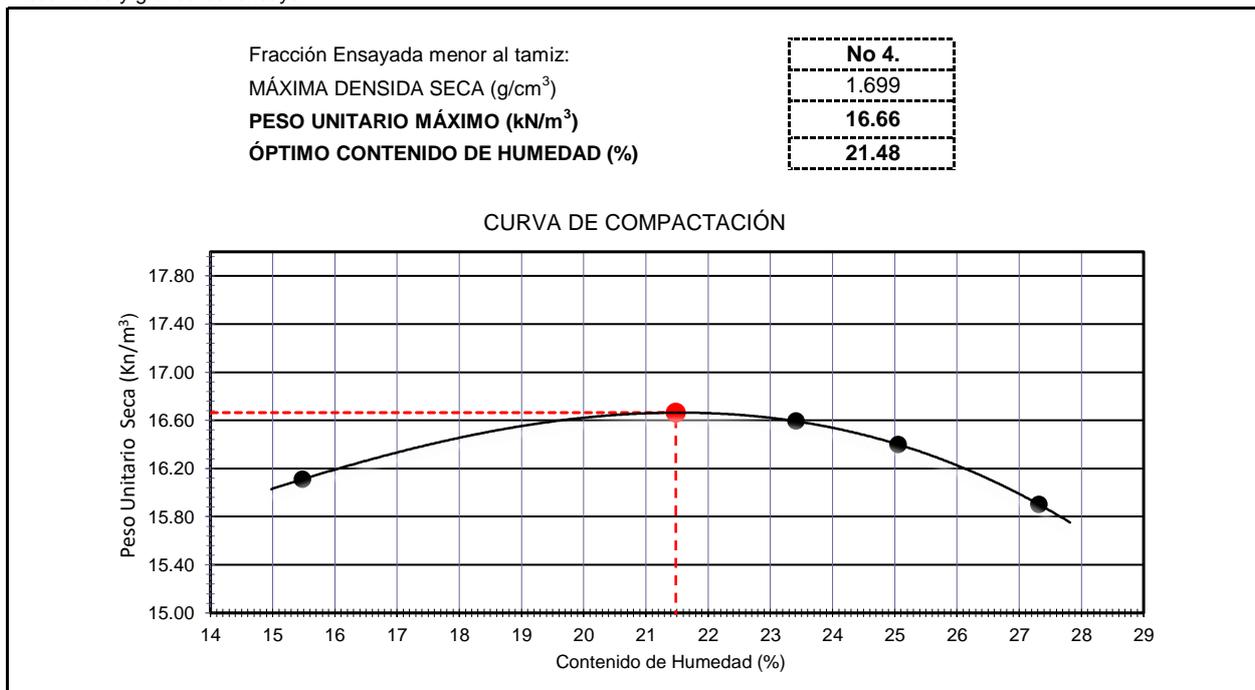
Datos de la muestra y equipo:

Calculo procedimiento	Procedimiento de Ensayo	Incorporando:
% Ret. Tamiz 3/4 in.: <b>0.00</b>	<b>A</b>	<b>+ 0%</b>
% Ret. Tamiz 3/8 in.: <b>0.00</b>	Método de Preparación	Tipo de pisón
% Ret. Tamiz No. 4: <b>0.00</b>	<b>Húmedo</b>	<b>Manual</b>

Los resultados del ensayo:

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.48	23.41	25.05	27.32
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.643	1.692	1.672	1.621
PESO UNITARIO SECO (KN/m <sup>3</sup> )	16.110	16.593	16.400	15.901

Resultados y gráfica del ensayo:



Observación:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado, por el SOLICITANTE.